

Problematika odstraňování fosforu při čištění odpadních vod v domovních čistírnách

Alena Koryčanová

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Alena Koryčanová**
Osobní číslo: **T08885**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Problematika odstraňování fosforu při čištění odpadních vod v domovních čistírnách**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte s využitím odborné literatury literární průzkum na dané téma bakalářské práce podle pokynů vedoucího práce
2. Sestavte osnovu bakalářské práce podle pravidel UTB ve Zlíně platných pro danou publikaci a uspořádejte získaný materiál do logického celku
3. Výsledky literárního průzkumu kriticky zhodnoťte jako konečné znění bakalářské práce.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Šálek J.: Přírodní způsoby čištění odpadních vod (skriptum) 1. vyd., Brno: PC-DIR spol. s r.o. – Nakladatelství Brno 1995
2. Vymazal J. 1995. Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. Třeboň: ENVI s. r. o. 147 pp.
3. Vymazal, J.: Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. 1. vyd., Třeboň: ENVI 1995.
4. Vymazal, J.: Čištění odpadních vod pomocí kořenových čistíren. Vodní hospodářství. 1991 č. 5.
5. Vymazal, J.: Čištění odpadních vod pomocí kořenových čistíren. Vodní hospodářství. 1991 č. 6.
6. Kupec, J.: Zpracování odpadních vod a čistírenských kalů (skriptum). UTB – Akademia Centrum Zlín 2002.
7. Chudoba J.: Dohányos M., Wanner J.: Biologické čištění odpadních vod. 1. vyd., Praha: SNTL 1991.
8. Herle J., Bareš P.: Čištění z malých zdrojů znečištění. 1. vyd., Praha: SNTL 1990.
9. Lellák J.: Kubíček F.: Hydrobiologie. 1. vyd., Turnov: Turnovské tiskárny.

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Jan Kupec, CSc.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

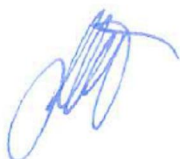
Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2011

Ve Zlíně dne 11. února 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- Éberu na v domě, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- Éberu na v domě, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložena v písemném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložena u vedoucího práce;
- Ébyl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejména § 35 odst. 3²⁾;
- Éberu na v domě, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití kolního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- Éberu na v domě, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo o diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- Éberu na v domě, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- Éberu na v domě, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popřímo soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti mě být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 12.8.2011

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

- (1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.
- (2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.
- (3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

- (3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

- (1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.
- (2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.
- (3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá výskytem fosforu ve vodách, jeho vlivem na kvalitu prostředí a hodnocením funkce a účinnosti malých domovních čistíren odpadních vod. Vzhledem k problémům s eutrofizací povrchových vod a s ohledem na zvýšené požadavky na kvalitu povrchových vod vyplývající z legislativy EU, můžeme předpokládat navýšení důrazu na odstranění fosforu i u malých domovních čistíren odpadních vod.

Klíčová slova: fosfor

eutrofizace

domovní čistírna odpadních vod

ABSTRACT

This bachelor work deals with the presence of phosphorus in the water, its influence on the quality of the water and also by the evaluation of the function and the effectivity of the house wastewater treatment plants. Because there are problems with the eutrofication of the surface waters and in regard on the increased requirements for the quality of the surface waters, which are demanded by the legislation of the EU, we can suppose the increased emphasis on the phosphorus removal in the small house wastewater treatment plants.

Key words: phosphorus

eutrofication

the house wastewater treatment plant

Děkuji všem, kteří pomocí svých silnými podněty ke vzniku této práce. Děkuji profesoru Janu Kupcovi za ochotu a volný čas, který mi v době vypracování bakalářské práce. Dále chci poděkovat svým kolegům v zaměstnání za trpělivost a vstřícnost, kterou se mnou dělali po dobu studia.

Prohlášení, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
1 ÚDAJE O STAVU POVRCHOVÝCH VOD V ČR ZEJMÉNA K OBSAHU FOSFORU	11
2 FOSFOR A JEHO VLIV NA VODNÍ PROSTŘEDÍ	17
2.1 FOSFOR	17
2.2 KOLOBAH FOSFORU V PŘÍRODĚ	18
2.3 EUTROFIZACE	19
2.3.1 DEFINICE	19
2.3.2 PŘÍČINY EUTROFIZACE.....	19
2.4 DŮSLEDKY EUTROFIZACE VODNÍHO PROSTŘEDÍ	20
3 ODPADNÍ VODY	23
3.1 ROZDĚLENÍ ODPADNÍCH VOD	23
3.1.1 SPLAŠKOVÉ ODPADNÍ VODY.....	23
3.1.2 PRŮMYŠLOVÉ ODPADNÍ.....	23
3.1.3 MĚSTSKÉ ODPADNÍ VODY	24
3.1.4 KAPALNÉ ODPADY ZEMĚDĚLSKÉ.....	24
3.2 FOSFOR VE SPLAŠKOVÝCH ODPADNÍCH VODÁCH Z DOMÁCNOSTÍ	24
3.2.1 ORGANICKÝ FOSFOR A JEHO ZDROJE	24
3.2.2 ANORGANICKÝ FOSFOR A JEHO ZDROJE.....	24
4 PRINCIPY ODSTRANĚNÍ FOSFORU Z ODPADNÍCH VOD	26
4.1 SEPARACE FOSFORU U ZDROJE	26
4.2 POUŠŤOVÁNÍ BEZFOSFÁTOVÝCH PRACÍŠŤ A OČIŠŤOVACÍ PROSTŘEDKŮ	27
4.3 ODSTRANĚNÍ FOSFORU Z ODPADNÍCH VOD POMOCÍ VHDNĚ TECHNOLIE	30
4.3.1 BIOLOGICKÉ OČIŠŤOVÁNÍ ODPADNÍCH VOD	30
4.3.2 FILTRACE	30
5 DOMOVNÍ OČIŠŤOVÁNÍ ODPADNÍCH VOD	31
5.1 TYPY DOMOVNÍCH OČIŠŤOVÁNÍ	31
5.1.1 MECHANICKO-BIOLOGICKÁ OČIŠŤOVÁNÁ ODPADNÍCH VOD	31
5.1.2 KOMBINOVANÉ OČIŠŤOVÁNÍ ODPADNÍCH VOD	33
6 LEGISLATIVA	36
6.1 LIMITY KVALITY VYPOUŠŤOVANÝCH VOD	37
ZÁVĚR	38

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	39
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOL A ZKRATEK.....	41
SEZNAM OBRÁZK	42
SEZNAM TABULEK.....	43
SEZNAM GRAF	43
P ÍLOHA - VYUŽITÍ DOMOVNÍCH ÍSTÍREN ODPADNÍCH VOD.....	44

ÚVOD

Voda je nenahraditelnou složkou uspokojování potřeb obyvatelstva a základní podmínkou existence živých organismů. Nároky na zdroje sladkých vod se zvyšují nejenom r stěm populace člověka, ale jsou asn ě rychlým r stěm spotřeby vody na osobu a den. Je to d ťledek rozvoje techniky a technologie výroby r stu pr ťmyslové a zemědělské produkce. [1] Sou asn ě s množstvím spotřebované vody vzr ťstá také objem vody, kterou je po použití p řed vypoušt ěním do tok ť, p řípádn ě do podzemních vod, nutné vyistit. Zdroje vody nejsou nevyčerpatelné a rostou tedy zároveň i nároky na kvalitu vypoušt ěné vody.

Na základ ě zvýšeného množství vypoušt ěných odpadních vod do tok ť dochází ke zvýšenému p řísunu živin a tím pádem zvyšování produkce organické hmoty ve vod ě, tzv. eutrofizaci. Za tu je zodpovědný do velké míry fosfor, který figuruje v p řírod ě jako nejast ější limitující makrobiogenní prvek. Na tento problém upozoruje také nap ř. František Lellák a František Kubíek: ŠV posledních desetiletích se projevuje všeobecná akcelerace procesu eutrofizace zejména vlivem rostoucího p řísunu biogenních prvk ť odpadními vodami z měst a obcí, z pr ťmyslu, z plošných zdroj ťnežití (zemědělská výroba) a bodových zdroj ťnežití (domácnosti) a to p ředevším vlivem zvýšeného obsahu fosforu. Pronikavý p řísun živin v mnoha p řípadech ohrožuje kvalitu užitkové vody a surové vody určené k úprav ě na vodu pitnou. [1]

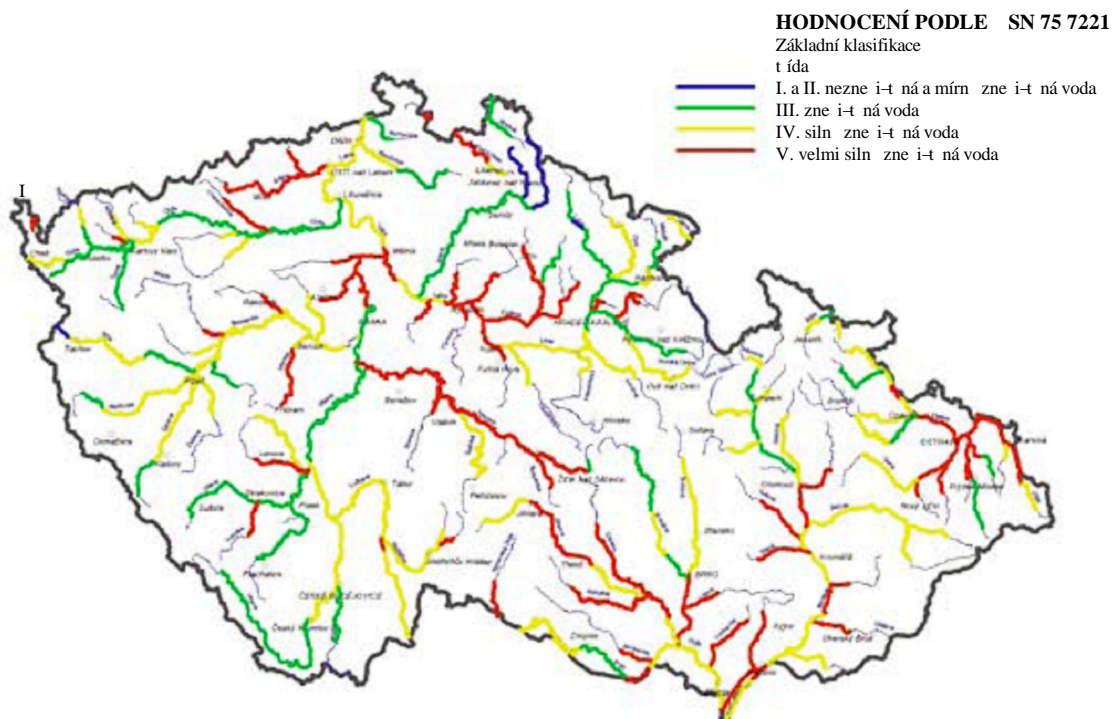
Problém se zvýšeným p řísunem fosforu do tok ť je markantní p ředevším u málo vodnatých tok ť, kde vlivem nedostatku pr ťtoku dochází k vytvoření optimálních podmínek pro eutrofizaci s následným r stěm řas a sinic, což způsobuje úbytek potrubních a rostlin, potřebojících k životu kvalitní vodu.

