

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO
INŽENÝRSTVÍ



NOVÉ TRENDY V ÚPRAVĚ PITNÉ VODY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kateřina Popelková

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kateřina Slavičková, Ph.D.

Květen 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 28. 5. 2017

.....

Kateřina Popelková

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat především vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Kateřině Slavičkové, Ph.D. za její odborné rady, vstřícnost, trpělivost a čas, který mi věnovala během konzultací. Její motivační vedení a pomoc pomohly práci dotáhnout do této finální podoby, kterou jsem si na začátku opravdu nedokázala představit. Dále mé poděkování patří paní Ing. Lucii Vavříčkové za zprostředkování zajímavé exkurze na úpravnu vody U svaté Trojice v Kutné Hoře, následné provedení po úpravně a poskytnutí informací do mé bakalářské práce, dále paní Ing. Kateřině Kvapilové a panu technologovi za poskytnutí doplňujících informací o úpravně U svaté Trojice. A na závěr samozřejmě děkuji své rodině a kamarádům za morální podporu ve stresových situacích spojených se studiem.

Abstrakt

Práce je zaměřena na téma úpravy pitné vody a moderní technologie používané v této oblasti. V teoretické části je věnována pozornost vodním zdrojům, kvalitě pitné vody a novým trendům v procesu úpravy pitné vody na území České republiky a ve světovém měřítku. Dále jsou zde popsány podrobněji vybrané technologie související s danou problematikou na území České republiky. Praktickou část tvoří vyhodnocení dotazníkového průzkumu zaměřeného na české úpravny vody a detailní popis zrekonstruované úpravní vody U svaté Trojice v Kutné Hoře.

Klíčová slova: Úprava pitné vody; Zdroje pitné vody; Kvalita pitné vody; Flotace rozpuštěným vzduchem; Drenážní systémy rychlofiltrů; Adsorpce na aktivním uhlí; Membránové procesy; UV záření

Abstract

This work is focused on drinking water treatment and modern technologies used in this area. The theoretical part is devoted to issues of water sources, the quality of drinking water and new trends in the process of drinking water treatment in the Czech Republic and in the world scale. Furthermore, there are described in detail chosen technologies related to these issues in the territory of the Czech Republic. The practical part consists of evaluation of questionnaire survey focused on water treatment plants placed in the Czech Republic and there is a description of reconstructed drinking water treatment plant U svaté Trojice in Kutná Hora in the end of this work.

Keywords: Drinking water treatment; Water sources; Drinking water quality; Dissolved air flotation; Filter underdrain systems; Adsorption with granular activated carbon; Membrane processes; UV radiation

Obsah

| | |
|---|----|
| 1 Úvod..... | 8 |
| TEORETICKÁ ČÁST | |
| 2 Nové trendy v úpravě pitné vody v ČR..... | 10 |
| 2.1 Zdroje pitné vody v ČR | 10 |
| 2.2 Kvalita pitné vody v ČR | 10 |
| 2.3 Rekonstrukce úpraven pitné vody | 11 |
| 2.4 Nové trendy v úpravě pitné vody v ČR | 11 |
| 3 Nové trendy v úpravě pitné vody ve světě | 13 |
| 3.1 Zdroje pitné vody..... | 13 |
| 3.2 Kvalita pitné vody ve světě | 13 |
| 3.3 Příklady technologií zaváděných v posledních desetiletích | 14 |
| 4 Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF) | 17 |
| 4.1 Princip technologie | 17 |
| 4.2 Porovnání flotace a sedimentace | 18 |
| 4.3 Problémy řešené flotací | 18 |
| 4.4 Zařazení v rámci technologické linky a příklady z ČR | 19 |
| 4.5 Použití v zahraničí | 20 |
| 5 Drenážní systémy rychlofiltrů..... | 22 |
| 5.1 Drenážní systémy rychlofiltrů | 22 |
| 5.2 Drenážní systém Triton | 22 |
| 5.3 Drenážní systém Leopold | 23 |
| 5.4 Drenážní systém Aquafilter | 24 |
| 6 Adsorpce na aktivním uhlí | 25 |
| 6.1 Adsorpce | 25 |
| 6.2 Aktivní uhlí..... | 25 |
| 6.3 Typy aktivního uhlí | 26 |
| 6.4 Popis filtračního zařízení | 27 |
| 6.5 Parametry sledované u aktivního uhlí ve vodárenství | 27 |
| 6.6 Problémy řešené adsorpcí na aktivním uhlí..... | 28 |
| 6.7 Příklady zařazení v rámci technologické linky (ČR)..... | 30 |
| 6.8 Příklady ze zahraničí | 31 |
| 7 Membránové procesy | 32 |
| 7.1 Mikrofiltrace | 32 |
| 7.2 Ultrafiltrace..... | 33 |
| 7.3 Nanofiltrace | 34 |
| 7.4 Reverzní osmóza..... | 34 |
| 8 Dezinfekce pitné vody UV zářením | 36 |

| | | |
|-----|---|----|
| 8.1 | Ultrafialové záření | 36 |
| 8.2 | Inaktivace mikroorganismů | 36 |
| 8.3 | Problémy řešené UV zářením | 36 |
| 8.4 | Používané UV lampy | 37 |
| 8.5 | Příklady zařazení UV lamp v rámci technologické linky (ČR)..... | 38 |
| 8.6 | Příklady použití v zahraničí | 38 |
| 8.7 | Klady a zápory UV záření | 39 |

PRAKTICKÁ ČÁST

| | | |
|------|---|----|
| 9 | Dotazníkový průzkum | 40 |
| 9.1 | Metodika | 40 |
| 9.2 | Vyhodnocení dotazníků | 40 |
| 10 | Úpravna vody U svaté Trojice | 54 |
| 10.1 | Historie a obecné údaje..... | 54 |
| 10.2 | Technologická linka po rekonstrukci | 54 |
| 11 | Závěr | 57 |
| 12 | Seznam použité literatury..... | 59 |
| | Seznam příloh | 67 |
| | Příloha 1 | 68 |

1 Úvod

Problematika pitné vody je poměrně často diskutovaným tématem, ve světovém měřítku se v této oblasti vyskytuje mnoho problémů, protože zjednodušeně řečeno populace roste a zásoby vody upravitelné na vodu pitnou tradičními technologiemi se zmenšují. Proto musí lidstvo vymýšlet stále důmyslnější, efektivnější a rychlejší způsoby její úpravy.

Tato práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části se věnuji problematice pitné vody a moderním technologiím její úpravy na území České republiky i ve světě. U nás jsou nové technologie úpravy zaváděny především při rekonstrukcích, kdy jsou úpravní na pokraji životnosti nebo nevyhovují požadavkům na jakost pitné vody a staré procesy je třeba nahradit novými efektivnějšími. Nesplnění parametrů může být způsobeno zhoršující se kvalitou zdrojů, nebo přísnějšími regulacemi, kdy se například objeví nové látky, které je třeba sledovat a zamezit jejich výskytu v pitné vodě.

Důvodů, proč se používají nové technologie na úpravu pitné vody v zahraničí, existuje opravdu mnoho. Může se jednat o podobnou problematiku jako u nás, kdy stávající úpravna potřebuje zrekonstruovat nevyhovující původní technologie, nebo se vystavují nové úpravní s některými moderními technologiemi, které jsou již schopné po ekonomické stránce konkurovat technologiím tradičním, tudíž zaručí vyšší kvalitu upravené vody za tu samou cenu. V mnoha částech světa mají problém s nedostatkem zdrojů upravitelných tradičními technologiemi. V některých oblastech je problém s výskytem kvalitních zdrojů pitné vody celoročně, někde pouze sezónně kvůli období sucha, jinde státy disponují pouze velmi znečištěnými zdroji, proto se lidstvo učí upravovat i tyto znečištěné (někdy i odpadní) zdroje, slanou vodu, nebo lépe hospodařit s vodou dešťovou.

Součástí práce tvoří i podrobnější popisy jednotlivých technologií a problematiky, kterou pomáhají řešit. Jedná se o vybrané technologie objevující se na českých úpravárnách zhruba v posledních dvou desetiletích.

V praktické části jsem vyhodnotila dotazníkový průzkum, ve kterém jsem požádala o spolupráci vodárenské společnosti i samotné úpravní, aby mi poskytly konkrétní informace o kapacitě, rekonstrukcích, kvalitě surové vody a samozřejmě

o technologické lince. Pro dané účely jsem zpracovala podrobný dotazník týkající se zmíněné problematiky. Poslední kapitola praktické části je věnována úpravě vody U svaté Trojice v Kutné Hoře, kterou jsem měla možnost navštívit.

2 Nové trendy v úpravě pitné vody v ČR

2.1 Zdroje pitné vody v ČR

Podle údajů Českého statistického úřadu se v posledních letech množství upravované vody z povrchových zdrojů a zdrojů podzemních nijak významně neliší. Hranice využití se pohybuje kolem 50 % a v některých uplynulých letech dokonce mírně převládalo využití zdrojů podzemních (Tab. 1). Zdroje podzemní vody jsou však na našem území špatně dotované. Z území České republiky dešťová voda řekami odtéká do okolních států a zároveň nemáme žádné významné přítoky. V posledních letech navíc dochází k nerovnoměrnému rozložení dopadu srážek a častým přivalovým dešťům, kdy se voda nestačí vsáknout a doplnit podzemní zdroje. [80], [79], [81]

Tab. 1 Množství vyrobené pitné vody v ČR v uplynulých letech [81]

| Rok | Počet úpraven | Množství vyrobené pitné vody | | | | |
|------|---------------|----------------------------------|--|-------|---|-------|
| | | Celkem (tis. m ³) | Povrchové zdroje (tis. m ³) | % | Podzemní zdroje (tis. m ³) | % |
| 2016 | 2 393 | 593 338 | 299 772 | 50.52 | 293 566 | 49.48 |
| 2015 | 2 305 | 599 551 | 301 588 | 50.30 | 297 963 | 49.70 |
| 2014 | 2 288 | 575 411 | 282 698 | 49.13 | 292 713 | 50.87 |
| 2013 | 2 231 | 600 174 | 298 017 | 49.66 | 302 157 | 50.34 |
| 2012 | 2 142 | 623 534 | 311 644 | 49.98 | 311 890 | 50.02 |
| 2011 | 2 101 | 623 059 | 310 246 | 49.79 | 312 813 | 50.21 |
| 2010 | 2 054 | 641 783 | 325 533 | 50.72 | 316 250 | 49.28 |
| 2009 | 1 866 | 653 338 | 332 111 | 50.83 | 321 227 | 49.17 |

2.2 Kvalita pitné vody v ČR

Co se týče posuzování kvality pitné vody, patří Česká republika k nejpřísnějším státům v Evropě. Radíme se k šesti zemím, které vykazují v mikrobiologických a chemických ukazatelích pitné vody 99 až 100 % požadované kvality, což není ve zbytku Evropy pravidlem. Pitná voda se zde posuzuje v mnoha ohledech podle přísnějších regulí, než ukládá evropská legislativa. Pokud dojde k nesplnění parametrů kvality pitné vody, jde většinou o případ malé vodárenské společnosti, ty mají spolu se studnami pro domácnosti vyjednanou výjimku z požadovaných standardů. Pitná voda se v ČR posuzuje podle vyhlášky č. 252/2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, vyhláška byla novelizována 14. 5. 2014 ve Sbírce zákonů ČR pod číslem 83/2014 Sb. [53], [56], [63]

2.3 Rekonstrukce úpraven pitné vody

K zavádění nových technologických procesů a modernizací v úpravě vody dochází hlavně v rámci rekonstrukcí stávajících úpraven vody, nové úpravní se budují pouze ve výjimečných případech. Důvodem je klesající spotřeba vody oproti minulým desetiletím, stávající úpravní tak kapacitně ve většině případů bohatě stačí, většina jich ale byla vystavena před několika desítkami let a dnes mají problémy splnit požadované limity na pitnou vodu. Důvodem může být zhoršená kvalita surové vody, přísnější požadavky, nebo rozšíření spektra látek a organismů, které je potřeba z vody odstraňovat. [14]

2.4 Nové trendy v úpravě pitné vody v ČR

Jako nové trendy v úpravě pitné vody chápeme nově zaváděné technologie (většinou přicházející ze zahraničí) v rámci rekonstrukcí úpraven nebo při výstavbě nových úpraven vody v posledních dvou desetiletích. Pokud se zaměříme na první separační stupeň, velký přínos pro úpravu pitné vody představuje zavedení procesu *flotace rozpuštěným vzduchem (dissolved air flotation)*. *Flotace rozpuštěným vzduchem* byla patentována roku 1924 a k úpravě pitné vody se používá od 60. let 20. století, tudíž v některých zemích již opravdu nepatří ke žhavým novinkám. První českou vodárenskou flotaci uvedli do provozu v roce 2005 na úpravě vody Mostiště. Flotace důsledně řeší problematiku eutrofizovaných vod s výskytem vysokého množství organismů. Dále v procesu čiření dochází například k instalacím *usazovacích nádrží a čiřičů s lamelovou vestavbou*. [9], [13]

U filtrace stojí za zmínku konstrukční změny v podobě *drenážních systémů rychlofiltrů*. Používají se systémy bez mezidna se zachováním principu použití pracího vzduchu, který snižuje spotřebu prací vody. U nás se objevují systémy *Leopold*, *Triton* a systémy českého výrobce *Aquafilter*, které byly používány k rekonstrukcím již v 90. letech 20. století. Systém *Leopold* byl použit například při rekonstrukcích úpraven vody Hradiště a Souš. Nerezový drenážní šterbinový systém *Triton* se u nás poprvé objevil v roce 2010, kdy byl nainstalován během rekonstrukce úpravní vody ve Štítné nad Vláří. [14], [74], [22]

Další pokrok, který se v této oblasti udál, je použití nových filtračních materiálů. Mezi moderní filtrační materiály patří například *Filtralite*, který u nás byl poprvé

poloprovozně testován v roce 2010 na úpravně vody Plzeň. Jedná se o materiál vznikající vypálením jílu při teplotě 1200 °C. Mezi jeho přednosti patří volitelná hustota ve velmi širokém rozmezí, proto je možné realizovat dvouvrstvý filtr ze dvou typů materiálu *Filtralite – Filtralite Mono-Multi*. Významným přínosem je *adsorpce na aktivním uhlí*, která může být zavedena v rámci filtrace, nebo jako další separační stupeň. Z důvodu výskytu pesticidních a jiných problémových látek byla zavedena *adsorpce na aktivním uhlí* například na úpravně vody U svaté Trojice v Kutné Hoře (2015) nebo na úpravně vody Znojmo (2014). [49], [74], [46], [65], [12], [11]

Membránové procesy patří k poměrně mladým technologiím, které se ale rychle vyvíjejí a už se dostávají i do České republiky. Řadí se mezi ně *mikrofiltrace*, *ultrafiltrace*, *nanofiltrace* a *reverzní osmóza* běžně používaná ve světě pro úpravu mořské vody. V letech 2011 – 2016 proběhla rekonstrukce se zavedením *ultrafiltrace* na úpravně vody Březová. [61], [75]

UV záření se v České republice standardně používá k dezinfekci kombinované s hygienickým zabezpečením vody látkami na bázi chloru. V roce 1999 byla udělena výjimka úpravně vody Mokošín, kde bylo zavedeno *UV záření* jako hygienické zabezpečení vody za použití *středotlakých polychromatických UV lamp*. [21]

Netradičním způsobem úpravy pitné vody je bezpochyby *dezinfekce směsnými oxidanty (MIOX)*, kde dochází k tvorbě zředěného chloru elektrolýzou koncentrovaného roztoku NaCl. U nás se s touto technologií můžeme setkat na úpravnách vody Vysoká Pec a Limnice. [74]

3 Nové trendy v úpravě pitné vody ve světě

3.1 Zdroje pitné vody

Zdroje pitné vody ve světě představují poměrně často diskutované téma, zejména z důvodu nedostatku pitné vody v rozvojových zemích, ale i z důvodu budoucí hrozby nedostatku pitné vody na místech, kde je to zatím nepředstavitelné. Potřeba pitné vody v celosvětovém měřítku roste a zásoby sladké vody se ztenčují. V letech 2003 – 2013 byly speciálními satelity monitorovány rozsáhlé světové zásobárny podzemní vody, ukázalo se, že mnoho z nich se dostalo za bod obnovení a situace se bude pravděpodobně nadále zhoršovat. K zásobám podzemní vody se sahá stále častěji z důvodu vysychání povrchových zdrojů. Nedostatek sladkovodních zdrojů vede k vývoji technologií schopných upravovat slanou vodu, dále se objevují řešení vedoucí k úspoře pitné vody částečným opětovným využitím vody odpadní. Například pařížský Disneyland využívá vlastní ČOV k recyklaci odpadní vody, kterou se následně čistí komunikace nebo zavlažují zelené plochy, čímž se snižuje spotřeba pitné vody. Významnou úlevou pro tradiční zdroje pitné vody dále může být využití vody dešťové nebo šedé vody z domácností. Na trhu jsou již dostupná zařízení schopná upravit tyto typy vody na vodu použitelnou pro tělesnou hygienu, ta však musí odpovídat kvalitou vodě pitné. [68], [70], [62]

3.2 Kvalita pitné vody ve světě

Jak již bylo zmíněno, pitná voda v České republice dosahuje v evropském měřítku výborné kvality. To platí i ve světovém žebříčku. Podle hodnocení organizace *Safe Water for International Travelers* (Bezpečná voda pro mezinárodní cestovatele) spadala ČR do 20 % států světa s top ohodnocením 5 kapek, které znamená, že všechna města mají zajištěnou bezpečnou dodávku pitné vody, která je monitorována, pravidelně testována nezávislou a odborně způsobilou institucí a nemoci přenášené vodou se zde téměř nevyskytují, vedle České republiky mělo toto hodnocení například Rakousko, Německo, Švýcarsko, Velká Británie, USA nebo Japonsko. Státy se 4 kapkami mají zajištěnou bezpečnou dodávku vody s monitorováním ve velkých městech, problémy s kvalitou se však mohou objevit v zemědělských oblastech a menších městech. Mezi tyto země se řadilo například Maďarsko, Ukrajina, Polsko nebo Chile. Země, kde se kvalita vody významně liší mezi městy a venkovem i mezi jednotlivými oblastmi

a některé choroby jsou zde endemického rázu, měly v minulosti hodnocení 3 kapek (např. Albánie, Bělorusko, Kuba, Brazílie). U zemí hodnocených 2 kapkami většina vodovodů neodpovídala požadavkům Světové zdravotnické organizace, výskyt nemocí šířených vodou je v tomto případě častý. Jednalo se například o Bolívii, Egypt, Indii nebo Pákistán. Ve státech hodnocených jednou kapkou je téměř nemožné nalézt vodu odpovídající požadavkům Světové zdravotnické organizace. Pití vody z kohoutku se považuje v těchto oblastech za nebezpečné (Laos, Mali, Nepál, Nigérie atd.). Toto hodnocení vychází z nepřímých ukazatelů, jako je hladina příjmu, index lidského rozvoje, dětská úmrtnost, existence/ neexistence spolehlivého monitoringu dodávek vody, nepřerušovanost a přiměřená dezinfekce vody. [66], [34]

