

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



**Popis a zhodnocení současného stavu technologie pro
úpravu vody k pitným účelům**

bakalářská práce

Autor práce: Lucie Brixová

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Praha 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lucie Brixová

Technologická zařízení staveb

Název práce

Popis a zhodnocení současného stavu technologie pro úpravu vody k pitným účelům

Název anglicky

The description and evaluation of the current state of technology for water treatment for drinking purposes

Cíle práce

Seznámit se s problematikou současného stavu úpravy vody k pitným účelům a popsat a zhodnotit jednotlivé používané technologie a technologická zařízení s ohledem na vybranou úpravnu pitné vody.

Metodika

Metodika

Na základě literárního rozboru oblasti zabývající se problematikou úpravy vody k pitným účelům, provést popis a zhodnocení používaných technologií a technologických zařízení s ohledem na vybranou úpravnu pitné vody.

Osnova práce

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Charakteristika základních ukazatelů jakosti pitné vody
5. Technologie používané při úpravě vody k pitným účelům
6. Technologická zařízení používaná při úpravě vody k pitným účelům
7. Zhodnocení jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při úpravě vody k pitným účelům s ohledem na vybranou úpravnu pitné vody
8. Závěr
9. Seznam literatury
10. Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran

Klíčová slova

Voda, pitná voda, úprava vody, úpravna vody, technologická zařízení

Doporučené zdroje informací

Příslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky, ČSN, oborové předpisy a odborné časopisy
VEGER, J.: Dezinfekce spotřebních dávek pitné vody. Výzkumný ústav vodohospodářský Tomáše Garrigua
Masaryka, Praha 1995, 82 s., ISBN 80-85900-07-6
Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 83/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se
stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve
znění pozdějších předpisů
Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
ZELINKA, Z. – FORMÁNEK, Z.: Úpravny vody. ERA, Brno 2005, 66 s., ISBN 80-7366-036-9

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2017

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 13. 3. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 13. 03. 2017

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Popis a zhodnocení současného stavu technologie pro úpravu vody k pitným účelům vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědoma, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

28.3.2017 v Praze

.....

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat Technické fakultě za umožnění studovat zde obor Technologická zařízení staveb. Dále doc. Petru Vaculíkovi za profesionální přístup, užitečné rady, ochotu a vstřícnost při konzultacích ohledně této práce. Ing. Ladislavu Herčíkovi patří obrovské díky za umožnění vstupu do vodárny Káraný a nahlédnutí „pod pokličku“ za odborného výkladu týkajícího se jednotlivých technologických zařízení a v neposlední řadě své rodině za trpělivost a podporu.

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce je popis a zhodnocení technologie pro úpravu vody k pitným účelům. V kapitole „Charakteristika základních ukazatelů jakosti pitné vody“ jsou uvedeny právní předpisy a základní definice pojmů. Tato kapitola obsahuje způsoby získávání vody v ČR a vlastnosti pitné vody, tj. mikrobiologické, biologické, fyzikálně-chemické a organoleptické. Kapitola „Technologie používané při úpravě vody k pitným účelům“ popisuje vodní zdroj, odběr vody, rozvod vody a vybrané technologické procesy na její úpravu. Následující kapitola „Technologická zařízení používaná při úpravě vody k pitným účelům“ popisuje jednotlivá zařízení, např. česle, síta, filtry, pásové filtry, apod. Poslední kapitola „Zhodnocení jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při úpravě vody k pitným účelům s ohledem na vybranou úpravnu pitné vody“ se zabývá úpravou vody - vodárnou Káraný a jejími technologickými postupy.

Klíčová slova: voda, pitná voda, úprava vody, technologická zařízení

The description and evaluation of the current state of technology for water treatment for drinking purposes

Summary: The aim of this bachelor's thesis is to describe and evaluate water modification technology for drinking purposes. The chapter „Characteristics of primary quality indicators for drinking water“ includes the legal regulation and basic definition of the terms. This chapter contains the methods of water gathering in the Czech Republic and drinking water features, i.e. microbiological, biological, physical-chemical and organoleptic. The following chapter „Technological equipment used for water modification onto drinking purposes“ describes individual devices, f.e. bar screen, screens, filters, belt filters, etc. The final chapter „Evaluation of individual technology and technological equipment used for water modification into drinking purposes based upon water station selected“ considers different water modification methods used by water station Káraný and their technological processes.

Key words: water, drinking water, water modification, technological equipment

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	3
3	Metodika práce.....	4
4	Charakteristika základních ukazatelů jakosti pitné vody	5
4.1	Právní předpisy	5
4.2	Základní pojmy	6
4.3	Způsoby získávání vody v České republice	7
4.4	Vodní zdroje	7
4.5	Základní vlastnosti pitné vody	9
4.5.1	Požadavky na jakost vody	9
4.5.2	Ukazatelé jakosti vody	10
4.5.3	Mikrobiologické vlastnosti vody	11
4.5.4	Biologické vlastnosti vody	12
4.5.5	Fyzikálně-chemické vlastnosti vody	13
4.5.6	Organoleptické vlastnosti vody	13
4.6	Mikrobiologické, biologické, fyzikálně-chemické a organoleptické ukazatele teplé vody .	15
5	Technologie používané při úpravě vody k pitným účelům.....	16
5.1	Vodní zdroje, jímání a odběr vody	16
5.2	Doprava a rozvod vody	18
5.3	Technologické procesy úpravy pitné vody	19
5.3.1	Mechanické předčištění vody pro vodárenské účely	20
5.3.2	Úprava povrchových vod	20
6	Technologická zařízení používaná při úpravě vody k pitným účelům	24
6.1	Česle	24
6.2	Síta	24
6.3	Filtry	25
6.4	Pásové filtry	25
6.5	Lapáky písku	26
6.6	Čiřiče	26
6.7	Aerátory	26

7	Zhodnocení jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při úpravě vody k pitným účelům s ohledem na vybranou úpravnu pitné vody	27
7.1	Historie vzniku vodárny v Káraném.....	27
7.1.1	Projekt vodárny a zahájení provozu vodárny	27
7.1.2	Další rozvoj vodárny v letech 1919-2017	29
7.2	Získávání vody v Káraném.....	30
7.2.1	Princip získávání artéské vody.....	31
7.2.2	Princip přirozené infiltrace.....	32
7.2.3	Princip umělé infiltrace	33
7.2.4	Proces úpravy vody na pitnou	35
7.3	Zhodnocení technologií a technologických zařízení ve vybrané vodárně.....	38
8	Závěr	39
9	Citovaná literatura.....	40
9.1	Zákony, vyhlášky a normy	40
9.2	Tištěná literatura	41
9.3	Internetové zdroje	43
9.4	Zdroje obrázků.....	44
10	Přílohy	I

Seznam obrázků

Obr. 1 Legionela	11
Obr. 2 Pseudomonas aeruginosa	11
Obr. 3 Sinice	12
Obr. 4 Koliformní bakterie	15
Obr. 5 Zlatý stafylokok	15
Obr. 6 Blokové schéma úpravy vody.....	20
Obr. 7 Schéma česlí	24
Obr. 8 Schéma pásového filtru.....	25
Obr. 9 Schéma čířiče.....	26
Obr. 10 Hlavní strojovna rok 1915	28
Obr. 11 Portrét Adolfa Thiema	28
Obr. 12 Nová dmychadla	30
Obr. 13 Nové čerpadlo č. 1	30
Obr. 14 Schéma řezu geologickými vrstvami s artézskou zvodní a vrtem.....	31
Obr. 15 Schéma celého systému přirozené infiltrace.....	32
Obr. 16 Schéma umělé infiltrace v Káraném.....	34
Obr. 17 Provzdušnění vody.....	35
Obr. 18 Rychlofiltry.....	35
Obr. 19 Velín	36
Obr. 20 Větrník	36
Obr. 21 Úprava vody ultrafialovým zářením.....	37
Obr. 22 Automat na vodu.....	37
Obr. 23 Balicí stroj.....	37

1 Úvod

„Voda přináší užitek všem bytostem a nebojuje. Voda je nejměkčí a nejslabší bytí na světě, v překonávání tvrdého a silného je však neporazitelná a není jí na světě rovno“ (Lao-c' z knihy Tao-te-t'ing).

Aristoteles (384–322 před n. l.) pravil: „ve všech dobře organizovaných zemích je oddělována pitná voda od té, která už byla použita“ (KŘIVÁNEK, KNĚŽEK; 2001).

Voda je základem života. Tvoří nejen tenký obal Země zvaný hydrosféra, ale je zastoupena i v dalších vrstvách Země, v litosféře a atmosféře. Při pohledu z vesmíru se naše planeta z velké části jeví jako modrá, proto je nazývána jako „modrá planeta“. Díky různým teplotním a tlakovým podmínkám známe vodu ve třech základních skupenstvích: plynném (pára), kapalném (voda) a pevném (led).

Člověk se po dobu svého vývoje snaží o ovládnutí vody, o její poznání a o využití vody ku svému prospěchu. Využívá energii vody na povrchových tocích, zavlažuje vodou neúrodné suché oblasti, používá vodu k životu jako vodu pitnou, její speciální složky – minerální vodu, jako vodu léčivou a teplo vody jako zdroj teplé energie (MYSLIL a kol.; 1999).

Celková plocha zemského povrchu zaujímá asi 510 mil. km². Oceány a moře se rozprostírají na 361 mil. km² (to je asi 70,8 %) a pevnina na 149 mil. km² (to je 29,2 %). Povrch pevniny a vody jsou rozloženy nerovnoměrně. Na severní polokouli je pevnina soustředěna na 100 mil. km² a vodní plocha na 155 mil. km², na jižní polokouli zabírá pevnina 49 mil. km² a vodní plocha 206 mil. km². Tato nerovnoměrnost se s ohledem na odlišné vlastnosti jednotlivých prostředí výrazně promítá do utváření klimatu, vodní bilanci, oběhu vody atd. Slaná voda tvoří 97 % zásob na Zemi, přičemž sladká kolem 3 %. Sladká voda má největší zásoby soustředěny v pevninských ledovcích, v podpovrchové vodě, v jezerech a řekách. Je naprosto zřejmé, že z celkového rozložení sladkých vod na souši lze pro lidstvo využívat jen velice nepatrný podíl (RUDA; 2014).

V současné době má mnoho států světa problémy s nedostatkem vody pro své obyvatele. Asi 800 milionů lidí (2012) v rozvojových zemích nemá přístup k pitné vodě. 2,7 miliardy lidí žije v oblastech, které každoročně postihne závažný nedostatek vody. Situace se bude zhoršovat. Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) předpokládá, že v roce 2030 bude 47 % populace planety žít v oblastech s obtížným přístupem k této životodárné tekutině. Všechny evropské země jsou dovozci tzv. virtuální vody (tropické ovoce, palmový olej, káva, bavlna, ořechy nebo řezané květiny pro nás zajišťují rozvojové země. Ze zahraničí pochází i krmivo pro hospodářská zvířata chovaná na maso, odtud vysvětlení pojmu virtuální voda). Zajištění produkce výrobků a potravin pro Evropu je tudíž závislé na čerpání vodních zdrojů z cizích zemí. Zásoby sladké vody na Zemi se ztenčují. Podzemní voda nenávratně mizí. V některých oblastech hladina podzemní vody klesá o 6 metrů ročně (HOKROVÁ; 2012).

Česká Republika je vnitrozemský stát ležící na rozvodnici tří moří – Severního, Baltského a Černého. Prakticky všechny její významnější toky odvádějí vodu na území sousedních států. Důsledkem této skutečnosti je naprostá závislost našich vodních zdrojů na atmosférických srážkách. Území ČR se dělí na tři hlavní povodí: Labe, Odry a Moravy. Největší hrozby přírodních katastrof na území ČR představují povodňové situace a sucho. Vzniku povodní v současné době nelze zabránit, lze pouze zmírnit jejich dopad na životy a majetek obyvatel. V roce 2002 povodeň napáchala škodu za 75,1 mld. Kč a počet obětí na životech se vyšplhal na 17. Dalším zdrojem vody v ČR je podpovrchový oběh vody a hlubinné podzemní zdroje. Součástí kulturní krajiny ČR jsou také vodní nádrže, ať přirozené nebo umělé. Nejstarší rybníky byly budované již na konci prvního tisíciletí. Nejobjemnější vodní nádrž je nádrž Orlická (704 mil. m³), největším rybníkem je rybník Rožmberk (489 ha), největší úpravna pitné vody na našem území je úpravna vody Želivka (ÚSEK VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ MINISTERSTVA ZEMĚDĚLSTVÍ; 2006).

Je zřejmé, že voda bude v budoucnu vzácnou strategickou surovinou ať už pro průmysl tak i pro život na Zemi. Mírné zimy s nedostatkem sněhových srážek a teplá suchá letní období toto tvrzení jen potvrzují. Fakt, že je voda důležitá si uvědomujeme už několik desítek let a právě proto je už od 22. března 1992 tento den každoročně označován Světovým dnem vody (HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV; 2015).

