

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A

ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



PROBLEMATIKA PITNÉ VODY V PRAZE

(The issue of drinking water in Prague)

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Bakalant: Nicola Baumgartnerová

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Nicola Baumgartnerová

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Problematika pitné vody v Praze

Název anglicky

The issue of drinking water in Prague

Cíle práce

Primárním cílem bakalářské práce je zpracování literární rešerše, která se bude zabývat problematikou kvality a zásobování pitné vody v hlavním městě Praha. Jako sekundárním cílem této práce bude zhodnocení stávající vodní situace, zda je dostatečná pro vývoj a zásobování metropole v budoucnu.

Metodika

Bakalářská práce je zpracována jako literární teoretická rešerše, která má za úkol ucelit informace o dané problematice. K literární rešerši budou použity odborné publikace a vědecké články. Podklady budou vyhledány v odborných knihovnách a databázích.

Doporučený rozsah práce

40 stran textu

Klíčová slova

Zdroje vody, kvalita vody, zásobování, pitná voda, Praha

Doporučené zdroje informací

- BINDZAR, J. – VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. *Základy úpravy a čištění vod*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-729-3.
- JÁSEK, J. – DRNEK, K. – HERČÍK, L. *Sto let Káranské vodárny ve fotografii*. Praha: Robert Rytina – R Atelier, 2013. ISBN 978-80-260-5266-1
- JÁSEK, J. – JEŠUTA, J. – KRAJČI, P. – VALCHÁŘOVÁ, V. – GROHMANOVÁ, Z. *Podolská vodárna a Antonín Engel*. Praha: VR Atelier, 2014. ISBN 80-239-1126-0
- POLÁK, M. – BRONCOVÁ, D. – ČÍŽEK, J. – HAVLICE, M. *Po stopách pražského vodárenství*. Praha: Milpo media s.r.o., 2015. ISBN 978-80-87040-35-5.
- PYTL, V. – BRONCOVÁ, D. *Podzemní vody České republiky*. Praha: Milpo media, 2012. ISBN 978-80-87040-24-9.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2020

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 11. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2021

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Problematika pitné vody v Praze vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle 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.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne

Podpis autora

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, za jeho odborné rady a připomínky. Zároveň děkuji Pražské vodohospodářské společnosti a.s., která mi poskytla důležité dokumenty k vyhotovení mé práce. V neposlední řadě taktéž děkuji mé rodině a přátelům za jejich podporu během celého studia.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou pitné vody v hlavním městě Praha.

První část bakalářské práce je věnována teoretickému shrnutí vodních zdrojů, jejich kvality a variantám jejich úpravy. To, jakou technologii použijeme pro úpravu vod, závisí na kvalitě surové vody. Podle toho volíme úpravu vody bez separačního stupně, která je nejjednodušším způsobem úpravy, s jednostupňovou separací používanou na základě filtrace, s dvoustupňovou separací k odstraňování vyššího množství suspendovaných látek a koagulantu obsažených ve vodě anebo s vícestupňovou separací pro velmi znečištěné vody. V rámci první části jsou také popsány hlavní zásobovací zdroje pro Prahu. Těmi jsou úpravna vody Želivka, která dodává vodu pro Prahu v 75 %, a úpravna vody Káraný. Úpravna vody Podolí slouží prozatím jako rezervní zdroj, který se bude obnovovat v roce 2021.

Druhá část práce se zabývá popisem vodovodní sítě. Praha je díky své členitosti a výškovým poměrům rozdělena na zásobní pásma. Díky nim dochází k lepšímu monitoringu ztrátovosti vody a diagnostice vodovodní sítě. Pro vyhodnocení stavu vodovodní sítě jsou vybrána čtyři zásobní pásma - 1460, 1490, 1500 a 1530, nacházející se v městské části Prahy 9 a Prahy 14. Tyto oblasti se za posledních pár let stavebně změnily, což má přímý vliv na kapacitu vody.

Klíčová slova: zdroje vody, kvalita vody, zásobování, pitná voda, Praha

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the issue of drinking water in the capital city of Prague.

The first part of the bachelor's thesis is devoted to a theoretical summary of water resources, their quality and variants of its treatment. Which technology we use for water treatment depends on the quality of the raw water. Accordingly, we choose water treatment without separation stage, which is the easiest way of treatment one-staged separation used based on filtration, with two-staged separation to remove a higher amount of suspended substances and coagulant contained in water, or multi-staged separation for very polluted water. The first part also describes the main supply sources for Prague. These are ÚV Želivka, which supplies water for Prague in 75%, and ÚV Káraný. Nowadays, the Podolí water treatment plant serves as a reserve resource, which will be renewed in 2021.

The second part of the thesis deals with the description of the water network. Thanks to its ruggedness and height conditions, Prague is divided into supply zones. Thanks to them, there is better monitoring of water loss and diagnostics of the water network. Supply storage bands 1460, 1490, 1500 and 1530, located in the city district of Prague 9 and Prague 14, are selected to evaluate the state of the water network. This area has changed structurally over the last few years, which has a direct impact on water capacity.

Key words: water source, water quality, supply, drinking water, Prague

1. Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Cíle bakalářské práce.....	2
3.	Literární rešerše	3
3.1	Vodní zdroje a jejich kvalita.....	3
3.1.1	Podzemní vody.....	5
3.1.1.1	Kvalita podzemních vod	6
3.1.2	Povrchové vody	6
3.1.2.1	Kvalita povrchových vod.....	8
3.2	Kontrola kvality vody	10
3.3	Způsoby úpravy vody	11
3.3.1	Úprava vody povrchové	13
3.3.2	Úprava vody podzemní	15
3.4	Druhy úpraven vod.....	17
3.4.1	Jednoduchá úprava vody bez separačního stupně	17
3.4.2	Úpravna vody s jednostupňovou separací.....	18
3.4.3	Úpravna vody s dvoustupňovou separací.....	19
3.4.4	Úpravna vody s vícestupňovou separací.....	20
3.5	Historie zásobování vodou hl. m. Prahy	21
3.6	Hlavní zdroje pitné vody pro Prahu	22
3.6.1	ÚV Káraný	23
3.6.1.1	Technologie ÚV Káraný.....	24
3.6.2	ÚV Podolí.....	26
3.6.2.1	Technologie ÚV Podolí.....	28
3.6.3	ÚV Želivka	29
3.6.3.1	Technologie ÚV Želivka.....	32
3.7	Vodovodní síť.....	33
3.7.1	Popis vodovodní sítě.....	33

3.7.2	Tlaková a zásobní pásma	36
3.7.3	Zásobní pásmo pro Prahu 9 a 14	38
4.	Výsledné zhodnocení	45
5.	Diskuze	51
6.	Závěr a přínos práce	55
7.	Přehled literatury a použitých zdrojů	57
8.	Přílohy	61

SEZNAM ZKRATEK

ÚV	Úpravna vody
ČS	Čerpací stanice
PVK a.s.	Pražské vodovody a kanalizace a.s.
VDJ	Vodojem

1. Úvod

Zájem o vodní hospodářství patřil odjakživa k lidským potřebám. Na zásobování vodou můžeme nahlížet bezesporu jako na zásadní civilizační fenomén, který ovlivňoval vývoj a existenci měst svojí hygienickou stránkou a tím i zdravotní stav obyvatelstva. Přírodní voda má nesourodý charakter, ten se mění se změnou klimatických a meteorologických podmínek. Již v dřívějších dobách se voda získávala převážně z podzemních zdrojů, které jsou svojí kvalitou nenahraditelné.

Voda je základem života. Pro každého z nás je to neodmyslitelná složka života a neumíme si představit den bez vody. Ať už pro hygienu, pití a další činnosti. Je proto nezbytné, aby voda, kterou použijeme, byla také řádně vyčištěna. Ta musí splňovat velmi přísné hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu, četnost a rozsah kontroly pitné vody, které jsou dané vyhláškou č. 252/2004 Sb. Proto je třeba věnovat pozornost procesu úpravy vody, který můžeme bezpochyby zařadit mezi důležité technologické postupy.

Praha, ležící na řece Vltavě, je nejen hlavním městem, ale také středem České republiky. Vznikla defacto na křižovatce významných obchodních cest, které propojovaly jižní, severní, západní a východní země Evropy. V nivách řek byla dobře dostupná voda pro zvířata a také byl dostatek čisté vody ve studních pro místní obyvatele či cizince. V současné době je Praha rozvinutým městem s dobrou infrastrukturou a s vysokou mírou turistického ruchu. Jakožto rozvíjející se město s nárůstem počtu obyvatel a stoupající potřebou vody i v celosvětovém měřítku, je v jejím zájmu rozvíjet a rozšiřovat kapacitu vodárenského systému.

Praha má díky své historické stránce dobře rozvinutý systém zásobování pitnou vodou, který pokrývá téměř celé území. Technický stav vodovodní sítě plní svojí základní funkci. Aby bylo možné tyto vodovodní sítě kvalitně provozovat, je potřeba znát jejich stavebně technický stav. Díky těmto znalostem je možno provádět údržby a opravy, které tento stav budou dlouhodobě a příznivě ovlivňovat, např. předcházet vznikům havárií a skrytých úniků. Na tomto základě se zlepšuje i bezporuchové zabezpečení dodávky vody bez častých přerušení.

V současné době je hlavní město Praha zásobováno ze dvou zdrojů, ÚV Želivka, která dodává 75 % pitné vody, a ÚV Káraný. ÚV Podolí je třetím zdrojem, který slouží pouze jako rezervní zdroj.

2. Cíle bakalářské práce

Primárním cílem bakalářské práce je zpracování literární rešerše, která se zabývá vodními zdroji, jejich kvalitou a technologickou úpravou surové vody na vodu pitnou. V rámci první části jsou popsány hlavní zdroje pro Prahu a jejich funkcionalita.

Sekundárním cílem bakalářské práce je popis a zhodnocení vodovodní sítě v Praze. Praha je díky své členitosti a výškovým poměrům rozdělena do zásobních pásem. Práce vyhodnocuje konkrétní úsek vodovodní sítě ve vybraných zásobních pásmech.

3. Literární rešerše

3.1 Vodní zdroje a jejich kvalita

Za zdroje surové vody můžeme považovat podzemní vody, povrchové vody anebo jejich kombinaci. Jejich využitelnost závisí na fyzikálně-chemických a mikrobiologických vlastnostech. Poměr povrchových a podzemních vod se v průběhu desítek let změnil, v roce 1999 se poměr těchto vod v ČR uváděl 53:47 (Grünwald, 1997; Lindhe, 2008; Gray, 2010).

Zastoupení podzemních vod je tvořeno v 97 % sladkovodní vodou mimo ledovce a ledové kry, zbývající 3 % představují vody povrchové a půdní vlhkost. Podzemní vody zásobují v rámci Evropské unie 75 % obyvatelstva, zároveň jsou také nedílnou součástí průmyslu a zemědělství. V České republice je to 44 %, z toho přibližně 15 % se upravuje pomocí aerace, jednostupňovým nebo vícešupňovým odželezováním a odmanganováním a dezinfekcí. Zbylé podzemní vody se buď upravují odkyselováním nebo dezinfekcí (pomocí chlornanu sodného) (Broncová & Pytl, 2012).

Zásadní rozdíly mezi podzemními a povrchovými vodami při úpravě vody spočívají v jejich kvalitě. Podzemní vody nevyžadují tak velkou úpravu jako vody povrchové. To, jakou jakost bude mít voda, závisí především na meteorologických a hydrologických podmínkách. Zdroje trvale znečištěné škodlivými látkami, které se nedají odstranit pomocí úpravy, nepřípadají v úvahu k použití na pitnou vodu (Tesařík, 1982; Lindhe, 2008).

Povrchové vody jsou výhodnější zejména ve snadném jímání a v kapacitě zásoby, jejich množství je větší než u podzemních vod. Nevýhoda těchto vod spočívá v neustále se zhoršující kvalitě a také ve finanční náročnosti na její úpravu. Naopak podzemní vody jsou vzhledem k jejich vlastnostem nejoptimálnějším zdrojem pitné vody (Tesařík, 1987).

Ve vyhlášce č. 428/2001 Sb. přílohy č. 13, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., *o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu o změně některých zákonů*, jsou vymezeny kategorie, podle kterých lze rozdělit surovou vodu z hlediska její upravitelnosti (viz tabulka 1).

Pro kategorii	Typy úprav
A1	Úprava surové vody s případnou dezinfekcí pro odstranění sloučenin a prvků, které mohou mít vliv na její další použití, a to zvláště snížení agresivity vůči materiálům rozvodného systému včetně domovních instalací (chemické nebo mechanické odkyselení), dále odstranění pachu a plynných složek provzdušňováním. Prostá filtrace pro odstranění nerozpuštěných látek a zvýšení jakosti.
A2	Surová voda vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtrace, jednostupňové odželezňování, odmanganování nebo infiltrace, pomalou biologickou filtrace, úpravu v horninovém prostředí, a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody.
A3	Úprava surové vody vyžaduje dvou či vícestupňovou úpravu čiřením, oxidací, odželezňováním a odmanganováním s koncovou dezinfekcí, popř. jejich kombinaci. Dalšími vhodnými procesy jsou například využívání ozónu, aktivního uhlí, pomocných flokulantů, flotace. Ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (například sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, membránové postupy) se použijí mimořádně.
Vyšší koncentrace, než jsou uvedeny pro kategorii A3	Podle § 13 odst. 2 zákona lze vodu této jakosti výjimečně odebírat pro výrobu pitné vody s udělením výjimky příslušným krajským úřadem. Pro úpravu na vodu pitnou se musí použít technologicky náročné postupy spočívající v kombinaci typů úprav uvedených pro kategorii A3, přičemž je nutné zajistit stabilní kvalitu vyráběné pitné vody podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Přednostním řešením v těchto případech je však eliminace příčin znečištění anebo vyhledání nového zdroje vody.

Tabulka 1: Typy úprav surové vody podle kategorií (Vyhláška č. 428/2001 Sb. příloha č. 13).

3.1.1 Podzemní vody

Podzemní neboli podpovrchové vody jsou vody, které nalezneme pod zemským povrchem. Zásoby podzemní vody se obnovují povrchovými vodami a atmosférickými srážkami. Ty se do země dostávají infiltrací neboli průsaky. Další možností obnovy podpovrchové vody je kondenzace vodních par pronikajících do pórů země (Teichmann & Kuda, 2018).

Mezi druhy podzemních vod můžeme zařadit:

- a) Gravitační (pravé) vody – jedná se buď o tzv. podzemní nádrže nebo vody pohybující se ve směru spádu podloží.
- b) Půdní vlhkost – voda naplňující póry a menší dutiny půdních vrstev.
- c) Puklinová voda – voda nacházející se ve spárách, trhlinách, puklinách aj.
- d) Voda v říčních náplavech – voda nacházející se v nivních nánosech protékající v meandrech.
- e) Skalní vlhkost – jedná se o vody pod zemí, které jsou vázané molekulárními silami na póry a praskliny v pevných horninách (Štícha & kol., 1960).

Vodu můžeme získávat různými způsoby, a to vertikálním jímacím zařízením (studně, nejčastěji se používají vrtané neboli trubní), horizontálním jímáním (jímací zářezy, štoly), studněmi s horizontálními sběrači, břehovou infiltrací vody (tato metoda se používá u čistých říčních toků s mocnými štěrkopískovými nebo štěrkopísčitými náplavami) a umělou infiltrací (jde o méně nákladný způsob získávání vod. Povrchová voda z toků nebo rybníků je přiváděna na území, kde je vhodné složení půdy pro prosakování vody. Poté dochází k zachycení vody prostřednictvím studní, zářezů apod.) (Štícha & kol., 1960).

Pro zdroje podzemních vod jsou stanovena ochranná pásma I. a II. stupně. Ty jsou vymezené v § 30 ve vodním zákoně č. 254/2001 Sb.

Podle Bindzara (2009) mají podzemní vody stálou teplotu, minimální koncentraci kyslíku případně až nulový obsah, vysokou koncentraci oxidu uhličitého, železa a manganu a minimální koncentraci organických látek. Díky tomu, že ve většině případů neobsahují žádné mikroorganismy, mohou být lokálně používány k pitným účelům bez dezinfekce (Grünwald, 1997).

Podzemní vody mají také velkou nevýhodu, která spočívá v nerovnoměrném rozložení zdroje na zemském povrchu.

3.1.1.1 Kvalita podzemních vod

Kvalita těchto vod závisí na její hloubce, hydrologických poměrech, na místě výskytu a geologické skladbě. K jejich znečištění přispívá zejména antropogenní činnost, např. použití pesticidů, které se infiltrují do podloží, dalším příkladem mohou být také průmyslové havárie a jiné. Po průsaku těchto látek dochází k mísení a následně jsou díky proudícím silám unášeny dále (Teichmann & Kuda, 2018).

Mezi nejčastější kontaminanty podzemních vod na území Prahy můžeme zařadit chloridy a dusičnany (s tím spojená mineralizace vod), v menších případech se jedná o sírany a dusitany. To je charakteristické především pro urbanizované městské a částečně využívané zemědělské oblasti, především s menším průtokem vody. Koncentrace těchto látek není tak veliká, aby byla zdravotně závadná. Za normálního použití je třeba vody těchto látek zbavit (Polák & kol., 2015).

3.1.2 Povrchové vody

Povrchové vody jsou vody, které se vyskytují na zemském povrchu, ať už dočasně nebo trvale. Jejich zdroj představují vody podzemní a dešťové srážky. Atmosférické srážky patří v ČR mezi hlavní zdroje povrchových vod. Ty na povrchu země musí být zadrženy co možná nejdéle, aby se mohly infiltrovat do podloží.

Povrchové vody dále dělíme:

- 1) Podle pohybu – stojaté vody (jezera) a tekoucí vody (řeky)
- 2) Podle místa jejich výskytu – kontinentální vody a mořské vody
- 3) Podle chemického složení – sladké vody a slané vody
- 4) Podle skupenství – kapalné a pevné skupenství (Teichmann & Kuda, 2018).

Stojaté vody tvoří zejména jezera, která mají proměnnou kvalitu vody v závislosti na její hloubce. Naopak u tekoucích vod, které jsou tvořeny převážně řekami, kvalita závisí na klimatických podmínkách, síle větru a antropogenní činnosti. Všechny tyto faktory ovlivňují tekoucí vodu se směrem toku (Teichmann & Kuda, 2018).

Česká republika je zásobena z hydrologického hlediska třemi moři, a to Severním mořem - řeka Labe, Černým mořem - řeka Morava a v neposlední řadě Baltským mořem - řeka Odra (Teichmann & Kuda, 2018).

Povrchové vody, v porovnání s podzemními vodami, obsahují méně oxidu uhličitého, menší koncentrace hydrolyzujících kovů (železo a mangan) a méně mineralizace. Naopak mají vyšší proměnlivou teplotu, vyšší koncentraci organických látek a vyšší koncentraci kyslíku (za předpokladu, že voda nebude příliš znečištěná) (Bindzar, 2009). Množství látek, které jsou přípustné v povrchových vodách, je dáno ČSN 75 7221 *Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod*.

