

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA**

**Katedra environmentálního inženýrství**

**VLIV ZÁKAZU POUŽITÍ PROSTŘEDKŮ S OBSAHEM FOSFORU DO  
MYČEK NA KVALITU ODPADNÍCH VOD**

**INFLUENCE OF BAN OF DISH-DETERGENTS WITH P-CONTENT ON  
WASTE WATER QUALITY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Autor:**

**Eva Strnadová**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**prof. Ing. Heleně Raclavské, CSc.**

**Ostrava 2018**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Eva Strnadová**

Studijní program: B2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 3904R005 Environmentální inženýrství

Téma: **Vliv zákazu použití prostředků s obsahem fosforu do myček na kvalitu odpadních vod**  
Influence of ban of dish-detergents with P-content on waste water quality

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Technologie provozu myček na nádobí
2. Základní typy myček pro domácnosti a jejich vliv na kvalitu odpadní vody
3. Složení mycích přípravků pro myčky
  - 3.1 Detergenty
  - 3.2 Tenzidy
  - 3.3 Změkčovací látky
  - 3.4 Enzymy
  - 3.5 Pomocné sloučeniny
4. Problematika použití fosforu v čistících prostředcích pro myčky
5. Experimentální část
6. Verifikace obsahu fosforu v čistících prostředcích pro myčky
7. Vliv zákazu prodeje mycích prostředků s obsahem fosforu na kvalitu odpadních vod
8. Závěr

### Seznam doporučené odborné literatury:

- Bateman N. Household products. *Medicine*. 2016. 40.3. ELSEVIER, 125-126.
- Igos E., Moeller R., Benetto E., Biwer A., Guiton M., Dieu P. Development of USEtox characterisation factors for dishwasher detergents using data made available under REACH. *Chemosphere*. 100 (2014) 160-166
- Kožíšek F. Šedé vody z pohledu hygienika a legislativy. *SOVAK – Časopis oboru vodovodů a kanalizací*. (2014) 21, (2) 46.
- Ramprasad C., Smith S.Ch., Memon F.A., Philip L. Removal of chemical and microbial contaminants from greywater using a novel constructed wetland: GROW. *Ecological Engineering*. 106, 2017, 55 – 65.
- Richards S., Paterson E., Withers P.A.J., Stutter M.: The contribution of household chemicals to environmental discharges via effluents: Combining chemical and behavioural data. *Journal of Environmental Management*. 150 (2015) 427 – 434.
- Šálek J. *Voda v domě a na chatě*. Grada Publishing, a.s. Praha, 2012, 1-144.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018



---

doc. Ing. Vojtěch Václavík, Ph.D.  
*vedoucí institutu*



---

doc. Ing. Jan Valíček, Ph.D.  
*děkan fakulty*

## Prohlášení studenta

Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu. Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo. - Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠBTUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3). - Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO. - Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/> - Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona. - Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne: 26. dubna 2018



podpis studenta

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala prof. Ing. Heleně Raclavské, CSc. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

Za pomoc při experimentální části bych ráda poděkovala Ing. Silvii Bielezsové.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku kontaminace odpadních vod fosforem a jeho sloučeninami obsaženými v čistících prostředcích do myček nádobí, jejichž hlavní složkou jsou tenzidy, které se z čistících prostředků použitých v myčkách nádobí dostávají do odpadních vod. Cílem této bakalářské práce bylo vyhodnotit obsah celkového fosforu, fosforečnanů a tenzidů obsažených ve vybraných čistících prostředcích určených do myček nádobí. Množství těchto látek pak bylo srovnáno s legislativními nařízeními. Poté bylo zhodnoceno, zda výrobci dodržují legislativní nařízení ohledně úplného zákazu používání fosforu v čistících a mycích prostředcích.

## **Klíčová slova**

Fosfor; Odpadní vody; Životní prostředí; Automatická myčka nádobí

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the problem of wastewater contamination with phosphorus and its compounds contained in dishwasher detergents whose main component are surfactants entering the wastewater from detergents used in the washing machine. The aim of this bachelor thesis was to evaluate the content of total phosphorus, phosphates and surfactants contained in selected detergents for dishwashers. The quantity of these substances was compared with the legislation. It was then assessed whether producers comply with legislation on the complete prohibition of the use of phosphorus in detergents.

## **Key words**

Phosphorus; Waste water; Environment; Dishwasher

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíle práce.....	2
3	Technologie provozu myček na nádobí.....	3
3.1	Technologie myčky na nádobí .....	3
4	Základní typy myček pro domácnosti a jejich vliv na kvalitu odpadní vody.....	6
4.1	Základní typy myček .....	7
4.2	Efektivita a výkonnost myček nádobí.....	9
4.3	Hladina hluku vyprodukovaná myčkou nádobí .....	9
4.4	Myčka nádobí versus ruční mytí.....	11
5	Složení mycích přípravků pro myčky.....	11
5.1	Detergenty.....	11
5.2	Tenzidy .....	12
5.2.1	Klasifikace povrchově aktivních činidel .....	13
5.2.2	Povrchově aktivní činidla ovlivňují následující funkce .....	14
5.3	Změkčovací látky.....	14
5.4	Enzymy .....	15
5.5	Pomocné sloučeniny .....	16
5.5.1	Bělící činidla a aktivátory bělicích činidel .....	16
5.5.2	Chelatační činidla .....	17
5.5.3	Další, méně důležité ingredience.....	17
5.6	Legislativa a přísady detergentů .....	17
6	Problematika fosforu v odpadních vodách .....	19
6.1	Formy výskytu ve vodách.....	19
6.2	Legislativa přípustné koncentrace fosforu v odpadních vodách.....	21
7	Negativní dopad fosforu a jeho sloučenin na životní prostředí .....	22
7.1	Eutrofizace .....	25
7.2	Vodní květ.....	26
7.3	Úhyn ryb .....	26
7.4	Vliv na lidské zdraví .....	26



7.5	Prevence eutrofizace .....	26
8	Problematika použití fosforu v čistících prostředcích pro myčky.....	27
9	Experimentální část .....	28
9.1	Popis složení vzorků .....	28
10	Verifikace obsahu fosforu v čistících prostředcích pro myčky .....	34
10.1	Stanovení konduktivity .....	34
10.2	Potenciometrické stanovení hodnoty pH.....	35
10.3	Spektrofotometrické stanovení fosforu a fosforečnanů .....	37
10.4	Stanovení tenzidů kyvetovým testem.....	39
10.5	Vyhodnocení obsahu fosforu v čistících prostředcích .....	42
11	Vliv zákazu prodeje mycích prostředků s obsahem fosforu na kvalitu odpadních vod	47
11.1	Historie používání fosforu.....	47
11.2	Zákaz fosfátů .....	47
12	Závěr.....	49
	Seznam použité literatury .....	50
	Seznam tabulek.....	52
	Seznam obrázků.....	52

# 1 Úvod

Fosfor je základní biogenní prvek, který je významný v metabolismu sacharidů a přenosu energie ve všech rostlinách a ve stavbě živých organismů. V přírodě je fosfor nedostatkovým prvkem, jelikož se vyskytuje pouze ve sloučeninách. Vyskytuje se nejčastěji v oxidačním stupni  $P^{+5}$ . Ve vodním prostředí se nachází pouze v nízkých koncentracích. Spolu s Mg, Ca, Al, Fe a dalšími prvky vytváří málo rozpustné fosforečnany.

Obsah fosforu ve vodách vzrostl vlivem antropogenní činnosti, a to převážně kvůli vypouštění detergentů a hnojiv do odpadních vod, a kvůli nedostatečnému čištění těchto vod, nicméně je i přirozenou součástí splaškových vod. Detergenty se již po staletí používají za účelem odstranění nečistot, a tak se staly běžným produktem, jež usnadňuje každodenní život člověka. V posledních letech je pro člověka problematika vlivu mycích přípravků na životní prostředí a kvalitu odpadních vod jedním z aktuálně řešených problémů. Je nezbytné budovat trvale udržitelný rozvoj pro výchovu následujících generací, a tak si uvědomovat, jaký dopad mohou mít pro nás tak běžné činnosti. Fosfor je společně s dusíkem známý svým působením na kvalitu jak povrchových, tak i odpadních vod. Díky přítomnosti těchto prvků vlivem antropogenního působení dochází ke zrychlené eutrofizaci vod a úhynu ryb. Člověk si tohoto negativního dopadu začíná všimnout až díky zápachu a podobným faktorům, které mu znepříjemňují pobyt v blízkosti vod.

Voda je nenahraditelným zdrojem pro uspokojování lidských potřeb a základní podmínkou pro existenci živých organismů. S množstvím spotřebované vody se zvyšuje i objem odpadní vody, které jsou čištěny na ČOV. Jelikož zdroj vody není nevyčerpatelný, zvyšují se i nároky na kvalitu odpadních vod vyčištěných.

V následujících kapitolách teoretické části této práce byly popsány typy myček nádobí a také jejich srovnání s ručním mytím, jejich výhody a nevýhody, a dopad na životní prostředí. Myčky dokážou ušetřit nejen čas, ale i energii a vodu. Není důležitý pouze správný výběr myčky nádobí, ale také mycích přípravků, díky jejichž správné volbě lze šetřit životní prostředí. V současné době legislativní nařízení určují povolené detergenty, které jsou ekologicky šetrné k životnímu prostředí. Výrobci tak musí ve složení udávat množství fosforu a jeho sloučenin, jež je obsaženo v těchto přípravcích, jelikož tento prvek má negativní dopad na kvalitu odpadních vod.

Cílem bakalářské práce bylo ověření výskytu fosforu v čisticích prostředcích pro myčky, jejichž použití je v návaznosti na legislativu EU od 1.1.2017 zakázáno. V teoretické

části srovnávám technologii myček nádobí dostupných na trhu, které jsou běžnou součástí téměř každé moderní domácnosti.

## **2 Cíle práce**

Cílem této práce bylo stanovit celkový fosfor a fosforečnany ve vybraných vzorcích detergentů. Následně byly výsledky tohoto měření zhodnoceny a porovnány s legislativními nařízeními.

### 3 Technologie provozu myček na nádobí

Myčky na nádobí se v dnešním moderním světě stávají součástí každodenního života. Tato technologie za nás tiše a neúnavně vykonává všechnu tu „špinavou práci“ spojenou s mytím nádobí, a uživatel se pak může věnovat důležitější práci. Cílem této kapitoly je seznámit se s vazbou mezi mechanickými a chemickými procesy, které se vyskytují v průběhu běžné činnosti myčky nádobí.

#### 3.1 Technologie myčky na nádobí

V srdci myčky na nádobí je umístěn filtrační systém, který zajišťuje kritickou funkci rozložení částic potravin uvolněných promývací vodou a jejich vypouštění na konci mycích cyklů. Typický filtrační systém pro myčky obsahuje dvě složky filtru:

- **Válcový jemný filtr, umístěný v dolní části vany.**
- **Relativně plochý, hrubý filtr, pokrývající povrch nádoby.**

Úkolem hrubého filtru je zachytit velké částice, které mohou ucpat oběhové čerpadlo nebo rozprašovací ramena při mytí, zatímco jemný filtr postupně odstraňuje malé (a velké) částice z prací vody, které by negativně ovlivnily mytí nádobí a kvalitu sušení.

Zvláště v prvním cyklu může docházet k ucpání filtru, kdy se při zatížení může nahromadit velké množství volných částic na hrubém povrchu filtru. K největšímu odstranění nečistot dochází při hlavním mycím cyklu. Pokud nelze zachycené částice rychle odstranit, čistý povrch hrubého filtru se zmenší a eventuálně dosáhne kritické hodnoty, při které bude průtoková rychlost vody nižší, než je vyžaduje cirkulační čerpadlo. Filtrovaná (čistá) hladina vody v jímcě pak poklesne a cirkulační čerpadlo vyčerpá vodu pro rozprašovací ramena, která se pak zcela zastaví. Promývací cyklus musí být předčasně ukončen, což má za následek snížení účinnosti mytí, zvýšení spotřeby vody, energie a provozních nákladů.

Jedná se o jeden z nejnáročnějších problémů v návrhu provozu myčky na nádobí. V důsledku stále rostoucí konkurence, zpříšňování právních předpisů a snižování zdrojů se výrobci myček nádobí snaží navrhnout nové výrobky, které mohou lépe čistit, používat méně vody a energie a snadno se neucpávají [16].

Typický cyklus čištění myčky na nádobí se skládá z řady stupňů oplachování a hlavního mytí, ve kterém je mycí prostředek uvolněn z jeho zásobníku. Teploty se v průběhu cyklu mění. Nejlepší výkon myčky by zahrnoval úplné odstranění nečistot a sušení široké škály předmětů v co nejkratším možném čase, a spotřebu malého množství vody i energie.

V současné době se dosahuje velké úspory vody i energie použitím myček v porovnání s ručním mytím. Výsledek mytí je ovlivněn spotřebou vody a výkonem energie (závisí na konstrukci spotřebiče), distribucí položek (částečně závislými na uživateli) a výkonem použitého detergentu.

Pokrytí nádobí proudem vody je považováno za klíčový faktor z hlediska účinnosti mytí. U automatických myček na nádobí může mít dopadající voda z trysek v širokém rozmezí úhlů vliv na různé povrchy nádobí. Různé úhly dopadu vody jsou dosaženy změnou umístění jednotlivých trysek v ostříkovacím rameni a změnou tlaku čerpadla. Rychlost otáčení rozprašovacího ramena je ovlivňována točivým momentem. Obecně platí, že přítomnost jedné nebo více trysek vespod ostříkovacího ramene vytváří reakční energii pro vypuzení vody.