3.3 Příklady technologií zaváděných v posledních desetiletích

Pokud mluvíme o nových trendech v úpravě pitné vody ve světovém měřítku, je velmi obtížné vymezit přesné časové období. K poměrně mladým technologiím patří *membránové procesy*, kterým se začala věnovat zvýšená pozornost v oblasti úpravy pitné vody po epidemii v roce 1993 v americkém Milwaukee, kdy se do pitné vody dostali přes *pískovou filtraci* prvoci rodu *Cryptosporidium*. *Membránové procesy* se dělí podle velikosti pórů a aplikovaného tlaku na *mikrofiltraci*, *ultrafiltraci*, *nanofiltraci* a *reverzní osmózu*. *Ultrafiltraci* například používají k úpravě říční vody v Moskvě, kde se maximální výkon úpravny blíží téměř k 3000 l/s. *Ultrafiltrace* byla dále zavedena roku 2014 v brazilském Sao Paulu jako první svého druhu sloužící k úpravě pitné vody v Jižní Americe. Zařízení na úpravu vody jsou v těchto oblastech nucena čerpat ze stále obtížněji upravitelných zdrojů surové vody a zároveň se zvyšují požadavky na kvalitu vody a roste počet obyvatel. [61], [47], [55]

Zdrojem pitné vody se čím dál tím častěji stává v přímořských oblastech slaná voda, která vyžaduje k úpravě speciální technologie, jednou z nich je *reverzní osmóza* zařazená například v technologické lince největší hybridní úpravny mořské vody na světě - Fujairah 2, která zásobuje hlavní město Spojených arabských emirátů Abu Dhabi. Pitná voda se zde vyrábí spolu s elektrickou energií a na odsolování se dále podílí *destilace (Multi Effect Distillation - MED)*. Proces odsolování tímto typem *destilace* se zrodil v Izraeli, kde se problematikou zabýval Weizmannův institut ještě před založením Izraele. Státu hrozil nedostatečný hospodářský vývoj díky omezeným

zdrojům upravitelné vody. Metoda *MED* byla představena světu koncem 60. let minulého století, ukázkové odsolovací zařízení pak vzniklo v polovině 80. let v městě Ašdod. Izrael si v tomto směru stále uchovává světové prvenství, v roce 2013 vzniklo největší desalinační zařízení na světě v Soreku (Obr. 1), tentokrát s použitím *reverzní osmózy*. Maximální výkon přesahuje 7000 l/s. [71], [70], [67]



Obr. 1 Desalinační zařízení v Soreku [67]

K modernizaci dochází i v oblasti běžně používaných procesů. Příkladem jsou *vysokorychlostní flotační technologie (High-Rate DAF Technologies)*, mezi hlavní patří *AquaDAF*, *Clari-DAF* a *Enflo-DAF*. Všechny tři technologie se vyznačují spojením flotace s technickým zařízením u dna flotační nádrže, které určitým způsobem pomáhá urychlovat separační proces. Technologie *AquaDAF* se objevila v polovině 90. let dvacátého století ve Finsku a v procesu úpravy pitné vody předchází *filtraci* (či *membránovou filtraci*) nebo procesu desalinace v případě mořské vody zejména z toho důvodu, že je velice účinná v boji proti řasám. Zavedena je například na úpravě vody pro čínské město Macao z roku 2006, kde tento proces následuje *ultrafiltrace*. Systém *Clari-DAF* byl vyvinut v 90. letech v Anglii a nabízí podobné možnosti využití jako předchozí technologie. Poslední *Enflo-DAF* (dříve název *DAFRapide*) pochází ze Spojeného království (později licencován i v USA) a opět jde o vhodnou možnost i v případě předúpravy mořské vody. [43], [60]

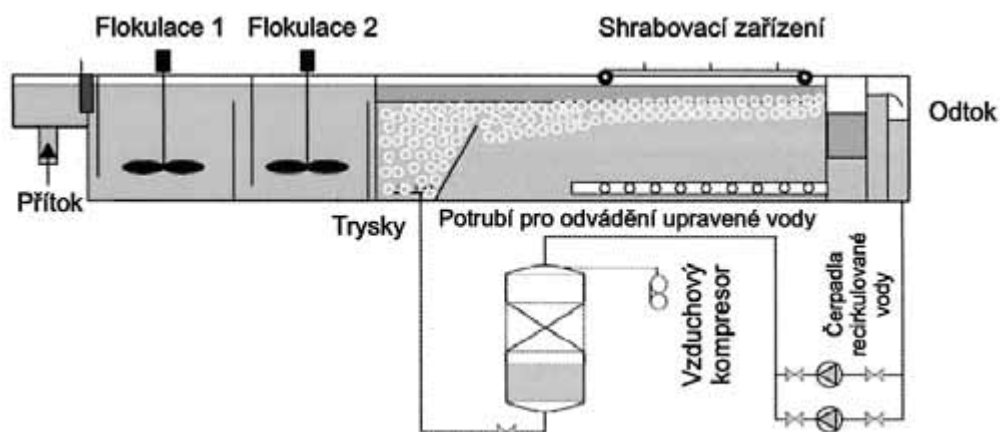
Zefektivnění flokulačního procesu lze dosáhnout systémem *Actiflo™*. Jedná se o vysokorychlostní čistič patentovaný firmou Veolia, který využívá pro tvorbu vloček

a jejich rychlé usazování speciální mikropísek. První spuštění systému proběhlo v roce 1989 a od té doby dochází k neustálému vývoji a vylepšování. Novou generaci představuje *Actiflo™ Turbo*. Například v Jižní Africe patří *Actiflo™* k nejpopulárnějšímu systému úpravy vody od firmy Veolia. [36]

4 Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF)

4.1 Princip technologie

Existuje více typů flotace, při procesu úpravy pitné vody se používá flotace rozpuštěným vzduchem – DAF (*dissolved air flotation*), kdy tryskami u dna flotační nádrže se do reakční zóny (část, ve které se vločky spojují s mikrobublinami) dostává voda s rozpuštěným vzduchem (ten se ve vodě rozpouští podle Henryho zákona o rozpouštění plynů v kapalinách). Po tom, co se nasycená voda dostane do flotační nádrže s běžným hydrostatickým tlakem, vzniká velké množství bublinek o velikosti cca 30 – 100 μm . Bublínky jsou v početní převaze nad částicemi (vločkami), se kterými tvoří následně agregáty. Vločky se nejčastěji tvoří po přidání koagulantu za pomalého míchání ve flokulačních nádržích, odkud se pak dostávají do reakční (kontaktní) zóny flotace. Výsledné spojení částice s mikrobublinou disponuje nižší hustotou než voda a tyto agregáty tak stoupají proti působení gravitace k hladině, kde jsou v podobě vyflotovaného kalu mechanicky, nebo hydraulicky sbírány. Dochází tak k opačnému ději, než u neznámějšího a nejstaršího vodárenského procesu pro první separační stupeň, kterým je sedimentace založená na faktu, že se v gravitačním poli částice těžší než voda pohybuje dolů ve směru gravitace. Flotací upravenou vodu odvádí sběrné potrubí nade dnem separační zóny flotační nádrže, což je část, ve které už je oddělená upravená voda od kalu. Celý proces znázorňuje Obr. 2.[9]



Obr. 2 Schéma procesu flotace rozpuštěným vzduchem [9]

Flotační rychlost vychází ze Stokesovy rovnice (1), která standardně popisuje rychlost sedimentace, pokud ale změním znaménko, získáme vzestupnou rychlost agregátů.

$$u_p = \frac{g(\rho_p - \rho) d_p^2}{18 \mu} \quad (1)$$

u_p - vzestupná rychlost agregátů, g – gravitační zrychlení, ρ_p – hustota částice, ρ – hustota kapaliny, d_p – průměr částice, μ – dynamická viskozita kapaliny. [9]

4.2 Porovnání flotace a sedimentace

Flotaci většinou předchází podobný proces přípravy vloček, jako je tomu u sedimentace, tedy dávkování koagulantu a rychlé a pomalé míchání. Jak již bylo zmíněno, hlavním rozdílem je směr pohybu vloček, kdy se při sedimentaci vločky usazují na dně nádrže a při flotaci jsou vynášeny bublinkami rozpuštěného vzduchu k hladině. Hustota vloček při koagulaci nabývá hodnot jen o trochu větších, než je hustota vody, proto se zde projevuje vliv teploty, neboť při snížení teploty dochází k nárůstu viskozity i hustoty vody. To může při procesu sedimentace činit potíže, účinnost flotace reaguje na změny teploty výrazně méně. Dále je důležité, aby pro proces sedimentace vznikaly co největší vločky s vysokou sedimentační rychlostí, pro děj flotace velké vločky nejsou vhodné, to znamená, že je možné zkrátit dobu zdržení v části flokulace a eventuálně zmenšit tak celé zařízení. Další výhodou flotačního procesu představuje o řád vyšší povrchové zatížení. Povrchové zatížení sedimentačních nádrží se pohybuje kolem 1-2 m/h, u standardní flotace je to 10–20 m/h. [13], [16]

4.3 Problémy řešené flotací

Flotace představuje vhodnou technologii pro úpravu vod postižených eutrofizací. Eutrofizovanou vodou rozumíme vodu bohatou zejména na dusík a fosfor, výskytu těchto prvků v povrchové vodě napomáhá například zemědělská činnost, nebo neúplné čištění odpadních vod z domácností, které obsahují látky změkčující vodu (obsah fosforu) používané například v práscích na praní. Zvýšené množství těchto látek se ve vodě projevuje přemnožením nežádoucích organismů – řas a sinic. Zejména takzvané *cyanotoxiny* produkované některými druhy sinic představují pro člověka nebezpečí. Nejznámějšími *cyanotoxiny*, které se vyskytují ve sladké nebo brakické vodě obývané sinicemi, jsou *microcystiny* (hepatotoxické cyklické heptapeptidy), které mají na svědomí většinu lidských intoxikací. *Microcystiny* jsou produkovány například sinicemi rodu *Anabaena* nebo *Microcystis*. Problémy, které mohou člověka po intoxikaci cyanobakteriemi (sinicemi) postihnout, jsou různorodé, často se objevuje

průjem, zvracení, kožní problémy, bolest hlavy, svalů, horečka, ale byl zaznamenán například i zápal plic. [6], [9]

4.4 Zařazení v rámci technologické linky a příklady z ČR

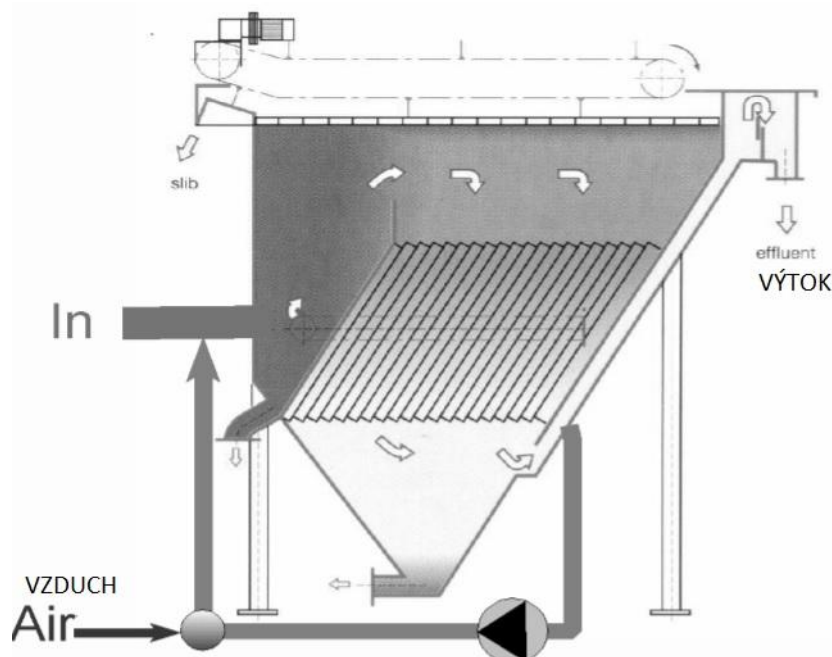
Jak již bylo zmíněno, jedná se o úpravu vody vhodnou pro první separační stupeň v případě zhoršené jakosti vody, nebo jako možnost řešení nouzové situace. Právě z důvodu havarijního opatření byla první vodárenská flotace (se zachováním původních čířičů) v ČR realizována v roce 2005 na úpravně vody Mostiště (max. výkon 220 l/s), která se podílí na zásobování pitnou vodou Žďáru nad Sázavou a jeho okolí. Rozhodování o zavedení flotace na této úpravně urychlila havárie na vodárenské nádrži, která způsobila snížení hladiny a následné zhoršení kvality odebírané vody. Dále na nádrži činí problémy nadměrná úživnost a následná eutrofizace. Další možné řešení představovala rekonstrukce pískových filtrů, která by byla ale nákladná a trvala by výrazně déle než rekonstrukce prvního separačního stupně. Po rekonstrukci v roce 2012 se skládá technologická linka úpravny z provzdušnění, reakční nádrže pro oxidaci manganu, koagulace a následné separace flotací, voda pak pokračuje na pískové filtry, ozonizaci a filtraci přes granulované aktivní uhlí, stabilizaci a dezinfekci (UV záření, oxid chloričitý, chlor). Dále je možné využít flotaci při zpracovávání vodárenského kalu. Na úpravně vody Mostiště využívají v rámci kalového hospodářství flotaci v kombinaci se šnekovým lisem. [17], [64]

Po úspěšném zavedení flotace na úpravně vody Mostiště vzrostl o tuto technologii zájem. V roce 2014 byla zavedena například v rámci rekonstrukce na úpravně vody Bedřichov s maximálním výkonem 370 l/s (Obr. 3), kde kvalitu surové vody zhoršují nežádoucí mikroorganismy. [5]



Obr. 3 Flotační zařízení na ÚV Bedřichov [vlastní foto]

V roce 2008 uvedla do provozu vylepšenou linku kalového hospodářství úpravna vody Souš, která se podílí na zásobování pitnou vodou měst Liberec a Jablonce nad Nisou. Bylo zde použito speciální flotační zařízení, které odděluje flotující a sedimentující částice z odpadní vody. Zařízení je vybaveno vestavbou vlnitých desek s protiproudým tokem, které jsou namontovány pod takovým úhlem, aby sedimentující částice padaly a flotující částice vypořadaly (Obr. 4). [16]



Obr. 4 Flotace pro kalové hospodářství na ÚV Souš [16]

4.5 Použití v zahraničí

Velice zajímavý příklad nevšední úpravny vody z pohledu střeoevropana představuje největší hybridní úpravna mořské vody na světě - Fujairah 2. Dochází zde ke kombinaci výroby pitné vody a elektrické energie. Zařízení zásobuje hlavní město Spojených arabských emirátů Abu Dhabi. Úpravna vody se pyšní schopností vyprodukovat téměř 600 000 m³/den pitné vody, což představuje výkon skoro 7000 l/s. Unikátní je i kombinace technologií, mořská voda se zde upravuje *destilací (Multiple Effect Distillation)* a *reverzní osmózou (Reverse Osmosis)*, které předchází předčištění v podobě flotace (*Dissolved Air Flotation*), která se musí vypořadat s kvalitou vody v období výskytu vodního květu, technologie flotace je v tomto směru velice účinná, odstraňuje 99 % obsahu řas. [71],

Flotaci v kombinaci s *mikrofiltrací* a *reverzní osmózou* používají na Filipínách pro zásobování města Muntinlupa a jeho okolí. Voda je čerpána z jezera Laguna (Laguna Lake). Úpravna by měla zvládnout výkon kolem 1150 l/s. [72]

V evropských zemích se flotace úspěšně provozuje hlavně na severu, ve Velké Británii, Belgii a Holandsku, ve světě dále v USA, Kanadě, Jižní Africe a Austrálii. Dále se ve světě objevují nápady, jak technologii flotace učinit ještě efektivnější, vysokorychlostní flotace (*High Rate Dissolved Air Flotation Process*) byla vyvinuta při pokusech dělaných na povrchové vodě upravované k pitným účelům ve Švédsku a USA. Dochází zde k nárůstu povrchového zatížení spolupůsobením flotačního procesu se speciálními lamelami u dna flotační nádrže. [1], [13]

5 Drenážní systémy rychlofiltrů

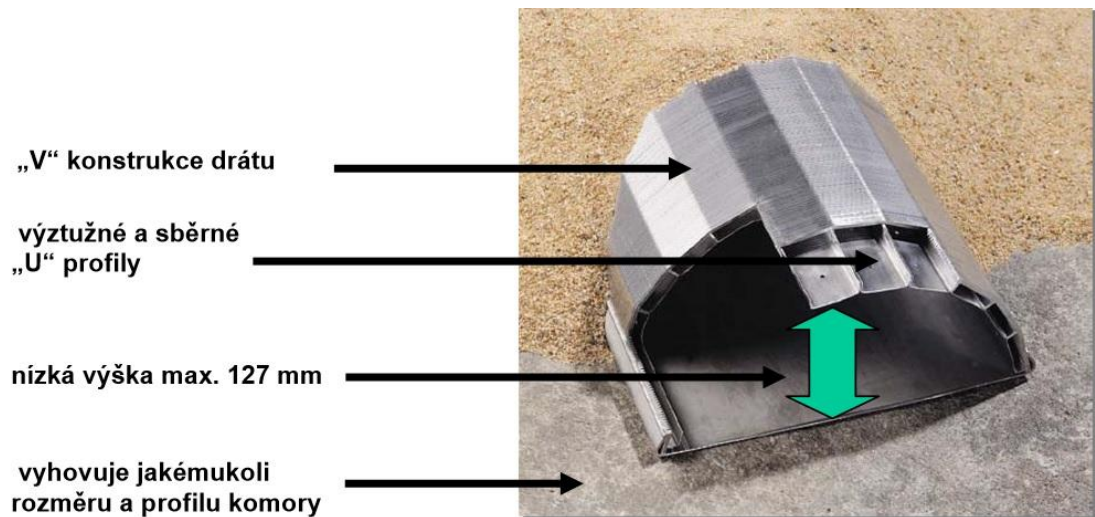
5.1 Drenážní systémy rychlofiltrů

Jak již bylo zmíněno, technologie mnoha úpraven vystavených před několika desetiletími dožívají a musí tedy být rekonstruovány. Často rekonstruovaným prvkem v posledních letech je konstrukční systém rychlofiltrů. Při výstavbě mnoha úpraven bylo v minulosti použito betonové mezidno se scezovacími hlavicemi, které se již zpravidla nachází ve špatném technickém stavu a vyžaduje opravu. Řada testů ukázala, že vhodnější řešení z hlediska praní filtrů představuje náhrada mezidna novým drenážním systémem. Betonová mezidna mají totiž poměrně malou hustotu zcezovacích trysek. Velkou výhodou drenážního systému představuje jeho nízká konstrukční výška, která umožňuje navýšení filtrační náplně, nebo použití vícevrstvého filtru. Používanými systémy jsou v současné době *Triton*, *Leopold* a systémy od českého výrobce *Aquafilter*. [14]