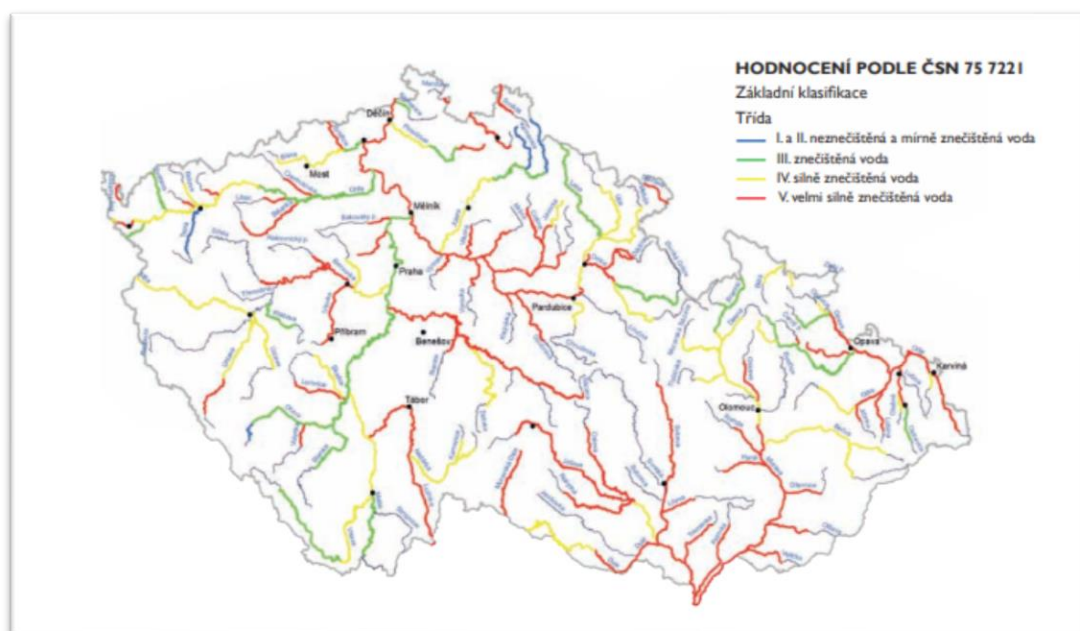
3.1.2.1 Kvalita povrchových vod

Kvalita povrchových vod je dána ČSN 75 7221, kde jsou klasifikovány třídy jakosti povrchových vod:

Číslo třídy	Klasifikace	Popis
I.	Neznečištěná voda	Stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností, při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích.
II.	Mírně znečištěná voda	Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.
III.	Znečištěná voda	Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.
IV.	Silně znečištěná voda	Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému.
V.	Velmi silně znečištěná voda	Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému.

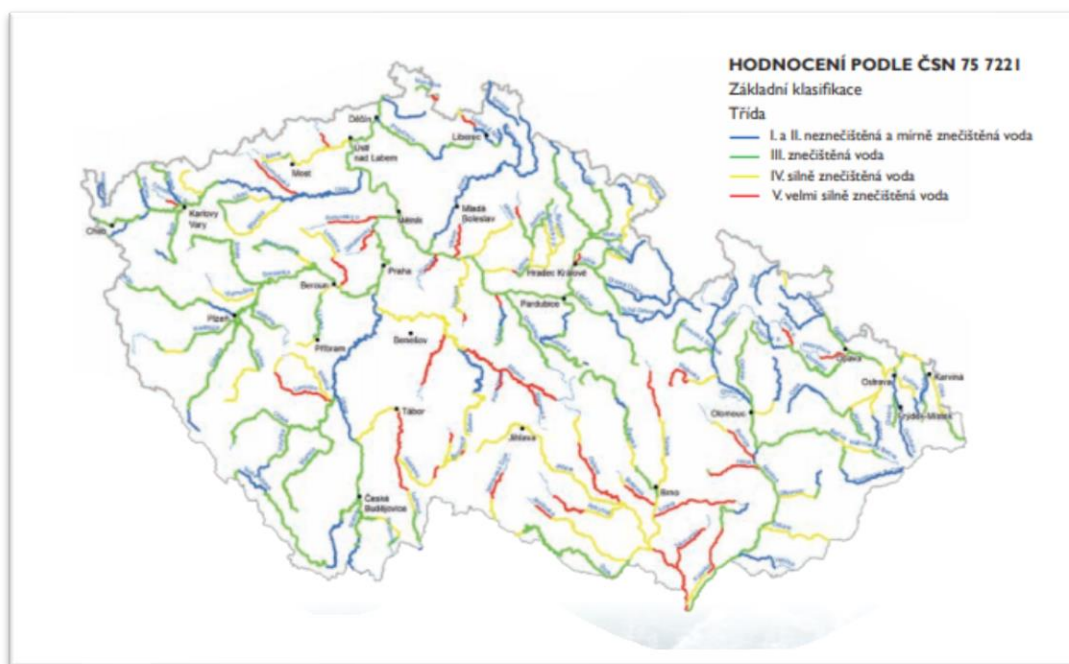
Tabulka 2: Klasifikace tříd jakosti povrchových vod (http://envis.praha-mesto.cz/rocenky/pr_99/kap_021.htm).

Porovnání kvality povrchové vody je znázorněno na obrázku 1: Kvalita vody v ČR v letech 1991-1992 a na obrázku 2: Kvalita vody v ČR v letech 2018-2019. Je zcela patrné, že došlo ke zlepšení jakosti vod v průběhu několika let. Nalezneme více zdrojů, které jsou neznečištěné anebo jen mírně znečištěné (třída I. a II.), výrazně přibyly vody znečištěné (třída III.), naopak u vod silně znečištěných (třída IV.) a u vod velmi silně znečištěných (třída V.) můžeme zaznamenat pokles. Ukazatele, podle kterých byly vytvořeny tyto mapy, jsou $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , $N-NH_4$, $N-NO_3$ a P_{celk} (http://eagri.cz/public/web/file/669424/Modra_zprava_2019_web.pdf, cit. 28. 2. 2021).



Obrázek 1: Kvalita vody v ČR v letech 1991 – 1992

(http://eagri.cz/public/web/file/669424/Modra_zprava_2019_web.pdf).



Obrázek 2: Kvalita vody v ČR v letech 2018 – 2019

(http://eagri.cz/public/web/file/669424/Modra_zprava_2019_web.pdf).

3.2 Kontrola kvality vody

Kontrola kvality vody je dána vyhláškou č. 252/2004 Sb., která stanovuje požadavky nejen na pitnou, ale i teplou vodu, a také rozsah a četnost kontroly pitné vody (<https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/-kvalita-vody/>, cit. 3. 3. 2021).

Ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. § 3 je definováno: „*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.*“

V Praze odpovídá za kvalitu vody její dodavatel, kterým je PVK a.s. Kvalita vody je sledována po celou dobu její distribuce až ke spotřebiteli. Kontrola probíhá na základě laboratorních analýz nebo i online pomocí monitorovacích sond. K vyhotovení laboratorní analýzy je třeba odebrání vzorků při vstupu do úpravně, probíhá také kontrola technologických procesů v úpravně vod, ve vodojemech a v připojených nemovitostech u odběratelů. Online monitorovací sondy jsou osazeny na hlavních vodovodních řadech. Dalším způsobem kontroly je kontrola zdroje vody za pomoci biologické indikace toxicity vody vysazením pstruha duhového, který je

velice senzitivní na změny kvality vody. V roce 2019 bylo odebráno 8 672 vzorků pitné vody (<https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/-kvalita-vody/>, cit. 3. 3. 2021).

3.3 Způsoby úpravy vody

Pro úpravu vody využíváme čtyři metody. Jedná se o mechanické, chemické, fyzikálně-chemické a biologické způsoby čištění. Výběr způsobu správné metody vybíráme podle zdroje a podle druhu určení (Bindzar, 2009). Více o rozdělení a způsobu úpravy vody je v tabulce 3: Přehled rozdělení a způsoby úpravy vod.

Mechanický způsob čištění používáme zejména v případě úpravy povrchových vod – především u řek, potoků a nádrží. Tato metoda je používána na bázi odstraňování hrubších nečistot, jako jsou například plovoucí látky, hrubší suspenze a písek. Odstranění těchto látek je nezbytné pro předcházení mechanickému poškození a zanášení potrubí. Pro tento způsob čištění se používá následující zařízení: česle (odstraňující plovoucí látky z vody), síta, pásové filtry, lapáky písku (odstraňování látek, které jsou unášeny po dně) a usazovací nádrže (Grünwald, 1997; Bindzar, 2009).

V případě úpravy podpovrchových vod využíváme chemické způsoby, např. k odstranění oxidu uhličitého, železa, manganu, fluoridů, vápníku, hořčíku atd. Tyto způsoby se zakládají na neutralizaci, srážení, oxidaci vzdušným kyslíkem nebo silnými oxidačními činidly atd. (Grünwald, 1997).

K odstranění nerozpuštěných a koloidně dispergovaných látek z vody (koagulace, flotace), rozpuštěných plynů (desorpce vzduchem), k odbarvování a dezodorizaci vody (adsorpce aktivním uhlím), k deionizaci, případně demineralizaci vody (iontová výměna, ultrafiltrace, nanofiltrace, rezervní osmóza) používáme fyzikálně-chemické způsoby čištění (Grünwald, 1997).

Biologický způsob čištění se uplatňuje k odželezování a odmanganování vody, při pomalé filtraci, desulfataci a denitrifikaci (Grünwald, 1997).

ROZDĚLENÍ ZPŮSOBŮ 1. Mechanické 2. Chemické 3. Fyzikálně-chemické 4. Biologické	VÝBĚR ZPŮSOBŮ 1. Podle zdroje 2. Podle druhu určení
ROZDĚLENÍ ZPŮSOBŮ PODLE ZDROJE	
Povrchová voda Mechanické předčištění Čiření Flotace Filtrace Dezinfekce Adsorpce Fluoridace Ultrafiltrace Stabilizace	Podzemní voda Odkyselování Odželezování Odmanganování Filtrace Dezinfekce Odstraňování vápníku a hořčíku Deionizace Demineralizace Iontová výměna Desorpce
ROZDĚLENÍ PODLE URČENÍ	
a) voda pitná b) voda užitková c) voda provozní	

Tabulka 3: Přehled rozdělení a způsoby úpravy vod (Grünwald, 1997).

3.3.1 Úprava vody povrchové

Tato kapitola se zabývá popisem pojmů úpravy povrchových vod, které jsou vymezeny v tabulce 3: Přehled rozdělení a způsoby úpravy vod.

MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ

Tento způsob čištění je vysvětlen v kapitole 3.3 Způsoby úpravy vody.

ČIŘENÍ

Proces, při kterém dochází k odstranění koloidních látek z vody (anorganického i organického původu) nazýváme čiření. Probíhá na základě procesu koagulace, kde dochází ke shlukování koloidních částic, které se mění do podoby větších agregátů a ty lze z vody odstranit pomocí usazování, flotace nebo filtrace (Grünwald, 1997).

FLOTACE

Existují různé druhy flotace. Při procesu úpravy pitné vody se používá flotace rozpuštěným vzduchem, též známo pod názvem dissolved air flotation (DAF). Jedná se o separační proces, kdy se oddělují pevné látky od kapaliny. V průběhu tohoto procesu se do surové vody přidávají flokulační činidla, která se spojí s mikrobublínkami vzduchu a ty jsou poté vynášeny na povrch. Odtud se nečistoty shrabou. Celý proces probíhá ve flotační nádrži. Tato metoda se používá převážně k odstranění řas z vody a v případě enormně zbarvených vod (Zabel, 1992; Wricke, 2019).

FILTRACE

Filtrace je jeden ze závěrečných technologických procesů při úpravě vody, kde se zachycují pomocí filtrů jemné suspenze, které musí být odstraněny před konečnou distribucí do vodovodního potrubí. Při tomto procesu je důležité dbát na tyto faktory: vlastnosti a množství suspenzí, tlakové ztráty ve filtru, výšku filtrační náplně a teplotu vody (Štícha & kol., 1960).

DEZINFEKCE

Dezinfekce je postup, kdy dochází k odstraňování patogenních organismů (v případě jejich neodstranění mohou způsobovat nemoci). Rozeznáváme primární dezinfekci, která je součástí individuálního postupu úpravy vody na vodu pitnou (povrchové i podpovrchové) a sekundární dezinfekci, která se používá v distribuční síti a splňuje tak hygienické požadavky na pitnou vodu (Grünwald, 1997). Voda se dezinfikuje pomocí způsobů fyzikálních a chemických. Fyzikální způsoby jsou založeny na přímé aplikaci tepelné energie (převařením vody), ultrafialovém záření, gama-záření, X-záření, ultrakrátkém záření a inverzní osmózou. Mezi chemické způsoby jsou zahrnuta chemická dezinfekční činidla, jako je chlór, ozón, dále pak např. jod, brom, peroxid vodíku atd. (Tesařík, 1987).

Mezi faktory důležité pro dezinfekci vody řadíme:

- obsah aktivního činidla,
- dobu kontaktu s vodou,
- účinnost dezinfekčního prostředku,
- druh odstraňovaných mikroorganismů,
- fyzikálně-chemické vlastnosti vody – teplota a pH (Tesařík, 1987).

ADSORPCE

Adsorpce je proces fázového přenosu, který se v praxi používá k odstranění látky z kapalné fáze (plyny nebo kapaliny). Při procesu úpravy vody se používají k odstranění organických látek adsorpční procesy s aktivním uhlím jako adsorbentem (tj. tuhá látka, na níž dochází k adsorpci). Mezi organické látky řadíme mikropolutanty, to jsou např. pesticidy, léčiva, fenoly (Worch, 2012).

FLUORIDACE

Fluoridace je proces, kdy se do veřejného zásobování vodou přidává kontrolované množství fluoridu. Jeho koncentrace má být od 0,01 ppm¹ do 100 ppm (Aoun & kol., 2018).

Fluór je důležitý prvek vody a je nezbytný pro správný vývin kostí a kvalitu zubní skloviny (Štícha & kol., 1960).

¹ Ppm (parts of million) je výrazem pro jednu miliontinu.
Od 0,000001 % do 0,01 %

ULTRAFILTRACE

Ultrafiltrace je jeden z membránových procesů, který umožňuje oddělit z vody částice o určité velikosti. Jedná se hlavně o organické látky, bakterie a viry. Tento proces může nahradit způsob úpravy vody dezinfekcí chlorem a jeho sloučeninami (Grünwald, 1997).

STABILIZACE

Stabilizace vody spočívá v dorovnání obsahu vápníku, hořčíku a $\text{KNK}_{4,5}$ (kyselinová neutralizační kapacita) ve vodě tak, aby odpovídala požadavkům na pitnou vodu, které jsou dány ČSN 75 7111. Stabilizace vody může probíhat následujícími způsoby: oxidem uhličitým a vápnem, oxidem uhličitým a filtrací neutralizačním materiálem, hydrogenuhličitanem sodným a solemi vápníku (Grünwald, 1997).

3.3.2 Úprava vody podzemní

Tato kapitola se zabývá popisem pojmů úpravy podzemních vod, které jsou vymezeny v tabulce 3: Přehled rozdělení a způsoby úpravy vod.

ODKYSELOVÁNÍ

Odkyselování je technologický proces, při kterém je z vody odstraňován oxid uhličitý, aby nedocházelo ke korozi. Rozlišujeme dva způsoby odkyselování, a to fyzikální a chemické způsoby. Při fyzikálním způsobu dochází k provzdušňování vody, kde dojde k odstranění oxidu uhličitého a jiných plynů. Základní nevýhoda tohoto procesu je, že voda je obohacena o kyslík, který podporuje korozi. Chemický způsob úpravy je založen na neutralizaci oxidu uhličitého, tím se zvětší karbonátová tvrdost. Tento proces je vhodný především u měkkých vod (Tesařík, 1987).

ODŽELEZOVÁNÍ A ODMANGANOVÁNÍ

Sloučeniny železa a manganu způsobují ve vodách nejčastější příčiny špatných chuťových vlastností a technologických potíží. Nejběžnější metodou pro vyloučení železa a manganu z podvrchových, neokysličených vod je oxidace vzdušným kyslíkem, chlórem, manganistanem draselným nebo ozónem (Tesařík, 1982).

FILTRACE

Tento proces je popsán v kapitole 3.3.1 Úprava vody povrchové.

DEZINFEKCE

Tento proces je popsán v kapitole 3.3.1 Úprava vody povrchové.

ODSTRAŇOVÁNÍ IONTŮ VÁPŇÍKU A HOŘČÍKU

Přítomnost vápníku a hořčíku ve vodě způsobuje tvrdost vody. Ve většině přírodních vod je obsah vápníku větší než obsah hořčíku (Applebaum, 1968). Z těchto důvodů je třeba jejich odstraňování, aby se předcházelo technickým problémům, jako jsou například tvorby vodního kamene v kotli, výměníků, potrubí atd. Pro jejich odstraňování používáme způsoby termické, chemické a fyzikálně chemické. Správný způsob výběru závisí na složení surové vody (Grünwald, 1997).

DEIONIZACE

Deionizace je jedním z procesů úpravy vody iontovou výměnou. Podstata tohoto procesu spočívá v odstranění iontů rozpuštěných ve vodě, jedná se hlavně o oxid uhličitý, kyselinu křemičitou, hořčík a vápník (Grünwald, 1997).

DEMINERALIZACE

Demineralizace je jedním z procesů úpravy vody iontovou výměnou, kdy lze z vody odstranit prakticky všechny rozpuštěné anorganické látky vč. neelektrolytů (Grünwald, 1997).

IONTOVÁ VÝMĚNA

Iontová výměna je proces, který se používá k výměně nežádoucích iontů ve vodě, např. iontů způsobujících tvrdost vody, iontů těžkých kovů za neškodné ionty (Worch, 2019). Tento difuzní proces se používá v různých průmyslových odvětvích.

Mezi procesy iontové výměny můžeme zařadit:

- a) odstraňování vápníku a hořčíku,
- b) odstraňování hydrogenuhličitanů,
- c) deionizaci,
- d) demineralizaci,

- e) desilikaci,
- f) odstraňování amonných iontů,
- g) odstraňování dusičnanů,
- h) odstraňování organických látek (Grünwald, 1997).

DESORPCE

Tesařík (1987) popisuje proces desorpce jako vylučování plynu z vody. Během tohoto procesu dochází k vylučování mnoha látek, zejména oxidu uhličitého, za účelem zajištění rovnováhy se zřetelem udržení odpovídajícího obsahu vápníku, sirovodíku za účelem odstranění pachu a v neposlední řadě také methanu, který může způsobit výbuch.