2 Cíl práce

Tato kapitola se zabývá popisem cíle bakalářské práce.

Cílem je seznámit se s problematikou současného stavu úpravy vody k pitným účelům, popsat a zhodnotit jednotlivé používané technologie a technologická zařízení s ohledem na vybranou úpravnu pitné vody.

Na základě literárního rozboru oblasti zabývající se problematikou úpravy vody k pitným účelům, provést popis a zhodnocení používaných technologií a technologických zařízení s ohledem na vybranou úpravnu pitné vody.

3 Metodika práce

Tato kapitola se zabývá popisem metodiky práce.

Zvolené metody této bakalářské práce, s ohledem na cíl uvedený v předchozí podkapitole a téma „Popis a zhodnocení současného stavu technologie pro úpravu vody k pitným účelům“ jsou následující:

1. charakteristika základních ukazatelů jakosti pitné vody,
2. popis technologie používané při úpravě vody k pitným účelům,
3. charakteristika vybraných technologických zařízení používaných při úpravě vody k pitným účelům,
4. zhodnocení jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při úpravě vody k pitným účelům s ohledem na vybranou úpravnu pitné vody,
5. závěr.

4 Charakteristika základních ukazatelů jakosti pitné vody

Tato kapitola se zabývá právními předpisy, vymezením základních pojmů, způsoby získávání pitné vody v České republice a základními vlastnostmi pitné vody.

Lidské tělo vydrží bez jídla několik dnů až měsíců. Mnohem nebezpečnější je nedostatek pitné vody. Bez vody vydrží lidský organismus pouze několik málo dní. Voda tvoří největší podíl tělesné hmoty, zhruba 50–70 %. Význam pro organismus je obrovský, protože způsobuje bobtnání potravy, rozpouští a transportuje celou řadu důležitých látek, vyrovnává tělesnou teplotu, odplavuje zplodiny látkové přeměny a udržuje správné napětí tkání. Močením, dýcháním, pocením a stolicí ztrácíme denně 2-3 litry a toto množství je nutné tělu dodat (BRAGG; 1985).

Voda využívaná pro lidský organismus musí splňovat přísná kritéria z důvodu, aby byla zdravotně prospěšná a nezpůsobovala ať už menší nebo velké zdravotní riziko. Tato kritéria jsou jasně definována právními předpisy.

4.1 Právní předpisy

V této podkapitole jsou uvedeny hlavní právní předpisy ČR upravující nakládání s pitnou vodou a definující základní jakostní ukazatele pitné vody.

- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).
- Zákon č. 181/2008 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Směrnice 98/83/ES o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu.
- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění zákona č. 274/2003 Sb.
- Zákon č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

- Novela č. 83/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 187/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 293/2006 Sb., kterou se mění vyhláška č. 52/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění vyhlášky č. 187/2005 Sb.
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 157/2011 Sb. kterou se zlepšuje vyhláška č. 159/2003 Sb., kterou se stanoví povrchové vody využívané ke koupání osob, ve znění pozdějších předpisů.

4.2 Základní pojmy

V této podkapitole jsou uvedeny vybrané základní pojmy nacházející se v zákoně č. 258/2000 Sb. a ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb.

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví stanovuje tyto pojmy ve druhé hlavě § 3:

- **Pitná voda**

„Je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání“.

- **Užitková voda**

Je voda používaná k jiným účelům než k pitným, např. ve výrobě, ke koupání, chlazení atd. Musí být zdravotně nezávadná. Ve srovnání s pitnou vodou však mohou být její fyzikálně-chemické vlastnosti horší.

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody definuje tyto pojmy uvedené v § 2:

- **Hygienický limit**

„Hodnota stanovená v přílohách č. 1, 2 a 3 nebo hodnota stanovená na základě zákona orgánem ochrany veřejného zdraví“.

- **Mezní hodnota**

„Hodnota ukazatele jakosti pitné vody, jejíž překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko. Není-li u ukazatele uvedeno jinak, jedná se o horní hranici rozmezí přípustných hodnot“.

- **Nejvyšší mezní hodnota**

„Hodnota zdravotně závažného ukazatele jakosti pitné vody, v důsledku jejíhož překročení je vyloučeno použití vody jako pitné“.

4.3 Způsoby získávání vody v České republice

Množství vodních zdrojů v České republice je závislé především na atmosférických srážkách. Výjimku tvoří statické zásoby podzemní vody, které mohou pomoci překrýt dočasné zmenšení kapacity dynamických zdrojů, ale neměly by být soustavně snižovány. Srážkové vody se po dopadu na zemský povrch stávají buď vodami podpovrchovými nebo podzemními, anebo zdroji přírodních minerálních vod (VOSTRČIL, HUBÁČKOVÁ, ŠTAMBEROVÁ; 2005).

4.4 Vodní zdroje

Skládají se z podzemní nebo povrchové vody. Díky oběhu vody na Zemi se tyto zdroje neustále obnovují. Důležité hledisko sledované u těchto zdrojů je jejich vydatnost a kvalita.

Dělí se na zdroje, kde není třeba vodu upravovat, na zdroje, kde je potřeba úprav a zdroje, které nejsou vhodné na pitné účely.

Povrchové vody jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu. Dělí se na stojaté (jezera, rybníky, tůňe, rašeliniště, slatiny a jiné drobné vody) a tekoucí. Z vodohospodářského hlediska se toky rozdělují na významné vodní toky a ostatní toky. Vodárenské toky představují v Čechách 32 % a na Moravě 21 % povrchových zdrojů (VOSTRČIL, HUBÁČKOVÁ, ŠTAMBEROVÁ; 2005).

Podzemními vodami jsou vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami. Za podzemní vody se považují též vody protékající drenážními systémy a vody ve studních (Zákon o vodách č. 254/2001 Sb.).

Využívání zdrojů podzemních vod v ČR odpovídá v současné době zhruba 70-75 % využitelného množství. Podle současných vodohospodářských přístupů, které především z hlediska ekologického dávají přednost podzemní vodě jako zdroji výhodnějšímu, než je voda povrchová, lze odhadovat, že v nejbližších desetiletích budou v ČR prakticky využívány všechny disponibilní zásoby s kvalitou odpovídající přímému využívání v souladu se zákonem č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, nebo splňující požadavky na použití jednoduchých standardních metod na úpravu surové vody na vodu pitnou. Využívání zdrojů podzemních vod je nejčastěji závislé na jejich vydatnosti a kvalitě vody (ŠTAMBEROVÁ a kol; 1998).

V současné době tvoří podstatnou část odebíraného množství podzemní vody vodárenské odběry (téměř 90 %). Osm procent odběrů využívá průmysl, zejména potravinářský, chemický a papírenský a 2 % zemědělství a ostatní. Od roku 1990 došlo k poklesu množství ročních odběrů z podzemních vod až na úroveň let 1980-1981 (VOSTRČIL, HUBÁČKOVÁ, ŠTAMBEROVÁ; 2005).

Hydrochemie je odvětví zabývající se vodou. Zabývá se původem a chemickým složením vody. Také se zajímá o způsoby získávání, úpravu a čištění vod. Dále se vodou zabývá obor aplikovaná hydrochemie, která se zaměřuje na technologie úpravy a čištění vod. (PITTER; 2009).

Základy moderní kvantitativní chemie a základy chemické analýzy vod vytvořil Antoine Laurent Lavoisier v polovině 18. století. V roce 1841 Fresenius vypracoval kvalitativní dělení kationtů sulfanem a analyzoval řadu minerálních a povrchových vod. Analýze minerálních vod v Čechách se věnoval švédský chemik Berzelius v první polovině 19. století. Požadavky na pitnou vodu spojenou s růstem měst se zvyšovaly a v důsledku průmyslu došlo k dalšímu rozvoji. Samostatné obory Hydrochemie a Technologie vody vznikly v 19. století. V Čechách došlo k největšímu rozvoji v první polovině 20. století (PITTER; 2009).

4.5 Základní vlastnosti pitné vody

Významnou vlastností vody je její rozpouštěcí schopnost. Voda je v přírodě a v životním prostředí člověka nejdůležitějším a univerzálním rozpouštědlem. Hlavní příčinou velké rozpouštěcí schopnosti a ionizační schopnosti vody je její dipólový charakter a vysoká dielektrická konstanta. Rozpustnost kapalin ve vodě závisí jak na soudržných silách mezi molekulami, tak na teplotě a tlaku. Všeobecně se lépe rozpouští dvě kapaliny polární, případně dvě kapaliny nepolární, než kombinace polární kapaliny s nepolární (u polárních látek lze rozlišit kladný a záporný pól na rozdíl od nepolárních látek, u kterých pól nelze přesně určit). Rozpustnost plynů ve vodě trvá tak dlouho, než mezi oběma fázemi nastane rovnost. Rozpustnost = schopnost rozptýlit částice látky rozpouštěné v rozpouštědle. Označení roztok se používá pro látky, které spolu nereagují a nerozpouští se spolu (MARTOŇ; 1984).

4.5.1 Požadavky na jakost vody

Z hlediska použití se voda dělí na vodu pitnou, užitkovou a provozní. Pitnou vodou je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena pro zásobování obyvatel k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů. Užitková voda, je voda hygienicky nezávadná, přesto není určena k pití a vaření. Provozní voda je voda vyžívaná pro účely průmyslu a zemědělství. Provozní voda je určena pro zavlažování zeleně, hydraulickou dopravu, chlazení, mytí zařízení. (VŠB TU OSTRAVA; 2010).

4.5.2 Ukazatelé jakosti vody

Hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu na četnost a rozsah kontroly pitné vody jsou stanoveny ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., která byla naposledy novelizována novelou č. 83/2014 Sb.

Novelou 83/2014 Sb. se stanovují hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody balené a teplé vody dodávané potrubím užitkové vody nebo vnitřním vodovodem. Novela dále stanovuje rozsah a četnost kontroly dodržení jakosti pitné vody a požadavky na metody kontroly jakosti pitné vody.

- **Mikrobiologické a biologické ukazatele**

Z hlediska biologického posuzování vody se zjišťují makroskopické a mikroskopické organismy, které indikují stav čistoty, případně znečištění odpadními vodami. Zjišťuje se množství organismů v 1ml vody stanovené směrnice. (OŠLEJŠEK; 1983)

- **Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele**

Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví (Vyhláška č. 252/2004 Sb.).

- **Radiologické ukazatele**

U surových nebo pitných vod, u kterých je uměle snižován obsah vápníku nebo hořčíku, nesmí být po úpravě obsah hořčíku nižší než 10 mg/l a obsah vápníku nižší než 30 mg/l. Radiologické ukazatele pitné vody a jejich limity stanovuje vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně (Vyhláška 83/2014 Sb.).

- **Další látky obsažené ve vodě**

Další nedílnou součástí vody jsou látky používané v zemědělství, farmaka a halucinogeny. V zemědělství se v dnešní době používají souhrnně pesticidy tedy organické insekticidy, herbicidy, fungicidy, rodenticidy a příbuzné produkty (např. regulátory růstu). Tyto látky jsou používány pro ochranu pěstovaných rostlin a díky své dobré rozpustnosti ve vodě snadno pronikají půdním profilem a vyskytují se tedy v povrchových i podzemních vodách.

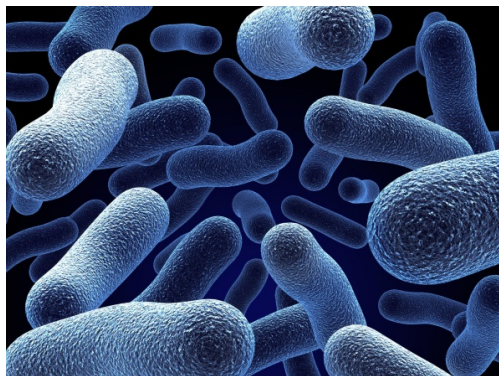
Největší hrozbou je fakt, že přitékají z velkých vzdáleností a tím i do ochranných pásem vodního zdroje, přičemž ovlivňují kvalitu surové vody používané pro výrobu pitné vody (PESTICIDY VE ZDROJÍCH PITNÉ VODY, 2017).

4.5.3 Mikrobiologické vlastnosti vody

Lze je pokládat za nejvýznamnější vlastnosti vody. Mikrobiologickou čistotu zajišťují úpravní vody. Přes veškeré prostředky nelze zamezit výskytu malých organismů nazývaných spóry. V surových vodách lze pozorovat rozsivky s křemičitými schránkami a zelené řasy. Dalšími mikroorganismy jsou symetrické spájivky, krásnoočka, skrytěnky a obrněnky různých tvarů.

