

# Technologická úprava vod na vodu pitnou

Hana Marušincová

---

Bakalářská práce  
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

akademický rok: 2006/2007

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Hana MARUŠINCOVÁ**

Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**

Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Technologická úprava vod na vodu pitnou**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte dostupnou literaturu týkající se problematiky výroby pitné vody.
2. Vypracujte přehled technologických způsobů výroby pitné vody.
3. Provedte kritické srovnání používaných technologií z hlediska zdraví člověka a z hlediska ekonomického.
4. Rozsah práce by měl činit asi 20 stran formátu A4.

Rozsah práce:  
Rozsah příloh:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Milan Vondruška, CSc.**  
Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí  
Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2007**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **11. června 2007**

Ve Zlíně dne 1. února 2007

  
prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.  
*děkan*



  
doc. Ing. Jaromír Hoffmann, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Úprava surové vody se stává celosvětovým problémem. Zdroje vod bývají mnohem více znečištěny a jejich úprava je složitější. Také nároky na jakost pitné vody se zvyšují. Technologické procesy úpravy vod na vodu pitnou závisí na druhu znečištění. Mnohé z těchto metod pro úpravu jsou podobné těm, které se odehrávají v přírodě, jenže pro lidskou spotřebu nestačí. Voda, která se dostává z úpraven ke spotřebiteli, musí splňovat ČSN 75 7111 „Pitná voda“ a další závažná kritéria. Je nutné dbát na ochranu vody již u zdroje jejího odběru.

Klíčová slova:

Technologická úprava vod, pitná voda, surová voda, podzemní voda, povrchová voda, aerace vody, koagulace, sedimentace, filtrace, dezinfekce, aktinizace, chlor, ozón.

## **ABSTRACT**

Raw water purification is becoming a problem in the world. Resources of water are much more polluted and their purification is becoming more difficult. Demands on a quality of drinkable water are becoming much stricter. Technological processes of raw water purification into drinkable water depend on kind of pollution. Many of these methods for purification are similar to processes that can be seen in nature, but it is not enough for human need. The water that comes from water preparing plants to consumers must fulfill the standards ČSN 75 7111 'Drinkable water' and other relevant criteria. It is necessary to pay attention to protection of water at the resource of its consumption.

Keywords:

Technological raw water purification, drinkable water, raw water, ground water, surface water, water aeration, coagulation, sedimentation, filtration, disinfection, actinization, chlorine, ozone.

Děkuji mému panu vedoucímu prof. Ing. Milanu Vondruškovi, CSc. za ochotu a inspiraci, kterou mi poskytl při vypracování bakalářské práce. Dále děkuji firmě Zlínská Vodárenská a.s. a hlavně panu Ing. M. Marčíkovi, Ing.V. Vašíčkovi a panu P. Kovaříkovi, kteří mi umožnili návštěvu úpravny vod v Tlumačově a na Klečůvce a za poskytnuté rady a půjčení odborné literatury. Dále děkuji panu P. Wiesnerovi a Ing.L. Belzovi.

Prohlášení:

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uvedena jako spoluautorka. Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.

Ve Zlíně 25.5.2007

.....  
Hana Marušincová

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>1 DRUHY VOD A JEJICH VLASTNOSTI</b> .....	<b>8</b>
1.1 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI, SLOŽENÍ CHEMICKY ČISTÉ VODY .....	8
1.1.1 Fyzikální vlastnosti .....	8
1.1.2 Chemické rovnováhy ve vodách .....	9
1.1.3 Složení vod.....	10
<b>2 TECHNOLOGICKÁ ÚPRAVA VOD NA VODU PITNOU</b> .....	<b>11</b>
2.1 POŽADAVKY NA JAKOST SUROVÉ A PITNÉ VODY .....	11
2.2 METODY ÚPRAVY VODY .....	12
2.3 ZÁKLADNÍ PROVOZNÍ SOUBORY .....	12
2.3.1 Aerace vody .....	13
2.3.2 Čiření vody nebo-li koagulace .....	13
2.3.3 Odželezování a odmanganování vody .....	15
2.3.4 Sedimentace .....	15
2.3.5 Filtrace.....	16
2.3.5.1 Praní filtru .....	17
2.3.6 Odstraňování organických látek z vody sorpcí .....	18
2.3.7 Dezinfekce.....	18
2.3.7.1 Dezinfekce chlórem .....	19
2.3.7.2 Dezinfekce oxidem chlóričitým.....	20
2.3.7.3 Dezinfekce oligodynamickými prostředky.....	20
2.3.7.4 Aktinizace vody .....	21
2.3.7.5 Dezinfekce ozonem.....	21
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>22</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>24</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>25</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>25</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>27</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>28</b>

## ÚVOD

Voda je pro existenci života nepostradatelná a nelze ji ničím nahradit. Poutala pozornost badatelů a filozofů již od nejstarších dob, např. Thales považoval vodu za jedinou pralátku, Empedokles a Aristoteles ji řadili mezi základní elementy[1]. V roce 1783 pak Lavoisier dokázal, že se skládá z vodíku a kyslíku a byla provedena řada dalších objevů, které se týkají rozvoje hydrochemie a technologie vody [1]. V 19. století byly postupně vydány zákony o hospodaření s vodami, vznikaly instituce a vznik nového oboru si i vymezil výchovu příslušných specialistů. Oblasti zkoumání vody spadají do mnoha oborů, jako je např. klimatologie, geologie a geochemie, biochemie, hydrometeorologie, biologie, chemie a především průmysl a technika. Je podstatnou součástí lidské potravy a z těchto důvodů by měla být hodnocena v užším slova smyslu i jako potravina.

Procesy, kterým podléhá surová voda při technologickému čištění na vodu pitnou, jsou obdobou procesů, které probíhají samovolně při koloběhu vody v přírodě. Dochází např. k mechanickému, biologickému nebo fyzikálně chemickému procesu. Jako zdroje vody pro úpravu se využívají povrchové a podzemní vody. Surová voda se čerpá do vodáren, kde dochází k její úpravě. Technologické postupy pro úpravu jsou závislé na druhu znečištění zdroje. Během těchto procesů dochází k neustálé kontrole, neboť pitná voda před akumulací musí splňovat řadu požadavků a kritérií (ČSN 75 7111 „Pitná voda“). Takto upravená, nezávadná voda je akumulována a čerpána do vodojemů a odváděna do distribuční sítě ke spotřebiteli. Je nutné věnovat pozornost znečištění již u zdroje a také pozornost na kvalitu a technický stav distribuční sítě, protože by mohlo dojít k sekundárnímu znečištění vody a snaha technologů a pracovníků na úpravárnách vod by byla zbytečná.