3.4 Druhy úprav vody

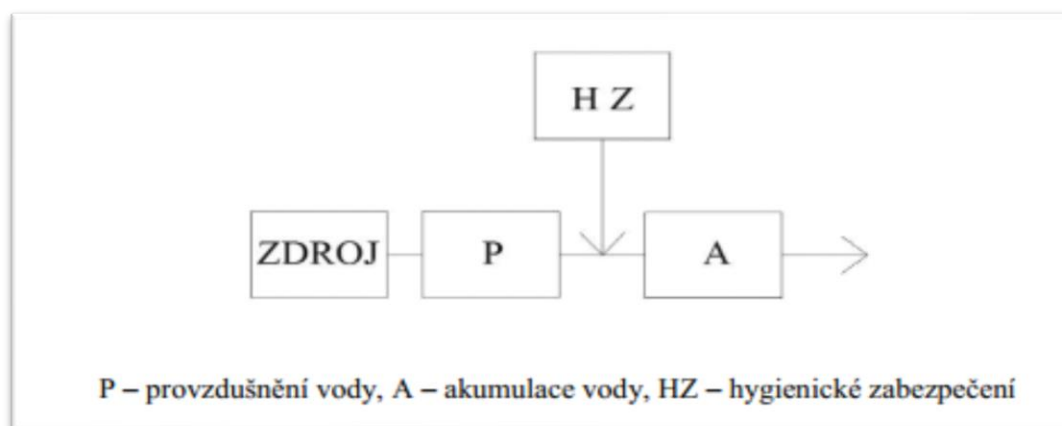
Dle rozsahu úpravy lze rozdělit úpravny vody na čtyři druhy:

- Jednoduchá úprava vody bez separačního stupně,
- Úpravna vody s jednostupňovou separací,
- Úpravna vody s dvoustupňovou separací,
- Úpravna vody s vícestupňovou separací (Tuhovčák & kol., 2006).

3.4.1 Jednoduchá úprava vody bez separačního stupně

Tato úprava se provádí u vod, které jsou minimálně znečištěné. Jedná se především o vody podpovrchové, které obsahují minimální množství organických látek, dvojmocného železa a manganu. Úprava na vodu pitnou probíhá mechanickým provzdušněním, tzv. aerací, kdy je jejím účelem odstranění nežádoucích látek. Především se jedná o plyny, pachy a oxid uhličitý. V případě, že není dostatečný kyslík ve vodě, se provzdušnění využívá pro oxidaci podzemní vody. Nedostatečný kyslík ve vodě může negativně ovlivňovat chuť, pach, materiál spotřebičů a v neposlední řadě potrubí, kterým je voda rozváděna.

Oba procesy úpravy vody bez separačního stupně probíhají v tzv. odkyselovací úpravně nebo odkyselovací stanici (Tuhovčák & kol., 2006).



Obrázek 3: Technologické schéma jednostupňové úpravy vody bez separačního stupně (Tuhovčák et al., 2006).

3.4.2 Úpravna vody s jednostupňovou separací

Úpravny s jednostupňovou separací probíhají na jednom separačním zařízení na základě filtrace, kde dochází k odstraňování nežádoucích látek vložním do technologické linky úpravny.

Filtrace se rozděluje na:

- Pomalou biologickou filtraci.
- Mechanickou prostou filtraci s filtrovanou vodou bez aplikace koagulantu.
- Koagulační filtraci s aplikováním koagulantu (Tuhovčák & kol., 2006).

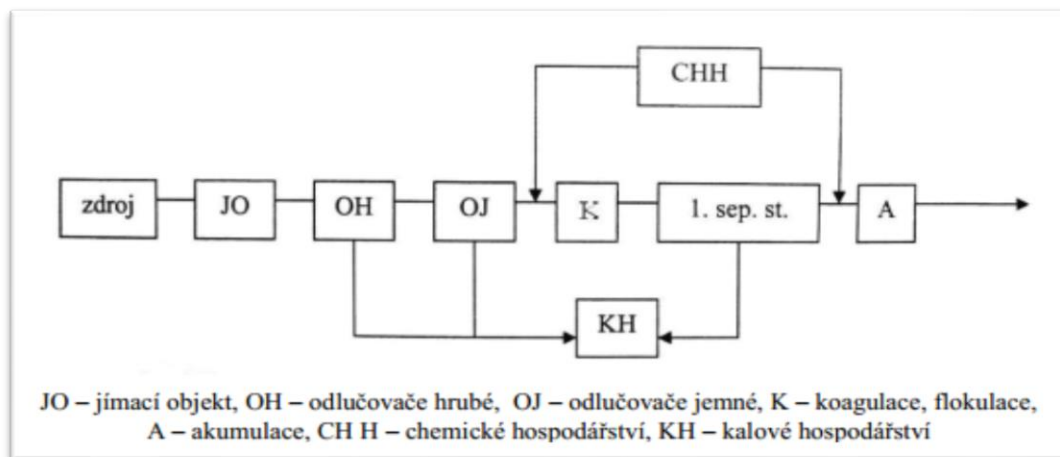
Filtrace je zpravidla konečným procesem při úpravě vody. O jakosti upravené vody rozhoduje právě tento filtrační stupeň. Mezi faktory ovlivňující účinnost filtrace můžeme zařadit charakter a množství suspendovaných látek ve filtrované vodě, zrnitost a výšku filtrační náplně, filtrační rychlost, tlakové ztráty ve filtru, filtrační odpor písku k průtoku filtrované vody, teplotu vody a viskozitu (Štícha & kol., 1960; Bindzar, 2009).

Před samotnou filtrací je nutné provést úpravy a doúpravy, to vše v závislosti na typu vody. Určuje se, zda se jedná o vodu pitnou, podzemní nebo povrchovou vodu (Tuhovčák & kol., 2006).

U podzemních vod dochází k předúpravě pomocí mechanické aerace. Ta má za úkol oxidovat dvojmocná železa a mangan do formy, která bude oddělitelná. Dalším způsobem předúpravy můžeme využít dávkování chemikálií s následnou

flokulací. Pro lepší separaci manganu a zvýšení pH můžeme dávkovat alkalizační činidlo. Před konečnou fází akumulace a distribuce vody musíme vždy provést dezinfekci (Tuhovčák & kol., 2006).

Jestliže se jedná o vody povrchové, bude součástí předúpravy koagulace a flokulace s následující koagulační filtrací. V předposlední fázi vykonáváme úpravu pH ve vodě na požadovanou hodnotu tzv. alkalizací vody. V konečné fázi vodu desinfikujeme, akumulujeme a distribuujeme do spotřebiště (Tuhovčák & kol., 2006).



Obrázek 4: Technologické schéma úpravy vody s jednostupňovou separací (Tuhovčák et al., 2006).

3.4.3 Úpravna vody s dvoustupňovou separací

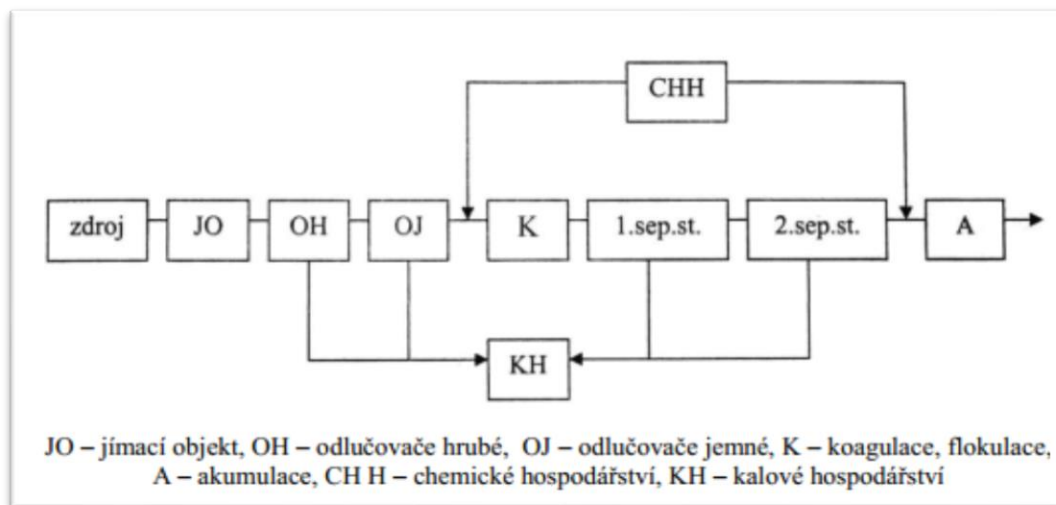
V tomto typu technologické úpravy surové vody závisí na množství koncentrace suspendovaných koloidních a rozpuštěných látek ve vodě. Je-li množství těchto látek a dávka koagulantu vyšší, používáme k jejich odstranění dvoustupňovou separaci.

V prvním separačním stupni se používají mikrofiltry, filtry, sedimentační nádrže, čističe s vločkovým mrakem a flotace vody. Druhý separační stupeň probíhá na základě filtrace.

Rozhodujícím měřítkem, jaký separační stupeň použít, jsou následující body:

- Je-li v podpovrchové vodě součet množství železa a manganu obsažený v surové vodě menší jak 5 mg.l^{-1} , jedná se o jednostupňovou úpravu vody.
- Je-li množství koagulantu při úpravě povrchové vody menší jak $20\text{-}25 \text{ mg.l}^{-1}$, použijeme jednostupňovou úpravu.

Doúprava u této technologické úpravy je shodná jako pro úpravu jednostupňovou (Tuhovčák & kol., 2006).



Obrázek 5: Technologické schéma úpravy vody s dvoustupňovou separací (Tuhovčák et al., 2006).

3.4.4 Úpravna vody s vícestupňovou separací

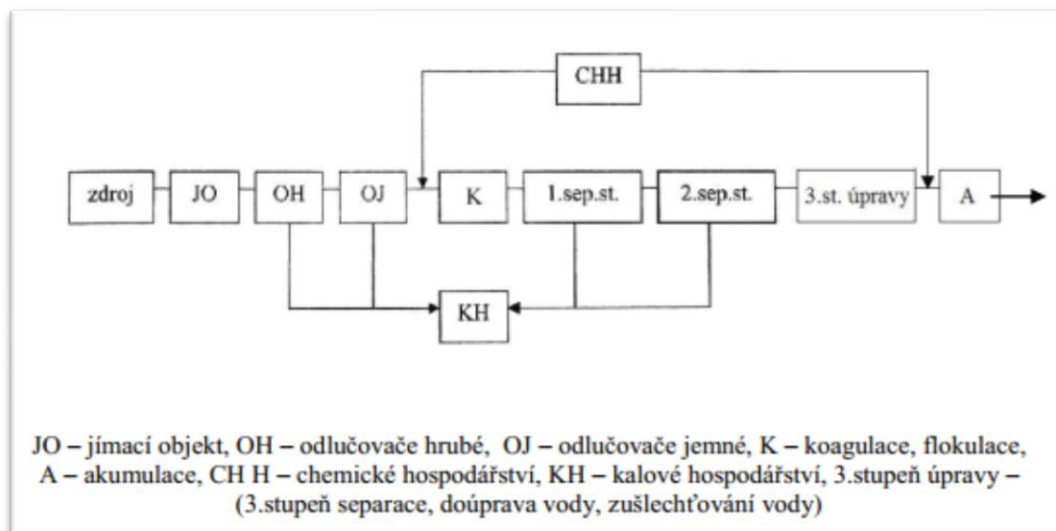
Úprava vody s vícestupňovou separací se volí v případě velmi znečištěných vod nebo při požadavku na vysoce kvalitní vodu.

Systém separačního stupně úpravy vody:

- 1. separační stupeň – sedimentace.
- 2. separační stupeň – odželezovací filtry.
- 3. separační stupeň – odmanganovací filtry.

Systém dvoustupňové úpravy s následnou doúpravou:

- 1. separační stupeň – sedimentace nebo čířič.
- 2. separační stupeň – písková filtrace.
- 3. separační stupeň v rámci doúpravy – pomalá, biologická filtrace (Tuhovčák & kol., 2006).



Obrázek 6: Technologické schéma úpravy vody s vícestupňovou separací (Tuhovčák et al., 2006).

3.5 Historie zásobování vodou hl. m. Prahy

Za počátek veřejného zásobování vodou, na základě nedostatku vody pro řemeslníky nově vznikajícího Nového Města, můžeme považovat rok 1348. Voda byla vedena z ulice Na Rybníčku do kašen na Dobyčím trhu (dnes Karlovo náměstí) a Koňském trhu (dnes Václavské náměstí) (Buchtík, 1973). Období renesance přivedlo řadu změn, a to jak v distribuci vody, tak i v hygienických požadavcích a v technickém myšlení. Začaly vznikat vodní věže, byl vytvořen vodohospodářský systém a byla stanovena technologie kladení potrubí i způsob odběru vody pomocí veřejných či soukromých kašen a nádrží. Tento vzniklý systém sloužil do konce 19. století. Devatenácté století znamenalo pro Prahu období hledání nových zdrojů a nových technologií. Na počátku 80. let 19. století byl dokončen proces obnovy vodovodní sítě. Předmětem obnovy byla výměna dřevěného potrubí za potrubí litinové (Jásek, 1994). Rozkvět města s sebou nesl rozšiřování vodovodní sítě, vznik vodojemů a čerpacích stanic.

Podstatná změna v zásobování pitnou vodou nastala na počátku 20. století, kdy byla uvedena do provozu ÚV Káraný v roce 1914. V roce 1929 byla vystavěná ÚV Podolí a posledním zdrojem byla výstavba ÚV Želivka na přelomu 70. a 80. let.

3.6 Hlavní zdroje pitné vody pro Prahu

Hlavními zdroji pitné vody pro Prahu jsou ÚV Želivka a ÚV Káraný. Želivka dodává $\frac{3}{4}$ veškeré potřeby vody pro Prahu. Káraný má 25% zastoupení v dodávce vody. Dalším zdrojem je ÚV Podolí, která nyní slouží pouze jako rezervní zdroj. Provozovatelem vodohospodářské sítě je společnost PVK a.s. (PVK a.s., 2020).

Na obrázku 7 je znázorněno schéma distribuce pitné vody pro hl. m. Prahu. V severozápadní části se nachází ÚV Káraný, která přivádí vodu převážně do severní části Prahy a v jižní části se nachází ÚV Želivka, která zásobuje vodou zbývající lokality Prahy.



Obrázek 7: Schéma zásobování pitnou vodou pro hl. m. Prahu

(<https://www.pvk.cz/o-spolecnosti/technicka-a-vyrobní-data/zakladní-informace/vyroba-a-dodavka-vody/>).

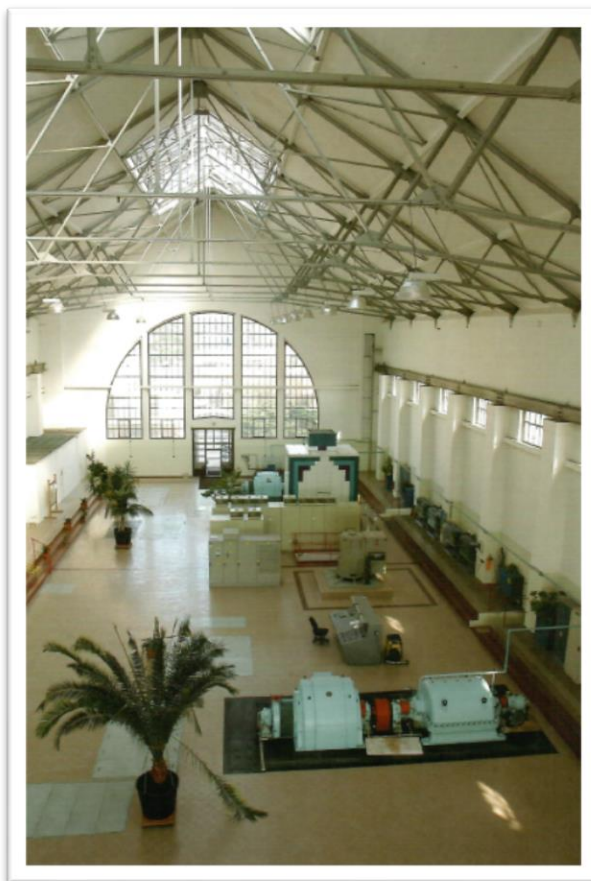
3.6.1 ÚV Káraný

Zájmové území je situováno na soutoku řek Jizery a Labe. Jedná se o první vodárnu, která zajistila pro Prahu kvalitní a zdravotně nezávadnou vodu. Do provozu byla uvedena roku 1914. Tato éra přinesla obyvatelstvu moderní způsob zásobování vodou. Vodárna má povahu podzemní vody a má vyšší tvrdost vody než ÚV Želivka (PVK a.s. & PVS a.s., 2016).

O výstavbě tohoto vodárenského komplexu bylo rozhodnuto dne 17. října 1903 na základě Theimova projektu (Polák & kol., 2015). Výstavba vodárny probíhala v letech 1906 až 1913, kdy bylo vybudováno 19 km násosného potrubí, 16 km svodného potrubí, 10 km odvodušňovacího potrubí, 651 trubních studní, 7 artézských studní, 4 čerpací stanice, 10 sběren, odželezovna artéské vody, hlavní čerpací stanice, administrativní a obytná budova v Káraném a další stavby a zařízení. Stavba byla velice náročným dílem, a to i co se týče jeho projektu (Jásek, 1994). V roce 1912 byla přivedena voda do pražského potrubí na základě zkušebního provozu a 1. ledna 1914 byla oficiálně přivedena voda do Prahy a okolních obcí s čerpáním 880 l/s z 567 studní (Polák & kol., 2015). Díky této stavbě vznikl v pražské aglomeraci moderní způsob zásobování vodou.

Ve 20. a 30. letech 20. století docházelo k postupné modernizaci vodárny v Káraném, kdy proběhla např. elektrifikace celé vodárny a jejího strojního vybavení, výměna parních strojů za odstředivá čerpadla a také došlo k vybudování druhého výtlačného řadu DN 1100 do Prahy a železobetonového mostu přes Jizeru (Jásek & kol., 2013).

Od 40. do 70. let 20. století se zvýšila kapacita prostřednictvím artézských vrtů a také se osadila nová odstředivá čerpadla v hlavní strojovně, která fungovala na základě elektrického pohonu. Také došlo k vybudování umělé infiltrace o výkonu 900 l/s a vybudovala se nová odželezovna artéské vody (Jásek & kol., 2013).



Obrázek 8: Hala ČS v ÚV Káraný (Jásek & kol., 2019).

3.6.1.1 Technologie ÚV Káraný

ÚV Káraný využívá tři technologické procesy pro úpravu vody na vodu pitnou.