5.2 Drenážní systém Triton

Systém patentovaný společností Johnson Screens (Francie) využívá technologii Vee-Wire (drát ve tvaru písmene „V“). Drát je navinutý na perforovaných „U“ profilech a vytváří úzké štěrbyin zachytávající filtrační materiál (Obr. 5). Normální šířka štěrbyin je 0,3 mm, ale může být podle potřeb upravena. U tohoto drenážního systému tedy není třeba štěrku na oddělení filtrační náplně, která zde dosedá přímo na drenážní systém. Netradiční tvary použitých profilů z nerezové oceli dále zvětšují průtočnou plochu. Voda putuje filtrační náplní a již popsanými segmenty do centrálního sběrného kanálu, mezi jehož další funkce patří zpětné vedení praciho vzduchu a vody při praní filtru. Celá konstrukce systému leží na betonové desce. [54]

Mezi výhody drenážního systému *Triton* patří například jeho hladký a masivní povrch, který se neucpává, vhodnost využití pro různé konstrukce filtrů, nižší spotřeba elektřiny, vyšší kapacita filtru nebo odstranění poruch filtračního lože. V České republice tento systém používá například úpravna vody Štítná nad Vláci, kde *Triton* nahradil tryskový systém s plastovými hlavicemi na železobetonových mezidnech. Jedná se o první instalaci *Tritonu* v ČR a proběhla v rámci rekonstrukce úpravny v roce 2010. Dále tento systém využívají na svých úpravnách například vodárenské společnosti Stockholm Vatten (Švédsko) nebo Turun Seudun Vesi Oy (Finsko). [54], [22], [83]



Obr. 5 Segment filtračního systému Triton [22]

5.3 Drenážní systém Leopold

Systém vyvinula společnost F. B. Leopold Company, Inc. a v České republice byl poprvé představen v roce 2004 na konferenci Pitná voda v Táboře. *Leopold* tvoří plastové bloky obdélníkového průřezu, uvnitř bloku vede rozvod vody a vzduchu na praní, který je rovnoměrný i při použití dlouhých bloků, což zajišťuje vysokou prací účinnost. Drenážní bloky je možné překrýt speciálně vyvinutou deskou od stejného výrobce, na kterou se dá umístit libovolný filtrační materiál. Při rekonstrukci úpravny vody Hradiště (ČR) v roce 2005 byl použit *drenážní systém Leopold S*, který má otvory pro prací vodu a vzduch velmi blízko u sebe a tím pádem nevznikají mrtvé prostory, což jsou místa, ve kterých se nepodaří vyprat filtrační náplň. V tomto případě šlo o první instalaci daného systému na území České republiky, od té doby se v ČR systém běžně využívá stejně jako například v USA, Velké Británii, Japonsku, Číně, Austrálii, nebo dokonce v Polsku. [14], [18], [15]



Obr. 6 Drenážní systém Leopold [58]

5.4 Drenážní systém Aquafilter

První použití českého trubního *drenážního systému Aquafilter* proběhlo na rychlofiltru úpravny vody Krásný Jez u Karlových Varů již roku 1981 a od té doby se použil na mnoha desítkách úpraven na území České i Slovenské republiky. Používá se na filtry různých náplní i počtu vrstev. Systém funguje na principu „převládajících průtokových ztrát“, průtokové ztráty pracího vzduchu nebo prací vody v nejbližších otvorech drenážního systému jsou větší než průtokové ztráty v celé výšce vrstvy filtrační náplně, tento stav platí ve všech částech plochy filtru a zajišťuje rovnoměrné vhánění pracího média do filtrační náplně v rámci celé plochy filtru. Prací voda a vzduch jsou vedeny samostatnými tělesy ve střídavém pořadí na dně filtru rovnoběžně vedle sebe. Osová vzdálenost mezi vodními a vzduchovými trubkami činí cca 300 mm. Filtrační náplň o velikosti zrn větší než 0,6 mm lze ukládat přímo na drenážní systém bez mezilehlé štěrkové vrstvy. [27]

6 Adsorpce na aktivním uhlí

6.1 Adsorpce

V rámci pojmu adsorpce na aktivním uhlí se ve skutečnosti můžeme setkat s *adsorpcí*, kdy dochází ke změně hustoty či koncentrace adsorbované látky (látek) v těsné blízkosti mezifázového rozhraní a *absorpcí*, kdy proniká látka jedné fáze do objemu druhé fáze. Oba zmiňované jevy tvoří dohromady děj zvaný *sorpce*. Složka fluidní fáze s možností podlehnout adsorpci se nazývá *adsorptiv*, po tom, co se dostane na mezifázové rozhraní, se z ní stává *adsorbát* a pevná látka, na které dochází k této přeměně, je pojmenována jako *adsorbent*. Dále rozlišujeme *adsorpci* chemickou, kdy se *adsorbát* váže k povrchu *adsorbentu* pomocí stejných sil, jakými se tvoří chemické vazby a *adsorpci* fyzikální, kdy mezi částicemi působí fyzikální – *Van der Walsovy síly*. *Van der Walsovy síly* představují jeden z typů mezimolekulových sil. Oproti meziatomovým interakcím (chemickým vazbám) jsou poměrně slabé, jejich výskyt lze předpokládat při přiblížení atomových uskupení vyznačujících se stabilní elektronovou konfigurací a s minimální tendencí změnit své dosavadní vazebné uspořádání. [7], [50], [2]

6.2 Aktivní uhlí

Aktivní uhlí (nebo také aktivní uhlík) představuje surovou formu grafitu, od kterého se liší nepravidelnou strukturou vysoké pórovitosti. Najdeme zde štěrbinu pozorovatelnou lidským okem i póry molekulárních rozměrů. Vysoká pórovitost materiálu vytváří abnormálně velký vnitřní povrch, na kterém může adsorbovat široké spektrum sloučenin. Některé zdroje uvádějí velikost vnitřního povrchu 400 až 1500 m²/g. [24] Je velice těžké si představit, že 3g aktivního uhlí mohou mít vnitřní povrch o velikosti plochy fotbalového hřiště (chemviron.eu). Mezi metody stanovení sorpčního povrchu patří adsorpce plynů, par organických látek, nebo adsorpce z roztoku (adsorpce barviv - např. methylové modře). [38], [4]

Póry se dělí podle velikosti na mikropóry menší než 2 nm, mezopóry s velikostí 2–50 nm a makropóry o velikosti větší než 50 nm. Mezopóry a makropóry mají společný účel a to transportovat organické látky do mikropórů, kde se odehrává jejich samotná adsorpce, proto se mezopóry a makropóry souhrnně nazývají póry transportní. S problematikou porů úzce souvisí výběr materiálu, ze kterého je aktivní uhlí vyrobené.

Pro zajištění funkčnosti v oblasti úpravy pitné vody je nezbytný vhodný poměr mikropórů a transportních pórů, který má aktivní uhlí vyrobené z uhlí černého. Dále se aktivní uhlí vyrábí například z kokosových skořápek a ze dřeva. [24]

Při výrobě se v počátečním kroku karbonizace při teplotě 200-300 °C suroviny zbavují přirozeně těkavých složek a vlhkosti, aktivace probíhá za přídavku oxidačního činidla při teplotě 900-1000 °C. [39]

6.3 Typy aktivního uhlí

Granulované aktivní uhlí (GAU) – Jedná se o částice nepravidelného tvaru o velikosti 0,2-5 mm (výrobce Chemviron.eu). Tento typ je vhodný pro úpravu plynné fáze i fáze kapalné, proto je využíván při úpravě pitné vody. Granulované aktivní uhlí se do technologické linky zařazuje v podobě náplní filtrů a zpravidla mu předchází jiné způsoby úpravy vody (písková filtrace, čiření). Výhodou tohoto typu je možnost jeho regenerace, popřípadě reaktivace. [38], [8]

Při procesu reaktivace dochází k vyjmutí aktivního uhlí z adsorbéru a následným úpravám při různých teplotách, při kterých postupně dochází k odstranění přítomné vody, desorpci těkavých adsorbovaných organických látek, pyrolýze a karbonizaci netěkavých organických látek a zplynění zuhelnatěných zbytků. Reaktivované uhlí dosahuje ve výsledcích téměř stejné kvality jako nové aktivní uhlí. Než se uhlí vrátí zpět do své funkce, je vyrovnán jeho úbytek způsobený reaktivací. Některé nasorbované látky lze odstranit regenerací na bázi termické desorpce, při které se uhlí ohřeje na teplotu potřebnou k přeměně skupenství adsorbované látky na plynnou fázi a k následné kondenzaci par do fáze kapalné. [39], [29]

Na trhu je dostupné aktivní uhlí s trochu odlišným rozmezím velikosti částic, než jaké má granulované aktivní uhlí, nazývá se *zrněné aktivní uhlí*, u nás je například dostupné zrněné aktivní uhlí od firmy Silcarbon s velikostí částic 0,5-2,5 mm. [85]

Práškové aktivní uhlí (PAU) - Částice práškového aktivního uhlí jsou menší než 0,18 mm. Používá se zejména na úpravu vody. Na rozdíl od *granulovaného aktivního uhlí* se využívá pouze při náhlém zhoršení kvality surové vody. Do vody se dává před použitím koagulačního činidla, nebo častěji současně s ním. Po použití se z něj stává odpad, jelikož nemá schopnost regenerace. [38], [8]

Extrudované aktivní uhlí – Využívá se hlavně pro úpravu plynné fáze z důvodu vysoké mechanické pevnosti a nízkého obsahu prachu. Aktivní uhlí je dostupné i ve formě vláken a tkanin. [38]

6.4 Popis filtračního zařízení

Filtry s aktivním uhlím mohou být zařazeny v technologické lince jako další separační stupeň po pískové filtraci, nebo může aktivní uhlí tvořit další náplň v rámci pískového filtru. U tlakového filtru aktivní uhlí funguje jako náplň ve válcovité nádobě, do jejíž horní části přitéká voda, odkud se skrz náplň dostává dolů a upravená odtéká pryč. K promývání aktivního uhlí slouží tryskové mezidno, kterým při tomto procesu proudí voda opačným směrem než při filtraci a odděluje tak suspendované látky od aktivního uhlí. [49]



Obr. 7 Schéma tlakového filtru s aktivním uhlím [49]

6.5 Parametry sledované u aktivního uhlí ve vodárenství

Důležitým parametrem pro výběr aktivního uhlí je *koeficient stejnoměrnosti*, který podává informaci o rozložení velikosti částic aktivního uhlí. S klesající hodnotou koeficientu se zmenšuje rozdíl ve velikosti největších a nejmenších částic. Tento parametr se uplatňuje při výběru aktivního uhlí pro druhý filtrační stupeň po pískové filtraci, kdy upřednostňujeme aktivní uhlí s vyšším koeficientem stejnoměrnosti

(1,7–2,0) než u aktivního uhlí využitého při jednostupňové filtraci (koeficient stejnoměrnosti 1,4). [24]

Otěr ukazuje mechanickou pevnost aktivního granulovaného uhlí v kapalně fázi, dochází k němu při manipulaci s náplní (plnění filtrů, reaktivace atd.). Zohledňuje se zde zmenšení průměru, což odlišuje otěr od tvrdosti, která je charakterizovaná jako množství aktivního uhlí, které zůstane na příslušném síti po analýze velikosti částic a vyjadřuje degradaci jednoho rozměru částice. Tvrdost se používá jako parametr pro plynné fáze a číselné hodnoty tvrdosti a otěru jsou odlišné. [23], [39]

Účinnost a životnost při odstraňování oxidačních látek (ozon, chlor atd.) vyjadřuje *dechlorační půlhodnota*, která představuje výšku aktivního uhlí v cm, na které dojde ke snížení koncentrace chlóru ve vodě na 50 %. Čím je tato hodnota nižší, tím vyšší má aktivní uhlí účinnosti při odstraňování ozonu, oxidu chloričitého nebo chloru. Princip odstraňování těchto látek je odlišný od adsorpce organických polutantů. [39], [23]

Z hlediska dimenzování ve vodárenství je důležitá tzv. *backwashed and drained density* (hustota zpětně propláchnutého a vysušeného uhlí), která se standardně pohybuje okolo 85 % hodnoty *apparent density* (setřesená sypná hmotnost), která vznikne v nádobě po vibračním setřesení. Skutečná hustota aktivního uhlí, ve které se započítává pouze skelet bez pórů, se podobá hustotě grafitu a pohybuje se v rozmezí 2,150 to 2,200 kg/m³. [37]

6.6 Problémy řešené adsorpcí na aktivním uhlí

Huminové kyseliny jsou jednou ze složek huminových látek (spolu s huminy a fulvinovými kyselinami), tvoří hlavní složku rozpuštěné přírodní organické hmoty a představují 90 % rozpuštěného organického uhlíku v přírodních vodách. Přítomnost huminových látek představuje riziko v podobě prekurzorů vedlejších produktů dezinfekce, zejména trihalogenmethanů ve vodách dezinfikovaných chlorem. *Huminové látky* dále mění barvu vody na žlutou až hnědou, snižují pH vody, tvoří komplexy s těžkými kovy a poskytují dobré životní podmínky bakteriím. Běžné procesy úpravy pitné vody (pískové filtry, čiření) odstraňují 20-50 % huminových látek z vody. Efektivnějším řešením je adsorpce na aktivní uhlí. Některé druhy huminových látek mohou ale značně změnit povrchový charakter aktivního uhlí, což vede ke znečištění

filtrů. Proto bych zde ráda zmínila novinku v podobě modifikovaného *granulovaného aktivního uhlí GAU-TiO₂*, které bylo experimentálně použito k odstranění *huminových kyselin* z vody fotokatalýzou za probíhajícího *UV záření*, při tomto procesu navíc *GAU-TiO₂* vykazuje samočisticí schopnost, proto představuje velmi zajímavý prvek v rozvoji nové generace filtrů. [20], [28]

Adsorpce na granulovaném aktivním uhlí patří mezi nejúčinnější technologie vedoucí ke snížení obsahu *pesticidů* ve vodě. Je možné ji zkombinovat například s *ozonizací*. Pesticidy se používají k ochraně zemědělských plodin, v oblasti lesnictví a dokonce i ve vodním hospodářství například k redukci zooplanktonu při ohrožení ryb kyslíkovým deficitem, nebo k likvidaci nežádoucích vodních rostlin. Nejdůležitějšími zástupci z hlediska dělení podle biologické účinnosti jsou *herbicidey* (hubí plevel), *fungicidey* (ničí parazitické houby) a *insekticidey* (hubení hmyzu). Aktivní složkou anorganických pesticidů může být Cu, Hg, As, Pb, F, polysulfidy a elementární síra. Nejdůležitějšími zástupci převažujících organických pesticidů jsou *organochlorové a organofosforové pesticidy*. Ve vodách se *pesticidy* vyskytují rozpuštěné, nebo nerozpuštěné. Z hlediska výskytu *pesticidů* jsou více problémové povrchové vody. Ve vodách se objevují především triazinové (*herbicid atrazin*) a *organochlorové pesticidy* (v minulosti například insekticid *DDT* - zkratka z *dichlordifenytrichlorethan*). [3]

Další významnou složku přírodní organické hmoty zastupují *látky produkované řasami a sinicemi*, které vznikají jako produkt metabolických pochodů, nebo autolýzou buněk při odumírání. Složení produktů z jednotlivých pochodů se liší, dohromady zahrnují polysacharidy, oligosacharidy, monosacharidy, proteiny, peptidy, nukleové kyseliny a lipidy. Dohromady mají tyto látky negativní dopad na organoleptické vlastnosti vody, zanáší filtry, znesnadňují koagulaci a jsou prekurzory vedlejších produktů dezinfekce (trihalogenmethanů a halogenderivátů kyseliny octové). Mezi velmi obtížně koagulovatelné a tím pádem problematické látky patří *nízkomolekulární peptidy*, které obsahují vysoké množství rozpuštěného organického uhlíku a *cyanotoxiny* na bázi *neribozomálních peptidů*. *Adsorpce na granulovaném nebo práškovém aktivním uhlí* je za určitých podmínek vhodným řešením. Účinnost procesu závisí na mnoha faktorech, mezi které patří velikostní distribuce pórů a struktura povrchu absorbentu a mnoho vlastností absorbátu (například molekulová hmotnost, typ a rozmístění funkčních skupin, povrchový náboj, atd.). Dále je vhodné pro účinnou

adsorpci těchto látek volit slabě kyselé hodnoty pH ($\text{pH} < 6$), vyšší účinnosti lze také dosáhnout zvýšením iontové síly roztoku. [8]

Dále se aktivní uhlí používá obecně k odstraňování nízkomolekulárních látek, chlorovaných uhlovodíků, k dechloraci a obecně ke zlepšení organoleptických vlastností vody. Pokud je v procesu úpravy zařazena *ozonizace*, využívá se aktivní uhlí k odstranění zbytkové koncentrace ozonu. [24]

6.7 Příklady zařazení v rámci technologické linky (ČR)

Při mnoha rekonstrukcích prováděných v posledních letech se zavádí na úpravárnách vody *adsorpce na aktivním uhlí*. Jeden takový příklad představuje rekonstrukce úpravny U svaté Trojice v Kutné Hoře z roku 2015, kde se v surové vodě objevují mimo jiné právě *pesticidní a huminové látky* (dále koliformní bakterie, E. coli, zákal, pach, barva). *Adsorpci na aktivním uhlí* zde předchází předozonizace, čiření s procesem sedimentace, alkalizace vápennou vodou, filtrace a doozonizace. [46]



Obr. 8 Tlakové GAU filtry na ÚV U svaté Trojice v Kutné Hoře [foto poskytnuté úpravnou]

V roce 2014 proběhla rekonstrukce úpravny vody Znojmo. V technologické lince zastupuje první separační stupeň čiření, následují 4 rychlofiltry s pískem a antracitem jako druhý stupeň a třetí stupeň tvoří filtrace přes *granulované aktivní uhlí*.