V posledních letech společně s podporou decentralizovaného systému žití odpadních vod u menších obcí bez centrální žitírný výrazně narostá počet domovních žitíren zaústěných do tok ť. Na své současné technologické úrovni D ťOV nejsou schopny účinně odstraňovat fosfor přítomný v odpadních vodách z domácností, a ty se tak stávají jeho stále významnějším zdrojem v povrchových tocích.

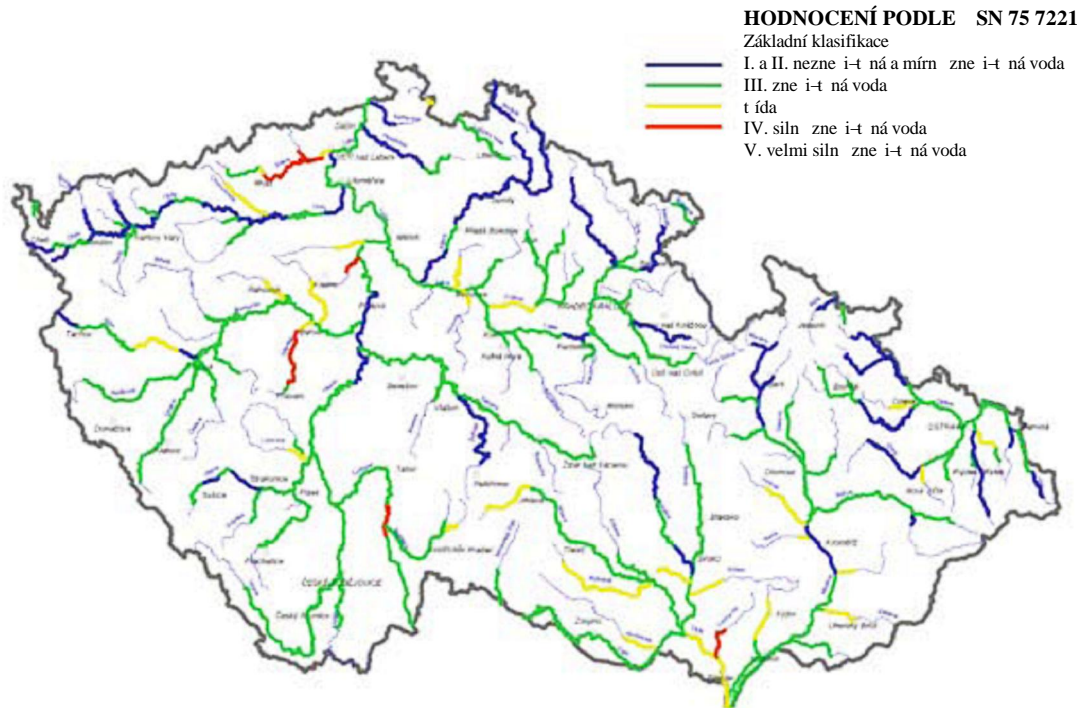
Ve své práci jsem si tedy vzala za cíl shrnout informace o různých typech domovních žitíren odpadních vod se zaměřením na způsobů a možnosti odstranění fosforu.

1 ÚDAJE O STAVU POVRCHOVÝCH VOD V ČR ZEJMÉNA K OBSAHU FOSFORU

Jak vyplývá ze Zprávy o stavu vodního hospodářství České republiky z roku 2009 [2] došlo ve srovnání kvality vody v tocích v letech 1991-1992 (Obrázek 1) s kvalitou vody v tocích v letech 2008-2009 (Obrázek 2) k výraznému poklesu znečištění v tocích ČR. V letech 1993-2009 došlo k významnému poklesu vypouštění z bodových zdrojů v ČR. V základních ukazatelích to bylo o 93 % pro BSK₅, o 86 % pro CHSKCr a o 89 % pro NL. Nejvýznamnější pokles množství vypouštění znečištění byl patrný v 90. letech, a to především v důsledku restrukturalizace národního hospodářství a dále rozsáhlé výstavby a modernizace čistíren odpadních vod. Jifi pouze pozvolný pozitivní trend vykazuje vývoj vypouštění znečištění od roku 2003. [3]



Obrázek 1: Mapa jakosti vod, Jakost vody v tocích ČR 1991-1992 [3]



Obrázek 2: Mapa jakosti vod , Jakost vody v tocích R 2008ó2009 [3]

Mapa jakosti vod ve vybraných tocích České republiky byla zpracována jak k časové úrovni dvouletí 1991ó1992, tak 2008ó2009 podle SN 75 7221 Jakost vod ó Klasifikace jakosti povrchových vod. [2]

Každoro n je ve Zpráv o stavu vodního hospodá ství České republiky uvád no porovnání aktuálního stavu se stavem jakosti vody dvouletí 1991ó1992. S ohledem na rozsah v té době sledovaných ukazatel bylo možné zpracovat jen porovnání podle základní klasifikace. Z Obrázku 2 je patrné, že i přes výrazné zlepšení jakosti vod se je-t vyskytují úseky vodních toků zařazené do V. třídy jakosti vody. [2]

Pro zpracování mapy jakosti vody v tocích R za období 2008-2009 poskytli správci povodí údaje z 307 profilů bývalé státní sítě sledování jakosti vod v tocích HMÚ. Zařazení jednotlivých sledovaných profilů do tříd istoty podle SN 75 7221 je následující:

I. třída neznečištěná voda – o stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností a při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v toku

II. třída mírně nečištěná voda – o stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému

III. třída znečištěná voda – o stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému

IV. třída silně znečištěná voda – o stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému

V. třída velmi silně znečištěná voda – o stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému [3]

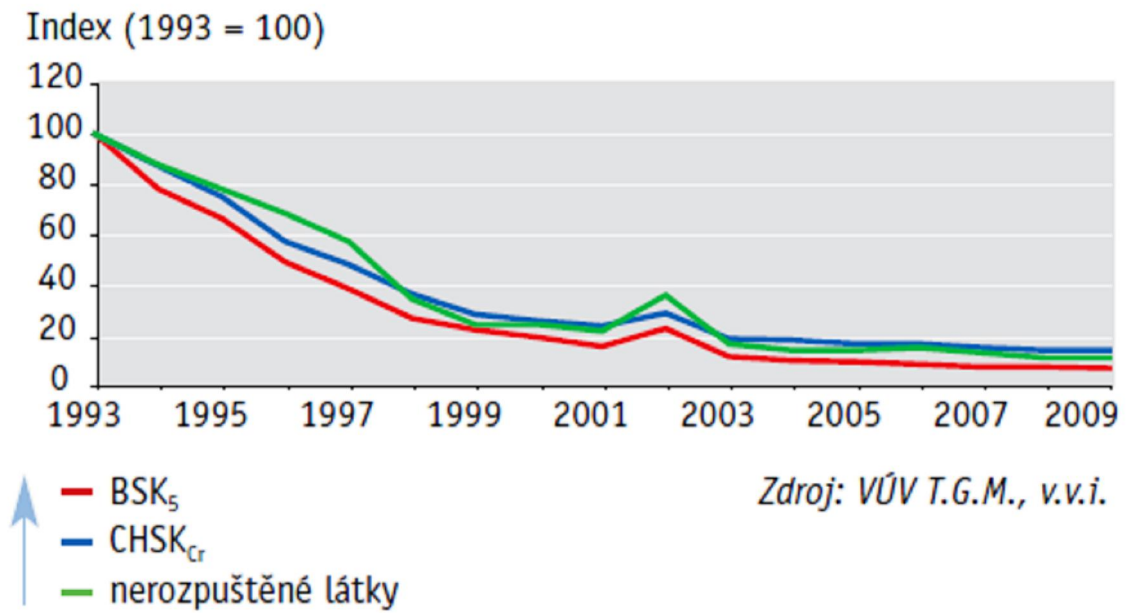
V letech 1990-2009 se podařilo snížit i vypouštěné množství nebezpečných a zvláště nebezpečných závadných látek. K významnému poklesu došlo také u makronutrientů (dusík, fosfor) v důsledku toho, že se v technologii čištění odpadních vod u nových a intenzifikovaných OV cíleně uplatňuje biologické odstranění dusíku a biologické nebo chemické odstranění fosforu. [3]

Zatímco v první polovině 90. let 20. století klesalo množství znečištění v odpadních vodách vypouštěných do povrchových vod hlavně v důsledku poklesu výroby, od poloviny 90. let 20. století se začal projevovat efekt rozsáhlé výstavby a modernizace čistíren odpadních vod. Vývoj od roku 2003 (rok 2002 byl ovlivněn katastrofálními povodněmi) vykazuje již pouze pozvolný pozitivní trend. Ke snížení vypouštěného znečištění došlo téměř ve všech povodích, s výjimkou ukazatelů BSK5 v povodí Odry, CHSKCr v povodí Moravy a Odry a NL v povodí Ohře a Odry (Graf 1). [3]