## 1 DRUHY VOD A JEJICH VLASTNOSTI

Vody rozlišujeme podle původu a podle použití. Podle původu se rozdělují na vody přírodní a vody odpadní [1].

Vody přírodní:

- voda atmosférická
- vody podzemní (prosté a minerální)
- vody povrchové (tekoucí, stojaté a také vody mořské)

Vody odpadní:

- vody splaškové (splašky)
- odpadní průmyslové vody

Sídlíštní odpadní vody a městské jsou směsí odpadních průmyslových a splaškových vod.

Podle použití se dělí na:

- vodu pitnou
- vodu užitkovou
- vodu provozní

### 1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti, složení chemicky čisté vody

Pro poznání a úpravu vod je nutné znát fyzikální a chemické vlastnosti vody.

#### 1.1.1 Fyzikální vlastnosti

Nejdůležitější je dipólový charakter molekuly vody a vznik vodíkových můstků. Voda může vytvářet různé adiční sloučeniny, maximální hustotu má při 3,98°C a při ochlazení k bodu tuhnutí svůj objem zvětšuje. Vysoká tepelná kapacita a poměrně velké povrchové napětí má svůj význam v přírodě a pro technologii vody. Vodivost je také hlavním kritériem při posuzování elektrolytů obsažených ve vodě a slouží ke kontrole výsledků při chemickém rozboru vody [1].

Dále to jsou také senzorycké vlastnosti vody, tj. takové vlastnosti, které jsou zjistitelné lidskými smysly. Patří sem [1]:



- Teplota – Podzemní vody mají konstantní teplotu, která se pohybuje kolem 10°C. Vody, které mají při vývěru teplotu nad 25°C, se nazývají termální. U povrchových vod dochází na jaře a na podzim vlivem větru k promíchávání vrstev, jedná se o jarní a podzimní cirkulaci. Optimální rozmezí pro pitnou vodu je 8-10°C, voda pod 5°C může poškodit gastrointestinální trakt.
- Barva – Barva vody se rozlišuje podle převládající vlnové délky neabsorbovaného záření v oblasti viditelného spektra. V tenkých vrstvách je voda bezbarvá, v metrových vrstvách se nám jeví jako modrá. Nejčastěji zabarvují přírodní vodu huminové látky do žluté až žlutohnědé barvy. V nejjednodušším případě se barva vody stanovuje vizuálně. Pro přesnější popis se používají srovnávací metody a měření absorpčního spektra v celé oblasti viditelného záření.
- Zákaly – Příčinou zákalu mohou být např. hydratované oxidy železa, manganu, jílu, plankton, bakterie, jemně dispergované organické látky atd. Podzemní vody bývají méně zakalenější než povrchové a to většinou jen organickými látkami.
- Průhlednost – Závisí na barvě vody a také na zákalu. Míra průhlednosti se stanovuje jako výška sloupce vody, při které přestane být viditelná bílá deska nebo písmo určitých rozměrů.
- Pach – Pach je zdravotně nezávadný, ale působí nepříjemně. U přírodních vod může být způsoben látkami, které jsou přirozenou součástí vody, látkami biologického původu (vznikající životní činností jak žijících tak i odumřelých organismů a rostlin) a také látkami které jsou obsažené jak v odpadních vodách splaškových, tak průmyslových. Tyto zdroje pachu můžeme označit jako primární. Sekundární zdroje jsou způsobeny již např. při chloraci, která se provádí ze zdravotních a hygienických důvodů.
- Chuť – Chuť je ovlivněna látkami, které způsobují pach vody. Obecně chutnají vody s větším obsahem minerálů.

### 1.1.2 Chemické rovnováhy ve vodách

Při chemickém rozboru se stanovuje celkový obsah jednotlivých anorganických látek ve vodě. Chemické vlastnosti vody nezávisí jen na koncentracích prvků, ale i na různých for-

mách jejich výskytu. Ty jsou pak výsledkem pro komplexotvorné, oxidačně-redukční a polymerační reakce probíhající ve vodě.

### 1.1.3 Složení vod

Z chemického hlediska se látky obsažené ve vodách dělí na anorganické a organické. Z fyzikálního hlediska mohou být přítomné v pravých roztocích jako iontově rozpuštěné látky (tzv. elektrolyty) a neiontově rozpuštěné látky (tzv. neelektrolyty), popř. jako látky nerozpuštěné (tj. neusaditelné, usaditelné a vzplývavé) [1]. Ve vodě jsou i látky, které nelze jednoduše stanovit jako individua, neboť jde o směsi neznámého složení či zastoupení. Jejich obsah se pak stanovuje ve zvolených standardech (tenzidy, huminové látky, ropné látky, látky fenolového charakteru apod.) [2].

## 2 TECHNOLOGICKÁ ÚPRAVA VOD NA VODU PITNOU

### 2.1 Požadavky na jakost surové a pitné vody

Technologická úprava vod a její postupy se řídí předepsanými směrnici, normami a kvalitativními požadavky, které jsou kladené na zdroje surové vody uvažované po úpravě pro veřejné zásobování pitnou vodou. Pro úpravu vody na vodu pitnou se používají povrchové a podzemní vody, výjimečně i voda atmosférická. Nejvíce znečištěné jsou vody povrchové. Specifické obtíže při úpravě vody z těchto zdrojů jsou způsobeny nezodpovědnou manipulací s kaly, fenoly, oleji, chlorovanými uhlovodíky, naftou a ropnými produkty, biocidy a hnojivy [1].

Hledají se takové zásobárny vody, které splňují nároky na jakost vody pro úpravu na vodu pitnou. Tyto nároky jsou [2]:

- Vodní zdroje nesmí obsahovat žádné toxické látky. Otázka NPK (nejmenší přípustné koncentrace) škodlivých látek se stále studuje.
- Minimální požadavkem na jakost vody je, aby nepůsobila škodlivě na člověka a to jak perorálně (tj. požití pitné vody), tak i v kontaktu s povrchem těla.
- Prevence organoleptických závad povrchové vody by měla být pravidlem již u vody surové.
- Požadavky na jakost zdroje vody s ohledem na bakteriologické znečištění by měly být maximální.
- Základní požadavek je snížení obsahu organických látek v povrchových vodách na minimum.
- Bezpečná upravitelnost vody na vodu pitnou. Možnost takové úpravy lze zjistit laboratorně a nebo poloprovozním pokusem, který by zachytil sezónní změny surové vody, popř. i mezní hydrologické stavy.