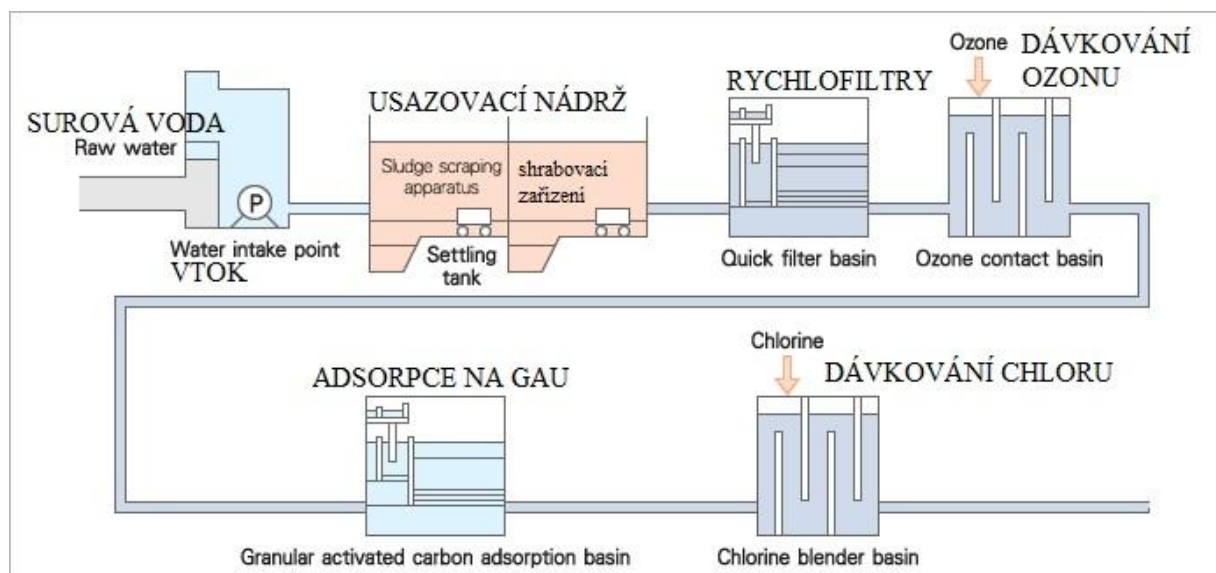
Dva filtry byly k těmto účelům přeměny z původních pískových rychlofiltrů. Vyskytují se zde podobné problémové látky jako v Kutné Hoře. [65]

Úpravna vody Švařec zásobující Brno a okolí byla vybudována v roce 2000 a její výkon momentálně dosahuje 1150 l/s. Po čiření se voda dostává do deseti pískových filtrů a následně se ještě upravuje v šesti filtrech s granulovaným *aktivním uhlím*. V surové vodě se na této úpravně objevují *toxické látky řas a sinic*. Všechny tři příklady zastupují úpravu povrchové vody. [78]

6.8 Příklady ze zahraničí

Jedno z největších zařízení používající granulované aktivní uhlí ve Spojených státech amerických leží v Cincinnati, kde dostávají zákazníci vodu z řeky Ohio. Použití granulovaného aktivního uhlí zde umožňuje menší spotřebu chloru v procesu úpravy pitné vody. [82]

Práškové nebo granulované aktivní uhlí využívají i Japonci především kvůli problémům způsobeným řasami v řekách a jezerech, ze kterých berou vodu. Často zde předchází adsorpci proces ozonizace. [59]



Obr. 9 Příklad typu japonské technologické linky [59]

Proces úpravy přes aktivní uhlí má ve své lince zařazený i úpravna vody v Moskvě (opět v kombinaci s ozonizací). [47]

7 Membránové procesy

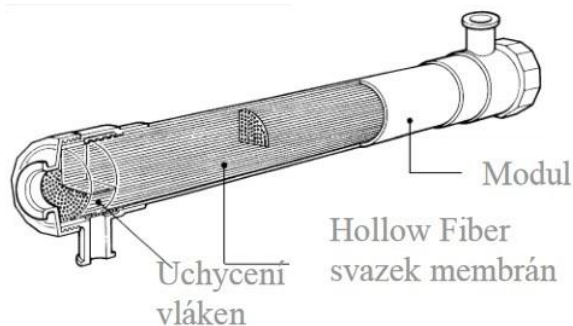
7.1 Membránové procesy

Jedná se poměrně mladé technologie, které se ale rychle vyvíjí a šíří, dříve jejich cena představovala velkou nevýhodu v použití, momentálně mohou membránové procesy po ekonomické stránce konkurovat tradičním metodám úpravy vody, což je způsobeno poklesem ceny membrán a zároveň zvyšujícími se náklady na klasické metody, které je třeba vynaložit na splnění narůstajících požadavků na kvalitu pitné vody. Jejich atraktivita dále spočívá ve vysoké kvalitě upravené vody, snížení spotřeby chemikálií a produkce kalu, nízkých nárocích na zastavěnou plochu, ale hlavně ve vynikajícím odstraňování patogenních organismů. [61], [10]

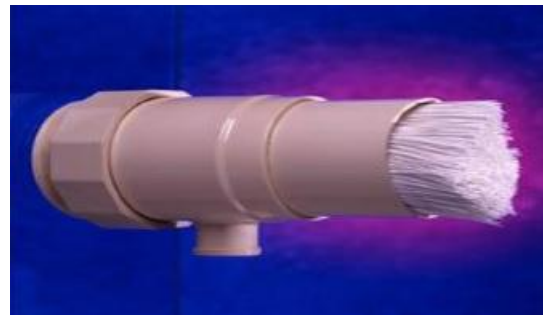
Membránové procesy využívají semipermeabilní membránu jako selektivní bariéru pro nežádoucí látky, které je třeba z vody odstranit. Selektivitu membrány určuje velikost pórů a provozní tlak. Podle těchto parametrů se membránové procesy dělí na *mikrofiltraci (MF)*, *ultrafiltraci (UF)*, *nanofiltraci (NF)* a *reverzní osmózu (RO)*. [61],

7.2 Mikrofiltrace

Mikrofiltrací lze separovat částice o velikosti 0,05-10 μm za provozního tlaku 30 až 200 kPa. Z vody odstraňuje nerozpustné kontaminanty – mechanické částice, zákal, koloidy a mikroorganismy (i prvoky rodu *Cryptosporidium* a *Giardia*), rozpustné látky touto technologií odstranit nelze. Mikrofiltrační membrány se vyrábějí z různých druhů polymerních materiálů. Příkladem použití *mikrofiltrace* je například zařízení na čištění vody *Pall ARIA* s vlákny z PVDF (polyvinyl difluorid). Dutá vlákna s velikostí pórů 0,1 μm jsou uchycena ve speciálním trubkovém modulu (Obr. 10, Obr. 11), přes který je voda filtrována. Tuto technologii lze využít na povrchové vody, koagulované a předčištěné povrchové vody, podzemní vrty, odpadní vody z pískových filtrů, nebo jako předčištění pro úpravu vody *reverzní osmózou*. Zařízení se čistí zpětným proplachem, praním vzduchem a chemickým čištěním. První zařízení tohoto druhu bylo nainstalováno v Japonsku v roce 1991. [33]



Obr. 10 Modul Pall ARIA [33]



Obr. 11 Modul Pall ARIA [33]

7.3 Ultrafiltrace

Ultrafiltrace se od *mikrofiltrace* liší především velikostí pórů, která se pohybuje v rozmezí 1-50 nm. Tlak potřebný k *ultrafiltraci* dosahuje podobných hodnot jako u *mikrofiltrace* a vyráběné jsou ultrafiltrační membrány z polymerních materiálů a keramiky stejně jako membrány mikrofiltrační. Rozsah využití je opět podobný, *ultrafiltrací* lze částečně odstranit i NOM (Natural Organic Matter – organické látky přírodního původu). Většina provozů a poloprovozů *ultrafiltrace* používá k předčištění surové vody filtraci. Pro zvýšení životnosti membrán a kvality upravované vody se membránové procesy kombinují s dalšími procesy – koagulací, aerací, adsorpcí, úpravou pH, ozonizací atd., například v Japonsku ale upravuje většina provozů *ultrafiltrace* a *nanofiltrace* surovou vodu bez předchozí úpravy. [61], [10]

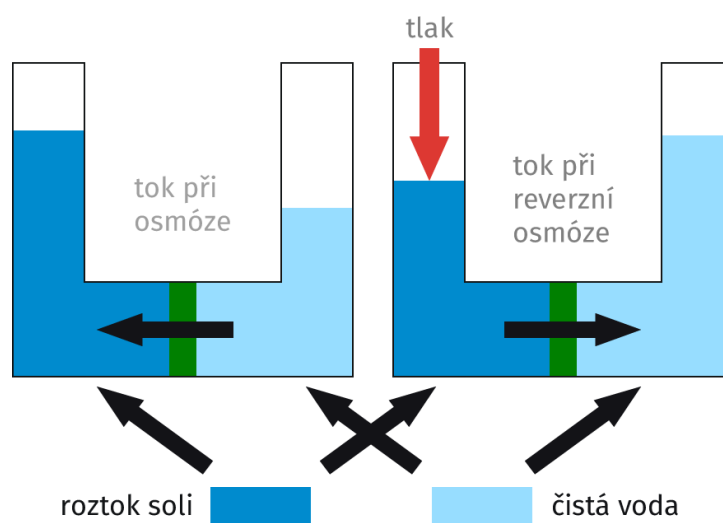
Hybridní *ultrafiltrační* provoz byl realizován v roce 1997 ve francouzském Vigneux sur Seine, kde je dávkováno práškové aktivní uhlí před membránu a recyklováno při praní membrány, jako předúprava zde funguje koagulace, sedimentace, adsorpce na GAU a ozonizace, v surové vodě se totiž sezónně vyskytují mikropolutanty (pesticidy, zápach, pachutí) a zvýšený obsah NOM. [76] V České republice zastupuje *ultrafiltraci* úpravna vody Březová, která zásobuje více než třetinu obyvatel Karlovarského kraje. Před rekonstrukcí se zde upravovala povrchová voda koagulací a filtrací, nyní tyto technologie doplňuje ještě třetí separační stupeň – *ultrafiltrace*. Na úpravně se nachází 4 ultrafiltrační bloky, každý blok obsahuje 72 modulů s 2600 vláknů v každém z nich. Vláknů o průměru 4 milimetry obsahuje 7 kapilár, do kterých je veden průtok procházející póry o průměru 20 nm ven. Zhruba jednou za hodinu probíhá zpětný proplach membrán. [21]

7.4 Nanofiltrace

Typická velikost pórů se pohybuje okolo 2 nm a filtrace probíhá při tlaku 350-850 kPa. Nanofiltrací lze odstraňovat vedle většiny organických látek i vícevalentní ionty – Ca^{II} , Mg^{II} , SO_4^{II} atd. Membrány se vyrábí z kompozitních polymerních materiálů a používají se tam, kde není *ultrafiltrace* dostačujícím řešením a použití *reverzní osmózy* se nejeví v daném případě jako ekonomické. Pro úpravu podzemní vody s vyšší tvrdostí, obsahem železa a obsahem organického materiálu zvolili *nanofiltraci* například v Severní Karolíně ve městě Jacksonville. V této oblasti se míchá sladká říční voda s vodou mořskou, tudíž i sladké zdroje podzemní vody se postupem času stávají místy brakickými, s čímž si technologie *nanofiltrace* dokáže poradit. [73], [41]

7.5 Reverzní osmóza

Reverzní osmóza s velikostí pórů pohybující se v rozmezí 0,1-1 nm odstraňuje z vody všechny suspendované částice, naprostou většinu rozpuštěných látek, neodstraňuje ale některé těžké organické látky jako například THM (trihalometany) [76]. Děj probíhá při tlaku 700-8000 kPa, kdy za nižšího tlaku probíhá úprava sladké nebo brakické vody a při vyšších tlacích se odsoluje mořská voda, což z *reverzní osmózy* dělá velice atraktivní technologii. Název vzešel z podobnosti s přirozeným fyzikálním procesem probíhající například v buňkách organismů – osmózou, v případě membránové technologie však voda proudí opačným směrem, než je přirozené, proto se jedná o reverzní osmózu (Obr. 12). [84]



Obr. 12 Princip reverzní osmózy [84]

První komerční provoz *reverzní osmózy* byl uveden do provozu roku 1965 ve městě Coalinga v Kalifornii a jako pilotní program této technologie přilákal mnoho odborníků, kteří o *reverzní osmózu* začali jevit zájem. Jak již bylo zmíněno v jedné z úvodních kapitol, při úpravě mořské vody se *RO* někdy kombinuje s *destilací*, nebo vznikají různé hybridní závody, kde se současně s pitnou vodou vyrábí elektrická energie. [52]

8 Dezinfekce pitné vody UV zářením

8.1 Ultrafialové záření

Projevuje se v podobě vln se spektrem pohybujícím se mezi vlnovou délkou viditelného světla a rentgenovým zářením. Fotony těchto vlnových délek mají dostatečnou energii na to pozvednout atomy nebo molekuly do excitovaných stavů, které jsou nestabilní. Rozmezí *ultrafialového záření* nabývá hodnot 100- 400 nm a dělí se na několik následujících typů; UVC (< 280 nm), UVB (280- 320 nm), UVA (320-400 nm). UVA tvoří zhruba 99 % UV záření dopadajícího na zemský povrch. UVB se z většiny absorbuje v ozonové vrstvě, má schopnost rozkládat nebo narušovat bílkoviny nebo jiné důležité sloučeniny, při zasažení DNA vzniká rakovina, negativní dopad má i na náš zrak. Dokáže zcela likvidovat jednobuněčné organismy. UVC představuje jeden ze dvou způsobů vzniku ozonu a je zhoubné pro živé organismy. Proniká hlouběji do buněk než UVB záření a začíná být ionizující. [77], [35]

8.2 Inaktivace mikroorganismů

Účinek dezinfekce *UV zářením* spočívá ve fotochemickém poškození RNA, DNA nebo eventuelně i jiných důležitých makromolekul. Nukleové kyseliny postihuje *UV záření* při vlnové délce 240-280 nm s tím, že nejefektivněji jsou choroboplodné zárodky a mikroorganismy ničeny při délce 260-265 nm. Při působení *UV záření* vzniká mutace v podobě thyminových dimérů, která zamezuje replikaci DNA a množení bakterií, čímž dojde k jejich zániku. Mutace však může být u některých organismů opravena pomocí enzymů. Pokud dojde k procesu obnovy buněk poškozených *UV zářením*, mluvíme o reaktivaci, ta může probíhat jako fotoreaktivace nebo jako reparace za tmy. Mezi enzymy napomáhající reaktivaci patří například photolyáza, endonukleáza, polymeráza a ligáza. [31]

8.3 Problémy řešené UV zářením

Jak již bylo zmíněno, účelem dezinfekce je zbavit vodu nežádoucích mikroorganismů a jejich zárodků. Stav patogenních organismů ve vodě se ověřuje nepřímo pomocí zástupných organismů nazývaných indikátory fekálního znečištění, důvodem je fakt, že většina zdravích škodlivých mikroorganismů vyskytujících se ve vodě, je fekálního původu. Jako indikátory slouží například *Escherichia coli* nebo

koliformní bakterie. Některé organismy se ukazují jako odolné proti běžně používaným dávkám chloru, nebo oxidu chloričitého, jedná se o prvoky rodu *Cryptosporidium* a *Giardia* a jejich trvalá stadia. V prvním případě se ukázala jako účinná právě dezinfekce *UV zářením*. Tito prvoci představují hrozbu průjmových onemocnění po celém světě nejen pro člověka, ale i pro zvířata. Oocysty kryptosporidií vykazují mimořádnou odolnost k vlivům prostředí a tak dokážou ve vodě přežít měsíce. K tomu, aby způsobily infekci, stačí velmi nízká dávka. *Cryptosporidium* mělo na svědomí dosud největší epidemii způsobenou nákazou z pitné vody na světě, kdy postihlo okolo 400 tisíc osob v Milwaukee (USA). V ČR zatím nebyla zaznamenána žádná epidemie podobného původu, i když se v našich povrchových vodách kryptosporidia běžně vyskytují. [25], [30]

8.4 Používané UV lampy

Pro dezinfekci pitné vody je v ČR stanovena minimální dávka *UV záření* 400 J/m². Tradiční typ zářičů představují *monochromatické nízkotlaké UV lampy* (tlak v trubici 10² až 10³ Pa) emitující záření o vlnové délce 254 nm, jejichž účinek bývá na úpravách vody doprovázen chlorací, protože lampy ničí pouze DNA organismů, ale ne látky umožňující reaktivaci. Účinnost dále závisí na teplotě, hodí se pro nižší a stálé průtoky a na místa, kde nekolísá kvalita vody. *Polychromatické středotlaké UV lampy* o vlnové délce 200 – 400 nm (tlak v trubici 0,1 až 0,3 MPa) ničí vedle DNA i látky, které způsobují reaktivaci mikroorganismů. Dalším typem jsou *polychromatické MultiWave UV lampy* lišící se od polychromatických středotlakých UV lamp generací vyšší intenzity UV záření. Díky vyšší intenzitě stačí kratší čas působení při stejné dávce záření. Výkon *středotlakých UV lamp* nezávisí na běžně dosahovaných hodnotách teploty vody, díky možnosti záření v různých hladinách dokážou reagovat na změnu průtoku nebo kvalitu vody. Protože mají schopnost zabránit reaktivaci mikroorganismů, hodí se i na hygienické zabezpečení pitné vody. Jejich nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady. [31], [44], [32]

Klasické systémy UV lamp se instalují souběžně s tokem vody, lampy některých nových systémů mají orientaci kolmo na proud vody, což zajišťuje rovnoměrnější rozložení intenzity záření v radiační komoře (nebo také reaktoru), voda tímto prostorem protéká – nedochází v něm k akumulaci. Potenciálnímu riziku vzniku dusitanů ve vodě se předchází použitím trubic z křemenného skla. [31], [44]

Účinnost *UV záření* může být ve vodě snížena rozptýlenými pevnými látkami, které mají schopnost *UV záření* pohlcovat a mikrobům tak zajišťují ochranu. Proto jsou barva a zákal vody důležitými vstupními parametry. Pevné látky se mohou rovněž usazovat na trubicích, proto se navrhuje stírací zařízení. Efektivita procesu dále samozřejmě záleží na technických parametrech zařízení a jeho nastavení v provozu, tím je myšlena dávka *UV záření*, doba zdržení vody v zařízení, průtokové množství vody, sumarizace provozních hodin UV lamp apod. [32]

8.5 Příklady zařazení UV lamp v rámci technologické linky (ČR)

UV zářiče je možné zařadit do technologické linky povrchové vody i vody podzemní. Jeden z příkladů použití u povrchové vody představuje úpravna vody Mostiště (220 l/s), kde je *UV záření* zařazené na konci technologické linky v rámci finální dezinfekce (po stabilizaci vody). V tomto případě následuje po ozáření použití oxidu chloričitého a chloru z důvodu dostatečného hygienického zabezpečení vody. Kvůli vysokému zbytkovému obsahu organického znečištění bylo zavedeno UV záření doprovázené chloraminací na úpravnách vody Souš (Jizerské hory) a Jirkov (Krušné hory). V případě malé úpravny podzemní vody Klučenice (1,5 l/s) dochází k dezinfekci surové vody *UV zářením* po mechanickém předčištění, poté následuje odstraňování dusičnanů iontovou výměnou a hygienické zabezpečení chlornanem sodným. Další možnost představuje použití UV lamp přímo k hygienickému zabezpečení vody, tuto variantu najdeme na úpravně podzemní vody Mokošín (35-40 l/s), kde je použito zařízení *Berson Milieutechnik BV typ bersonInline 450 se středotlakými polychromatickými lampami berson MultiWave*. [21], [76], [26]

8.6 Příklady použití v zahraničí

Rozsáhlý systém dezinfekce za použití UV lamp se nachází například v německém Essenu, kde je zaveden společně s dávkováním oxidu chloričitého. Tato úpravna je dotovaná vodou z řeky Ruhr. Vyspělá technologie UV zářičů poskytuje kvalitnější úroveň dezinfekce při povodňových situacích. Upravovat vodu mohou dohromady 4 radiační komory se středotlakými UV lampami od firmy Berson. [57]

V druhém největším městě Ruska – Petrohradu ležícím na řece Neva používají dezinfekci *UV zářením* z důvodu výskytu bakterií (*Clostridium*) a virů rezistentních

proti chloru. Surová voda se zde předtím upravuje čířením a filtrací přes pískové filtry.[69]

V roce 2013 byla v New Yorku otevřena tehdy největší úprava vody s technologií *UV záření* na světě. Voda proudí 56 obrovskými radiačními komorami, kde je vystavena *UV záření* především z důvodu odstranění zárodků prvoků rodu *Cryptosporidium* a *Giardia*. [19]