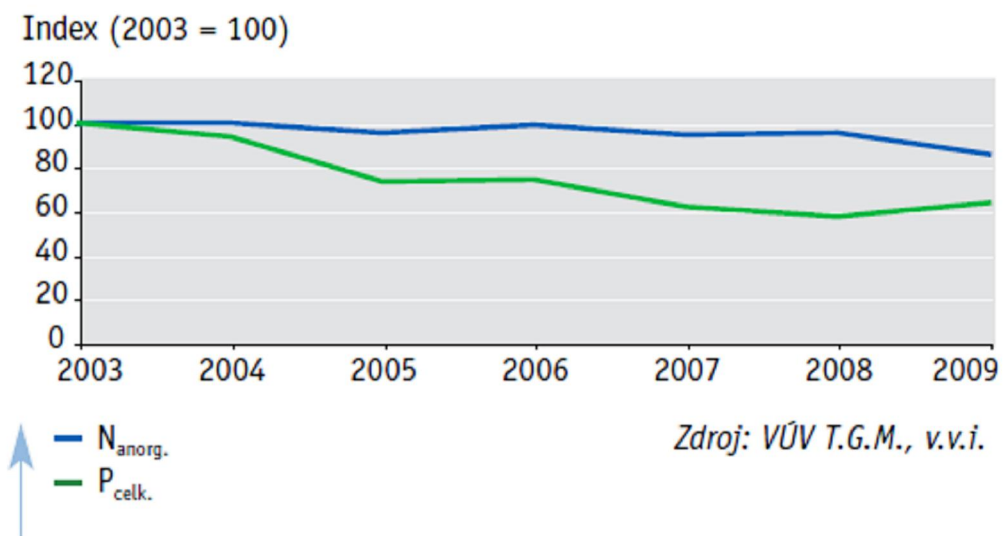
Významný problém pro vodní recipienty znamená vypouštění nutriční složky **dusíku a fosforu**, jejichž obohacováním vod dochází k eutrofizaci. Limitujícím faktorem je **fosfor**. U nutriční složky došlo v 90. letech 20. století rovněž k významnému poklesu množství vypouštění z bodových zdrojů (Graf 2). Pokles byl ovlivněn především tím, že se v technologii čištění odpadních vod u nových a intenzifikovaných čistíren odpadních vod cíleně uplatňuje biologické odstranění dusíku a biologické nebo chemické odstranění fosforu. Od roku 2003 docházelo k pozvolnému snižování množství vypouštěných nutričních složek (Tabulka 1). [3]

V roce 2009 bylo množství vypouštěné nutriční složky v ukazateli $N_{\text{anorg.}}$ 12 837 t a $P_{\text{celk.}}$ 1 156 t. Ve srovnání s rokem 2008 se množství vypouštěné nutriční složky v ukazateli $N_{\text{anorg.}}$ meziročně snížilo o 1 356 t (o 9,6 %), ale v ukazateli $P_{\text{celk.}}$ meziročně zvýšilo o 109 t (o 10,4 %). Pravděpodobně na tuto skutečnost vliv má vyúflívání fosforu v prostředcích do myčky nádobí. V předchozích letech (od října 2006) bylo množství fosforu vypouštěného z domácností snižováno mj. i uváděním pracích prostředků na trh s koncentrací fosforu menší než 0,5 % dle vyhlášky č. 78/2006 Sb. Dobrovolná dohoda o bezfosfátových výrobcích (s koncentrací fosforu do 0,1 %) platí již od roku 2005, ale ne všichni výrobci se připojili. [3]

Množství nutriční složky vypouštěné na OV se již statisticky významně nemění a vývoj produkovaného množství jmenovaných látek vykazuje od roku 2003 víceméně stagnaci. Vzhledem k tomu, že velké zdroje nutriční složky mají OV již vybudovanou nebo rekonstruovanou, je snižování množství vypouštěné nutriční složky pozvolnější. [3]



Graf 1: Relativní vyjádření výpouštění znečištění v ukazatelích BSK₅, CHSK_{Cr} a NL [index, 1993 = 100], 1993-2009 [2]



Graf 2: Relativní vyjádření výpouštění znečištění v ukazatelích Nanorg. a Pcelk. [index, 2003 = 100], 2003-2009 [2]

Rok	$N_{\text{anorg.}}$ [t/rok]	$N_{\text{anorg.}}$ [%] roku 2003]	$P_{\text{celk.}}$ [t/rok]	$P_{\text{celk.}}$ [%] roku 2003]
2003	14 951	100	1 812	100
2004	14 923	99,8	1 694	93,5
2005	14 292	95,6	1 330	73,4
2006	14 825	99,2	1 339	73,9
2007	14 057	94	1 120	61,8
2008	14 193	94,9	1 047	57,8
2009	12 837	85,9	1 156	63,8

Tabulka 1: Relativní vyjádření množství vypouštění znečištění v ukazatelích $N_{\text{anorg.}}$ a $P_{\text{celk.}}$ [2]

Významný zdroj znečištění, zejména pokud jde o dusičnany, fosforenany a pesticidy, představují rovněž plošné zdroje z zemědělské hospodářství a erozní splachy z terénu. Na množství těchto látek, které se dostane do vod, má vliv kromě jiných faktorů také aplikace a dávkování dusíkatých hnojiv a přípravků na ochranu rostlin v zemědělské produkci a podmínky pro erozi zemědělských půd. [3]

Vlivem požadovaného terciárního stupně znečištění při výstavbě nových OV a při rekonstrukci stávajících OV lze předpokládat další snižování vypouštěných nutrientů. Ke snížení množství vypouštěného znečištění by mělo přispět i dokončení rekonstrukce a intenzifikace Ústřední čistírny odpadních vod v Praze. [3]

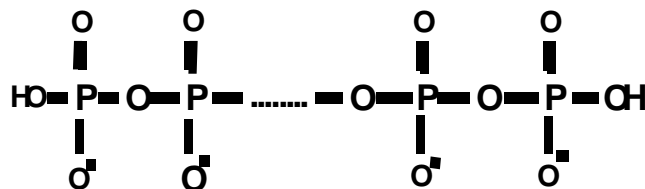
Na centrální OV jsou již připojeny všechny velké zdroje znečištění (tj. průmyslové podniky a všechny obce nad 2000 obyvatel) a 76 % obyvatel ČR. Zbývá vyřešit odvodnění a znečištění odpadních vod v menších obcích (do 500 obyvatel), kde je obtížné srovnání na obyvatele říjícího ve větším měřítku připojení na kanalizaci s OV vlivem roztroušenosti zástavby a vysokých nákladů na investiční a provozní náklady. [3]

2 FOSFOR A JEHO VLIV NA VODNÍ PROSTŘEDÍ

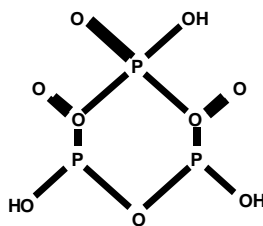
2.1 Fosfor

Fosfor je biogenní prvek, který zásadním způsobem ovlivňuje primární produkci zelených rostlin. Vedle dusíku je základním prvkem výživy sinic a řas. Poměr těchto dvou prvků potřebný pro optimální růst organismu je cca 100:1, kde v této podílu má dusík. Z toho podle Liebigova zákona minima vyplývá, že fosfor jako limitující prvek hraje klíčovou roli v nárůstu řasové biomasy. To znamená, že čím je více fosforu v povrchových vodách, tím nastává v této produkce sinic a řas. [4] Fosfor je také důležitou součástí živých těl v množství do 2 % hmotnosti rostlinné sušiny, kde hraje nezastupitelnou úlohu v energetickém metabolismu. [1]

Fosfor tvoří s kyslíkem fosforenany, které jsou přítomné v litosféře, biosféře, hydrosféře i atmosféře. Rozpuštěný anorganicky vázaný fosfor se může vyskytovat ve vodách ve formě jednoduchých nebo komplexních orthofosforenanů nebo polyfosforenanů v iontové nebo neiontové formě. Polyfosforenany vyskytující se ve vodách mohou mít strukturu buketovou (katenapolyfosforenany) nebo cyklickou (cyklopolyfosforenany). Mezi formy organicky vázaného rozpuštěného fosforu patří například fosfáty hexos, fosfolipidy, fosfoproteiny, koenzymy ADP a ATP, nukleové kyseliny, aj. Z biologického hlediska je významná ta část rozpuštěného fosforu, která je využitelná řasami. Jde o biologicky využitelný, dostupný fosfor. Autotrofní organismy jsou schopné asimilovat fosfor ve formě orthofosforenanů. Extracelulární enzymy dokáží hydrolyzovat organicky vázaný fosfor do formy fosforenanů. [4]



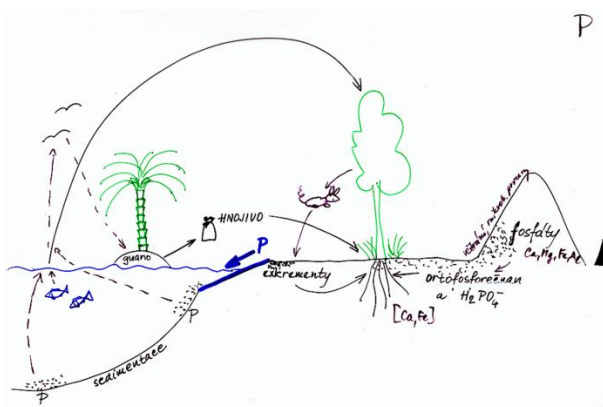
Obrázek 3: struktura katenapolyfosforenanů [4]



Obrázek 4: struktura kyseliny cyklotripolyfosforené [4]

2.2 Kolob h fosforu v p írod

Hlavním zásobníkem fosforu na Zemi jsou sedimenty a horniny s nerozpustnými fosforenany Ca, Mg, Al, Fe (tzv. fosfátové nerosty). Dostupné světové zásoby tohoto fosforu činí asi 16 mld. tun v porovnání s celkovým množstvím cca 120 mld. tun uložených hlavně v oceánech. Fosfor je uvolňován do prostředí v trávení hornin a činností mikroorganismů. Do ekosystému vstupuje v tuzemsku v podobě ortofosforenanů (hlavně fosforenanů křemíkatého). S Ca a Fe tvoří v půdě soli, jejichž rozpustnost (a tedy i dostupnost rostlinám) se zvyšuje s přítomností humusových látek. Rozpuštěný pak může být asimilován a vázán do protoplazmy. Rostlinám je přístupný i z exkrementů a je jimi přijímán hlavně v podobě aniontu H_2PO_4^- . Fosfor se vyskytuje v povodních tokách, jezerech, oceánech, v sedimentech moří a skalních masívech. Jeho cyklus je otevřený nebo také sedimentární, nebo minerální fosfor je splavován z pevniny do oceánů, kde se usazuje buď v litorálu nebo se inkorporuje do hlubinných sedimentů (okolo 13 mil. tun ročně). Odtud může být navrácen zpět pouze při vyzdvižení oceánského dna a následném vzniku nové pevniny, v níž je součástí mateřné horniny. Jen část fosforu je recyklována mořskými ptáky (guáno) a rybolovem. [5]



Obrázek 5: Kolob h fosforu v p írod [5]

Nedostatek fosforu vyvolává například předčasný opad listů a různé nekrózy nadzemních částí rostlin. Naopak s **nadbytkem fliivn, eutrofizací**, dochází k rozsáhlým změnám ve společenstvech. Ve vodním prostředí zaznamenáváme mohutný rozvoj vodních sinic a řas, objevuje se zákal, větší vodní rostliny ustupují v silné mezidruhové konkurenci. Navíc rozklad mohutné biomasy fytoplanktonu může vést k poklesu koncentrace kyslíku (vydýchání) a k vyhubení vodních živočichů včetně ryb. Výsledkem je sice vysoce produktivní společenstvo, ale s malou druhovou diverzitou organismů a nízkou estetickou hodnotou. [5]

lov k zasahuje stále větší mírou do přirozeného koloběhu. Stoupá výroba a aplikace fosforených hnojiv v zemědělství a v průmyslu. [1]

2.3 Eutrofizace

2.3.1 Definice

Eutrofizace je definována jako proces zvyšování produkce organické hmoty ve vodě, ke které dochází především na základě zvýšeného přísunu fliivn do stojatých a tekoucích vod. Eutrofizace je přirodní děj, jenž v důsledku lidské činnosti přesáhne přirozené meze.