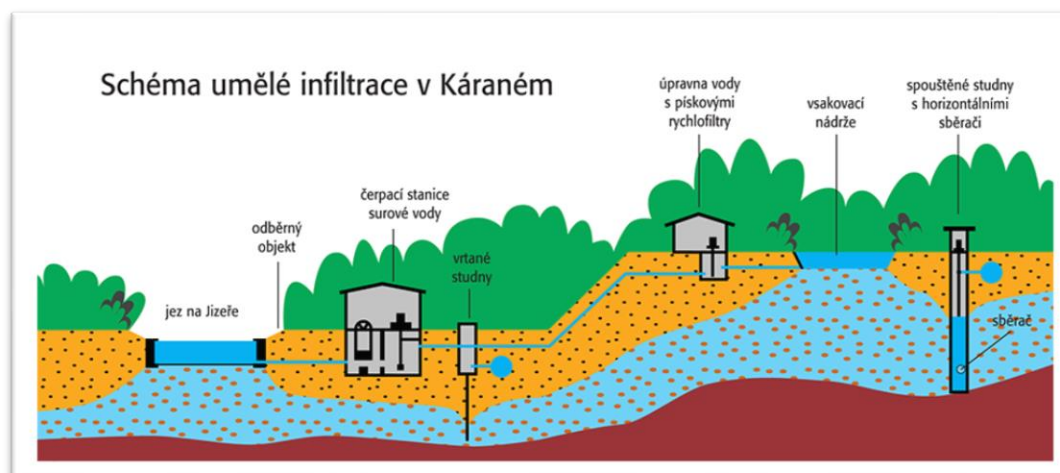
První technologický proces se nazývá břehová infiltrace, která zahrnuje jizerskou vodu. Celá úprava vody spočívá v infiltraci dnem i břehem jizerské vody do štěrkopískových náplavů, která je jímána ve směsi s přirozenou podzemní vodou prostřednictvím vrtaných studní. Ty jsou spojeny násoskou. Voda je následně distribuována do hlavní čerpací stanice pomocí čerpacích stanic a gravitačního řadu. Kapacita je 800-900 l/s (PVK a.s. & PVS a.s., 2016).

Druhým technologickým procesem, umělou infiltrací, je dopravována surová jizerská voda do ÚV Sojovice, kde dochází k přefiltrování na pískových rychlofiltrech. Po procesu filtrace následuje přečerpání vody do vsakovacích nádrží, které mají přirozené pískové dno. Voda v nádrži zůstává 30-40 dnů. Jímání vody probíhá na základě soustavy vrtaných studní a horizontálních sběračů, které jsou umístěny 200 m od vsakovací nádrže. Poté následuje proces distribuce soustavou

čerpacích stanic do hlavní čerpací stanice, jejíž kapacita je 900 l/s (PVK a.s. & PVS a.s., 2016).

Posledním technologickým procesem je tzv. artézská voda, která představuje velice kvalitní zdroj podzemní vody přitékající z geologického útvaru česká křída do oblasti Káraný. Jímání vody probíhá pomocí artézských vrtů. Vzhledem ke složení surové vody, která obsahuje vysoké množství železa, musí probíhat její odželezování. Tato technologie probíhá na základě provzdušnění a následné filtraci na pískových rychlofiltrech. Upravená voda je následně vedena do hlavní čerpací stanice Káraný. Kapacita tohoto zdroje je 40 l/s. Nepatrná část těchto vod je zabezpečena UV zářením, aby splňovala dané hygienické podmínky, a dále distribuována zákazníkům, např. balená voda v lahvích nebo uliční stojany (PVK a.s. & PVS a.s., 2016).

Voda ze všech těchto procesů putuje do ČS Káraný, kde je smíchána a hygienicky zabezpečena chlorem tak, aby odpovídala standardům. Poté je přečerpána třemi výtlačnými řadami do VDJ Flora a VDJ Ládví I. (PVK a.s. & PVS a.s., 2016).



Obrázek 9: Schéma umělé infiltrace Káraný (<https://www.vodarnakarany.cz/>).

3.6.2 ÚV Podolí

Zájmové území se nachází na pravém břehu řeky Vltavy, kde se nachází městská čtvrť zvaná Podolí. Vodárna byla uvedena do provozu roku 1929. V té době patřila mezi největší železobetonové stavby v tehdejší Československu, a to zejména díky výstavbě nové filtrační stanice. Zakladatelem projektu byl architekt Antonín Engel, který vyhrál tehdejší soutěž o rekonstrukci Podolské vodárny (Jásek & kol., 2014).

Vybudování první pražské vodárny v Podolí je datováno na rok 1885, kdy hl. m. Prahy rozhodlo o jejím vystavění z důvodu nedostatečné kapacity stávajících vodáren v té době. Vodárna se skládala ze strojovny, kotelny na uhlí a ze tří studní vyhloubených na Veslařském ostrově poháněnými třemi parními stroji. V následujících letech docházelo k rekonstrukcím Podolské vodárny. Až s rokem 1911, kdy už Praha byla zásobována káranskou vodou, docházelo k postupnému zastavení provozu a v roce 1922 byla stará Podolská vodárna zbourána (Polák & kol., 2015).

Po napojení Pražanů a okolních obcí na káranskou vodu bylo zjištěno, že její kapacita nebude dostačující. Začal se proto hledat další zdroj pitné vody, kde obstála kvalita surové vody řeky Vltavy. Díky tomu došlo k rozhodnutí o výstavbě nové Podolské vodárny na místě staré. Její uvedení do provozu proběhlo v roce 1929 s kapacitou 35 000 m³. Technologická úprava vody spočívala na principu vícestupňové filtrace. Následovalo období, kdy se zjišťovalo, že kapacita vodárny stejně nebude dostatečná pro zásobování pražské aglomerace. Z toho důvodu probíhaly v následujících letech rekonstrukce vodárny (Jásek, 1994).

Ve 40. letech došlo k výměně technologie, která byla změněna na chemickou úpravnu s rychlofiltry. Tím se docílilo zrychlení na maximální výkon 90 000 m³ za den, v průměru to však bylo 77 000 m³ za den (Jásek, 1994).

V 50. letech na základě prognóz rozvoje pražské aglomerace bylo rozhodnuto o vybudování nové úpravny vody s dvoustupňovou technologií. Architektem byl opět zvolen arch. Antonín Engel jako při rekonstrukci, která probíhala ve 20. letech. Stará vodárna byla přestavěna na filtrační stanici s rychlofiltry a na jih od existujících objektů byla vybudována nová budova s výkonem 2 200 l/s, kde byly osazeny prvky prvního stupně úpravy, čířiče, nové čerpací stanice, objekty dávkování a skladování chemikálií a provozních hmot (Jásek, 1994).

I od 60. do 80. let se Podolská vodárna potýkala s řadou rekonstrukcí. 21. dubna 1960 byla spuštěna první čerpadla vysokotlaké strojovny. Následkem toho patřila Podolská vodárna v roce 1961 mezi hlavní výrobní pitné vody pro hl. m. Prahu. V té době zásobovala pražskou aglomeraci z 55 %. V 70. letech a na začátku 80. let se vodárna potýkala s potížemi ohledně dávkování koagulantů, které nakonec způsobily závažnou poruchu na vodárně. Osud vodárny byl v této době velice nejistý a koncem 80. let bylo rozhodnuto, že vodárna musí být zachována a byla naplánována kompletní rekonstrukce, která započala roku 1992 (Drnek & kol., 2019).

V roce 1996 byl vytvořen nový prostor pro Muzeum pražského vodárenství, které bylo umístěno do východní části staré filtrace. Celková plocha činí 800 m² a jeho prostor je dvouúrovňový. Muzeum obsahuje depozitář s přednáškovým sálem pro 40 návštěvníků. Výstavní prostory jsou prosklené, takže umožňují návštěvníkům skvostný výhled do interiéru filtrační stanice. Benefitem celkové rekonstrukce jsou bezbariérové prostory vodárenského muzea (Jásek & kol., 2014).

Podolí je důležitým rezervním zdrojem pitné vody. V případě, že by došlo k poruchám úpraven vody v Káraném a na Želivce nebo ekologické havárii v povodí Jizery a Želivky, může úpravny zastoupit. (Jásek & kol., 2014).

Atraktivita vodárny spočívá především v jejím umístění a v neposlední řadě také v zabezpečení zdroje (Jásek & kol., 2014).



Obrázek 10: Muzeum pražského vodárenství (Jásek & kol., 2019).

3.6.2.1 Technologie ÚV Podolí

Podolská vodárna upravuje vodu na vodu pitnou na základě vícestupňové filtrace říční vltavské vody.

Surová voda je odebírána z řeky Vltavy a shromažďována v odběrném objektu na Veslařském ostrově. Tam je rovněž zajištěno zbavení nečistot za pomoci hrubých česlí. Odtud je voda gravitačně vedena do suterénu ČS surové vody prostřednictvím dvojitého železobetonového kanálu.

ČS surové vody odebírá surovou vodu ze sacích jímek. Před ČS jsou umístěny jemné česle, které zbaví vodu od zbylých nečistot. Odtud je voda čerpána třemi výtlačnými řady do přerušovací nádrže (chloroxidery). Ty se nacházejí mezi čerpací stanicí a čířiči. Do výtlačných potrubí je možné dávkovat vápno ve formě vápenné vody pro předalkalizaci.

Těsně před homogenizací je do přívodního potrubí na jednotlivé čířiče dávkován koagulant – síran železitý.

První stupeň separace je založen na bázi čířičů, odkud se voda dostává do nové a staré filtrace. V nové filtraci se nachází čířiče 1-2. Do staré filtrace je voda

vedena vodovodním řadem DN 1200 za pomoci čířičů 3-9. Do čířičů je dávkován pomocný koagulant – praestrol.

Do potrubí před pískové filtry je dávkováno vápno ve formě vápenné vody.

Druhý stupeň separace probíhá na základě filtrace v technologické lince ÚV. Z čířičů 3-9 je voda vedena na starou filtraci s 32 pískovými rychlofiltry a odtud je vedena do akumulace upravené vody. Z čířičů 1-2 je voda vedena na novou filtraci se 4 filtry a odtud vedena do nové akumulace upravené vody. Do potrubí za starou i novou filtraci je dávkován chlor pro hygienické zabezpečení. Z akumulace vod je voda čerpána do vodojemů v Praze (PVK a.s. & PVS a.s., 2016).

3.6.3 ÚV Želivka

ÚV Želivka (také známá pod jménem vodní dílo Švihov) je největší a zároveň nejmodernější vodárenský komplex, který se nachází ve Středočeském kraji. Zajiřtuje dodávku vody nejen pro hl. m. Prahu, ale také pro část Středočeského kraje a pro část kraje Vysočina. Její slavnostní zahájení a uvedení do provozu proběhlo 25. května 1972 s výkonem 3000 l/s (Jásek, 1994). V dnešní době je maximální výkon úpravny 7000 l/s pitné vody a průměrný výkon úpravny 3000 l/s pitné vody (PVK a.s. & PVS a.s., 2016). Pitná voda je dopravována štolovým přivaděčem, který má délku 51,97 km (<https://www.pvk.cz/o-spolecnosti/technicka-a-vyrobní-data/zakladní-informace/upravny-vody/>, cit. 20. 2. 2021).



Obrázek 11: Štolový přivaděč: Těžení rubaniny (Chlum, 1974).

Výstavba tohoto rozsáhlého komplexního vodního díla probíhala na etapy.

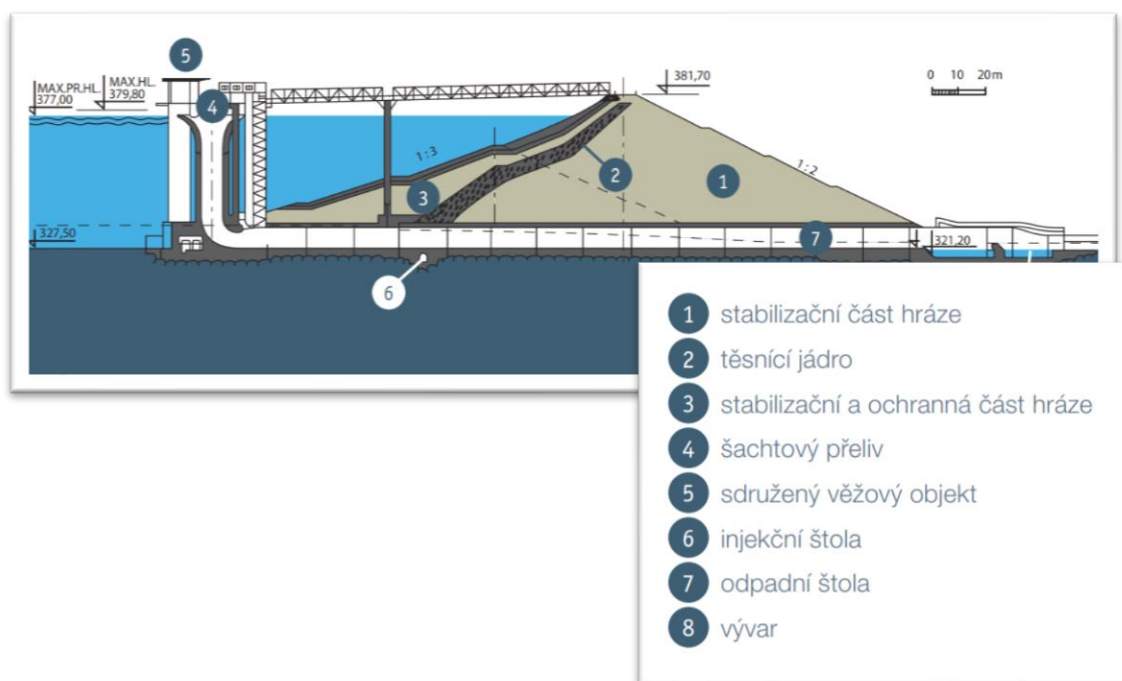
V rámci první etapy, která byla zahájena roku 1965, probíhaly přípravné práce. To se týkalo především zařízení staveniště pro hráze, odlesnění pozemků, zabezpečení elektrické energie aj. V roce 1966 byly zahájeny práce na staveništi objektu hráze, na čerpací stanici a na úpravně vody. O rok později, tedy v roce 1967, datujeme zahájení stavby VDJ Jesenice. Dokončení násypu hráze se konalo 30. září 1972. V témže roce došlo i k zahájení provozu čerpací stanice, úpravny vody a VDJ Jesenice s objemem 100 000 m³. VDJ Jesenice má za úkol vyrovnávat rozdíly tlaku mezi přítokem z úpravny vody a nerovnoměrným odběrem ve spotřebitelské síti hl. m. Prahy. Důležitou a nejnáročnější součástí výstavby tohoto vodního komplexu bylo vybudování štolového přivaděče, jehož ražba započala 18. října 1964, kdy bylo vyraženo prvních 140 metrů. Dokončení této stavby připadá na listopad 1971, kdy proběhla poslední betonáž štolu. 28. března 1972 proběhlo

zahájení čerpání vody, jehož součástí byl proplach. První distribuci želivské vody v Praze do VDJ Jesenice datujeme k 30. dubnu 1972 (Chlum, 1974).

Druhá etapa probíhala v letech 1976–1982.

V rámci třetí etapy, která byla dokončena 1987, došlo ke zkapacitnění úpravny o výkon 4000 l/s pitné vody (Jásek, 1994), k rozšíření čerpací stanice surové vody a výtlačného řadu, k výstavbě nové haly filtrace s provozní čerpací stanicí, dávkováním chemikálií, vápenné laguny a chlorovny. Ve VDJ Jesenice byl vybudován dvoukomorový vodojem (Polák & kol., 2015).

V roce 1991 bylo doplněno hygienické zabezpečení vody o linku ozonizace. Do vody je vkládán ozon, který zlepšuje kvalitu vody tím, že odstraňuje z vody bakterie a viry, snižuje se obsah pesticidů a zlepšuje sensorické vlastnosti vody. V roce 2004 byla uvedena do provozu malá vodní elektrárna s výkonem 450 kW. Její funkcionality je jen v případě vyššího stavu vody (Polák & kol., 2015).



Obrázek 12: Schéma Želivky (<http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/svihov.pdf>).

3.6.3.1 Technologie ÚV Želivka

ÚV Želivka upravuje vodu na základě přímé filtrace, která zahrnuje destabilizaci, agregaci a jednostupňovou separaci na otevřených pískových rychlofiltrech. Za zásobárnu surové vody považujeme vodárenskou nádrž Švihov (objem nádrže je 266,6 mil. m³ při maximální hladině), která zachycuje vody z celého povodí řeky Želivky. Surová voda je odebírána dvěma odběrnými pilíři s možností pěti etážových odběrů a dopravována do čerpací stanice prostřednictvím dvou přívodních řadů DN 1400. Odtud je voda čerpána dvěma výtlačnými řady DN 1400 a DN 1600 do úpravny vody ke třem úpravárenským linkám.

Úpravna vody pracuje na základě technologie koagulační filtrace. Jako koagulant je dávkován 50% roztok síranu hlinitého.

V první lince dochází k dávkování 40% síranu hlinitého, rychlému míchání na rychlomísiči, pomalému míchání ve flokulační nádrži. V závěrečné fázi dochází k filtraci na 32 otevřených rychlofiltrech, jejichž plocha činí 97 m².

Ve druhé a třetí lince se používá destabilizace dávkováním síranu hlinitého v podobě 10% roztoku. Následně dochází k agregaci pomocí rychlého míchání na dvou rychlomísičích. Po přípravě suspenze dochází k separaci na otevřených pískových rychlofiltrech (jedná se o 12 kusů s filtrační plochou 99 m²). Filtrační náplň je tvořena křemičitým pískem. Obnovení pískové náplně se provádí praním vzduchem a vodou.

Po filtraci je voda distribuována potrubími DN 1600 do směšovacích nádrží ozonizace, kde probíhá dezinfekce vody. Ta je poté přiváděna do měrného objektu, kde se měří množství upravené vody, provádí se doalkalizace vody a zdravotní zabezpečení. Z měrného objektu je upravená voda vedena do regulačních vodojemů o objemu 20 000 m³. Z nich je za pomoci štolového přivaděče vedena do VDJ Jesenice s objemem 200 000 m³ (PVK a.s. & PVS a.s., 2016).

3.7 Vodovodní síť

3.7.1 Popis vodovodní sítě

Distribuční systém se měnil v souvislosti na připojované zdroje. Původní systém rozváděl vodu z centrálních oblastí do okrajových částí města (ze zdroje Podolí a Káraný přes vodojemy na Floře). S připojením vodovodní sítě na zdroj ze Želivky (r. 1972) nastala zásadní změna v rozvodu distribučního systému, kdy došlo k dostavbě nového páteřního velkoprofilového okruhu, který vede po obvodu Prahy. V tomto systému proudí voda z ÚV Želivky a ÚV Káraného. V případě potřeby lze zásobovat i z ÚV Podolí.