Jestliže dochází k dlouhodobým odstávkám, nebo k přerušovanému odběru vody, zvyšuje se pravděpodobnost kolonizace potrubí vnitřních vodovodů různými druhy bakterií. Převážně se jedná o atypické mykobakterie, heterotrofní bakterie a legionely (tento pojem označuje až 40 různých typů bakterií, z nichž je téměř polovina nebezpečná). Optimální rozmnožovací teplota legionel je mezi 35–42 °C. K úhynu těchto bakterií dochází při teplotě mezi 60–65 °C po několika minutách, při teplotě nad 70 °C dochází k okamžitému úhynu (řádově v sekundách). Legionely způsobují řadu nemocí např. legionovou pneumonii (těžký, atypický zápal plic, který často končí smrtí), nebo pontiackou horečku (infekci respiračního traktu provázenou vysokými horečkami). Hlavním zdrojem infekce může být nesprávně fungující rozvod teplé vody, nebo vysoce zatížené vříivé lázně.

Obr. 1 Legionela



Zdroj: <http://www.internetmedicine.com>

Obr. 2 Pseudomonas aeruginosa



Zdroj: <https://www.sciencenews.org>

Mezi další bakterie patří *Pseudomonas aeruginosa*, která je příčinou infekcí kůže, zánětů vnějšího ucha, infekcí ran, moči a dýchacích cest. Tyto bakterie mají vysokou rozmnožovací schopnost již při teplotách menších než 15 °C a nízké nároky na živiny.

Dále se lze v teplé či studené vodě a půdě setkat s atypickými mykobakteriemi, které se často označují jako netuberkulózní. Tyto bakterie jsou vysoce rezistentní proti chlóru (MIKROBIOLOGICKÉ VLASTNOSTI VODY, 2017); (WATER MICROBIOLOGY. BACTERIAL PATHOGENS AND WATER, 2010).

4.5.4 Biologické vlastnosti vody

Přítomnost vyšších a nižších organismů (například sinice, řasy, prvoci, korýši, ryby, obojživelníci) ve vodě se zjišťuje biologickým (mikroskopickým) rozbohem vody, při kterém se sleduje vztah těchto organismů na posuzovanou vodu. Týká se to převážně povrchových vod, někdy i podzemních vod.

Povrchové vody lze rozdělit do tří hlavních pásem (oligosaprobniho – neznečištěné vody, mesosaprobniho – průměrně znečištěné vody a polysaprobniho – značně znečištěné vody) znečištění podle přítomnosti biologických ukazatelů, druhů zvířat a rostlin a podle povahy postupného rozkladu (mineralizace) organických látek. Tato pásma se nazývají saprobní (ŠTÍCHA; 1960).

Obr. 3 Sinice



Zdroj: <https://fischtante.wordpress.com>

4.5.5 Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

Mezi fyzikálně-chemické vlastnosti vody patří změna skupenství vody, hustota, viskozita, stlačitelnost, povrchové napětí, hodnota pH, oxidačně redukční potenciál, vodivost, rozpustnost látek ve vodě, přítomnost kovů, organických a anorganických látek a sloučenin (MARTOŇ; 1984).

Stupeň zásaditosti nebo kyselosti vody vyjadřuje hodnota pH. Je to záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových kationtů ve zředěném vodném roztoku neboli zjednodušeně potenciál vodíku. Roztoky se dělí na kyselé, neutrální a zásadité. Stupnice pH má rozmezí 0–14. Limit pro pitnou vodu je stanoven v optimálním rozmezí hodnot 6,5 až 9,5. Vyšší pH způsobuje snížení schopnosti dezinfekce a dává vodě nepříjemnou chuť, naopak nižší hodnota je charakteristická pro měkkou vodu a je spojena s agresivitou vody a korozí kovů (ROZBOR VODY – PARAMETRY; 2017).

4.5.6 Organoleptické vlastnosti vody

Vlastnosti zjistitelné smysly člověka se označují jako organoleptické vlastnosti. Patří sem barva, teplota, zákal, průhlednost, chuť a pach. Optimální teplota pitné vody je 8–12 °C. Chladnější voda může způsobit zdravotní problémy, voda nad 12 °C není osvěžující. Barva vody je dána převládající vlnovou délkou neabsorbovaného záření v oblasti viditelného spektra. Zákal způsobují velmi často hydratované oxidy železa a manganu, jííl, plankton, bakterie, dispergované organické látky (ropné látky, škrob, tuky).

- Zákal

Zákal vody způsobují suspendované rozpuštěné látky anorganického nebo organického původu. Může být přirozený nebo umělý. Zákal se stanovuje nejčastěji spektrofotometricky, porovnáním vzorku s etalonem. Jednotkou je formazinová jednotka [ZF]. Povrchové vody jsou obvykle zakaleny velmi často, zatímco podzemní vody jsou zakalené zřídka.

- Průhlednost

Průhlednost vody závisí na zákalu a barvě vody. Míra průhlednosti se stanovuje výškou sloupce vody, při které přestane být viditelná bílá deska nebo písmo stanovených rozměrů. Průhlednost se udává v cm vodního sloupce.

- Barva

Zbarvení vody může být buď skutečné nebo zdánlivé. Čistá voda se v tenkých vrstvách jeví jako bezbarvá, naopak v silných vrstvách (1 m a více) jako modrá. Zbarvení vody může být buď původu přirozeného, nebo antropogenního. Původní zbarvení je např. zbarvení vody železem do rezava. Antropogenní původ je např. voda zbarvená z výroby barviv, barvení textilu. Barva vody se stanovuje spektrofotometricky porovnáním vzorku s barevným etalonem.

- Teplota

Teplota vody závisí na prostředí, ve kterém se voda vyskytuje. Stálou teplotu mají vody podzemní (okolo 10 °C), vody termální mají teplotu nad 20–25 °C, vody hypertermální mají teplotu nad 42 °C. Vlivem střídání ročních období dochází k oteplování nebo naopak ochlazení vrchní vrstvy vody v nádržích. V létě a v zimě se voda rozdělí do teplotních vrstev, které se mohou lišit v obsahu mikrobiálních a organických látek.

- Chut'

Chut' vody ovlivňuje koncentrace anorganických složek vody, které při optimální koncentraci zajistí příjemnou chut'. Dále se na ní významně podílí koncentrace vápníku, hořčíku, železa, hydrogenuhličitanů, manganu a oxidu uhličitého. Hodnota pH také rozhoduje o příchuti. Při hodnotě pH vyšší než 8 získává voda mýdlovou příchut'. Chut' je desetkrát méně citlivá než pach.

- Pach

Primární pach je způsoben přítomností látek biologického původu, látek ze splaškových nebo průmyslových odpadních vod. Sekundární pach voda získá nejčastěji chlorací. Pach vody se vyjadřuje prahovou koncentrací látky (v mg/l), která způsobuje právě daný pach. Posouzení pachu probíhá tak, že se posuzovaná voda naředí vodou bez zápachu a pět pozorovatelů poté vzorky posoudí a určí vzorek, u něhož je pach postižitelný (POŠTA a kol.; 2005).

4.6 Mikrobiologické, biologické, fyzikálně-chemické a organoleptické ukazatele teplé vody

U teplé vody se sledují převážně koliformní bakterie. Tyto bakterie patří do čeledi enterobakterií. Tyto bakterie přežívají ve vodě a půdě, v lidském těle se nachází ve střevech. Pitná voda určená k zásobování musí splňovat tzv. mezní hodnotu, která stanovuje vhodnost vody, která musí mít nepřítomnost bakterie alespoň v 10 ml. Voda, která obsahuje tyto bakterie může způsobit zdravotní potíže, kterými mohou být např. průjem, nevolnost a zvracení (KOLIFORMNÍ BAKTERIE, 2017).

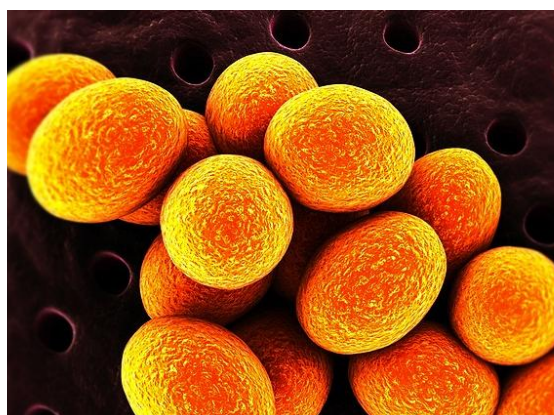
Dále se sleduje přítomnost zlatého stafylokoka (*Staphylococcus aureus*) a streptokoka (*Streptococcus*). Zlatý stafylokok je bakterie, která má více druhů. Některé jsou pro lidský organismus neškodné, jiné mohou při přemnožení způsobit zdravotní potíže. K nakažení dochází přímým kontaktem s nakaženou osobou. Mezi projevy patří hnis a kožní vyrážka. Nebezpečné je, když se stafylokok dostane do krevního oběhu člověka, kde může způsobit horečky, infekce mozku, plic, svalů a kostí. Prevencí je dodržování dostatečné hygieny. Streptokok je bakterie, u které se rozlišuje 70 druhů různého spektra, přičemž každý druh je průvodcem různých infekčních nemocí. Do organismu se dostane přes sliznici nosohltanu a může způsobit onemocnění, jakými jsou např. angína, spála, zápal plic, hnisavý zánět kůže a zánět ledvin. Příznaky jsou bolest v krku, bolest hlavy, celková slabost, potíže s polykáním, bolest svalů a břicha (ZLATÝ STAFYLOKOK; 2017, MÁME SE BÁT STREPTOKOKA?; 2017).

Obr. 4 Koliformní bakterie



Zdroj: <https://wordpress.com>

Obr. 5 Zlatý stafylokok



Zdroj: <http://cs.medixa.org>

5 Technologie používané při úpravě vody k pitným účelům

Tato kapitola se zabývá technologiemi používanými při úpravě vody k pitným účelům a skládá se z podkapitol: vodní zdroje, jímání a odběr vody; doprava a rozvod vody a technologické procesy úpravy pitné vody.

5.1 Vodní zdroje, jímání a odběr vody

Při posuzování vodních zdrojů jsou hlavními zákonitostmi především územní nerovnoměrnost vodních zdrojů a časová nerovnoměrnost výskytu vody. Úpravou surové vody získáváme vodu pitnou.

Vodní zdroj může být zdroj podpovrchové nebo podzemní vody, které jsou využívány potřebami společnosti. Do kapacity vodního zdroje není zahrnuta půdní voda.

Společnost je zaměřena na maximální využívání vodních zdrojů, které často využívá i rozporuplně. Nejběžnějším případem je využívání tekoucích povrchových vod víceuúčelově. Následkem je zhoršení kvality povrchové vody, která má být využívána pro vodárenské účely především v důsledku vypouštění odpadních vod. Je nutné užívání vody vzájemně koordinovat pomocí technických, organizačních, legislativních, ekonomických a správních postupů a opatření.

Pro výběr vhodných vodních zdrojů určených pro zásobování obyvatelstva, zemědělství i průmyslu je nutné se zaměřit především na podzemní a povrchové vody. Z důvodu nedostatku pokrytí celkové potřeby vody jsou využívány i méně kvalitní vodní zdroje z toků řek, při jejichž úpravě ve vodu pitnou je nutné volit složitější a nákladnější technologické postupy (DOHÁNYOS; 1998).

Při výběru vodního zdroje se hodnotí:

- hygienický stav místa jímacího zařízení a přilehlého území v případě podzemních vod;
- hygienický stav místa odběru vody a vlastního zdroje nad a pod místem odběru v případě povrchových vod;
- jakost zdroje vody;
- prognóza vydatnosti a jakosti zdrojů pro zásobování vodou.

Označení „jakost vodních zdrojů“ rozhoduje o použití technologického postupu pro výrobu pitné vody. Jakost upravené vody závisí nejen na druhu a jakosti vodního zdroje, ale také na technologickém postupu úpravy vody a na úpravárenském zařízení použitém při úpravě vody.

- Podzemní vody

Část podpovrchových vod vyplňující dutiny zvodněných hornin představují podzemní vody. Podzemní vody se z hlediska jakosti rozdělují na vody vhodné a nevhodné pro vodárenské využití. Kritéria, podle kterých jsou podzemní vody zařazeny do těchto dvou skupin, nejsou přesně stanovena. Pro vodárenské účely je doporučeno využívat vody, jejichž chemické složení se blíží ČSN 75 7111 „Pitná voda“, nebo vody, které se dají běžnými postupy úpravy na tuto jakost upravit. Podzemní vody mají méně rozkolísané fyzikálně chemické složení v porovnání s povrchovými vodami. Jedná se např. o přítomnost, nebo nepřítomnost kyslíku, teplotu, koncentraci oxidu uhličitého, zvýšené množství železa a manganu, množství mikrobiologických a organických látek. Jakost podzemních vod také ovlivňují procesy, které probíhají právě v těchto vodách. Jedná se o míchání vod různého původu u čehož dochází k chemickým reakcím, vyluhování organických a minerálních složek z půd, a vylučování nerozpuštěných sraženin ze složek přítomných ve vodě.