Všeobecné požadavky na jakost pitné vody jsou zaměřeny na hlavní zásady, aby pitná voda nebyla ani po dlouhodobém požívání příčinou vzniku zdravotních poruch. Proto svým složením musí pitná voda vyhovovat závazným a přísným kritériím. Po stránce fyzikální nesmí vypadat odpudivě ani zabarvením ani zápachem. Musí být zabezpečena do té míry, aby nevzniklo nebezpečí infekčních nebo parazitních lidských a zvířecích chorob a

z chemického hlediska musí vyhovovat normám přípustnosti toxických látek pro pitnou vodu. Je možno s určitou přesností, na základě požadavků na pitnou vodu, odhadnout účinnost jednotlivých technologických upravovacích souborů [2].

## 2.2 Metody úpravy vody

Technologické úpravy vody jsou obdobou procesů odehrávajících se při koloběhu vody v přírodě. Průběh pochodů úpravy je však podstatně urychlen. Úprava probíhá na principu mechanickém, biologickém, chemickém nebo fyzikálně chemickém. Volba postupů při úpravě závisí na technologických vlastnostech surové vody.

Povaha nečistot	Postup	Charakter úpravy
suspendované látky	sedimentace flotace filtrace	mechanické postupy
koloidní látky	vločkování srážení	chemické fyzikálně chemické a biologické postupy
rozpuštěné anorganické nečistoty	výměna iontů adsorpce	
rozpuštěné organické látky	oxidace biolog.úprava	

Tab. 1 Přehled různých úprav vod

## 2.3 Základní provozní soubory

Základní provozní soubory pro jednotlivé procesy, fungující za různých podmínek, jsou [2]:

- jednofázové soustavy – oxidace (dezinfekce),
- dvoufázové soustavy – čiření, sedimentace, filtrace (separační pochody),

- třífázové soustavy – odkyselování filtrací, dechlorace zrněným aktivním uhlím (sorpce).

### 2.3.1 Aerace vody

Podzemní voda, která je přiváděna do úpravný, musí být nejdříve tzv. provzdušněná pomocí kaskád a proudícího vzduchu. Kaskády mají obvykle šest stupňů. Voda na jednotlivých stupních podtéká a přitéká přelivnou a současně normou stěnu s výsledným efektem protínajících se paprsků vody (*Obr. 1*). Tím je vytvořen velmi efektivní aerační proces. Dochází k intenzivnímu provzdušnění vody, odvětrává se volný CO<sub>2</sub> a voda se sytí kyslíkem, přičemž dochází k rozpuštění dvojmocné formy iontů železa a manganu, které se následně převedou na nerozpustnou trojmocnou formu [11].



*Obr. 1 Aerace vody*

### 2.3.2 Čiření vody neboli koagulace

Čiření vody neboli koagulace je způsob, díky němuž dochází k odstraňování jemné suspenze a koloidních částic z vody. Zahrnuje v sobě jak chemické, fyzikálně-chemické, tak i hydraulické děje. Podstatou čiření je koagulace. Tyto dva termíny se v praxi nejčastěji nazývají zkráceně jedním z obou názvů. Koagulantem je roztok, který hydrolyzuje soli [3]. Dávkuje se celoročně do surové vody.

Voda (u podzemních vod po aeraci) vtéká do tzv. flokulačních nádrží, do nichž je přiváděn příslušný koagulant. Zde se nachází i hydromišiče, tj. soustava lopatkových míchadel, které jsou v neustálém pohybu. Míchadla slouží k rozmíchávání suspendovaného hydrátu a zamezují, aby nedošlo k usazování částic hydrátu (*Obr. 2*). Míchání je dvojího typu a to zprvu rychlé, poté pomalé, aby nedocházelo k opětovnému rozbíjení vysrážených látek. Většinou vznikají vločky. Podle toho, jaké vysrážené látky vznikají, se tedy koagulace rozlišuje na [4]:

- Koagulace skrytá – agregace (shlukování) nedosáhlo takového stupně, aby se změna vlastností solu viditelně projevila.
- Koagulace zjevná – jeví se viditelnými změnami (např. přeměnou barvy, zákalem, vyvločkováním).



Obr. 2 Koagulace

Dávkování koagulantu by mělo být z ekonomického hlediska co nejmenší, ale aby přitom stačilo k vyhovujícímu vyčištění vody. Dávka koagulantu je tedy závislá na znečištění vody. Čím větší je znečištění, tím je dávka koagulantu větší.

### 2.3.3 Odželezování a odmanganování vody

Maximální množství železa v pitné vodě může být 0,3 mg/l a manganu 0,1 mg/l. Nejvíce těchto prvků bývá přítomných v podzemních vodách. Způsob jejich odstranění při nadbytkém množství závisí, v jaké formě se tyto prvky ve vodě vyskytují.

V podzemních vodách se vyskytují železnaté sloučeniny, ve vodách obsahující kyslík jsou to železité sloučeniny [3]. Tyto formy jsou jak rozpustné, tak i nerozpustné. Mangan, stejně jako železo, se vyskytuje ve formě manganatých sloučenin. Forma výskytu těchto sloučenin závisí na pH prostředí, případně na obsahu jiných látek. Mangan většinou doprovází železo, ale i jeho koncentrace může být vyšší než u železa, tento jev je sezónní.

Podstatou odželezování a odmanganování je převod rozpustných forem na formu nerozpustnou, která je poté odstraněna sedimentací a filtrací.

Metody odstranění železa a manganu lze rozdělit na [2]:

- Odželezování provzdušněním – přítomné dvojmocné železo se oxiduje ve vodě rozpuštěným kyslíkem.
- Odželezování a odmanganování alkalizací – k alkalizaci vody se nejčastěji používá vápenné mléko, popř. uhličitan sodný. Musí dojít ke zvýšení pH (cca na 8,3), aby mohly proběhnout srážecí reakce.
- Odželezování a odmanganování oxidačními činidly – používá se chlór, manganistan draselný nebo ozón. Ozón se ale používá jen tam, kde je současně použit i pro další účely při úpravě vody (např. dezinfekce), neboť je provozně i investičně nákladný.
- Kontaktní odželezování a odmanganování – probíhá na preparovaných píscích působením vyšších oxidů manganu.

### 2.3.4 Sedimentace

Vyvločkováná voda se vede do dalších nádrží, kde dochází k sedimentaci neboli usazování. Rozlišují se dva typy nádrží a to horizontální a vertikální (*Obr. 3*). Horizontální nádrže mají usazovací zónu a kalovou oblast, která slouží k shromažďování usazeného kalu. Vertikální nádrž má usazovací zónu, kalovou jímku a vločkovací komoru [4].