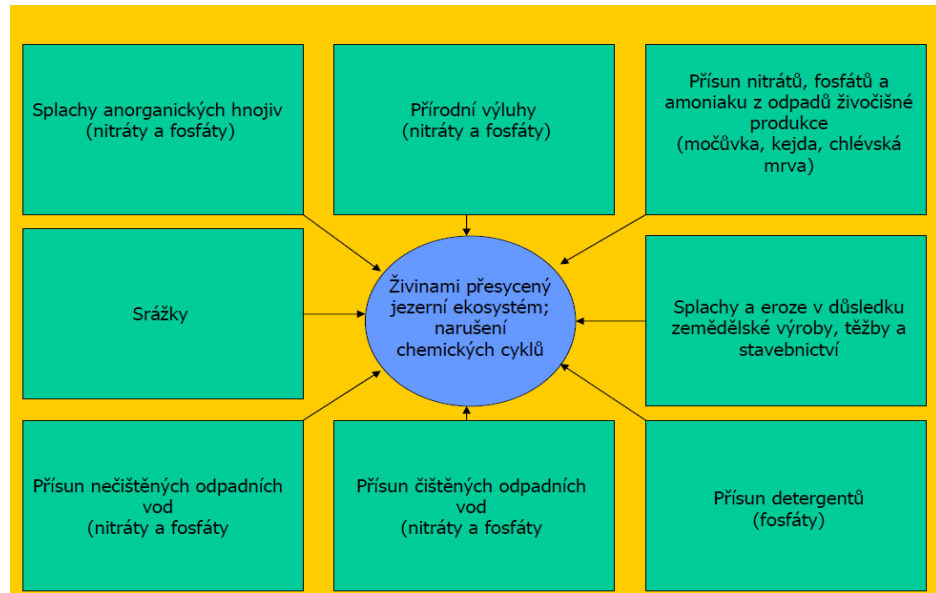
Přirodní eutrofizace je způsobena uvolněním dusíku a fosforu, případně silikátů, z písky, sedimentů a odumřelých vodních organismů.

Umělá eutrofizace je způsobena intenzivní zemědělskou výrobou, na kterými druhy průmyslových odpadních vod, používáním polyfosforenanů v pracích a čistících prostředcích a zvýšenou produkcí komunálních odpadních vod a odpadů fekálního charakteru. [4]

2.3.2 Příčiny eutrofizace

Lidská společnost produkuje velké množství látek, které svými účinky ovlivní kvalitu životního prostředí. Vedle toxických látek je možné se dnes setkat i s látkami, které nejsou ve své podstatě jedovaté, jejich vlastnosti však způsobují či podporují jiné negativní jevy. Mezi takové odpadní látky lze počítat nutrienty (fliiviny), které svojí narůstající koncentrací

v povrchových vodách zvyšují jejich trofii a účinnost (zamoření živinami - eutrofizaci, která má negativní vliv na vodní ekosystém, kvalitu vody a ekologickou rovnováhu. [4]



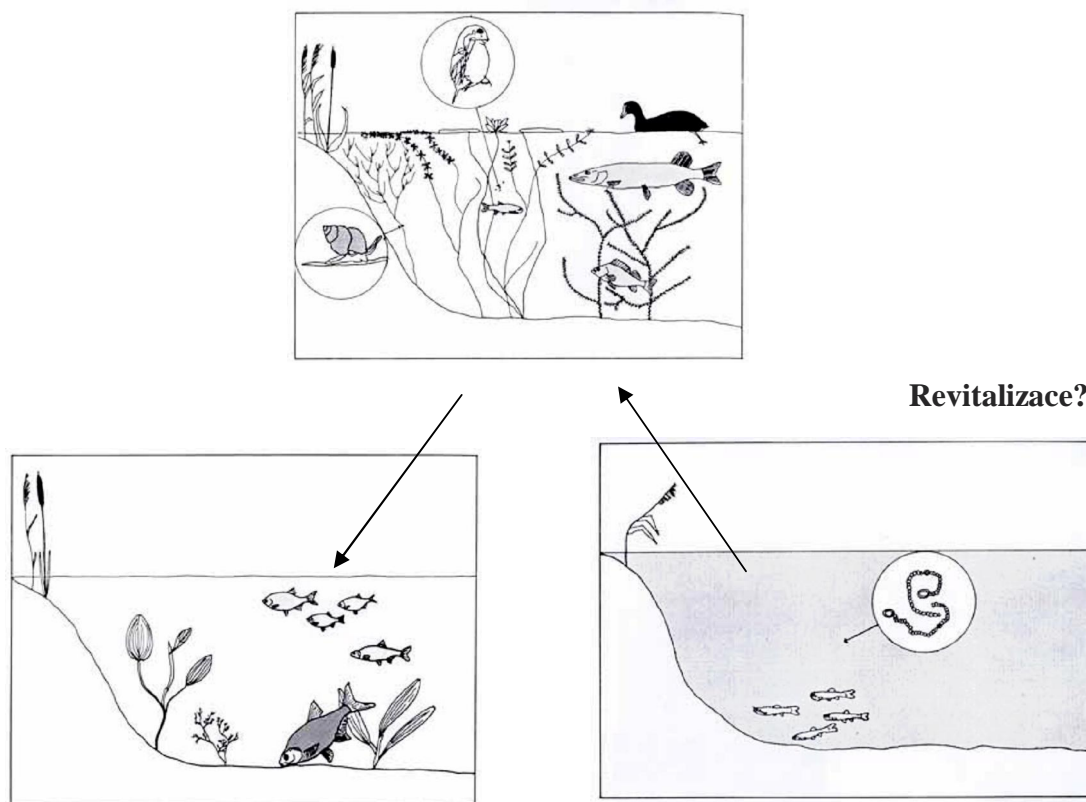
Obrázek 6: Příčiny indukované eutrofizace [6]

Uhlík ovlivňuje koloběžku fosforu mnoha způsoby. Lovem mořských živočichů (ryb) navrácí zpět z oceánu na pevninu zhruba 50 mil. tun fosforu ročně, což je však z hlediska oceánu zanedbatelná polovička. O to více je však ovlivněn suchozemský biocyklus: více než 13 mil. tun fosforu je obsaženo v každoročních dávkách zemědělských hnojiv, další 2-3 mil. tun projde domácnostmi (odpady). Tento fosfor se dostává do hydrologického cyklu, kde je pak obsažen ve vyšší koncentraci v porovnání s přirozeným stavem, což má zásadní vliv na fungování a podobu ekosystému. Výsledek je ještě umocněn odlesňováním a erozí. Fosfor je často limitujícím prvkem růstu rostlin a produktivity fytoplanktonu. [5]

2.4 Důsledky eutrofizace vodního prostředí

Důsledkem eutrofizace je narušení ekologických procesů následkem přebytku živin ve vodním prostředí. [5]

V nádržích a stojatých vodách zaznamenáváme masový rozvoj vodního květu, sinic i vegetačního zbarvení, tvořeného zelenými řasami nebo i rozsivkami, případně některými druhy vyšších rostlin. Nastává obvykle v letních měsících, kdy je dostatek tepla a slunečního světla. Nadměrný nárůst fytoplanktonu způsobuje problémy vyšším rostlinám a způsobí i jejich úbytek. Jedním z důsledků je pak i snížená samočišticí schopnost ekosystému jezera. Řasy a sinice, je-li se shromažďují u hladiny, vytvářejí bariéru slunečním paprskům, které se nedostanou k organismům ve větší hloubce. Velká koncentrace fytoplanktonu způsobuje úbytek citlivějších organismů, jejich místo pak zaujmají výhradně organismy odolnější, které se v důsledku malého množství pirozených více citlivých konzumentů a predátorů rozmnožují a způsobují další, mnohdy nevratné, změny v ekosystémech. Odolná makrofyta pak naplňuje rychlým a nelimitovaným růstem způsobují zastánění toků a snižují retenční kapacitu nádrží. Výsledkem je sice vysoce produktivní společenstvo, ale s malou druhovou diverzitou organismů a nízkou estetickou hodnotou. Dalším negativním faktorem zvýšeného výskytu řas a sinic je narušení kyslíkového režimu. Rozklad mohutné biomasy fytoplanktonu často vede k poklesu koncentrace kyslíku (vydýchání) a k vyhubení vodních živočichů včetně ryb. [5]



Obrázek 7: Schéma vlivu eutrofizace na vodní ekosystém [5]

Zvýšený obsah fosfore napří s sebou komplikace vodárnám, protože zhoršuje upravitelnost vody. To je závažný problém zejména v našich podmínkách, kdy je zhruba 60 % zdroj pitné vody získáváno z povrchových zdrojů. Dochází zde k ucpávání filtrů, zhoršení organoleptických vlastností upravené vody, vzniku sekundárního mikrobiálního znečištění při rozkladu organismů v rozvodné síti a k uvolnění hygienicky nepřijatelných látek do vody. Mnohé druhy sinic produkují celou řadu toxických látek. Při jejich vyšší koncentraci se mohou u koupajících se osob, zvláště u dětí a citlivějších jedinců, projevit kožní vyrážky, otoky a záněty očí spojivek. Kromě chronických účinků jsou v poslední době zaznamenávány i případy akutní intoxikace. [4]



Obrázek 8: Fotografie nádrže postížená eutrofizací [6]