- Povrchové vody

Nejdůležitější částí vodních zdrojů nacházejících se na území České republiky jsou povrchové vody. Důležitým předpokladem je, že povrchová voda představuje 80 % vyrobené vody. Jakost povrchových vod je však nejčastějším limitem pro využití vyrobené vody k daným účelům. Povrchové vody obsahují vůči podzemní vodě vyšší množství organických látek různého původu, vyšší koncentraci kyslíku, nízkou koncentraci oxidu uhličitého, nízké množství Fe a Mn, vyšší zastoupení mikroorganismů a mají obvykle proměnlivější teplotu.

- Ochranná pásma vodních zdrojů

Podstatou těchto pásem je ochrana vody před znečištěním. Jsou dány směrnicí MZ ČSR č. 51, která se skládá ze tří oddílů: pásma hygienické ochrany, zřizování vodárenských nádrží a závěrečných ustanovení (DOHÁNYOS; 1998).

5.2 Doprava a rozvod vody

Vodárenská soustava neboli systém zásobování vodou zahrnuje: akumulaci vody a vodovodní potrubí (vodní řad), zdroje vody včetně jímacích zařízení, úpravní vody a čerpací stanice. Jedním z nejdůležitějších parametrů vodovodních řadů je stanovení vypočteného průtoku vody a průměru potrubí z důvodu posouzení ztrátové výšky.

Vypočtený průtok vody (pro dimenzování potrubí pitné a užitkové vody):

$$Q_v = \sqrt{\sum_{i=1}^m (q^2 \cdot n)} \quad [l \cdot s^{-1}] \quad /1/$$

kde: m = počet druhů výtokových armatur [-]

n = počet stejných výtokových armatur [-]

q = jmenovitý výtok jednotlivými druhy armatur umístěnými na vodovodním potrubí [$l \cdot s^{-1}$]

Návrh průměru potrubí:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot v_v}} \quad [m] \quad /2/$$

kde: d = průměr potrubí [m]

v_v = maximální rychlost [$m \cdot s^{-1}$]

- Potřeba vody

Odběrem vody nebo také potřebou vody je myšleno množství vyrobené a odebírané vody z rozvodné sítě. Odběry vody lze rozdělit podle účelu do čtyř hlavních skupin: odběry pro veřejné zásobování pitnou vodou, odběry pro průmyslové účely, odběry pro ostatní účely a odběry pro zemědělství.

- Nerovnoměrnost potřeby vody

Tato veličina není konstantní, nýbrž závislá na čase, hospodářských, klimatických a místních podmínkách. Je možné rozdělit ji na hodinové, denní, měsíční, a roční kolísání potřeby.

- Spotřeba vody a její ztráty

Prioritní význam při výrobě pitné vody mají názvy potřeba a spotřeba vody. Význam těchto dvou slov je zcela odlišný. Potřeba vody je skutečné nebo předpokládané odebírané množství vody za časovou jednotku. Ta část vody, která se z celkové potřeby vody spotřebuje a nevrátí zpět do vodního zdroje se nazývá spotřeba vody. Spotřebou vody se tedy rozumí rozdíl mezi množstvím odebírané vody a množstvím vody vrácené do vodního zdroje. Spotřeba vody se dělí na dva typy: spotřeba absolutní a přechodná (DOHÁNYOS; 1998).

5.3 Technologické procesy úpravy pitné vody

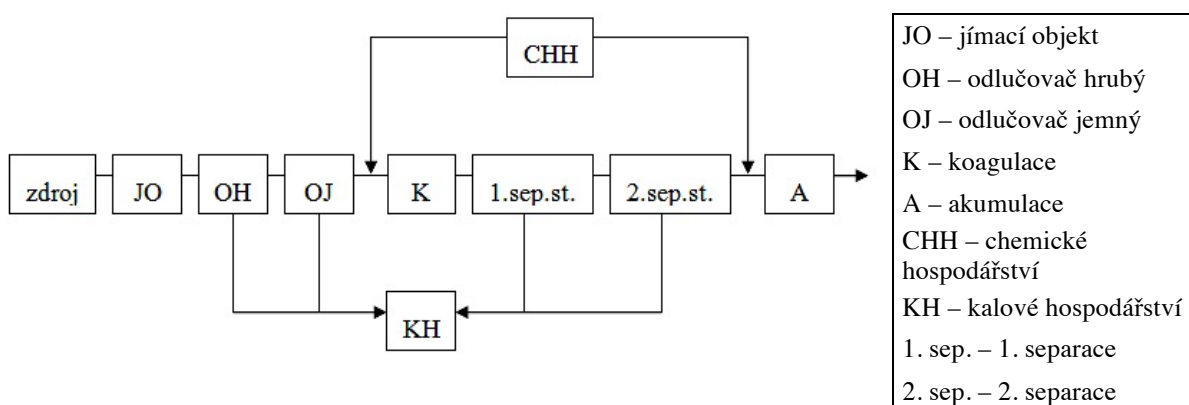
Vodní zdroje lze rozdělit z hlediska upravitelnosti do tří skupin:

- vody nevyžadující úpravu a vody vyžadující pouze mechanické odkyselení a hygienické zabezpečení – což jsou vody podzemní;
- vody vyžadující složitější úpravu – týká se vod podzemních a povrchových, obsahuje chemické odkyselení nebo úpravu koncentrace vápníku a hořčíku, odželezování a odmanganování, dekarbonizaci, koagulační filtraci, sorpci na zrněném aktivním uhlí nebo umělou infiltraci a dezinfekci;
- vody méně vhodné či nevhodné pro zásobování obyvatelstva – povrchové a podzemní vody, dále vody s koncentrací dusičnanů vyšší než 50 mg l^{-1} , tyto vody lze použít pouze ve výjimečných odůvodnitelných případech.

Technologický postup úpravy surové vody je navrhován na základě charakteru a koncentrace látek v této vodě. Sedimentací se odstraňují látky hrubě dispergované, jemnější suspenze se odstraňuje sedimentací a filtrací, velmi jemné suspenze se odstraní čířením. Látky rozpuštěné je možné odstranit sorpcí, oxidací a výměnou iontů.

Z výše uvedených tezí je zřejmé, že technologická linka, která bude upravovat povrchovou vodu na pitnou, musí být vybavena konkrétními technologickými procesy a strojními zařízeními, které umožní upravit daný vodní zdroj na vodu pitnou. Pro běžnou vodárenskou filtraci je možné zařadit sorpci na aktivním uhlí, dále je možné zařadit odstraňování amonných iontů, oxidační proces ozonizace, výměnu iontů a další (DOHÁNYOS; 1998).

Obr. 6 Blokové schéma úpravy vody



Zdroj: www.asio.cz

5.3.1 Mechanické předčištění vody pro vodárenské účely

Povrchová voda řek a nádrží, určená pro použití na vodu pitnou často obsahuje plovoucí látky, hrubší suspenze a látky šinuté proudem vody, kterými může být např. písek. Již zmíněné látky musí být z vody odstraněny z důvodu předejití ucpání vodovodního řadu nebo proniknutí až do úpravně, kde by mohli narušovat úpravárenský proces. U vod podzemních nebo vod z infiltrovaných oblastí není předčištění většinou nutné. Zařízení sloužící k odstranění těchto látek jsou česle, šíta, pásové filtry a lapáky písku (DOHÁNYOS; 1998).

5.3.2 Úprava povrchových vod

Volba vhodného technologického postupu pro úpravu povrchové vody je dána především povahou a koncentrací látek v ní obsažených. Žáček pokládá za rozhodující kritérium pro volbu vhodných technologických postupů hodnotu $CHSK_{Mn}$. Důležité je brát v potaz laboratorní výsledky modelových nebo poloprovozních zkoušek a dále kolísání vodního zdroje a jiné parametry.

Kvalita upravované vody nemusí být ve všech případech rozhodující při rozhodování o vhodnosti použití jednostupňové nebo dvoustupňové úpravy. Velmi důležité je také ekonomický aspekt navržených postupů.

- Úprava vody čiřením

Čiření neboli koagulace je fyzikálně chemický proces, pomocí kterého se odstraňují koloidní látky anorganického a organického původu z vody. Podstatou je převedení nečistot přítomných ve vodě do separovatelné formy pomocí dávkování dvojmocných nebo trojmocných solí Fe a Al a koagulantů. Touto metodou vznikají separovatelné částice (vločky), které lze snadno odstranit např. pomocí filtrace a průchodu vločkového mraku čičiči nebo sedimentací (DOHÁNYOS; 1998).

Metoda filtrace a průchodu vločkového mraku čičiči se skládá ze: vznášení, pulzace a chemickotechnologických postupů. Ke vznášení dochází zvyšováním rychlosti proudění kapaliny vrstvou částic směrem vzhůru v mírně turbulentní oblasti proudění, která má za následek shlukování vloček do větších celků. Pulzátory neboli usazovákы zajišťují krátkodobé periodické průtoky vody vrstvou fluidní suspenze. Tyto pravidelné cykly jsou přerušovány periodami stagnace (dochází k sedimentaci suspenze) o značně menší intenzitě. Nejčastějšími koagulanty jsou soli Fe a Al, chlorid a síran železitý a jiné. U kvalitnějších zdrojů se využívá jednostupňová separace, zatímco u méně kvalitních zdrojů se používá dvoustupňová separace složená z čičiče a filtru (VOSTRČIL, TESARČIK; 1999).

- Filtrace

Filtraci je možné považovat za jednu z dokončovacích technologických článků při úpravě vody. Zpravidla následuje po sedimentaci nebo po čiření. Filtrační cyklus je složen z fáze filtrační a fáze prací. Filtrační fáze je označována jako pracovní fáze, při které dochází k zachycení suspenzí ve filtrační náplni, oproti tomu v prací fázi dochází k regeneraci filtračního lože a odvodu zachycené suspenze do odpadu (DOHÁNYOS; 1998).

Příklady filtrace:

- Filtrace vody aktivním uhlím

Aktivní uhlí patří mezi nejstarší a nejpoužívanější vodárenský sorbent. Na trhu jsou k dostání tři druhy aktivního uhlí: práškové, zrněné a granulované. Aktivní uhlí má svou největší přednost v zachování původního minerálního složení vody. Dále se používá k odstranění pachutí, zápachu, zabarvení, ropných látek, pesticidů, těžkých kovů a řady dalších kontaminantů. Míra účinnosti je ovlivněna fyzikálními a chemickými vlastnostmi vody. (MICHEK, DAŘÍČKOVÁ; 2007).

- Písková filtrace

Písková filtrace patří mezi klasické metody používané při separaci jemných mechanických nečistot z vody. Principem je zachycení mikroskopických částic v mezerách mezi zrny v celém objemu filtračního média. Jednou z největších výhod je jednoduchá regenerace pískové vrstvy (tvořena křemičitou náplní), která má v případě výměny velmi nízké pořizovací náklady. Písková filtrace se používá k dočištění povrchové a pitné vody v úpravárnách pitných vod. V dnešní době je to jeden z nejvíce používaných způsobů filtrace bazénů (SHAMMAS, WANG; 2016).

- Hygienické zabezpečení

Při výrobě pitné vody patří mezi poslední technologické postupy zabezpečení zdravotní stránky vody. Z tohoto důvodu se používají různé dezinfekční prostředky, kvůli zabránění přenášení a šíření infekčních onemocnění a zaručení trvalé tzv. bakteriologické nezávadnosti (DOHÁNYOS; 1998).

Mezi technické způsoby používané pro hygienické zabezpečení vody patří:

- Chlorace a chloraminace vody

Chlorace je proces dávkování chloru či jeho sloučenin (např. chlornan sodný nebo chlornan vápenatý) do vody. Tímto procesem dochází k ochraně vody před bakteriemi zdroje i před bakteriální kontaminací na vodárenské síti. Tento způsob úpravy vody je nejvýznamnější pro centrální zásobování pitnou vodou. Dle ČSN 75 7111 hodnota chloru nesmí klesnout pod množství $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$. Za ideální hodnotu je považované množství $0,2\text{--}1 \text{ mg.l}^{-1}$. Množství dávky těchto chemikálií je závislé především na složení a jakosti vody, teplotě a době styku dezinfekčního prostředku s vodou (MICHEK, DAŘÍČKOVÁ; 2007).

Existuje několik způsobů chlorace dle místa zařazení v technologickém procesu: prostá chlorace, předchlorace, dochlorování, předchlorace a dechlorace, chloraminace.

