

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



**ZNEČIŠTĚNÍ POVRCHOVÝCH VOD POCHÁZEJÍCÍ
Z DOMÁCNOSTÍ V ČR**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor práce: Milan Jankuliak

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

Garantující pracoviště: Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

© Praha 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Milan Jankuliak

Územní technická a správní služba

Název práce

Znečištění povrchových vod pocházející z domácností v ČR

Název anglicky

Surface water pollution from households in the Czech Republic

Cíle práce

Popsat druhy a zdroje znečištění povrchových vod pocházející z domácností v ČR a zhodnotit možnosti nahrazení těchto zdrojů za jiné, za účelem snížení vypouštěného množství škodlivin do povrchových vod. Vyhodnotit neúčinnější druhy čištění odpadních vod a porovnat jejich vliv na životní prostředí.

Metodika

Popsat jednotlivé druhy odpadních vod a druhy znečištění. Analýza dostupných zdrojů k tématu znečištění povrchových vod z domácností a vyhodnocení nevhodnějších technologií pro čištění odpadních vod.

Doporučený rozsah práce

35 stran textu

Klíčová slova

Voda, povrchové vody v ČR, odpadní vody, čištění odpadních vod, domácnosti, znečištění povrchových vod, eutrofizace.

Doporučené zdroje informací

BAREŠ, P. – HERLE, J. *Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00587-6.

PITTER, P. *Hydrochemie : celost. vysokošk. učebnice pro stud. vys. škol chemickotechnologických oborů*. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00525-6.

ŠÁLEK, J. – TLAPÁK, V. – ČESKÁ KOMORA AUTORIZOVANÝCH INŽENÝRŮ A TECHNIKŮ ČINNÝCH VE VÝSTAVBĚ. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2006. ISBN 80-86769-74-7.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2016

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 09. 04. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Mgr. Marka Vacha, Ph.D., a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 11.4.2017

podpis:

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za poskytnutí odborných rad při zpracování bakalářské práce.

V Praze dne 11.4.2017

Znečištění povrchových vod pocházející z domácností v ČR

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou znečištění povrchových vod v České republice. Jako jednoho z menších znečišťovatelů popisuje domácnosti. V současné době, kdy se životní úroveň a konzumní způsob života domácností stále zvyšují, je nutno dbát na ochranu životního prostředí pro budoucí generace a poučit se z minulosti, zejména z 90 let 20. století, kde byl stav povrchových vod velice špatný. V teoretické části práce je popsána povrchová voda, její druhy, vlastnosti a složení. Dále jsou v práci popsány splaškové odpadní vody z domácností, její vlastnosti a složení. Jsou zde popsány látky denně používané a vypouštěné do kanalizace – léčiva, prací a čisticí prostředky, kosmetické přípravky, potravinové odpady atd.. Dále jsou v práci popsány způsoby čištění odpadních vod, účinnost jednotlivých stupňů čištění a vyhodnocení neúčinnějšího způsobu čištění odpadních vod. V závěru práce je vyhodnocení a porovnání stavu povrchových vod v České republice.

Klíčová slova:

Voda, povrchové vody v ČR, odpadní vody, čištění odpadních vod, domácnosti, znečištění povrchových vod, eutrofizace.

Pollution of surface water originating from households in the Czech Republic

Abstract

This bachelor thesis deals with the issue of surface water pollution in the Czech Republic. Households are meant to be one of the smaller polluters. Nowadays, when the living standards and consumer lifestyle of households continue to increase, it is necessary to protect the environment for future generations and learn from the past, especially from the 90's of the 20th century, when the condition of surface water was very bad. In the theoretical part the surface water is described, together with its types, characteristics and composition. Furthermore, the work describes sewage water from households, its characteristics and composition. There are described substances which are used daily and discharged into the sewerage system - pharmaceuticals, detergents and cleaners, cosmetic products, food waste etc. Further, there is a detailed description of wastewater treatment methods, the effectiveness of various stages of the treatment and evaluation of the most effective method of wastewater treatment. In the conclusion of this work there is evaluation and comparison of the surface water condition in the Czech Republic.

Keywords:

Water, surface water in the Czech Republic, waste water, wastewater treatment, households, surface water pollution, eutrophication.

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. VODA.....	4
2.1. <i>VLASTNOSTI VODY.....</i>	<i>4</i>
2.1.1. <i>FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI VODY.....</i>	<i>4</i>
2.1.2. <i>ORGANOLEPTICKÉ VLASTNOSTI VODY.....</i>	<i>5</i>
2.1.2.1. <i>TEPLOTA.....</i>	<i>6</i>
2.1.2.2. <i>BARVA.....</i>	<i>6</i>
2.1.2.3. <i>ZÁKAL.....</i>	<i>7</i>
2.1.2.4. <i>PACH.....</i>	<i>8</i>
2.1.2.5. <i>CHUŤ.....</i>	<i>9</i>
2.1.3. <i>ROZPUSTNOST TUHÝCH LÁTEK, PLYNŮ A KAPALIN VE VODĚ.....</i>	<i>10</i>
2.1.4. <i>OBECNÉ SLOŽENÍ VOD.....</i>	<i>11</i>
2.2. <i>DRUHY VOD ČLENĚNÍ DLE POUŽITÍ V DOMÁCNOSTECH.....</i>	<i>12</i>
2.2.1. <i>PITNÁ VODA.....</i>	<i>12</i>
2.2.2. <i>UŽITKOVÁ VODA.....</i>	<i>12</i>
3. POVRCHOVÉ VODY.....	12
3.1. <i>ZNEČIŠTĚNÍ POVRHOVÝCH VOD.....</i>	<i>13</i>
3.1.1. <i>SAMOČIŠTĚNÍ.....</i>	<i>13</i>
3.1.2. <i>DRUHY ZNEČIŠTĚNÍ POVRCHOVÝCH VOD.....</i>	<i>13</i>
3.1.2.1. <i>TEPELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ.....</i>	<i>13</i>
3.1.2.2. <i>PRIMÁRNÍ ZNEČIŠTĚNÍ.....</i>	<i>14</i>
3.1.2.3. <i>SEKUNDÁRNÍ ZNEČIŠTĚNÍ.....</i>	<i>14</i>
4. ODPADNÍ VODY.....	15
4.1. <i>SPLAŠKOVÉ ODPADNÍ VODY.....</i>	<i>17</i>
4.1.1. <i>VLASTNOSTI SPLAŠKOVÝCH ODPADNÍCH VOD.....</i>	<i>17</i>
4.1.2. <i>SLOŽENÍ SPLAŠKOVÝCH ODPADNÍCH VOD.....</i>	<i>19</i>
4.2. <i>SPLAŠKOVÉ ODPADNÍ VODY Z DOMÁCNOSTÍ.....</i>	<i>20</i>
4.3. <i>CHEMICKÉ LÁTKY V ODPADNÍCH VODÁCH Z DOMÁCNOSTÍ.....</i>	<i>22</i>
4.3.1. <i>PRACÍ A ČISTÍCÍ PROSTŘEDKY.....</i>	<i>22</i>
4.4. <i>ODPADNÍ VODY Z TOALET.....</i>	<i>29</i>

4.4.1. LÉČIVA.....	29
4.4.1.1. LÁTKY S HORMONÁLNÍMI ÚČINKY.....	31
4.4.1.2. ANTIBIOTIKA.....	32
4.4.1.3. PROTIZÁNĚTLIVÉ NESTEROIDNÍ LÁTKY.....	33
4.4.2. TOALETNÍ PAPÍR.....	33
4.4.3. POTRAVINOVÝ ODPAD Z DOMÁCNOSTÍ.....	33
4.5. CO NEPATŘÍ DO KANALIZACE.....	35
5. ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD.....	35
6. STAV POVRCHOVÝCH VOD V ČR.....	38
6.1. KVALITA VODY VE VODNÍCH TOCÍCH V ČR.....	39
6.2. KVALITA VODY VE VODÁRENSKÝCH A JINÝCH NÁDRŽÍCH V ČR.....	41
7. ZÁVĚR + DISKUSE.....	41
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	44
SEZNAM TABULEK, GRAFŮ, OBRÁZKŮ.....	52

SEZNAM ZKRATEK

AOP	Advanced oxidation proces - pokročilé oxidační procesy
BSK	Biochemická spotřeba kyslíku
CEMC	České ekologické manažerské centrum, z. s.
CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČOV	Čistírna/y odpadních vod
ČSN	Česká státní norma
DDT	1, 1, 1-trichlor-2,2-bis(4-chlorfenyl)ethan, dichlorodiphenyltrichloroethan
EEA	Evropská agentura pro životní prostředí
EO	Ekvivalentní obyvatel
EU	Evropská unie
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
Mze	Ministerstvo zemědělství
NEK	Normy environmentální kvality
OPŽP	Operační program životní prostředí
ORP	Oxidačně-redukční potenciál
OSN	Organizace spojených národů
PPCPs	Pharmaceuticals and personal care products - léčiva a prostředky pro osobní péči
SVS	Severočeská vodárenská společnost a.s.
SZÚ	Státní zdravotní ústav

1. Úvod

Voda je jednou ze základních podmínek pro existenci života na Zemi. Voda je život. Je nezbytná pro život člověka, fauny i flory.

Sladká voda je domovem 35 % obratlovců (ČHMÚ, 2013).

Pošta a kol. (2005) uvádí, že je voda drahocenná a pro člověka ničím nahraditelná surovina. Zásoby sladké vody nejsou nevyčerpatelné. Sladká voda tvoří necelé 2,5 % veškeré vody na Zemi, z níž je zhruba jen jedna desetina tvořena vodou povrchovou.

Voda je základní existenční potřebou člověka. Je to potravina i surovina. Hospodářské využívání vody, resp. nakládání s vodami v území, představuje řadu aktivit. Patří k nim vzdouvání vody pomocí vodních děl a využívání jejich energetického potenciálu, využívání vodních děl k plavbě, nebo k plavení dřeva, k chovu ryb, nebo vodní drůbeže. Významnou aktivitou je odběr vody pro různé účely a zpětné vypouštění odpadních vod zpět do recipientu (Adamec a kol., 2012).

Voda tvoří nezbytnou složkou životního prostředí všech ekosystémů. Význam vody pro člověka spočívá v její funkci biologické, zdravotní, kulturní a estetické, politické a vojensko – strategické. Neméně významnou roli hraje voda jako surovina ve výrobě, nositel energetického potenciálu, chladicí médium, význam má i funkce dopravní apod. *Biologická funkce vody* je nezastupitelná, voda má vedle půdy prvořadý význam v zajištění výživy lidstva, tvoří základní složku biomasy. V těle dospělého člověka je obsaženo 70 % vody. K životu člověk potřebuje 2,5 až 3 litry biologicky hodnotné pitné vody denně, a to včetně vody obsažené v potravinách. Úkolem pitné vody pro člověka není jen náhrada ztráty vody v organismu, ale také přísun stopových prvků – mikroelementů, které jsou nedílnou součástí zdravé výživy člověka. *Zdravotní funkce* vody spočívá v tom, že je nezastupitelná pro zajištění osobní i veřejné hygieny člověka a pro jeho rekreaci, umožňuje mu aktivní odpočinek při provozování vodních sportů a přispívá tak k upevnování zdraví a regeneraci. Slouží k mytí, čištění, k odstraňování odpadů, k přenosu tepla při vytápění budov, klimatizaci apod. *Funkce kulturní a estetická* spočívá ve zkrášlení krajiny a sídlišť, krajinné oblasti s nedostatkem vody lze zkulturnit jen za cenu umělého přivedení vody ze vzdáleného vodního zdroje (Říha, 2014).

Snad každý z nás si uvědomuje, že bez vody nelze žít. Dokonce bylo v roce 1993 vyhlášeno Valné shromážděním OSN 22. březem Světovým dnem vody. Tento den bychom si měli všichni připomenout a hlavně uvědomit význam a důležitost vody a také to, že o vodu je potřeba pečovat a chránit ji.

Voda je pro člověka jednou z nejdůležitějších látek pro život a základní potřeby. Voda tvoří 70 % zemského povrchu, z toho přibližně 2,5 % je voda sladká a 97,5 % voda slaná, která je pro člověka téměř nepoužitelná. Dle studie OSN bude lidstvo už za 10 let využívat 90 % všech vodních zdrojů a téměř 3,5 miliardy lidí na celém světě začnou pociťovat jejich nedostatek. V současnosti je na jedné straně v mnoha zemích považována voda za samozřejmost a velmi často se s ní neuváženě plýtvá, na straně druhé velká část světové populace trpí fatálním nedostatkem pitné vody. V České republice se průměrná spotřeba vody na osobu a den uvádí asi 100 litrů (Pitter, 2015, uvádí i 150 l) v zemích třetího světa je to jen 10 litrů. Naprosto běžnou věcí, nad kterou se dnes ani nezamýšlíme, je pro nás například napustit si jakékoliv množství vody k pití, plná vana vody ke koupání, nebo splachování WC (SVS, 2015).

Každý rok lidstvo spotřebuje 3800 km³ sladké vody, z toho 70 % je použito v zemědělství, 20 % v průmyslové výrobě a 10 % v domácnostech (ČHMÚ, 2013).

Evropská agentura pro životní prostředí ve své hodnotící zprávě konstatuje, že jakost pitné vody i koupacích vod se dlouhodobě zlepšuje a zvyšuje se i efektivita čištění odpadních vod. Čistírny odpadních vod však spolu se zemědělskými provozami stále představují významný zdroj znečištění. Zvyšujícím se, a zatím dost těžce řešitelným problémem je znečištění vod plastovými mikročásticemi, které jsou jako abraziva součástí řady kosmetických a čistících prostředků. EU chce také věnovat více pozornosti znečištění vod mikroorganismy rezistentními na antibiotika (Cenia, 2016). Léčiva a zbytky přípravků pro osobní péči byly zjištěny v odpadních vodách po celém světě (Blair, 2013). Miège et al. (2009) uvádí existenci databáze obsahující 184 PPCPs a jejich charakteristik v odpadních vodách. Právní předpisy EU stanovují pro členské státy závazné normy k zajištění vysoké kvality vody k pití i vody k rekreaci (ke koupání) s cílem omezit znečištění způsobené vypouštěním odpadních vod do životního prostředí. Tyto předpisy významně přispívají k zajištění veřejného zdraví a ochrany životního prostředí v rámci Evropy. Členské státy musí provádět

měření dle stanovených pravidel a klíčové výsledky týkající se kvality vod hlásit. V Evropě pochází 40 % vody určené pro pití z povrchových vod (EEA, 2016).

Přípustnou míru znečištění definuje také Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Nakládat s vodami se musí v souladu se Zákonem o vodách (č. 254/2001 Sb.) (Raszka, 2016).

Jakost povrchových tekoucích vod se stanovuje podle ČSN 757221 Klasifikace jakosti povrchových vod. Tato norma se používá ke srovnání jakosti na různých místech a v různém čase. Podle ní se tekoucí povrchové vody řadí do pěti tříd:

- I. třída: neznečištěná voda
- II. třída: mírně znečištěná voda
- III. třída: znečištěná vody
- IV. třída: silně znečištěná voda
- V. třída: velmi silně znečištěná voda

(Pitter, 2015)

Látky, které mohou ohrozit jakost povrchových, podzemních nebo odpadních vod, jsou závadné látky. Ty se podle legislativy dělí na nebezpečné látky a zvlášť nebezpečné látky. Z hlediska odpadních vod patří mezi zvlášť nebezpečné závadné látky např. rtuť, kadmium, DDT, hexachlorcyklohexan (HCH), tetrachlormethan (Pitter, 2015).