3 ODPADNÍ VODY

Definice odpadních vod podle ustanovení § 38 odst. 1 zákona č. 254/2001Sb., o vodách a o změnách v kterých zákon (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů :

Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změnou jakost (složením nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průmyslové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpět využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vodotělných, a dále jsou odpadními vodami i průmyslové vody ze skládek odpadu. [7]

3.1 Rozdělení odpadních vod

3.1.1 Splaškové odpadní vody

Splaškové odpadní vody jsou produkovány z domácností. Jedná se především o odpadní vody ze sociálního zařízení, kuchyní, z praček a myček nádobí. Splaškové odpadní vody obsahují velký podíl fekálií a moči, jako jsou sloučeniny dusíku, fosforu a uhlíku, dále polysacharidy, sacharidy, lipidy, bezdusíkaté a mastné kyseliny, což vypovídá o organickém znečištění OV. Další složkou jsou anorganické látky, a to především chloridy, sloučeniny fosforu (fosfáty) a tenzidy. Tyto látky jsou obsaženy hlavně v pracích a čistících prostředcích používaných v domácnosti. [8] Koncentrace těchto látek obsažených ve splaškových vodách se odhaduje do 200 g/l za den na jednoho obyvatele (cca 60 g/l BSK5 a 120 g/l CHSKCr, tyto hodnoty se využívají k navrhování čistíren odpadní vod). [9]

3.1.2 Průmyslové odpadní

Průmyslové odpadní vody na rozdíl od splaškových OV mají různorodý charakter i složení dané typem průmyslového odvětví, které je produkuje. [8]

3.1.3 Místské odpadní vody

Místské odpadní vody jsou vody tekoucí v kanalizaci pro městských měst a také obcí. Představují směs splaškových vod a průmyslových vod. V případě, že ve městě je vybudována jednotná kanalizace, obsahují také srážkové splachy z ulic a vody pouštěvané k inženýrským komunikacím a zpevněných ploch. [8]

3.1.4 Kapalné odpady zemědělské

Kapalné odpady zemědělské vznikají v živočišné výrobě, při chovu skotu a prasat ve formě kejdy a močůvky. Jedná se o zvláště nebezpečné látky a závadné látky. [8]

3.2 Fosfor ve splaškových odpadních vodách z domácností

Fosfor je prvek, který se ve splaškových vodách vyskytuje v organických nebo anorganických sloučeninách jako rozpustný P_{rozp} a nerozpustný P_{nerozp} , a posuzuje se jako fosfor celkový P_{celk} . Jak již bylo uvedeno, je významným biogenním prvkem a může se podílet na eutrofizaci vod. Proto je parametr šelkový fosforůpeřliv sledován a vyhodnocován. Základními formami výskytu fosforu v odpadních vodách jsou ortofosforenany, polyfosforenany, a organicky vázaný fosfor (P_{org}). [9]

3.2.1 Organický fosfor a jeho zdroje

Organický fosfor v domovních odpadních vodách je obsažen především v živočišných odpadech. Průměrně vyloučí člověk a fekáliemi denně asi 1,5 g fosforu. Mezi formy organicky vázaného rozpustného fosforu patří například fosfáty hexos, fosfolipidy, fosfoproteiny, koenzymy ADP a ATP, nukleové kyseliny, aj. Z biologického hlediska je významná část rozpustného fosforu, která je využitelná organismy. Jde o biologicky využitelný, dostupný fosfor. [9]

3.2.2 Anorganický fosfor a jeho zdroje

Zdrojem anorganické formy fosforu v domovních odpadních vodách jsou ortofosforenany a polyfosforenany. Nejčastější formou výskytu jsou ortofosforenany. Polyfosforenany jsou obsaženy zejména v pracích a čistících prostředcích. Degradací organických látek i

hydrolyzou polyfosforenanů (a to jifi ve stokové síti nebo při mechanickém tření) se veškerý fosfor transformuje na formu orthofosforanu. [9]

V práci je proveden průzkum použití fosfátových a bezfosfátových pracích prostředků v prádelnách a domácnostech. Uveden je také odhad produkce fosforu, vznikajícího při praní prádla v průmyslových prádelnách a při automatickém mytí nádobí v domácnostech.

4 PRINCIPY ODSTRANOVÁNÍ FOSFORU Z ODPADNÍCH VOD

Fosfor přítomný v odpadních vodách má povrchovou v moči, fekáliích a čistících prostředcích (saponáty, prací prášky, atd.). Proto bylo zavedeno barevné dělení odpadních vod na fluté (moči), hnědé (fekálie) a šedé (odpadní vody z praní, mytí, sprchování, atd.) a optimalizuje se princip nakládání s nimi při současném optimálním využití jejich látkového potenciálu. [10]

Zamezit přívodu fosforu z domácností do vodních toků lze několika způsoby:

1. jeho separací u zdroje - jedná se o fluté vody a hnědé vody
2. používat pouze bezfosfátové prací a čistící prostředky
3. odstraněním fosforu z odpadních vod před vnosem do vodního toku pomocí vhodné technologie

4.1 Separace fosforu u zdroje

Dospělý člověk vyloučí okolo 500 l moči za rok a je v ní obsaženo cca 50 % fosforu a 80 % veškerého dusíku přítomného ve splaškové odpadní vodě. Separace moči má proto pro čistění výrazně nižší koncentrací fosforu i dusíku v odpadních vodách a současně umožňuje znovu využít pro hnojení. Za účelem separace moči a fekálií se používají speciální vyrobená sanitární zařízení. Odtud jsou fluté a hnědé vody odváděny potrubím do sběrné nádoby, kde je možnou technologií upravována na hnojivo, které je možno využít v zemědělství.

Tento způsob vnosu fosforu do domovních odpadních vod se v České republice dosud prakticky nevyužívá. Studie ukazují na neochotu ke změně v naučených hygienických zvycích, neochotu v investování do dalších stavebních úprav v domácnostech (potřebou dalších potrubí na odvádění flutých vod), v zanedbaných předsudcích využití moči nebo hnojiv z ní vyrobených v zemědělství a následné konzumace vyprodukovaných plodin. [10]



Obrázek 9: Dělení odpadních vod [10]

4.2 Používání bezfosfátových pracích a čistících prostředků

Nejsystémovější a nejlevnější řešení je omezit produkci fosforu tam, kde je to jenom trochu možné, než ho potom složitě a draze odstraňovat z odpadních vod. [10] Používáním výhradně bezfosfátových pracích a čistících prostředků v domácnostech lze zabránit vnosu 40 % - 50 % anorganického fosforu do vypouštěných odpadních vod. [11]

V České republice se dosud prodávají čistící a prací prostředky s obsahem fosfátů. I když již více než ty tři roky platí vyhláška č. 78/2006 Sb., má každý občan koupit prací prášek s obsahem fosfátů.

Prmyslové prádelny vypustí do odpadních vod odhadem 1 092 až 6 552 tun fosfátů za rok. Používáním myček v domácnostech se vypustí odhadem 2 300 až 4 600 tun fosforu/rok. S rostoucím počtem domácností vybavených myčkou bude toto číslo růst. Při specifické produkci fosforu 3 g/obyvatele a den při 10,5 milionech obyvatel je v ČR vyprodukováno 11 500 tun fosforu/rok. [11]

Na českém trhu je dostatek těchto bezfosfátových prostředků. Spotřebitelé jsou však ovlivněni systematickou reklamní kampaní na prací prášky, které dosud obsahují fosfáty. Neuvědomují si také, že si odnášejí domů v 10 kg balení pracího prášku za nevýhodně nízkou cenu předeví 8 kg plnidla. Nejčastěji se používá síran sodný a chlorid sodný, zajišťující syplnost prášku a vhodné koncentrace ostatních složek. Plniva se při praní

zachytávají ve struktuře tkaniny a způsobují tvrdost prádla, které je nutno změkčovat pomocí aviváže. [9]

Fosfáty se v pracích a čistících přípravcích používají spolu s uhlíkatými, křemičitými, boritými látkami a enzymy jako aktivní přísady pro zlepšení vlastností tenzidů. Jedná se o polyfosforenany, které změkčují vodu a vyznačují se schopností zabránit vzniku usazování nečistoty v tkanině v průběhu pracovního cyklu. [9]

V odpadních vodách vypouštěných z domácností je obsaženo 2,5 - 3 g na osobu za den fosforu. Z jedné čtyřlenné domácnosti se tedy vyprodukuje celkem 10 - 12 g fosforu denně při specifické spotřebě vody 0,6 m³ za den. Z toho 50 - 65 % produkují výkaly a moč, tj. 6,5 g, a 35 - 50 % tj. 5,5 g, je z pracích a mycích prostředků (automatické pračky, myčky nádobí a jiné detergenty). Jedná se tedy o odpadní vody přitékající do domovních OV. [12]

Z toho plynou podíly koncentrace fosforu v odpadní vodě na nátok do domovní OV

1. lidské fekálie a moč 13 - 15 mg/l
2. čistících a prací prostředků 9 - 13 mg/l

Názorný příklad:

1. Produkce celkového fosforu z lokality 20 RD vybavených D OV při používání **fosfátových** čistících a pracích prostředků o počet obyvatel 80

lidské fekálie a moč	0,52 g na den tj. 0,169 t/za rok
čistících a prací prostředků	0,44 g na den tj. 0,161 t/za rok
fosfor celkem	0,96 g na den tj. 0,33 t/rok

2. Produkce celkového fosforu z lokality 20 RD vybavených D OV při používání **bezfosfátových** čistících a pracích prostředků o počet obyvatel 80

lidské fekálie a moč	0,52 g na den tj. 0,169 t/rok
čistících a prací prostředků	0,00 g na den tj. 0,000 t/rok
fosfor celkem	0,52 g na den tj. 0,169 t/rok

Rozdíl fosforu za rok na nátok do OV při používání bezfosfátových přípravků činí za rok 0,161 t.