*Obr. 3 Sedimentace*

Proces sedimentace spočívá v tom, že se voda v nádržích již nemíchá a dochází k postupnému usazování vloček na dně nádrže. Nádrže mohou být v nepřetržitém a nebo v přerušovaném provozu. Při přerušovaném provozu se kal odebírá ručně, v nepřetržitém se kaly stírají pojízdným shrabovákem do kalové jímky. Odkalování sedimentací je prováděno podle dávkovaného množství koagulantu. Do této fáze je asi z 80 – 90 % voda vyčištěna, jedná-li se o dvoufázový proces.

### **2.3.5 Filtrace**

Filtrace je jedním z nejstarších procesů úpravy ve vodárenské technologii. Následuje jako druhý filtrační stupeň (za čiřením) a nebo je zařazena za sedimentací. Odsazená voda je vháněna většinou spádem do nádrží kruhového (*Obr. 4*) nebo obdélníkového tvaru (novější typ *Obr. 5*). Jako filtrační náplň bývá používán písek. Výška filtrační náplně se obvykle pohybuje cca 0,6 – 2,0 m. Při filtraci působí fyzikální síly, které vznikají turbulentním nebo laminárním turbulentním pohybem kapaliny a částic uvnitř filtru. Účinnost filtrace ovlivňuje charakter a množství suspendovaných látek ve filtrované vodě, zrnitost a výška filtrační náplně, rychlost filtrace, odpor písku k průtoku filtrované vody a také teplota vody [4]. Filtrace má cyklický charakter. V každém filtračním cyklu se musí vystřídat dvě stádia a to stádium vlastní filtrace a stádium praní filtru. Ve stádiu vlastní filtrace se zachycují suspendované látky obsažené v protékající kapalině na povrchu filtračního média. Dochází tak i k vytváření kanálek, zrnka písku se zvětšují při čištění a kanálky se ucpávají.



Tím následuje druhý proces, kdy je nutné filtr zregenerovat. Děje se tak automaticky (pomocí řídicího systému, kdy pracovník zadá úkol) a nebo ručně.



*Obr. 4 Filtrace - Kruhový filtr*

#### **2.3.5.1 Praní filtru**

Během praní se uvádějí zrna náplně do pohybu přivedením pracího média (tj. voda a vzduch) a nastává jejich vzájemné otírání nebo srážení, přičemž nečistoty lpící na jejich povrchu se uvolňují a jsou odváděny do odpadu. Praním se filtrační náplň uvede do původního stavu, v jakém byla před zahájením filtrace. Tímto je filtrační cyklus uzavřen a začíná se opakovat. Podle zrnitosti filtrační náplně se určuje, zda stačí filtr prát vodou a nebo je nutné použít i vzduch. Podle toho má praní tři fáze:

- Prání vzduchem – ve vlnosu, tryskami se vhání vzduch a při době cca 6 min dochází k tření písku.
- Prání vzduchem a vodou – vzduch se ubere a vhání se tzv. prací voda.
- Prání vodou – vzduch se zastaví a vhání se jen prací voda.

Časy mezi jednotlivými fázemi praní jsou proměnné a lze je snadno upravovat. Při zhoršené kvalitě vody se prodlouží i doba praní, takže i spotřeba prací vody bude vyšší. Použitá

prací voda se pak odvádí do usazovací jímky. Usazený kal se vypouští do kalového pole, stejně jako kal ze sedimentace.



*Obr. 5 Filtrace - Obdélníkový filtr*

### **2.3.6 Odstraňování organických látek z vody sorpcí**

Odstraňování organických látek z vody sorpcí se provádí u velmi znečištěných vod. Většinou se zařazuje za čiření a pískovou filtraci (výjimku tvoří adsorpce na práškovém aktivním uhlí, ta se řadí před filtraci) [2]. Jako sorpční materiál se používá zrněné a práškové aktivní uhlí a sorpční hmoty (jsou na bázi měničů iontů, křemičitanů, hlinitokřemičitanů atd.) [6]. Práškové aktivní uhlí se používá při sezónním zhoršení jakosti surové vody, zrněné uhlí se používá při trvalém znečištění vody.

### **2.3.7 Dezinfekce**

Dezinfekce pitné vody patří k nejstarším způsobům její úpravy. Povrchové i podzemní vody mohou obsahovat choroboplodné zárodky (bakterie a viry) a bez dezinfekce může dojít k přenosu infekčních nemocí přímo ke spotřebiteli. Je tedy nutné provádět takové zabezpečení, které by zaručilo trvalou bakteriologickou nezávadnost.

Čistá voda odtéká do velkých akumulčních nádrží. V potrubí před vtokem do těchto nádrží je voda hygienicky zabezpečována a dezinfikována.

Pro dezinfekci vody se používá [2]:

- chlór a jeho sloučeniny
- oligodynamické prostředky
- ozonizace
- aktinizace (ultrafialové záření)

### 2.3.7.1 Dezinfekce chlórem

Chlór je za normálních podmínek žlutozelený. V malých dávkách je chlór zdravotně nezávadný. Chlór jako plyn ve větších dávkách je dusivý a silně porušuje sliznici dýchacích cest. Při reakci chlóru s vodou dochází k hydrolizaci [2] popsané rovnicí (1).



Hydrolizací vzniká silná (zcela disociovaná) kyselina chlorovodíková a slabá kyselina chlorná. Pro provozní praxi to znamená, že čím nižší je hodnota pH vody, do níž se dávkuje dezinfekční chlór, tím je účinek chlóru vyšší.

Účinky chlóru:

- Oxidační účinek – chlór oxiduje anorganické a organické sloučeniny.
- Chlorační účinek – váže se na organické molekuly, ale nerozkládá je.
- Dezinfekční účinek – usmrcení již zmiňovaných choroboplodných zárodků.

K dávkování se používá chlorátor (*Obr. 6*). Dávka dezinfekčních činidel bývá volena a zapsána technologem tak, aby bylo zajištěno zdravotní zabezpečení pitné vody při současném dodržení limitů vedlejších produktů dezinfekce dle platné legislativy [8]. Dle ČSN 75 711 „Pitná voda“ je mezní hodnota pro aktivní chlór stanovena minimální koncentrací 0,05 mg/l [6]. Voda musí být hygienicky zabezpečena (i za použití jiných dezinfekcí) a to i během rozvodu ve vodovodní síti, neboť je požadováno, aby dezinfekční látka byla přítomna ve vodě až do jejího odběru uživatelem. Proces chlórování za účelem dezinfekce je řazen jako poslední stupeň případné úpravy vody.