V ČR bylo ke dni 31. 12. 2015 pitnou vodou z vodovodu zásobeno 94,2 % obyvatel, připojeno na kanalizaci 84,2 % obyvatel a pracovalo 2495 čistíren odpadních vod (Mze, 2015).

V Evropě a Středomoří je naléhavě nutné zlepšit účinnost využívání vody a rozšířit existující zdroje vody z více udržitelných alternativ. Vyčištěné odpadní vody jsou čím dál důležitější v oblasti řízení vodních zdrojů a životního prostředí, ale i z hlediska ekonomického. Výhody vyčištěných odpadních vod a jejich opakovaného (nepřímého, nebo přímého použití) jsou evidentní, i když je třeba brát v úvahu i některá rizika jako je hygienické riziko, ale také ekonomické hledisko (Vrbovský, 2011).

Tato práce se věnuje tématu, které je v dnešní době velmi aktuální, a to znečištění povrchových vod odpadními vodami z domácností se zaměřením na území České republiky. I když domácnosti nepatří v celkovém měřítku z hlediska kvantity k největším zdrojům znečištění povrchových vod, znečišťující látky obsažené ve splašcích jsou významné z hlediska svého složení. V teoretické části se práce věnuje především složení odpadních vod z domácností, ale také čištění odpadních vod, druhům znečištění povrchových vod a v závěru i aktuálnímu stavu znečištění povrchových vod v České republice.

2. Voda

2.1. Vlastnosti vody

2.1.1. Fyzikální a chemické vlastnosti vody

Jednou z nejdůležitějších chemických vlastností vody je její *polární charakter*.

Další důležitou vlastností je schopnost tvořit *vodíkové vazby (můstky)* a z toho vyplývající sklon molekul vody sdružovat se jejich prostřednictvím ve větší celky. Díky těmto vlastnostem má voda největší hustotu při teplotě 3,98 °C. Tato anomálie brání promrzání vody v nádržích až ke dnu a umožňuje tak přežití některých vodních organismů. Je také příčinou teplotní stratifikace a proudění v nádržích, což ovlivňuje chemické a biochemické procesy probíhající ve vodě.

Pro vodu je také typické *velké povrchové napětí*, proto se chová tak, jako by její povrch byl pokryt tenkou pružnou blánou, schopnou udržet na povrchu drobné částičky (prach) a organismy (např. Vodoměrku štíhlou). Povrchové napětí je příčinou kapilární elevace, vzlínivosti vody v kapilárách. Tento jev ovlivňuje např. distribuci vody v půdě (Pitter, 2015a). Povrchové napětí ovlivňuje do značné míry fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti vody. Snížení povrchového napětí je příčinou pěnění na turbulentních místech toku (v řekách i v kanalizaci) a při provzdušňování na biologických čistírnách odpadních vod. Snížení povrchového napětí má nepříznivý vliv na život organismů ve vodě, v povrchových vodách na přestup kyslíku difuzí hladinou a při aeraci odpadních vod na čistírnách. Snížení povrchového napětí na určitou hodnotu škodlivě působí na ryby, pravděpodobně bez ohledu na typ povrchově aktivní látky, která toto snížení vyvolala. Snížení

povrchového napětí vody způsobují povrchově aktivní látky (tenzidy) přírodního nebo antropogenního původu. Mezi pěnící látky přírodního původu patří saponiny a do určité míry i huminové látky. Se snižující se teplotou povrchové napětí vzrůstá. Měřením povrchového napětí v některých povrchových a odpadních vodách se zjistila závislost povrchového napětí na druhu a stupni znečištění (měřením se zabývali např. Malingerová, Malinger, 1990). Měření povrchového napětí lze využít pro rychlý nepřímý odhad koncentrace tenzidů v odpadních vodách z jejich výroby.

Elektrická konduktivita, nebo také jen konduktivita, je mírou koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody a slouží také ke kontrole výsledků chemického rozboru vody, používá se při posuzování jakosti různých druhů vod. Konduktivita tedy slouží jako přibližná míra koncentrace elektrolytů ve vodě.

Oxidačně-redukční potenciál přírodních vod je obvykle dán koncentrací rozpuštěného kyslíku. Podle hodnot oxidačně redukčního potenciálu rozlišujeme podmínky aerobní (kyslíkaté, oxické), anaerobní (bez kyslíkaté) a anoxické, někdy ještě také mikroaerobní. Za anoxických podmínek není ve vodě přítomen rozpuštěný elementární kyslík, ale značná část organotrofních mikroorganismů může využívat pro oxidaci organických látek dusitany a dusičnany, které redukují převážně na elementární dusík. Za anoxických podmínek nevznikají typické produkty anaerobního metabolismu (methan, sulfidická síra). Sírany a organické látky se redukují na sulfidickou síru, resp. methan a oxid uhličitý, teprve v podmínkách anaerobních. Ke vzniku páchnoucího sulfanu ve vodě tak může dojít teprve po vyčerpání nejenom kyslíku, ale i dusičnanů a dusitanů. V heterogenních soustavách (např. voda-biomasa, voda-sedimenty) se někdy rozlišují ještě podmínky mikroaerobní, za těchto podmínek je v kapalně fázi koncentrace rozpuštěného kyslíku měřitelná, ale v tuhé fázi už není, protože je spotřebován probíhajícími enzymovými procesy rychleji, než se stačí difuzí z kapalně fáze doplňovat. Oxidačně-redukční potenciál (ORP) slouží k výpočtu poměrného zastoupení jednotlivých oxidačních stupňů daného prvku ve vodě, nebo naopak k jeho odhadu z chemického složení vod. Prakticky se používá ORP např. při analýze chování sedimentů v povrchových vodách, ale např. i při stanovování jakosti bazénových vod.

2.1.2. Organoleptické vlastnosti vody

Jsou to takové vlastnosti, které jsou zjistitelné smyslovými orgány (zrakem, čichem, chutí). Při zkoušení vlastností prostřednictvím smyslových orgánů se hovoří o senzoričké analýze. Mezi organoleptické ukazatele jakosti vody patří teplota, barva, zákal a chuť.

2.1.2.1. Teplota

Teplota významně ovlivňuje chemickou a biochemickou reaktivitu, údaj teploty je nezbytný při výpočtu chemické rovnováhy ve vodách, při stanovování biochemické spotřeby kyslíku, při hodnocení samočištění povrchových vod aj.. Velký význam má teplota povrchových vod, protože ovlivňuje rozpustnost kyslíku, rychlost biochemických pochodů, a tím i celý proces samočištění. Při vypouštění oteplených vod do vod povrchových se někdy hovoří o tepelném znečištění (zatížení). Teplota je jedním z významných ukazatelů jakosti vody pro život a reprodukci ryb (Pitter, 2015).

2.1.2.2. Barva

Barva vody může být přírodního nebo antropogenního původu. Barva přírodních vod je způsobena především huminovými látkami, které jsou jejich běžnou součástí, a to především vod povrchových. Vodu mohou zbarvovat látky rozpuštěné i nerozpuštěné. Tzv. skutečná barva vody je způsobená jen rozpuštěnými látkami, které prochází filtrem o velikosti pórů 0,45 mikrometrů, tzv. barva zdánlivá je způsobená barevností rozpuštěných i nerozpuštěných látek, většinou koloidního charakteru. Příkladem zdánlivé barvy je např. zelená až zelenomodrá barva silně eutrofizovaných vod, způsobená přítomností sinic a řas. Jiné barvy, např. žlutá až žlutohnědá mohou být způsobeny huminovými látkami nebo odpadními látkami z výroby celulózy, hnědě zbarvené jsou i fenolové odpadní vody. Dalším zdrojem barevnosti povrchových vod mohou být některé průmyslové odpadní vody, především z výroby barviv a textilního průmyslu (barvírny). Barva vody a její intenzita bývá závislá na hodnotě pH a na oxidačně-redukčním potenciálu.

Barva vody se může stanovovat vizuálně, pak se výsledek vyjadřuje slovním popisem odstínu a jeho intenzity. U přírodních a užitkových vod se intenzita zbarvení srovnává s řadou porovnávacích roztoků nebo se v komparátorech barva vody porovnává s barvou různě zbarvených sklíček (skleněnými standardy). Výsledky se vyjadřují jako obsah platiny (v mg) v 1 litru. Objektivně se stanovuje barva vody spektrofotometricky. Intenzita barvy je pak charakterizována absorpcí světla při vlnové délce maximální absorpce s číselným vyjádřením hodnoty absorbance změřené v kyvetě s optickou délkou 1 cm. Dalším způsobem vyjádření barvy bývá spektrální absorpční koeficient (pro přepočítání z absorbance existuje vzorec). Pro stanovení nečistých odstínů barev (hnědá, šedá, olivová) se používá trichromatická (tristimulová) metoda, která vychází z předpokladu, že z hlediska zrakového pocitu je barva trojrozměrnou veličinou, kterou lze charakterizovat třemi hodnotami: barevným tónem (odstínem), čistotou a jasem.

Tabulka č. 1: Barvy a odpovídající vlnové délky světla

Vlnová délka/nm	Barva	Vlnová délka/nm	Barva
400 až 435	řialová	560 až 580	zelenožlutá
435 až 480	modrá	580 až 595	žlutá
480 až 490	zelenomodrá	595 až 605	oranžová
490 až 500	modrozelená	605 až 730	červená
500 až 560	zelená	730 až 760	purpurová

Zdroj: Pitter, 2015

2.1.2.3. Zákal

Zákal lze definovat jako snížení průhlednosti (transparence) vody nerozpuštěnými látkami. Zákal vody je způsoben anorganickými nebo organickými látkami (většinou koloidně dispergovanými), které mohou být přírodního nebo antropogenního původu. Jedná se např. o jílové materiály, hydratované oxidy kovů (hlavně železa a manganu), bakterie, plankton (řasy a sinice), detrit (jemně dispergované zbytky těl rostlinných a živočišných organismů) aj.

Povrchové vody bývají velmi často zakaleny splachem půdních vrstev (jílovými minerály), planktonem a zvířenými dnovými sedimenty. Zákal splaškových odpadních vod je tvořen převážně organickými látkami.

Zákal se stanoví měřením útlumu intenzity procházejícího záření kapalinou nebo měřením zářivého toku rozptýleného záření. Semikvantitativně se stanoví zákal měřením průhlednosti zkušební trubicí (průhledovou zkouškou) nebo zkušební deskou (u obou se udává výška kapaliny, při které je vzor písma, zkušební značka nebo deska jasně patrné při pohledu shora). Kvantitativně se měří turbidimetricky útlum zářivého toku procházejícího kapalinou, nebo nefelometricky zářivý tok rozptýlený kapalinou. Výsledky stanovení zákalu se uvádějí v porovnání s kalibračním standardem. Metoda turbidimetrická je vhodná pro silněji zakalené vody, ale stanovení ruší krvotvorné látky.

Na stejném principu jako měření zákalu je založen i odhad koncentrace suspendovaných částic, ten se používá např. pro přibližné provozní sledování koncentrace sušiny v kalu v aktivační směsi, pro odhad rozvoje mikroorganismů při testech toxicity aj. (Pitter 2015).

Pošta a kol. (2005) rozlišuje a uvádí zvlášť zákal a průhlednost. Průhlednost závisí na barvě a zákalu vody a stanovuje se průhledovou zkouškou.

2.1.2.4. Pach

Pach přírodních vod může být způsoben látkami, které mohou být přírodní součástí vody (např. sulfan nebo jód v některých minerálních vodách), látkami biologického původu (vznikají životní činností a odumíráním rostlin, sinic, řas, bakterií, aktinomycet, plísní a hub ve vodě) nebo látkami obsaženými ve splaškových a průmyslových odpadních vodách.

Pach může být primární, voda ho získává při formování svého složení a při svém znečišťování různými odpady. Pach sekundární voda získává např. při hygienickém zabezpečování chlorací, jedná se pak nejen o pach samotného chloru, ale i pach chlorderivátů, které vznikají z přítomných organických látek.

S průmyslovými a splaškovými odpadními vodami se může do povrchových i podzemních vod dostat řada látek, které můžou mít významný vliv na organoleptické

vlastnosti vody, charakteristický pach mají např. uhlovodíky, alkoholy, kyseliny, estery, ethery, thioly, aminy, terpeny a chlorované látky.

Druh pachu může být ovlivněn koncentrací sloučeniny (např. nižší alifatické aminy). Různé látky ve směsích se můžou projevit účinky na sobě nezávislými, nebo se jejich účinky mohou vzájemně potlačovat (antagonismus) nebo naopak zesilovat (synergismus).

Koncentrace látky rozpuštěné ve vodě, která vyvolává právě postižitelný pach, se nazývá prahová koncentrace pachotvorné látky. Obvykle se udává v mg v 1 litru, ale pro srovnání je nezbytné vyjadřovat výsledky jako látkové koncentrace (např. mikromol v 1 litru), protože pachový vjem závisí hlavně na počtu částic v objemové jednotce vody, nikoli na jejich hmotnosti. Prahové koncentrace pachu uváděné v literatuře jsou orientační v důsledku subjektivního hodnocení.

U většiny organických látek bývají prahové koncentrace pachu nižší než prahové koncentrace chuti a prahové koncentrace pachu u pachotvorných látek jsou většinou menší než nejvyšší přípustné koncentrace toxického působení, a proto má stanovení pachu vody z hygienického hlediska velký význam při hodnocení jakosti pitné vody, užitkových i přírodních vod.

Druh pachu se označuje slovně jako zemitý, fekální, hnilobný, plísňový, rašelinový, po jednotlivých chemikáliích apod.

Intenzita pachu se při orientační senzorické analýze vyjadřuje ve stupních 0 - žádný, 1 - velmi slabý, 2 - slabý, 3 - znatelný, 4 - zřetelný, 5 - velmi silný. Intenzita pachu je závislá na teplotě, obvyklá zkušební teplota je 25 °C, někdy je doporučována i teplota 40 °C a 60 °C, aby organoleptické závady lépe vynikly.

2.1.2.5. Chuť

Chuť vody je významně ovlivňována koncentrací vápníku, hořčíku, železa, manganu, zinku, mědi, hydrogenuhličitanů, chloridů, síranů, oxidu uhličitého aj. Z anorganických složek jsou v pitné vodě žádoucí hydrogenuhličitan a vápník, protože ovlivňují chuť vod pozitivně. Pro vznik kladného chuťového vjemu je významný poměr koncentrací vápníku a hořčíku a koncentrací hydrogenuhličitanů, síranů a chloridů. Velmi málo mineralizované vody nejsou z hlediska

organoleptického posuzované příznivě, ale chuťové závady vznikají naopak i při vysoké celkové mineralizaci (většinou už při hodnotách nad 500 mg v 1 litru).

Látky, které způsobují pach vody, ovlivňují obvykle i její chuť. Některé anorganické látky však ovlivňují chuť, ale ne pach.

Z hlediska chuti je nejvhodnější hodnota pH asi v rozmezí 6,5 až 7,5. Intenzita chuťových vjemů se stoupající teplotou klesá, pro sensorické hodnocení pitné vody se doporučuje teplota asi 15 °C až 20 °C.

Senzorickou analýzou se stanovují kvality (příchuti): sladká, slaná, kyselá, hořká, svíravá, kovová, zemitá, trpká, plíšňová, louhová, železitá aj.. Intenzita se v praxi obvykle hodnotí kvantitativně šestibodovou stupnicí (0 – 5). Chuť přijatelná má stupeň 0 až 2, stupeň 3 až 5 se považuje za chuť nepřijatelnou (Pitter, 2015).

Pošta a kol. (2005) uvádí, že při pH nad 8 získává voda mýdlovou příchuť. Hořká příchuť vzniká při kombinaci větší koncentrace hořčíku se sírany, slaná chuť při kombinaci chloridů a sodíku.