Přibližně 50% účinnosti je množství vypouštěného fosforu z OV zatíženými

fosfátovými čistícími a pracími prostředky

fosfátové fosfor celkem 0,48 g na den tj. 0,169 t/rok

bezfosfátové fosfor celkem 0,26 g na den tj. 0,0845 t/rok

Rozdíl 0,081 t fosforu za rok

V koncentračních hodnotách by předchozí výpočet vypadal takto:

1. koncentrace celkového fosforu v D OV při používání fosfátových čistících a pracích prostředků

lidské fekálie a moč 13 - 15 mg/l

čistící a prací prostředky 9 - 13 mg/l

fosfor celkem 20 - 30 mg/l

2. koncentrace celkového fosforu v D OV při používání bezfosfátových čistících a pracích prostředků

lidské fekálie a moč 13 - 15 mg/l

čistící a prací prostředky 0 - 0 mg/l

fosfor celkem 13 - 15 mg/l

Přibližně 50% účinnosti je množství vypouštěného fosforu z OV zatíženými:

a) fosfátovými čistícími a pracími prostředky fosfátové fosfor celkem 10-15 mg/l

b) bezfosfátové fosfor celkem 6,5-7,5 mg/l

Rozdíl 3,5-7,5 mg/l

Na tomto příkladě je vidět, že lze tímto nejjednodušším způsobem snížit přísun fosforu do vypouštěných odpadních vod do domovní čistírny odpadních vod a tím ovlivnit kvalitu vypouštěných předčištěných vod do toku. Stačí pouze používat výhradně bezfosfátové přípravky.

Já sama používám ve své domácnosti již sedm let výhradně české čistící a prací prostředky označené českou značkou ekologicky –etrný výrobek (E^{TW}) a jsem s nimi naprosto spokojená. Ekoznačka mi dává jistotu, že používáním těchto přípravků chráním životní prostředí a především zdraví své rodiny.



4.3 Odstranění fosforu z odpadních vod pomocí vhodné technologie

4.3.1 Biologické čištění odpadních vod

Při biologickém čištění odpadních vod se jedná především o rozložení organických látek v nich obsažených, z nichž však je biologicky rozložitelná jen jejich určitá část. Nositelům procesu jsou mikroorganismy, především bakterie, pro něž je organická hmota substrátem, jehož rozkladem metabolickými procesy za účasti enzymů získávají energii a látky potřebné k syntéze své biomasy (růst). Část biogenních prvků (prvky potřebné ke stavbě buněčné hmoty P a N) získávají i z látek anorganických. V biologických čistírenských systémech se jedná vždy o směsnou mikrobiální kulturu s větší i menší pestrostí druhů. Tyto bakterie jsou souhrnně označovány jako poly-P bakterie. Je-li třeba odstraňovat z odpadní vody fosfor, musí být vytvářeny podmínky příznivé pro tyto poly-P bakterie. Pokud se podaří navodit mechanismus zvýšeného biologického odstraňování fosforu, může obsah fosforu v sušině aktivovaného kalu dosahovat až 9 až 10 %. [13]

4.3.2 Filtrace

Využití filtrace pro odstranění fosforu vždy předpokládá předchozí provedení fosforu do pevné fáze, (srážení) například chemická srážení nebo biomasa. Filtrace může být mikrosíťová, například na odtoku z čistíren separujících nerozpustné látky nebo aktivovaný kal obsahující fosfor. Tento druh separace je primárně zaměřen na separaci nerozpustných látek a odstranění fosforu je pouze jako vedlejší efekt. [14]

Filtrace není součástí běžně používaných domovních čistíren odpadních vod. Dodává se pouze v případě, že je nutno snížit koncentraci fosforu na odtoku z OV. Například vypouštění předčištěných odpadních vod do vod podzemních nebo povrchových vod málo vodného vodárenského toku.

5 DOMOVNÍ ISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

5.1 Typy domovních istíren

5.1.1 Mechanicko-biologická istírna odpadních vod

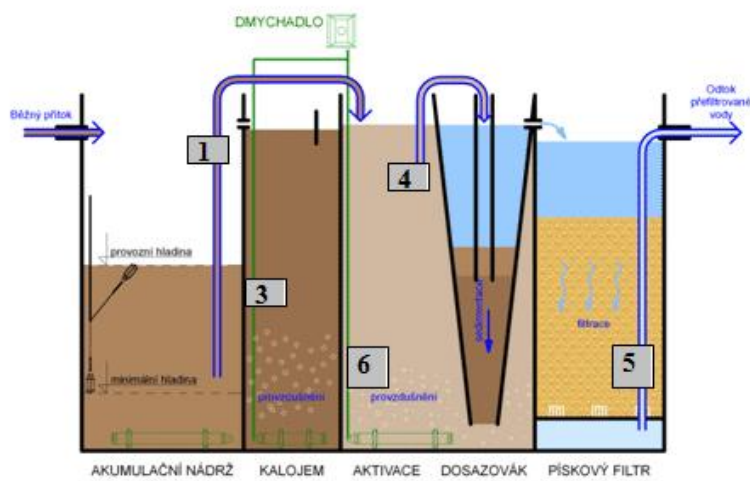
Mechanicko-biologická istírna je konvenční výrobek. Jedná se o samonosnou plastovou vícekomorovou nádrž, která je kompletně technologicky vybavena a připravena ihned po montáži a propojení s potrubím a připojením dmyhadla ke spuštění. Skelet istírny se vyrábí z polypropylenu, který zajišťuje dlouhodobou životnost výrobku. Istírní proces pracuje na principu biologického čištění odpadních vod pomocí aktivovaného kalu ve vznosu. Odpadní voda v nádrži je v určitých intervalech provzdušňována sadou vzduchových trysek. Vzduch, nezbytný pro život mikroorganismů, je dodáván nehlukým membránovým dmyhadlem, jež bývá umístěno přímo v istírně nebo technické místnosti RD nebo se osazuje v těsné blízkosti istírny. Dmyhadlo se také používá na pohon vzduchového čerpadla, zajišťujícího přeerpávání čištěné odpadní vody mezi jednotlivými komorami. Mechanicko-biologické istírně kvalitně čistí pouze pokud je do vody vháněn v pravidelném přísunu vzduchu. Jedná se o aerobní proces čištění. Část fosforu přechází v průběhu biologického čištění z rozpuštěných sloučenin fosforenanů do buněk bakterií, nebo tento nutrient je součástí nově syntetizované biomasy opeybného kalu. Odstranění fosforu v běžně zatížené domovní mechanicko-biologické istírně bývá 20 až 50 %.



Obrázek 10: Schema umístění domovní OV [10]

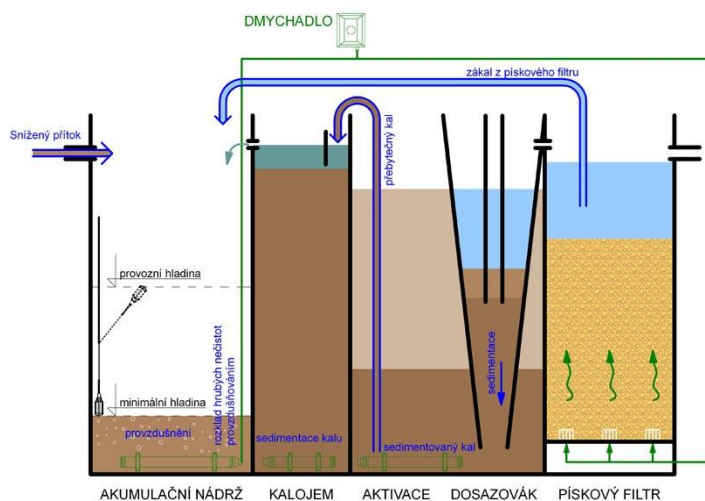
Vyčištěnou vodu z istírny lze jímát a dále využívat k zalévání nebo k dalšímu použití v domácnosti (návrat na WC). Možnosti jejího dalšího využití jsou závislé na stupni a kvalitě zvolených doistívacích zařízení. Pokud se přečištěná voda používá pouze na

ko enovou zálivku, posta í vodu na odtoku z ístírny zachytit do jímky nebo do zásobníku, který m fle byt sou ástí ístírny. Pro kapénkovou zálivku (zálivku na list) je vhodné poufít vodu, která je do í-t na na ístír n s vestav ným pískovým filtrem. V tomto filtru se zachytí dal-í drobné ne istoty a do zásobníku odtéká naprosto írá, nezapáchající voda, dosahující charakteristik ufitkové vody. V p ípad , fle je pofadavek vy í-t nou vodu poufívat na praní, splachování WC nebo ji jinak vyuffívat jako vodu ufitkovou, je t eba ji zbavit také p ítomných bakterií, tzn. dále ji do ístit nap . UV lampou, membránovou filtrací i chlorováním. [15]



Obrázek 11.: Schéma fáze procesu í-t ní OV TOPAZ [15]

FÁZE REGENERACE



Obrázek 12: Schéma fáze procesu regenerace OV TOPAZ [15]

Aktivovaný kal je směsí bakteriální kulturou, obsahující například i jiné organizmy jako například houby, plísně, kvasinky, prvoky aj., ale také z vody absorbované suspendované a koloidní látky. Aerobní bakterie potřebují ke svému metabolismu kyslík, který musí být do aktivní nádrže přibíráván, obvykle jejím provzdušněním. Aeraci se současně udržuje aktivní směs ve vznosu. Takto nedochází k usazování kalu a tím k omezení jeho styku s odpadní vodou. Důsledkem nedostatečného provzdušnění je vyerpání rozpuštěného kyslíku. Pokud je tento stav dlouhodobý, nastane odumírání aerobních bakterií a vytvoří se anaerobní podmínky, při nichž probíhají rozkladné procesy pomaleji a čistící aerobní proces se zhroutí. [15]

Výhody konvenčních čistíren

- Biologická OV s účinností až 95 %
- Nízké provozní náklady
- Snadná instalace
- Bezhlukový provoz

Nevýhody

- Nutno vybudovat připojku elektrické energie pro pohon dmychadla
- Nutno počítat s náklady na elektrickou energii
- Nutno provádět častou kontrolu chodu dmychadla (při výpadku energie nutno znovu zapnout)

5.1.2 Konvenční čistírny odpadních vod

Umělé mokřady jsou systémy, které jsou navrhovány a stavěny tak, aby při čištní odpadních vod byly vyúřlívány procesy, které probíhají v přirozených mokřadech. Umělé mokřady se rozlišují podle několika kritérií, především podle druhu pouřlité vegetace a způsobu průtoku odpadní vody. [16]

Ko enové OV se budují jako zemní nádrže s 1 a více filtračními poli. Zemní vodotěsná jámka je vyplněna filtračním materiálem s rozvodným a svodným potrubním systémem a osázená vhodnými rostlinami. Před nátokem do OV se osadí septik na zachytávání hrubých nečistot. Na odtoku z OV se osadí plastová nádrž, která slouží k vyrovnávání



hladiny vody v tělese čistírny, jako menší akumulace a také pro odběr kontrolních vzorků čistěné vody.