V současné době je přiváděno 75 % pitné vody ze zdroje Želivka prostřednictvím štolového přivaděče. Tento přivaděč je zároveň rizikovým faktorem z důvodu jeho nezálohování. Voda z ÚV Káraný je přiváděna třemi přívodními řadami s velkou zabezpečeností. Tomu napomohlo vybudování Kyjského uzlu, v němž jsou propojeny dva staré káranské přívodní řady DN 1100, které jsou vedeny do VDJ Flora. Na distribuční síti je také umístěn VDJ Ládví I, kam vede nový třetí káranský řad DN 1600. Voda z ÚV Podolí je do vodojemů rozváděna výtlačnými řadami. Na pravém břehu Vltavy se jedná o VDJ Flora, VDJ Karlov a VDJ Zelená Liška a na levém břehu Vltavy se jedná o VDJ Laurová a VDJ Bruska. Schéma distribuce vodovodní sítě je znázorněno na obrázku 13.

Celková délka hlavních vodovodních řadů (bez štolového přivaděče) je 357 km, z toho DN 800 a vyšší dimenze potrubí tvoří 70 % délky, DN 500 až DN 700 tvoří 26 % délky. Materiál potrubí je v 55 % zastoupen ocelí, 43 % je z litiny a 2 % tvoří nekovové materiály.

V Praze máme celkem 66 vodojemů (bez VDJ Jesenice I, které jsou provozované Želivskou provozní a.s.) s objemem 740 004 m³, které zajišťují akumulaci pitné vody. VDJ Jesenice I (objem 200 000 m³) a VDJ Jesenice II (objem 60 000 m³) jsou největší vodojemy spadající pod katastrální území obce Vestec a Jesenice. Mezi pražské největší vodojemy můžeme zařadit VDJ Kopanina s objemem 74 000 m³ a VDJ Flora s objemem 42 450 m³. Nejstarší vodojemy z roku 1882 jsou VDJ Karlov a VDJ Korunní (PVK a.s. & PVS a.s., 2016).

Dalším důležitým vodním dílem jsou čerpací stanice, které slouží k přečerpávání vody z vodojemu do vodojemu v rámci hlavního distribučního systému a dále slouží k přímému čerpání vody do rozvodné vodovodní sítě. Tento

system je používán v Praze minimálně. Nejvíce používanou metodou je u nás gravitační zásobování, tj. samospádem přímo z vodojemu (PVK a.s. & PVS a.s., 2016). Počet čerpacích stanic je 51 (<https://www.pvk.cz/o-spolecnosti/technicka-a-vyrobní-data/zakladni-informace/vyroba-a-dodavka-vody/> , cit.: 13. 03. 2021).

Na distribuční síti nalezneme také manipulační objekty (nadzemní i podzemní), jejichž umístění je např. na odbočení, křížení, podchodech pod vodními toky apod. (PVK a.s. & PVS a.s., 2016).

Celková délka vodovodní sítě je 3 549 km, délka vodovodních přípojek je cca 876 km (<https://www.pvk.cz/o-spolecnosti/technicka-a-vyrobní-data/zakladni-informace/vyroba-a-dodavka-vody/> , cit.: 13. 03. 2021).

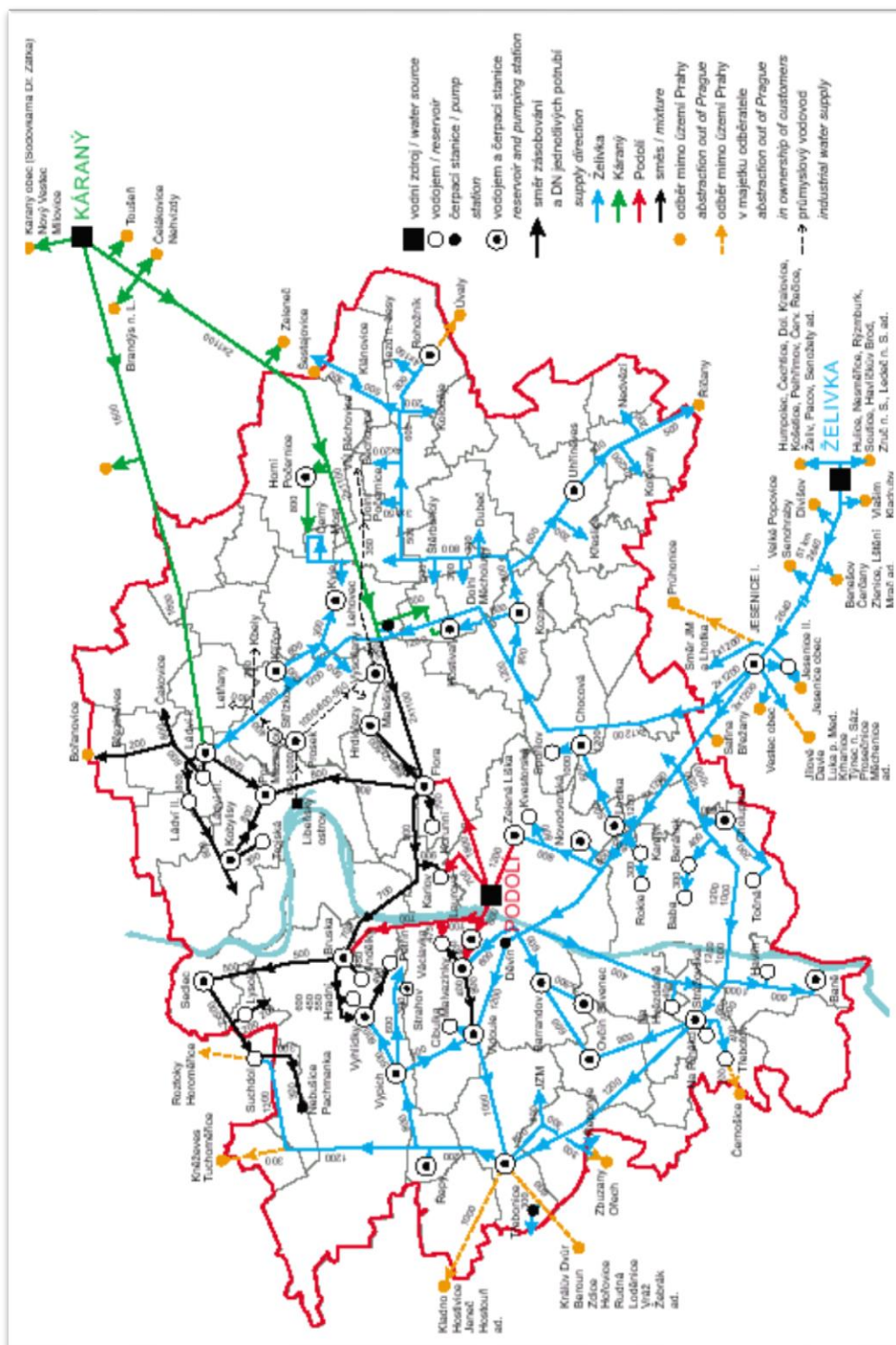
Vodovodní potrubí má rozdílné stáří – 120 km vodovodní sítě je starší více než 100 let. Takto staré potrubí bychom mohli nalézt v samotném centru Prahy, a naopak v okrajových částech Prahy nalezneme potrubí novější. V procentuálním zastoupení tvoří 31,3 % řady, jejichž stáří je mezi 30-50 lety, 22,7 % tvoří řady, jejichž stáří je mezi 70–90 lety. Z hlediska velikosti potrubí je zastoupení od profilu DN 50 po DN 1600, v přibližně 50 % se jedná o DN 100–180.

Pražský vodovodní systém se potýká s problémem nedostatečné vnitřní ochrany proti korozi ocelových potrubí. V 80. letech se prováděla vnitřní izolace pomocí nátěrů na bázi asfaltů. Tento postup byl poté zakázán z hygienických důvodů. V současnosti se používají cementové vystýlky.

Pražský vodovodní systém využívá staveb kolektorových systémů a technických chodeb, kde je umístěna část vodovodního potrubí v délce cca 90 km. Nalezneme zde i jiné inženýrské sítě (např. kabelové rozvody).

Za účelem kontroly tlaku ve vodovodní síti jsou osazovány redukční a regulační ventily. V současnosti je osazeno cca 140 těchto ventilů.

V roce 1994 byla vodovodní síť, v rámci snižování ztrát vody, rozdělena do zásobních pásem, které mají zajistit lepší sledovanost a vyhodnocování ztrátivosti vody (PVK a.s. & PVS a.s., 2016).



Obrázek 13: Schéma distribuce vodovodní sítě (http://envis.praha-mesto.cz/rocnky/Pr05_html/B2_02.htm).

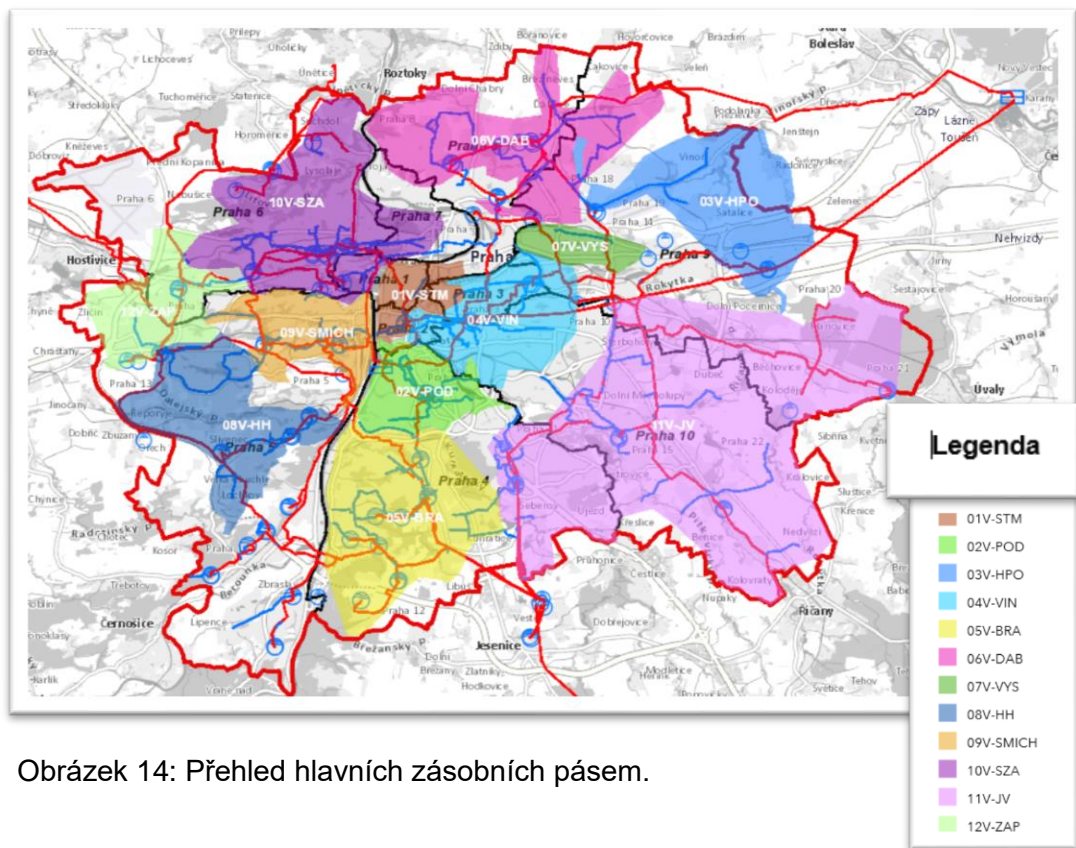
3.7.2 Tlaková a zásobní pásma

Tlaková pásma jsou jakýmsi teoretickým podkladem členění pražského vodovodu. Ta jsou ovlivněna výškovým rozložením Prahy v rozmezí od 180 m.n.m. na Libeňském ostrově po 430 m.n.m. na Kopanině. Systém zásobování v Praze je rozdělen řekou Vltavou na levý a pravý břeh.

Rozdělení tlakových pásem:

I. tlakové pásmo	180-220 m n.m.
II. tlakové pásmo	220-250 m n.m.
III. tlakové pásmo	250-280 m n.m.
IV. tlakové pásmo	280-310 m n.m.
V. tlakové pásmo	310-340 m n.m.
VI. tlakové pásmo	340-370 m n.m.
VII. tlakové pásmo	370-400 m n.m.
VIII. tlakové pásmo	400-430 m n.m.

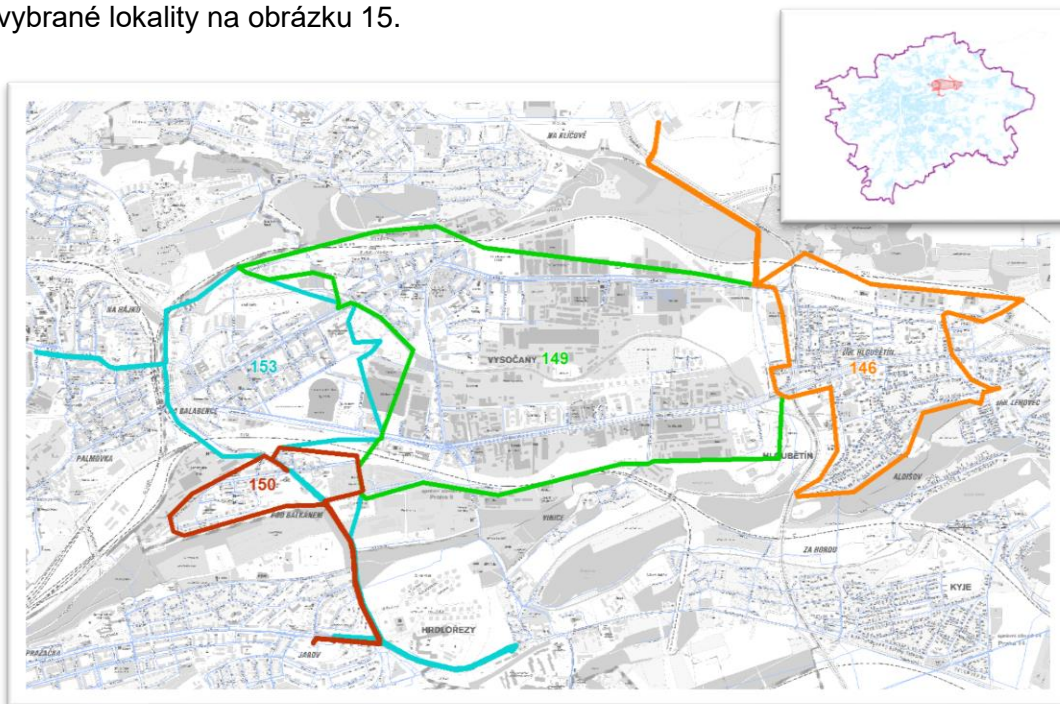
Z důvodu členitosti tohoto území nebylo možné dodržovat v plném rozsahu tlaková pásma. Proto je vodovodní síť také členěna na řadu zásobních pásem. Jsou to v podstatě okrsky distribuční sítě, které mají zdroj přiváděné vody (vodojemy, čerpací stanice) a jsou od sebe navzájem odděleny uzávěry. Zásobní pásmo se může skládat z více tlakových pásem a je vytvořeno s ohledem na polohu, velikost, výškové členění atd. Hlavní počet zásobních pásem je 12. Ty se dále dělí na menší zásobní pásma, kterých je přibližně 172. Na obrázku 14 je přehled těchto pásem (PVK a.s. & PVS a.s., 2016).



Obrázek 14: Přehled hlavních zásobných pásem.

3.7.3 Zásobní pásmo pro Prahu 9 a 14

Pro vyhodnocení stávající vodovodní infrastruktury jsou vybrány lokality Libně, Vysočany a Hloubětín (městská část Praha 9, Praha 14). Zájmové území je ohraničeno zásobním pásmem č. 1460, 1490, 1500 a 1530, viz situační schéma vybrané lokality na obrázku 15.



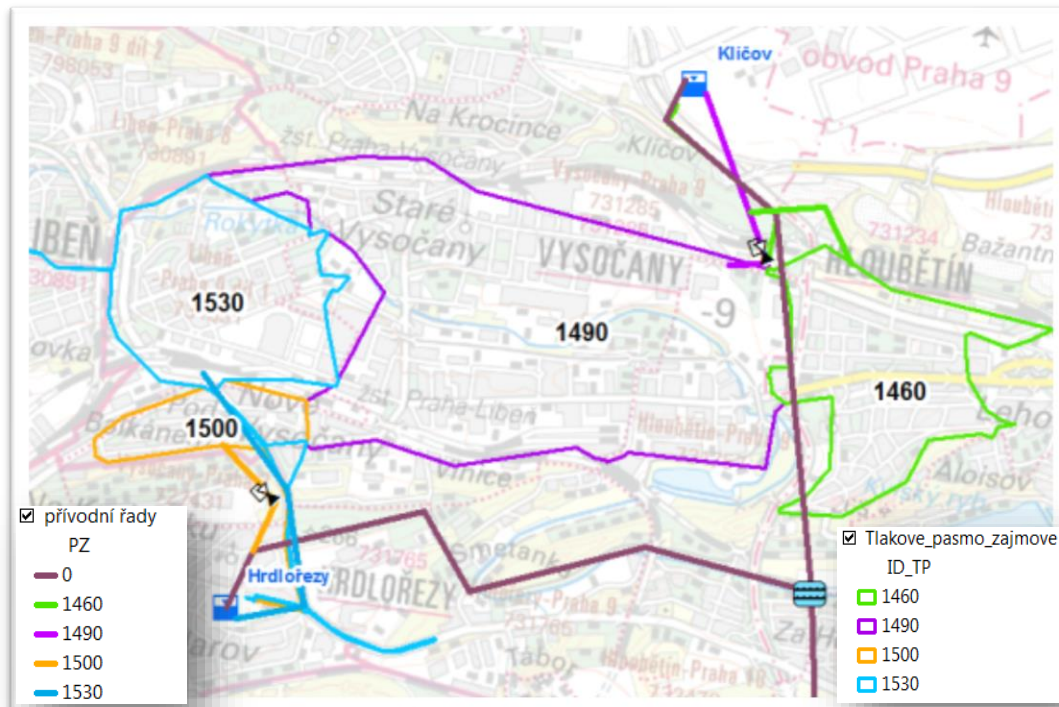
Obrázek 15: Situační schéma vybrané lokality (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Ve vybraném území jsou 2 gravitačně zásobovaná zásobní pásma a 2 redukovaná zásobní pásma (1490 a 1500). Vodárna Želivka zásobuje vodu VDJ Jesenice I, který zajišťuje akumulaci vody do ostatních vodojemů a následnou distribuci vody do vodovodní sítě. V tabulce 4 je seznam vybraných zásobních pásem s jejich zásobením a na obrázku 16 je vizuálně znázorněné zásobování dané lokality.