2.1.3. Rozpustnost tuhých látek, plynů a kapalin ve vodě

Přírodní a odpadní vody obsahují řadu rozpuštěných organických a anorganických látek, z hydrochemického a hygienického hlediska neexistují látky nerozpustné ve vodě, všechny se částečně rozpouštějí.

Zvýšená mineralizace vod zvyšuje rozpustnost anorganických látek, u látek organických je tomu naopak, dochází k jejich vysolování.

Rozpustnost látek závisí do značné míry na teplotě. Většina organických a anorganických látek se rozpouští endotermicky, tj. jejich rozpustnost se vzrůstající teplotou roste. Naopak rozpustnost látek, které se rozpouští exotermicky, se vzrůstající teplotou klesá (např. uhličitán vápenatý, hydroxid hořečnatý). Rozpustnost plynů v kapalinách se řídí Henryho zákonem, podle kterého je rozpustnost plynu při nízkých tlacích přímo úměrná parciálnímu tlaku daného plynu nad roztokem. Vyjadřuje se obvykle jako hmotnostní koncentrace (mg v 1 litru).

Uváděné údaje o rozpustnosti konkrétních látek se mohou významně lišit, závisí totiž na podmínkách, za kterých se experimentální stanovení rozpustnosti provádí (Pitter, 2015).

2.1.4. Obecné složení vod

Voda vyskytující se v přírodě není chemicky čistá, vždy obsahuje rozpuštěné plyny a rozpuštěné i nerozpuštěné anorganické i organické látky.

Z chemického hlediska dělíme látky obsažené ve vodách na anorganické a organické.

Z fyzikálního hlediska mohou být látky v pravých roztocích jako iontově rozpuštěné látky (elektrolyty), nebo jako neiontově rozpuštěné látky (neelektrolyty), popř. jako látky nerozpuštěné (usaditelné, neusaditelné a vzplývavé). Prvek se může vyskytovat ve vodě současně v iontové i neiontové formě, jako kation i anion, proto je přesnější kvantitativní dělení na makrokomponenty a mikrokomponenty (koncentrace nižší než 1 miligram v 1 litru), případně i stopové koncentrace (udávané v jednotkách mikrogramů v 1 litru). Do základního složení přírodních a užitkových vod patří iontově rozpuštěné látky: vápník, hořčík, sodík a draslík (kationty) a hydrogenuhlíčitany, sírany, chloridy a dusičnany (anionty). Toto jsou typické makrokomponenty.

Používá se také dělení anorganických látek na kovy a polokovy a nekovy (např. sloučeniny jódu, síry, chloru, dusíku apod.)

Radioaktivní látky vyskytující se ve vodě mohou být přírodní, nebo umělé.

Mezi převážně neiontově rozpuštěné látky patří hlavně sloučeniny křemíku a dále rozpuštěné plyny, z nich je nejvýznamnější kyslík a oxid uhličitý. Neelektrolyty mezi makrokomponenty představuje křemík.

Složky přítomné v přírodních vodách v nízkých koncentracích se označují jako mikrokomponenty, mezi významné patří např. formy amoniakálního dusíku, některé kovy (Fe, Mn, Al, Cu, Zn), dusitany, fosforečnany, fluoridy, případně formy sulfidické síry.

Přírodní vody obsahují jen malé množství organických látek (kromě vod z rašelinišť), a to v iontové i neiontové formě. Jsou to např. uhlovodíky, huminové látky, tenzidy, organicky vázané halogeny aj..

Celkové koncentrace látek ve vodě se určuje skupinovými stanoveními, stanovuje se sušina látek celkových, rozpuštěných i nerozpuštěných a jejich ztráta žiháním. Rozdíl mezi sušinou a ztrátou žiháním je zbytek po žihání. Výsledky se udávají v mg v 1 litru, u ztráty a zbytku po žihání také v procentech (Pitter, 2015).

2.2. Druhy vod členění podle použití v domácnostech

2.2.1. Pitná voda

Je to veškerá voda, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství a voda určená k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby (Pitter, 2015).

2.2.2. Užitková voda

Je hygienicky nezávadná, není ale určená k pití a vaření. Ze zdravotního hlediska se na ni kladou stejné požadavky jako na vodu pitnou, některé z těchto požadavků mohou být méně přísné, ale mohou být i přísnější. (Pošta a kol., 2005).

3. Povrchové vody

Povrchové vody jsou všechny vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu. Dělí se na vody kontinentální a vodu mořskou. Kontinentální vody jsou jednak tekoucí (vodní toky), jednak stojaté (jezera, nádrže, rybníky) (Pitter, 2015).

Zákon o vodách (vodní zákon) definuje povrchové vody takto: povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu, tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních (Vodní zákon, §2).

Povrchové vody jsou z hlediska množství v ČR hlavním zdrojem. Hodnocení jakosti povrchových vod se provádí podle jejich fyzikálních, chemických a biologických vlastností (Pošta a kol., 2005).

Tyto ukazatele upravuje ČSN 75 7222 Kontrola jakosti povrchových vod. Dalším hlediskem posuzování jakosti je jejich upravitelnost na vodu pitnou, požadavky z tohoto hlediska jsou dány Vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 428/2001 (kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb.)

Povrchové vody jsou zdrojem vody pro člověka a zároveň i recipientem odpadních vod. Vypouštění odpadních vod způsobuje jejich soustavné znečišťování. Znečištění vody v tocích se projevuje estetickými závadami, nánosy, chemickým a

bakteriálním znečištěním, poškozením biologického stavu a změnami chemických a fyzikálních vlastností (VŠB TU Ostrava, 2010).

3.1. Znečištění povrchových vod

3.1.1. Samočištění

Povrchové vody mají určitou schopnost *samočištění* (samočisticí kapacitu), tou se rozumí schopnost samovolnými biologickými a chemickými procesy odstraňovat určité množství znečišťujících látek za časovou jednotku a získat tak původní čistotu. Samočištění se uplatňuje především při likvidaci organických látek, které tvoří většinou podstatnou část znečištění povrchových vod. Při hodnocení celkového znečištění musíme rozlišovat *vlastní znečištění* způsobené rostlinami a živočichy a produkty jejich látkové výměny a *znečištění cizího původu*, které se do povrchových vod dostává např. přítokem odpadních vod. Míra znečištění se kvantitativně stanovuje obtížně, protože závisí na poměru mezi samočisticí schopností danou kvalitou vody v recipientu a na množství odpadních látek, které se do ní přivádějí. (VŠB TU Ostrava, 2010)

3.1.2. Druhy znečištění povrchových vod

Změny složení povrchových vod mohou být *krátkodobé* (způsobené hlavně hydrologickými nebo klimatologickými poměry), nebo *dlouhodobé* (způsobené zejména antropogenní činností – chemizace zemědělství, urbanizace, industrializace). Vliv odpadních vod na jakost povrchové vody se posuzuje podle chemických, biologických a estetických změn vody, kterými jsou poškozeny veřejné zájmy.

Podle ovlivnění kvality povrchových vod lze závadné látky rozdělit do čtyř skupin:

- látky působící přímo toxicky
- látky ovlivňující kyslíkovou bilanci toku
- látky způsobující organoleptické závady
- tzv. inertní látky (anorganické nerozpuštěné nebo rozpuštěné netoxické)

Zdroje znečišťování můžeme dělit na:

- *bodové* - znečištění je do vodního útvaru přiváděno soustředěně a je možné zjišťovat jeho kvalitu i kvantitu (např. odpadní vody z městských čistíren a přímé vstupy průmyslové a městské kanalizace do toků)
- *plošné* - např. splachy z okolní půdy, především zemědělsky obdělávané
- *difúzní* - rozptýlené bodové zdroje

V EU se rozlišují pouze zdroje bodové a difúzní.

3.1.2.1. Tepelné znečištění

Je způsobeno nadměrným přívodem tepla do vodního útvaru. V důsledku dojde ke snížení rozpustnosti kyslíku ve vodě, zrychlení biochemických procesů a nepříznivému vlivu na ryby (Pitter, 2015).

Z hlediska způsobu znečištění a druhu znečišťujících látek můžeme rozdělit znečištění povrchových vod na primární a sekundární.

3.1.2.2. Primární znečištění

Je způsobeno látkami obsaženými v odpadní vodě, popř. změnou některých vlastností a lze je dále dělit na:

- znečištění inertními materiály (půda, kaolin apod.)
- znečištění organickými látkami buď přírodního původu (huminové látky), nebo antropogenního původu (např. ropné produkty, detergenty, pesticidy)
- znečištění anorganickými látkami
- znečištění bakteriální (zvýšený přísun mikroorganismů)
- znečištění radioaktivní

3.1.2.3. Sekundární znečištění

Označuje rozvoj některých organismů vyvolaný přísunem vhodných látek. Mezi typické příklady patří např. eutrofizace vodních nádrží, tj. zarůstání nádrží

řasami, sinicemi a rozsivkami, které je vyvoláno přísunem dusičnanů a fosforečnanů (VŠB TU Ostrava, 2010).

Tabulka č. 2: Přehled znečišťujících látek v odpadních vodách

ROZPUŠTĚNÉ	organické	biologicky rozložitelné	cukry, mastné kyseliny
		biologicky nerozložitelné	barviva
	anorganické		těžké kovy, sulfidy
NEROZPUŠTĚNÉ	organické	biologicky rozložitelné	škrob, bakterie
		biologicky nerozložitelné	plasty, papír
		usaditelné	celulózová vlákna
		neusaditelné	koloidní – bakterie plovoucí - papír
	anorganické	usaditelné	písek, hlína
		neusaditelné	brusný prach

Zdroj: Pošta a kol., 2005

Největšími producenty znečištění jsou:

- chemický průmysl
- výroba celulózy
- potravinářský průmysl

(VŠCHT v Praze, web. vscht.cz, nedatováno)

4. Odpadní vody

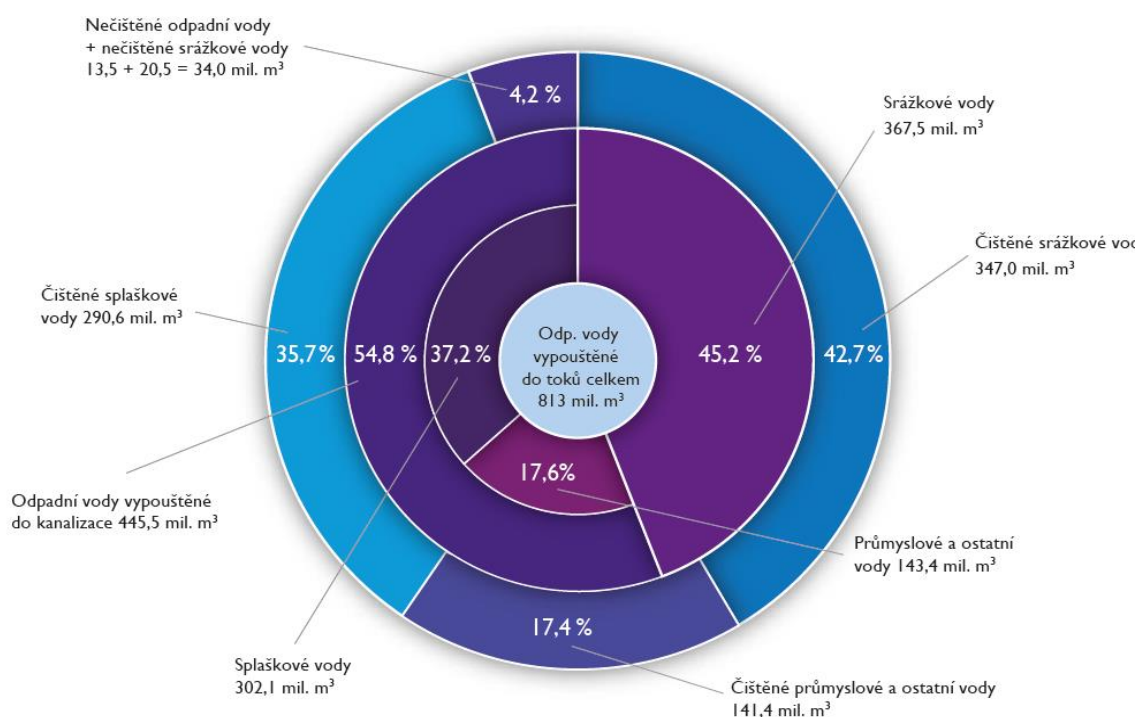
Zákon číslo 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v § 38 definuje odpadní vody jako vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, které prošly při použití změnou jakosti (složení nebo teploty), nebo i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod.

Odpadní voda je voda, jejíž kvalita byla zhoršena lidskou činností (Hellstein, nedatováno).

Můžeme je rozdělit na splaškové odpadní vody, průmyslové odpadní vody, městské odpadní vody a mezi odpadní vody patří i průsakové vody z odkališť, nebo ze skládek odpadů a dešťové odpadní vody (Pitter, 2015).

Pošta a kol. (2005) uvádí odpadní vody srážkové (odváděné do kanalizace z ulic, střech, nezpevněných ploch apod.), odpadní vody podzemní (vyskytující se v zemi, svedené do kanalizace úmyslně nebo neúmyslně) a vody odpadní městské (jsou směsí vod splaškových, srážkových, průmyslových a někdy i podzemních).

Graf č. 2: Struktura vypouštěných odpadních vod v ČR v roce 2015



Zdroj: MZe, 2016

Množství odpadních vod dle druhu vypouštěných do kanalizace v ČR v roce 2015 ukazuje následující tabulka.

Tabulka č. 3: Množství odpadních vod vypouštěných do kanalizace v roce 2015 v ČR

Ukazatel	
Odpadní vody celkem	445,5 mil. m ³
- z toho splaškových	302,1 mil. m ³
- z toho průmyslových a ostatních	143,4 mil. m ³

Zdroj: Mze, 2016, online

4.1. Splaškové odpadní vody

Odpadní vody z domácností, hygienických zařízení, objektů společného stravování, ubytování atd. se nazývají *splaškové vody* (splašky). Jsou znečištěny organickými i anorganickými látkami. Obsahují také řadu mikroorganismů, jedná se o živé i neživé organismy přicházející do odpadní vody s fekáliemi, případně i jinou cestou (nedostatečně dezinfikovaná voda z úklidu nemocničních prostor apod.). Splaškové vody jsou proto *velice rizikové z hlediska jejich potencionální infekčnosti* (Švehla a kol., 2007).

Splaškové odpadní vody jsou vypouštěné do veřejné kanalizace z obydlí a objektů sužeb zejména produkcí lidského metabolismu činností v domácnostech, stravovacích zařízeních apod.. Množství vypouštěných splaškových vod na jednoho obyvatele za den je závislé na vybavenosti domácnosti a prakticky se shoduje se spotřebou pitné vody za jeden den. Úroveň produkce splaškových vod je uváděna na osobu 150 litrů na jeden den. (Malý a kol., 2000)

Odpadní voda není hromaděná v žumpách (sazp.sk, nedatováno).

4.1.1. Vlastnosti splaškových odpadních vod

Splaškové vody jsou vždy závadné sensoricky (vzhledově a pachem), vždy pak hygienicky. Barevně jsou šedavé až hnědé s vysokým množstvím rozptýlených nerozpuštěných látek (jsou silně zakalené) a s poměrně vysokým množstvím rozpuštěných látek. Teplota odpadních vod je po většinu roku vyšší než teplota vod povrchových (kromě léta je jejich teplota i vyšší než teplota vzduchu) (Švehla a kol., 2007).

Reakce splaškových vod bývá slabě alkalická, hodnota pH v rozmezí od 6,5 do 8,5. (Pitter, 2015).