Obrázek 13: Ko enová OV pro 4 EO Lhota u Malenovic [17]

Fosfor je z odpadní vody odstraován téměř výhradně rostlinným příjmem především o adsorpci a srážení ve filtračním poli, případně absorpcí rostlinami (s následnou sklizní biomasy). Materiály, které jsou běžně využívány pro filtraci v ko enových čistírnách (kaolín, štěrka, drcené kamenivo), však mají velmi malou sorpční kapacitu, a proto je odstraování fosforu v KO poměrně nízké a pro splaškové vody v těle nepesaňuje 50 %. Odstraování fosforu lze zvýšit použitím materiálů, které mají vysokou sorpční schopnost, například kalcit. Sorpční kapacita tohoto materiálu je však limitovaná a poase

je nutné celou náplň vyměnit. Navíc cena těchto filtračních materiálů je výrazně vyšší než u běžně používaných filtračních materiálů. [16]

Výhody KVO [16]

Jsou schopny čistit odpadní vody s nízkou koncentrací organických látek, což je u

klasických čistíren problém

Často se vyrovnávají s kolísáním množství a kvality odpadních vod

Často mohou pracovat nepřetržitě, což klasické čistírny nemohou

Často vyžadují minimální (ale pravidelnou) údržbu

Často nevyžadují elektrickou energii

Často mají menší náchylnost k havárii systému

Často se zapadnou do krajiny a jsou její součástí, případně mohou plnit i okrasnou funkci

Nevýhody KVO [16]

Často srovnání s klasickými čistírnami jsou náročnější na plochu

Často nejsou vhodné pro odstranění amoniaku a fosforu

Často strojní čistírny mají lepší předpoklady pro řízení čistícího procesu, pro analýzu případných problémů a pro aplikaci nápravných opatření

6 LEGISLATIVA

V souvislosti se vstupem české republiky do Evropské Unie došlo v oblasti vodního hospodářství k novele zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. [7] Jeho vydáním byla v ČR akceptována zejména směrnice ES pro vodu o tzv. Rámcové směrnice vodní politiky Evropských společenství (2000/60/ES) a došlo k přijetí tzv. šeuronovely vodního zákona (zákon č. 20/2004 Sb.). Na základě Rámcové směrnice byla česká republika vymezena jako tzv. šcitlivá oblast.

Požadavky na kvalitu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových stanovila podle § 38 odst. 5 zákona č. 254/2001 Sb. (ve znění pozdějších předpisů) vláda nařízením č. 61/2003 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 (dále jen Nařízení). [13]

V praxi toto znamená, že při vodoprávním řízení jsou stanoveny emisní limity pro konkrétní odtoky z čistíren na základě posouzení směšovací rovnice a současného stavu v recipientu. Vzhledem k tomu, že současný stav mnohdy neodpovídá požadovanému cílovému stavu povrchových vod a jsou zároveň pro citlivé oblasti posuzovány u odtoku z OV i parametry znečištění dusíkem a fosforem, vyvstala v oblasti čištění odpadních vod v poslední době potřeba zvýšeného odstranění právně těchto nutričních. [13]

Současná platná legislativa v oblasti vodního hospodářství v české republice se bohužel nezabývá sledováním kvality vypouštěných odpadních vod v ukazateli P_{celk} (fosfor celkový) u malých zdrojů znečištění, jako jsou vody z domácnosti. Tento ukazatel je sledován pouze u zdrojů znečištění nad 2000 ekvivalentních obyvatel, jak je uvedeno v příloze č. 1. Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění k Nařízením vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, ve znění pozdějších předpisů. [18]

Práce je zaměřena především na odstranění fosforu, který je jedním z nejdůležitějších prvkem ovlivňující kvalitou našich vod a nejsou zde blíže rozpracovávány další nemén důležité oblasti ochrany vod.

6.1 Limity kvality vypouštěných vod

Kvalita vypouštěných městských odpadních je sledována podle tabulky 1a přílohy 1 k nařízení vlády č. 61/2003 Sb. [18]

Kategorie ČOV (EO) ^{1) 7)}	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk.} ^{2), 8), 9)}		P _{celk.} ⁹⁾	
	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	průměr ⁵⁾	m ^{4), 6)}	průměr ⁵⁾	m ^{4), 6)}	průměr ⁵⁾	m ⁴⁾
< 500 ¹¹⁾	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 – 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3 ^{4a) 9)}	8 ^{4a) 9)}
10 001 – 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Tabulka 2: Emisní standardy přípustné a maximální koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l [18]

Kvalita povrchových vod je sledována podle tabulky 1a přílohy 3 k nařízení vlády č. 61/2003 Sb. [18] Obsahuje ukazatele vyjadřující stav vody ve vodním toku, normy environmentální kvality a požadavky na ufrívání vod. (část tabulky s limitem fosforu).

Ukazatel	Značka, zkratka nebo číslo CAS ^{A)}	Jednotka	Požadavky pro užívání vody (průměrná hodnota) ^{B) C)}				Norma environmentální kvality ^{C)}	
			vodárenské účely (§ 31 zákona) ^{D)}	koupání (§ 34 zákona) ^{E)}	lososové vody (§ 35 zákona) ^{F)}	kaprové vody (§ 35 zákona) ^{G)}	NEK-RP (průměrná hodnota) ^{B) H)}	NEK-NPH (nejvyšší přípustná hodnota) ^{I)}
Všeobecné ukazatele ^{J)}								
rozpuštěný kyslík	O ₂	mg/l						>9
biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅	mg/l			2			3,8
chemická spotřeba kyslíku	CHSK _{Cr}	mg/l						26
celkový organický uhlík	TOC	mg/l	8					10
celkový fosfor	P _{celk.}	mg/l	0,05 ¹⁾	0,05 ²⁾				0,15
celkový dusík	N _{celk.}	mg/l						6
amoniakální dusík	N-NH ₄ ⁺	mg/l				0,03	0,16	0,23
dusitanový dusík	N-NO ₂ ⁻	mg/l				0,09	0,14	
dusičnanový dusík	N-NO ₃ ⁻	mg/l						5,4
teplota vody	t	°C					³⁾	29
reakce vody	pH	-						6 – 9 ⁴⁾
rozpuštěné látky sušené	RL ₁₀₅	mg/l						750
rozpuštěné látky žíhané	RL ₅₅₀	mg/l						470

Tabulka 3: Ukazatele vyjadřující stav vody ve vodním toku, normy environmentální kvality a požadavky na ufrívání vod. (část tabulky s limitem fosforu). [18]

ZÁVĚR

V souvislosti se strategickým rozvojem obcí zaměřeným na podporu výstavby rodinných domů, společně s podporou decentralizovaného systému i-t ní odpadních vod, výrazně narůstá počet domovních i-tíren zaústěných do toků. Důvodem podpory decentrálního i-t ní odpadních vod z jednotlivých nemovitostí u menších obcí (do 500-1000) obyvatel jsou především ekonomické. Obce nemají k dispozici dostatek finančních prostředků pro vybudování nové kanalizační sítě s centrální i-tírnou odpadních vod. Náklady na výstavbu se pohybují v desítkách miliónů korun. Obce mohou využít finanční podpory státu formou dotace, avšak dotační tituly jsou často nastaveny s požadavkem vysoké spoluúasti obce (20-30%), což obce nejsou schopny ze svého rozpočtu pokrýt.

Obce i jednotlivé domácnosti mají povinnost vypouštět odpadní vody ve stanovených limitech v souladu s legislativou. Současná legislativa v oblasti i-t ní odpadních vod z domovních i-tíren ale sleduje pouze ukazatele $CHSK_{Cr}$, BSK_5 a NL, ne však fosfor. Během používání D OV neodstraní fosfor přítomný v odpadních vodách z domácností s takovou účinností jako ostatní sledované ukazatele. Pro zvýšení účinnosti odstranění fosforu je nutno doplnit systém o další stupeň i-t ní, který navýší poizovací náklady i-tírnou a současně náklady na i-t ní odpadní vody.

Bakalářská práce se zabývá výskytem fosforu ve vodách, jeho vlivem na kvalitu prostředí a odstraněním z vypouštěných odpadních vod v domovních i-tírnách. Shrnuje v podobě dosavadní poznatky z oblasti i-t ní domovních odpadních vod s důrazem na problematiku vypouštění fosforu, který současná legislativa nelimituje. Vzhledem k tomu, že se jedná o závažný problém, je předpokládáno, že se na něj v nejbližší budoucnosti zaměří.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LELLÁK, J. Hydrologie. KUBÍ EK. F. 1. vydání, vydavatelství Praha: Univerzita Karlova, 1991, ISBN 80-7066-530-0. [kniha]
- [2] Zpráva o flivotním prost edí eské republiky 2009. Dostupné z www: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMJG3UQ0NF](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMJG3UQ0NF)>. [webová stránka]
- [3] Zpráva o stavu vodního hospodá ství eské republiky v roce 2009 (Modrá zpráva). Dostupné z www: <<http://eagri.cz/public/eagri/voda/publikace-adokumenty/modre-zpravy>>. [webová stránka]
- [4] EUTROFIZACE NA P ELOMU TISÍCILETÍ. Vladimír Ko í, Ji í Burkhard, Blahoslav Mar-álek, Ústav chemie ochrany prost edí V^TCHT Praha. Dostupné z www:< <http://ekotoxikologie.sweb.cz/toxlab/knihovna/eutrofizace.htm>>. [tematický lánek]
- [5] Obecná ekologie Doc. Mgr. Miroslav ^Tálek, Dr., eská zem d lská univerzita v Praze, elektronický studijní materiál, Dostupné z www: <http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=68>. [webová stránka]
- [6] AMBROfiOVÁ, J. Aplikovaná hydrologie (skripta). VYDAL: Vysoká -kola chemicko-technologická v Praze, 2003, ISBN: 978-80-7080-521-3
- [7] esko. Zákon . 254 z 1. srpna 2009 o vodách a o zm n n kterých zákon (vodní zákon), jak vyplývá z pozd j-ích zm n. In sbírka zákon eské republiky, ro ník 2010, ástka 101, s. 3914 ó 4000. Dostupný také z www: <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/20f9c15060cad3aec1256ae30038d05c?OpenDocument> >. ISSN 1211-1244. [webová stránka]
- [8] Kupec, J. Zpracování odpadních vod a ístírenských kal (skriptum). VYDAL: UTB ve Zlín , Fakulta technologická, Zlín 2002, IXBN 80-7318-058-8.
- [9] PITTER, P.: HYDROCHEMIE. SNTL. PRAHA 1990., VYDAL: Vysoká -kola chemicko-technologická v Praze, 2009, ISBN 978-80-7080-701-9 [kniha]