Předchlorace zlepšuje jakost upravené vody. Současně s ní je často zařazené dodatečné dochlorování na potřebnou koncentraci volného chloru. Jestliže je potřeba zabezpečit skupinový vodovod, ve kterém se delší dobu pitná voda zdržuje, používá se chloraminace. Díky přítomnosti amonných iontů dochází ke vzniku chloraminů, které po delší době za uvolňování chloru hydrolyzují. Přebytek chloru je tedy možné udržet ve vodě delší dobu než při samotné chloraci. Během dopravy potrubím ke spotřebiteli množství chloru ubývá.

- Oxidace použitím oxidu chloričitého

Složitost přípravy oxidu chloričitého je natolik velká, že způsobuje obrovské ekonomické náklady na samotný proces dezinfekce, proto je tato metoda používána zřídka. Výhoda je skryta v minimalizaci vzniku chlorovaných uhlovodíků. Oxid chloričitý lze připravit z chloritanu sodného dvěma způsoby, a to buď reakcí chloritanu sodného s chlorem nebo rozkladem chloritanu sodného minerálními látkami (DOHÁNYOS; 1998).

- Ozónování vody

Ozón je v poslední době hojně používaným dezinfekčním prostředkem. Připravuje se ze vzdušného kyslíku či čistého kyslíku elektrickým výbojem při vysokém napětí. Ozón má schopnost se rychle rozkládat za odštěpení kyslíku. Vznikající kyslík má ve stavu zrodu velkou oxidační účinnost. Výhoda dezinfekce ozónem spočívá ve značné dezinfekční účinnosti a podstatném zlepšení sensorických vlastností vody. Oxidačními účinky ozonu je možné využít k odbarvování vody, odželezňování, popř. odmanganování a k oxidaci některých toxických látek přítomných ve vodě. Vlastní nevýhodou je však energetická náročnost při vlastní výrobě ozónu a jeho rychlá spotřeba u více znečištěných vod.

Účinnost ozónu jakožto dezinfekčního a oxidačního prostředku je výrazně účinnější oproti použití chlóru. Naopak rychlost spotřeby chlóru je ve srovnání s ozónem značně nižší. Ozón má schopnost maximálního účinku při inaktivaci virů (DOHÁNYOS, 1998); (BIODEGRADABILITY OF DBP PRECURSORS AFTER DRINKING WATER OZONATION, 2016).

- Ostatní způsoby dezinfekce

Pro malé vodní zdroje je vhodné použít oligodynamického působení některých těžkých kovů, kterými mohou být např. soli stříbra nebo soli mědi. Při tomto způsobu je do vody přiváděna dávka iontů stříbra v koncentraci od 0,05 – 0,1 mg.l⁻¹. Tyto ionty ve vodě působí jako oligodynamický germicid.

Dalšími způsoby dezinfekce je například použití ultrafialového záření, což je velmi perspektivní postup pro dodatečnou úpravu vody. Pro potlačení mikroorganismů ve zdroji podzemních vod obsahujících železo a mangan lze využít radioaktivní záření. Toto záření má hodnotu od 200–400 nm, které je schopné poškodit DNA mikroorganismů, likvidovat enzymy a buněčné membrány, čímž je vyloučena reaktivace mikroorganismů (DOHÁNYOS; 1998), (MICHEK, DAŘÍČKOVÁ; 2007).

6 Technologická zařízení používaná při úpravě vody k pitným účelům

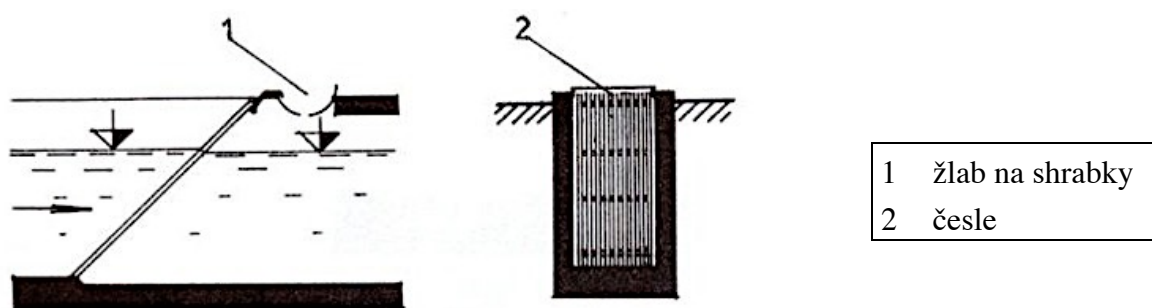
Tato kapitola se zabývá popisem technologií používaných při úpravě vody k pitným účelům.

6.1 Česle

Česle a síta se používají na začátku technologie čištění vod a slouží k mechanickému předčištění, a to k zachycení hrubých nečistot a plovoucích předmětů do velikosti zhruba 1 mm. Hlavní důvod použití je ochrana strojních zařízení před poškozením či zanesením a zamezení ucpávání potrubí. Česle se skládají z husté mříže z prutů (česlic) a mezer mezi pruty (průlin). Česlice jsou tvořeny z vertikálních nebo nakloněných ocelových tyčí.

Česle se rozdělují dle velikosti na česla hrubá (40-120 mm) a jemná (0,5- 6 mm). Dle způsobu odstraňování shrabku rozeznáváme česle ručně stírané a mechanicky stírané. Existují různé typy česlí a to: samočisticí česle, strojně stírané česle, ručně stírané česle, stupňové česle a pásové česle (ČESLE A SÍTA; 2014).

Obr. 7 Schéma česlí



Zdroj: www.homen.vsb.cz

6.2 Síta

Síta mají stejné použití jako česle tedy mechanické předčištění. Také zachycují nečistoty. Jejich výhodou je schopnost oddělit řasy a vlasy. Mikrosíta zachycují částice o velikosti 0,01 – 1 mm.

V praxi nejpoužívanější typy sít jsou:

- bubnová pohyblivá – síto tvořeno otáčivým bubnem s česlicemi, které se v profilu směrem dovnitř rozšiřují

- nepohyblivá síta – síto tvořeno nepohyblivým bubnem položeným šikmo, který je tvořen kruhovými česlicemi; profil česlí se směrem ven z bubnu rozšiřuje (ČESLE A SÍTA; 2014).

6.3 Filtry

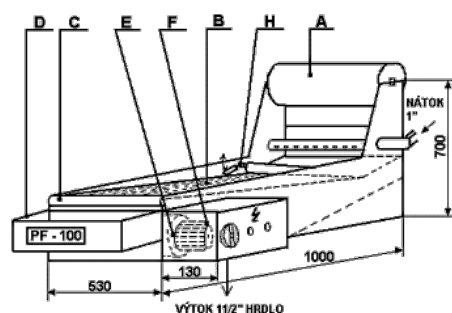
Filtrace se skládá ze dvou fází. První fází je fáze pracovní neboli filtrační, kdy dojde k zachycení suspenze. Následuje fáze prací, při které se suspenze odvede do odpadu.

Filtry lze rozdělit na filtry pomalé, otevřené, tlakové, obráceně protékané a dvouvrstvé (DOHÁNYOS; 1998).

6.4 Pásové filtry

Jsou nenákladným poloautomatickým zařízením určeným pro nepřetržité odstraňování mechanických nečistot z vody. Čerpadlo nastříkuje vodu k filtraci na filtrační tkaninu, která je tažena přes děrované dno prostoru určeného pro filtraci. Filtrovaná voda protéká přes tkaninu do prostoru pod děrovaným dnem a zbavuje se tak nečistot. Voda je vedena do prostoru výtokového hrdla. Propustnost tkaniny se zachycenými nečistotami snižuje. V případě velkého znečištění je tkanina posunuta pomocí pohonné jednotky přes válec se stíracím nožem. Tento proces trvá do doby, kdy může voda opět volně odtékat (AUTOMATICKÉ TKANINOVÉ FILTRY; 2007).

Obr. 8 Schéma pásového filtru



- | | |
|----------|---------------------------|
| A | netkaná textilie |
| B | filtrační síto |
| C | posuvný válec-se škrabkou |
| D | vanička pro tuhý odpad |
| E | posuvný motor |
| F | šneková převodovka |
| H | spínací plovák |

Zdroj: www.green-tech.cz

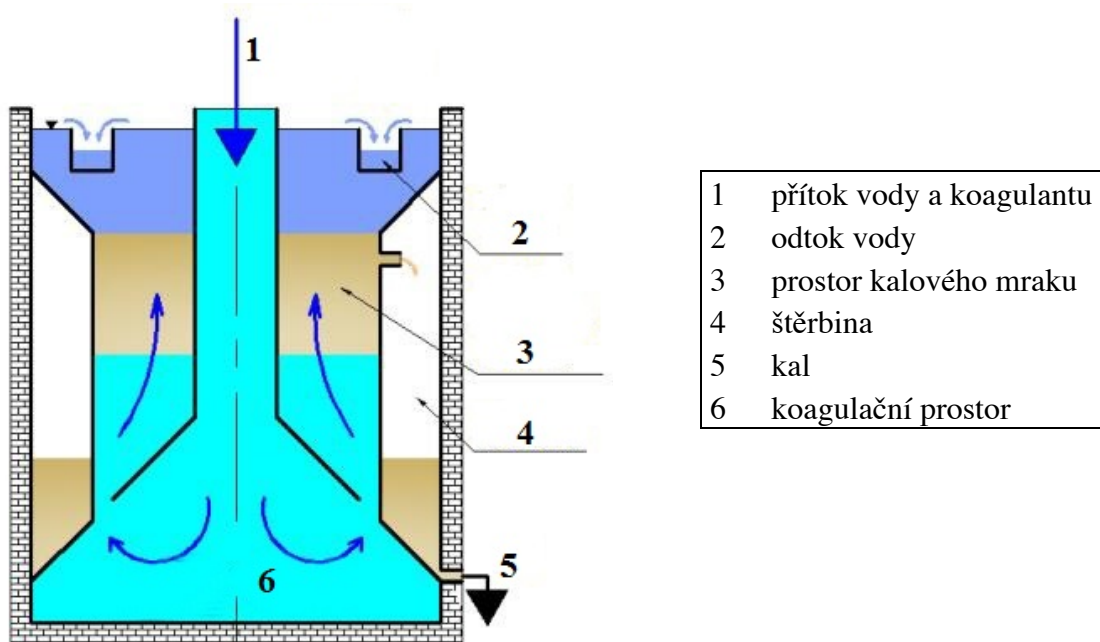
6.5 Lapáky písku

Lapáky písku slouží k odstranění suspendovaných, těžkých anorganických látek jako je například písek, jemná škvára a úlomky skla. Princip práce lapáků písku spočívá ve snížení průtočné rychlosti vody. Ideální lapák písku by měl zachytit pouze minerální podíl suspenze do velikosti zrn 0,1 až 0,2 mm bez organických příměsí. Dle směru průtoku se rozlišují horizontální lapače písku, vertikální a s příčnou cirkulací (DOHÁNYOS; 1998).

6.6 Čiřiče

K čiření vody se používá zařízení nazývané čiřiče. Zde probíhají procesy sedimentace, koagulace a filtrace. Čiřiče mohou být buď s rovnoměrným průtokem nebo s nerovnoměrným průtokem (DOHÁNYOS; 1998).

Obr. 9 Schéma čiřiče



Zdroj: www.slideserve.com

6.7 Aerátory

Plní funkci odstranění oxidu uhličitého z vody. Funguje na principu rozstříkávání vody do vzduchu nebo naopak vháněním vzduchu do vody (DOHÁNYOS; 1998).

7 Zhodnocení jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při úpravě vody k pitným účelům s ohledem na vybranou úpravnu pitné vody

Tato kapitola se zabývá jednotlivými technologiemi a technologickými zařízeními používanými při úpravě vody k pitným účelům ve vodárně v Káraném.

7.1 Historie vzniku vodárny v Káraném

V období 1875–1890 se začaly zvyšovat nároky na potřebu vody v Praze a okolí. V této době bylo veřejné zásobování vodou založeno na dodávce vody z několika vodáren na Vltavě s jímáním infiltrované říční vody. Vlivem zvyšujících se nároků na potřebu vody, bez zajištění řádného odkanalizování odpadních vod, docházelo ke znehodnocování místních podzemních vod se současným snižováním stavu jejich zásob. Vlivem těchto skutečností vznikaly stále častěji různé epidemie, zvláště tyfové. Z uvedených důvodů v roce 1875 jmenovala městská rada Pražskou vodárenskou komisi, která byla zvolena pro řešení otázky zásobování vodou, jež by co do jakosti tak i množství vyhovovala městu.

Teprve po roce 1895 došlo ke sjednocení úsilí vodárenských komisí, které vyústilo v roce 1899 k vydání zákona „O realizaci a provozování Společné vodárny a společného vodovodu pro hlavní město Prahu a uvedené další obce“ císařem Františkem Josefem I. Tímto zákonem byl dán základní kámen pro hlavní změnu v zásobování vodou, které svým komplexním pojetím řešení předběhlo dobu o více než 20 let. Zákon stanovil, že společná komise vodáren vybuduje potřebná zařízení a společně bude i zajišťovat jejich provoz ve všech zúčastněných obcích (KŘIVÁNEK; 1989).