Splaškové vody mají obvykle šedou nebo šedohnědou barvu a zapáchají. Po vyčerpání rozpuštěného kyslíku ztmavnou a zápach zesílí. Mají poměrně stálé složení, obsahují převážně organické látky (VŠB TU Ostrava, 2010).

V anglo-americké literatuře se používá také dělení odpadních vod podle zdroje:

- žluté odpadní vody - převažuje moč
 - hnědé odpadní vody - převažují fekálie
 - černé odpadní vody - směs žlutých a hnědých odpadních vod
 - šedé odpadní vody - vody z koupelen, sprch, praček, myček nádobí, prádelen
- eSchooltoday (2008-2015, online) uvádí rozdělení do tří hlavních druhů:
- černé odpadní vody (blackwater, sewage) – zdrojem jsou toalety, myčky na nádobí, výlevky a odpady z přípravy jídel. Obsahují fekálie, moč, toaletní papír, mýdla a čisticí prostředky na nádobí apod.. Obsahují vysoké koncentrace rozpuštěných chemikálií i pevných částí a jsou vysoce patogenní.
 - šedé odpadní vody (greywater) – neobsahují fekálie ani moč, pocházejí z koupelen, praček, sprch, lázní. Zachází se s nimi odlišně než s černými vodami, jsou většinou vhodné k určitému opakovanému použití
 - žluté odpadní vody (yellow water) – je to především moč

Hlavní rozdíl mezi černou a šedou odpadní vodou je v obsahu organických látek, který je mnohem větší u černé odpadní vody. Někdy jsou kuchyňské odpady některými autory zařazovány do černé odpadní vody kvůli poměrně vysokému obsahu organických látek v porovnání s ostatními složkami šedé vody, které jej

nemají. Po ošetření se můžou šedé vody opakovaně použít např. ke splachování toalet, praní prádla, nebo zalévání rostlin (Sustainable Earth Technologies, nedatováno).

4.1.2. Složení splaškových odpadních vod

Voda tvoří 99,9 % splaškových odpadních vod, zbylé 0,1 % tvoří široká škála znečišťujících látek (Encyclopaedia Britannica, 2017).

Hlavní podíl znečišťujících látek splaškových odpadních vod připadá na *fekálie a moč*, předpokládá se, že z nich pochází až 80 % organických látek ve splašcích. Významný podíl znečišťujících látek ve splaškových vodách mají i *kuchyňské odpady*. Veškeré *sloučeniny fosforu* ve splaškových odpadních vodách pocházejí z moči, fekálií, čistících a pracích prostředků (hlavně v minulosti) a ze zbytků potravy, protože v pitných a užitkových vodách se prakticky nevyskytují. Chloridy pocházejí převážně z moči. Složení splaškových odpadních vod závisí také na způsobu dopravy (odvádění) odpadních vod od zdroje na čistírny odpadních vod. Nejméně znečištěné jsou odpadní vody z podtlakové (vakuové) kanalizace, následuje běžná gravitační, nejvíce znečištěné odpadní vody jsou z tlakové kanalizace (Pitter, 2015).

Organické látky ve splaškových odpadních vodách jsou složitou směsí mnoha látek. Převládají sloučeniny uhlíku s vodíkem, kyslíkem a dusíkem. Zastoupeny jsou také organické sloučeniny síry a fosforu. Z hlavních skupin převládají bílkoviny (40-60 %), cukry (25-50 %), tuky a oleje (10 %). Vždy je ve splaškových vodách obsažena močovina a produkty její hydrolýzy. V menších množstvích jsou obsaženy fenoly, tenzidy a pesticidy (Pecháček, nedatováno, online).

Splaškové odpadní vody představují velmi infekční prostředí. Obsahují choroboplodné bakterie (tyfu, paratyfu aj.), viry (dětské obrny, žloutenky apod.), a proto musí být bezpečně odváděny do čistíren odpadních vod (Kluibr, 2002).

Vychází-li se z potřeby vody asi 150 litrů na 1 obyvatele a jeden den, je možné splaškové odpadní vody charakterizovat takto:

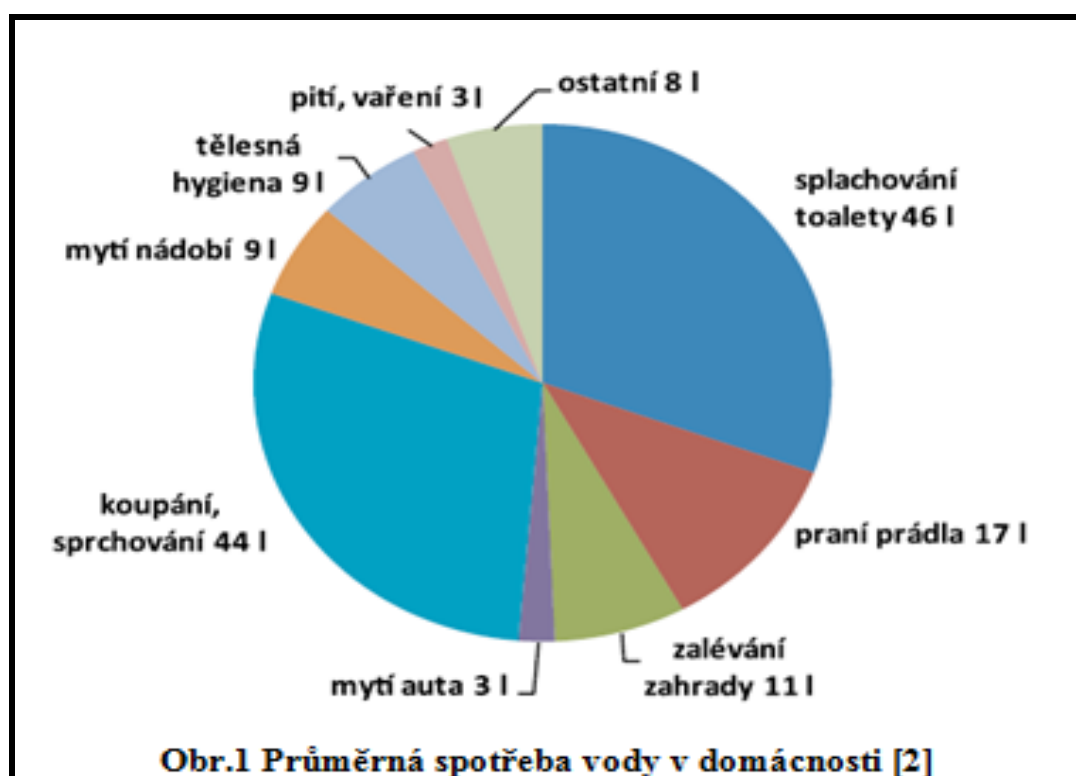
BSK₅ 400 mg/l, CHSK_{Cr} 800 mg/l, N_{celk} do 70 mg/l, P_{celk} do 15 mg/l, veškeré látky 1200 mg/l, z toho rozpuštěné látky 830 mg/l, nerozpuštěné látky 370 mg/l.

Poměr $CHSK_{Cr}$ k BSK_5 mívá ve splaškových vodách hodnotu přibližně 2 (Švehla a kol., 2007).

4.2. Splaškové odpadní vody z domácností

Splaškové odpadní vody z domácností tvoří voda znečištěná produkty metabolismu člověka (fekálie, moč a v nich obsažené mikroorganismy, parazité a metabolity farmak), potravinové odpady a znečišťující chemické látky člověkem v domácnosti používané k různým účelům.

Graf č. 2: Průměrná spotřeba vody v domácnosti



Zdroj: asio.cz, 2012, online

Předpokládá se, že specifická spotřeba vody na obyvatele je shodná s množstvím odpadních vod připadajícím na jednoho obyvatele (Pitter, 2015).

Z grafu č. 1 je patrné, že šedá odpadní voda (pozn. zde uvažována splašková odpadní voda bez obsahu fekálií a moče) tvoří více než 50 % odpadní vody

z domácnosti (Asio, 2012). Pro porovnání příklad spotřeby vody z jiného zdroje (CEMC, nedatováno, online).

Tabulka č. 4: Spotřeba vody v domácnosti

Činnost	Spotřeba vody v litrech (přibližně)
spláchnutí toalety	3-12
koupel ve vaně	100-150
sprchování	30-80
mytí nádobí v myčce	10-30
mytí nádobí ve dřezu	15-40
mytí nádobí pod tekoucí vodou	20-70
praní v pračce	40-90
mytí rukou	3
pití	1,5-3
vaření	5-7
mytí auta	200

Zdroj: CEMC, nedatováno, online

Anorganické složení splaškových vod je ovlivněno složením pitné vody, mycími, pracími a čistícími prostředky, močí a kuchyňskými odpady. Sloučeniny fosforu pocházejí hlavně z pracích prostředků a jim podobných přípravků, z fekálií a ze zbytků potravy. Chloridy pocházejí z moče a člověk jich produkuje 7 až 9 g za den. Sloučeniny dusíku (močovina – rychle se rozkládá na amoniakální dusík, aminokyseliny aj.) odpovídají ekvivalentu 16 g dusíku na obyvatele a den (Kluibr, 2002).

Z koupelen se do splaškových odpadních vod dostávají součásti pracích prostředků a z kuchyní zbytky potravin, tuky a součásti mycích a čistících prostředků (VŠB TU Ostrava, 2010).

4.3. Chemické látky v odpadních vodách z domácností

4.3.1. Prací a čisticí přípravky

Situaci týkající se *pracích a čisticích prostředků* do okamžiku zákazu používání fosfátů popisuje Pošta a kol. (2005), že asi polovina fosforu obsaženého ve splaškových vodách pochází z pracích a čisticích prostředků. Na jednoho obyvatele napojeného na kanalizaci připadá v průměru celková denní produkce fosforu 2 až 4 g. Z toho asi 1,6 g pochází z moče a fekálií, zbytek, tedy 1,4 až 2,4 g připadá na prací a čisticí prostředky.

Anorganicky vázaný fosfor je zde přítomný jako polyfosforečnany. Ty však podléhají hydrolyze a v odpadních vodách jsou přítomny jako orthofosforečnany. Rozvojem výroby pracích a čisticích prostředků obsahujících polyfosforečnany jako aktivační přísady vzrostla v šedesátých letech koncentrace fosforu několikanásobně a ve splaškových vodách se nacházely koncentrace fosforu někdy až 30 miligramů na litr. V posledních desetiletích byly ale fosforečnanové prostředky postupně nahrazovány bezfosforečnanovými. Tím se dosáhlo postupného snižování jejich koncentrace ve splaškových vodách. V ČR se koncentrace celkového fosforu ve splaškových vodách pohybují většinou do 10 miligramů na litr (Pitter, 2015).

V České republice se nesmějí fosfátové prací přípravky používat od října 2006 kvůli podílu odpadních vod s fosfáty na eutrofizaci vod. Ministerstvo životního prostředí uvádělo v roce 2006 odhad podílu pracích prostředků na celkovém zatížení řek fosforem na 12,5 %. Podle Evropské komise jsou prací prostředky na třetím místě mezi zdroji, z nichž se fosfáty dostávají do vodního prostředí (za zemědělstvím a odpady). Fosfáty se ale stále používají v některých prostředcích do myček nádobí (Ekolist, 2010).

Tabulka č. 5: Příklad obecného složení bezfosforečnanových a fosforečnanových pracích prostředků

Komponenta	Bezfosforečnanový Prostředek v %	Bezfosforečnanový prostředek (koncentrát) v %	Fosforečnanový Prostředek v %
tenzidy	15-25	25-40	10-20
zeolity	10-20	25-35	-----
polyfosforečnany	-----	-----	15-30
uhličitany	15-25	20-30	0-20
křemičitany	2-10	2-10	-----
polykarboxyláty	1-4	2-6	-----
sírany	20-30	0-5	20-30
bělicí prostředky	0-5	0-5	0-10
ostatní	1-5	1-5	1-5

Zdroj: Pitter, 2015

V současnosti jsou všechny prací prostředky pro domácnost bezfosfátové. Jako hlavní náhrada se používají zeolity v kombinaci s dalšími látkami, hlavně zeolit A (hlinitokřemičitan sodný), který byl prohlášen z hlediska životního prostředí za nezávadný. Dobře se zachycuje v mechanickém stupni čištění odpadních vod a ukládá se v čistírenském odpadním kalu. Polykarboxyláty jsou špatně biologicky odbouratelné a hromadí se v čistírenském kalu (Ledvina, 2014b). Jsou rozpustné ve vodě, jejich odstranitelnost na biologické čistírně odpadních vod je obvykle větší než 90 % (Pitter, 2015). Fosfonáty, které se používají pro stabilizaci bělicí látky perborátu (je ekologicky nezávadný), ztěžují procesy zadržování fosforu v čistírnách odpadních vod a škodí tzv. chemické orientaci vodních živočichů. Kyselina nitrilotrioctová (NTA) byla dříve uvažována jako náhrada za fosfáty pro své dobré prací schopnosti. Ukázalo se ale, že váže ionty kovů nejen v pracím roztoku, ale i v čistírenském odpadním kalu, takže se můžou dostat do vod. Její použití v pracích prostředcích je pro negativní ekologické vlastnosti velmi omezeno. NTA je látka

jedovatá, roztoky jejích solí mírně páchnou po amoniaku. Pokusy na zvířatech vedly k objevu jejích mutagenních a případných karcinogenních účinků. Zda je lidským karcinogenem, není zcela prokázáno a její používání se omezuje, je zcela zakázána v kosmetice, omezují se její emise do přírody (Ledvina, 2014b). Kyselina ethylendiamintetraoctová (EDTA) patří mezi látky biologicky velmi rezistentní, proto je její použití v pracích a čistících prostředcích omezováno, nebo i zcela zakázáno (Pitter, 2015). Optické zjasňovací látky používané v pracích prostředcích jako pomocné přísady (především deriváty stilbenu, bifenyly, kumarinu, benzimidazolu aj.) jsou většinou biologicky těžko rozložitelné, do značné míry se však sorbují na čistírenském kalu (od 55 do 90 %) (Pitter, 2015). Prací prostředky pro pestré a barevné prádlo neobsahují žádná bělidla, tedy žádné sloučeniny bóru s příslušnými stabilizátory a aktivátory a žádné opticky zjasňující látky. Ale množství tenzidů je zde zase o něco vyšší než u běžných pracích prostředků. Bělící látkou používanou v pracích prostředcích je často peroxoboritan, který je zdrojem bóru, a ten je ve vodách ve vyšších koncentracích nežádoucí, protože je podezření na jeho toxicitu pro některé ryby a rostliny. Většina pracích prostředků obsahuje enzymy pro zvýšení účinnosti za nižších teplot, zejména k odstraňování skvrn organického, většinou bílkovinného původu (mléko, krev, také ovoce). Enzymy jsou produkovány genově modifikovanými mikroorganismy, možná nebezpečí vyplývající z genetické manipulace mikroorganismů dosud nejsou objasněna (Ledvina 2014d).

Avivážní prostředky způsobují značné znečištění životního prostředí, i když ty dnes používané jsou biologicky rozložitelné, zatěžuje vody i samotný proces jejich rozkladu. Obsahují kationické tenzidy a další zbytečné zatěžující složky, např. barviva a aromata v parfémeh (Ledvina, 2014e).

Náš trh nabízí širokou škálu přípravků pro mytí nádobí v myčkách: prášky, leštidla soli, gely i tablety. Výrobci přidávají do tablet kromě soli a leštidla i další složky, např. bělidla a aktivátory bělení, enzymy, které štěpí ve vodě nerozpustné molekuly škrobů a bílkovin, tenzidy snižující povrchové napětí vody. Čím je používaná voda tvrdší, tím více (častěji) potřeba používat sůl. Často je přidávána i aromatická látka pro překrytí pachů (itest.cz, 2014).