Běžné čisticí prostředky obsahují širokou škálu přísad, které mohou být rozděleny podle významu, který mají během mycího cyklu. Přísady s pufracími schopnostmi jsou nutné k udržení pH. Acidobazická reakce ovlivňuje bobtnání a želatinaci, které jsou potřebné pro úspěšné odstranění bílkovin a částic s obsahem škrobu. Výrobci prostředků pro myčky kontrolují tvrdost vody a zabráňují vzniku nežádoucích usazenin na skleněných předmětech. Cílem bělicích prostředků je zajištění germicidního účinku a odstranění zbytků čaje. Povrchově aktivní látky jsou přidávány pro kontrolu pěnění a zvyšování smáčivosti různých materiálů. Nadměrné pěnění by způsobilo poruchu rozprašovacích ramen v důsledku průniku bublin do čerpadel. Povrchově aktivní látky přidávané do mycích prostředků pro myčky musí mít proti pěnívým účinek. Klíčovou složkou z hlediska provozu myček jsou enzymy. Nízká koncentrace při vysoké účinnosti aktivního enzymu umožnila jejich komerční aplikaci při výrobě detergentů. Enzymy pomáhají snižovat časy mytí, snižují požadované pH a produkují ekologicky šetrnější vody na odtoku. Používají se dvě hlavní skupiny enzymů: proteázy a amylázy, které musí správně pracovat v širokém rozmezí teplot (20 °C až 70 °C). Při optimálním teplotním výkonu kolem 60 °C vykazují vysokou aktivitu musí být stabilní v přítomnosti jiných složek detergentů a aktivovat rozklad široké škály potravin.

V průběhu minulých let byly vyvinuty různé techniky malého rozmělnění s rostoucí složitostí procesu, které jsou využity jak pro automatické myčky nádobí, tak i pro průmyslové procesy čištění na místě (Cleaning-In-Place). Pro vyhodnocení účinnosti čištění byl vyvinut průtokový kanálek, kde se pomocí analýzy obrazu vliv tlaku způsobený kapkami a změnou koeficientu přenosu tepla. Uvedená technika byla použita ke studiu účinnosti odstranění různých znečišťujících látek (kvasnice, zubní pasty, sladké kondenzované mléko, nebo syrovátkové bílkoviny) v rámci optimalizace času mycího procesu. Mikromanipulační zařízení bylo vyvinuto k měření energie potřebné k odstranění adhezních a kohezních usazenin

z různých povrchů. Byly popsány různé analýzy prováděné na potravinách (např. rajčatová omáčka, vaječná bílkovina, koncentrát syrovátkové bílkoviny, mléčná bílkovina nebo chlebové těsto), optimalizace chemického činidla ve vztahu k odporu prostředí v důsledku vnitřního tření (Reynoldsovo číslo). Byl také vyvinut systém „millimanipulation“, který je používán k výzkumu vysoce lepivých nečistot (pečené sádlo). Fluidní dynamické měření (Fluid Dynamic Gauging) také umožňuje nepřímo zkoumat chování jemných nánosů nečistot měřením vývoje tloušťky vrstvy při ponoření do tekutého prostředí. Dále byl zkoumán i vliv orientace nárazových trysek v různých úhlech na rovný povrch a jejich vztah k účinnosti čištění. Tyto různé techniky přispěly k lepšímu pochopení mechanismů odstraňování nečistot, nicméně současné standardizované testy mytí automatických myček v průmyslu však vyhodnocují pouze výkon zařízení nebo účinnost mycího prostředku po ukončení cyklu čištění.

Technické parametry jsou vyhodnocovány vizuální metodou před a po promývacím cyklu, nikoliv během něj. Ukazuje se, že je nezbytné zavést časový faktor, který je určuje interakce mechanických a chemických složek v průběhu pracího cyklu. Kromě toho je také složité čištění ložisek. Zejména odstranění nečistot tvořených vaječnými žloutky patří mezi nejnáročnější. Tento materiál je velmi obtížně odstranitelný z tvrdého povrchu po vysušení, a je jednou z typických stížností uživatelů myček.

V procesu čištění lze identifikovat tři stupně:

- **Počáteční odtok, kdy dochází ke kontaktu nečistoty a pracího prostředku (předpírka).**

Předpírka nebo oplachování je první počáteční fáze, kdy teplá voda prochází přes rozprašovací rameno. Dochází ke zvlhčení veškerého nádobí, ale nedochází zde k žádnému velkému čištění. Čistící prostředek může být přidán do části předmytí mycího cyklu. Velmi špinavé nádobí může být předmyto v procesu předpírky, pokud je jím přístroj vybaven. Předpírka obvykle trvá jen několik minut.

- **Po odebrání největší nečistoty dochází ke konstantní rychlosti odstraňování dalších nečistot (hlavní mytí).**

Hlavní mytí je primární částí mycího cyklu. Voda se zahřívá, rozprašuje, sbírá, filtruje atd. Dokud není jednotka ohřevu vypnutá, pokračuje rozprašování. Na konci hlavního mytí je veškerá voda vypuštěna. Hlavní mytí může trvat od 20 do 60 minut, a může se několikrát opakovat.

- **Konečný pokles rychlosti odstraňování nečistot, kde jsou důležité adhezní síly (finální mytí).**

Finální mytí (oplachování) může nebo nemusí používat mycí prostředek. Stejně jako hlavní mytí může i oplachování trvat 20 až 60 minut, a může se několikrát opakovat. Tok vody v myčce závisí na konkrétní konstrukci přístroje a rozložení předmětů uvnitř, zatímco průběh mytí závisí na množství nečistot [12].

Jednou z klíčových částí pro zajištění čistého, dezinfikovaného nádobí je horká voda. Teplota vody v myčce se zvyšuje až na 130-140 °C. Ohřev však nenastane okamžitě. Prostřednictvím svého vnějšího připojení myčka čerpá vodu z domácího vodovodu. Při spuštění cyklu se voda načerpá do nádrže ve spodní části přístroje, a topné těleso pod nádrží se zapne a začne vodu ohřívat. Současně se však voda v této nádrži mísí s detergentem a je přiváděna do rozprašovacích ramen, které se nacházejí obvykle na spodní a horní straně myčky, a občas i pod horním roštem. Voda se vstříkuje rozprašovacími rameny na špinavé nádobí a odnáší sebou uvolněné nebo rozpuštěné nečistoty. Voda je vedena zpět do nádrže, kde je filtrována, ohřata a znova čerpána do rozprašovacího ramene. Voda recirkuluje a opakovaně se ohřívá. Na konci mycího cyklu je veškerá voda vypuštěna a při dalším cyklu se načerpá nová voda z vodovodu. Myčka stále více napodobuje systém pro mytí automobilů.

Pokud nádobí není zcela čisté na konci cyklu, pak to může být špatným rozmístěním nádobí v myčce. Nesprávně umístěné velké nádoby mohou blokovat přívod proudu vody z trysky k jiným nádobám. Myčky nádobí jsou „technologické zázraky“, které jsou velmi výhodné a časově úsporné, pokud jsou rozumně používány [3].

#### **4 Základní typy myček pro domácnosti a jejich vliv na kvalitu odpadní vody**

Pokud jde o volbu správné myčky, existuje několik kritérií, která by měla usnadnit výběr. Na trhu lze najít mnoho typů, modelů a systémů, které jsou na rozdíl od jiných technologií finančně přívětivé a dostupné. Zákazník si také může vybrat z různé škály designů dle svých preferencí. Jak už bylo zmiňováno v předchozí kapitole technologie myčky nádobí, tento přístroj usnadňuje každodenní život a při volbě správného produktu také šetří vodu a energii. Výrobní a potravinářský průmysl musí brát ohled na měnící se legislativu a nařízení vlády a zároveň také splňovat požadavky spotřebitelů.

Pokud jde o výrobu těchto přístrojů pro větší závody a firmy, musí bezpečné pracovní postupy zahrnovat nejen bezpečnost zaměstnanců, ale je třeba dbát i na to, aby byl zaručen

bezpečný finální produkt pro spotřebitele – jídlo, což samozřejmě platí i pro spotřebitele v domácnostech.

Koncepce založená na zásadách analýzy rizika kritických kontrolních bodů (The Hazard Analysis Critical Control Points) pro bezpečnost potravin je nepopiratelnou součástí služeb potravinového průmyslu. Hygienické rizikové faktory se nevztahují pouze na přepravu, skladování, přípravu a podávání jídel. Čištění a skladování kuchyňských potřeb a nádobí je také velice důležitým prvkem v tomto průmyslu. Bylo zjištěno, že ruční mytí nemůže dosáhnout stejné čistoty jako komerční myčky nádobí. Kartáče, podložky, a dokonce i utěrky jsou potenciálním zdrojem infekce. Při ručním mytí by předměty musely být ponořeny do čisté vody s minimální teplotou 70 °C, aby bylo dosaženo jakékoliv možné úrovně hygienizace, ale průměrný člověk nemůže dát ruce do vody o teplotě vyšší než 50 °C. Je zřejmé, že v sociálně slabších rodinách by mohlo dojít k potenciálnímu nebezpečí zanedbání hygieny. Sušení nádobí utěrkou je již dlouho známé jako problém spojený s hygienou. Díky sušení nádobí tímto způsobem dochází k množení mikroorganismů. Odkládání mokrých předmětů při nedostatečné cirkulaci vzduchu může způsobit výskyt a růst plísní.

Výběr myčky nádobí závisí na předpokládaném používání a požadovaném výsledku. Domácí myčka například nevyžaduje stejnou úroveň řízení procesů jako průmyslová myčka ve farmaceutickém prostředí. Správná volba myčky nádobí také šetří životní prostředí nižší spotřebou vody ve srovnání s běžným ručním mytím a zlepšuje rozklad potravin. Na kvalitu odpadní vody má vliv hlavně správný výběr detergentů [23].

## 4.1 Základní typy myček

Automatické myčky se liší velikostí a funkcemi, v závislosti na tom, co je třeba umýt, nicméně všechny sdílejí jednu základní funkci, a to je poskytnutí mechanické akce, potřebné k mytí nádobí [23].

- **Kompaktní vestavěná myčka nádobí**

Tento typ přístroje je oblíbenou volbou pro kuchyně, kde spotřebitel požaduje flexibilitu možnosti zvolení menšího množství mycího prostředku, nebo je omezen menším prostorem. K dispozici jsou tyto myčky ve dvou provedeních, a to buď s jednou nebo se dvěma zásuvkami, s vysokými nebo širokými rozměry. Kompaktní myčka je vhodná do vestavěných kuchyňských linek.



- **Všestranně volně stojící myčka nádobí**

Tento typ myčky je nejběžnějším produktem na trhu. Mnoho spotřebitelů dává přednost této před vestavěnou myčkou. Samostatná myčka může být umístěna pod pultem nebo samostatně v kuchyni. Je vhodná do kuchyní s neomezeným prostorem, a je možno ji přemísťovat. Jedinou nevýhodou je, že úplně nesplyne s kuchyňskou linkou jako integrovaná myčka nádobí.

- **Plně nebo částečně zabudovaná integrovaná vestavěná myčka nádobí**

Tento typ myčky je také znám jako zabudovaný plně nebo částečně. Při volbě této myčky se dbá na to, aby vyhovovala designu spotřebitelovy kuchyně.

- **Skrytá, plně integrovaná myčka nádobí**

Plně integrovaná myčka je taková, kde se přední strana bez problému shoduje a integruje se spotřebitelovou kuchyňskou linkou. Tento typ myčky dovoluje přizpůsobit si přední stranu, která bude dokonale odpovídat designu místnosti. Je navržena tak, aby nebyla viditelná, na rozdíl od částečně integrované myčky, u které je viditelný ovládací panel, který je v horní části dvířek. U skryté myčky je tedy nutné vždy otevřít dvířka a zkontrolovat ovládací panel.

- **Vestavěná myčka na nádobí „Perfect Fit“**

Tato myčka je také částečně integrovaná, a perfektně se hodí pod desku stolu bez mezer. Přední část se však liší od provedení kuchyňské linky. Tato částečně integrovaná myčka není navržena k vestavění bez použití desky na ní.

- **Malá a úzká, kompaktní myčka**

V domácnostech, kde je prostorové omezení nebo méně početná rodina, může být zapotřebí menší myčka. Modely úzkých myček jsou obvykle asi 45 cm široké a mají devět přihrádek. Pokud však má spotřebitel omezenou kuchyňskou plochu a myslí si, že myčka se čtyřmi přihrádkami bude stačit, pak je třeba zvážit kompaktní myčku, která je obvykle o polovinu menší než volně stojící myčka.

- **Pultová, stolní a přenosná myčka nádobí**

Nevýhodou této myčky je, že má velmi malou kapacitu, na druhou stranu je ale skladná a přenosná, jak už vypovídá z jejího názvu.

- **Barvy a povrchové úpravy myčky nádobí**

Pokud jde o volbu materiálu myčky, oblíbenou volbou pro domácnost je myčka nádobí z nerezové oceli. Nejčastěji volenou barvou je bílá a černá, popřípadě stříbrná, nebo je možno zvolit plně integrovanou myčku, kterou lze přizpůsobit designu celé kuchyně.