8.7 Klady a zápory UV záření

Protože se při tomto procesu nedávkuje žádné chemikálie, je nespornou výhodou absence vedlejších produktů dezinfekce, které mají negativní vliv na zdraví. Při správném použití nedochází ke změnám složení vody, neovlivňuje pach ani chuť. Na rozdíl od chemických postupů není účinek příliš závislý na chemismu vody. Za negativní fakt je považovaná skutečnost, že není možné měřit hodnotu dávky *UV záření* přímo během použití, dále neexistuje objektivní srovnání *UV zařízení* různých typů a další nevýhodou představuje působení tohoto způsobu dezinfekce pouze v místě ozáření a tím pádem nezajišťuje trvalý účinek ve vodovodním systému. [30], [32]

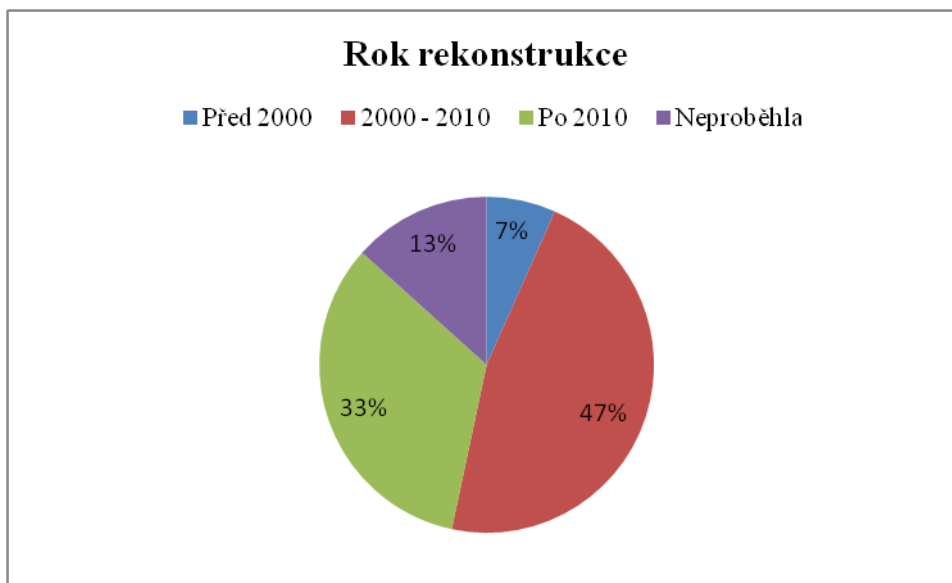
9 Dotazníkový průzkum

9.1 Metodika

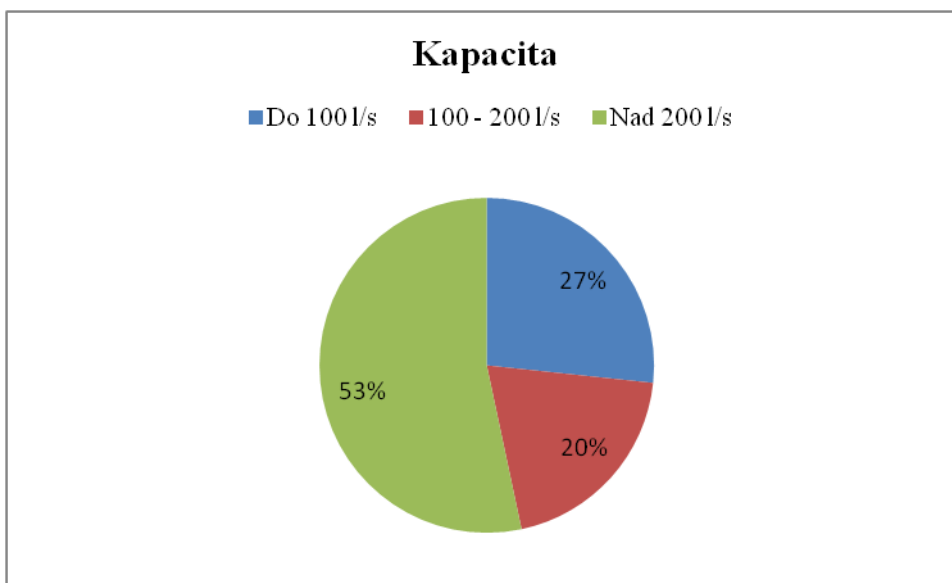
Pro praktickou část práce jsem vytvořila dotazník (Příloha 1), ve kterém bylo cílem zjistit parametry úpraven a informace o jejich technologických linkách. Primárně jsem se zaměřila na rekonstruované úpravny nebo na úpravny nově vybudované. Dotazník jsem vytvořila v programu Microsoft Excel, pro snadné a časově nenáročné vyplnění je možné většinu parametrů označit křížkem v příslušné nabídce, pouze některé parametry je třeba doplnit slovně. V první části dotazníku zjišťuji obecné parametry úpraven, jako je typ surové vody, její jakost, kapacita úpraven, stupeň separace, informace o rekonstrukcích nebo problémové parametry jakosti surové vody. Ve druhé části dotazníku jsem se pak detailněji zaměřila na dílčí parametry technologických linek a jejich změny při rekonstrukcích. V jedné části tedy úpravna vyplnila parametry své technologické linky před rekonstrukcí a ve druhé pak po rekonstrukci. Pro pořádek jsem tuto část dotazníku navíc rozdělila na technologie používané pro úpravu povrchové vody a technologie používané pro úpravu podzemní vody. U každé technologie lze vybrat či doplnit konkrétní způsob nebo chemikálii. Email s prosbou o vyplnění dotazníků jsem poslala celkem 28 vodárenským společnostem a jednotlivým úpravnám na území České republiky.

9.2 Vyhodnocení dotazníků

K vyhodnocení se sešly kompletní dotazníky z 15 úpraven. Výsledky šetření jsou patrné z grafů a tabulek. Z následujícího grafu (Obr. 13) je patrné rozložení rekonstrukcí úpraven během uplynulých let, podle průzkumu nejvíce rekonstrukcí probíhalo v letech 2000 – 2010, některé úpravny byly během let rekonstruovány vícekrát. Rekonstrukce a zavádění nových technologií stále pokračuje.

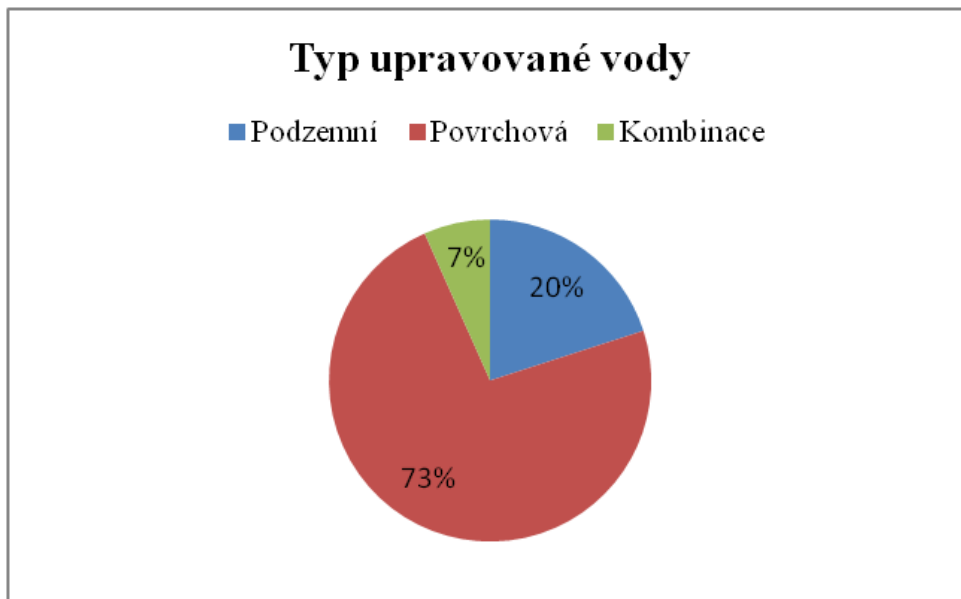


Obr. 13: Graf zobrazující rozložení let rekonstrukcí

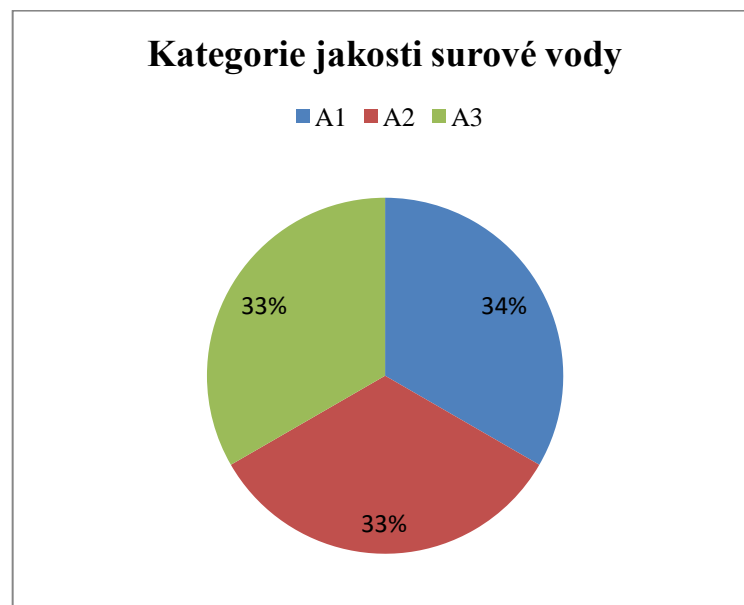


Obr. 14: Graf kapacity úpraven

Jak již bylo zmíněno v teoretické části, v posledních letech spotřeba vody v České republice klesá, tudíž některé úpravný záměrně snižují při rekonstrukcích svoji kapacitu. Dotazníkové šetření bylo více zaměřené na velkokapacitní úpravný, o čemž vypovídá graf kapacity úpraven (Obr. 14). Tyto úpravný získávají častěji vodu z povrchových zdrojů (Obr. 15). Kategorie surové vody jsou zastoupeny rovnoměrně (Obr. 16).



Obr. 15: Graf znázorňující typ upravované vody



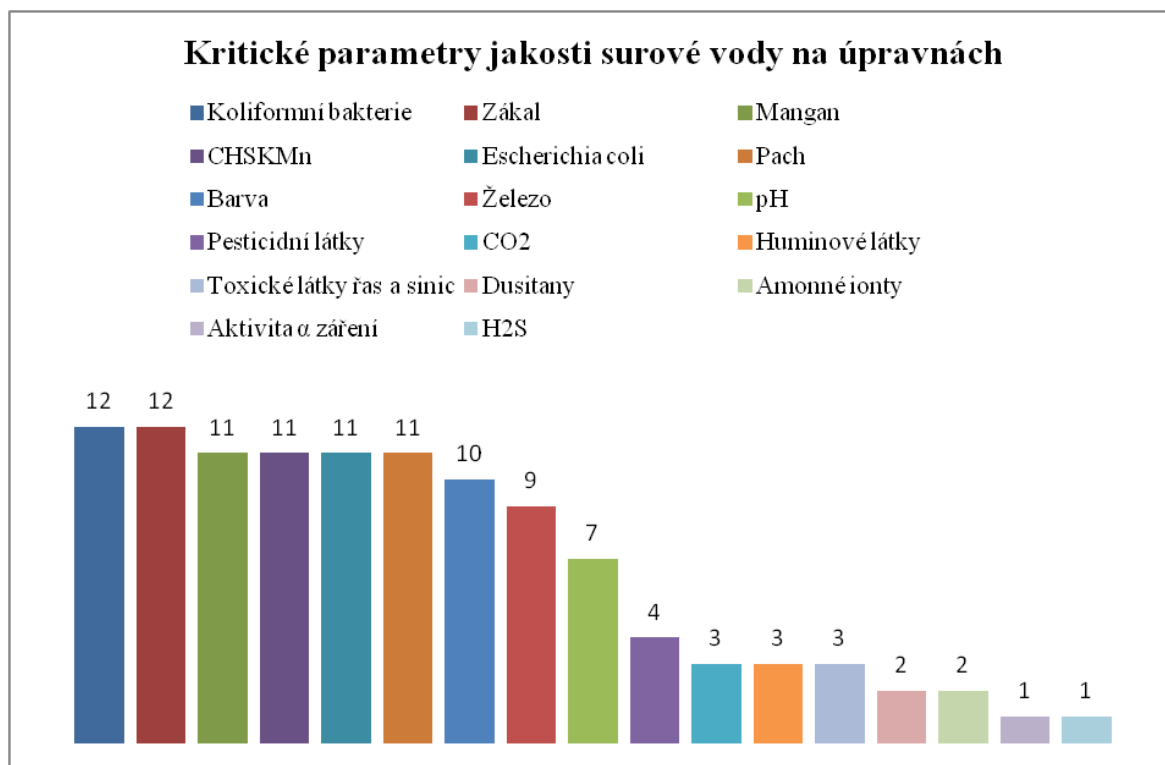
Obr. 16: Graf znázorňující kategorii jakosti surové vody

Stupně separace se na úpravárnách ve většině případů nezměnily, v některých došlo k zavedení dalšího stupně separace, pouze v jednom případě se stala z dvoustupňové úpravny jednostupňová díky zavedení koagulační filtrace. Zastoupení separačních stupňů úpraven je patrné z Tab. 2.

Tab. 2 Zastoupení úpraven s danými separačními stupni

| | Před rekonstrukcí | Po rekonstrukci nebo na nerekonstruovaných úpravkách |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| Pouze hygienické zabezpečení vody | 2 | |
| Jednostupňová | 2 | 4 |
| Dvoustupňová | 9 | 9 |
| Vícetupňová | | 2 |

Protože majoritní zdroj surové vody u hodnocených úpraven představuje voda povrchová, úpravy se často potýkají s výskytem organických látek. Ve vodách se vyskytují koliformní bakterie, které jsou indikátorem fekálního znečištění, problém představují i zhoršené organoleptické vlastnosti vody, mangan a železo. Netradiční problematiku reprezentuje objevení α záření a H_2S ve zdroji podzemní vody. Kritické parametry jakosti surové vody na úpravkách představuje graf na obrázku 17.



Obr. 17 Kritické parametry jakosti surové vody na úpravkách

První tabulka (Tab. 3) ukazuje zastoupení vybraných moderních technologií v celkovém počtu 15 hodnocených úpraven. U drenážních systémů je možné vidět přesný počet jednotlivých typů. Z tabulky je i dále patrné, v kolika případech se používá

adsorpce na granulovaném aktivním uhlí jako součást filtrace a kdy jako samostatný separační stupeň.

Ve druhé tabulce (Tab. 4) jsou zaznamenány nejčastější kroky podstupované při rekonstrukcích úpravěn bez ohledu na to, zda se jedná o moderní technologii, či nikoliv. Protože zavádění některých procesů se uplatňuje spíše u podzemní vody, je tabulka rozdělena na část pro povrchovou vodu a část pro podzemní vodu

Tab. 3 Zastoupení některých technologií v celkovém počtu hodnocených úpravěn

| Technologie | | | | Počet úpravěn | Procentuální zastoupení* |
|---------------------------|--------------------------|------------------------|---|----------------------|---------------------------------|
| Flotace | | | | 1 | 7% |
| Drenážní systém | Triton | | 2 | | |
| | Leopold | | 3 | | |
| | Aquafilter | | 3 | | |
| | Celkem | | | 8 | 53% |
| Adsorpce na aktivním uhlí | Práškové aktivní uhlí | | 1 | | |
| | Granulované aktivní uhlí | | 6 | | |
| | Celkem | | | 7 | 47% |
| | | Součást filtrace | 4 | | |
| | | Samostatný sep. stupeň | 2 | | |
| Membránové procesy | Ultrafiltrace | | | 1 | 7% |
| UV záření | | | | 3 | 20% |

Tab. 4 Zastoupení nově zavedených či rekonstruovaných technologií

| Zavedené/upravované technologie při rekonstrukcích | Povrchová voda | Podzemní voda | Celkem | Procentuální zastoupení * |
|---|-----------------------|----------------------|---------------|----------------------------------|
| Preoxidace | 4 | | 4 | 31% |
| Rekonstrukce pomalého míchání | 3 | | 3 | 23% |
| Čiřič | 1 | | 1 | 8% |
| Flotace | 1 | | 1 | 8% |
| Rekonstrukce drenážního systému filtrů | 7 | 1 | 8 | 62% |
| Postozonizace | 1 | | 1 | 8% |
| Adsorpce | 5 | | 5 | 38% |
| ÚV záření | 1 | 1 | 2 | 15% |
| Úprava činidla pro hygienické zabezpečení | 4 | 2 | 6 | 46% |
| Kalové hospodářství | 1 | 1 | 2 | 15% |
| Řídicí systém | 4 | 3 | 7 | 54% |
| Odželezování | | 1 | 1 | 8% |
| Odmanganování | | 1 | 1 | 8% |
| Filtrace | | 2 | 2 | 15% |
| Biofilmová nitrifikace | | 1 | 1 | 8% |
| Koprecipitace α záření | | 1 | 1 | 8% |

* Rekonstruováno 13 úpraven z 15. Procentuální zastoupení bráno vzhledem k počtu rekonstruovaných úpraven.

Dále jsou zde vyhodnoceny některé podrobnější parametry vybraných technologií. Tab. 5 popisuje zastoupení kombinací způsobů primární dezinfekce a preoxidace používaných úpravami povrchové vody. Těch bylo vyhodnoceno celkem 11. Tab. 6 pak ukazuje přehled použití jednotlivých způsobů/chemikálií pro primární dezinfekci a preoxidaci. Z tabulky je patrné, že na hodnoceném vzorku úpraven se v rámci rekonstrukcí nově zavedlo použití oxidu chloričitého a ozonu.