Celková délka vodovodní sítě bez přívodních řadů je cca 76 km (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Číslo zásobního pásma	Městská část	Název zásobního pásma	Zásobení
1460	Praha 14	GR Klíčov pro Hloubětín	Vodajem Klíčov
1490	Praha 9	GR Klíčov přes RV Kolbenova pro Vysočany	Vodajem Klíčov
1500	Praha 9	GR Jesenice I. přes RV Hrdlořezy pro Novovysočanskou	Vodajem Jesenice I.
1530	Praha 9	GR Hrdlořezy pro Vysočany	Vodajem Hrdlořezy

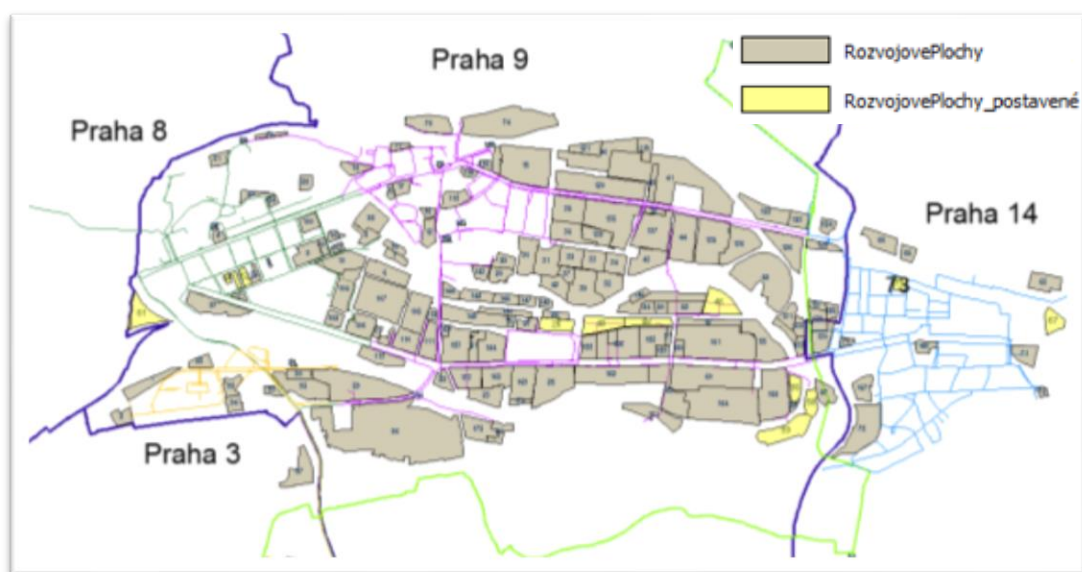
Tabulka 4: Zásobní pásma a jejich zásobení.



Obrázek 16: Zásobení pásem (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Od roku 2016 se začaly tyto městské části stavebně rozvíjet. V uvedeném roce se zde nacházelo 174 rozvojových území. Převážně se jednalo o bývalé průmyslové plochy. V současnosti je většina ploch zastavěna. To výrazně ovlivnilo kapacitu vody v dané lokalitě.

Obrázek 17 Rozvojové plochy v roce 2016 znázorňuje rozvojové plochy a rozvojové plochy již zastavěné (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).



Obrázek 17: Rozvojové plochy v roce 2016 (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

ZÁSOBNÍ PÁSMO 1460

Zásobní pásmo 1460 leží v městské části Prahy 14 - Hloubětín. V roce 2016 se zde nacházelo celkem 13 rozvojových ploch. V současnosti jsou dostavěné všechny plánované stavby. V rámci rozrůstání městské části bylo také třeba zajistit dostatečné množství vody. V souvislosti s tím došlo ke zkapacitnění přívodního řadu, rekonstrukcím vodovodních řadů a napojení vzniklých objektů. Nárůst průměrné denní potřeby vody se zvětšil cca o 3,3 l/s. Celková délka vodovodní sítě je v pásmu cca 12,7 km.

V současnosti se nepočítá s větším zásahem rozvoje městské části. Mezi plánovanými stavbami jsou obnovy vodovodních řadů v jižní části Hloubětína (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

ZÁSOBNÍ PÁSMO 1490

Zásobní pásmo 1490 je nejrozsáhlejším pásmem a leží v městské části Prahy 9 - Vysočany. V roce 2016 se zde nacházelo 119 rozvojových ploch. Jednalo se především o plochy v brownfieldech po průmyslových závodech. Zde se počítalo s nejvyšším nárůstem vody z důvodu výstavby komerčních budov a bytových domů. V okolí metra Kolbenova bylo počítáno s výstavbou výškových budov. Celková délka vodovodních řadů je 31,5 km.

V současnosti probíhá ještě dostavba plánovaných objektů a jejich napojení na vodovodní řady. Průměrný denní nárůst potřeby vody se předpokládá o 90 l/s. Díky tomuto nárůstu musí dojít ke zkapacitnění hlavního přívodního řadu. Nejvhodnějším řešením vzhledem k enormnímu nárůstu je rozdělení zásobního pásma na dvě, a tedy severo-západ s novým vzniklým zásobním pásmem 1491 a jiho-východ s nově vzniklým zásobním pásmem 1492. Tím vznikne nový redukční ventil pro danou oblast (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

ZÁSOBNÍ PÁSMO 1500

Zásobní pásmo 1500 se nachází v městské části Praha 9 - Vysočany. V roce 2016 se zde nacházelo 11 rozvojových ploch, které jsou již dostavěné. Jedná se o nejmenší pásmo s celkovou délkou řadů 6,8 km. Nárůst průměrné denní potřeby vody byl odhadován cca o 5 l/s.

V současnosti se počítá jen s rozvojem v rámci stávajícího rozsahu. Mezi plánovanými stavbami můžeme nalézt jen menší přestavby, např. rodinných domů, které by neměly ovlivnit potřebu vody (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

ZÁSOBNÍ PÁSMO 1530

V zásobním pásmu 1530, které spadá pod městskou část Prahy 9 – Libeň. V roce 2016 se zde nacházelo 31 rozvojových ploch. Jedná se především o oblast v okolí bývalé O2 arény (dnes známé pod O2 Universum). Předpokládaný nárůst průměrné denní potřeby vody je cca o 10,5 l/s. Celková délka vodovodní sítě je přibližně 25 km.

V současnosti jsou nedostavěné cca 3 stavby z rozvojových ploch. Do budoucna se nepočítá se zásadním rozvojem městské části, která by byla důležitá pro zásobování pitnou vodou. V případě, že by docházelo k napojení nových rozvojových ploch, bude nutná rekonstrukce a dostavba sítě. Například zbytková

kapacita sítě je v okolí ulice Ocelářská nulová (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

POTŘEBA VODY V ROCE 2016

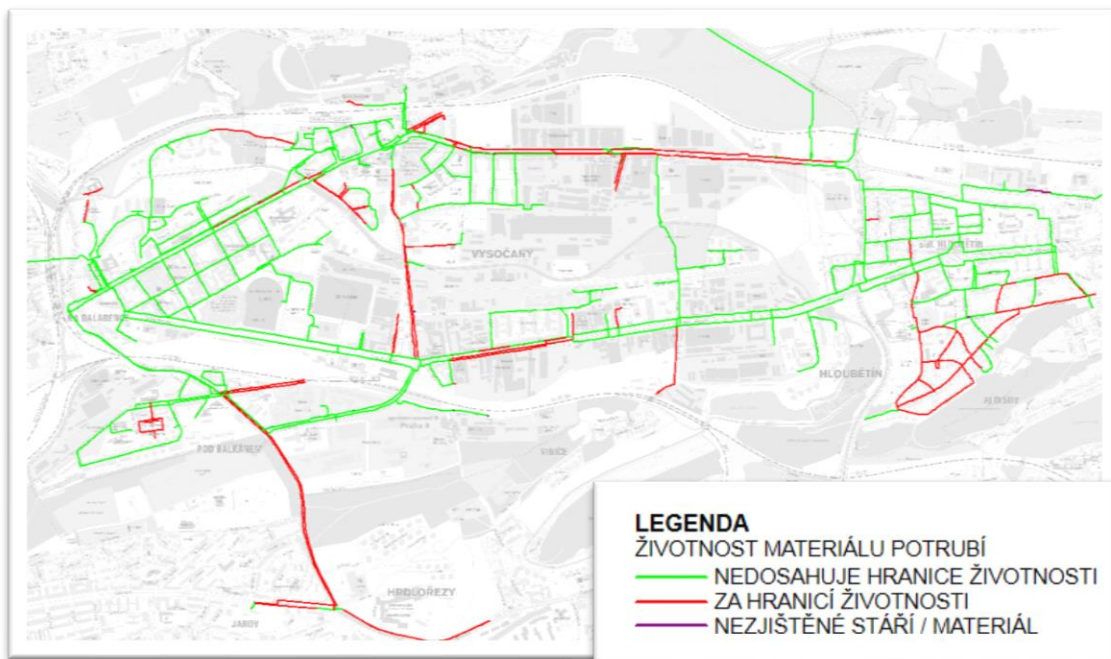
Potřeby vody pro výhledový stav vycházejí ze stávajících potřeb vody v systému.

ČÍSLO ZÁSOBNÍHO PÁSMA	PRŮMĚRNÁ DENNÍ POTŘEBA VODY Q_p [l/s]	PŘEDPOKLÁDANÉ ZVÝŠENÍ Q_p [l/s]
1460	7,83	3,3
1490	30,43	90
1500	3,78	5
1530	15,73	10,5

Tabulka 5: Potřeba vody v roce 2016 pro vybrané pásma.

TECHNICKÝ STAV SÍTĚ

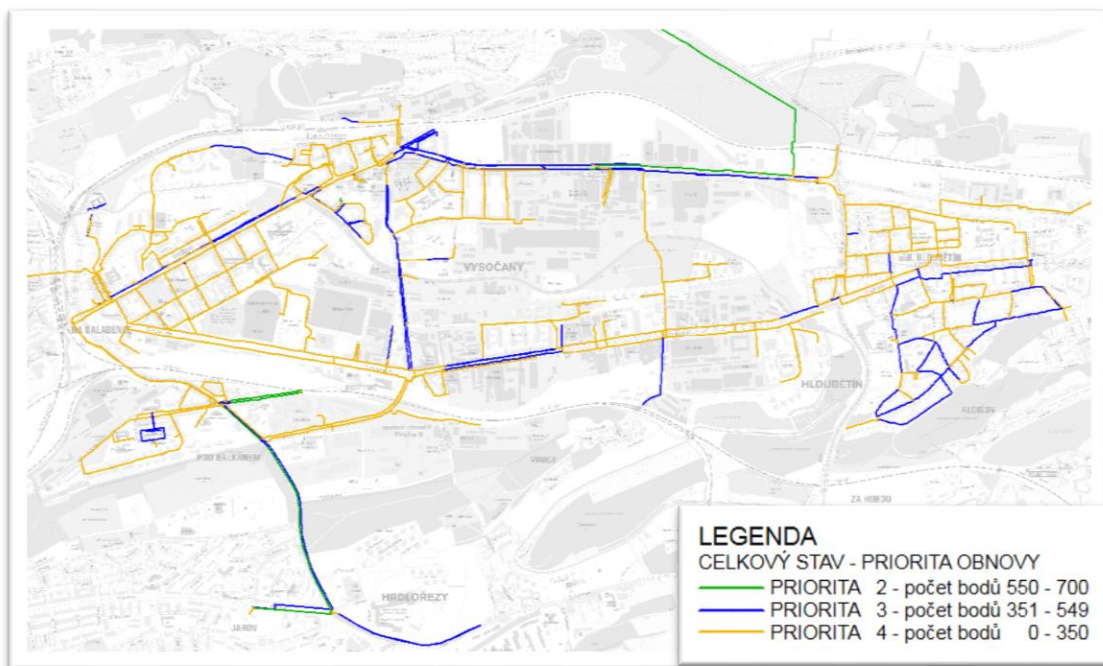
Na obrázku 18 je zhodnocen celkový stav stáří potrubí z roku 2016. Převládá zde potrubí, které je v dobrém technickém stavu. Za hranicí životnosti je celkem 22,14 km potrubí, což je asi 34,3 %. Jde především o litinové řady (stáří cca 80 let) a ocelové řady (stáří cca 50 let) (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).



Obrázek 18: Životnost materiálu potrubí (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016) .

Na obrázku 19 je znázorněna prioritizace oprav. Priorita druhého stupně znamená závady, které neohrožují provoz sítě, ale mělo by dojít k jejich brzkému odstranění. Tohoto stupně dosáhlo cca 4,62 km potrubí, tj. cca 7 %. Priorita třetího stupně znamená závady, které neomezují provoz sítě, a jejich oprava není nezbytná. Tohoto stupně dosáhlo cca 19,56 km potrubí, tj. cca 30 %. Priorita čtvrtého stupně dosahuje vodovodní sítě, která je vyhovující.

V tabulce 6 je detailní přehled stupně priorit s bodovým hodnocením vodovodní sítě.



Obrázek 19: Priorita obnovy sítě (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Stupeň priority	Popis	Bodové hodnocení
		Vodovodní síť
1	Závažná závada komplikující provozování sítě, jejíž progrese může způsobit havárii.	701-1 000
2	Závada, která bezprostředně nekomplikuje provoz sítě, ale kterou je třeba odstranit v dohledné době.	550-700
3	Závady místního významu neomezující provoz sítě. Ostatní zjištěné a evidované závady.	351-549
4	Stav vodovodní sítě – vyhovující.	0-350

Tabulka 6: Stupně priority obnovy sítě (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

4. Výsledné zhodnocení

Praha je zásobená vodou ze dvou zdrojů. Jedná se o ÚV Želivka, která distribuuje vodu v 75 %, a ÚV Káraný. Podolská vodárna v současnosti slouží jako rezervní zdroj. V květnu roku 2021 má dojít k jejímu obnovení a od června bude dodávat vodu do pražské vodovodní sítě (Výroční zpráva PVK a.s., 2020).

Vodárna Káraný je nejstarší vodárnou, která zásobuje Prahu od roku 1914. Distribuce vody do VDJ Flora a VDJ Ládví I. probíhá prostřednictvím třech výtlačných řadů. V současnosti se plánuje rekonstrukce hlavního zásobovacího výtlačného řadu, který vede z vodárny Káraný do VDJ Flora. Předpoklad zahájení prací je v roce 2021 a ukončení v roce 2028. Celková rekonstrukce přispěje k eliminaci jeho poruchovosti. Výhoda této vodárny spočívá především ve využití klasických kvalitních zdrojů podzemní vody, využívání vody z umělé a přirozené infiltrace, která má kvalitu vody jako podzemní zdroje vody, a má nízké náklady na výrobu pitné vody z klasických zdrojů. Mezi nevýhody této vodárny, případně možná rizika, můžeme zařadit možnost ekologických havárií na řece Jizeře a vysoké náklady na výrobu pitné vody z umělé infiltrace.

ÚV Želivka je nejnovější a nejmodernější vodárnou. Technologická linka úpravny vody využívá ozonizaci, která se řadí v současnosti mezi nejmodernější technologie používané vodárenskými objekty. Dodávka vody do VDJ Jesenice I a VDJ Jesenice II je zajištěna prostřednictvím štolového přivaděče s délkou 51,97 km. Výhoda této vodárny spočívá především ve vyrovnané kvalitě surové vody a nízkým nákladům na výrobu pitné vody. Mezi nevýhody patří nezajištěný štolový přivaděč proti havárii, což by mělo dlouhodobý dopad na dodávku vody v Praze.

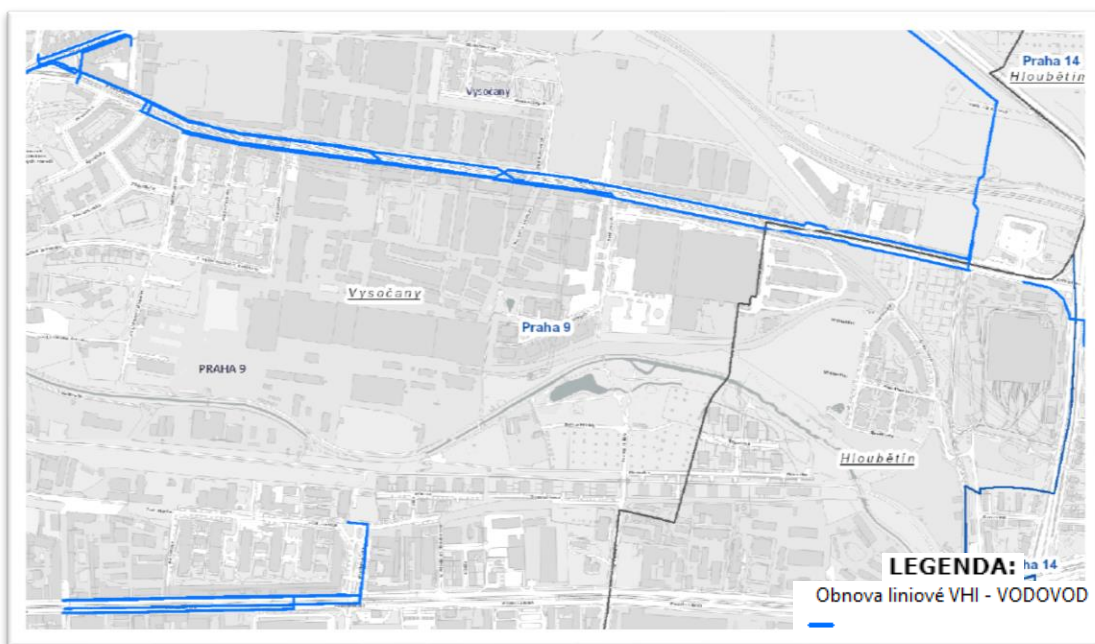
Vodárna Podolí je nyní rezervním zdrojem. Voda je distribuována do vodojemů pomocí výtlačných řadů na pravý (VDJ Flora, VDJ Karlov a VDJ Zelená Liška) a levý břeh (VDJ Laurová, VDJ Bruska) Vltavy. Výhody této vodárny jsou bezpochyby její poloha, a to její umístění v centru spotřebiště, a neomezená kapacita zdroje. Nevýhodami této vodárny jsou vysoké náklady na úpravu pitné vody a riziko ekologické havárie v povodí Vltavy. V roce 2020 ÚV Podolí prošla první etapou rekonstrukce, kde došlo k doplnění technologie o filtraci vody, rekonstrukce rozvodů a k dalším renovacím. Rekonstrukce bude pokračovat i v roce 2021. Produkce pitné vody se bude pohybovat od 400-500 l/s. V případě havárie může dojít k jejímu navýšení. (Výroční zpráva PVK a.s., 2020).