- **Rozměry myčky nádobí**

Standartní myčka má rozměry 600 mm na šířku, 820 mm na výšku a jsou 600 mm hluboké. Myčka nádobí se standartními rozměry bude mít 12 až 12 přihrádek na nádobí.

Nejlepší myčka pro spotřebitele je ta, která vyhovuje všem požadavkům, včetně prostoru, estetiky, funkcí a ceny [22].

## **4.2 Efektivita a výkonnost myček nádobí**

Pokud spotřebitel uvažuje nad pořízením myčky nádobí, je dobré podívat se na energetický štítek. Modely s vysokou energetickou hodnotou jsou efektivnější, šetří peníze na účtech za elektřinu a jsou šetrnější k životnímu prostředí. Některé modely také používají méně vody nebo jsou tišší než ostatní.

Většina přístrojů a elektrických spotřebičů má v současné době elektrický štítek. V případě myček nádobí to znamená energetickou účinnost, spotřebu energie, vody, efektivitu sušení, hladinu hluku a kapacitu.

Energetická hodnocení se pohybují v rozmezí od nejúčinnější třídy A+++ až po nejméně účinný stupeň D. Ta jsou zobrazena na štítku pomocí barevných šipek. Většina moderních myček má v současné době hodnocení A, ale jsou zde i modely s vyšším hodnocením. Třída A již není na etiketě uvedena, jelikož je vyžadováno, aby ji měly všechny myčky. Obecně platí, že čím vyšší je třída energetické účinnosti, tím dražší myčka bude. To se ale vykompenzuje úsporami, ušetřenými při provozu přístroje v průběhu času. Také platí, že čím větší je kapacita myčky, tím výkonnější a účinnější přístroj bude. Platí to však za předpokladu, že je myčka zcela zaplněná při každém použití. V domácnosti o jedné osobě nebo s malou kuchyní může být malá kompaktní myčka praktičtější a účinnější než běh velkého modelu s polovičním zatížením [11].

## **4.3 Hladina hluku vyprodukovaná myčkou nádobí**

Hladiny hluku v myčce jsou měřeny v dB (decibelech) a vztahují se na zvuk plného zatížení. Pokud spotřebitel tráví většinu času v kuchyni nebo má levnější noční energetické sazby, může být pro něj vlastnictví tiché myčky velice důležité. Hladiny hluku se liší

v závislosti na značce a stáří modelu. Nové technologie, jako jsou střídavé motory a nerezové vnitřní plochy, pomáhají minimalizovat hlasitost, a většina myček v současné době vytváří hluk 40-55 dB, zatímco starší modely mohou dosáhnout hluku až 60 dB.

**Starší modely myček budou pravděpodobně hlasitější kvůli několika faktorům:**

- Kvalita izolace – celkový design a materiály se v průběhu let zlepšily.
- Vestavěné odtokové jednotky – efektivně zabudované brusky, které již moderní spotřebiče nemají.
- Plastové vnitřní vany – nerezové vany jsou nyní mnohem běžnější a jsou tišší, protože tlumí zvuk vodních rozprašovačů.

Níže je uveden test nejlepších myček z roku 2018 viz Tab. 1. Pro příklad bylo vybráno celkem sedm myček nádobí, které byly hodnoceny dle různých parametrů, mimo jiné dle energetické třídy, hodnocení mytí a sušení, hodnocení spotřeby, hlučnosti, vybavení a funkcí, a na závěr výsledky shrnuty v procentech v celkovém hodnocení [22].

Co se testu týče, nejprve se vyhodnotila třída účinnosti mytí a sušení. Na současném trhu musí všechny myčky dosahovat ze zákona na třídy účinnosti mytí A, není tedy třeba obávat se koupi levnějšího spotřebiče.

S nemenší důležitostí byla hodnocena i spotřeba přístroje, do hodnocení se promítla také hlučnost, které by měl spotřebitel věnovat pozornost, pokud plánuje spouštět myčku přes noc.

Mimo tabulku v této práci se také hodnotily programy myček, například zda je v myčce zabudovaný Rychlý program, Eco program a Auto program, jež jsou třemi nejpoužívanějšími programy. Byl také hodnocen celkový počet programů, které jsou v myčce zabudované.

Následně se hodnotilo vybavení a funkce myčky, jako jsou bezpečnostní prvky, například AutoStop (nebo podobný typ) popřípadě dětský zámek, nebo zda jsou součástí vybavy myčky jiné doplňky, jako třeba displej či příborová zásuvka.

V Tab. 1 je také uvedena orientační cena produktu. Mezi nejlepší myčky nádobí roku 2018 patří jak volně stojící, tak vestavěné myčky. Jako nejlepší myčka tohoto roku byla vyhodnocena volně stojící myčka nádobí Bosch SMS 46KI00E s celkovým hodnocením 88,5 % [17].

Tab. 1 Test myček 2018

Název myčky	Bosch SMS 46K100E	Gorenje GS66260X	Beko DIN 28330	Beko DFS 28020 W	Electrolux ESF4710ROX	Mora IM 641	Gorenje GV 64161
Typ myčky	Volně stojící	Volně stojící	Vestavěná	Volně stojící	Volně stojící	Vestavěná	Vestavěná
Energetická třída	A++	A+++	A+++	A++	A+++	A++	A+++
Hodnocení mytí a sušení (max. 10)	10	10	10	10	10	10	10
Hodnocení spotřeby (max. 10)	8,5	8,3	8,5	8,3	9	7,5	8,3
Hodnocení hlučnosti (max. 10)	9	9,5	10	9	10	8,5	8,5
Hodnocení vybavení a funkcí (max. 10)	9,3	10	8,7	8	7,3	8,7	8
Výrobce	Bosch	Gorenje	Beko	Beko	Electrolux	Mora	Gorenje
Celkové hodnocení	88,5 %	88,2 %	87,1 %	86,3 %	85,4 %	84,1 %	84,6 %
Orientační cena	14 000 Kč	13 600 Kč	10 000 Kč	8 500 Kč	12 500 Kč	10 000 Kč	12 000 Kč

#### 4.4 Myčka nádobí versus ruční mytí

Lidé, kteří zvažují nákup myčky, chtějí vědět, jestli jsou energeticky úspornější a je-li spotřeba vody nižší než při ručním mytí. Existuje spousta faktorů, které musí být pro tuto odpověď zohledněny: jak často běžný uživatel myje nádobí, velikost domácnosti (počet osob v domácnosti), zda nechává vodu volně odtékat nebo myje ve dřezu, stáří myčky a účinnost myčky. Myčky nádobí však mají některé nesporné výhody. Naplňování a vyplňování je časově méně náročné než u ručního mytí, myčky mohou umýt velkou část nádobí najednou. Hlavní výhodou je vysoká teplota mytí. Myčky mohou mýt nádobí při vyšších teplotách, než snesou lidské ruce, což ničí bakterie. Díky nové technologii, jako je napařování párou, mohou myčky dezinfikovat a snadněji odstranit nečistoty [3].

### 5 Složení mycích přípravků pro myčky

Mycí přípravek je složka, díky které můžeme nejvíce ovlivňovat dopad používání myčky na životní prostředí. Doporučuje se dávka 20-40 g na jedno mytí, kdy při každodenním používání myčky tak přejde z jedné domácnosti do odpadních vod 9-15 kg chemikálií ročně. Mycí přípravek obsahuje detergenty, tenzidy, změkčovací látky, enzymy a pomocné sloučeniny.

#### 5.1 Detergenty

Detergenty jsou mycí nebo čistící prostředky, které slouží k odstranění nečistot převážně nepolárního charakteru. Kromě přípravků, které slouží k osobní hygieně (zubní pasty, mýdla, šampony na vlasy), mezi detergenty řadíme i mycí a prací prostředky

(přípravky pro praní prádla, čištění předmětů, přípravky na mytí nádobí). Účinnou složkou syntetických detergentů jsou tenzidy, které budou v dalších podkapitolách dopodrobna popsány.

## **Výroba mýdla**

Mýdlo je nejstarším pracím a mycím prostředkem. Dříve jej hojně používali Féničané a Římané, kteří jej vyráběli z popela a kozího loje. Tento výrobek se kromě při praní prádla používal už před 5000 lety také jako čisticí prostředek zraněných ran. Pro běžné mytí se začalo mýdlo používat až v 1. století našeho letopočtu.

Díky přitažlivým silám, které působí mezi molekulami ve všech kapalinách, jsou povrchové molekuly vtahovány za vzniku povrchového napětí dovnitř. Toto napětí zabraňuje vodě, aby se stala účinným čisticím prostředkem. Při styku s nečistotou se molekuly vody spojují mezi sebou, namísto aby se spojovaly s nečistotou. Proto byla vyvinuta mýdla a jiné mycí prostředky obsahující látky, jež svým působením snižují povrchové napětí vody.

Mýdla se vyrábějí alkalickou hydrolýzou (zmýdlením) tuků (hlavně kyseliny olejové, stearové a palmitové s glycerolem). Směs olejů a tuků (kokosový olej, sádlo, kafilerní tuk) se několik hodin vaří v hydroxidu sodném, a dochází tak za zmýdlením ke vzniku husté kašovitě hmoty (mýdlové jádro), která se po přidání chloridu sodného rozdělí na spodní mýdlařský louh a mýdlovou hmotu. Louh se od této směsi oddělí a mýdlová hmota se dále suší a vzniká tak mýdlový základ, který se dále upravuje, parfémuje a obohacuje o další přísady (barviva, hydratační přísady, pigmenty) a následně se balí k expedici. Většina těchto mýdel má tuhou konzistenci, ale čím dál častěji se používají tekutá mýdla, zmýdlená hydroxidem draselným.

Mýdlo určené k praní se vyrábí ve formě vloček. Tyto čisticí prostředky vznikají smícháním všech ingrediencí kromě bělidla a parfémů, které se přidávají až na konci tohoto výrobního procesu. Vzniklá kašovitá hmota se suší a po přidání parfémů a bělidel je možno ji okamžitě použít. Do tekutých mycích prostředků je pak přidán hydrotrop, který brání kapalné směsi tohoto přípravku, aby se rozdělila [5].

## **5.2 Tenzidy**

Tenzidy jsou jako povrchově aktivní činidla hlavními komponenty všech detergentů používaných v myčkách a prádelnách. Povrchově aktivní činidla jsou organické látky, které jsou adsorbovány už při nízkých koncentracích na fázovém rozhraní a snižují tak povrchovou

energii. Díky této adsorpci tak dochází v soustavě plyn-kapalina ke snížení povrchového napětí. Na fázovém rozhraní v soustavách tuhá látka-kapalina a kapalina-kapalina dochází ke snížení metafázového napětí. Povrchově aktivní činidla tedy vykazují aktivitu, jež se vyznačuje pěněním jejich vodných roztoků.

Povrchově aktivní činidla ruší nebo stabilizují disperzní systémy, urychlují technologické procesy a snižují tření. Tenzidy mají dále vliv na fyzikálně chemické vlastnosti materiálů a podílejí se na chemických procesech v živých organismech.

Díky snižování povrchového napětí rozpouštědel usnadňují tenzidy odstraňování nečistot a smáčení povrchu. Proto jsou tedy jednou z hlavních složek čistících, pracích, pěnicích, emulgačních a dispergačních prostředků.

Tenzid se hromadí v povrchové vrstvě kapaliny, polární část s hydrofilní skupinou směřuje do polárního prostředí (voda) a nepolární část s hydrofobními vlastnostmi směřuje do nepolární fáze (olej, vzduch, pevná nečistota); mezi oběma částmi existují zároveň vnitřní přitažlivé síly. Dochází k porušení povrchové vrstvy a ke snížení povrchového napětí, obě fáze se tak promíchávají [1].

### 5.2.1 Klasifikace povrchově aktivních činidel

Tato povrchově aktivní činidla se obvykle klasifikují podle iontového charakteru po rozpuštění ve vodě:

- **Aniontové**

Jedná se o nejrozšířenější tenzidy, tvořící více než polovinu světové produkce. Hydrofilní část molekuly je nabitá záporně. Nejstarším typem aniontových tenzidů jsou mýdla, která jsou tvořena solemi vyšších mastných kyselin, převážně stearany a palmitany. Mýdlo bylo z velké části nahrazeno syntetickými aniontovými činidly, která jsou méně citlivá na negativní vlivy iontů vyskytujících se ve tvrdé vodě.

- **Kationtové**

Jsou méně rozšířené než aniontové tenzidy. Představují přibližně 10 % světové produkce. Hydrofilní část molekuly je nabitá kladně. Nejčastěji se jedná o kvartérní amoniové soli. Tato činidla se nepoužívají kvůli svým čistícím vlastnostem, ale slouží jako avivážní prostředky pro textilie a jako aktivní ingredience u mnoha desinfekčních preparátů.

- **Neionogenní**

Představuje nad 30 % světové produkce. Nemají v molekule náboj, tudíž zde nedochází k ionizaci ve vodě, jejich účinnost není tedy ovlivněna přítomností hydrofilních skupin. Přípravují se například reakcí oxiranu s alkoholy, alkyfenoly nebo alkanovými kyselinami.

Používají se jako ušlechtilé přísady do pracích prostředků (snižují pěnivost), emulgátory, smáčedla, dispergátory.

- **Amfoterní**

Mohou mít kladný nebo záporný náboj v závislosti na pH.

Používají se jako prací prostředky, saponáty, smáčedla, emulgátory, pěnotvorné látky apod.