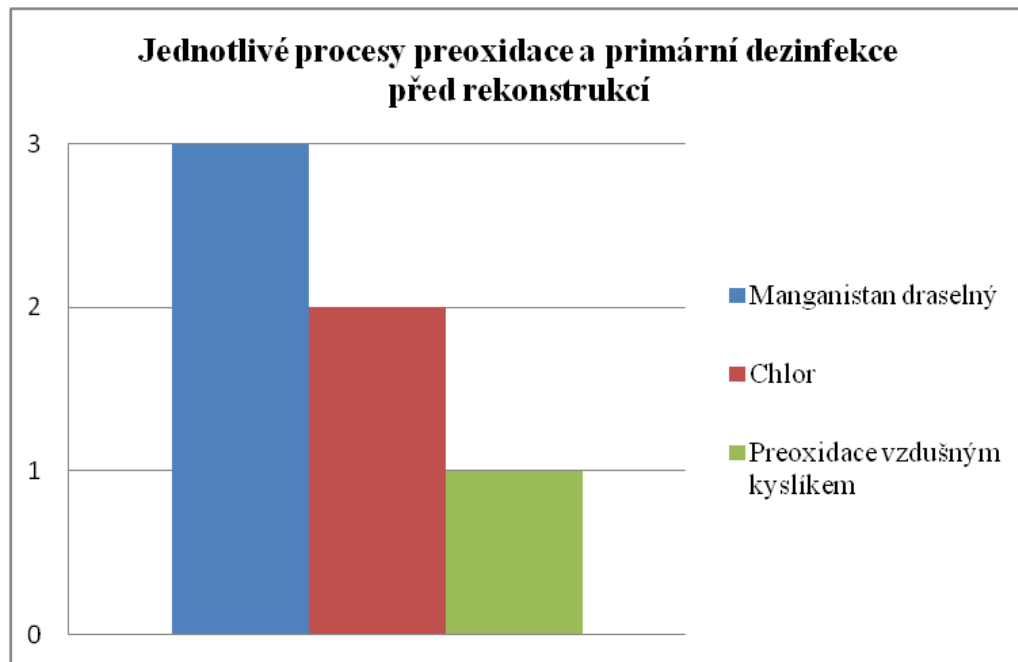
Tab. 5 Kombinace způsobů preoxidace a primární dezinfekce povrchové vody

| | Před rekonstrukcí | Po rekonstrukci nebo na nerekonstruovaných úpravách |
|--|--------------------------|--|
| Ozon | | 1 |
| Manganistan draselný | 2 | 1 |
| Chlor | 2 | 1 |
| Oxid chloričitý + chlor | | 1 |
| Ozon + manganistan draselný | | 1 |
| Vzdušný kyslík + oxid chloričitý + chlor | | 1 |
| Vzdušný kyslík + manganistan draselný | 1 | 1 |
| Ozon + oxid chloričitý + chlor | | 1 |
| Ozon + chlor | | 1 |
| Není zavedena | 4 | 2 |

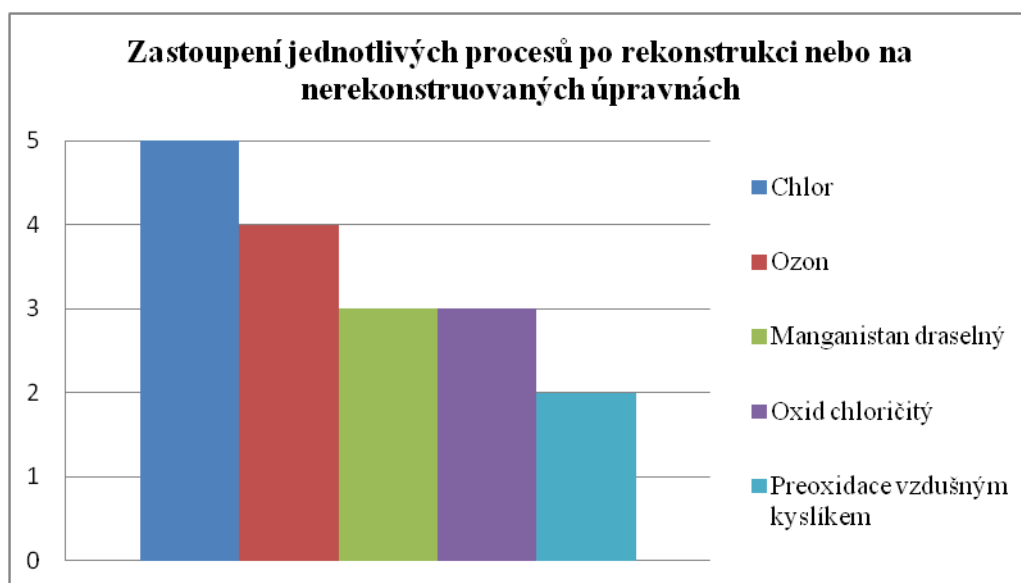
Tab. 6 Jednotlivé způsoby/chemikálie pro primární dezinfekci a preoxidaci.

| | Před rekonstrukcí | Po rekonstrukci nebo na nerekonstruovaných úpravách |
|------------------------------|--------------------------|--|
| Preoxidace vzdušným kyslíkem | 1 | 2 |
| Ozon | | 4 |
| Manganistan draselný | 3 | 3 |
| Oxid chloričitý | | 3 |
| Chlor | 2 | 5 |

Pro přehled a srovnání uvádím grafické znázornění zastoupení jednotlivých způsobů/chemikálií před rekonstrukcí (Obr. 18) a po rekonstrukci nebo na nerekonstruovaných úpravách (Obr. 19).



Obr. 18 Graf procesů preoxidace a primární dezinfekce před rekonstrukcí



Obr. 19 Graf procesů preoxidace a primární dezinfekce po rekonstrukci nebo na nerekonstruovaných úpravkách

Tab. 7 zřehledňuje podrobnější parametry procesu čiření. Nejčastěji využívaný koagulant pro tvorbu vloček představuje síran hlinitý.

Tab. 7 Podrobné parametry procesu čiření

| Používané koagulanty při úpravě povrchové vody | | |
|---|--------------------------|---|
| | Před rekonstrukcí | Po rekonstrukci nebo na nerekonstruovaných úpravkách |
| Síran hlinitý | 6 | 5 |
| Síran hlinitý + síran železitý | 1 | |
| Síran železitý | 1 | 2 |
| PAX 18 * | 1 | 4 |
| Použití polymerního flokulantu | | |
| | Před rekonstrukcí | Po rekonstrukci nebo na nerekonstruovaných úpravkách |
| Magnafloc LT 20 | | 1 |
| Další kroky v rámci procesu čiření | | |
| | Před rekonstrukcí | Po rekonstrukci nebo na nerekonstruovaných úpravkách |
| Úprava pH | 6 | 7 |
| Pomalé míchání | 7 | 11 |
| Sedimentace | 7 | 9 |
| Čiřič | 2 | 2 |
| Flotace | | 1 |

* PAX 18 – koncentrovaný roztok polyaluminiumchloridu

V rámci separačního stupně filtrace se na všech hodnocených úpravkách povrchové i podzemní vody používají gravitační filtry (Tab. 8). V mnoha případech se přechází z jedné filtrační vrstvy na vícevrstvou filtraci, kdy se používá písek v kombinaci s granulovaným aktivním uhlím, nebo hydroantracitem, mezi hodnocenými úpravkami se objevilo i využití moderní filtrační náplně – Filtralitu. Často se rekonstruuje drenážní systém, kdy se přechází z mezidna na některý z moderních drenážních systémů.

Pro zpracování kalů ze vzorku hodnocených úpravek slouží nejčastěji kalová pole a laguny, z některých úpravek je kal veden do městské kanalizace a následně na čistírnu odpadních vod, kde se teprve zpracovává. Zastoupení způsobů zpracování vodárenských kalů znázorňuje Tab. 9.

Tab. 8 Podrobné parametry filtrů

| | Před rekonstrukcí | Po rekonstrukci nebo na nerekonstruovaných úpravkách |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Typ filtru | | |
| Gravitační | 12 | 15 |
| Počet vrstev | | |
| Jednovrstvé | 10 | 9 |
| Vícevrstvé | 1 | 6 |
| Neuvedeno | 1 | 2 |
| Drenážní systém | | |
| Mezidno | 11 | 6 |
| Triton | 0 | 2 |
| Leopold | 0 | 3 |
| Aquafilter | 0 | 3 |
| Neuvedeno | 1 | 1 |
| Koagulační filtrace | 1 | 2 |
| Filtrační náplň | | |
| Písek | 8 | 8 |
| GAU | 1 | 0 |
| Písek + GAU | 0 | 4 |
| MnO ₂ preparovaný písek | 1 | 0 |
| Písek + antracit | 1 | 0 |
| Písek + hydroantracit | 0 | 1 |
| Filtralite Mono-Multi | 0 | 1 |
| Neuvedeno | 1 | 2 |

Tab. 9 Kalové hospodářství

| | Před rekonstrukcí | Po rekonstrukci nebo nerekonstruované úpravky |
|----------------------|-------------------|---|
| Zahušťovací nádrže | | 4 |
| Kalová pole a laguny | 9 | 9 |
| Kalolisy | | 1 |
| Odstředivky | | |
| Městská kanalizace | 2 | 3 |
| Nebylo zavedeno | 2 | |

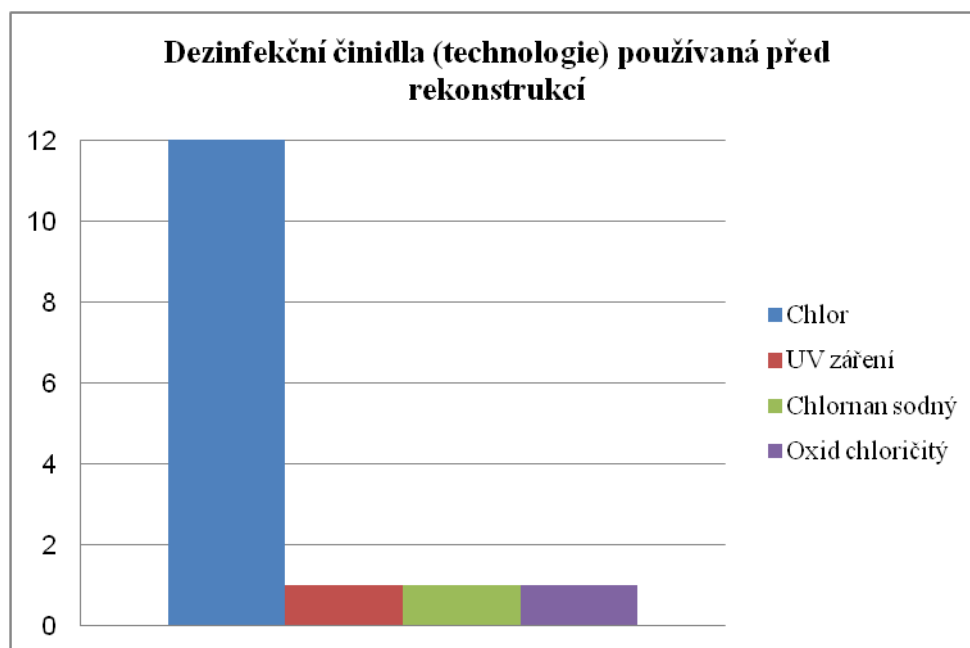
Pro hygienické zabezpečení povrchové i podzemní vody se stále nejvíce používá chlor a v rámci rekonstrukcí se začíná používat chlor obsažený ve sloučeninách s jinými látkami. Kombinace dezinfekčních činidel (technologií) používaných k hygienickému zabezpečení vody popisuje Tab. 10 a zastoupení jednotlivých používaných dezinfekčních činidel (technologií) pro hygienické zabezpečení Tab. 11. V některých případech dochází ke kombinaci UV záření a chemikálií. Tab. 11 je znázorněna i graficky (Obr. 20 a Obr. 21).

Tab. 10 Kombinace dezinfekčních činidel (technologií) používaných k hygienickému zabezpečení vody

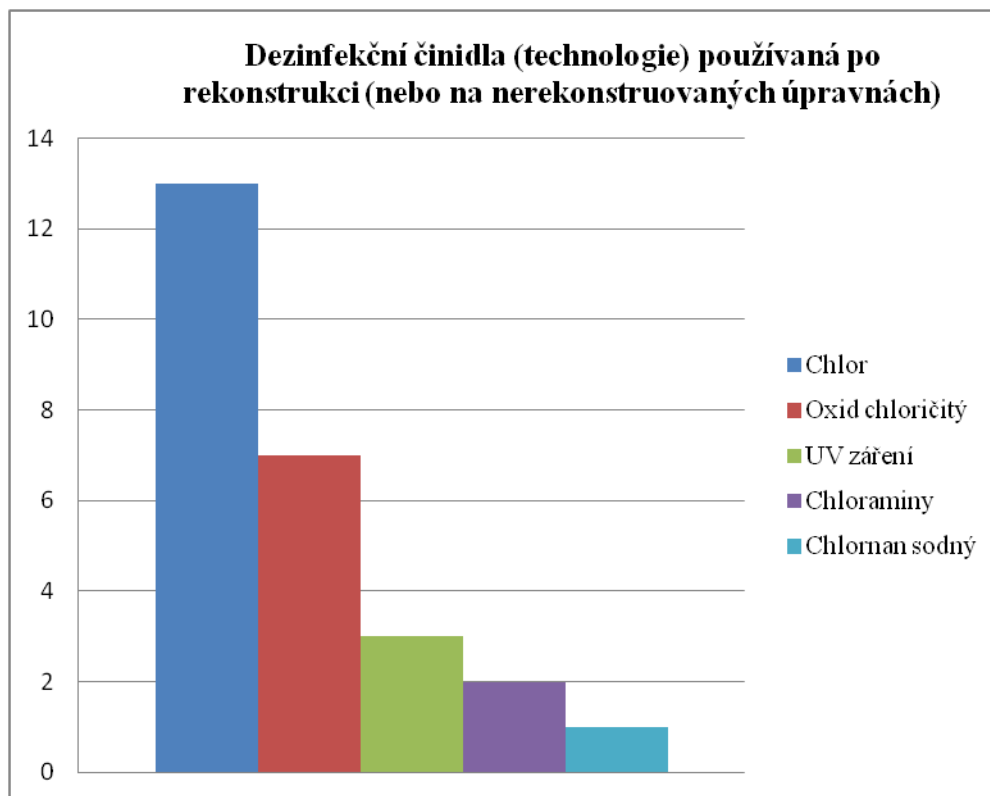
| Před rekonstrukcí | | | |
|--|-----------------------|----------------------|---------------|
| | Povrchová voda | Podzemní voda | Celkem |
| Chlor | 7 | 3 | 10 |
| Chlor + oxid chloričitý | 1 | | 1 |
| UV záření + chlor | 1 | | 1 |
| Chlornan sodný | | 1 | 1 |
| Po rekonstrukci, nebo na úpravkách, které neprošly rekonstrukcí | | | |
| | Povrchová voda | Podzemní voda | Celkem |
| Chlor + oxid chloričitý | 4 | 1 | 5 |
| Chlor | 3 | 1 | 4 |
| UV záření + chlor | 1 | | 1 |
| Chlor + chloraminy | 1 | | 1 |
| Oxid chloričitý | 1 | | 1 |
| UV záření + chlor + oxid chloričitý | | 1 | 1 |
| Chlornan sodný | | 1 | 1 |
| UV záření + chlor + chloraminy | 1 | | 1 |

Tab. 11 zastoupení jednotlivých používaných dezinfekčních činidel (technologií) pro hygienické zabezpečení

| Před rekonstrukcí | | | |
|--|-----------------------|----------------------|---------------|
| | Povrchová voda | Podzemní voda | Celkem |
| UV záření | 1 | | 1 |
| Chlor | 9 | 3 | 12 |
| Chlornan sodný | | 1 | 1 |
| Oxid chloričitý | 1 | | 1 |
| Chloraminy | | | 0 |
| Po rekonstrukci, nebo na úpravkách, které neprošly rekonstrukcí | | | |
| | Povrchová voda | Podzemní voda | Celkem |
| UV záření | 2 | 1 | 3 |
| Chlor | 10 | 3 | 13 |
| Chlornan sodný | | 1 | 1 |
| Oxid chloričitý | 5 | 2 | 7 |
| Chloraminy | 2 | | 2 |



Obr. 20 Graf dezinfekčních činidel (technologií) používaných k hyg. zabezpečení před rekonstrukcí



Obr. 21 Graf dezinfekčních činidel používaných po rekonstrukci nebo na nerekonstruovaných úpravnách

K úpravě podzemní vody dochází pouze na 4 vyhodnocených úpravnách, proto jsem jejich hodnocení prováděla společně s úpravami povrchové vody (vyhodnocení filtrace, kalového hospodářství), některé typické procesy pro úpravu podzemní vody uvádím v Tab. 12.

Tab. 12 Zastoupení některých technologií typických pro úpravu podzemní vody

| Před rekonstrukcí | Odkyselování | Odželezování | Odmanganování | Jiné procesy |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|--|--|
| Úpravna 1 | Chemické: vápno | Provozdušňování, alkalizace | Provozdušňování, manganistan draselý | |
| Úpravna 2 | Mechanické: provozdušňovací věže | | | |
| Úpravna 3 | Chemické: vápno | | | |
| Úpravna 4 | | Provozdušňování, manganistan draselý, koagulace, kontaktní odželezování | Provozdušňování, manganistan draselý, koagulace, kontaktní odmanganování | |
| Po rekonstrukci nebo stávající stav | Odkyselování | Odželezování | Odmanganování | Jiné procesy |
| Úpravna 1 | Chemické: vápno | Provozdušňování, alkalizace | Provozdušňování, manganistan draselý | |
| Úpravna 2 | Mechanické: provozdušňovací věže | Manganistan draselý | Manganistan draselý | |
| Úpravna 3 | PVD filtry | | | |
| Úpravna 4 | | Provozdušňování, manganistan draselý, koagulace, kontaktní odželezování | Provozdušňování, manganistan draselý, koagulace, kontaktní odmanganování | biofilmová nitrifikace, koprecipitace α |

10 Úpravna vody U svaté Trojice

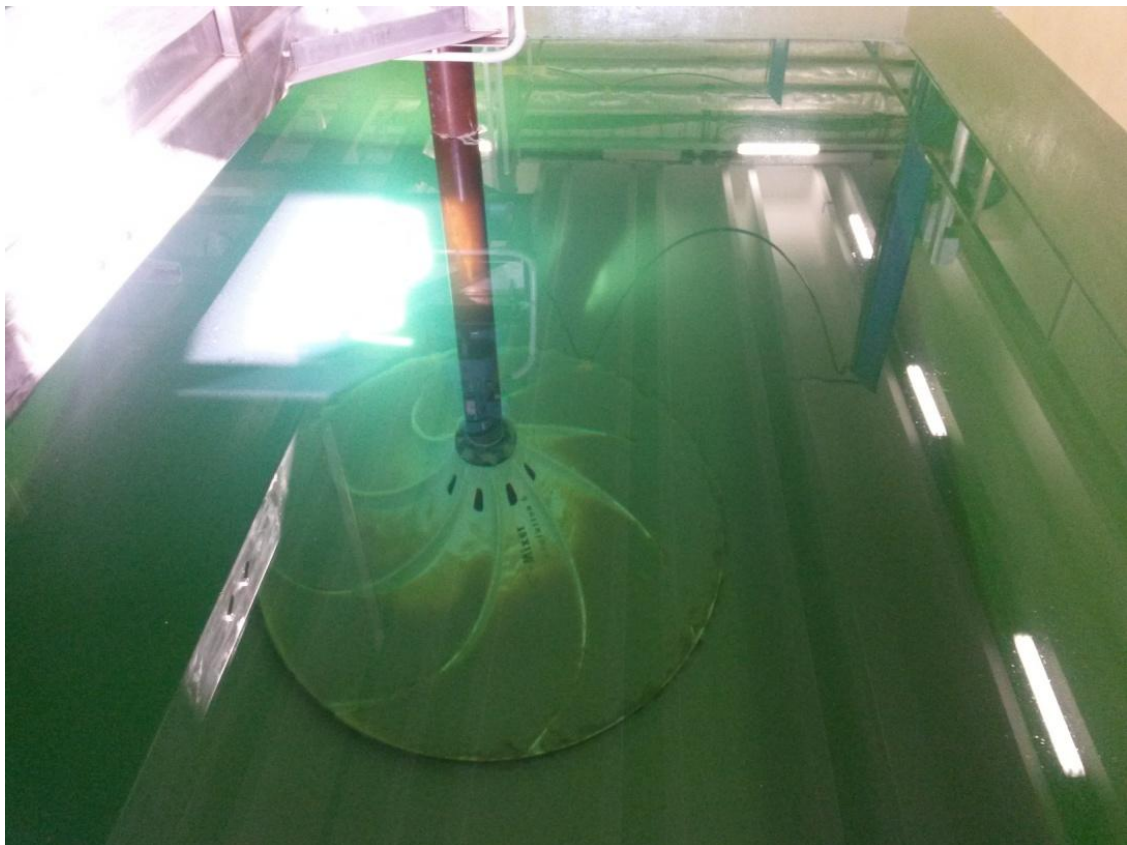
10.1 Historie a obecné údaje

Dne 21. 4. 2017 jsem měla možnost podívat se osobně na úpravnu vody zásobující oblast Kutnohorska. Jako zdroj pitné vody zde slouží povrchová voda z nádrže Vrchlice pyšnicí se klenbovou hrází, díky které se jedná o naprosto unikátní vodní dílo na území České republiky. Dodávku pitné vody zajišťuje vodohospodářská společnost Vrchlice-Maleč, a.s. Původní úpravna vody byla dokončena v roce 1973 a zajišťovala výkon 80 l/s. V roce 1995 proběhla na úpravně vody rekonstrukce, přesněji výstavba úpravně nové, kdy došlo k zvýšení výkonu na 130 l/s. Poslední modernizace se zavedením nových technologií se uskutečnila v letech 2014-2015. Jedním z důvodů modernizace úpravně bylo rozšíření spektra pesticidních látek (změna v legislativě), které je nutné z vody odstraňovat a celkově zhoršující se kvalita surové vody přitékající z nádrže, problémy představuje zejména biologické oživení, huminové látky a občasné zvýšené množství manganu. Současná maximální kapacita úpravně vody dosahuje stále 130 l/s, průměr je však 100 l/s. Technologická linka se před rekonstrukcí v letech 2014-2015 skládala z mechanického předčištění, dávkování manganistanu draselného, úpravy pH, pomalého míchání, následné sedimentace, filtrace přes křemičitý písek a následného hygienického zabezpečení chlorem, odpadní voda byla odváděna na městskou čistírnu odpadní vody. Již před rekonstrukcí byl na úpravně zaveden řídicí systém. [51], [45]