Ledvina, P. (2014a) uvádí, že chemických prostředků v myčkách spotřebujeme mnohonásobně víc, než při ručním mytí. Nejvíce chemie se ušetří při

ručním mytí v dřezu za použití octa. Prostředky do myčky obsahují regenerační sůl, mycí prostředek a prostředek na oplachování. Regenerační soli se používají na údržbu iontoměníčů v myčkách, což jsou zařízení, která změkčují tvrdou vodu. Ve srovnání s mycími prostředky mají regenerační soli jen malý vliv na životní prostředí. Mycí prostředek obsahuje tenzidy, změkčovací látky, enzymy, bělicí a pomocné látky. Při každodenním mytí přejde z jedné myčky do odpadní vody 9 až 15 kg chemikálií ročně. Tenzidy jsou látky, které slouží, podobně jako při praní a čištění, k rozpouštění nečistot a mastnoty. Chemicky jsou to látky nejrozumnějšího složení. Tenzidy jsou i součástí přípravků pro ruční mytí, ale při ručním mytí se spotřebovává přípravků mnohem méně.

V prostředcích do praček a myček bývá používána směs tenzidů s podobnou účinností a biologickou rozložitelností. Změkčovací látky se přidávají na změkčování vody pro případ, že by byl špatně nastaven nebo regenerován iontoměníč, který změkčuje vodu už při vstupu do myčky. Většinou se používají fosfáty, které mají stejně jako fosfáty z prostředků do praček velmi negativní vliv na životní prostředí. Obsah fosfátů není ve všech přípravcích stejný, zřídka se najdou i bezfosfátové. V čistírnách odpadních vod se fosfáty odstraňují jen částečně. Bělicí látky obsahují většinou tzv. aktivní kyslík (většinou ve formě peroxosoli), ale v některých prostředcích může být jako bělidlo použit i velmi problematický chlór, který se může podílet na vzniku jedovatých látek. Pomocné látky jsou pro vlastní proces mytí nedůležité, jsou to barviva a parfémy, s nimi se jen do prostředí zbytečně vnáší další cizorodé látky, i když v nepatrných koncentracích. Oplachovací prostředky se používají pro zvýšení lesku a snížení počtu skvrn po zaschlých kapičkách vody. Bývají to organické kyseliny, které sice nemají významný vliv na životní prostředí, ale jejichž používání je zcela zbytečné. Fosfor v prostředcích do myček bude zakázán v celé EU od 1. ledna roku 2017 (Nařízení č.648/2004 ve znění pozdějších předpisů).

Tři základní problémy související s používáním pracích prostředků byly nebo dosud jsou:

- pění na čistírnách odpadních vod a na turbulentních místech toků (v podstatě bylo vyřešeno výrobou převážně jen biologicky rozložitelných tenzidů)
- koncem šedesátých let minulého století rostoucí eutrofizace vod, na které se podílejí i polyfosforečnany v detergentech (je snaha řešit problém používáním převážně bezfosforečnanových pracích prostředků)
- tvorba poměrně stabilních a někdy i toxických meziproductů biodegradace (především u oxyethylenovaných alkylfenolů)

(Pitter, 2015)

Tenzidy jsou skupina organických látek, které jsou povrchově aktivní, tato aktivita se vizuálně projevuje pění jejich vodných roztoků. Tenzidy jsou hlavní součástí neboli aktivní složkou pracích, čistících, mycích, emulgačních, dispergačních a pěnicích prostředků, tj. zejména *detergentů*. Mezi ně se řadí i avivážní přípravky, pomocné prací přípravky. V pracích prostředcích připadá na tenzidy nejvýše jedna třetina z veškerých látek (Pitter, 2015).

Hlavním zdrojem tenzidů ve vodách jsou prací a čistící prostředky používané v domácnostech, velkoprádelnách a průmyslu (Pitter, 2015).

Kationtové tenzidy, které jsou toxické, se často používají jako dezinfekční přípravky. Po přechodu na výrobu převážně biologicky dobře rozložitelných tenzidů nepatří v současnosti tenzidy mezi významné kontaminanty přírodních, užitkových a odpadních vod (s výjimkou odpadních vod z jejich výroby a textilního průmyslu). Současným problémem je ale tvorba biologicky rezistentních nebo dokonce toxických meziproductů biodegradace oxyethylenátů alkylfenolů. Byly prokázány jejich estrogení vlivy, vykazují obdobnou aktivitu jako ženský hormon estradiol. Z uvedených důvodů jsou oxyethylenáty nonylfenolu uvedeny v seznamu nebezpečných chemických látek a nebezpečných chemických přípravků a jejich uvádění na trh je zakázáno nebo omezeno (Pitter, 2015).

Ledvina (2014f) uvádí podstatné komponenty vyskytující se téměř ve všech v čistících prostředcích pro domácnost:

- tenzidy, změkčovadla a další pomocné látky jako komplexotvorné látky, regulátory (inhibitory) pění, emulgátory, konzervační látky, rozpouštědla, barviva a aromatické látky (parfémy)

Ve speciálních přípravcích uvádí stejný autor navíc obsah kyselin a louhů (roztoky hydroxidů a alkalických solí slabých kyselin) a žiravin.

V čistících a odmašťovacích prostředcích používaných v domácnostech jsou také obsaženy *organické halogenderiváty* (chloralkany, chloralkeny, chlorcykloalkany a chlorcykloalkeny) (Pitter, 2015).

Pod pojmem *přírodní mýdlo* rozumíme povrchově aktivní práci látku získanou z přírodních živočišných tuků a rostlinných olejů, jsou zásaditá (pH 9 – 12), např. mazlavá mýdla. Jsou relativně dobře biologicky rozložitelná, vzhledem k tomu způsobují malé zatížení vod. V odpadních vodách se působením bakterií za přítomnosti kyslíku rozloží za relativně krátkou dobu a beze zbytku na vodu, oxid uhličitý a soli. Na rozdíl od toho, syntetické čistící přípravky na bázi ropy, výrobky petrochemie jsou tzv. *neutrální mýdla* (mají neutrální pH) a víceúčelové čistící prostředky. Pokud neutrální mýdla neobsahují žádné další přísady, jsou téměř dokonale biologicky rozložitelná, ale potřebují delší dobu než mazlavá mýdla. U víceúčelových čistících prostředků (ve smyslu běžně užívaného obchodního označení) je důležité, jaké obsahují tenzidy a zda nebyly použity toxické přísady (amoniak, rozpouštědla) nebo syntetická barviva a aromata. Obecně vliv mýdel na životní prostředí je relativně malý (Ledvina 2014c, 2014g).

dTest (7/2013) uvádí, že typický spotřebitel (uvažována žena o hmotnosti 60 kg) používá denně tyto kosmetické přípravky: pleťové mléko, deodorant ve spreji, tuhý antiperspirant, krém na obličej, krém na ruce, mýdlo, sprchový gel, šampón a zubní pastu. Běžný spotřebitel spotřebuje přibližně 100 g různé kosmetiky denně. Některé obsažené látky mají přímý nepříznivý vliv na zdraví člověka, ale dostávají se i do životního prostředí. Časopis Health&Beauty (nedatováno) uvádí, že průměrná žena použije každý den přibližně 12 kosmetických přípravků obsahujících 168 chemických přísad, muži 6 kosmetických přípravků a 85 různými chemickými látkami. Zde jsou uvedeny některé vybrané chemické látky obsažené v kosmetice na našem trhu, jejich zdroj a vliv na zdraví člověka:

- parabeny (etylparaben) – konzervanty ve většině kosmetických přípravků, hormonální disruptory podezřelé z karcinogenity (zejména rakovina prsu)
- ftaláty – používání je v EU zakázáno, občas se vyskytují v antiperspirantech, lacích na nehty, parfémec
- xylenové pižmo – udržuje stálost vůně např. v parfémec, hormonální disruptor podezřelý z karcinogenity, hromadí se v tuku
- akrylamid – krémy a masti, podezření z karcinogenity (u zvířat prokázáno)
- formaldehyd – přípravky na tvrzení nehtů, karcinogenní
- silikonové oleje (Dimethicon E900) – vlasová kosmetika, pleťové masky, hormonální disruptor
- toluen – přípravky na nehty, barvy na vlasy, parfémy, hormonální disruptor, neurotoxin
- triclosan – konzervant (povolená koncentrace 0,3%), mýdla, zubní pasty, ústní vody, hormonální disruptor, narušuje funkci štítné žlázy
- diethyltoluamid (DEET) – opalovací krémy a repelenty odpuzující hmyz, silný karcinogen

Syntetické mošusové vonné látky (mošus = pižmo, musk) jsou součástí luxusních parfémů, ale i běžné kosmetiky a pracích prostředků, produkce ve světě se pohybuje kolem 10 000 tun za rok. Jsou obtížně biologicky rozložitelné, biologickými čistírnami procházejí obvykle beze změny, mají schopnost bioakumulace, byly prokázány kromě povrchových vod i v rybách a jiných vodních organismech, v sedimentech a plaveninách.

Léčiva a látky používané pro osobní péči (kosmetické a opalovací přípravky, léčiva včetně antikoncepčních přípravků a doplňků stravy) do prostředí přechází především močí, mytím a sprchováním. Kontrola jejich spotřeby je problematická a navíc jsou relativně biochemicky rezistentní, takže většinou procházejí biologickými čistírnami jen s malými změnami. Dalším problémem je, že pro řadu metabolitů farmak, které vznikají v lidském těle a ve vodách, nejsou k dispozici vhodné analytické metody. Počet a druh farmak ve vodách stále vzrůstá (Pitter, 2015).

4.4. Odpadní vody z toalet

Člověk vyprodukuje asi 120 až 330 g fekálií za den, z toho na sušinu připadá asi 30 až 75 g, průměrně lze počítat s 250 g fekálií a jejich sušinou 50 g za den (Švehla a kol., 2007).

Počítá-li se s denní spotřebou vody 150 litrů na 1 obyvatele za 1 den, připadá na sušinu fekálií ve splaškové vodě průměrně 330 miligramů na litr, tj. 300 miligramů na litr organických látek. Člověk vyloučí denně 0,6 až 2,0 litru moči, průměrně asi 1,5 litru o celkové sušině 60 g, tj. 35 g organických látek a 25 gramů anorganických látek. To je při uvedené předpokládané spotřebě vody na obyvatele a den 400 miligramů na litr sušiny, z toho 230 miligramů na litr organických látek a 160 miligramů na litr anorganických látek obsažených ve splaškových vodách. Sušinu fekálií tvoří zbytky střevních bakterií, bílkoviny, polysacharidy a jejich rozkladné produkty, anorganické látky tvoří asi jen 10 % sušiny (hlavně dusík, fosfor převážně v nerozpuštěné formě vázaný na vápník a hořčík). Ve fekáliích i v moči jsou obsažené také steroidní sloučeniny včetně steroidních hormonů (jen asi 50 % je eliminováno na čistírnách odpadních vod). V moči připadá největší podíl organických látek na látky dusíkaté, nejvíce zastoupené močovinou. Moč je hlavním zdrojem dusíkatých látek (*sloučenin dusíku*) ve splaškových odpadních vodách. Z anorganických látek dominují v moči *chloridy, sodík, draslík* (Pitter, 2015).

Organické látky tvoří 90 % sušiny fekálií (Švehla a kol., 2007).

4.4.1. Léčiva

Podle zákona o léčivech (č.378/2007 Sb. §2) je léčivým přípravkem látka nebo kombinace látek, prezentovaná s tím, že má léčebné nebo preventivní vlastnosti v případě onemocnění lidí nebo zvířat, nebo látka nebo kombinace látek, které je možné použít u lidí nebo zvířat za účelem obnovy, úpravy či ovlivnění fyziologických funkcí prostřednictvím farmakologického, imunologického nebo metabolického účinku nebo používané ke stanovení lékařské diagnózy.

První systematický screening léčiv v pitných vodách v ČR proběhl v letech 2009-2011 a prováděl ho Státní zdravotní ústav Praha (Kožíšek a kol., 2013).

Kontinuální přísun léčivých látek do vodního prostředí, dokonce v nízkých koncentracích, může představovat dlouhodobé potenciální riziko pro vodní a terestrické organizmy (Frade, 2014).

Kotyza a kol. (2008) dělí léčiva na základě jejich odolnosti v životním prostředí na látky lehce odbouratelné (např. kyselina acetylsalicylová), látky stálé a hydrofilní a látky stálé a lipofilní (např. antibiotikum ofloxacin). Z hlediska ochrany životního prostředí jsou nejnebezpečnější látky v poslední skupině, u kterých může dojít k jejich začlenění do potravních řetězců. Léčiva v odpadních vodách vzhledem k jejich koncentracím pod 1mg / l řadíme mezi stopová znečištění. Pitter (2015) uvádí jako snadno rozložitelný i paracetamol a do určité míry také ibuprofen a z antibiotik peniciliny. Naopak jako biologicky těžko rozložitelné meprobamat, tetracyklin, erytromycin, chloramfenikol.

Zdrojem léčiv a jejich metabolitů jsou lidé užívající různé léky nebo např. ženy užívající hormonální antikoncepci (do odpadních vod se dostávají s fekáliemi a močí) a také léky s prošlou dobou spotřeby (humánní nebo také veterinární léčiva), které lidé splachují do toalet (Ježková a kol., 2011).

Více než 95 % dávek podaných léčiv, humánních i veterinárních, může být vyloučeno v nezměněné formě do odpadních vod (Milič, 2013). Stávající klasické komunální čistírny odpadních vod nebyly primárně konstruovány na odstraňování léčiv z odpadních vod, což má v některých případech za následek, že v tomto směru vykazují téměř nulovou účinnost. Účinnější bývá adsorpce na aktivním uhlí, ozonizace a užití pokročilých oxidačních procesů (AOP) (Ježková, 2011).

V prostředí byla léčiva detekována už od počátku sedmdesátých let minulého století, plná pozornost jim ale začala být věnována až od devadesátých let. Skupinu farmak určených pro člověka tvoří 2 000 až 3 000 substancí a mnoho dalších je používáno ve veterinární medicíně. Mezi nejvíce používaná léčiva patří skupina, kterou tvoří především antiflogistika, antibiotika, antidiabetika, antiepileptika, betablokátory, antihistaminika, psychotropní látky, diuretika. Celosvětově byla celková spotřeba léčiv v městské populaci odhadnuta na 100 000 tun ročně. Z těla jsou léčiva vylučována v různé formě, jako aktivní substance nebo jako metabolity. Přibližně 70 % se vylučuje močí a 30 % fekáliemi. Existuje poměrně mnoho studií týkajících se steroidních hormonů, především perorální antikoncepce 17alfa-ethinylestradiolu, následují antimikrobiální substance. Nejvíce informací poskytly

testy s řasami a Cyanobacteriemi, které jsou obzvláště citlivé k antibiotikům. Testy s bezobratlými živočichy ukázaly, že koncentrace ethinylestradiolu řádově 1 nanogram na litr je pro životní prostředí významná, zatímco stejná u antibiotik vykazuje relativně nízký vliv (Marsalek, 2007). Kromě efektů, které mají tato léčiva na vodní organismy (např. změna pohlaví ryb vlivem hormonální látky estrogenu), je problémem i skutečnost, že se tyto látky dostávají i do vod určených pro úpravu na vodu pitnou, např. výskyt estrogenů v nádrži Želivka (Ježková a kol., 2011).