Molekula má amfoterní charakter. Je tvořena dlouhým uhlíkovým řetězcem o C12 – C20, což představuje hydrofobní část. Na řetězci je polární substituent, který tvoří hydrofilní část, například skupiny – COO<sup>-</sup>, -SO<sub>2</sub>O<sup>-</sup>, -NR<sup>3+</sup>-

Snížená dráždivost amfoterních látek ve srovnání s tradičními aniontovými látkami vytváří z amfoterních látek ideální povrchově aktivní činidla pro detergenty na jemné textilie.

### **5.2.2 Povrchově aktivní činidla ovlivňují následující funkce**

- Rychlé smáčení.
- Odstraňování částic špíny elektrostatickým odpuzováním.
- Rozpouštění oleje, dosahované micelárním účinkem.
- Suspendování špíny v prací vodě.

Tenzidy, zvláště aniontové, silně zatěžují životní prostředí. Tvrdé tenzidy jsou rozvětvené, ve vodních tocích se neodbourávají, měkké tenzidy jsou nerozvětvené nebo jen málo, jsou dražší, ale v přírodě se lépe odbourávají [7].

### **5.3 Změkčovací látky**

Změkčovadla vody v detergitech pro prádelny jsou chemikálie, které z prací vody odstraňují ionty způsobující tvrdost (vápník a hořčík). Pokud se ionty vápníku a hořčíku neodstraní, mají negativní efekt na účinnost praní a kvalitu vypraných textilií.

Tyto prostředky pro změkčování vody v detergitech odstraňují vápník a hořčík jedním z těchto dvou mechanismů:

- **Výměnou iontů**

Mezi prostředky pro změkčování vody prostřednictvím výměny iontů patří například zeolit, jehož předností je ekonomicky schůdná fosfátová alternativa. Na druhou stranu je ale účinnost iontů špatná pro hořčík, jelikož zeolit není schopen extrahovat Ca a Mg z nečistot na textiliích, proto se musí používat společně s jinými změkčovadly [7].

- **Komplexační reakce**

Komplexováním výborně změkčuje vodu a dodává alkalitu kondenzovaný fosfát, který také napomáhá odstraňovat nečistoty a poskytuje synergický efekt s povrchově aktivními činidly. Nevýhodou kondenzovaného fosfátu jsou však enviromentální a legislativní problémy.

Dalšími prostředky pro změkčování vody kondenzací jsou citrát sodný a fosfonát NTA/EDTA které jsou biodegradovatelné a zároveň je lze použít při výrobě kapalných výrobků. Jejich nevýhodou je, že nejsou vhodné pro práškové detergenty, a také na ně nemají další pozitivní vliv.

Komplexováním a inhibicí růstu krystalů působí polymerace na bázi akrylátů. Tu je také možno lehce použít při sestavování kapalných a práškových detergentů, ale není vhodná pro některé systémy čištění odpadních vod [7].

## **5.4 Enzymy**

Enzymy jsou moderní, nepostradatelné, specifické přírodní katalyzátory, jež jsou účinné pro rozpad velkých organických molekul, a tak zlepšují účinnost čištění detergentů. Detergenty obsahující enzymy se často nazývají „biologické“, a jsou vyvinuty tak, aby poskytovaly optimální podmínky k tomu, aby enzymy byly aktivní a stabilní.

Obecně je možné říct, že jsou enzymy bílkoviny, na které se často vážou jiné přídatné molekuly (kofaktory), jež se podílí na katalýze. Při tomto ději se vlivem katalyzátoru (enzymu) zmenší aktivační energie, které je zapotřebí k požadované reakci. Tato energie se do systému obvykle dodává formou tepla, a díky enzymům jí není zapotřebí velké množství. Mycí proces tedy probíhá za nižších teplot, ale stejně efektivně [8].

Enzymy nejsou s chlornanem sodným nebo s činidly uvolňujícími chlor slučitelné a jsou neúčinnější při teplotách do 45 °C. Nejlépe se tak uplatní při úsporném režimu nebo v první části mycího cyklu myčky. Při vyšších teplotách, než je 45 °C se již enzymy ničí.



**V prášcích a tabletách do myček nádobí se používají většinou tyto typy enzymů:**

- **Amyláza**

Tyto enzymy štěpí ve vodě samostatně nerozpustné polysacharidy (škroby) na menší molekuly, které se pak ve vodě lehce rozpustí.

- **Proteáza**

Tyto enzymy napomáhají štěpení složitých, ve vodě nerozpustných bílkovin na menší molekuly, jež jsou pak schopny se ve vodě normálně rozpustit.

- **Lipasy**

Tyto enzymy štěpí triglyceridové tuky na mastné kyseliny.

- **Celulasy**

Enzymy tohoto typu štěpí celulózu na sacharidové skupiny [8].

## **5.5 Pomocné sloučeniny**

Do této kategorie bylo zahrnuto několik prostředků, které budou v následujícím textu popsány. Mycí přípravky mimo výše popsané složky obsahují také bělicí činidla a aktivátory bělicích činidel, chelatační činidla, polymery uvolňující špínu a další méně důležité ingredience [9].

### **5.5.1 Bělicí činidla a aktivátory bělicích činidel**

Tato činidla se převážně používají v průmyslových prádelnách, kdy je přidáván oxidant (chlornan sodný, peroxid vodíku či kyselina peroctová) jako samostatný přídatek k detergentu pro prádelny. Mimo to ale také existují alternativy, kdy se do práškových detergentů přidávají bělicí činidla, které uvolňují kyslík.

**Nejběžnějšími bělicími činidly, která uvolňují kyslík v práškových detergentech jsou:**

- Tetrahydrát perboritanu sodného
- Monohydrát perboritanu sodného
- Perkarbonát sodný

Pro efektivní odstranění nečistot vyžaduje práškový detergent, jež obsahuje bělicí činidlo uvolňující kyslík, teplotu praní 80-85°C. Pokud je začleněn aktivátor bělicího činidla, dochází k účinnému odstraňování nečistot při 40-50°C.

Tetraacetyl ethylendiamin efektivně vytváří v prací tekutině „peroctové“ radikály, které jsou při středních teplotách účinnými oxidačními a desinfekčními činidly [19].

### **5.5.2 Chelatační činidla**

Tato činidla slouží ke změkčování vody a k regulování negativních vlivů iontů z tvrdé vody (například hořčíku a vápníku).

Důkladně zvolená chelatační činidla mohou být zahrnuta do detergentů a odstraňovat tak ionty kovů (mangan, měď a železo), které inaktivují enzymy, destabilizují peroxidové bělicí prostředky a odbarvují textilie [19].

#### **Mezi chelatační činidla patří:**

- Glukonát sodný
- Fosfonáty
- NTA a EDTA

### **5.5.3 Další, méně důležité ingredience**

#### **Kapaliny:**

- Parfémy.
- Voda.
- Modifikátory viskozity.
- Silikonové odpěňovadlo.
- Prostředky, které zvyšují rozpustnost na bázi lihu a glykolu.

#### **Prášky:**

- Parfémy.
- Silikonové odpěňovadlo.
- Barevná zrnka.
- Plniva typu elektrolytu.
- Činidla pro volný průtok [19].

## **5.6 Legislativa a přísady detergentů**

Dle legislativních předpisů a nařízení mají detergenty a další ingredience dopad na složení mycích přípravků a přípravků pro průmyslové prádely. V některých zemích Evropy je řada účinných ingrediencí omezena nebo zakázána. Právní předpisy EU týkající se detergentů

se vyvinuly z rozsáhlého znečištění vody v západní Evropě v šedesátých letech minulého století, což bylo způsobeno biologicky špatně odbouratelnými detergenty, které vedly k tvorbě velkého množství pěn v řekách a negativně ovlivnily životní prostředí.

Klíčovým okamžikem bylo zavedení směrnice 1973/404 / EHS jako reakce na škodlivé účinky "pěnových řek" způsobených akumulací povrchově aktivních látek.

Současná legislativa týkající se detergentů, nařízení (ES) č. 648/2004, je v platnosti od 8. října 2005, kdy nahradila dřívější legislativní opatření. Byla navržena tak, aby dosáhla volného pohybu detergentů a povrchově aktivních látek používaných pro detergenty na vnitřních trzích EU a současně zajistila vysoký stupeň ochrany životního prostředí a veřejného zdraví. Nařízení 648/2004 ukládá dvoustupňový systém testování biologické rozložitelnosti aktivních složek detergentů (známé jako povrchově aktivní látky). Rozsah je širší, vztahuje se na všechny povrchově aktivní látky, včetně aniontových, neiontových, kationtových a amfoterních látek. Toto nařízení je určeno pro výrobu, prodej a používání detergentů; jako taková musí každá fyzická nebo právnická osoba odpovědná za umístění detergentu nebo povrchově aktivní látky pro detergent na trhu EU dodržovat toto nařízení [6].

**Mezi ingredience, které spadají pod tyto legislativní předpisy a nařízená patří:**

- Fosfáty
- Optické zjasňovací přípravky
- EDTA, NTA (organická chelatační činidla)
- Tenzidy (povrchově aktivní činidla)

Cílem tohoto nařízení je snížit množství fosfátů ze spotřebitelských detergentů kvůli rizikům eutrofizace, snížit náklady na odstraňování fosforečnanů v čistírnách odpadních vod a zajistit hladké fungování vnitřního trhu s pracími a mycími prostředky. Datum platnosti tohoto nařízení je znázorněn v Tab. 2 [10].

Tab. 2 Nařízení omezující detergenty

Detergent	Omezení	Datum platnosti
<b>Prací prostředky</b>	pro "normálně znečištěné" látky v případě detergentů s vysokou účinností, - pro "lehce znečištěné" látky v případě pracích prostředků pro jemné tkaniny,	30. června 2013
<b>Mycí prostředky pro myčky nádobí</b>	Nesmí se uvádět na trh, pokud je celkový obsah fosforu v standardní dávce rovný nebo větší než 0,3 gramu.	01. ledna 2017

## 6 Problematika fosforu v odpadních vodách

V této kapitole je popsán fosfor jako biogenní prvek, jež zásadním způsobem ovlivňuje produkci zelených rostlin, negativní dopad tohoto prvku a jeho sloučenin na životní prostředí, vliv lidské činnosti v problematice použití fosforu v čistících prostředcích, a jeho vliv na kvalitu odpadních vod, formy výskytu ve vodách.

Fosfor v anorganické formě se dostává do vod primárně používáním fosforečných hnojiv a pracích prostředků, které obsahují fosforečnany, dále z čistících a odmašťovacích prostředků, jež jsou zdrojem polyfosforečnanů. Protiinkrustační a protikorozní přísady jsou také jedním ze zdrojů fosforu a jeho sloučenin a odpadních vodách.

Když pomineme anorganický fosfor, organický je zdrojem fosforu obsaženého v živočišných odpadech. Člověk sám přispívá do tohoto odpadu 1,5 g fosforu denně, a ten putuje do splaškových vod. Mimo živočišné odpady obsahují splaškové vody i již zmíněné fosforečnany z pracích a odmašťovacích prostředků, a díky tomu narůstá specifická produkce fosforu až na 2-3 g fosforu na obyvatele na den.

Rozklad biomasy zooplanktonu a fytoplanktonu je dalším zdrojem organického fosforu. Tyto biomasy sedimentují na dně nádrží, jezer a toků [13].

### 6.1 Formy výskytu ve vodách

Celkový fosfor  $P_{\text{celk}}$  ve vodách dělíme na nerozpuštěný  $P_{\text{nerozp}}$  a rozpuštěný  $P_{\text{rozp}}$ . Poměrné zastoupení těchto forem fosforu je závislé na typu použitého filtru, nejčastěji s velikostí pórů 0,45 $\mu\text{m}$ . Tyto formy se dále dělí na organický  $P_{\text{org}}$  a anorganický  $P_{\text{anorg}}$  vázaný fosfor. Rozpuštěný anorganický fosfor je dále dělen na orthofosforečnany  $P_{\text{ortho}}$

a polyfosforečnany  $P_{poly}$ . V běžné praxi se analyticky rozlišuje  $P_{celk}$ ,  $P_{ortho}$ , a fosfor vázán v hydrolyzovatelných fosforečnanech ( $P_{poly}$  a některé organické sloučeniny fosforu).

Název pro rozpuštěné orthofosforečnany není úplně přesný, jelikož při stanovení molybdenanovou metodou nejsou do výsledků zahrnuty jen jednoduché a složité formy orthofosforečnanů, ale někdy také i část labilními vazbami vázaného fosforu v anorganických i organických sloučeninách. Díky tomu se na oko zvětšuje obsah fosforu v této anorganické formě, a hovoří se tak o rozpuštěném reaktivním fosforu  $P_{RRP}$ . Tento název je často nahrazován orthofosforečnany, jelikož název  $P_{RRP}$  není zatím rozšířen.

Krom  $P_{RRP}$  se část rozpuštěného fosforu skládá z rozpuštěného nereaktivního fosforu  $P_{RNP}$ .  $P_{RNP}$  není možno stanovit přímou absorpční spektrofotometrií s molybdenanovou metodou, jelikož jej tvoří především rozpuštěný  $P_{org}$  a  $P_{poly}$ . Tyto sloučeniny je třeba převést na  $P_{ortho}$  oxidačním rozkladem nebo kyselou hydrolyzou.