*Obr. 6 Rozvod chlóru*

### ***2.3.7.2 Dezinfekce oxidem chlóričitým***

Oxid chlóričitý ( $\text{ClO}_2$ ) je dezinfekční, oxidační a dezodorační prostředek. Má lepší oxidační účinky než chlór. Má baktericidní účinek čtyřikrát větší než chlór, ničí bakterie, viry, spory a dokonce i bacily tuberkulózy. Jeho další výhodou je, že odstraňuje barvu a zápach vody a při jeho nasazení je potlačena tvorba nežádoucích, případně škodlivých halogenových uhlovodíků. Mezi jeho nevýhody patří menší rozpustnost ve vodě a obtížná analýza [4].

### ***2.3.7.3 Dezinfekce oligodynamickými prostředky***

Mezi oligodynamické prostředky se řadí některé kovy (stříbro, rtuť, měď atd.) a jejich soli. Mají baktericidní účinek a už při malém množství usmrcují mikroorganismy a nižší organismy. Ve vodárenství se používá převážně měď a stříbro a nebo jejich soli, které v malém množství nejsou pro člověka nebezpečné. Jejich nevýhodou je, že tyto látky musí být dlouho ve vodě, aby se projevil baktericidní účinek [4].

#### 2.3.7.4 *Aktinizace vody*

Jako aktinizátor slouží ultrafialové záření o vlnové délce asi 260 nm [4]. Účinek záření spočívá v působení na disperzní systém protoplazmy mikroorganismů, což má za následek jejich usmrcení. UV záření je vysíláno pomocí lamp, které jsou plněny parami rtuti [4]. Při zkouškách se tato metoda osvědčila výborně, mohla by dosáhnout velké konkurence i těm nejlevnějším dezinfikačním prostředkům, což je chlór. Ale účinek této dezinfekce není trvalý, protože v rozvodních sítí může dojít k sekundární kontaminaci. Aktinizace vody je většinou doprovázena ještě chlórováním.

#### 2.3.7.5 *Dezinfekce ozónem*

Ozón je alotropickou modifikací s tříatomovými molekulami kyslíku. Za normálních podmínek se jedná o namodralý plyn. Vyrábí se v ozonizátorech. Rozkládá huminové látky, barviva a fenoly bez tvorby sloučenin zhoršujících organoleptické vlastnosti vody. Také je v současné době nejsilnějším, ekologicky čistým oxidačním, dezinfekčním a bělicím činidlem. Narozdíl od ostatních činidel jako je chlór, oxidace ozonem nezanechává žádná toxická rezidua, která musí být odstraňována a likvidována, protože výsledkem oxidace jsou pouze oxidované produkty a kyslík [4]. Ozón je jediným dezinfektantem zaručujícím účinnou inaktivaci cyst a oocyst parazitujících prvoků. Pomocí ozónových generátorů lze snížit spotřebu chlóru až o 70% [4]. Mimo to se také používá k odbarvování vody, odželezování vody (popř. odmanganování), k oxidaci některých toxických látek přítomných ve vodě atd. [2].

Nové směry v odstraňování parazitujících prvoků se budou zaměřovat především na pokročilé oxidační technologie založené především na zvýšení účinnosti působení ozónu jeho kombinací s [8]:

- dalším oxidantem (především  $H_2O_2$ )
- katalyzátorem (např.  $TiO_2$ ,  $ZnO$ )
- fotokatalyzátorem (např. UV, UV +  $TiO_2$ )

Ozón má mnohem lepší dezinfekční účinek než chlór, ale jeho provoz je nákladnější, a proto v mnoha vodárnách tento způsob dezinfekce nebyl doposud zaveden.

## ZÁVĚR

Technologické procesy použité při úpravě vody, jak již bylo řečeno, jsou obdobou dějů, které se odehrávají v přírodě. Při aeraci dochází k provzdušnění vody, což je výhodné pro vznik nerozpustných forem železa či manganu. Nerozpuštěné látky spolu s koagulantem vytvoří vločky, které pak sedimentují na dně nádrže a vznikne tzv. kal, který je odváděn pomocí shrabováku do kalové laguny. Dalším postupem je filtrace, která probíhá pomocí zrn písku. Na zrnkách písku se zachytí suspendované látky. Zrna se zvětšují a kanálky mezi nimi se ucpávají. Je tedy nutné tento filtr zregenerovat.

Doposud popsané děje probíhají i v přírodě. Ovšem pro člověka je důležité, aby byly zachovány určité požadavky na jakost pitné vody. Ne každý z nás by asi pil zakalenou a nebo páchnoucí vodu. Naše vodárny to nemají vůbec jednoduché. Technologové musí najít zdroj vody, který by vyhovoval nárokům na jakost pro úpravu vod na vodu pitnou (viz. požadavky na jakost surové a pitné vody). Úprava vody se stává celosvětovým problémem. Všeobecně je výhodné jímat povrchovou vodu na horním toku povodí, jelikož zde není tolik rozvinutý průmysl. Zdroje podzemní vody bývají chráněny tzv. ochrannými pásy, které se dělí na I. a II. stupeň. Pásmo I. stupně se týká bezprostředního okolí zdroje a pásmo II. stupně okolí vzdálenějšího [2]. Většina řek bývá z 30-60% již jednou využita [2]. Je tedy nutné chránit vodu před znečištěním již od samotného zdroje.

Po filtraci u velmi znečištěných vod dochází k odstraňování organických látek z vody sorpcí, při které se jako sorbent používá aktivní uhlí. Posledním procesem úpravy je dezinfekce, při níž dochází k odstranění choroboplodných zárodků, které jsou pro člověka velmi nebezpečné a mohou způsobit infekční onemocnění. Většina úpraven vod používá nejstarší způsob dezinfekce pomocí chlóru. Chlór v přiměřeném množství je zdravotně nezávadný. Má oxidační, chlorační a dezinfekční účinky. Také se používají jeho sloučeniny, které mají podobné výhody jako samotný chlór, ale i nevýhody, které vznikají při použití těchto sloučenin spolu s chlórem, jako např. špatná analýza, vznik organoleptických závad, vznik zapáchajících chlorfenolů apod.

Vlivem na stoupající požadavky pro kvalitu upravené vody byly objeveny další prostředky pro dezinfekci vod, do kterých patří např. aktinizace vody, dezinfekce oligodynamickými prostředky a dezinfekce ozonem. Aktinizace vody se provádí pomocí UV lamp. Tento způsob ochrany by mohl vyhovovat nejlépe ze všech již zmiňovaných způsobů dezinfekce, byl by dokonce i levnějším prostředkem, než je chlór. Ale má také své nevýhody, neboť úči-

nek UV není tak trvalý a mohlo by dojít k sekundární kontaminaci, proto je aktinizace doprovázena chlórováním. Dezinfekce pomocí ozonu je mnohem lepší než dezinfekce chlórem. Voda, která je přiváděna ke spotřebiteli nezapáchá a nedochází k tvorbě sloučenin zhoršujících vlastnosti vody. Ozón představuje pro úpravny mnohem lepší způsob dezinfekce než je chlór, ale jeho provoz je nákladnější, a proto v mnoha vodárnách nebyl ještě tento způsob dezinfekce zaveden.