10.2 Technologická linka po rekonstrukci

Voda se z nádrže do úpravně dostává gravitačně, pouze pokud by hladina v nádrži klesla pod 314 m. n. m, lze využít možnost čerpání. Technologická linka začíná česlemi, následuje predozonizace, která je zavedena pro případ zhoršené jakosti surové vody. K občasnému vyrovnání pH slouží dávkování kyseliny sírové. K rychlomísení za použití síranu hlinitého coby koagulantu dochází v nádržích s *hyperboloidním míchadlem* (Obr. 22) opatřeným lopatkami ve vrchní části. Stejný typ míchadla bez lopatek se využívá i k pomalému míchání, samozřejmě s nižšími otáčkami. Tento typ míchadel se do nedávna využíval především na čistírnách odpadní vody, použití na úpravně pitné vody představuje netradiční řešení, na kterém se podílel pan doc. RNDr. Martin Pivokonský, Ph.D a bylo součástí modernizace. Ke zvýšení efektivity procesu

čiření se dávkuje pomocí automatické stanice flokulant *Magnafloc LT20*. Dále voda postupuje do sedimentačních nádrží, jejichž dno je pravidelně shrabováno (Obr. 23), jeden cyklus shrnutí trvá 2 hodiny. Ještě před pískovou filtrací se dávkuje vápenná voda a v případě potřeby manganistan draselný (Obr. 24), opět automaticky. Druhý stupeň úpravy probíhá na šesti pískových filtrech s mezidnem, následuje postozonizace zajišťující dezinfekci vody, ale i vyšší účinnost pěti filtrů se zrnitým aktivním uhlím. Adsorpci zajišťuje aktivní uhlí *AQUASORB 2000* s velikostí částic 12x40 mesh (0425-1,70 mm). Před akumulací ještě dochází ke ztvrdování pomocí CO_2 a vápenné vody a hygienickému zabezpečení chlorem. Odpadní voda stejně jako před rekonstrukcí odtéká kanalizací na městskou čistírnu odpadních vod. [45]



Obr. 22 Hyperboloidní míchadlo [foto poskytnuté úpravnou]



Obr. 23 Shrabování sedimentační nádrže [foto poskytnuté úpravnou]



Obr. 24 Stanice na dávkování manganistanu draselného [foto poskytnuté úpravnou]

11 Závěr

Podle údajů poskytovaných Českým statistickým úřadem Česká republika pro účely pitné vody využívá zdroje povrchové vody i vody podzemní v posledních letech téměř stejným dílem. Množství vyrobené vody se rok od roku snižuje, což potvrzuje obecně známý fakt, že v České republice klesá spotřeba pitné vody.

Nové technologie v oblasti úpravy pitné vody se na území České republiky zavádějí hlavně při rekonstrukcích, ke kterým v posledních letech často dochází, protože některé úpravní vystavené v minulých desetiletích již nejsou schopny plnit svou funkci, často je důvodem rekonstrukce optimalizace provozu, nebo zhoršující se kvalita surové vody, kdy například na velkých nádržích dochází k eutrofizaci. Důvodem rekonstrukce může být i nutnost zamezit výskytu látek, které se ve vodě objevují nově, jedná se například o pesticidní látky, kterých existuje mnoho druhů.

Ve světě existuje důvodů k zavádění nových technologií opravdu mnoho a těžko lze tuto problematiku snadno zobecnit. V mnoha zemích nejsou dostupné tradičně upravitelné zdroje v dostatečném množství, tudíž dochází k využívání mořské vody, nebo silně znečištěných zdrojů, což vyžaduje speciální postup. Technologie odsolování mořské vody zabránily v některých zemích hospodářskému úpadku. Mimo nově zavedené procesy dochází k neustálému zlepšování i těch stávajících, jako jsou například flokulace a sedimentace. Nejenže jsou provozy v dnešní době schopné upravovat netradiční zdroje vody, ale mohou pracovat čím dál tím rychleji, efektivněji a zároveň klesá jejich prostorová náročnost.

Jako praktickou část své bakalářské práce jsem vytvořila dotazník, jehož cílem bylo zjistit co nejvíce informací o zrekonstruovaných nebo nově vystavených úpravnách vody. S prosbou o vyplnění dotazníku jsem kontaktovala 28 vodárenských společností a jednotlivých úpraven, k vyhodnocení se mi následně sešly informace z 15 úpraven, což považuji za úspěch vzhledem k rozsahu dotazníku.

Aby dotazníkové šetření mohlo být považováno za vypovídající o situaci úpravy pitné vody v České republice, muselo by být shromážděných dat daleko více, i tak ale data prozrazují některé trendy zaváděné během rekonstrukcí v posledních letech. V mém průzkumu převažovaly velkokapacitní úpravní povrchové vody, ve zdrojích těchto úpraven (vodárenské nádrže) došlo v některých případech k již zmíněnému

zhoršení jakosti surové vody a následně bylo třeba zavést na úpravně další separační stupeň.

Výsledky praktické části ukazují, že na mnoha úpravnách zavádějí krok preoxidace a primární dezinfekce, nebo mění používané chemikálie pro tyto účely, nově se objevuje použití ozonu, který před rekonstrukcemi nebyl využívaný na žádné z hodnocených úpraven. V rámci procesu čiření je nejčastěji používaným koagulantem síran hlinitý a pouze jedna úpravna z celkového počtu zavedla při rekonstrukci dávkování polymerního flokulantu. Velmi často dochází k rekonstrukci drenážních systémů rychlofiltrů, kdy se většinou přechází z původního mezidna na systém Triton, Leopold, nebo Aquafilter, změny se dělají i v použití filtrační náplně, s čímž souvisí v některých případech zvýšení počtu vrstev filtračního materiálu. Na jedné úpravně se objevuje použití nového filtračního materiálu Filtralite Mono-Multi. Dále se na úpravnách zavádí řídicí systémy, a pokud budeme mluvit o zavádění nových procesů v rámci úpravy, objevuje se hojně adsorpce na aktivním uhlí, která je spjata s odstraňováním pesticidních látek, organického znečištění a toxinů řas a sinic. Tento proces zavedla při rekonstrukci v letech 2014 – 2015 i úpravna vody U svaté Trojice v Kutné Hoře, kterou jsem měla možnost navštívit. Dále jsou po zavedení dalšího separačního stupně některé úpravny nuceny zrekonstruovat či zavést kalové hospodářství. Hygienické zabezpečení vody funguje stále převážně na bázi chloru a jeho sloučenin, občas je kombinované s použitím UV záření.

Proces rekonstrukcí a zavádění nových technologií stále pokračuje, z nově zaváděných procesů je to zejména flotace a adsorpce na aktivním uhlí, které mají z hlediska uplatnění v České republice příznivou budoucnost.

12 Seznam použité literatury

Publikace:

- [1] Hahn. Chemical water and wastewater treatment VIII, IWA publishing, 2004
- [2] KLIKORKA, J., HÁJEK B., VOTINSKÝ J.. *Obecná a anorganická chemie*. Druhé. Praha: SNTL, 1989, 592 s.
- [3] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. Páté. Vysoká škola chemicko-technologická, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.
- [4] ŽÁČEK, L.: Chemické a technologické procesy úpravy vod, Noel 2000 s.r.o., 1999

Internetové články:

- [5] BIELA, Renata. *Vodárenská flotace a její použití při úpravě pitné vody v ČR* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8900-vodarenska-flotace-a-jeji-pouziti-pri-uprave-pitne-vody-v-cr>
- [6] BLÁHA, L., B. MARŠÁLEK a P. BABICA. *Sinice (cyanobakterie) a jejich toxiny ve vodách - příčiny a důsledky* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: educoland.muni.cz
- [7] BULÁNEK, Roman. *Povrchové jevy na pevných látkách* [online]. Univerzita Pardubice, 2014, 118 s. [cit. 2017-04-08]. ISBN 978-80-7395- 908-1. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/64787/BulanekR_PovrchoveJevy_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [8] ČERMÁKOVÁ, L. a M. PIVOKONSKÝ. *ADSORPCE PEPTIDŮ PRODUKOVANÝCH FYTOPLANKTONEM NA AKTIVNÍM UHLÍ* [online]. , 176-179 [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2015_03_176-179.pdf
- [9] DOLEJS, Petr. *Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF) pro úpravu pitné vody a její první provozní realizace v ČR* [online]. , 99-101 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.wet-team.cz/publikace/>

- [10] DOLEJŠ, P., N. KALOUSKOVÁ a Z. NOGOVÁ. *Využití membránových procesů při úpravě pitné vody* [online]. , 85-90 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: www.smv.cz
- [11] DOLEJŠ, Petr, Pavel DOBIÁŠ a Klára ŠTRAUSOVÁ. *POROVNÁNÍ FILTRŮ S PÍSKOVOU NÁPLNÍ A S NÁPLNÍ FILTRALITE MONO-MULTI NA DVOU ÚPRAVNÁCH PITNÉ VODY V ČR* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: www.wet-team.cz
- [12] DOLEJŠ, Petr, ŠTRAUSOVÁ, Klára, DOLEJŠ, Pavel. *Výběr vhodných filtračních materiálů a jejich vliv na provoz filtrů* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: www.smv.cz
- [13] DOLEJŠ, Petr. *Návrhové parametry a separační účinnost flotace - ověření v provozu první vodárenské flotace v ČR na ÚV Mostiště* [online]. , 131-136 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.wet-team.cz/publikace/>
- [14] DRBOHLAV, J. a P. DOLEJŠ. *Zkušenosti s používáním drenážních systémů Leopold (ITT) při rekonstrukcích úpraven vody v České republice. SOVAK* [online]. 2009, (10) [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: www.wet-team.cz
- [15] DRBOHLAV, J., A. LÍBAL a L. MAZEL. *Nové technologie pro úpravny vody* [online]. , 112-118 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: www.smv.cz
- [16] DRBOHLAV, Josef. *POZNATKY Z NAVRHOVÁNÍ A PROJEKTOVÁNÍ FLOTACE NA ÚPRAVNÁCH VODY* [online]. [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://www.wet-team.cz/files/konference/2010/PV2010%20sbornik/16-Drbohlav.pdf>
- [17] DRBOHLAV, Josef. *Zkušenosti z projektování, výstavby a uvádění do provozu flotační jednotky na ÚV Mostiště* [online]. , 125-130 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/>
- [18] GABRIEL, Petr. *ÚV Hradiště - Rekonstrukce pískových filtrů systémem Leopold, zkušenosti z výstavby a provozu* [online]. , 103 - 108 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: www.smv.cz
- [19] GOLDSTEIN, Eric. *New York City Opens New Ultra-Violet Drinking Water Disinfection Plant - the World's Largest* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z:

<https://www.nrdc.org/experts/eric-goldstein/new-york-city-opens-new-ultra-violet-drinking-water-disinfection-plant-worlds>

- [20] GRÜNWARD, A., JANDA V., BÍŽOVÁ J., ŠŤASTNÝ B.. *Hodnocení potenciálu tvorby trihalogenmethanů v huminových vodách* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/archive/014/001652.pdf>
- [21] HAMPL, Stanislav. *DESETILETÁ ZKUŠENOST S PROVOZEM VODOVODU PŘELOUČ ZDRAVOTNĚ ZABEZPEČENÝM UV ZÁŘENÍM* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/bez_dezinfekce/Hampl_PV2_010.pdf
- [22] HRADIL, Zdeněk, ADLER, Pavel. *Zkušenosti s provozem štěrbinového drenážního systému Triton na ÚV Štítná nad Vlárí* [online]. , 109-116 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: www.smv.cz
- [23] KOPECKÝ, J. *Aktivní uhlí a UV dezinfekce - technologie pro úpravu pitných vod* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/archive/013/001589.pdf>
- [24] KOPECKÝ, J. *Návrh vhodného aktivního uhlí ve vodárenství* [online]. , 191-196 [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/archive/014/001680.pdf>
- [25] KOŽÍŠEK, František. *Parazitictí prvoci v pitné vodě* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.uv-sterilight.cz/clanky-2/paraziticti-prvoci-v-pitne-vode/>
- [26] MAZEL, Luboš. *Úpravna vody Mostiště prochází celkovou rekonstrukcí a doplněním technologické linky* [online]. [cit. 2017-04-07].
- [27] NOVÁK, Vladimír. *25 let aplikace českého trubního drenážního systému AQUAFILTER ve vodárenských filtrech* [online]. , 99-102 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: www.smv.cz
- [28] ORHA C., PODE R., MANEA, F, LAZAU C.. *Titanium dioxide-modified activated carbon for advanced drinking water treatment* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/archive/014/001652.pdf>

- [29] PINKER, Brett. *VÝZNAM REAKTIVACE GRANULOVANÉHO AKTIVNÍHO UHLÍ POUŽÍVANÉHO PRO ÚPRAVU PITNÉ VODY* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.jako.cz/VH05-1997-AC-PINKER-CZ.pdf>
- [30] SOMMER, Regina, CABAJ, Alexander, HIRSCHMANN, Georg. *Dezinfekce pitné vody UV zářením* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/archive/013/001611.pdf>
- [31] ŠAŠEK, Jaroslav, KOPECKÝ, Jaroslav, KOŽÍŠEK, František. *Problematika dezinfekce vody UV zářením* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.jako.cz/SZU-UV-Sasek-Kopecky-Kozisek-000418.pdf>
- [32] ŠAŠEK, Jaroslav. *Použití UV záření pro dezinfekci pitné vody* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/9697-pouziti-uv-zareni-pro-dezinfekci-pitne-vody>
- [33] ŠPINAR, Bohumil. *VYUŽITÍ MEMBRÁNOVÉ MIKROFILTRACE PRO ÚPRAVY VODY* [online]. , 85-90 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: [//www.smv.cz](http://www.smv.cz)
- [34] W. GARI, Daniel. *Celosvětové hodnocení bezpečnosti pitných vod* [online]. , 1-3 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.szu.cz>
- [35] WANG, Wendong. *Effects of UV radiation on humic acid coagulation characteristics in drinking water treatment processes* [online]. [cit. 2017-04-07]

Webové stránky:

- [36] Actiflo. *VEOLIA* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/actiflo/cz/>
- [37] Activated carbon density. *Desotec* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <https://www.desotec.com/en/carbonology/carbonology-academy/activated-carbon-density>
- [38] Activated Carbon. *Chemviron* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.chemviron.eu/products/activated-carbon/>
- [39] Aktivní uhlí. *Sorbents* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.sorbents.cz/aktivni-uhli>

- [40] Budiž voda – V: Odsolování: Věda, technika i alchymie. *NAŠE VODA* [online]. 2016 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.nase-voda.cz/budiz-voda-v-odsolovani-veda-technika-alchymie/>
- [41] City Implements New Water Source to Preserve Overused Aquifer. *Mckimcreed* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.mckimcreed.com/newsletters/2010/fall/PreserveAquifer/>
- [42] Clarification Water Treatment. *VEOLIA* [online]. [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.veoliawatertechnologies.co.za/water-technologies/clarification-water-treatment/>
- [43] Clarifying Treatment: Dissolved Air Flotation Provides Alternative for Treating Raw Water with Light Particles. *WaterWorld* [online]. [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.waterworld.com/articles/print/volume-29/issue-8/editorial-features/clarifying-treatment.html>
- [44] Dezinfekce vody, UV lampy. *HARSOFT* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.harsoft.cz/harsoft/eshop/12-1-Dezinfekce-vody-UV-lampy>
- [45] Dokončená stavba Intenzifikace Úpravny vody U svaté Trojice. *Vodohospodářská společnost Vrchlice – Maleč, a.s.* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://vhskh.cz/intenzifikace-upravny-vody-u-svate-trojice/>
- [46] Dokončená stavba Úpravna vody U svaté Trojice. *Vodohospodářská společnost Vrchlice - Maleč, a.s.* [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://vhskh.cz/dokoncena-stavba-upravna-vody-u-svate-trojice/>
- [47] Drinking water plant, Moscow. *WTE Group* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.wte.de/WTE/Referenzen/Ausgewahlte-Projekte/Trinkwasseranlage-Sud-West-Moskau.aspx?lang=en-US>
- [48] Drinking water plant, Moscow. *WTE Group* [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.wte.de/WTE/Referenzen/Ausgewahlte-Projekte/Trinkwasseranlage-Sud-West-Moskau.aspx?lang=en-US>
- [49] Filtry s aktivním uhlím EUROCLEAN. *Euroclean* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://euroclean.cz/filtrace-vody/filtry-aktivni-uhli/>