Mimo tyto formy fosforu existuje tzv. biologicky dostupný fosfor, jehož terminologie byla zavedena kvůli zjištění, že je fytoplankton schopný využívat jak  $P_{ortho}$ , tak i na povrchu adsorbované orthofosforečnany nerozpuštěných látek. Tento biologicky využitelný fosfor zahrnuje jak  $P_{ortho}$  volně vázané na nerozpuštěné látky, tak i rozpuštěné  $P_{ortho}$ .

Nerozpuštěný  $P_{anorg}$  se skládá z různých fosforečnanů Mg, Ca, Al, Fe aj, a to buď volně rozložených, nebo sorpčně či chemicky navázaných na další organicky a anorganicky nerozpuštěné sedimenty a látky.

Nerozpuštěný  $P_{org}$  je přítomný v různých organismech ve formě fosfolipidů, nukleových kyselin, fosfoproteinů, fosforylovaných polysacharidů, volutinu aj.

Rozpuštěný  $P_{anorg}$  se ve vodách vyskytuje ve formě jednoduchých nebo složitých  $P_{ortho}$  a  $P_{poly}$  v neiontové nebo iontové formě.

Ve vodách se orthofosforečnany vyskytují převážně jako  $PO_4^{3-}$ ,  $[CaPO_4]^-$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $[MgHPO_4]^0$ ,  $[CaHPO_4]^0$ ,  $[FeHPO_4]^+$  apod. Distribuční diagram pro kyselinu trihydrogenfosforečnou  $H_3PO_4$  je znázorněn na obr. 1. U hodnot pH přírodních vod převládají v okolí neutrálního bodu orthofosforečnanové ionty  $(H_2PO_4)^-$  a  $(HPO_4)^{2-}$ .  $(PO_4)^{3-}$  ionty začínají mít význam až při pH vyšším než 12. Výskyt fosforu nacházejícího se ve vodách je znázorněn v Tab. 3 [14].

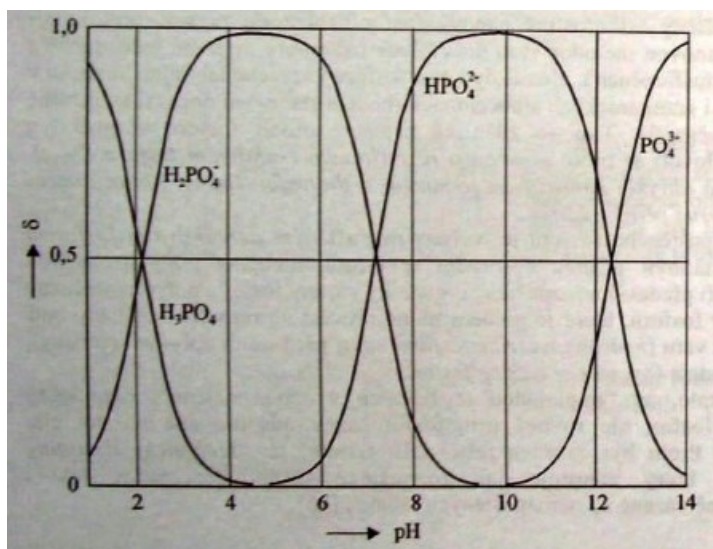
Tab. 3 Celkový fosfor

<b>Celkový fosfor</b>	Rozpuštěný	Anorganicky vázaný	Orthofosforečnany
		Organicky vázaný	Polyfosforečnany
	Nerozpuštěný	Anorganicky vázaný	
		Organicky vázaný	

Fosforečnany se ve vodách vyskytují pouze ve velmi nízkých koncentracích, a to kvůli tvorbě nepříliš rozpustných fosforečnanů s Mg, Ca, Al, Fe apod a také kvůli jejich významné chemisorpci na hlinitokřemičitanech, sedimentech a jiných tuhých fázích. P<sub>ortho</sub> [14].

Hlavním zdrojem fosforu v šedých vodách je tripolyfosfát sodný nebo fosforečnan draselný, které se používají jako základní sloučeniny v detergentech. Primárním úkolem těchto sloučenin je snižování tvrdosti vody, což zvýší účinnost mytí [18].

Na Obr. 1 je znázorněn distribuční diagram kyseliny fosforečné a jejích iontových forem.



Obr. 1 Distribuční diagram kyseliny fosforečné a jejích iontových forem, T= 25 °C, I = 0

## 6.2 Legislativa přípustné koncentrace fosforu v odpadních vodách

Přípustné koncentrace fosforu vypouštěného do odpadních vod jsou stanoveny v nařízení vlády č. 23/2011 Sb. Toto nařízení nahradilo nařízení č. 61/2003. Předepsané hodnoty dle tohoto nařízení jsou uvedeny v Tab. 4. Mimo tyto hodnoty jsou zde stanoveny taktéž normy enviromentální kvality. Tato norma udává maximální množství 0,15 mg/l<sup>-1</sup> celkového fosforu v tocích [4].

Tab. 4 Přípustné koncentrace fosforu vypouštěného do odpadních vod

Kategorie ČOV	Celkový fosfor mg/l <sup>-1</sup>		Přípustná minimální účinnost %
	průměr	maximum	
<2 000	-	-	-
2 001 - 10 000	3	8	70
10 001 - 100 000	2	6	80
>100 000	1	3	80

Třetím největším zdrojem fosforu obsaženého v odpadních vodách byl po splaškových vodách a zemědělství fosfor v čistících a mycích prostředcích. V současné době existují na trhu ekologicky šetrné detergenty, které neobsahují fosforečnany. Snížení produkce fosforu tak díky legislativním nařízením mírní dopady na životní prostředí, a snižuje se tak i cena provozu ČOV [2].

Od roku 2006 je v České republice prodej pracích prostředků sloužících k praní zakázán při koncentraci P vyšší než 0,5 %, nicméně se nevztahuje na průmyslové instituce, jelikož pro ně vhodná bezfosforečnanová alternativa neexistuje. Toto procento bylo stanoveno vyhláškou MŽP č. 78/2006 Sb. Dále byl zákonem č. 150/2010 Sb. Nahrazen zákon č. 254/2001 Sb.

Zákaz prodeje čistících a mycích prostředků do praček, které obsahují více, než 0,5 g celkového fosforu byl uveden v platnost 30. června 2013.

Od 1. ledna 2017 se na trh nesmí uvádět detergenty určené pro automatické myčky nádobí pro spotřebitele, pokud je jejich obsah celkového fosforu roven nebo je větší než 0,3 g při doporučeném dávkování na jeden mycí cyklus [2].

## 7 Negativní dopad fosforu a jeho sloučenin na životní prostředí

Tato kapitola byla zaměřena na uvolnění fosforu a jeho sloučenin do sfér životního prostředí v negativním slova smyslu. Mezi negativní dopady vyplavování fosforu do odpadních vod patří především eutrofizace. Uvolnění tohoto prvku z pozemního prostředí může ohrozit kvalitu vod přispíváním k přesycení minerálními látkami v jezerech a řekách, která může být buď antropogenní, nebo přirozená.

Fosfor je běžnou složkou zemědělských hnojiv, hnoje a organických odpadů v odpadních a průmyslových vodách. Je to zásadní prvek pro život rostlin, ale pokud je jej ve vodě příliš mnoho, může urychlit eutrofizaci řek a jezer. Eroze půdy je hlavním

příspěvatelem fosforu do potoků, ke které dochází při povodních. Eroze břehů vod může přenášet hodně fosforu z břehů řeky a sousedících pozemků do potoka.

Fosfor se dostává do vody v městských i zemědělských prostředích. Fosfor má tendenci se připojit na půdní částice, a tím se pohybuje na povrchu vodních ploch z odtoku. Studie USGS o Cape Cod v Massachusetts ukázala, že fosfor může také migrovat s proudy podzemních vod. Vzhledem k tomu, že podzemní vody se často vypouštějí do povrchových vod, například přes útesy do řek, existuje obava z koncentrace fosforu v podzemních vodách, která ovlivňuje kvalitu vody v povrchových vodách [13].

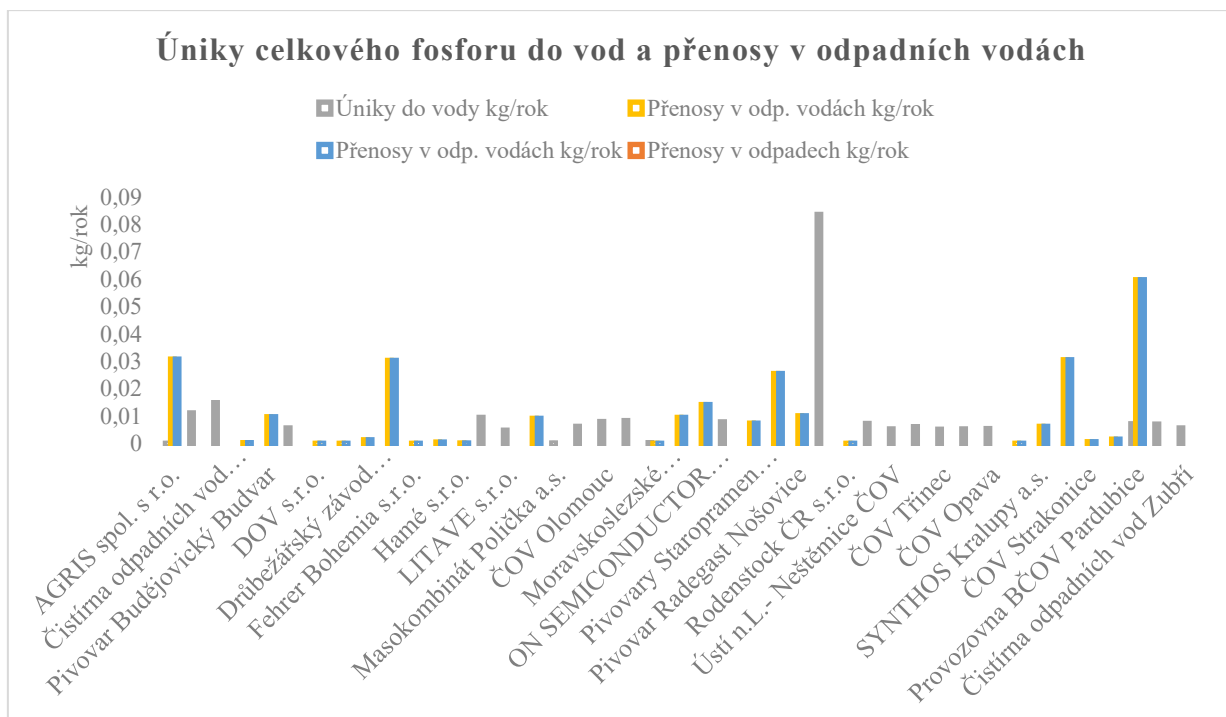
V Tab. č. 5 jsou znázorněny organizace a provozovny, ve kterých došlo v roce 2016 k únikům celkového fosforu do vody, přenosům v odpadních vodách a v odpadech. Za hodnotou přenosu/úniku je uveden způsob zjišťování: M – měření, C – výpočet, E – odhad [20].



Tab. 5 Únik celkového fosforu do vod

Organizace/provozovna	Úniky do vody kg/rok	Přenosy v odp. vodách kg/rok	Přenosy v odpadech kg/rok
AGRIS spol. s r.o.	57 [M]	30879,44 [M]	0
Biocel Paskov a.s.	11256 [M]	0	0
Čistírna odpadních vod Brno v Modřicích	14978 [M]	0	0
Brose CZ spol. s r.o.	0	339 [M]	0
Pivovar Budějovický Budvar	0	9764 [M]	0
ČOV Jindřichův Hradec	5735 [C]	0	0
DOV s.r.o.	0	2 [M]	0
Rychlovýkrm Horšov	0	89,99 [C]	0
Drůbežářský závod Klatovy a. s.	0	1380 [C]	0
EPISPOL, a.s.	0	30334 [M]	0
Fehrer Bohemia s.r.o.	0	6,9 [C]	0
GZ Media, a.s.	0	627 [M]	0
Hamé s.r.o.	0	206,689 [M]	0
ČOV Hradec Králové	9577 [M]	0	0
LITAVE s.r.o.	4930 [M]	0	0
MADETA a.s. závod Planá nad Lužnicí	0	9186	0
Masokombinát Polička a.s.	233,788 [C]	0	0
Mondi Štětí a.s.	6343 [M]	0	0
ČOV Olomouc	8082,28 [M]	0	0
ČOV Zlín-Malenovice	8403,79 [M]	0	0
Moravskoslezské cukrovary, a.s. o.z. Opava	308 [M]	79,4 [M]	0
OLMA, a.s.	0	9548 [M]	0
ON SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC, s.r.o.	0	14232 [E]	0
Ostravské vodárny a kanalizace a. s.	7884 [M]	0	0
Pivovary Staropramen s.r.o. - Smíchov	0	7501 [M]	0
Pivovar Plzeň	0	25529,1 [M]	0
Pivovar Radegast Nošovice	0	10149,24 [M]	0
Ústřední čistírna odpadních vod Praha	83675,3 [M]	0	0
Rodenstock ČR s.r.o.	0	116,894 [M]	0
Bystřany ČOV	7365 [M]	0	0
Ústí n.L.- Neštětice ČOV	5420 [M]	0	0
ČOV Havířov	6152 [M]	0	0
ČOV Třinec	5231 [M]	0	0
ČOV Frýdek-Místek	5348 [M]	0	0
ČOV Opava	5453 [M]	0	0
Skládka Henčov	0	114,056 [M]	0
SYNTHOS Kralupy a.s.	0	6341 [C]	0
závod Mladá Boleslav	0	30650 [M]	0
ČOV Strakonice	0	640 [M]	0
Závod Vodňany	0	1680,116 [M]	0
Provozovna BČOV Pardubice	7209 [M]	59793 [M]	0
čistírna odpadních vod Trutnov - Bohuslavice	7100 [M]	0	0
Čistírna odpadních vod Zubří	5711 [M]	0	0

Výsledné hodnoty těchto úniků a přenosů jsou znázorněny v Obr. 2. Největším znečišťovatelem za rok 2016 pro úniky celkového fosforu do vody je Pivovar Nošovice. Největší přenos celkového fosforu v odpadních vodách vyprodukovala Provozovna BČOV Pardubice, dále AGRIS spol. s r.o., Drůbežářský závod Klatovy a.s. a SYNTHOS Kralupy a.s., ostatní organizace jsou celkem zanedbatelné.