4.4.1.1. Látky s hormonálními účinky

Význam mají především *látky s estrogení aktivitou*. Ty mohou vznikat buď v těle živočichů jako produkty žláz s vnitřní sekrecí nebo můžou být původu environmentálního, a to jsou buď rostlinné fytoestrogeny (např. isoflavony) nebo xenoestrogeny. Mezi xenoestrogeny se řadí např. synteticky vyrobené estrogeny obsažené v antikoncepčních pilulkách, ale také třeba ftaláty, dioxiny nebo furany. Hlavní podíl estrogeních látek v městských odpadních vodách pochází z moči, pracích a čistících prostředků, kosmetických přípravků aj. Většinou se jedná o látky biologicky těžko rozložitelné, lze je prokázat i v odtocích z čistíren (průměrný čistící efekt na biologických čistírnách odpadních vod je 50 %) (Pitter, 2015).

Látky, které mohou narušit činnost organismu, protože napadají endokrinní žlázy nebo látky, které napodobují účinky různých hormonů, se označují jako *endokrinní disruptory (EDC)*. Nejvýznamnější z této skupiny jsou estrogeny nebo látky s estrogení aktivitou (Kotyza a kol., 2009). Endokrinní disruptory mohou mít účinky feminizační nebo maskulinizační (androgení) (Pitter, 2015). Pohlavní xenohormony mohou měnit pohlaví u nedospělých živočichů, vznikají nepravé samice nebo nepraví samci, nepraví hermafroditi se samičimi i samčími znaky, ale neplodní jedinci. Mohou způsobit neplodnost dospělých živočichů a rakovinu, poškozovat vajíčka a plod nebo měnit některé prvky chování a vzhledu související s pohlavním životem (např. druhotné pohlavní znaky). V případě ostatních xenohormonů byly zaznamenány deformace těla vyvíjejících se organismů, změny počtu končetin, měknutí skořápek vajíček, poruchy růstu další. Prokázat u lidí kauzalitu s konkrétními chemickými látkami je velmi komplikované. U koncentrací zjišťovaných v pitné vodě nebyl žádný vliv na člověka prokázán. *Hormonální*

antikoncepce je v ČR masově používaná, je to 54 % žen mezi 15 a 49 lety (Jánišová, 2013). Účinnou látkou antikoncepčních přípravků je nejčastěji 17alfa-ethynylestradiol. V moči žen se vyskytují také formy estrogenu estriol, estradiol, estron. Estrogenní účinek environmentálních estrogenů bývá ve srovnání s přirozenými hormony nižší (estrogenní potenciál se liší až o několik řádů), což ale bývá často kompenzováno vyšší koncentrací těchto látek ve vodách (Kujalová a kol., 2007).

4.4.1.2. Antibiotika

Největší hrozbou v souvislosti s výskytem antibiotik v životním prostředí je jejich potenciální role při vzniku patogenů člověka i zvířat, které budou rezistentní k antibiotikům, tzn. nebudou reagovat na léčbu antibiotiky (Larsson, 2014).

Antibiotika jsou ve velkém množství používána k léčebným i preventivním účelům v humánní i veterinární medicíně. Nejčastěji předepisované skupiny antibiotik v lidské medicíně jsou fluorochinolony, makrolidy a aminoglykosidy. Ve veterinární medicíně jsou to penicilíny, tetracyklíny a makrolidy. Makrolidy a sulfonamidy jsou antibiotika nejčastěji detekovaná v prostředí v koncentracích několika mikrogramů na litr. Makrolidy se z těla vylučují převážně v nezměněné formě (Milič, 2013). Přítomnost fluorochinolonů v prostředí může představovat vážnou hrozbu pro ekosystém i zdraví člověka. Jsou toxické pro rostliny a vodní organizmy. Antibiotika mohou mít také vliv na endokrinní systém ryb, být toxické pro řasy a bezobratlé živočichy. Málo je známo o potenciálním efektu na zdraví člověka při dlouhodobém pití vody s koktejlem různých antibiotik (Frade, 2014).

Se spotřebou antibiotik korelují také jejich koncentrace v odpadních vodách. Při konvenčním čištění odpadních vod na mechanicko-biologických čistírnách odpadních vod prakticky nedochází (nebo jen ve velmi malém množství) k jejich odstranění z vodního prostředí, a tak se dostávají tyto látky dále do životního prostředí. Přítomnost těchto látek v životním prostředí může z dlouhodobého hlediska způsobit rozmnožení multirezistentních patogenních bakteriálních kmenů, zhoršení reprodukční činnosti živočichů, zhoršení jejich endokrinního systému nebo při spolupůsobení s jinými toxickými látkami potenciální vznik nádorových onemocnění. V současné době neexistují limity pro léčiva ve vypouštěné odpadní

vodě z čistíren odpadních vod. Jako potenciální volba pro odstranění léčiv z odpadních vod se jeví technologie pokročilých oxidačních procesů AOP (Macsek, 2016).

4.4.1.3. Protizánětlivé nesteroidní látky

V odpadních vodách se v hojné míře vyskytují i nesteroidní protizánětlivé látky jako ibuprofen, naproxenum, naticum a diclofenac, jejichž odbourávání se ve světě věnuje velká pozornost (Macsek, 2016).

4.4.2. Toaletní papír

Kromě již zmiňovaných čistících a dezinfekčních prostředků používaných na toalety a vyhazovaných zbytků potravin odchází s odpadní vodou i *toaletní papír*.

Složení toaletního papíru se od běžného papíru výrazně liší, byl navržen tak, aby se po namočení byl schopen rozložit (na rozdíl od *papírových kapesníků*, které do kanalizace nepatří). Nejčastěji se vyrábí z recyklovaného papíru, který by neměl být bělen, některé druhy jsou napuštěny různými chemikáliemi s antibakteriálním účinkem, případně jsou parfémované (Šmejkal, 2016)

Nepříznivým trendem poslední doby jsou *vlhčené ubrousky*, které lidé stále častěji splachují. Ty se nerozloží a vcelku dorazí do čistíren odpadních vod, kde se namotávají na hřídele čerpadel. Stejným problémem jsou dětské pleny, hygienické vložky, vatové tampony (Naše voda, 2016).

4.4.3. Potravinové odpady z domácností

Pospíchal (nedatováno, online) uvádí v prezentaci, že na čtyřčlennou domácnost připadá 400 g potravinového odpadu (včetně zbytků) denně, což je 80 g sušiny na den. Složení potravinového odpadu je tak skoro shodné s tělesným odpadem. Do kanalizace se dostává z domácností neurčité množství zbytků potravin, a to dřezem a výlevkou nebo vhazováním do toalety.

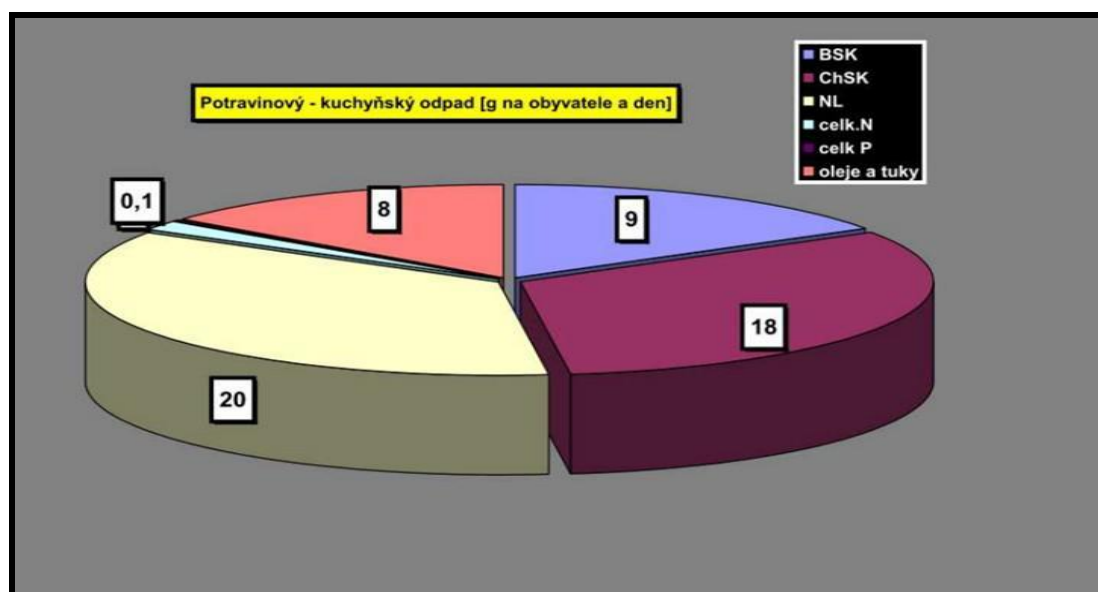
Tuky a oleje jsou velkým problémem v odpadních vodách. Po ochlazení tuku v kanalizaci vznikají hrudky, které se postupně nabalují a zachycují do sebe další příměsi, které pak ucpávají čerpadla v čerpacích stanicích na kanalizaci, obalují sondy, které ovládají chod čerpadel a zastavují je. Tuky se v kanalizaci také částečně

rozkládají, vznikají mastné kyseliny a ty zvyšují korozi stěn kanálů a potrubí. V extrémních případech vznikne tuková kůra a dojde k úplnému ucpání kanalizace. Tuk působí problémy i v čistírnách odpadních vod, a to tím, že prochází čistírnou a zhoršuje vlastnosti aktivovaného kalu a následně tedy i odtokové parametry odpadní vody do recipientu (Vodárenská akciová společnost, a.s., nedatováno, online).

Potravinový odpad z domácností by měl být ukládán na komposty, do nádob či kontejnerů na sběr separovaného biologicky rozložitelného odpadu, použité tuky a oleje uzavřené do PET lahví sbírané do speciálních nádob (Ekomonitor, 2015).

Kuchyňský odpad nepatří do veřejné kanalizace. Ti, co používají drtiče kuchyňských odpadů a rozmělněné biologické odpady splachují do stokové sítě, porušují kanalizační řád. Ten je schvalován podle ustanovení §14 zákona o vodovodech a kanalizacích ve znění pozdějších předpisů. Kanalizace pro veřejnou potřebu, ani čistírny odpadních vod, nebyly navrženy pro zpracování odpadů. Likvidace kuchyňských odpadů podléhá režimu nakládání dle zákona o odpadech (č. 185/2001 Sb.) a o změně některých dalších zákonů. Dle vyhlášky č. 382/2001 Sb. je kompostovatelný kuchyňský odpad zařazen do kategorie komunálního odpadu, proto je potřeba s ním jako s komunálním odpadem zacházet a nepoužívat k jeho odstraňování kanalizaci pro veřejnou potřebu. Zvyšují se tím náklady na provoz kanalizací a na deratizaci (Pražské vodovody a kanalizace, nedatováno, online).

Graf č.3: Potravinový odpad v gramech na obyvatele a den



Zdroj: Pospíchal, nedatováno, online

4.5. Co nepatří do kanalizace

Do kanalizace nepatří látky radioaktivní, infekční a karcinogenní, jedy, výbušniny a žiraviny, pesticidy, omamné a hořlavé látky, biologicky nerozložitelné tenzidy, organická rozpouštědla, ropné látky, silážní šťávy, průmyslová a statková hnojiva, látky způsobující změnu barvy vody, látky, které by mohly způsobit ucpání kanalizační stoky, pevné odpady, včetně kuchyňských (pevné nebo rozmělněné).

S uvedenými látkami je třeba nakládat dle jejich povahy podle platné legislativy. Odpad ukládat roztríděný do kontejnerů, sběrných dvorů a sběrových míst. (Vodárenská akciová společnost, a.s., nedatováno, online).

5. Čistírny odpadních vod

Neškodné odvádění odpadních vod i vod dešťových k jejich vyčištění je zabezpečeno stokovou (kanalizační) sítí (Kluibr, 2002). Čištění se provádí na *čistírnách odpadních vod (ČOV)* umístěných před vyústěním vod do recipientu. Rozlišujeme čištění mechanické, biologické a fyzikálně-chemické.

Mechanické čištění se nejčastěji dělí na *hrubé předčištění* a *úplné mechanické čištění*. Nejprve se oddělí hrubé rozptýlené nečistoty, jednak unášené a plovoucí (pomocí česel a sít), jednak sunuté (v lapácích písku) a dále plovoucí na hladině v lapácích tuků a olejů. Při úplném mechanickém čištění se oddělují z vody látky rozptýlené sedimentací (usazováním) nebo také filtrací (cezením) (Kluibr, 2002). Při mechanickém (primárním) čištění vzniká v usazovacích nádržích oddělením od odpadní vody materiál nazývaný *primární kal*. Zahušťuje se a dále se používá v kalovém hospodářství. Odpadní voda zbavená hrubých nečistot a většiny usaditelných látek se vede na *biologické (sekundární) čištění* (Švehla a kol., 2007). Tento proces je obdobou přirozených samočisticích pochodů, je založený na schopnosti organismů stravovat a mineralizovat znečišťující látky (Kluibr, 2002). Skládá se z tzv. aktivační nádrže (méně často biofilmového reaktoru) a ze separační nádrže, nejčastěji dosazovací nádrže. Odstraňují se především biologicky rozložitelné organické látky a část dusíku a fosforu. V dosazovací nádrži se od vyčištěné vody separuje suspenze biomasy a vrací se (recirkuluje) potrubím zpět do aktivační nádrže ve formě *vratného (recirkulovaného) aktivovaného kalu* (Švehla a

kol., 2007). Složení aktivovaného kalu závisí na podstatě rozkládaného substrátu (Kluibr, 2002). Základem jsou bakterie, v menším množství mikromycety, plísňe, kvasinky, bezbarvé sinice a tzv. vyšší osídlení, prvoci a mnohobuněčné organizmy (např. háďátka, vířníci, červy nebo roztoči) (Pošta, 2005). Drtivá většina ČOV dnes pracuje v účinnějších aerobních podmínkách, uplatňují se biochemické procesy podmíněné činností mikroorganismů, které rozkládají organické látky (substrát) v odpadní vodě. V aktivační nádrži se udržuje určitá koncentrace kalu-biomasy, která svým metabolismem rozkládá organické látky v odpadních vodách na H₂O a CO₂. Oxidací organických sloučenin a redukováných anorganických sloučenin získávají mikroorganismy živiny a rostou. Jejich růst tak kromě odstraňování substrátu z roztoku zvyšuje koncentraci kalu v systému. Proto je nutné jej pravidelně odebírat a udržovat na přibližně konstantní hodnotě (Vítěz, 2008). Přebytečná biomasa aktivovaného kalu, tzv. *sekundární (přebytečný aktivovaný kal)* se zahušťuje v zahušťovací nádrži, případně v odstředivce nebo jiném zařízení. Může být zahušťován samostatně, nebo ve směsi s primárním kalem. Někdy bývá sekundární kal z dosazovacích nádrží odváděn do usazovací nádrže, ve které je z odpadní vody separován společně s primárním kalem. Mechanicko-biologicky vyčištěná voda se někdy ještě podrobuje *terciárnímu čištění*, což je jakékoliv zpracování odtoků z mechanicko-biologických čistíren za účelem snížení zbylého chemického a mikrobiologického znečištění (dočištění). Používá se filtrace, srážení, dočišťování ve stabilizačních nádržích, chlorace (Švehla, 2007).

Fyzikálně-chemické způsoby úpravy vody představují procesy, jako jsou separace nerozpuštěných látek (odstředivou silou v hydrocyklonech, filtrace, flotace, magnetická separace), neutralizace, srážení (např. kationtů - kovy, aniontů - fosforečnany), iontová výměna, adsorpce, extrakce, desorpce (stripování), membránové separační procesy (např. elektrodialýza, nanofiltrace), rozklad stabilizovaných emulzí, chemická oxidace a redukce (tzv. pokročilé, nebo také moderní, oxidační procesy – AOP jsou zvláště vhodné pro čištění některých problematických typů odpadních vod, např. při odstraňování léčiv (Bindzar a kol., 2009). Konvenční mechanicko-biologické ČOV je nedokáže odstranit z odpadních vod (Macsek a kol., 2016).