		KÁRANY		Želivka		PODOLÍ
Založení	1914			1972	1929	
Zdroje vody	Řeka Jizera			Vodárenská nádrž Švihov, Želivka	Řeka Jizera	
Úprava vody	Břehová infiltrace	Umělá infiltrace	Artézský zdroj	Přímá filtrace	Včestupňová filtrace	
Současná vydatnost (l/s)	800-900	900	40	3000	Rezervní zdroj	
Celková vydatnost (l/s)	1750			7000	2200	
Technologická linka ÚV	Štěrkopiskový náplav	Písková filtrace Pomalá filtrace Přirozená filtrace	Provdzdušení Písková filtrace Hygienické zabezpečení UV zářením - pro balenou vodu	Čerpací stanice surové vody Dávkování chemikálií Koagulant - síran hlinitý Písková filtrace Linka č. 1 Linka č. 2 a č. 3 Ozonizace Dávkování chemikálií hydrát vápenný, chlor - úprava pH práškové aktivní uhlí - odstraňuje pach manganistan draselny Akumulace vody	Odběr surové vody Předalkalizace vápnem Destabilizace dávkováním síranu železitého 1. separační stupeň - číření, dávkování pomocného koagulantu Alkalizace vápnem 2. separační stupeň stará filtrace - písková filtrace nová filtrace - filtrace Hygienické zabezpečení chlorem	
Přívadecí řady	Výtláčňé řady: Káraný - Flora DN 1100 Káraný - Flora DN 1100 Káraný - Ládví I. DN 1600			Štolový přívadec DN 2660	Výtláčňé řady: Podolí - Bruska DN 700 Podolí - Flora DN 1200 Podolí - Karlov DN 1200 Podolí - Laurová DN 600 Podolí - Zelená Liška DN 1200	

Tabulka 7: Přehled vodáren.

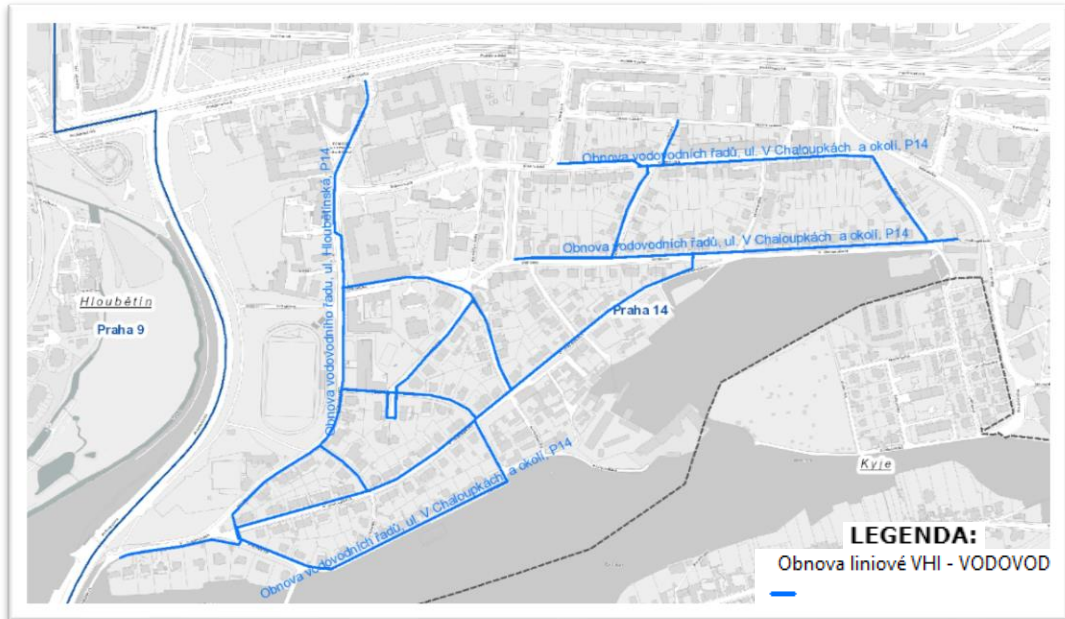
ZHODNOCENÍ STAVU ZÁSOBNÍCH PÁSEM

Hlavním opatřením pro dostačující zásobování vodou v zásobních pásmech 1460 i 1490 je zkapacitnění hlavních řadů v ulici Kolbenova. Předpokládaný termín zahájení prací je v roce 2022 s termínem dokončení do roku 2024. Jedná se o dva zásobovací řady, první v celkové délce opravy cca 3 519 m a druhý v celkové délce opravy cca 1 650 m. Přínosem této obnovy bude zabezpečení dlouhodobě bezporuchového provozu vodovodu bez čteného přerušení dodávky pitné vody odběratelům. Na obrázku 20 je celkový přehled plánovaných rekonstrukcí pro zásobní pásmo 1490 na období do roku 2025.



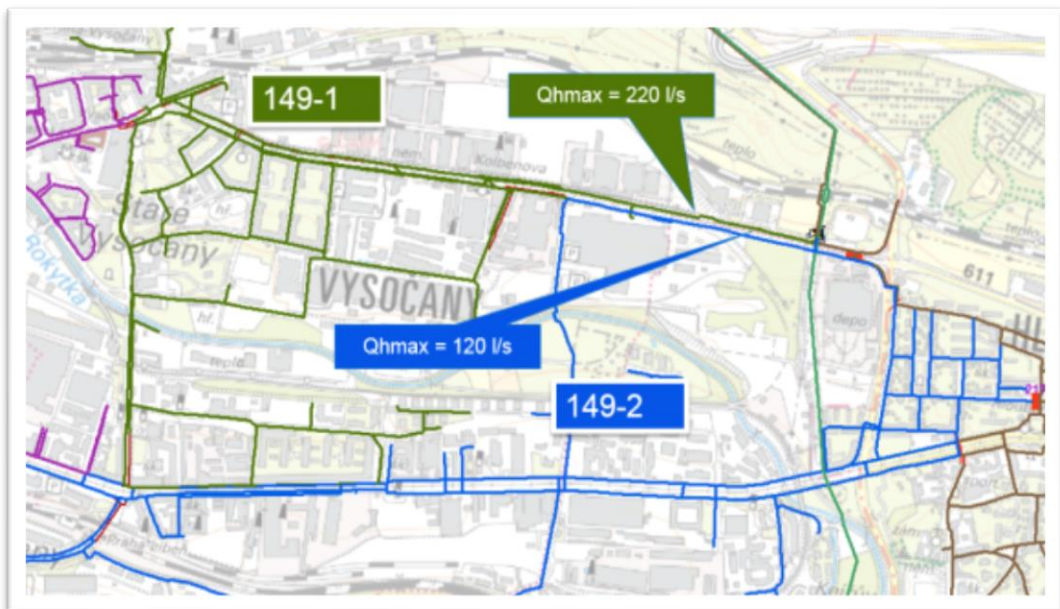
Obrázek 20: Předpokládaný plán obnovy vodovodních řadů v zásobním pásmu 1490.

V zásobním pásmu 1460 se nepočítá s velkým rozvojem městské části. Do budoucna jsou plánovány rekonstrukce na vodovodních řadech dle obrázku 21. Předpokládaný termín zahájení je v roce 2024 s dobou dokončení v roce 2026. V této lokalitě se jedná o zastaralý vodovod se zvýšenou četností poruch. Přínosem této obnovy bude zabezpečení dlouhodobě bezporuchového provozu vodovodu bez čteného přerušení dodávky pitné vody odběratelům a také minimalizace zásahů do veřejné komunikace, což vede i k ekonomické úspoře.



Obrázek 21: Předpokládaný plán obnovy vodovodních řadů v zásobním pásmu 1460.

V zásobním pásmu 1490 dojde k rozdělení pásem na 1491 a 1492 (viz obrázek 22). Díky tomuto rozdělení se zmenší zásobní pásmo 1460 a zásobní pásmo 1530 se rozšíří.



Obrázek 22: Nově vzniklé zásobní pásmo 1491 a 1492 (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

V zásobním pásmu 1500 není plánovaná žádná výstavba ovlivňující kapacitu zásobního pásma. Zbytková kapacita zásobního pásma je omezená.

V zásobním pásmu 1530 není plánovaná žádná výstavba ovlivňující kapacitu zásobního pásma. Nejvyšší zbytková kapacita zásobního pásma je v ulicích Sokolovská a v okolí náměstí Organizace spojených národů. Nulová kapacita je potom v ulici Ocelářská. Celková zbytková kapacita sítě je omezená.

POTŘEBA VODY

Navýšení celkové potřeby vody ve vybraných zásobních pásmech je v denním průměru Q_p o cca 109 l/s. Na obrázku 23 je znázorněna potřeba vody pro vzniklé rozvojové plochy. V tabulce 8 je pak souhrn průměrné denní potřeby vody. Q_p PS znázorňuje průměrnou denní potřebu vody v původním stavu, tzn. v době, kdy nebyly zahájeny stavby na rozvojových plochách. Následuje Q_p zvýšení, tzn. předpokládané navýšení potřeby vody. Q_p SS udává průměrnou denní potřebu vody současného stavu.



Obrázek 23: Potřeba vody výhledový stav (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Číslo zásobního pásma	Qp PS [l/s]	Qp zvýšení [l/s]	Qp SS [l/s]	Qp po přepásmování [l/s]
1460	7,8	3,3	11,1	8,7
1490 (1491 + 1492)	30,4	90	120,4	113
1500	3,7	5	8,7	7,6
1530	15,7	10,5	26,2	37,2
Celkové Qp	57,6	108,8	166,4	166,5

Tabulka 8: Průměrná denní potřeba vody.

5. Diskuze

Problematika vodního hospodářství se řeší na celosvětové úrovni. Kvalitní zásobování pitné vody přispívá nejen k hospodářskému růstu zemí, ale také ke zlepšení zdravotního stavu obyvatelstva. Ne všichni ovšem mají dobrou dostupnost k vodě, nemluvě o jejím hygienickém zabezpečení. Zdravotnická organizace WHO (World Health Organization) (2019) uvádí, že 785 milionům lidí chybí základní služby pitné vody, vč. 144 milionů lidí, kteří jsou závislí pouze na povrchové vodě. Dále uvádí, že nejméně 2 miliardy lidí používají zdroj pitné vody, která je kontaminovaná výkaly. Tento fakt je pro nás, kteří žijeme v „moderním“ světě, nepředstavitelný. Každý z nás je zvyklý na nepřetržitou dodávku pitné vody, a z vlastní zkušenosti vím, že přerušení dodávky vody, např. z důvodu havárie či plánované výluky, je pro některé z nás nepřekonatelným problémem. OSN (2018) uvádí, že do roku 2030 chce pro všechny lidi zajistit bezpečnou a cenově dostupnou vodu, odpovídající hygienické a sanitační zařízení, zlepšit kvalitu vody snížením jejího znečišťování, zvýšit efektivitu využívání vody ve všech sektorech a zajistit udržitelný odběr a dodávky pitné vody.

Pro zlepšení celkové vodohospodářské situace by bylo dobré zlepšit informovanost veřejnosti. Současná generace zapomíná na dobu, kdy si lidé více vážili „obyčejné vody“ a snažili se s vodou zodpovědně hospodařit. V rámci osvěty je vyhlášen Světový den vody, kterým si máme připomenout, že všichni lidé na planetě nemají stejný přístup k pitné vodě. K celkové lepší situaci by přitom pomohlo zodpovědné chování každého z nás, například využívání dešťové vody na zalévání, úsporné splachovací systémy WC, pořízení myček na nádobí atd.

V rámci onemocnění COVID-19 (označovaný též jako SARS-CoV-2), které se objevilo na konci roku 2019, bylo velkou otázkou občanů, zda je možný přenos nemoci prostřednictvím pitné vody. Touto otázkou se zabývalo mnoho organizací. Jedná se o infekční onemocnění, které se šíří kapénkami, osobním kontaktem s nemocným či povrchy, kterých se nemocný dotýkal. Bylo zjištěno, že infekční osoba může vylučovat virus dříve, než se projeví příznaky onemocnění. Stopy viru se mohou objevit v moči nebo stolici. Water Research Australia (2020) uvádí, že dosud nebyli hlášeny „fekálně-orální“ přenosy. I když dvě studie prokázaly detekci fragmentů SARS-Cov-2 ve stolici pacientů, není však jasné, jak je schopen virus přežít v odpadních vodách. Z testu podobného viru SARS bylo prokázáno, že je přítomen v odpadních vodách a přetrvává ve stolici, moči a vodě až po dobu dvou

dnů při teplotě 20 °C a dva týdny při teplotě 4 °C. V otázce přítomnosti viru v pitných vodách došlo Národní referenční centrum (NCR) (2020) k závěru, že je velice nepravděpodobné, aby se coronavirus dostával do zdrojů surové vody. V případě proniknutí viru do surových vod nebude již s největší pravděpodobností infekční. I přestože by byl, došlo by k jeho odstranění v rámci technologické úpravy vody, která vždy obsahuje minimálně stupeň koagulace, filtrace a dezinfekce. Chování tohoto viru porovnávali ze zkušeností s viry ptačí chřipky nebo SARS s výsledkem, že tyto respirační viry jsou velmi citlivé na dezinfekci chlorem a UV zářením a budou mít podobné chování jako právě vzniklý coronavirus. Standardní dezinfekce pitné vody bude stoprocentně odstraňovat SARS-CoV2. Díky výše uvedeným faktům nemusí vodárenské společnosti nic měnit na své běžné úpravě vody, nemusí nijak zvyšovat dávky dezinfekčního přípravku ani nově zavádět dezinfekci tam, kde se u chráněných podzemních vod nepoužívá.

V roce 2020 byla z důvodu onemocnění COVID-19, zaznamenána nižší spotřeba vody. PVK a.s. dodaly o 6,1 % méně vody než v předchozím roce. Snížení spotřeby vody ovlivnilo především zastavení turistického ruchu, uzavření restaurací, hotelů a dalších provozoven. To má souvislost i s vyšší cenou vody, která v důsledku uvedených opatření musela být navýšena o 7,- Kč/m³ oproti minulému roku. Nová cena pitné vody od 1. 1. 2021 v hl. m. Praze činí 101,59,- Kč/m³. Je třeba si uvědomit, že dodávka kvalitní pitné vody v sobě zahrnuje např. její úpravu, kontrolu kvality, ale i její distribuci, tzn., že úzce souvisí s technickým stavem vodovodní sítě (PVK a.s., 2020).

Rekonstrukce vodovodní sítě není jednoduchá z hlediska použití správné technologie a z hlediska ekonomického. Technologie se neustále vyvíjí a na současném trhu je mnoho dodavatelů. Proto je nutné zvolit takovou technologii, která bude mít dlouhou životnost a také bude z ekonomického hlediska výhodná.

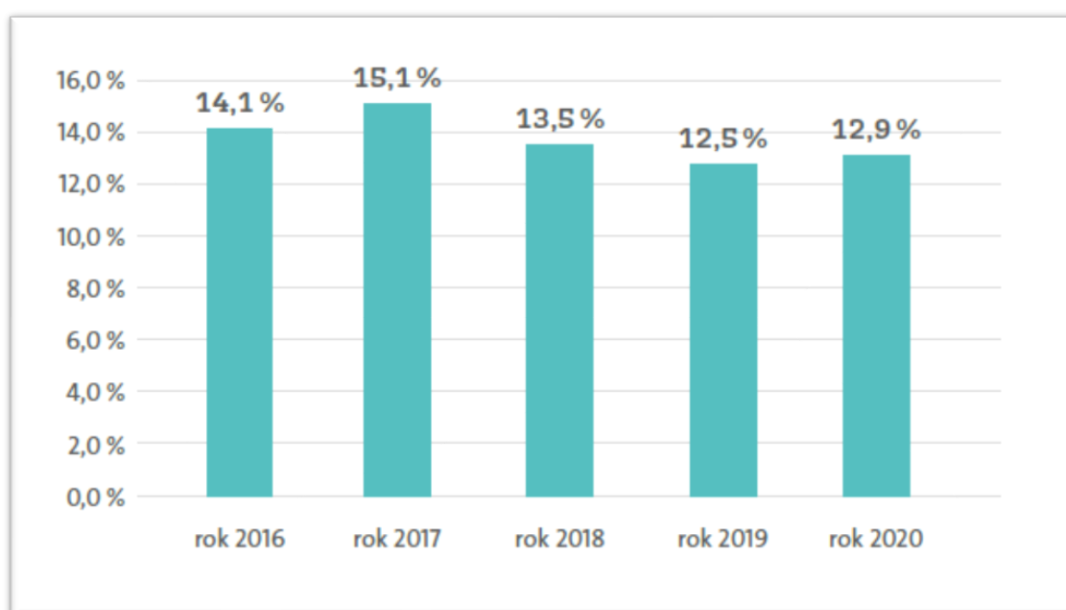
Pro představu je na obrázku 24 znázorněno plnění plánu obnovy vodohospodářské infrastruktury. Náklady za období od 1.1.2019 do 31.12.2019 činí 2 125 258 tis. Kč. To představuje 90,22 % z celkových plánovaných nákladů a investic za rok 2019 (PVS a.s., 2019).

Typ investiční akce	Plán 2019	Plnění 1-12/2019	Plán 2020
Investiční akce rozestavěné	1 330 852	1 593 410	2 113 774
Investiční akce nově zahajované	591 869	254 607	304 200
Investiční akce připravované	90 000	99 977	90 000
SZNR*	113 529	50 388	178 564
Delimitace OMI	5 000	432	5 000
NVL ÚČOV - etapa č. 0007 - nátoky na ÚČOV	88 206	98 756	41 306
Ostatní**	8 000	1 048	61 000
Rezerva	128 132	26 640	100 000
Celkem	2 355 588	2 125 258	2 893 844

* Samostatně fungující strojní zařízení a technologie
** Generel odvodnění - II. detailní fáze, Generel zásobování vodou - detailní fáze, Koncepční studie PČOV, v r. 2020 ještě Zabezpečení vodohospodářských objektů hl. m. Prahy

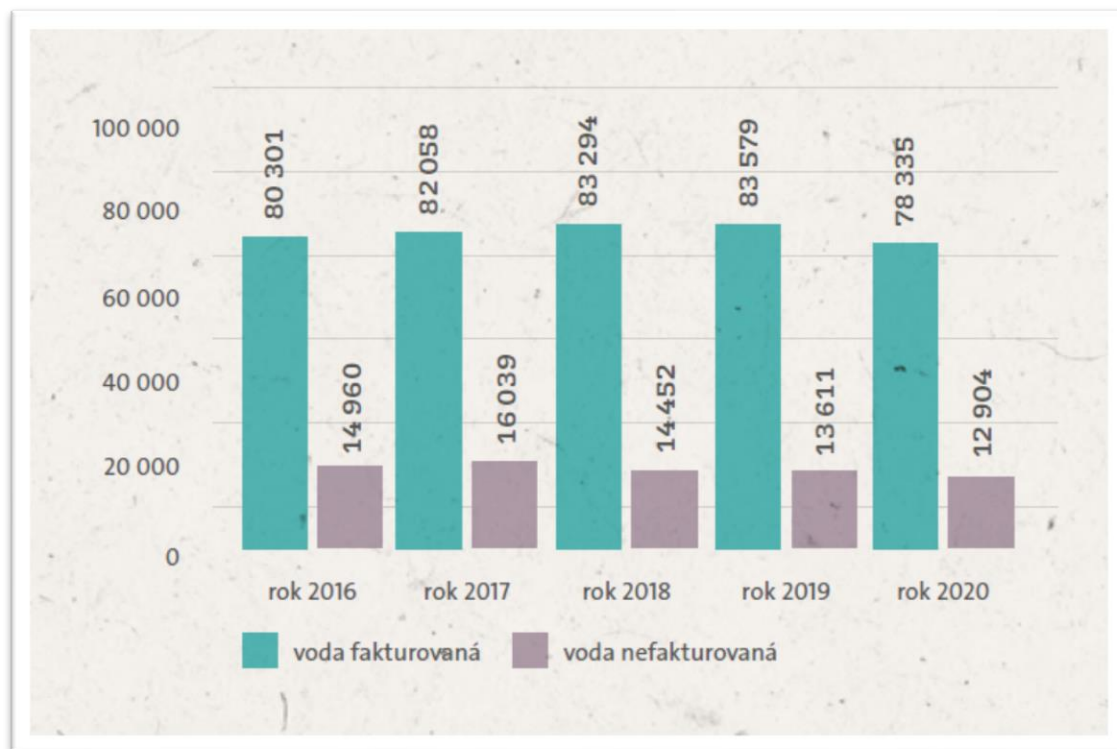
Obrázek 24: Plán obnovy vodohospodářské infrastruktury v tis. Kč (PVS a.s., 2019).