7.1.1 Projekt vodárny a zahájení provozu vodárny

Po posouzení mnoha soutěžních návrhů byl použit projekt stavebního inženýra Adolfa Thiema z Lipska z roku 1902, podle kterého mělo být v hlavní řadě využito podzemních vod z povodí Labe a Jizery v oblasti od Káraného až do Benátek nad Jizerou. Definitivní projekt byl odevzdán roku 1905. I přestože neprošel u oponentury v plné šíři, bylo rozhodnuto o jeho realizaci.

Výstavba celého komplexu vodárny byla uskutečněna v letech 1906 až 1913 od vyvrtání jednotlivých studní (celkem jich bylo 567) přes jímací, svodná i výtlačná potrubí (celková délka 70 km). Délka vodárenského systému od nejbližšího konce jímacího řadu u Benátek nad Jizerou až po vodojemy v Praze byla téměř 50 km.

Hlavními pohonnými médii vodárenských čerpadel byla pára a elektrická energie vyrobená velkým parním energetickým centrem vodárny. Tím byla rozsáhlá kotelna spojená s hlavní čerpací a generátorovou stanicí do objektu velkého 75 x 60 m. Přisun uhlí do kotelny zajišťovala nová vlečka z Lysé nad Labem dlouhá 4 km.

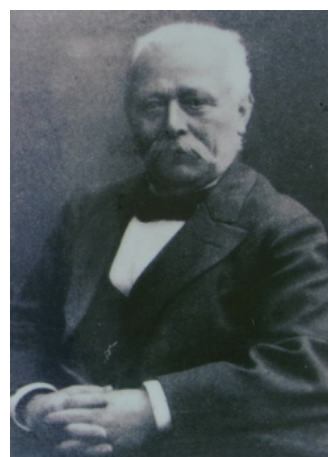
Pokusné čerpání bylo zahájeno 18.10.1912, kdy byla jímána voda z 220 studní. Vodárna byla uvedena do trvalého provozu v plné kapacitě $880 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ 1.1.1914 oficiálním prohlášením za vodu pitnou. Vodárna v Káraném se tak stala jediným základním zdrojem pro zásobování hl. města Prahy (Flora – I. a II. řad) a teprve v roce 1929 byla uvedena do provozu pro krytí dalších potřeb vodárna Podolí, která upravovala vltavskou vodu (KŘIVÁNEK; 1989).

Obr. 10 Hlavní strojovna rok 1915



Zdroj: HERČÍK, DRNEK, JÁSEK; 2013

Obr. 11 Portrét Adolfa Thiema



Zdroj: <http://www.enviweb.cz>

Technicky nejzajímavější byli zejména: čtyři hlavní pístová dvojitá čerpadla s parním pohonem, která každou sekundu vytlačila 800 l pitné vody do Prahy při překonání výšky 125 m a vzdálenosti 22 km litinovým řadem o průměru 1100 mm; dva generátory na výrobu elektrického proudu o napětí 5250 V potřebného k pohonu čerpadel obstarávající dopravu vody z jímací oblasti do hlavní čerpací stanice.

7.1.2 Další rozvoj vodárny v letech 1919-2017

Ve vodárně docházelo k dalšímu rozvoji. V letech 1919-1928 došlo k prvnímu rozšíření kapacity zdrojů vody o cca 90 l.s^{-1} vyvrtáním 68 nových studní. K první rekonstrukci vodárny došlo v letech 1932–1944 kdy došlo ke změně technologie čerpání vody do Prahy ze čtyř čerpadel pístových parních čerpadel na dvě čerpadla odstředivá.

Ke druhé rekonstrukci vodárny došlo v letech 1946-1948. Tato rekonstrukce navázala na předchozí rekonstrukční práce a zajistila pro vodárnu zejména výstavbu dalších dvou elektricky poháněných hlavních čerpadel v hlavní strojovně o výkonech 860 l.s^{-1} a 350 l.s^{-1} a výměnu původních horizontálních čerpadel s řemenovými převody na čerpacích stanicích.

V roce 1953-1970 došlo k výstavbě umělé infiltrace umožňující širší využití štěrkopískových náplavů v oblasti Káraného.

V roce 1965-1970 došlo k vybudování zařízení o kapacitě 800 až 900 l.s^{-1} . Stavba zahrnovala zejména pohyblivý jez na Jizeře se stíranými česlemi; čerpací stanici surové vody (2 čerpadla s výkonem 1450 l.s^{-1} a 2 čerpadla s výkonem 400 l.s^{-1} .); filtrační stanici s 24 otevřenými pískovými rychlofiltry; čerpací stanici filtrované vody s obslužnými pracími čerpadly a turbodmychadly (čerpadla o výkonu 1300 l.s^{-1} .); 14 vsakovacích nádrží o celkové ploše $68\,000 \text{ m}^2$; 23 spuštěných jímacích železobetonových studní o hloubce 15 až 20 m a šířce 4 m vždy se dvěma horizontálními sběrači infiltrované podzemní vody; násoskové a rozvodné potrubí v délce 17 km a 25 km spojovacích komunikací; výstavba dalšího čerpadla (1000 l.s^{-1} , dopravní výška 141 m) a nové trafostanice z důvodu propojení systému umělé infiltrace se stávajícími zařízeními.

V roce 1972-1978 byla vystavěna nová odželezovna vody z důvodu značného opotřebení objektu odželezovny artéské vody. Dále z důvodu dlouhodobého požadavku stomatologů a hygieniků došlo k výstavbě objektu fluorizace.

V roce 1985 byla provedena náhrada parního pohonu hlavního čerpadla elektromotorem. Dále byla v letech 1986–1993 byla provedena výstavba III. řadu z Káraného do Prahy Ládví z důvodu zvyšující se potřeby vody v Praze i Středočeském kraji (KŘIVÁNEK; 1989).

V letech 1992-1999 došlo k rekonstrukci zařízení umělé infiltrace pod názvem Energocentrum. Mezi lety 1997-1998 byla nahrazena uhelná kotelna vytápěním na propan – butan (KŘIVÁNEK; 2000).

Od roku 2000 došlo k mnoha drobným i větším opravám. Nejvíce však docházelo k modernizaci provozu a zakoupení nových strojů. Došlo např. k úpravě trafostanic pro transformaci 22 000 V na potřebné napětí. Mezi významné patří také zakoupení a zprovoznění nových ventilátorů k provzdušnění, a dmychadel v roce 2016. Nejaktuálnější událostí je příprava zapojení nového čerpadla č. 1 (plní funkci přečerpávání surové vody) plánovaného k uvedení do provozu v průběhu května až června 2017.

Obr. 12 Nová dmychadla



Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (soukromý fotoarchiv)

Obr. 13 Nové čerpadlo č. 1



Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (soukromý fotoarchiv)

7.2 Získávání vody v Káraném

Obec Káraný se rozkládá na soutoku řeky Labe a Jizery, čímž jsou zajištěny příznivé podmínky pro vodárenské získávání podzemní pitné vody. Tedy je umožněno trvalé odčerpávání značného množství pitné vody pro větší počet obyvatel. Je zde jednoduchá geologická stavba daná ukládáním slínovců a pískovců na skalním podloží v období prvohor. Ve čtvrtohorách došlo prostřednictvím náplavů z řek Labe a Jizery k překrytí křídových hornin štěrkopískovými náplavy o mocnosti 8-20 metrů. V úrovni terénu jsou překryty povodňovými hlínami v tenké vrstvě. Významná je zde zvodnělá cenomanská vrstva slepenců a pískovců, uložená v hloubce 60-80 metrů. Ta díky přirozenému tlaku a sklonu přivádí pomalým postupem do zdejší oblasti artéskou vodu, která po proražení nepropustných hornin v nadloží volně vyvěrá nad úroveň povrchu země.

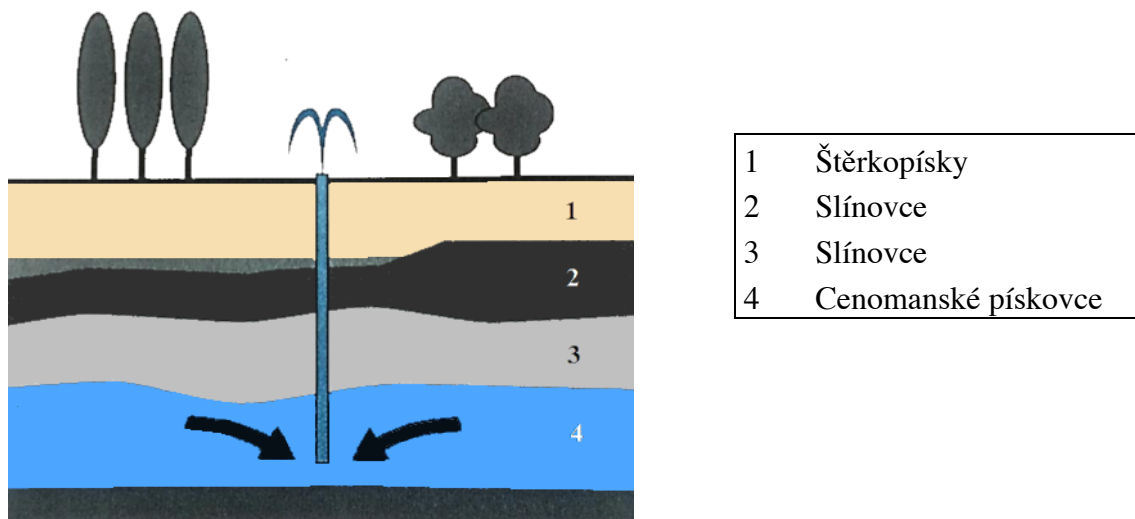
Zdrojem vody pro vodárnu je kromě artéské vody a přirozené infiltrace také umělá infiltrace z důvodu rovnoměrného hospodaření s vodou (KŘIVÁNEK, KNĚŽEK; 2001).

7.2.1 Princip získávání artéské vody

Tato podzemní voda je uložena v hloubce 60-80 m pod povrchem terénu a pohybuje se pískovcovými vrstvami od severu z oblasti Ještědského hřbetu k jihu tedy oblasti středního Polabí. V místech popraskané geologické nadložní vrstvy vyvěrá artéská voda samovolně na povrch terénu pomocí přirozeného tlaku. V Káraném byly vybudovány artéské vrty.

V období posledních asi 30 let byl zaregistrován postupný pokles přirozeného tlaku artéské vody. Příčinou poklesu přirozeného tlaku bylo přetěžování artéské zvodně odběrem vody, tedy množství vody odebírané ze zvodně bylo větší, než přirozený přítok, který díky malé propustnosti pískovců je velmi pomalý. K poklesu došlo využíváním této vzácné vody např. na praní chlazení ve strojním průmyslu.

Obr. 14 Schéma řezu geologickými vrstvami s artéskou zvodní a vrtem



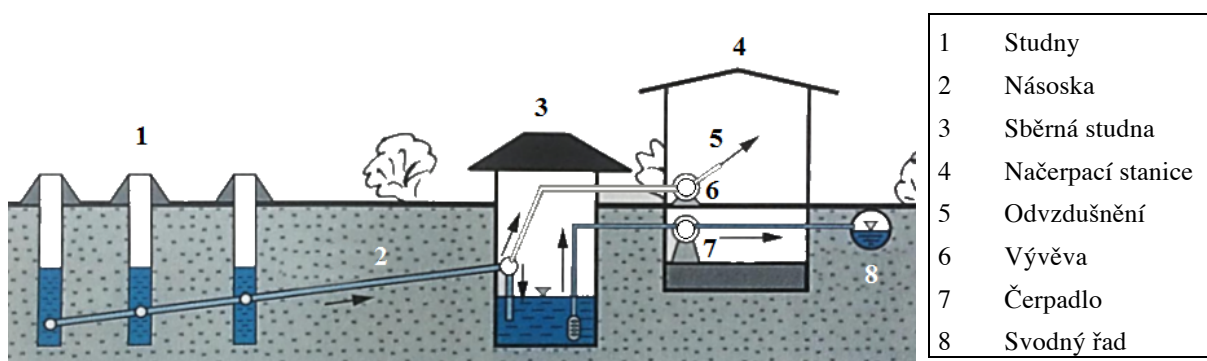
Zdroj: KŘIVÁNEK, KNĚŽEK; 2001

7.2.2 Princip přirozené infiltrace

Jizerská voda prosakuje břehem i dnem do okolních čtvrtohorních štěrkopískových náplavů směrem k řadu jímacích studní. Z druhé strany tedy směrem k řece, a tudíž směrem ke studním přitéká voda z hydrologického zázemí. V průběhu prosakování směrem od řeky se infiltrující voda působením filtračního účinku geologických vrstev postupně zčišťuje, obohacuje minerálními látkami a získává vlastnosti podzemní vody, podobné jako má voda přitékající z hydrologického zázemí. Podél toku Jizery jsou rozmístěny řady vodárenských studní ve vzdálenosti od řeky převážně 200-300 m, v délce přibližně 30 km a rozděleny do 7 samostatných úseků.