Odstranění nutrientů dusíku a fosforu z odpadní vody: aktivační nádrž je rozdělena na dvě části, v jedné probíhá za přístupu vzduchu nitrifikace, během níž

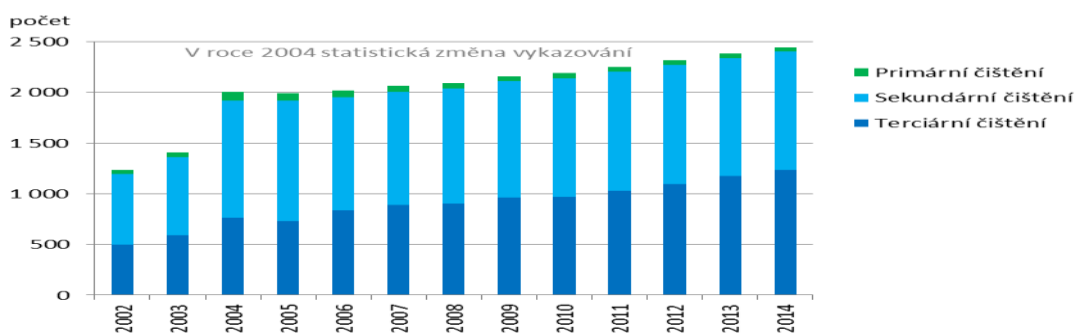
jsou amonné ionty přeměněny na dusičnanové a dochází k přeměně anorganického fosforu na organický.

Dusičnanové ionty se přivádějí do denitrifikační části nádrže, kde panuje anoxické prostředí. Kyslík potřebný pro biochemické procesy dodávají dusičnany, které se tím mění na vzdušný kyslík, který uniká jako plyn. Na klasické biologické ČOV dochází k určitému snížení obsahu fosforu díky činnosti biomasy a adsorpci na vločky aktivovaného kalu. Fosfor je odváděn s přebytečným kalem. Při chemickém odstraňování fosforu se využívá hlavně srážení kombinované s koagulací (Vrána, nedatováno, online). K zajištění požadovaných odtokových koncentrací fosforu je doporučeno kombinovat biologické čištění srážením (Kluibr, 2002).

Primární a sekundární kal (dohromady *směsný surový kal*) se zpracovávají v kalovém hospodářství ČOV. Nejčastěji se jedná o biochemický rozklad organických látek v kalu s využitím anaerobních procesů. Většina středních a velkých ČOV v ČR používá zařízení k zahuštění kalu (zahušťovací nádrže, odstředivky apod.), nádrže metanizační (vyhňovací), mechanické odvodňování kalu a plynojem. Předpokladem pro využití čistírenských kalů v zemědělství je jejich nezávadnost z hlediska vnosu cizorodých látek do půdy a z hlediska hygienického (patogenní mikroorganismy), proto se provádí hygienizace kalu, a to chemickou nebo fyzikální cestou (Švehla, 2007). Nejběžnějšími metodami využití kalů jsou skládkování (nejméně ekologické), zemědělské využití (přímá aplikace hnojením a rekultivace, nebo kompostování), spalování (relativně drahé, nutné řešit popel) (Bindzar, 2009).

ČOV můžeme dělit jednak dle typu používaného čistírenského procesu a také tradičně podle velikosti na velké (kapacita více než 20 tisíc EO), střední (5-20 tisíc EO), malé (do 5 tisíc EO) a domovní (maximálně pro desítky EO). Legislativa dělí ČOV podle počtu EO do několika skupin (Švehla, 2007). Podíl zastoupení ČOV v ČR podle čistírenského procesu ukazuje graf 4.

Graf č.4: ČOV v ČR podle stupně čištění odpadních vod



Zdroj: Vytejková, 2016, online

Velké čistírny kombinují většinou všechny dostupné čistící procesy (Vrána, nedatováno, online). Všechny aglomerace v ČR nad 10 000 EO mají zajištěno terciární čištění, ale ne všechny plní směrnice na jakost vypouštěných odpadních vod (Vytejková, 2016, online).

Ekologicky nejšetrnější jsou přírodní způsoby čištění využívající samočistících procesů běžných v prostředí. Patří sem např. vegetační kořenové čistírny, půdní filtry. Navazují na mechanicko-biologický stupeň čištění a používají se k dočištění odpadních vod, eliminaci a využití nutrientů. S předřazeným mechanickým čištěním slouží hlavně k čištění splaškových vod obvykle do 600 EO (1000 EO) (Šálek, 2006).

Nejdokonalejším způsobem čištění odpadních vod je použití všech tří stupňů čištění, včetně terciárního, s odstraňováním nutrientů dusíku a fosforu a použití moderních metod pro obtížně odstranitelné látky, např. některá léčiva aj.. Nejlepší ČOV je ta, která z přítékající odpadní vody odstraní největší možné maximum znečišťujících látek.

6. Stav povrchových vod ČR

Správu vodních děl a vodních toků ve vlastnictví státu zajišťuje Ministerstvo zemědělství (Mze) prostřednictvím státních podniků Povodí Vltavy, Povodí Moravy, Povodí Labe, Povodí Ohře, Povodí Odry a Lesů ČR. (eAGRI) Každoročně vydává Mze tzv. Modrou zprávu, která informuje o stavu vodního hospodářství. Aktuálně je k dispozici zpráva za rok 2015 ke dni 31. 12. 2015. Plánování v oblasti vod zajišťuje stát, pořizují se plány povodí, momentálně probíhá II. plánovací období stanovené

Přes výrazné zlepšení jakosti vod se ale i v současnosti vyskytují, i když velmi krátké, úseky zařazené do nejhorší V. třídy jakosti povrchových vod.

V povrchových vodách jsou sledovány *radiologické ukazatele* v místech stávajících jaderných zařízení a v úsecích toků ovlivněných výpustmi důlních vod a průsaky z odvalů hlušiny z těžby nebo úpravy uranových rud. Každoročně jsou zjišťovány zvýšené hodnoty radiologických ukazatelů v okolí příbramských ložisek uranových rud v povrchových vodách v profilu Kocába - Višňová a v Drásovském potoce - Drásov. Stejná třída jakosti je stanovena v okolí uranového dolu v Dolní Rožince, v profilu Stráž pod Ralskem - Mlýnský potok, v profilu Jáchymovského potoka, vše zařazeno do nejhorší V. třídy jakosti. Profil Mimoň - Ploučnice byl zařazen do IV. třídy.

Sledování kontaminace vodních organismů škodlivými látkami na 22 tocích ukázalo překročení norem environmentální kvality (NEK) pro některé látky jen v některých lokalitách (např. fluoranten, DDT, perfluoroktansulfonová kyselina - více než polovina lokalit), ve všech lokalitách ale došlo řádově k překročení NEK u bromovaných difenyletherů (PBDE). Hodnota rtuti byla ve svalovině ryb překročena ve všech sledovaných lokalitách. Z výsledků tohoto *bioakumulačního monitoringu* je zřejmé, že se ve vodním ekosystému vyskytují (často ve vysokých koncentracích) prioritní nebezpečné látky, které v mnoha případech překračují NEK (i tam, kde se ve vzorcích vody nezjistí). Hodnocení bylo provedeno na rybách, plůdku a bentických organizmech.

Monitoring jakosti plavenin a říčních sedimentů je podkladem komplexního hodnocení chemického stavu povrchových vod. Na pevné matrice se přednostně váže řada znečišťujících látek, které je problematické stanovit ve vodě. Směrnice EU požaduje dlouhodobý monitoring 20 látek. Sledování bylo provedeno na 47 profilech významných vodních toků. NEK byly jako v minulých letech překročeny nejčastěji u polyaromatických uhlovodíků. V ukazateli fluoranten překročily koncentrace limit NEK v plaveninách na většině profilů (kromě Lužnice). Koncentrace antracenu překročily limit v sedimentech u 19 profilů, v plaveninách u 5 profilů. Z kovů překročily NEK nejčastěji olovo, následováno rtutí a kadmíem. Meziročně došlo k mírnému nárůstu počtu případů překročení NEK u olova a kadmia a naopak k poklesu obsahu rtuti. Nejvyšší počet kazatelů překročil limit NEK v dílčí oblasti povodí Ohře a dolního Labe a v dílčí oblasti Lužické Nisy.

6.2. Kvalita vody ve vodárenských a ostatních nádržích ČR

Rok 2015 byl teplotně výrazně nadnormální a srážkově podnormální, v řadě nádrží tak docházelo k výskytu vodních květů sinic (např. nádrž Souš, Rozkoš, Vír) a k významnějšímu poklesu hladin (např. Souš, Seč). V oblasti ohrožení jakosti pesticidními látkami je trvale nepříznivá situace na vodní nádrži Švihov. Přetrvávající zhoršování jakosti vody je v nádrži Landštejn (sinice). Jinak je kvalita vody obecně velmi dobrá.

V roce 2015 bylo do vodních toků vypuštěno 1621,4 mil. m³ odpadních a důlních vod, což je o 6,6 % méně než v předchozím roce. V letech 1990 - 2015 se podařilo snížit vypouštěné množství nebezpečných a zvláště nebezpečných závadných látek. K významnému poklesu došlo i u makronutrientů (dusík, fosfor), protože se v technologii čištění odpadních vod u nových a intenzifikovaných ČOV cíleně uplatňuje biologické odstraňování dusíku a biologické nebo chemické odstraňování fosforu. V roce 2015 byl v ČR zvýšen počet stávajících ČOV o padesát (Modrá zpráva, 2015). Kvalita povrchových vod se od počátku 90. let zásadně zlepšila, ale přesto nemáme ještě vyhráno (Volaufová, 2007).

7. Závěr, diskuse

V literární rešerši této bakalářské práce je v úvodu definována voda na zemi, následně voda povrchová. Jsou zde popsány vlastnosti vody, druhy znečištění a samočistící schopnost vody.

V další části se práce zabývá popisem odpadních vod, jejich vlastností a složení. Následně jsou definovány splaškové odpadní vody z domácností, jejich složení. Jsou zde popsány chemické látky používané v domácnostech a vypouštěné do kanalizace, léčiva, toaletní papír a potravinový odpad z domácností. V této části jsou zmíněny látky a věci, které nepatří do kanalizace a přesto jsou lidmi do kanalizace vypouštěny a tím výrazně ovlivňují, někdy i značně poškozují stokovou soustavu a dále zbytečně zatěžují a poškozují zařízení ČOV.

V kapitole čistírny odpadních vod jsou popsány způsoby čištění odpadních vod, kde je provedeno vyhodnocení nejúčinnějšího a nejběžnějšího způsobu mechanicko-biologického čištění OV. Vysokou účinnost čištění vykazují u

odstraňování hrubých nečistot a plovoucích látek (písek, štěrky, zbytky fekálií, zbytky potravin atd.), dále v odstraňování tuků a ropných produktů, již v mechanickém stupni čištění (česle, lapák písku a štěrku a usazovací nádrže). V biologické části ČOV dochází k účinnému odstranění fosforu a dusíku. Tyto dva nejběžnější způsoby nejsou schopné v některých případech úplně odstranit chemické a mikrobiologické znečištění je zařazen terciální stupeň, který při správné volbě technologického postupu dokáže z odpadní vody odstranit např. léčiva, která mechanicko-biologická část odstranit nedokáže. V současné době mají zařazený terciální stupeň čištění všechny aglomerace v ČR nad 10 000 EO a zařazování toho stupně se stále zvyšuje viz. graf č. 4. I přesto, že tyto čistírny mají zařazen terciální stupeň čištění OV, tak ne všechny plní směrnice na kvalitu vypouštěných odpadních do recipientu. Při kombinaci všech tří stupňů čištění OV lze z odpadních vod odstranit i např. již zmíněná rozpuštěná léčiva, která způsobují resistenci bakterií, změnu pohlaví živočichů a podstatně ovlivňují vodní ekosystém i tím, že se v potravním řetězci dostávají zpět do lidského organismu.

Jak uvedla Ježková (2011), že stávající komunální čistírny odpadních vod nebyly primárně konstruovány na odstraňování léčiv z odpadních vod, což má v některých případech za následek, že v tomto směru vykazují téměř nulovou účinnost, čímž léčiva unikají do recipientu. Proto by bylo vhodné v terciálním stupni zařadit účinnější způsob čištění jako je adsorpce na aktivním uhlí, ozonizace a užití pokročilých oxidačních procesů (AOP).

V poslední kapitole se práci věnuje vyhodnocení stavu povrchových vod v ČR. Porovnání obrázku č. 1 stav vodních toků v roce 2014 – 2015, a obrázku č. 2 stav vodních toků v roce 1991 – 1992 je jasně patrné výrazné zlepšení stavu vodních toků v ČR, kde obrázek č. 1 poukazuje na to, že v roce 2014 – 2015 bylo do IV. a V. nejznečištěnější třídy zařazeno několik bodových úseků vodních toků, kde je hlavním znečišťovatelem zejména průmysl. I přes toto zlepšení jsou stále ve vodních tocích měřeními zjišťovány překročení NEK pro některé látky např. u fluoranthenu, DDT v některých tocích a ve všech tocích došlo k překročení koncentrací bromovaných difenyletherů (PBDE) stejně jako koncentrace rtuti ve svalovině ryb. Kvalita ve vodních nádržích je díky odstranění dusíku v procesu biologického stupně a biologickém, nebo chemickém odstranění fosforu v ČOV, stále v lepším stavu.

K udržení dobrého stavu povrchových vod by bylo vhodné zařadit terciální čištění i na menší ČOV i přes jeho finanční nákladnost a ještě více zintenzivnit budování ČOV v menších městech a obcích.

Dle mého názoru je v současné době největším environmentálním problémem špatné, nebo vůbec žádné čištění splaškových vod od léků (antidepresiv, hormonů, antibiotik, analgetik atd.), které se dostávají do vodních ekosystémů a zpět do potravního řetězce.

I přes výrazné zlepšení kvality povrchových je nutné, aby společnost šetrně využívala vodní zdroje a zanechala pro budoucí generace životadárnou tekutinu v co nejlepším stavu.