Stále dochází ke studiím, jenž by našly efektivnější a ekonomicky přijatelnější řešení pro dezinfekci vody. Je tedy i nezbytně nutné chránit vodu před znečištěním již od zdroje jejího čerpání, protože každý z nás chce pít zdravotně nezávadnou, kvalitní a chutnou vodu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Doc. Ing. Pavel Pitter, CSc.- Hydrochemie, SNTL Nakladatelství technické literatury Praha 1981
- [2] Ing. Jiří Podhorský a Ing. Ladislav Žáček, CSc. - Úpravy vody a jejich provoz, Vydalo ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR ve Státním zemědělském nakladatelství v Praze roku 1975
- [3] Štícha P., Curev K.- Vodárenství, Zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství vodou, SNTL Nakladatelství technické literatury Praha 1969
- [4] Ing. Ladislav Žáček, CSc. - Chemické a technologické procesy úpravy vod, Brno Noel 2000, v r.1999
- [5] Jiří Chalupa - Chemické ukazatele jakosti vody ve vodárenství, Vodovody a kanalizace, Ministerstvo zemědělství 1997
- [6] Ing. M. Chalupa, Ing. Ladislav Žáček, CSc. - Chemikálie a provozní hmoty ve vodárenství, Účelová publikace MLVH, Praha 1968
- [7] Doc. Ing. Nina Strnadová, CSc.a prof. Ing. Václav Janda,CSc. - Technologie vody I, VŠCHT Praha 2004
- [8] Ozón v moderních technologiích úpravy pitné vody [online]. [cit.2007-04-07]. Dostupné z www: <<http://www.szu.cz/chzp/voda/pdf/ozon2.pdf>>.
- [9] Provozní řád - Úpravna vody Tlumačov
- [10] Provozní řád - Úpravna vody Klečůvka
- [11] Zákaznický časopis společnosti Veolia Voda a.s., číslo 1/2006
- [12] Úpravna vody Tlumačov - Přehled technologických postupů na úpravně
- [13] Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v.v.i. [online]. [cit.2007-05-05]. Dostupné z www: < [http://www.ih.cas.cz/web\\_new/cs/index.php?page=projekty](http://www.ih.cas.cz/web_new/cs/index.php?page=projekty) >.

**Návštěva:**

Červenec 2006 - Úpravna vody Tlumačov a Klečůvka

(Tlumačov - úpravna podzemní vody, Klečůvka - úpravna povrchové vody)



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN České technické normy

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Aerace vody.....	13
Obr. 2 Koagulace .....	14
Obr. 3 Sedimentace.....	16
Obr. 4 Filtrace - Kruhový filtr .....	17
Obr. 5 Filtrace - Obdélníkový filtr.....	18
Obr. 6 Rozvod chlóru.....	20

## SEZNAM TABULEK

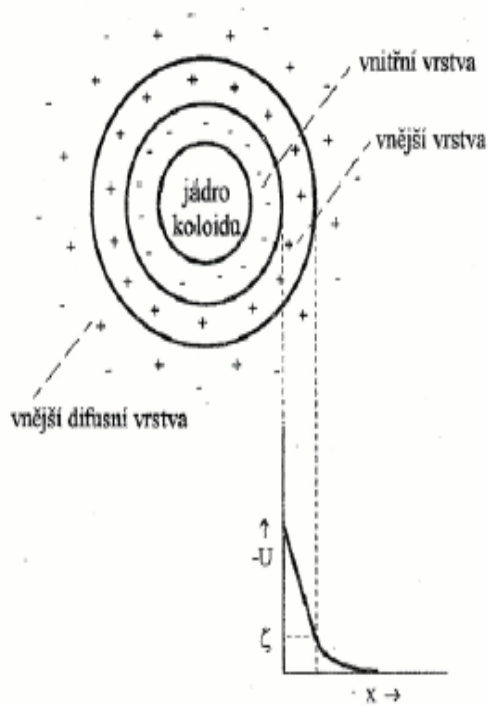
Tab. 1 Přehled různých úprav vod.....	12
---------------------------------------	----

## SEZNAM PŘÍLOH

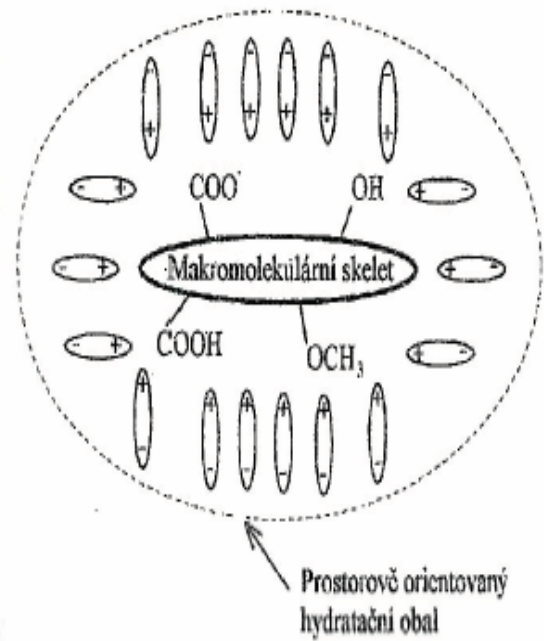
- P I Hydrofobní a hydrofilní koloidy
- P II Schéma dvoustupňové úpravy vod
- P III Schéma filtru
- P IV Normy pro základní fyzikálně-chemické charakteristiky pitné vody
- P V Konvenční úpravárenský proces používaný k úpravě povrchové vody