Voda je získávána pomocí již zmiňovaných vodárenských studní. Důležitou funkci má ve sběrné studni násoska, což je vzduchotěsné potrubí o průměru 300-650 mm, jehož funkcí je dopravit vodu ze studní jímacích do studny sběrné, která slouží jako zásobárna vody získané z jímacího řadu studní. Propojuje tedy jednotlivé studně jímacího řadu se sběrnou, ve které je hladina níže než v jímacích studních. V násosce je nutné udržovat stálý podtlak pomocí vývěvy, která odčerpává z vody uvolňované plyny a udržuje požadovaný podtlak v násosce. Vývěva není v nepřetržitém provozu, je nepravidelně spínána dle úrovně podtlaku v násosce. Vývěva není v nepřetržitém provozu, je nepravidelně spínána dle úrovně podtlaku v násosce. Dále voda putuje do načerpací stanice, jejichž funkce spočívá v načerpávání vody ze sběrné studny do gravitačního svodného řadu vedoucích do sběrných čerpacích jímek ve vodárně v Káraném. Funkcí svodného řadu je tedy dovést vodu samospádem ze studní jednotlivých načerpacích stanic do hlavní čerpací stanice v Káraném.

Obr. 15 Schéma celého systému přirozené infiltrace



Zdroj: KŘIVÁNEK, KNĚŽEK; 2001

7.2.3 Princip umělé infiltrace

Tento princip je založen na umělém obohacování zásob podzemní vody předupravenou povrchovou vodou. Ta je vsakována do terénu, kde průsakem vrchními geologickými vrstvami tedy štěrkopísky získává charakter vody podzemní. Vhodně zvolenou vzdáleností od místa vsakování je jímána jako voda pitná. Jedná se o poměrně málo aplikovaný způsob získávání vody v ČR, který je používán od počátku 20. století v zemích moderní Evropy a je obecně uznávaným kvalitním zdrojem pitné vody.

Podmínkou pro uplatnění umělé infiltrace je vhodné hydrologické prostředí s přirozeným filtrem, např. štěrkopískovými náplavy, propustnými pískovci atd., a dále zdroj kvalitní pitné vody. Tento systém se nachází v lesích mezi obcemi Káraný a Sojovice. V provozu je od roku 1968.

- **Umělá infiltrace v Káraném**

Jizerská surová voda, ze které jsou ve vtokovém objektu česlemi odstraněny hrubší nečistoty, přitéká do čerpací stanice surové vody, kde je na síťových filtrech zbavena dalších částic (větších než 1 mm). Odtud se dopravuje pomocí čerpadel do 800 m vzdálené úpravný vody na pískové rychlofiltry. Po filtraci se předupravená filtrovaná voda dopravuje dalšími čerpadly a výtlačným potrubím do prostoru vsakovacích nádrží. Zde prosakuje dnem do štěrkopískových vrstev a tím obohacuje zásoby podzemní vody a zvyšuje tak hladinu podzemní vody. Po průsaku přírodními štěrkopísky a kontaktem se spodní nepropustnou vrstvou slínovců se voda po dobu 40denního postupu zčišťuje a získává tak svými kvalitativními změnami charakter podzemní vody.

K jímání podzemní uměle infiltrované pitné vody dochází dvěma způsoby:

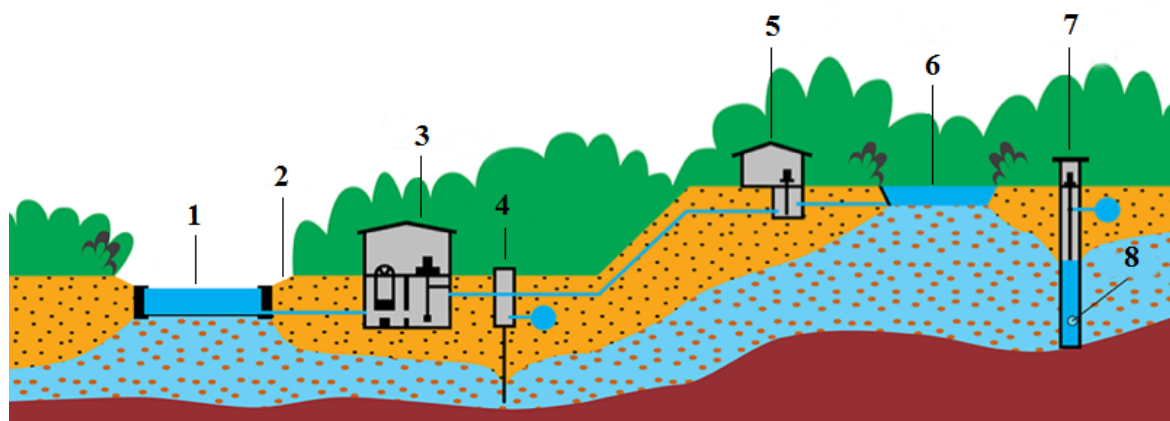
1. Pomocí vrtaných trubních studní – v místech s nižší mocností štěrkopískových náplavů se jímá voda pomocí těchto studní na násosce, stejně jako u přirozené infiltrace
2. Pomocí studní typu Ranney – v místech, kde jsou vrstvy písku mocnější. V úrovni zvodnění jsou vybaveny horizontálními sběrači infiltrované vody. Některé studny tohoto typu slouží také jako sběrný pro násoskové jímací řady.

Mezi klíčová zařízení patří:

- pohyblivý jez na Jizeře – zabezpečení přítoku vody do čerpací stanice surové vody,
- čerpací stanice surové vody – k dopravě surové vody do úpravny (kapacita $1800 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$),
- úpravna vody – 24 pískových rychlofiltrů o celkové ploše 1440 m^2 ,
- velín umělé infiltrace – vlastní trafostanice i rozvodna energetických sítí,
- vlastní stanice filtrované vody do vsakovacích nádrží
- 15 vsakovacích nádrží – celková plocha $68\,000 \text{ m}^2$, délka $5,5 \text{ km}$,
- 26 spuštěných studní s horizontálními sběrači typ Ranney,
- 251 vrtaných trubních studní – zaústění násoskou do některých Ranney studní (fce. sběrné studny),
- výtlačné řady – cca 5 km ,
- gravitační svodné řady cca $6\text{-}8 \text{ km}$,
- vhodná vzdálenost jímacích studní od vsakovacích nádrží – 200 m .

Při povodňových a popovodňových situacích se umělá infiltrace nevyužívá z důvodu zhoršené kvality vody z řeky (KŘIVÁNEK, KNĚŽEK; 2001).

Obr. 16 Schéma umělé infiltrace v Káraném



1	Jez na Jizeře
2	Odběrný objekt
3	Čerpací stanice surové vody
4	Vrtané studny
5	Úpravna vody s pískovými rychlofiltry
6	Vsakovací nádrže
7	Spouštěné studny s horizontálními sběrači
8	Sběrač

Zdroj: <http://www.vodarnakarany.cz>

7.2.4 Proces úpravy vody na pitnou

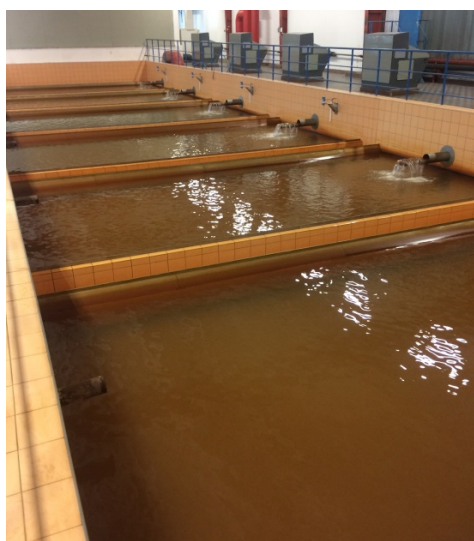
Surová voda získaná z přírodní infiltrace, umělé infiltrace a artézských vrtů je dopravena pomocí čerpadel do hlavní čerpací stanice v Káraném. Odtud je voda dopravena pomocí čerpadla do odželezovny. V této budově je voda provzdušněna pomocí dmychadel, díky čemuž dojde k uvolnění sirovodíku. Provzdušněná voda je přivedena na rychlofiltry, které vodu zbaví vloček železa. Rychlofiltry fungují na principu průsaku vody křemičitým pískem. Pod rychlofiltrem je vzduchová mezera. V případě velkého znečištění se uzavře přívod upravované vody do filtru, pomocí čerpadla se pustí voda z jímky zespodu a pomocí trysek dojde k propláchnutí filtru. Vločky železa začnou tryskat ven do záchytných mezer mezi rychlofiltry. Filtrační písek není třeba často vyměňovat. V Káraném používají tento písek už zhruba 20 let. V případě potřeby výměny písku se použije injektor. Po zbavení vody železa je voda kvalitním pitným zdrojem. Ještě před dopravou vody do vodovodů řadem se do vody přidává chlor.

Obr. 17 *Provzdušnění vody*



*Zdroj: BRIXOVÁ; 2017
(soukromý fotoarchiv)*

Obr. 18 *Rychlofiltry*

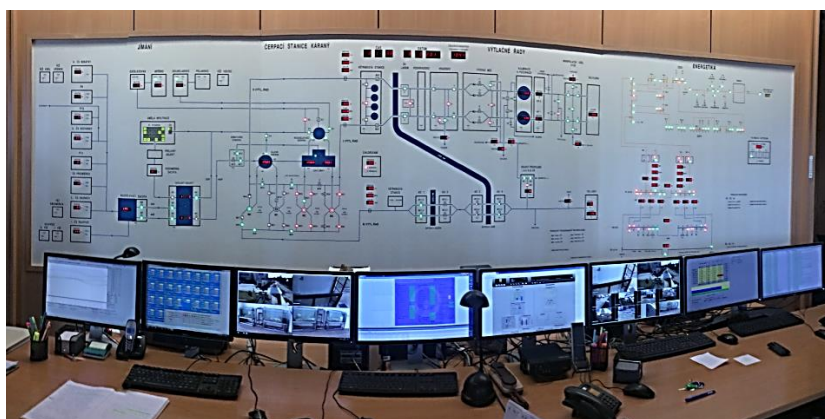


*Zdroj: BRIXOVÁ; 2017
(soukromý fotoarchiv)*

V hlavní čerpací stanici jsou čtyři akvária, ve kterých jsou pstruzi duhovní. Surová voda je neustále přiváděna malým přítokem do akvárií. Pstruzi jsou velice citliví a při zhoršení kvality surové vody dojde k okamžitému úhynu ryb. Dále jsou zde čtyři čerpadla. V běžném provozu běží pouze hlavní čerpadlo (ostatní jsou záložní). Právě proto je nejopotřebovanější.

Velín je hlavním řídicím centrem, kde se kontrolují jednotlivé průtoky vody a potřebné množství přiváděné do jednotlivých měst. Vodárna Káraný totiž nezásobuje pitnou vodou pouze Prahu, ale také přilehlé okolní vesnice Káraného, a to samotnou obec Káraný, obec Čelákovice, Nový Vestec, Toušeň, Dřevčice, Zeleneč, Horní Počernice, Hostivař, Veleň a částečně zásobuje dle potřeby Brandýs nad Labem. Jsou zde dva pracovníci. Velín je pracoviště s nepřetržitým provozem.

Obr. 19 Velín



Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (soukromý fotoarchiv)

Potrubní řad v Káraném je opatřen zvláštním zařízením nazývaným dle zaměstnanců Větrník a nachází se ve větrníkové stanici. Ta slouží k ochraně potrubního řadu před rázy. Díky vzduchové výplni dochází k utlumení rázu. V kárané vodárně jsou čtyři tato zařízení.

Obr. 20 Větrník



Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (soukromý fotoarchiv)

Káraný upravuje vodu také pro prodejní automaty pitné vody eko voda. Voda v těchto zařízeních se liší v konečné verzi úpravy. Místo chlorace je konečná úprava provedena pomocí ultrafialového záření. Voda protéká potrubím, které je pod nerezovým krytem skleněné, a právě v této oblasti dochází k prozáření vody ultrafialovým zářením. Voda má tak parametry kojenecké vody.