Každý z nás může každý den svým uvážlivým chováním přispět k budoucímu zlepšení našeho společného životního prostředí.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ADAMEC, Vilém., 2012: *Ochrana před povodněmi a ochrana obyvatelstva*. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). Ostrava. ISBN 978-80-7385-118-7
2. ASIO, spol. s r.o., 2012: *Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich*. [online] Dostupné z:
<http://www.asio.cz/cz/153.cistení-sedých-vod-a-možnost-využití-energie-z-nich>
3. BINDZAR, J. a kol., 2009: *Základy úpravy a čištění vod*. VŠCHT, Praha. ISBN 978-80-7080-729-3
4. BLAIR, B. D. et al., 2013: *Pharmaceuticals and personal care products found in the Great Lakes above concentrations of environmental concern*. Chemosphere Vol. 93, Issue 9, p. 2116-2123. [online] Dostupné z:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653513010412>
5. CENIA, 2016: Česká informační agentura životního prostředí. *Evropské směrnice pomáhají zlepšovat jakost vody, ale objevují se i nové zdroje znečištění*. [online] Dostupné z:
<http://www1.cenia.cz/www/node/716>
6. ČESKÉ EKOLOGICKÉ MANAŽERSKÉ CENTRUM, z. s. (CEMC), nedatováno: *Odpadní vody z domácností aneb co všechno vypouštíme*. [online] Dostupné z: <http://www.tretiruka.cz/hra/vzdelavame-vas/voda/#5>
7. ČHMÚ VE SPOLUPRÁCI S ČNVH, 2013: *Krátké úvahy o vodě. Zajímavosti o vodě*. Praha. Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-87577-24-0. [online] Dostupné z:
http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/publikace/Uvahy_o_vode.pdf
8. dTEST, 2013: *Chemické látky v kosmetice aneb koktejlový efekt*. 7/2013. [online] Dostupné z:
<https://www.dtest.cz/clanek-2966/chemicke-latky-v-kosmetice-aneb-koktejlovy-efekt>

9. eAGRI, 2017: *Voda*. Ministerstvo zemědělství. Resortní portál Ministerstva zemědělství [online] Dostupné z:
<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/>
10. EEA, 2016: *Quality of Europe's Water for people's use has improved, but challenges remain to keep it clean and healthy*. [online] Dostupné z:
<http://www.eea.europa.eu/highlights/quality-of-europes-water-for>
11. EKOLIST, 2010: Martin Mach Ondřej s využitím ČTK. *Brusel chce zakázat fosfátové prací prostředky. V ČR se neprodávají už 4 roky*. [online] Dostupné z:
<http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/brusel-chce-zakazat-pouzivani-fosfatu-v-pracich-prostredcich>
12. ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, Inc., 2017: *Wastewater treatment, Sewage characteristics*. [online] Dostupné z:
<https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment#ref1098057>
13. eSCHOOLTODAY, 2008-2015: *Types and sources of wastewater*. [online] Dostupné z:
<http://www.eschooltoday.com/wastewater/types-and-sources-of-wastewater.html>
14. FRADE, V.M.F. et al., 2014: *Environmental contamination of fluoroquinolones*. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences Vol. 50, n. 1, 2014, page 41-53. [online] Dostupné z:
<http://www.scielo.br/pdf/bjps/v50n1/1984-8250-bjps-50-1-0041.pdf>
15. HEALTH&BEAUTY, nedatováno: *Jak nám může škodit kosmetika*. Praha: Luxury Guide. [online] Dostupné z:
<http://www.healthandbeauty.cz/kosmetika/281-jak-nam-muze-skodit-kosmetika>
16. HELLSTEIN, nedatováno: *Výrobce čistíren odpadních vod. Co jste možná nevěděli o odpadních vodách, jejich rizika i přínos pro člověka...* [online] Dostupné z: <http://www.hellstein.cz/jak-vznika-odpadni-voda-a-jeji-slozeni>

17. ITEST, 2014: *Multifunkční tablety do myčky. I bezfosfátové myjí dobře* [online]
Dostupné z:
<http://www.itest.cz/hobby-a-domacnost/multifunkcni-tablety-do-mycky-i-bezfosfatove-myji-dobre/>
18. JÁNIŠOVÁ, M., 2013: *Hormonální látky ve vodách*. Metodický materiál pro učitele, odborný text. Brno. ISBN 978-80-87604-59-5
19. SLAVÍČEK, Marek, Kateřina SLAVÍČKOVÁ a Bohumil ŠTASTNÝ, ed., 2011: *Léčiva v životním prostředí*. Vodní systém měst zatížený významnými antropogenními změnami. Sborník konference s mezinárodní účastí ve Špindlerově Mlýně. ČVUT V Praze, Fakulta stavební. ISBN 978-80-01-04819-1
20. KLUIBR, J. 2002: *Odpadní vody*. Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie. Učební text. Vodňany. ISBN 978-80-87096-03-1
21. KOTYZA a kol., 2009: *Léčiva- „nový“ environmentální polutant*. Chemické listy 103, oficiální časopis České společnosti chemické, s. 540-547
22. KOŽÍŠEK, F., Pumann, P., 2013: *Léčiva v pitné vodě a vliv médií*. Envigogika 8 (3) recenzované články. Envigogika: Charles University E-journal for Environmental Education ISSN 1802-3061. [online] Dostupné z:
<http://www.envigogika.cuni.cz/index.php/Envigogika/article/viewFile/388/507>
23. KUJALOVÁ H., Sýkora, V., Pitter, P., 2007: *Látky s estrogením účinkem ve vodách*. Chemické listy 101. Oficiální časopis České společnosti chemické. s. 706-712
24. LARSSON, J., 2014: *Antibiotics in the environment*. Upsala Journal of Medical Sciences, Vol. 119, 2014 – issue 2, pages 108-112. [online] Dostupné z:
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/03009734.2014.896438>
25. LEDVINA, P., 2015: *Co obsahují prostředky do myček nádobí a jak jejich výběrem šetřit prostředí?* 2014a. Poslední revize textu 2015. Wiki.ekoporadna.cz, Síť ekologických poraden. [online] Dostupné z:
http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=Co_obsahuj%C3%AD_prost%C5%99edk

[y do mycek n%C3%A1dob%C3%AD a jak %C5%A1et%C5%99it jejich v%C3%BDb%C4%9Brem prost%C5%99ed%C3%AD%3F](http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=y_do_mycek_n%C3%A1dob%C3%AD_a_jak_%C5%A1et%C5%99it_jejich_v%C3%BDb%C4%9Brem_prost%C5%99ed%C3%AD%3F)

26. LEDVINA, P., 2014: *Jsou látky nahrazující fosfáty šetrné k životnímu prostředí?* 2014b. [online] Dostupné z: wiki.ekoporadna.cz, Síť ekologických poraden, http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=Jsou_látky-_nahrazující_fosfáty_šetrné_k_životnímu_prostředí%3F

27. LEDVINA, P., 2014: *Je mýdlo tenzidem, který méně zatěžuje životní prostředí?* 2014c. [online] Dostupné z: http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=Je_mýdlo_tenzidem_který_méně_zatěžuje_životní_prostředí%3F

29. LEDVINA, P., 2014: *Čím se vyznačují prostředky pro pestré a barevné prádlo či pro jemné praní oproti těm běžným?* 2014d [online] Dostupné z: http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=Čím_se_vyznačují_prostředky_pro_pestře_a_barevné_prádlo_oproti_těm_ostatním%3F

30. LEDVINA, P., 2014: *Jsou avivážní prostředky pro máchání šetrné k životnímu prostředí?* 2014e [online] Dostupné z: http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=Jsou_avivážní_prostředky_pro_máchání_šetrné_k_životnímu_prostředí%3F

31. LEDVINA, P., 2014: *Proč a jak čistit v domácnosti bez chemie.* 2014f [online] Dostupné z: http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=Proč_a_jak_v_domácnostech_čistit_bez_chemie%3F

32. LEDVINA, P., 2014: *Jsou mazlavá a neutrální mýdla a víceúčelové čistící prostředky šetrné k životnímu prostředí?* 2014g. [online] Dostupné z: http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=Jsou_mazlav%C3%A1_a_neutr%C3%A1ln%C3%AD_m%C3%BDla_a_v%C3%ADce%C3%BA%C4%8Delov%C3%A9_%C4%8Dist%C3%ADc%C3%AD_prost%C5%99edky_%C5%A1etn%C3%A9_k_%C5%BEivotn%C3%ADmu_prost%C5%99ed%C3%AD%3F

33. MACSEK, T., M. Úterský, T. Švestková, M. Vávrová, P. Hlavínek, 2016: *Výzkum odstraňování antibiotik z odpadních vod pomocí techniky AOPs*. Časopis vodní hospodářství 10/2016, s. 6-9
34. MALÝ, Josef a Petr HLAVÍNEK, 1996: *Čištění průmyslových odpadních vod*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000. ISBN 80-86020-05-3
35. MARSALEK, J., 2007: National Water Research Institute, Burlington, Canada. *PPCP in Canadian urban waters: a management perspective*. NATO Advanced Research Workshop: Dangerous Pollutants (Xenobiotics) in Urban Water Cycle. Lednice, Czech Republic, 2-6 May. ISBN 80-86020-53-3
36. MICROPOLLUTANTS.com, 2017: *Why micropollutants are a problem in the water environment*. Primozone. [online] Dostupné z: <http://micropollutants.com/About-micropollutants>
37. MIÈGE, C. et al., 2009: *Fate of pharmaceuticals and personal care products in wastewater treatment plants-Conception of a database and first results*. Environmental Pollution Vol. 157, Issue 5, p. 1721-1726. [online] Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749108006660>
38. MILIČ N. et al., 2013: *Occurrence of antibiotics as emerging contaminant substances in aquatic environment*. 2013. International Journal of Environmental Health Research, Vol. 23 – issue 4, pages 296-310 [online] Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09603123.2012.733934?src=recsys>
39. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2016: Odbor vodovodů a kanalizací. *Vodovody a kanalizace 2015*. Praha. ISBN 978-80-7434-326-1. [online] Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/504990/Vodovody_a_kanalizace_Ceske_republiky_2015.pdf
40. MINISTERSTVO zemědělství, 2016: Ministerstvo životního prostředí. *Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2015*. Ministerstvo zemědělství. Praha. s 1-147. ISBN 978-80-7434-319-3
41. NAŠE VODA, 2016: *Pohroma v kanalizacích: oleje a vlhčené ubrousky*. Informační portál o vodě: [online] Dostupné z:

<http://www.nase-voda.cz/pohroma-kanalizacich-olej-vlhcene-ubrousky/>

42. PECHÁČEK, J., nedatováno: *Čištění odpadních vod*. Prezentace. [online]

Dostupné z:

http://kke.zcu.cz/export/sites/kke/old_web/files/projekty/enazp/16/MMT/081_cisten_i_odpadnich_vod_-_Pechacek.pdf

43. PITTER, P., 2015: *Hydrochemie*. Celostátní vysokoškolská učebnice pro studenty vysokých škol chemicko-technologických oborů. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. Páté aktualizované a doplněné vydání. ISBN 978-80-7080-928-0.

44. POSPÍCHAL, Z., nedatováno: *Odpad – jeho využití – použití – uplatnění*.

Prezentace. [online] Dostupné z:

<http://slideplayer.cz/slide/2756224/>

45. POŠTA, J. a kol., 2005: *Čistírny odpadních vod*. Česká zemědělská univerzita, technická fakulta. Praha. ISBN 80-213-1366-8

46. PRAŽSKÉ VODOVODY A KANALIZACE, nedatováno: *Drtiče kuchyňských odpadků v domácnostech*. [online] Dostupné z:

<http://www.pvk.cz/vse-o-vode/odpadni-voda/drtice-kuchynskych-odpadku/>

47. RASZKA, F., 2016: *Riziko znečištění vody vybraného regionu a preventivní opatření*. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení.

[online] Dostupné z:

http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/38854/raszka_2016_dp.pdf?sequence=-1

48. ŘÍHA, J. 2014: *Voda jako složka biosféry, Encyklopedie vodního hospodářství I*.

Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. Ústí nad Labem. ISBN 978-80-7414-832-3 [online] Dostupné z:

http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/12e_final_tisk.pdf

49. SAZP. *Vypúšťanie splaškových odpadových vôd* [online] Dostupné z:
http://www.sazp.sk/slovak/periodika/sprava/psrsk/voda/POVRCHOVVA_VODA/1_tlak/4_odpadove_vody/4_4.html
50. SUSTAINABLE Earth Technologies – Newcastle, NSW Australia, *Greywater treatment* [online] Dostupné z:
<https://www.sustainable.com.au/greywater-treatment.html>
51. SVS a.s., 2015: *Světový den vody: její rostoucí význam, užívání a ochrana*. Severočeská vodárenská společnost a.s.. Teplice. [online] Dostupné z:
http://www.svs.cz/cz/pro_novinare/tiskove_zpravy/svetovy-den-vody-jeji-rostouci-vyznam-uzivani-ochrana.html
52. ŠÁLEK, J., V. Tlapák, 2006: *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. ČKAIT. Praha. ISBN 80-86769-74-7
53. ŠMEJKAL, P., 2016: *Jak se vyrábí toaletní papír?* [online] Dostupné z:
<http://21stoleti.cz/2016/07/04/jak-se-vyrabi-toaletni-papir-2/>
54. ŠVEHLA P., P. Tlustoš, J. Balík, 2007: *Odpadní vody*. ČZU v Praze, Katedra agrochemie a výživy rostlin. Praha. ISBN 978-80-213-1716-1
55. UNWATER, 2013. International Year of Water Cooperation 2013, Campaign materials. [online] Dostupné z:
<http://www.unwater.org/water-cooperation-2013/get-involved/campaign-materials/en/>
56. VÍTĚZ, T., B. Groda, 2008: *Čištění a čistírny odpadních vod*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-180-7
57. VODÁRENSKÁ akciová společnost, a.s., nedatováno: *Co nepatří do kanalizace*. [online] Dostupné z:
<http://www.vodarenska.cz/co-nepatri-do-kanalizace>
58. VODNÍ ZDROJE Ekomonitor, spol. s.r.o., 2015: *Stanovení kritérií pro realizaci míst pro předcházení vzniku komunálních odpadů OPŽP 2014-2020*. Výtisk č. 1. Objednatel Ministerstvo životního prostředí. [online] Dostupné z:

[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/\\$FILE/OODP-Stanoveni_kriterii-20160810.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/$FILE/OODP-Stanoveni_kriterii-20160810.pdf)

59. VOLAUFOVÁ, L., 2008: *Kvalita povrchových vod v České republice*. Časopis Vesmír 87, 768, 2008/11. [online] Dostupné z:

<http://casopis.vesmir.cz/clanek/kvalita-povrchovych-vod-v-ceske-republice>

60. VRÁNA, M., nedatováno: *Odpadní vody*. Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s.. [online] Dostupné z:

http://www.vakvs.cz/userfiles/admin/files/pro_skoly/odpadni_vody.pdf

61. VRBOVSKÝ, P., 2011: *Faktory znovuvyužívania odpadovej vody v EU*. ČVUT, Fakulta stavební v Praze. Sborník konference s mezinárodní účastí: Vodní systém měst zatížený významnými antropogenními změnami. Praha. ISBN 978-80-01-04819-1

62. VŠB TU OSTRAVA, 2010: *Úprava a čištění vody*. 2010a. Multimediální učební texty zaměřené na problematiku úpravy a čištění vody. [online] Dostupné z:

http://www.homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/vv1.html

63. VŠCHT PRAHA, nedatováno: *Povrchové vody*. Prezentace. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha. [online] Dostupné z:

<http://web.vscht.cz/~smejkalp/OCV/Povrchove%20vody/Povrchove%20vody-S6.pdf>

64. VYTEJČKOVÁ, V., 2016: *Počet čistíren podle stupně čištění odpadních vod v ČR*. [online] Dostupné z:

<http://www.enviweb.cz/clanek/covky/105055/pocet-cistiren-podle-stupne-cistení-odpadnich-vod-v-cr>

65. ZÁKON č. 378/2007 Sb. o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech) §2. [online] Dostupné z:

<http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/100075801.html>

66. ZÁKON O VODÁCH a o změně některých zákonů (vodní zákon). Zákon č.254/2001 sb. Sbírka zákonů, Ministerstvo vnitra ČR. [online] Dostupné z:

<http://www.mvcr.cz/soubor/sbirka-zakon-dokumenty-sb101-10-pdf.aspx>

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Barvy a odpovídající vlnové délky světla

Tabulka č. 2: Přehled znečišťujících látek v odpadních vodách

Tabulka č. 3: Množství odpadních vod vypouštěných do kanalizace v roce 2015 v ČR

Tabulka č. 4: Spotřeba vody v domácnosti

Tabulka č. 5: Příklad obecného složení bezfosforečnanových a fosforečnanových pracích prostředků

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Struktura vypouštěných odpadních vod v ČR v roce 2015

Graf č. 2: Průměrná spotřeba vody v domácnosti

Graf č. 3: Potravinový odpad v gramech na obyvatele a den

Graf č. 4: ČOV v ČR podle stupně čištění odpadních vod

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Jakost vody v tocích ČR v letech 2014 - 2015

Obrázek č. 2: Jakost vody v tocích ČR v letech 1991 - 1992