Obr. 2 Únik celkového fosforu do vod

## 7.1 Eutrofizace

Eutrofizací se rozumí obohacování vody o živiny, jež způsobují strukturální změny ekosystému, jako je například zvýšená produkce řas a vodních rostlin, negativní dopad na ryby a jiné organismy žijící ve vodě, obecné zhoršování kvality vody a další vlivy, které snižují a znemožňují kvalitní podmínky pro život organismů a rostlin. Eutrofizace je vážným problémem pro životní prostředí, neboť vede ke zhoršení kvality vody a je jednou z hlavních překážek dosažení cílů kvality stanovených rámcovou směrnicí o vodě z roku 2000/60/ES na evropské úrovni.

Podle průzkumu stavu světových jezer, projektu podporovaného Mezinárodním výborem životního prostředí pro jezera, se eutrofizace týká 54 % asijských jezer, 53 % evropských jezer, 48 % těch v severní Americe, 41 % v Jižní Americe a 28 % v Africe.

Všechny vodní útvary podléhají pomalému přírodnímu procesu eutrofizace, jež v posledních desetiletích prošel velmi rychlým vývojem kvůli přítomnosti člověka a jeho vlivu (tzv. antropogenní eutrofizace) [21].

Antropogenní eutrofizace je způsobena nadměrným vypouštěním živin do vody (nejčastěji fosfor a dusík). K velkému obohacení povrchových vod živinami dochází při používání hnojiv v zemědělství.

Kromě eutrofizace způsobené lidskou činností je přirozená eutrofizace ovlivněna obsahem živin pocházejících z půdy (rozklad odumřelých organismů) a dnové sedimenty. Vliv slunečního záření a teplotní stratifikace je také významným aspektem přirozené eutrofizace stojatých vod [21].

## 7.2 Vodní květ

Přítomnost řas způsobuje významné omezení pro používání vody na pití a rybaření, a také pro průmyslové a rekreační užití. Přítomnost řas či sinic lze rozpoznat dle vegetačního zbarvení, které je nejčastěji zelenomodré nebo zelené. Nežádoucí biochemické reakce způsobuje vodní (vegetační) květ, který se utváří při nahromadění sinic těsně u hladiny. Tím dochází k deficitu kyslíku a zvýšené koncentraci železa a manganu, nebo hůře, k tvorbě sulfanu a methanu. Vodní květ se tvoří převážně u vod s vyšším obsahem vápníku, optimální teplotou 25–35 °C a vyšší hodnotou pH. Sinice jsou škodlivé, karcinogenní a toxické, a uvolňují do okolí dle způsobu metabolismu biologicky aktivní látky, kdy jde především o enzymy, vitamíny, hormony, aminokyseliny, antibiotika, toxiny a extracelulární polysacharidy.

55 % říčních stanic v Evropě nahlásilo roční průměr koncentrací rozpuštěného fosforu více než 50 µg P1-1. Nový Zéland odhalil, že přibližně 10 % mělkých jezer bylo klasifikováno jako eutrofní nebo hyper – eutrofní [21].

## 7.3 Úhyn ryb

Zrychlená eutrofizace je také spojena s rozsáhlým zabíjením ryb v některých ústích, způsobená zvýšením populací dinoflagelátu (*Pfiesteria piscicida*), který má nepříznivý vliv na lidské zdraví [21].

## 7.4 Vliv na lidské zdraví

Ze zdravotního hlediska není koncentrace fosforu při běžných koncentracích příliš důležitá. Krom eutrofizace, kde zásadní roli mimo fosfor hraje dusík, může prudký vzrůst fosforečnanů ve vodě indikovat možné fekální znečištění vody. Jedním ze způsobů redukování těchto problémů je sledování a snižování množství živin vnášených do vod [21].

## 7.5 Prevence eutrofizace

V současné době jsou hlavními kontrolními mechanismy eutrofního procesu preventivní techniky odstranění živin. Bylo by dostačující snížit koncentraci jedné z hlavních živin, a to zejména fosforu, který je považován za omezující faktor růstu řas, působící na lokální

zatížení (spojená s odpadními vodami) a rozsáhlá zatížení (určena difuzními zdroji, jako jsou například země a déšť). Zatížení je množství (miligramů, kilogramy, tuny, atd) živin, které vstupují do životního prostředí v důsledku lidské činnosti.

**Možné kroky, které se provádějí, aby se zabránilo přesyčení živin a došlo k omezení zátěže fosforu lze shrnout následovně:**

- zlepšení čistícího účinku čistíren odpadních vod, instalace systémů terciárního zpracování ke snížení koncentrací živin;
- zavedení účinných filtračních ekosystémů pro odstranění dusíku a fosforu přítomného v odtokové vodě;
- snížení fosforu v detergentech;
- racionalizace zemědělských technik prostřednictvím řádného plánování hnojení a používání hnojiv s pomalým uvolňováním;
- využívání alternativních postupů v chovu zvířat k omezení produkce odpadních vod.

**V případech, kdy je kvalita vody již tak ohrožena, a jakákoli preventivní iniciativa je neúčinná, mohou být zavedeny "léčebné" postupy, jako jsou:**

- odstranění a ošetření hypolimenní vody (hluboká voda v kontaktu se sedimenty) bohatá na živiny, protože je v přímém kontaktu s uvolňovacím zdrojem;
- odvodnění prvních 10-20 cm sedimentů podléhajících biologickým reakcím a s vysokými koncentracemi fosforu;
- okysličování vody pro obnovu ekologických podmínek, snížení negativních účinků eutrofního procesu, jako je nedostatek kyslíku a tvorba toxických sloučenin pocházejících z anaerobního metabolismu;
- chemické vysrážení fosforu přidáním soli železa nebo hliníku nebo uhličitanu vápenatého do vody, které vedou k vysrážení příslušných železo-hliníkových nebo vápenatých ortofosforečnanů, čímž se snižují negativní účinky spojené s nadměrnou přítomností fosforu v usazeninách [21].

## **8 Problematika použití fosforu v čistících prostředcích pro myčky**

Jak už je výše popsáno v kapitole o složkách mycích přípravků, fosfor a jeho sloučeniny byly obsaženy také v pracích práscích a čistících prostředcích pro myčky. Fosfáty jsou obsaženy v těchto produktech hlavně kvůli účinku změkčování vody, a tak je umožněno efektivnější čištění a praní. Nicméně tyto složky se pak vyplaví do odpadních vod a následně do řek a jezer.

To způsobuje rozšíření sinic a řas, kvůli jejichž konzumaci veškerého kyslíku hynou ryby a jiné organismy. Tato kapitola se do hloubky věnuje přímo používání čistících prostředků s obsahem fosforu a jeho vliv na kvalitu odpadních vod.

V posledních letech tohoto století se byl zaznamenán prudký nárůst procesu eutrofizace, hlavně kvůli hromadění biogenních složek v odpadních vodách z průmyslové a zemědělské výroby, a také z domácností sídlišť. Převažuje tak eutrofizace způsobená lidskou činností nad tou přirozenou, což je primárním znakem civilizačního rozvoje, díky které narůstá produkce fytoplanktonu až do míry, kdy se masově rozvíjejí řasy a sinice, vzniká zápach vody, nedostatek kyslíku, zahnívá biomasa, hynou ryby, a tím se i rychleji zhoršuje kvalita vody. Prudký růst živin mnohdy ohrožuje jakost vody užitkové a také té pitné. V těchto případech je fosfor považován za primární limitující živinu.

Opomene-li se zemědělství a odpadní voda, jsou detergenty největším zdrojem fosfátů, které jsou vypouštěné do povrchových vod. Prací prášky nejvíce přispívají k zatížení fosfáty, kdy například pro uzavřené vodní systémy Baltského moře a Dunaje mohou za čtvrtinu fosfátového znečištění. Fosfáty lze ale nahradit alternativami změkčovačů s různou efektivitou [25].

## 9 Experimentální část

V experimentální části této práce bylo v laboratoři vyhodnoceno 21 vzorků prášků a tablet do myčky na nádobí ze čtyř různých zemí (Česká republika, Rakousko, Německo, Polsko). Pro každý mycí přípravek se stanovilo pH, vodivost, celkový fosfor P, fosforečnany  $(\text{PO}_4)^{3-}$ , tenzidy, tenzidy+ a tenzidy-.

Cílem experimentální části této bakalářské práce bylo za pomoci laboratorních technik, popsaných v následující kapitole, dokázat přítomnost fosforu a jeho sloučenin ve vybraných vzorcích detergentů.

Doporučená dávka práškového detergentu byla vždy 20 g na 10 l. Toto množství prášku se rozpustilo ve vodě a naředilo na 10 l. Totéž se udělalo i s tabletami, kdy na jeden mycí cyklus je doporučena jedna tableta. Takto připravený roztok se před jednotlivými analýzami promíchal, aby nedošlo k usazení jeho složek.

### 9.1 Popis složení vzorků

V této podkapitole bylo popsáno složení celkem 21 detergentů zakoupených ve čtyř různých zemích. Výrobce většinou ve složení těchto produktů neudává přesné množství jednotlivých složek nacházejících se ve vybraných tabletách či prášcích.

- **Somat – prášek**

Rakouský prášek do myčky nádobí by měl dle výrobcem zmíněného složení obsahovat 5-15 % bělicích činidel na bázi kyslíku, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek, neznámé množství fosfonátů, parfémů (Limonene) a enzymů.

- **Finish – prášek**

Prášek do myčky od značky Finish classic byl zakoupen v Rakousku. Ve složení je uvedeno 5-15 % bělicích činidel na bázi kyslíku, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek, méně než 5 % fosfonátů a polykarboxylátů, neznámé množství enzymů (subtilisin, amyláza) a parfémů.

- **Clever – tableta**

Tablety Clever 12v1 byly zakoupeny v Rakousku a složení uvádí obsah 15-30 % bělicích činidel na bázi kyslíku, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek, neznámé množství fosfonátů, enzymy (amyláza, proteáza) a parfémy.

- **Geschirr Reiniger – tableta**

Tablety od značky Geschirr Reiniger byly zakoupeny v Rakousku. Složení uvádí obsah 15-30 % bělicích činidel na bázi kyslíku, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek a fosfátů, neznámé množství enzymů (amyláza, proteáza) a parfémů.

- **Claro – tableta**

Tablety Claro classic do myčky nádobí byly zakoupeny v Rakousku. Ve složení se udává obsah 15-30 % bělicích činidel na bázi kyslíku, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek, neznámé množství fosfonátů, enzymy (amyláza, proteáza) a parfémy.

- **Finish – tableta**

Tablety Finish Powerball supercharged quantum max byly zakoupeny v Polsku v prodejně Kaufland. Polský výrobce udává ve složení obsah 5-15 % bělicích činidel na bázi kyslíku, neznámé množství neiontových povrchově aktivních látek, méně než 5 % polykarboxylátů a fosfonátů, neznámé množství enzymů (amyláza, subtilisin) a parfémů.

- **Geschirr Reiniger – tableta**

Tablety do myčky nádobí od značky Geschirr Reiniger byly zakoupeny v Polsku v jedné z poboček obchodního řetězce Kaufland. Výrobce ve složení udává obsah 5-15 % bělicích

čínidel na bázi kyslíku, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek, neznámé množství polykarboxylátů, fosfonátů, enzymů a parfémů.

- **Geschirr Reiniger – prášek**

Prášek do myčky nádobí od značky Geschirr byl také pořízen v polském Kauflandu. Ve složení výrobce zmiňuje totožné látky jako u Geschirr Reiniger tablet. Složení se liší jen informací o obsahu parfému Limonene.

- **Maschine Pfleger – čistící gel**

Produkt Maschine Pfleger byl zakoupen v Polsku v Kauflandu a slouží jako leštička nádobí. Výrobce ve složení udává pouze obsah méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek.

- **Q Power – tableta**

U tablet do myčky od značky Q Power by mělo být ve složení obsaženo 5-15 % fosforečnanů, méně než 5 % bělicích čínidel na bázi kyslíku, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek, polykarboxylátů a také méně než 5 % EDTA a jejích solí. Tablety do myčky nádobí Q Power obsahují také neznámé množství enzymů a parfémů.

- **Jar – tableta**

Tableta „Platinum all in one“ od značky Jar by měla podle uvedeného složení obsahovat 5-15 % neiontových povrchově aktivních látek, méně než 5 % fosfonátů a polykarboxylátů, neznámé množství enzymů a parfému Citronellol, Limonen a Linalool.