Obr. 21 Úprava vody ultrafialovým zářením



*Zdroj: BRIXOVÁ; 2017
(soukromý fotoarchiv)*

Obr. 22 Automat na vodu



*Zdroj: BRIXOVÁ; 2017
(soukromý fotoarchiv)*

V případě havárie vodovodu, je Káraná pitná voda zabalena přímo ve vodárně Káraný pomocí baličky do 2 litrových pytlíků, dovezena na postižené místo a rozdána obyvatelům.

Obr. 23 Balící stroj



Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (soukromý fotoarchiv)

Ve vodárně je k vidění soustava zelených a modrých potrubí. Zelené potrubí vede vodu surovou, zatímco modré vede již upravenou pitnou vodu. Voda je potrubím odváděna přes jednotlivé již zmíněné vesnice dvěma řady do Prahy - Flora a 3. řadem do Prahy - Ládví.

7.3 Zhodnocení technologií a technologických zařízení ve vybrané vodárně

Vodárna Káraný využívá moderní způsob získávání vody – umělou infiltraci, který se používá převážně v moderní Evropě a je uznáván jako moderní a kvalitní zdroj pitné vody. V době, kdy byla vodárna vybudována (1914) to bylo velice netradiční řešení.

Vodárna Káraný využívá již zaběhlé a ověřené technologie používané při úpravě vody a zajišťuje tak spolehlivý zdroj pitné vody.

Vodárna Káraný si drží své významné postavení již přes 100 let a nadále se snaží začlenit nové technologie do provozu. Mezi poslední velké investice patří například pořízení nových turbodmychadel, dále zprovoznění nových ventilátorů k provzdušnění vody a koupě nového hlavního čerpadla č.1, které slouží k přečerpávání surové vody a je v nepřetržitém provozu. Z tohoto důvodu je stávající čerpadlo velmi opotřebované. Díky modernizaci jde tato vodárna takzvaně s dobou a do budoucna se dá předpokládat, že bude nadále nepostradatelnou úpravnou vody nejen pro Prahu ale i její přilehlé okolí.

8 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá zhodnocením a popisem současného stavu úpravy vody k pitným účelům. Požadavky na jakost pitné vody a vybrané technologie zabezpečující pitnou vodu jsou uvedeny dle právních norem.

Dále se v této bakalářské práci nachází charakteristika vybraných ukazatelů jakosti pitné vody. Zde je možné získat přehled o základních vlastnostech pitné vody, např. biologických, mikrobiologických, organoleptických a fyzikálně-chemických.

Další, v pořadí 5. kapitola se zabývá technologiemi používanými k úpravě vody k pitným účelům. Je zde zahrnuto mechanické předčištění vody, úprava povrchových vod, úprava podzemní vody a odstranění specifických látek.

Technologická zařízení využívající se při úpravě vody k pitným účelům jsou popsána včetně jejich charakteristik v 6. kapitole této bakalářské práce. Jsou to česle, síta, filtry, pásové filtry, čířiče a aerátory.

V práci je dále popsána úpravna vody (vodárna) Káraný. Tato úpravna je nejvíce významná díky modernímu způsobu získávání vody, a to využití jak přirozené břehové infiltrace, artéských vrtů, tak i umělé infiltrace, která je hojně používána především v Evropě. Díky variabilitě zdrojů je tato vodárna schopná udržet si stálý průtok upravené pitné vody i při povodňových situacích. Vodárna Káraný je v provozu již od roku 1914, kdy se stala hlavní zásobárnou pitné vody pro Prahu. I v dnešní době je významným dodavatelem a zásobuje kromě Prahy také přilehlá města a vesnice. Princip úpravy vody je založen především na rychlofiltrech a následné chloraci vody. Vodárna Káraný má k dispozici i technologii úpravy vody pomocí UV záření. Tuto metodu využívá pouze při úpravě vody k pitným účelům k prodeji do automatů na vodu.

9 Citovaná literatura

9.1 Zákony, vyhlášky a normy

ČSN 75 7111 Jakost vod. Pitná voda. Datum vydání 5.1.1989.

Novela č. 83/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.

Směrnice 98/83/ES o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu.

Vyhláška č. 157/2011 Sb. kterou se zlepšuje vyhláška č. 159/2003 Sb., kterou se stanoví povrchové vody využívané ke koupání osob, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 187/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.

Zákon č. 181/2008 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění zákona č. 274/2003 Sb.

Vyhláška 293/2006 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění vyhlášky č. 187/2005 Sb.

9.2 Tištěná literatura

BRAGG, P. (1985). *The shocking truth about water*. Health Science Pubns. ISBN 978-0877900849. 121 s.

DOHÁNYOS, M. (1998). *Čištění odpadních vod*. Praha: VŠCHT. ISBN 80-7080-316-9. 177 s.

HERČÍK, L.; DRNEK K.; JÁSEK J. (2013). *Sto let Kárané vodárny ve fotografii*. Praha: Pražské vodovody a kanalizace. ISBN 978-80-260-5266-1. 80 s.

CABRAL, J. P. S. (2010). *Water Microbiology. Bacterial Pathogens and Water*. Portugal: International Journal of Environmental Research and Public Health. ISSN 1660-4601. 47 s.

KELLER, J.; DE VERA, GA.; GERNJAK, W., WEINBERG, H., FARRE, MJ. (2016). *Biodegradability of DBP precursors after drinking water ozonation*. Oxford: Pergamon-elsevier science LTD. ISSN 0043-1354. 561 s.

KŘIVÁNEK, O. (1989). *Vodárna Káraný*. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů. 55 s.

KŘIVÁNEK, O. (2000). *Vodárna v Káraném 85 let*. 2. upravené vydání. Káraný: Pražské vodovody a kanalizace a.s. 32 s.

KŘIVÁNEK, O.; KNĚŽEK, M. (2001). *Zdroje pitné vody v Káraném (Rukověť pro zaměstnance)*. Káraný: Pražské vodovody a kanalizace a.s. 32 s.

MARTOŇ, J. (1984). *Získavanie, úprava, čistenie a ochrana vôd*. 1. vydání. Bratislava: ALFA. 456 s.

MICHEK, V., DAŘÍČKOVÁ, A. (2007). *Upravujeme vodu doma a na chatě*. 1. vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1546-9. 104 s.

MYSLIL, V. (1999). *Voda země život*. Praha: Ministerstvo životního prostředí. ISBN 80-7212-072-7. 85 s.

OŠLEJŠEK, J. (1983). *Vodárenství II. úpravny vody*. 2. vydání. Brno: Ediční středisko Vysokého učení technického. 229 s.

PITTER, P. (2009). *Hydrochemie*. 1. vydání. Praha: VŠCHT. ISBN 978-80-7080-701-9. 592 s.

POŠTA a kol. (2005). *Čistírny odpadních vod*. Praha: ČZU. ISBN 80-213-1366-8. 208 s.

SHAMMAS, N. K., WANG, L. K. (2016). *Water engineering: hydraulics, distribution and treatment*. Hoboken: Wiley. 1. vydání. ISBN 978-0-470-39098-6. 806 s.

ŠTÍCHA, V. (1960). *Vodárenství: (zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství pitnou a užitkovou vodou)*. Svazek 7. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 541 s.

ŠTAMBEROVÁ, M. a kol. (1998). *Vodní zdroje v České Republice*. Brno: MŽP-VÚV T.G.M. Publikace SVP č. 47. 89 s.

ÚSEK VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ MINISTERSTVA ZEMĚDĚLSTVÍ (2006). *Voda v ČR do kapsy*. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 80-7084-498-1. 96 s.

VOSTRČIL, J., HUBÁČKOVÁ, J., ŠTAMBEROVÁ, M. (2005). *Jakost surových vod a jejich upravitelnost ve vodárnách ČR*. Praha: VÚV T.G.M. ISBN 80-85900-55-6. 160 s.

VOSTRČIL, J., TESARÍK, I. (1999). *Čiřiče na úpravu vody vločkovým mrakem*. 1. vydání. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. ISBN 80-85900-30-0. 76 s.

9.3 Internetové zdroje

Automatické tkaninové filtry [online]. Publikováno: 2007 [cit. 2017-3-6]. Dostupné z <http://www.green-tech.cz/pasovefiltry.html>

MATÝSKOVÁ, JANA. Česle a síta [online]. Publikováno: 26.6.2014 [cit. 2017-3-6]. Dostupné z <http://www.asio.cz/cz/285.cesle-a-sita>

HOKROVÁ, MARIE. Češi spotřebují hektolitry vody z nejsušších částí světa [online]. Publikováno: 6.8.2012 [cit. 2017-2-12]. Dostupné z <http://www.national-geographic.cz/to-nej-z-hedvabnestezky-cz/cesi-spotrebuji-hektolitry-vody-z-nejsussich-casti-sveta.html>

Koliformní bakterie [online]. [cit. 2017-3-1]. Dostupné z <http://www.bakterie.eu/koliformni-bakterie>

Máme se bát streptokoka? [online]. [cit. 2017-3-1]. Dostupné z <https://infekcni-nemoci.zdrave.cz/mame-se-bat-streptokoka/>

Mikrobiologické vlastnosti vody [cit. 2017-2-28]. Dostupné z <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-1/1.html>

Pesticidy ve zdrojích pitné vody [online]. [cit. 2017-3-1]. Dostupné z <http://www.wevoda.cz/cz/clanky/14-pesticidy-ve-zdrojich-pitne-vody>

Rozbor vody – parametry [online]. [cit. 2017-3-2]. Dostupné z http://www.centrumvody.cz/rozbor-vody-parametry/cs_CZ-129815.html

RUDA, ALEŠ. Voda na Zemi [online]. Publikováno: 2014 [cit. 2017-2-19]. Dostupné z https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/07-voda.html

Zlatý stafylokok a nemoci [online]. [cit. 2017-3-2]. Dostupné z <http://www.stafylokok.cz/zlaty-stafylokok-a-nemoci/>

9.4 Zdroje obrázků

Akvária se pstruhy [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z

http://www.metro.cz/foto.aspx?r=praha-metro&c=A140603_144100_metro-extra_rab&foto=RAB539ead_IMG_1920.JPG

Blokové schéma úpravy vody [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z

<http://www.asio.cz/cz/173.tradicni-a-nove-technologie-upravy-vody>

Hlavní zásobní jímka vody v objektu Káranské vodárny [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z

http://www.metro.cz/foto.aspx?r=praha-metro&c=A140603_144100_metro-extra_rab&foto=RAB539e8f_IMG_1907.JPG

Koliformní bakterie [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z

https://koliformnibakterie.wordpress.com/home/koliformni_bakterie2/

Legionela [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z <http://internetmedicine.com/infectious-disease-apps/>

Portrét Adolfa Thiema [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z

<http://www.enviweb.cz/clanek/voda/74884/architektonicka-dominanta-karanska-vodarna>

Pseudomonas aeruginosa [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z

<https://www.sciencenews.org/article/random-changes-behavior-speed-bacteria-evolution>

Schéma česlí [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z

http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/mc.html

Schéma čičiče [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z <http://www.slideserve.com/daire/jak-se-d-1-pitn-voda>

Schéma pásového filtru [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z <http://www.greentech.cz/pasovefiltry.html>

Schéma umělé infiltrace v Káraném [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z <http://www.vodarnakarany.cz>

Sinice [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z <https://fischtante.wordpress.com/2009/08/16/blauualgenbekampfung-dunkelkur-und-nixkraut/>

Zlatý stafylokok [online]. [cit. 2017-3-10]. Dostupné z <http://cs.medixa.org/nemoci/zlaty-s>

10 Přílohy



Příloha obr. 1 - Vodárna Káraný
Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (*soukromý fotoarchiv*)



Příloha obr. 2 - Hlavní zásobní jímka vody v objektu Káranské vodárny
Zdroj: www.metro.cz



Příloha obr. 3 - Pohled na 1 ze 4 čerpadel v hlavní čerpací stanici
Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (*soukromý fotoarchiv*)



Příloha obr. 4 - Akvária se pstruhy
Zdroj: www.metro.cz



Příloha obr. 5 - Budova původní odželezovny
Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (*soukromý fotoarchiv*)



Příloha obr. 6 - Budova odželezovny pohled z Pobřežní ulice
Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (*soukromý fotoarchiv*)



Příloha obr. 7 - Čerpadla pro čištění rychlofiltrů
Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (*soukromý fotoarchiv*)



Příloha obr. 8 - Soustavu potrubí vedoucích k rychlofiltrům
Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (*soukromý fotoarchiv*)



Příloha obr. 9 - Vsakovací nádrž při revitalizaci – doplnění nového křemičitého písku
Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (*soukromý fotoarchiv*)



Příloha obr. 10 - Úpravna vody Sojovice
Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (*soukromý fotoarchiv*)



Příloha obr. 11 - Jímací studna
Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (*soukromý fotoarchiv*)



Příloha obr. 12 - Značka pásma ochrany vodního zdroje a studna typu Ranney
Zdroj: BRIXOVÁ; 2017 (*soukromý fotoarchiv*)