Další nezanedbatelnou problematikou je ztrátovost vody. Z obrázku 25 kde je graficky znázorněná ztrátovost vody, vyplývá, že za poslední 4 roky došlo k jejímu poklesu. Z hlediska historického vývoje jsme dokázali snížit ztrátovost ze 42,5 % (rok 1995) na právě zmiňovaných 12,9 %. Průměrná ztrátovost vody v Evropě je 23 %. Určitě bychom si ale mohli vzít příklad ze sousední země Německa, kde byla v roce 2017 ztrátovost vody pouze 5,3 %. Ztrátovost vody má mnoho důvodů, mezi ně můžeme např. zařadit stáří vodovodní infrastruktury a neoprávněné odběry (PVK a.s., 2020).



Obrázek 25: Ztrátovost vody v letech 2016 až 2020 v % (PVK a.s., 2020).

Obrázek 26 znázorňuje přehled spotřebované vody a ztrátovost vody v m³ v letech 2016 až 2020.



Obrázek 26: Voda fakturovaná a nefakturovaná v letech 2016 až 2020 (v tis. m³) (PVK a.s., 2020).

Určitě se každý z nás někdy zamyslel nad tím, jak asi bude vypadat život za 50, 60 nebo dokonce i 100 let. Oslovila mě výrok futurologa Iana Pearsona, který vidí svět v roce 2050 takto:

„Antarktida se promění v poslední rezervu čerstvé vody na světě. Stane se z ní obydlená oblast s rušnými městy plných dělníků, kteří pracují u vrtných souprav a strojů. Dostupnost sladké vody se bude i nadále zhoršovat, zatímco celosvětová poptávka po vodě by měla vzrůst asi o 55 %. Lidstvo by tak mělo usilovně hledat řešení, jak zajistit dostatek vody i pro nadcházející generace.“

Dle mého názoru bychom se měli zamyslet nad hospodařením s přírodními zdroji a péčí o vodní zdroje. Klíčovým problémem není prozatím fyzický nedostatek vody, ale právě špatné hospodaření s ní. Tuto výzvu je nutné předávat z generace na generaci.

6. Závěr a přínos práce

Cílem bakalářské práce bylo shrnutí poznatků o problematice vody v hlavním městě Praha.

Úvodní část práce je věnována shrnutí vodních zdrojů, jejich kvality a možnosti jejich úprav. Vodu minimálně znečištěnou upravujeme nejjednodušším způsobem úpravy vody, a to bez separačního stupně. Jednostupňová úprava vody se separací se používá na základě filtrace. Úprava vody s dvoustupňovou separací se uplatňuje za předpokladu, že je ve vodě obsažena vyšší míra koncentrace suspendovaných látek a koagulantu. Poslední úprava vody s vícestupňovou separací se používá pro velmi znečištěné vody. Volba správné metody pro úpravu vody záleží na kvalitě surových vod. Upravená voda pro hl. m. Prahu je distribuována v současnosti ze dvou hlavních zásobovacích zdrojů, a to ÚV Želivka a ÚV Káraný. Rezervní zdroj ÚV Podolí bude obnoven v květnu roku 2021 a od června roku 2021 bude dodávat vodu do pražské vodovodní sítě.

Druhá část práce popisuje vodovodní síť v pražské aglomeraci. Vodovodní síť je rozdělena na 12 hlavních zásobních pásem. Zásobní pásma byla vytvořena pro lepší monitoring ztrátovosti vody a diagnostiku sítě. Práce vyhodnocuje konkrétní úsek vodovodní sítě, a to zásobní pásma pro městské části Praha 9 a Praha 14 (v k.ú. Libeň, Vysočany a Hloubětín). Jedná se o zásobní pásma 1460, 1469, 1500 a 1530. Od roku 2016 došlo ke stavebnímu rozvoji v těchto městských částech, což zapříčinilo i zvýšení potřeby vody.

Cíl bakalářské práce byl splněn. V práci jsme se seznámili se zdroji surových vod, úpravou vody, popisem a zhodnocením vodovodní sítě.

ÚV Káraný v současnosti zásobuje severní část Prahy pitnou vodou v množství cca 1 000 l/s. Její kapacita je skoro dvojnásobná. ÚV Želivka má projektový výkon 7000 l/s pitné vody. V současnosti je využívána na 3 000 l/s. ÚV Podolí slouží jako rezervní zdroj vody. Vodárna je rekonstruována od roku 2020 a její úpravy budou pokračovat i v roce 2021. Díky těmto úpravám bude zásobovat pražskou vodovodní síť od června roku 2021 pitnou vodou v množství 400-500 l/s. Z uvedených údajů vyplývá, že kapacita úpraven vod není naplněna a je zde ještě velká rezerva.

Zásobní pásma mají různou kapacitu vody. Ve všech vybraných pásmech byla zjištěna kapacita vody jako omezená. Hlavním zajištěním pro dostačující zásobování vodou v zásobních pásmech 1460 a 1490 je zkapacitnění hlavních přívodních řadů. Dalším opatřením pro dostatečnou kapacitu bude také přepásmování zásobního pásma 1490 na dvě, 1491 a 1492. Tím dojde k upravení hranic zásobního pásma 1460 a 1530 a také úpravě kapacity. Zásobní pásmo 1500 se z mého pohledu jeví sice jako omezené, ale dostatečné. Na tomto území došlo k naplnění předpokládaných výsledků plánované výstavby a tím i plánované potřebě pitné vody. S další výstavbou zde není počítáno, z toho důvodu hodnotím zásobní pásmo jako dostatečné pro současný stav.

Vypracování této bakalářské práce je přínosem pro seznámení se se základní problematikou pitné vody v Praze.

7. Přehled literatury a použitých zdrojů

Applebaum B.S., 1968: Demineralization by Ion Exchange: In Water Treatment and Chemical Processing of Other Liquids. Academic press, New York and London. 406 s.

Aoun A., Darwiche F., Hayek Al S., Doumit J., 2018: The Fluoride Debate: The Pros and Cons of Fluoridation. Prev. Nutr. Food Sci. P. 171-180.

Bindzar J., 2009: Základy úpravy a čištění vod. Vydavatelství VŠCHT, Praha. 251 s. ISBN 978-80-7080-729-3.

Broncová D., Pytl V., 2012: Podzemní vody České republiky. MILPO MEDIA s.r.o., Praha. 176 s. ISBN 978-80-87040-24-9.

Buchtík J., 1973: Pražský vodovod. Hydroprojekt, Praha. 127 s.

Chlum A., 1974: Vodní dílo Želivka. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. 306 s.

D plus projektová a inženýrská a.s., 2016: Generel zásobování vodou hl. m. Prahy, 221 s. „nepublikováno“.

GRAY, F. N., 2010: Water technology: An Introduction for Environmental Scientists and Engineers. 3rd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, ISBN 978-1-85617-705-4.

Grúnwald A., 1997: Zdravotně inženýrské stavby 40: úprava vody. Vydavatelství ČVUT, Praha. 103 s. ISBN 80-01-01658-7.

Institut městské informatiky, 1999: Praha životní prostředí (online) [cit. 2021.03.03], dostupné z: http://envis.prahamesto.cz/rocenky/pr_99/kap_021.htm.

Institut městské informatiky, 2005: Praha životní prostředí (online) [cit. 2021.03.03], dostupné z: http://envis.prahamesto.cz/rocenky/Pr05_html/B2_02.htm.

Interreg Central Europe, 2019: Water loss: Techniczny podręcznik szkoleniowy dla gmin: Gospodarka wodna o obiegu zamkniętym w gminach (online) [cit. 2021.03.25] dostupné z: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/Digital-Learning-Resources/Water-Loss-Reduction-PL.pdf>.

Jásek J., 1994: 80 let vodárny v Káraném. Čelákovice. 14 s.

Jásek J., Drnek K., Herčík L., 2013: Sto let Káranské vodárny ve fotografii. Robert Rytina – R Atelier, Praha. 80 s. ISBN 978-80-260-5266-1.

Jásek J., Ješuta J., Krajčí P., Valchářová V., Grohmanová Z., 2014: Podolská vodárna a Antonín Engel. VR Ateliar, Praha. 114 s. ISBN 80-239-1126-0.

Jásek J., Drnek K., Dejmek J., Gandžala O., 2019: Devadesát let Podolské vodárny slovem a obrazem. Pražské vodovody a kanalizace, a.s. ve VR – ateliéru. 128 s. ISBN 978-80-907325-4-4.

Lindhe A., 2008: Integrated and Probabilistic Risk Analysis of Drinking Water Systems. Chalmers University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, Göteborg. 241 s. (Thesis for the degree of licentiate of engineering).

Ministerstvo zemědělství, 2020: Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2019, (online) [cit. 2021.02.28] dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/669424/Modra_zprava_2019_web.pdf>.

OSN, 2018: Čistá voda a sanitace: Zajistit všem dostupnost vody a sanitačních zařízení a udržitelné hospodaření s nimi (online) [cit. 2021.03.28] dostupné z: <<https://www.osn.cz/sdg-6-zajistit-vsem-dostupnost-vody-a-sanitacnich-zarizeni-a-udrzitelne-hospodareni-s-nimi/>>.

Polák M., Broncová D., Čížek J., Havlice M., 2015: Po stopách pražského vodárenství. Milpo media s.r.o., Praha. 231 s. ISBN 978-80-87040-35-5.

PVK a.s., 2020: Výroční zpráva. PVK a.s., Praha. PVK a.s., 108 s. „nepublikováno“

PVK a.s., © 2021: Úpravny vody (online) [cit. 2021.02.20], dostupné z: <<https://www.pvk.cz/o-spolocnosti/technicka-a-vyrobní-data/zakladni-informace/upravny-vody/>>.

PVK a.s., © 2021: Kvalita vody (online) [cit. 2021.03.03], dostupné z: <<https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/-kvalita-vody/>>.

PVK a.s., PVS a.s., 2016: Provozní řád distribučního systému hl. m. Prahy, 192 s. „nepublikováno“

PVS a.s., 2019: Výroční zpráva. PVS a.s., Praha 82 s. (online) [cit. 2020.11.13], dostupné z: <http://www.pvs.cz/files/vyrocní-zpravy/PVS_vyrocní_zprava2019.pdf>.

Pytl V., 2005: Praha a Vltava: řeky, potoky a vodní nádrže Velké Prahy. MILPO MEDIA s.r.o., Praha. 207 s. ISBN 80-903481-2-2.

Státní zdravotní ústav, 2020: Stanovisko Národního referenčního centra (NCR) pro pitnou vodu k otázce přenosu nového koronaviru (SARS-CoV-2) pitnou vodou (online) [cit. 2021.03.27], dostupné z: <http://szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/Stanovisko_NRC_coronaviry_a_pitna_voda.pdf>.

Štícha V., 1960: Vodárenství. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha. 544 s.

Teichmann M., Kuda F., 2018: Hodnocení a obnova vodárenských sítí. Professional Publishing s.r.o., Příbram. 136 s. ISBN 978-80-88260-26-4.

Tesařík I., 1982: Vodárenství – Úprava vody. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha. 280 s.

Tesařík I., 1987: Vodárenství. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha. 440 s.

Tuhovčák L., Adler P., Kučera T., Raclavský J., 2006: Vodárenství a úprava vody. Vysoké učení technické v Brně, Brno. 155 s.

Povodí Vltavy s. p., ©M 2013: Vodní díla a nádrže (online) [cit. 2021.03.07], dostupné z: <<http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/svihov.pdf>>.

Úpravna vody Želivka a.s., Želivská provozní a.s., (online) [cit. 2021.01.27], dostupné z: <<https://www.zelivska.cz/>>.

Vodárna Káraný, a.s., © Logprint s.r.o.: Vodárna Káraný (online) [cit. 2021.02.09], dostupné z: <<https://www.vodarnakarany.cz/>>.

Vostrčil J., Hubáčková J., Štamberová M., 2005: Jakost surových vod a jejich upravitelnost ve vodárnách ČR (s využitím zahraničních zkušeností). Výzkumný ústav vodohospodářský, Praha. 160 s. ISBN 80-85900-55-6.

Vyhláška č. 252/2004 Sb., o stanovení hygienických požadavků na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Vyhláška č. 428/2001 Sb., provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).

Water Research Australia, 2020: SARS-CoV-2 – Water and Sanitation (online) [cit. 2021.03.25], dostupné z: <https://www.waterra.com.au/r9550/media/system/attrib/file/2200/WaterRA_FS_Coronavirus_V11.pdf>.

World Health Organization, 2019: Drinking-water (online) [cit. 2021.03.25], dostupné z: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>>.

World Health Organization, 2020: Water, sanitation, hygiene and waste management for the COVID-19 virus (online) [cit. 2021.03.27], dostupné z: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331305/WHO-2019-NcOV-IPC_WASH-2020.1-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Worch E., 2012: Adsorption Technology in Water Treatment: fundamentals, processes, and modeling. Walter de Gruyter GmbH Co.KG, Berlin/Boston. 344 s. ISBN 9783110240238.

Worch E., 2019: Drinking Water Treatment: An Introduction. Walter de Gruyter GmbH Co.KG, Berlin/Boston. 323 s. ISBN 3110551551.

Wricke B., 2019: Wasseraufbereitung. In: Baur A., Fritsch P., Hoch W., Merkl G., Rautenberg J., Weiß M., Wricke B.: Mutschmann/Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung. Springer Vieweg, Germany. S. 277-383. ISBN 978-3-658-23221-4.

Zabel TH.F., 1992: Flotation in Water Treatment. In: Marvos P., Matis K.A. (eds.): Innovations in Flotation Technology. NATO ASI Series (Series E: Applied Sciences), vol 208, Springer, Dordrecht. S. 432-454. ISBN 978-94-010-5175-0.

8. Přílohy

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1: Kvalita vody v ČR v letech 1991 – 1992 (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/669424/Modra_zprava_2019_web.pdf>.

Obrázek 2: Kvalita vody v ČR v letech 2018 – 2019 (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/669424/Modra_zprava_2019_web.pdf>.

Obrázek 3: Technologické schéma jednostupňové úpravy vody bez separačního stupně (Tuhovčák & kol., 2006).

Obrázek 4: Technologické schéma úpravy vody s jednostupňovou separací (Tuhovčák & kol., 2006).

Obrázek 5: Technologické schéma úpravy vody s dvoustupňovou separací (Tuhovčák & kol., 2006).

Obrázek 6: Technologické schéma úpravy vody s vícestupňovou separací (Tuhovčák & kol., 2006).

Obrázek 7: Schéma zásobování pitnou vodou pro hl. m. Prahu (online) [cit. 2021.03.02], dostupné z <<https://www.pvk.cz/o-spolecnosti/technicka-a-vyrobnidata/zakladni-informace/vyroba-a-dodavka-vody/>>.

Obrázek 8: Hala ČS v ÚV Káraný (Jásek & kol., 2019).

Obrázek 9: Schéma umělé infiltrace Káraný (online) [cit. 2021.03.07], dostupné z <<https://www.vodarnakarany.cz/>>.

Obrázek 10: Muzeum pražského vodárenství (Jásek & kol., 2019).

Obrázek 11: Štolový přivaděč: Těžení rubaniny (Chlum, 1974).

Obrázek 12: Schéma Švihov (online) [cit. 2021.02.14], dostupné z <<http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/svihov.pdf>>.

Obrázek 13: Schéma distribuce vodovodní sítě (online) [cit. 2021.03.13], dostupné z <http://envis.praha-mesto.cz/rocenky/Pr05_html/B2_02.htm>.

Obrázek 14: Přehled hlavních zásobních pásem

Obrázek 15: Situační schéma vybrané lokality (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Obrázek 16: Zásobení pásem (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Obrázek 17: Rozvojové plochy v roce 2016 (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Obrázek 18: Životnost materiálu potrubí (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Obrázek 19: Priorita obnovy sítě (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Obrázek 20: Předpokládaný plán obnovy vodovodních řadů v zásobním pásmu 1490.

Obrázek 21: Předpokládaný plán obnovy vodovodních řadů v zásobním pásmu 1460.

Obrázek 22: Nově vzniklé zásobní pásmo 1491 a 1492 (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Obrázek 23: Potřeba vody výhledový stav (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Obrázek 24: Plán obnovy vodohospodářské infrastruktury v tis. Kč (PVS a.s., 2019).

Obrázek 25: Ztrátovost vody v letech 2016 až 2020 v % (PVK a.s., 2020).

Obrázek 26: Voda fakturovaná a nefakturovaná v letech 2016 až 2020 (v tis. m³) (PVK a.s., 2020).

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1: Typy úprav surové vody podle kategorií (Vyhláška č. 428/2001 Sb. příloha č. 13).

Tabulka 2: Klasifikace tříd jakosti povrchových vod (online) [cit. 2021.01.27], dostupné z <http://envis.praha-mesto.cz/rocenky/pr_99/kap_021.htm>.

Tabulka 3: Přehled rozdělení a způsoby úpravy vod (Grünwald, 1997).

Tabulka 4: Zásobní pásma a jejich zásobení.

Tabulka 5: Potřeba vody v roce 2016 pro vybrané pásma.

Tabulka 6: Stupně priority obnovy sítě (D plus projektová a inženýrská a.s., 2016).

Tabulka 7: Přehled vodáren.

Tabulka 8: Průměrná denní potřeba vody.

Tabulka 9: Průměrná denní potřeba vody