[10] Plotný, Karel o Nakládání se flutými vodami a jejich využití v praxi; Vodní hospodá ství; 1/2010. Dostupný také z www:

<<http://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2010/vh01-2010.pdf>>. [lánek]

[webová stránka]

[11] Slaví ek, Marek o Fosfor v pracích prá-cích a mycích prost edcích; Vodní hospodá ství; 1/2010. Dostupný také z www:

<<http://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2010/vh01-2010.pdf>>. [lánek]

[webová stránka]

[12] Hlavínek, P, Hlavá ek, J.: í-t ní odpadních vod, Brno 1996., VYDAL: vydavatelství Noel 2000 s. r. o., Brno, 1996, ISBN 80-86020-0-2. [kniha]

[13] Topol, J. o Hodnocení funkce a ú innosti ístíren odpadních vod s technologií SBR (Sequencing Batch Reactor) o Diplomová práce; VUT - Fakulta Stavební; Praha, 2002

[14] Holba, Marek - Vhodné technologie recyklace fosforu z odpadních vod Organizace: ASIO, spol. s r. Portál TZB-info <http://www.tzb-info.cz>, Dostupný také z www:<<http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/7128-vhodne-technologie-recyklace-fosforu-z-povrchovych-a-odpadnich-vod>>. [firemní lánek] [webová stránka]

[15] Propaga ní materiály firmy TopolWater s. r. o; Nad Rezkovcem 1114; 286 01; Dostupný také z www: < <http://www.topolwater.com/pdf/propagacni-materialy/prospekty/topas.pdf>>. [webová stránka]

[16] Vymazal J.: í-t ní odpadních vod v ko enových ístírnách. 1. vyd., T ebo : ENVI 1995

[17] Foto archív, Magistrát m sta Zlína, odbor flivotního prost edí a zem d lství, odd lení vodního hospodá ství

[18] Na ízení vlády . 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách p ípustného zne í-t ní povrchových vod a odpadních vod, náleflitostech povolení k vypou-t ní odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve zn ní na ízení vlády . 229/2007 Sb. Dostupný také z www:

<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/ea92dcbcb98365b0c1256d64003e24f0?OpenDocument>. [webová stránka]

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku 5-ti denní
HMÚ	státní hydrometeorologický ústav
OV	obecní čistírna odpadních vod
R	Česká republika
D OV	domovní čistírna odpadních vod
EO	ekvivalentní obyvatel (produkce znečištění 60 g BSK ₅ za den)
CHSK _{Cr}	chemická spotřeba kyslíku stanovená dichromanem draselným
NL	nerozpuštěné látky
NV	nařízení vlády
OV	Odpadní voda
P, P _{celk.}	fosfor, celkový fosfor

SEZNAM OBRÁZK

<i>Obrázek 1: Mapa jakosti vod, Jakost vody v tocích R 1991ó1992 [3]</i>	11
<i>Obrázek 2: Mapa jakosti vod , Jakost vody v tocích R 2008ó2009 [3]</i>	12
<i>Obrázek 3: struktura katenapolyfosfore nan [4].....</i>	17
<i>Obrázek 4: struktura kyseliny cyklotripolyfosfore né [4].....</i>	18
<i>Obrázek 5: Kolob h fosforu v p írod [5]</i>	18
<i>Obrázek 6: P í iny indukované eutrofizace [6].....</i>	20
<i>Obrázek 7: Schéma vlivu eutrofizace na vodní ekosystém [5]</i>	21
<i>Obrázek 8: Fotografie nádrfe postifené eutrofizací [6]</i>	22
<i>Obrázek 9: D lení odpadních vod [10].....</i>	27
<i>Obrázek 10: Schema umíst ní domovní OV [10].....</i>	31
<i>Obrázek 11.: Schéma fáze procesu i-t ní OV TOPAZ [15]</i>	32
<i>Obrázek 12: Schéma fáze procesu regenerace OV TOPAZ [15].....</i>	33
<i>Obrázek 13: Ko enová OV pro 4 EO Lhota u Malenovic [17]</i>	34
<i>Obrázek 14.....</i>	44
<i>Obrázek 15.....</i>	45
<i>Obrázek 16.....</i>	46
<i>Obrázek 17.....</i>	47
<i>Obrázek 18.....</i>	48
<i>Obrázek 19.....</i>	49

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Relativní vyjádění množství vypouštění znečištění v ukazatelích $N_{anorg.}$ a P_{celk} [2]</i>	<i>16</i>
<i>Tabulka 2: Emisní standardy pro přípustné a maximální koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l [18].....</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 3: Ukazatele vyjadřující stav vody ve vodním toku, normy environmentální kvality a požadavky na uflívání vod. (část tabulky s limitem fosforu). [18]</i>	<i>37</i>

SEZNAM GRAF

<i>Graf 1: Relativní vyjádění vypouštění znečištění v ukazatelích BSK₅, CHSKCr a NL [index, 1993 = 100], 1993-2009 [2].....</i>	<i>15</i>
<i>Graf 2: Relativní vyjádění vypouštění znečištění v ukazatelích $N_{anorg.}$ a P_{celk}. [index, 2003 = 100], 2003-2009 [2].....</i>	<i>15</i>

P ÍLOHA - VYUŽITÍ DOMOVNÍCH ÍSTÍREN ODPADNÍCH VOD

Využití domovních ístíren odpadních vod, pohled z praxe vodoprávního ú adu Magistrátu m sta Zlína, odboru íivotního prost edí a zem d lství

Fotodokumentace namátkov vybraných nezkolaudovaných D OV



Obrázek 14

Nefunk ní D OV Bohuslavice 6 EO, konven ní výrobek

ístírna uřívána bez schválení vodoprávním ú adem cca 2 roky. Jako d vod nefunk nosti výrobku uvedl provozovatel (vlastník domu), fle z ejm výpadkem elekt iny do-lo k zastavení p ívodu vzduchu. Nikdy neprovád l od instalace kontrolu chodu OV.

Kvalita vy ítých vod neodpovídá povoleným limit m.



Obrázek 15

Typn provozovaná D OV Zlín Velíková 3 EO

Kvalita vy i-t ných vod neodpovídá povoleným limit m.



Obrázek 16

Typn provozovaná D OV Zlín 4 EO

Dmýchadlo zapínáno manuáln nárazov . D vod ó úspora elektrické energie

Fotodokumentace namátkov vybraných zkolaudovaných D OV



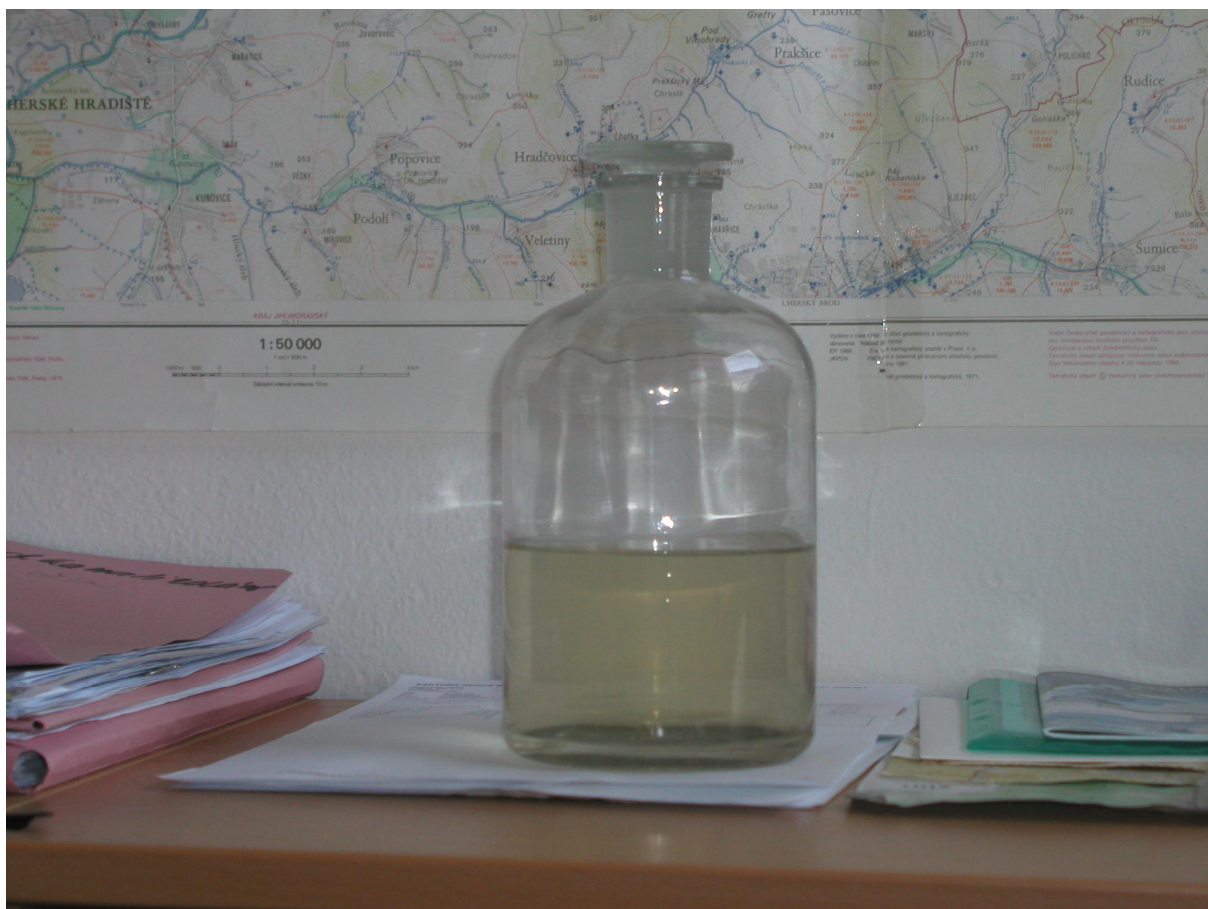
Obrázek 17

Dob e provozovaná funk ní konven ní D OV ve Velkém O echov 4



Obrázek 18

Domovní kořenová čistírna odpadních vod v Karlovicích u Zlína pro 6 EO



Obrázek 19

Vzorek vyčištěné odpadní vody odebraný z funkční koenové OV Karlovice