# Příloha P I: Hydrofobní a hydrofilní koloidy (převzato z [13])

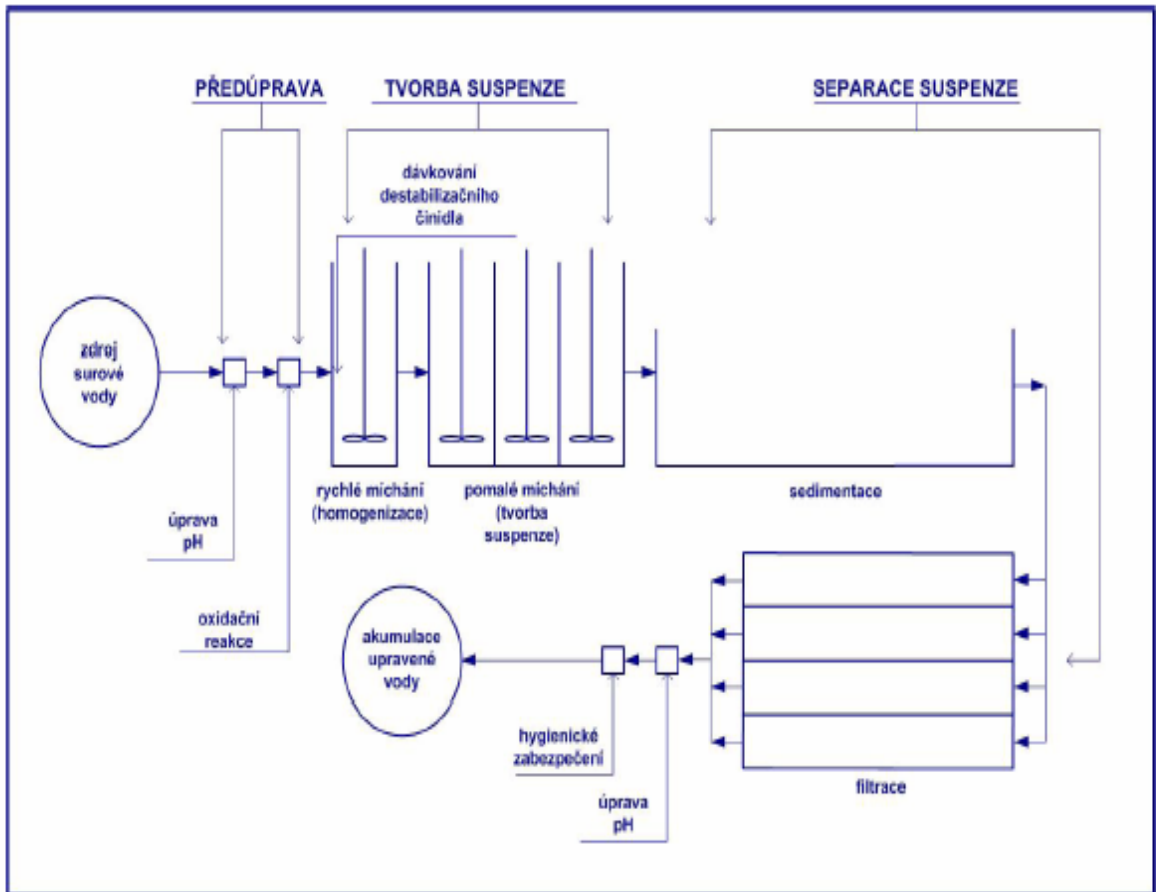
## Hydrofobní koloidy



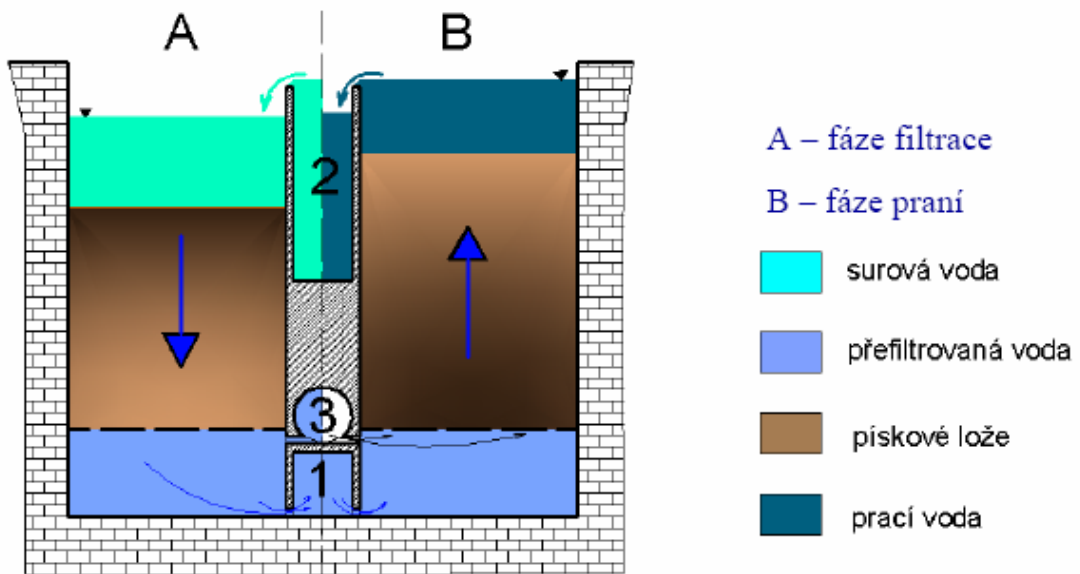
## Hydrofilní koloidy



## Příloha P II: Schéma dvoustupňové úpravy vody (převzato z [13])



**Příloha P III: Schéma filtru (převzato z [13])**



1 – odvod filtrátu, přívod prací vody

2 – přívod vody na filtraci, odběr prací vody

3 – přívod tlakového vzduchu

**Příloha P IV: Normy pro základní fyzikálně-chemické charakteristiky pitné vody (převzato z [8])**

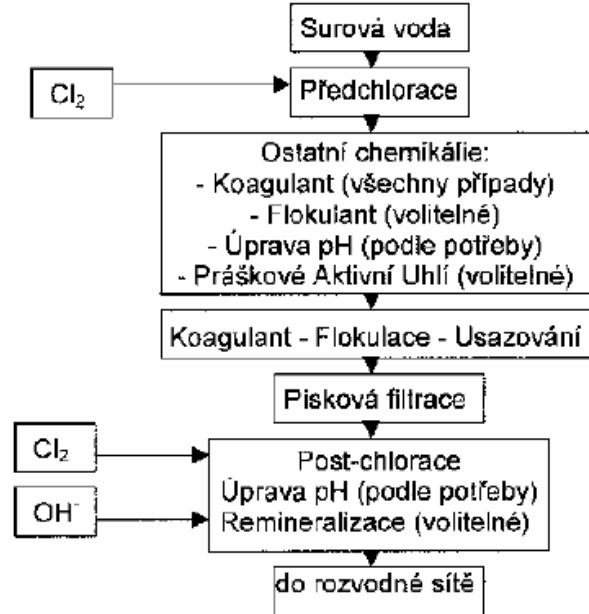
Parametr	Norma EU <sup>1</sup>		WHO 1993
	Doporučená hodnota	Max. přípustná hodnota	
Teplota (°C)	12	25	akcept.
Zákal (NTU)	0,4	4	5
Barva (Hazen. jednotky)	1	20	15
Zápach (prahová hodnota)	0	12°C : 2	akcept.
Chuť (prahová hodnota)	0	25°C : 3	akcept.
pH	6,5 – 8,5	-	6,5 – 8,5
Chloridy (mg l <sup>-1</sup> Cl)	25	-	250
Sírany (mg l <sup>-1</sup> SO <sub>4</sub> )	25	250	250
Hliník (mg l <sup>-1</sup> Al)	0,05	0,2	0,2
Odparek při 180°C (mg l <sup>-1</sup> )	-	1500	1000
Dusičnany (mg l <sup>-1</sup> NO <sub>3</sub> )	25	50	50
Dusitany (mg l <sup>-1</sup> NO <sub>2</sub> )	-	0,1	3
Amonné ionty (mg l <sup>-1</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0,05	0,5	1,5
Oxidovatelnost (mg l <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	2	5	-
Uhlovodíky (mg l <sup>-1</sup> )	-	0,01	0,001 – 1
Detergenty (mg l <sup>-1</sup> )	-	0,2	-
Železo (mg l <sup>-1</sup> )	0,05	0,2	0,3
Mangan (mg l <sup>-1</sup> )	0,02	0,05	0,1
Fluor (mg l <sup>-1</sup> )	-	0,7 – 1,5	1,5
Arzen (mg l <sup>-1</sup> )	-	0,05	0,01
Pesticidy (μg l <sup>-1</sup> )			
- jednotlivě	-	0,1	0,03 – 100
- suma	-	0,5	-

<sup>1</sup> Poznámka SZÚ: Jedná se Směrnici Rady 80/778/EEC z 15.7.1980 o kvalitě vody určené pro lidskou spotřebu, která však byla nahrazena Směrnicí Rady 98/83/EC z 3.11.1998.

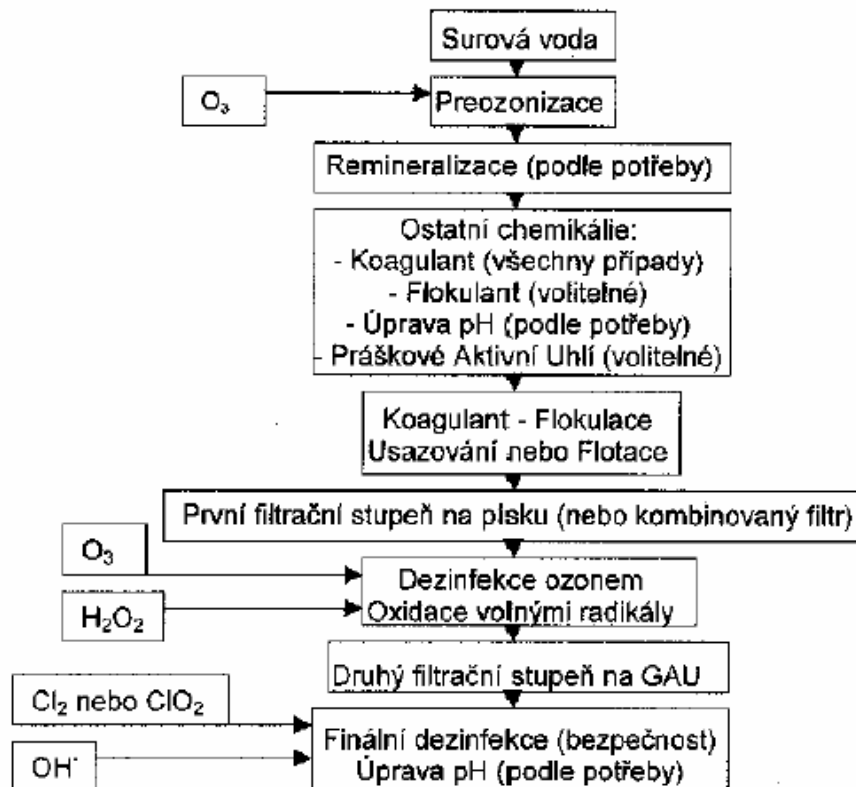


## Příloha P V: Konvenční úpravárenský proces používaný k úpravě povrchové vody (převzato z [8])

V 60. a 70. letech:



V 90. letech:



## EVIDENČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Místo uložení práce:</b> Ústřední knihovna UTB ve Zlíně
<b>Autor práce:</b> Hana Marušincová