- **Sunlight – tableta**

Tablety od značky Sunlight byly zakoupeny v české prodejně Teta drogerie a ve složení výrobce udává obsah 5-15 % bělicích čínidel na bázi kyslíku, méně než 5 % polykarboxylátů, neznámé množství neiontových povrchově aktivních látek, fosfonátů a enzymů. Jako parfém je uveden Citronellol.

- **Somat – tableta**

V české prodejně Teta drogerie byly zakoupeny tablety od značky Somat, které mají ve složení uvedeno 5-15 % bělicích čínidel na bázi kyslíku, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek, fosfonátů a polykarboxylátů, dále tyto tablety obsahují enzymy a parfém Limonen.

- **Ecover – tableta**

Tablety od značky Ecover byly zakoupeny v České republice v prodejně DM. Ve složení je uváděno 5-15 % bělicích činidel na bázi kyslíku, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek. Dále tyto tablety obsahují parfémy (Limonen), enzymy (obsahuje subtilisin). Mezi ostatní látky v tabletách je jmenovitě uveden citrát sodný, uhličitan sodný, polypeptidy, dinatrium dikřemičitan, aktivátor bělení, hydrogenuhličitan sodný, sorbitol, jíl, glycerin a glukonát sodný.

- **Denk mit – tableta**

Tablety Den kmit byly zakoupeny v České republice v prodejně DM. Složení tohoto čistícího přípravku uvedené výrobcem obsahuje 5-15 % polykarboxylátů, bělicí prostředky na bázi kyslíku, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek a neurčité množství fosfonátů. Tyto tablety obsahují také enzymy (proteáza, amyláza), parfémy a zabraňovač koroze.

- **Sunlight – tableta**

Tablety od značky Sunlight zakoupené v českém DM obsahují podle výrobcem uvedeného složení 5 % nebo více, avšak méně než 15 % bělicích činidel na bázi kyslíku, méně než 5 % polykarboxylátů, neurčité množství neiontových povrchově aktivních látek, fosfonátů a enzymů. Jako parfém je zde uveden Citronellol.

- **Sanytol – tableta**

Tablety do myčky nádobí od značky Sanytol byly zakoupeny v České republice v prodejně DM. Složení tohoto čistícího produktu uvádí, že tablety obsahují 15-30 % bělicích činidel na bázi kyslíku, 5-15 % polykarboxylátů, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek, méně než 5 % fosfonátů a neznámé množství parfémů a enzymů (proteázy). Také se jedná o biocidní přípravek (typ TP4), kdy na místě aplikace vzniká kyselina peroctová 0,13 g/L. Podle návodu byla pro experimentální část v laboratoři použita, rozpuštěna a naředěna jedna tableta.

- **Finish – tableta**

Finish classic tablety zakoupené v České republice by měly dle složení uvedeného výrobcem obsahovat 5-15 % bělicích činidel na bázi kyslíku, méně než 5 % polykarboxylátů a fosfonátů, neznámé množství neiontových povrchově aktivních látek, enzymů (subtilisin, amyláza), parfémů.



- **Finish – prášek**

Prášek do myčky od značky Finish classic byl zakoupený v České republice a výrobce v jeho složení udává obsah méně než 5 % bělicích činidel na bázi kyslíku, neznámé množství neiontových povrchově aktivních látek, polykarboxylátů, fosfonátů, enzymů (amyláza, subtilisin) a parfémů.

- **Jar – ruční mytí**

Výrobek pro ruční mytí od značky Jar byl analyzován pro srovnání s ostatními přípravky do myčky nádobí a také s Purem pro ruční mytí. Byl zakoupen v České republice a ve složení je uveden obsah 5-15 % aniontových povrchově aktivních látek, méně než 5 % neiontových povrchově aktivních látek, Benzisothiazolinone, Phenoxyethanol a parfémy.

- **Pur – ruční mytí**

Pro srovnání s ručním mytím vůči značce Jar byl zakoupen produkt na ruční mytí od značky Pur. V tabulce je také uveden v rámci srovnání s ostatními mycími prostředky do myčky nádobí pro jeho složení. Ve složení je uvedeno 5-15 % aniontových povrchově aktivních látek, méně než 5 % amfoterních povrchově aktivních látek, neznámé množství parfémů (citronellol, geraniol, hexyl, cinnamal, linalool), 2-2-nitropropane-1,3-diol, methylchloroisothiazolinone, methylisothiazolinone.

V Tab. 6 jsou uvedeny všechny vybrané detergenty, u nichž byla provedena analýza na celkový fosfor a fosforečnany, dále pH, vodivost, celkové tenzidy, tenzidy + a tenzidy-.

Tab. 6 Únik celkového fosforu do vod

Popis vzorků	vzorek	pH	vodivost μS/cm	P mg/l	(PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> mg/l	tenzidy mg/l	tenzidy+ mg/l	tenzidy- mg/l
SOMAT - prášek	1R	10,86	2910	9,04	27,7	10,4	0,099	0,346
FINISH - prášek	2R	10,91	3260	2,48	7,61	2,21	0,134	0,291
CLEVER - tableta	3R	10,45	1906	10,8	33	14,2	0,241	0,719
GESCHIRR REINIGER - tableta	4R	9,95	784	2,46	7,55	17,38	0,08	0,304
CLARO - tableta	5R	10,37	1870	2,48	7,59	19,38	0,188	0,474
FINISH - tableta	6P	10,26	1185	9,78	30	12,22	0,244	0,569
GESCHIRR REINIGER - prášek	7P	10,74	2610	1,89	5,81	4,24	0,052	0,351
GESCHIRR REINIGER - tableta	8P	9,96	490	3,4	10,4	7,5	0,202	0,192
MASCHINE PFLEGER - gel čistič	9P	3,2	343	0,067	0,207	8,86	0,083	0,661
Q POWER - tableta	10CZ-TETA	9,99	2010	18,5	56,7	6,16	0,115	0,693
JAR - tableta	11CZ-TETA	9,59	324	0,469	1,44	12,74	0,101	0,142
SUNLIGHT - tableta	12CZ-TETA	10,41	1919	9,92	30,4	17,72	0,141	1,15
SOMAT - tableta	13CZ-TETA	10,7	2120	3,18	9,76	8,22	0,152	0,229
ECOVER - tableta	14CZ-DM	10,38	1763	0,242	0,743	7,44	0,114	0,124
DENK MIT - tableta	15CZ-DM	10,69	2840	4,99	15,3	1904	0,563	0,583
SUNLIGHT - tableta	16CZ-DM	10,76	2380	3,57	11	10,88	0,148	0,278
SANYTOL - tableta	17CZ-DM	9,6	1600	9,31	28,6	11,64	0,158	1,04
FINISH - tableta	18CZ	10,43	2040	13,8	42,2	61,9	0,156	0,51
FINISH - prášek	19CZ	10,97	6790	1,7	5,2	8,2	0,09	2,97
JAR - ruční mytí	20CZ	8,09	269	0,046	0,141	5,54	0,315	68,8
PUR - ruční mytí	21CZ	7,48	354	0,08	0,247	0,428	1,12	184,45

Z výsledků měření lze porovnat detergenty stejných značek z různých zemí. Například mycí přípravky do myčky nádobí od značky Finish byly zakoupeny jak ve formě tablet, tak i formou prášků. Jejich pH se v ohledu na zemi původu nijak zvlášť neliší, avšak vodivost je u každého zcela odlišná, stejně tak jako výskyt fosforečnanů u tablet zakoupených v ČR, kdy i celkové tenzidy byly u tohoto produktu výrazně vyšší než u jiných detergentů téže značky, lišící se pouze zemí, kde byly pořízeny. Výsledné hodnoty měřených parametrů u značky Finish jsou znázorněny v Tab. 7.

Tab. 7 Únik celkového fosforu do vod

Detergent	Země	pH	Vodivost μS/cm	P mg/l	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Tenzidy	Tenzidy+	Tenzidy-
Finish prášek	Rakousko	10,91	3260	2,48	7,61	2,21	0,134	0,291
Finish tableta	Polsko	10,26	1185	9,78	30	12,22	0,244	0,569
Finish tableta	ČR	10,43	2040	13,8	42,2	61,9	0,156	0,51
Finish prášek	ČR	10,97	6790	1,7	5,2	8,2	0,09	2,97

Vesmět všechny detergenty měly podobné pH, až na Maschine Pflieger, který je však leštidlem, nikoliv mycím prostředkem. Jar a Pur určené k ručnímu mytí měly také o něco nižší

pH než mycí prostředky do myček nádobí. Nejvyšší hodnota celkového fosforu a fosforečnanů byla zjištěna u detergentu značky Q Power, druhou nejvyšší hodnotu měl český Finish ve formě tablet.

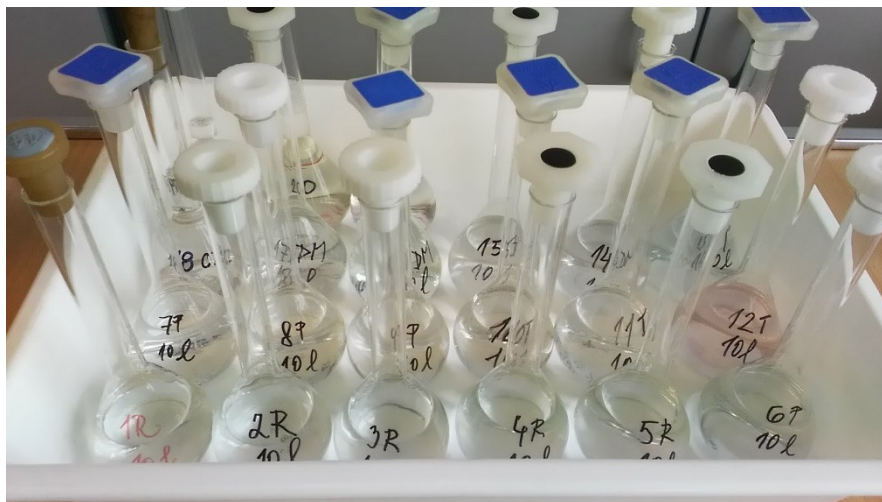
## 10 Verifikace obsahu fosforu v čistících prostředcích pro myčky

### Pomůcky a chemikálie

Odměrná baňka 1000 ml, pipety, detergenty, voda, odměrné baňky 50 ml, kádinky, skleněné míchací tyčinky, laboratorní váha.

### Postup přípravy detergentů

Na laboratorní váze se odvážílo požadované množství detergentu a poté bylo v kádince rozpuštěno za pomoci skleněné tyčinky. Po dokonalém rozpuštění se vybraný vzorek naředil v odměrné baňce o objemu 1000 ml vodou z vodovodu po rysku. Následně se tento roztok promíchal, aby při odpipetování 10 ml nedošlo k usazení vzorku na dně odměrné baňky. Pipetou se požadované množství přeneslo do odměrné baňky o objemu 50 ml, a ta se pak doplnila po rysku vodou. Takto se postupovalo u všech 21 vzorků vybraných detergentů viz. Obr. 3.



Obr. 3 Naředěné vzorky detergentů

### 10.1 Stanovení konduktivity

Konduktivita (vodivost) se měří metodou zvanou konduktometrie. Měří se elektrická vodivost roztoku za pomoci elektrody konduktometru s vodivostní nádobkou.

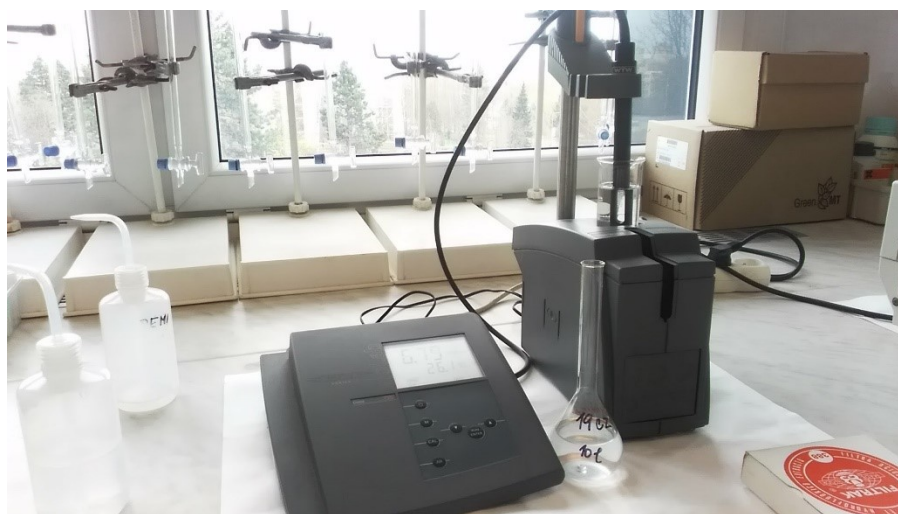
Stanovená konduktivita roztoku charakterizuje obsah iontů, a tím také koncentraci rozpuštěných disociovaných látek. Stanovená konduktivita slouží k odhadnutí mineralizace roztoku. Vodivost se stanovuje například pro kontrolu kvality redestilované nebo destilované vody.

### **Pomůcky a chemikálie**

Konduktometr, filtrační papírky, kádinky, demineralizovaná voda.