- [50] *Fyzikální adsorpce* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: http://147.33.74.135/knihy/uid_es-001/hesla/fyzikalni_adsorpce.html
- [51] Historie: Pohled do historie vodovodu kutnohorského. *Vodohospodářská společnost Vrchlice – Maleč, a.s.* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://vhskh.cz/historie/>
- [52] History of Reverse Osmosis Filtration. *APEC WATER* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.freedrinkingwater.com/reverse-osmosis/knowledge-base/history-of-reverse-osmosis-filtration.htm>
- [53] Jak je to s kvalitou pitné vody u nás. *Vitalia.cz* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <https://www.vitalia.cz/clanky/jak-je-to-s-kvalitou-pitne-vody-u-nas/?ic=articles-related&icc=item-4>
- [54] JOHNSON SCREENS ® Drenážní systém TRITON™. *KUNST* [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: http://www.kunst.cz/media/dokumenty/cz/zastoupeni/bwt_pbl_jos_systeme_triton_4s_cz_rz-web.pdf
- [55] Koch Membrane to supply Puron system for drinking water plant expansion in Brazil. *Filtration+Separation* [online]. 2015 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.filtsep.com/view/41692/koch-membrane-to-supply-puron-system-for-drinking-water-plant-expansion-in-brazil/>
- [56] Kvalita pitné vody v ČR je jedna z nejvyšších v Evropě. *NAŠE VODA* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.nase-voda.cz/kvalita-pitne-vody-cr-je-jedna-nejvyssich-evrope/>
- [57] *Largest Ever DVGW-Certified Medium Pressure UV Disinfection System For German Water Treatment Plant* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://halmapr.com/news/berson/2008/06/18/essen-horst/>
- [58] Leopold® I.M.S® 200 and I.M.S® 1000 Media Retainers. *Water Online* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://www.wateronline.com/doc/leopold-ims-media-retainers-0001>
- [59] Liquid-phase. *Kuraray* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.kuraray-c.co.jp/en/activecarbon/use/01.html>

- [60] Macao Drinking water production plant (China). *SUEZ's degremont® water handbook* [online]. [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <https://www.suezwaterhandbook.com/case-studies/drinking-water-production/Macao-Drinking-water-production-plant-China>
- [61] Membránové procesy při úpravě vod. *ASIO* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/247.membranove-procesy-pri-uprave-vod>
- [62] Můžeme se sprchovat dešťovou vodou? Nyní už ano!. *ASIO* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/385.muzeme-se-sprchovat-destovou-vodou-nyni-uz-ano>
- [63] Novela vyhlášky č. 252/2004 Sb. *STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/novela-vyhlasky-c-252-2004-sb>
- [64] Rekonstrukce úpravny vody Mostiště. *Vodárenská akciová společnost, a.s.* [online]. 2009 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.vodarenska.cz/divize-zdar-nad-sazavou/rekonstrukce-upravny-vody-mostiste>
- [65] Rekonstrukce ÚV Znojmo 2010. *VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a. s.* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.vodarenska.cz/divize-znojmo/rekonstrukce-uv-znojmo-2010>
- [66] Safe Water for International Travellers. *THE TRAVEL DOCTOR* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.traveldoctor.co.uk/swit.htm>
- [67] Sorek Desalination Plant, Israel. *Water-technology.net* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.water-technology.net/projects/sorek-desalination-plant/>
- [68] Spotřeba vody ve světě roste, je třeba využívat vod odpadních. *NAŠE VODA* [online]. [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.nase-voda.cz/spotreba-vody-ve-svete-roste-je-treba-vyuzivat-vod-odpadnich/>
- [69] St. Petersburg upgrades water treatment plants with UV systems. *WaterWorld* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-20/issue-10/features/st-petersburg-upgrades-water-treatment-plants-with-uv-systems.html>

- [70] Světu docházejí zásoby podzemní vody, ukázaly záběry NASA. *IDNES.cz* [online]. [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/nasa-podzemni-voda-zvodne-vycerpane-zasoby-vody-fu7-zahranicni.aspx?c=A150626_230544_zahranicni_aba
- [71] The largest hybrid desalination plant in the world. *Veolia* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://www.veoliawatertechnologies.com/en/media/articles/largest-hybrid-desalination-plant-world>
- [72] The largest hybrid desalination plant in the world. *WaterWorld* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://www.waterworld.com/articles/2010/08/drinking-water-treatment-plant-in-philippines.html>
- [73] Tlakové membránové procesy ve vodním hospodářství. *ASIO* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/264.tlakove-membranove-procesy-ve-vodnim-hospodarstvi>
- [74] Tradiční a nové technologie úpravy vody. *ASIO* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/173.tradicni-a-nove-technologie-upravy-vody>
- [75] Úpravna Březová. *Vodakva* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.vodakva.cz/cs/component/content/article/83-prezentace/242-upravna-brezova.html>
- [76] ÚV Klučenice. *I.SčV* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.1scv.cz/provozovane-objekty/o-spolecnosti/technicka-a-vyrobnidata/upravny-pitne-vody/uv-klucenice/>
- [77] *UV lampy* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://uv-vybojky.cz/>
- [78] ÚV Švařec - VOV. *BRNĚNSKÉ VODÁRNÝ A KANALIZACE* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.bvk.cz/o-spolecnosti/zasobovani-pitnou-vodou/uv-svarec-vov/>
- [79] Většina vodních zdrojů v ČR pochází z povrchových vod. *NAŠE VODA* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.nase-voda.cz/vetsina-vodnich-zdroju-v-cr-pochazi-z-povrchovych-vod/>

- [80] Vlastnosti a zdroje vody. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody>
- [81] Vodovody, kanalizace a vodní toky. *ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD* [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vodovody-kanalizace-a-vodni-toky-2016>
- [82] *Water Treatment* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.cincinnati-oh.gov/water/about-greater-cincinnati-water-works/water-treatment/>
- [83] WE MAKE WATER TREATMENT WORK JOHNSON SCREENS® TRITON UNDERDRAIN SYSTEM □. *THE McILVAINECOMPANY* [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: http://www.mcilvainecompany.com/Decision_Tree/subscriber/Tree/DescriptionTextLinks/BWT_Presentation_Template_Triton_Underdrain_English_McIlvaine_October_2014.pdf
- [84] Základní funkce a princip reverzní osmózy (RO). *Tzbinfo* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/14589-zakladni-funkce-a-princip-reverzni-osmozy-ro>
- [85] [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: http://www.chemap.cz/wp-content/uploads/Silcarbon_K835_ts.pdf

Seznam příloh

Příloha 1 – Dotazník

Příloha 1

Název úpravny vody: _____

Typ upravované vody: _____

Podzemní Povrchová Kombinace Kde dochází k míchání? _____

Rok výstavby ÚV: _____

Rok rekonstrukce ÚV (pokud proběhla): _____

Kategorie surové vody: A1 A2 A3

Úprava prošla rekonstrukcí: ano ne

Kapacita ÚV před rekonstrukcí: _____

Kapacita ÚV po rekonstrukci (stávající): _____

Stupeň separace před rekonstrukcí:

Hygienické zabezpečení vody Jednostupňová Dvoustupňová Vícestupňová

Stupeň separace po rekonstrukci (stávající):

Hygienické zabezpečení vody Jednostupňová Dvoustupňová Vícestupňová

Technologie úpravy zaměřena především na úpravu těchto parametrů:

| | | | |
|-------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Radon | <input type="checkbox"/> | Amonné ionty | <input type="checkbox"/> |
| CO ₂ | <input type="checkbox"/> | Huminové látky | <input type="checkbox"/> |
| Dusičnany | <input type="checkbox"/> | Fosfor | <input type="checkbox"/> |
| Dusitany | <input type="checkbox"/> | Koliformní bakterie | <input type="checkbox"/> |
| Železo | <input type="checkbox"/> | Escherichia coli | <input type="checkbox"/> |
| Mangan | <input type="checkbox"/> | Toxické látky řas a sinic | <input type="checkbox"/> |
| Arsen | <input type="checkbox"/> | Zákal | <input type="checkbox"/> |
| Tenzidy aniontové | <input type="checkbox"/> | Barva | <input type="checkbox"/> |
| Fosforečnany | <input type="checkbox"/> | Pach | <input type="checkbox"/> |
| Pesticidní látky | <input type="checkbox"/> | pH | <input type="checkbox"/> |
| CHSKMn | <input type="checkbox"/> | Těžké kovy | <input type="checkbox"/> Jaké? _____ |
| Celkový dusík | <input type="checkbox"/> | Stopové prvky | <input type="checkbox"/> Jaké? _____ |
| | | Jiné: _____ | |

Technologie používané pro úpravu povrchové vody před rekonstrukcí:

Mechanické předčištění

Preoxidace

Čiření

Flotace

Filtrace

Adsorpce

Membránové procesy

Dezinfekce

Stabilizace

Jiné: _____

Technologie používané pro úpravu povrchové vody po rekonstrukci:

Mechanické předčištění

Preoxidace

Čiření

Flotace

Filtrace

Adsorpce

Membránové procesy

Dezinfekce

Stabilizace

Jiné: _____

Technologie používané pro úpravu podzemní vody před rekonstrukcí:

Odkyselování

Odželezování

Odmanganování

Filtrace

Dezinfekce

Odstraňování vápníku a hořčíku

Membránové procesy

Iontová výměna

Čiření

Jiné: _____

Technologie používané pro úpravu podzemní vody po rekonstrukci:

Odkyselování

Odželezování

Odmanganování

Filtrace

Dezinfekce

Odstraňování vápníku a hořčíku

Membránové procesy

Iontová výměna

Čiření

Jiné: _____

Podrobnější parametry vybraných technologií před rekonstrukcí:

Povrchová voda:

| | | | |
|---|-----------------------------|----------------------------|--|
| Preoxidace | Vzdušný kyslík | <input type="checkbox"/> | |
| Preoxidace a primární dezinfekce | Ozon | <input type="checkbox"/> | |
| | Manganistan draselný | <input type="checkbox"/> | |
| | Peroxid vodíku | <input type="checkbox"/> | |
| | Oxid chloričitý | <input type="checkbox"/> | |
| | Chlor | <input type="checkbox"/> | |
| Čiření | Používaný koagulant: | <input type="checkbox"/> | Druh: <input type="text"/> |
| | Polymerní flokulant | <input type="checkbox"/> | |
| | Jiná činidla: | <input type="checkbox"/> | |
| | Úprava pH | <input type="checkbox"/> | |
| | Pomalé míchaní | <input type="checkbox"/> | Konkrétní způsob: <input type="text"/> |
| | Sedimentace | <input type="checkbox"/> | |
| | Čiřič | <input type="checkbox"/> | |
| Filtry | Flotace | <input type="checkbox"/> | |
| | Gravitační | <input type="checkbox"/> | Jednovrstvé <input type="checkbox"/> |
| | Tlakové | <input type="checkbox"/> | Vícevrstvé <input type="checkbox"/> |
| | Drenážní systém | <input type="checkbox"/> | |
| | Děrované potrubí | <input type="checkbox"/> | |
| | Mezidno | <input type="checkbox"/> | |
| | Triton | <input type="checkbox"/> | |
| | Leopold | <input type="checkbox"/> | |
| | Aquafilter | <input type="checkbox"/> | |
| | Koagulační filtrace | <input type="checkbox"/> | |
| Adsorpce | Filtrační náplň: | <input type="checkbox"/> | |
| | Jiný způsob filtrace: | <input type="checkbox"/> | |
| | Součást filtrace | <input type="checkbox"/> | |
| | Další stupeň úpravy | <input type="checkbox"/> | |
| | Práškové aktivní uhlí | <input type="checkbox"/> | |
| | Zrněné aktivní uhlí | <input type="checkbox"/> | |
| | Antracit | <input type="checkbox"/> | |
| Sorpční hmoty | <input type="checkbox"/> | Druh: <input type="text"/> | |
| Membránové procesy | Mikrofiltrace | <input type="checkbox"/> | |
| | Ultrafiltrace | <input type="checkbox"/> | |
| | Nanofiltrace | <input type="checkbox"/> | |
| | Reverzní osmóza | <input type="checkbox"/> | |
| Dezinfekce - hygienické zabezpečení | UV záření | <input type="checkbox"/> | |
| | Dezinfekční činidla | <input type="checkbox"/> | |
| | Chlor | <input type="checkbox"/> | |
| | Chlornan sodný | <input type="checkbox"/> | |
| | Chlornan vápenatý | <input type="checkbox"/> | |
| Kalové hospodářství | Oxid chloričitý | <input type="checkbox"/> | |
| | Chloraminy | <input type="checkbox"/> | |
| | Zahušťovací nádrže | <input type="checkbox"/> | |
| | Flotace | <input type="checkbox"/> | |
| | Kalová pole a laguny | <input type="checkbox"/> | |
| | Kalolisy | <input type="checkbox"/> | |
| | Pásové lisy | <input type="checkbox"/> | |
| Odstředivky | <input type="checkbox"/> | | |
| Jiné: | <input type="checkbox"/> | | |
| Jiné technologie využité při úpravě vody: <input type="text"/> | | | |
| Řídicí systém | <input type="checkbox"/> | | |

| Podrobnější parametry vybraných technologií po rekonstrukci: | | | |
|---|-----------------------------|--------------------------|--|
| Povrchová voda: | | | |
| Preoxidace Preoxidace a primární dezinfekce | Vzdušný kyslík | <input type="checkbox"/> | |
| | Ozon | <input type="checkbox"/> | |
| | Manganistan draselný | <input type="checkbox"/> | |
| | Peroxid vodíku | <input type="checkbox"/> | |
| | Oxid chloričitý | <input type="checkbox"/> | |
| Chlor | <input type="checkbox"/> | | |
| Čiření | Používaný koagulant: | <input type="text"/> | Druh: <input type="text"/> |
| | Jiná činidla: | <input type="text"/> | |
| | Úprava pH | <input type="checkbox"/> | |
| | Pomalé míchaní | <input type="checkbox"/> | Konkrétní způsob: <input type="text"/> |
| | Sedimentace | <input type="checkbox"/> | |
| | Čiřič | <input type="checkbox"/> | |
| | Flotace | <input type="checkbox"/> | |
| Filtry | Gravitační | <input type="checkbox"/> | Jednovrstvé <input type="checkbox"/> |
| | Tlakové | <input type="checkbox"/> | Vícevrstvé <input type="checkbox"/> |
| | Drenážní systém | | |
| | Děrované potrubí | <input type="checkbox"/> | |
| | Mezidno | <input type="checkbox"/> | |
| | Triton | <input type="checkbox"/> | |
| | Leopold | <input type="checkbox"/> | |
| | Aquafilter | <input type="checkbox"/> | |
| | Koagulační filtrace | <input type="checkbox"/> | |
| | Filtrační náplň: | <input type="text"/> | |
| Jiný způsob filtrace: | <input type="text"/> | | |
| Adsorpce | Součást filtrace | <input type="checkbox"/> | |
| | Další stupeň úpravy | <input type="checkbox"/> | |
| | Práškové aktivní uhlí | <input type="checkbox"/> | |
| | Zrněné aktivní uhlí | <input type="checkbox"/> | |
| | Antracit | <input type="checkbox"/> | |
| | Sorpční hmoty | <input type="checkbox"/> | Druh: <input type="text"/> |
| Membránové procesy | Mikrofiltrace | <input type="checkbox"/> | |
| | Ultrafiltrace | <input type="checkbox"/> | |
| | Nanofiltrace | <input type="checkbox"/> | |
| | Reverzní osmóza | <input type="checkbox"/> | |
| Dezinfekce - hygienické zabezpečení | UV záření | <input type="checkbox"/> | |
| | Dezinfekční činidla | Chlor | <input type="checkbox"/> |
| | | Chlornan sodný | <input type="checkbox"/> |
| | | Chlornan vápenatý | <input type="checkbox"/> |
| | | Oxid chloričitý | <input type="checkbox"/> |
| | | Chloraminy | <input type="checkbox"/> |
| Kalové hospodářství | Zahušťovací nádrže | <input type="checkbox"/> | |
| | Flotace | <input type="checkbox"/> | |
| | Kalová pole a laguny | <input type="checkbox"/> | |
| | Kalolisy | <input type="checkbox"/> | |
| | Pásové lisy | <input type="checkbox"/> | |
| | Odstředivky | <input type="checkbox"/> | |
| | Jiné: | <input type="text"/> | |
| Jiné technologie využité při úpravě vody: <input type="text"/> | | | |
| Řídicí systém | <input type="checkbox"/> | | |

Podrobnější parametry vybraných technologií před rekonstrukcí:

Podzemní voda:

Odkyseloání

Mechanické

Konkrétní způsob: _____

Chemické

Vápnó

Hydroxid sodný

Uhlíčan sodný

Odkyseloací hmoty Druh: _____

Jiný způsob: _____

Odželezování

Provzdušňování

Oxidační činidla Druh: _____

Alkalizace

Koagulace

Kontaktní odželezování

Jiný způsob: _____

Odmanganování

Provzdušňování

Oxidační činidla Druh: _____

Alkalizace

Koagulace

Kontaktní odmanganování

Jiný způsob: _____

Filtry

Gravitační

Tlakové

Jednovrstvé

Vícevrstvé

Drenážní systém

Děrované potrubí

Mezidno

Triton

Leopold

Aquafilter

Koagulační filtrace

Filtrační náplň: _____

Jiný způsob filtrace: _____

Odstraňování vápníku a hořčíku

Prosím, doplňte případně konkrétní způsob odstraňování Ca a Mg: _____

Membránové procesy

Mikrofiltrace

Ultrafiltrace

Nanofiltrace

Reverzní osmóza

Iontová výměna

Konkrétní způsob: _____

Dezinfekce - hygienické zabezpečení

UV záření

Dezinfekční činidla

Chlor

Chlornan sodný

Chlornan vápenatý

Oxid chloričitý

Chloraminy

Kalové hospodářství

Zahušťovací nádrže

Flotace

Kalová pole a laguny

Kalolisy

Pásové lisy

Odstředivky

Jiné: _____

Jiné technologie a čidla využívané při úpravě vody: _____

Řídicí systém

Podrobnější parametry vybraných technologií po rekonstrukci:

Podzemní voda:

Odkyselování

Mechanické

Konkrétní způsob: _____

Chemické

Vápno

Hydroxid sodný

Uhlíčan sodný

Odkyselovací hmoty Druh: _____

Jiný způsob: _____

Odželezování

Provzdušňování

Oxidační činidla Druh: _____

Alkalizace

Koagulace

Kontaktní odželezování

Jiný způsob: _____

Odmanganování

Provzdušňování

Oxidační činidla Druh: _____

Alkalizace

Koagulace

Kontaktní odmanganování

Jiný způsob: _____

Filtry

Gravitační

Tlakové

Jednovrstvé

Vícevrstvé

Drenážní systém

Děrované potrubí

Mezidno

Triton

Leopold

Aquafilter

Koagulační filtrace

Filtrační náplň: _____

Jiný způsob filtrace: _____

Odstraňování vápníku a hořčíku

Prosím, doplňte případně konkrétní způsob odstraňování Ca a Mg: _____

Membránové procesy

Mikrofiltrace

Ultrafiltrace

Nanofiltrace

Reverzní osmóza

Iontová výměna

Konkrétní způsob: _____

Dezinfekce - hygienické zabezpečení

UV záření

Dezinfekční činidla

Chlor

Chlornan sodný

Chlornan vápenatý

Oxid chloričitý

Chloraminy

Kalové hospodářství

Zahušťovací nádrže

Flotace

Kalová pole a laguny

Kalolisy

Pásové lisy

Odstředivky

Jiné: _____

Jiné technologie a čidla využívané při úpravě vody: _____

Řídicí systém