<b>Název práce</b> česky: Technologická úprava vod na vodu pitnou  anglicky: Technological changes of water into potable water
<b>Vedoucí práce:</b> prof. Ing. Milan Vondruška, CSc.
<b>Vysoká škola (název a adresa):</b> Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Mostní 5139, 760 01 Zlín Fakulta technologická, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72 Zlín Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
<b>Rok obhájení práce:</b> 2007
<b>Počet stran, obrázků, tabulek:</b> 28 stran, 6 obrázků, 1 tabulka
<b>Předmětová hesla:</b> česky: Technologická úprava vod, pitná voda, surová voda, podzemní voda, povrchová voda, aerace vody, koagulace, sedimentace, filtrace, dezinfekce, aktinizace, chlor, ozón.  anglicky: Technological raw water purification, drinkable water, raw water, ground water, surface water, water aeration, coagulation, sedimentation, filtration, disinfection, actinization, chlorine, ozone.
<b>Souhrn</b> česky: Úprava surové vody se stává celosvětovým problémem. Zdroje vod bývají mnohem více znečištěny a jejich úprava je složitější. Také nároky na jakost pitné vody se zvyšují. Technologické procesy úpravy vod na vodu pitnou závisí na druhu znečištění. Mnohé z těchto metod pro úpravu jsou podobné těm, které se odehrávají v přírodě, jenže pro lidskou spotřebu nestačí. Voda, která se dostává z úpraven ke spotřebiteli, musí splňovat ČSN 75 7111 „Pitná voda“ a další závažná kritéria. Je nutné dbát na ochranu vody již u zdroje jejího odběru.  anglicky: Raw water purification is becoming a problem in the world. Resources of water are much more polluted and their purification is becoming more difficult. Demands on a quality of drinkable water are becoming much stricter. Technological processes of raw water purification into drinkable water depend on kind of pollution. Many of these methods for purification are similar to processes that can be seen in nature, but it is not enough for human need. The water that comes from water preparing plants to consumers must fulfill the standards ČSN 75 7111 'Drinkable water' and other relevant criteria. It is necessary to pay attention to protection of water at the resource of its consumption.