### **Postup**

Čistá a suchá elektroda byla vložena do naředěného vzorku detergentu, který se předtím promíchal, a po ustálení hodnoty bylo zkontrolováno a zapsáno výsledné měření. Elektroda byla poté vyjmuta z roztoku a opláchnuta demineralizovanou vodou, následně se osušila filtračním papírkem, aby následné měření dalších vzorků nebylo znehodnoceno vzorkem předchozím. Měření proběhlo celkem 21x viz Obr. 4 a výsledné hodnoty byly zaznamenány.



Obr. 4 Stanovení vzorku konduktometrem

## **10.2 Potenciometrické stanovení hodnoty pH**

### **Princip**

Používá se buď kombinovaná elektroda, jež tvoří článek sama svým vnitřním složením, nebo skleněná a srovnávací elektroda. Elektromotorická síla takového článku je v poměrně

širokých mezích lineární funkcí pH vzorku. Odchyšky od lineárního průběhu se projevují u silně alkalických vzorků nebo u silně kyselých vzorků.

### **Pomůcky a chemikálie**

pH – metr, kádinky, filtrační papírky, demineralizovaná voda, standardní tlumivé roztoky.

### **Postup**

Vzorek byl odebrán do kádinky v takovém množství, které zaručí dostatečný ponor elektrody a zároveň volný prostor okolo stěn kádinky. Elektroda byla opláchnuta demineralizovanou vodou, a následně byla ponořena do kádinky se vzorkem, který byl předtím promíchán. Po ustálení vzorku se zaznamenala výsledná hodnota pH. Po ukončení měření byla elektroda opláchnuta demineralizovanou vodou, osušena filtračním papírkem a znovu použita k měření dalších vzorků detergentů viz Obr. 5.



Obr. 5 Potenciometrické stanovení hodnoty pH

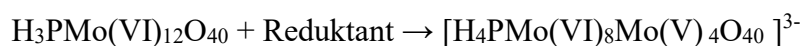
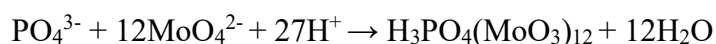
## 10.3 Spektrofotometrické stanovení fosforu a fosforečnanů

### Princip

Celkový fosfor se ve vodách vyskytuje formou buď organických sloučenin, nebo v anorganických sloučeninách. V těchto formách to jsou hlavně orthofosforečnany a polyfosforečnany.

Zdrojem polyfosforečnanů jsou hlavně výrobky s komplexotvorným účinkem (například čisticí prostředky). Orthofosforečnany vytváří v kyselém prostředí, za katalytického účinku antimonytých iontů.

Většina metod pro stanovení fosforu je založena na spektrofotometrické detekci intenzivně zbarvené fosfomolybdenanové modře. Tento komplex vzniká reakcí fosforečnanů s okyseleným molybdátem za vzniku 12-fosfomolybdenanové kyselina (12-MPA), která je částečně redukována na fosfomolybdenanovou modř [24].



### Pomůcky a chemikálie

Spektrofotometr, odměrné baňky, pipety, automatické pipety, kádinky, byreta, demineralizovaná voda, 9M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2M NaOH, kyselina askorbová, molybdenan, kyselý roztok, zásobní standardní roztok, pracovní standardní roztok viz Obr. 6.



Obr. 6 Měření celkového fosforu

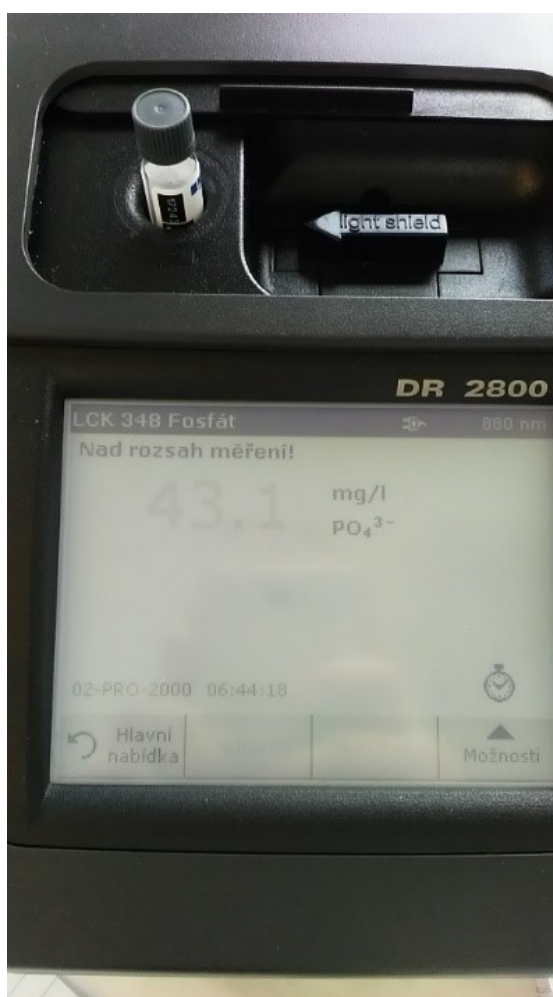
## Postup

Do odměrné baňky bylo odpipetováno 40 ml vzorku. Následně byl přidán 1 ml roztoku kyseliny askorbové a 2 ml kyselého roztoku molybdenanu. Objem byl doplněn po rysku demineralizovanou vodou a promíchán. Současně se vzorky byly připraveny i kalibrační roztoky. Absorbance roztoků byly měřeny na spektrofotometru při vlnové délce 880 nm po 10 až 30 minutách. - vzorky vody se nechaly ohřát na pokojovou teplotu cca 20 °C. Do jedné kyvety bylo odměřeno 25 ml destilované vody (blank, slepý vzorek) a označeno. Dále bylo odměřeno 25 ml analyzovaného vzorku a přelito do popsané kyvety (obdobně se postupovalo u všech analyzovaných vzorků) - do všech kyvet byl přidán obsah 1 balení PhosVer 3 (for 25 ml) a promíchán. Takto připravené roztoky se nechaly odstát 8–10 minut viz Obr. 7, a následně byly měřeny na spektrofotometru za zvolené vlnové délky 890 nm, část blanku byla nalita do připravené kyvety a vložena do spektrofotometru, dále se obdobně postupovalo se všemi vzorky analyzovaných roztoků. Na displeji se zobrazila hodnota – množství  $\text{PO}_4^{3-}$ , a celkový P v mg/l, který byla vždy zaznamenána viz Obr. 8.



Obr. 7 Celkový fosfor a fosforečnany





Obr. 8 Spektrofotometrické stavení fosforu a fosforečnanů

## 10.4 Stanovení tenzidů kyvetovým testem

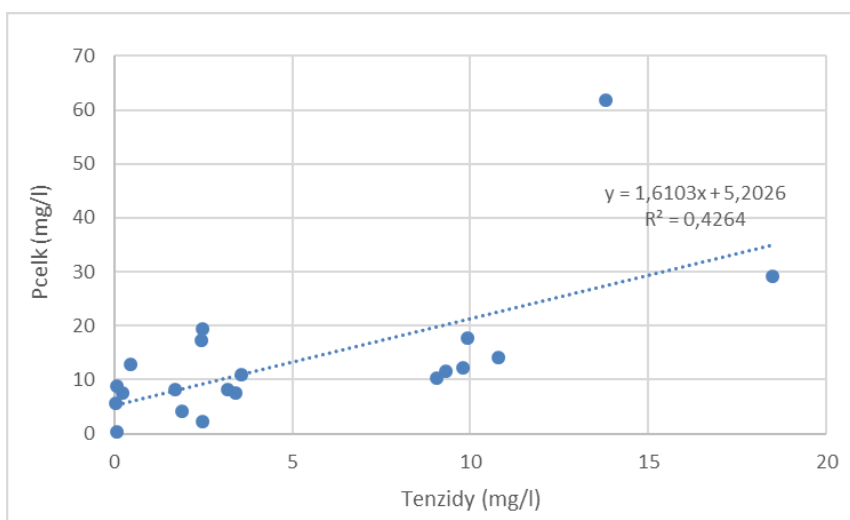
Uvedený test umožnil stanovení tenzidů v pracovním rozsahu 0,05-2,0 mg/L. Dle návodu HACH bylo dávkováno 2 ml každého vzorku do kyvety a poté postupně dávkovány dvě činidla, která jsou součástí tohoto kyvetového setu LCK332. Po důkladném protřepání a krátkém čekání, aby se oddělily všechny fáze dle přiloženého postupu, bylo možno změřit vzorek na spektrofotometru viz Obr. 9. Absorbance separované organické fáze se měří při vlnové délce 653 nm.



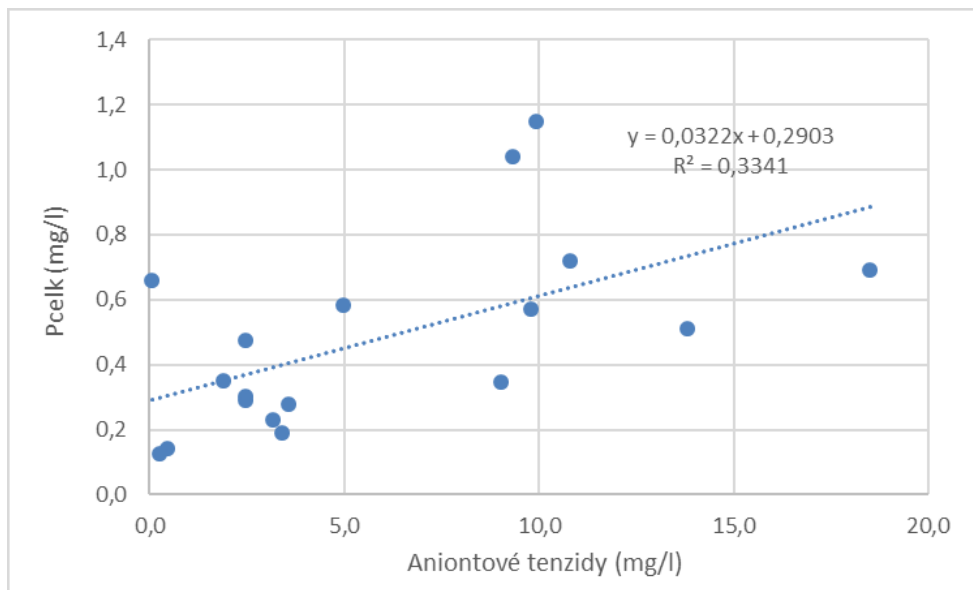


Obr. 9 Stanovení tenzidů

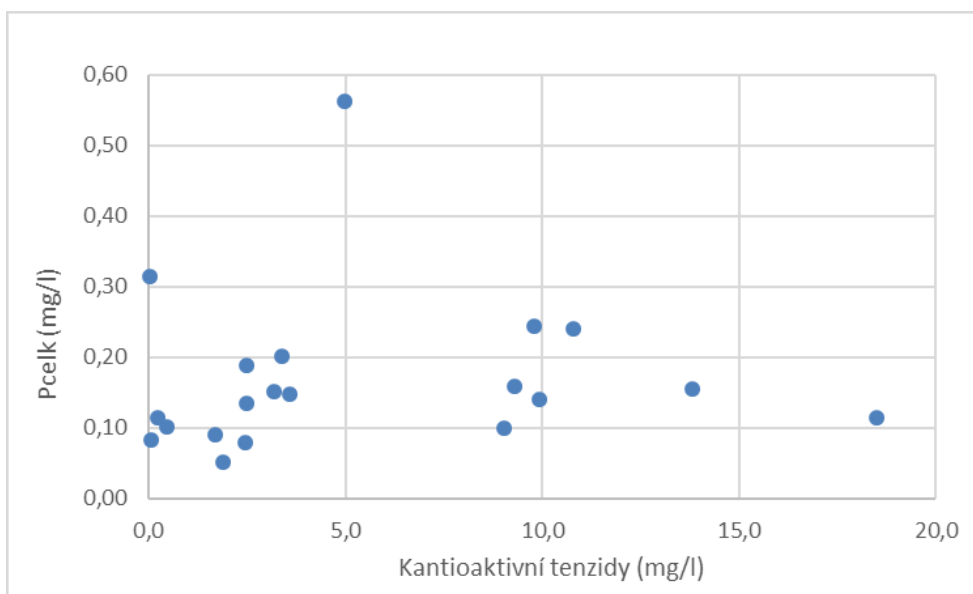
Na Obr. 10 je zobrazen výsledek regresní analýzy, která prokázala závislost mezi obsahem  $P_{\text{celk}}$  a tenzidy. Byla splněna kritická hodnota koeficientu korelace na hladině významnosti 0.005 ( $r = 0.64$ ), pro  $P_{\text{celk}}$  a aniontové tenzidy byl zjištěn nižší koeficient korelace ( $r=0.57$ ), byla splněna kritická hodnota koeficientu korelace na hladině významnosti 0.01. Mezi kationaktivními tenzidy a  $P_{\text{celk}}$  nebyla zjištěna žádná závislost. Nebyla prokázána žádná závislost ani mezi jednotlivými tenzidy (tenzidy x kationaktivní tenzidy, tenzidy x anionaktivní tenzidy) viz Obr. 10 a Obr. 11. Z Obr. 12 je patrná statisticky neprokázaná významná závislost mezi kationtovými tenzidy a  $P_{\text{celk}}$ .



Obr. 10 Lineární závislost mezi obsahem tenzidů a  $P_{\text{celk}}$

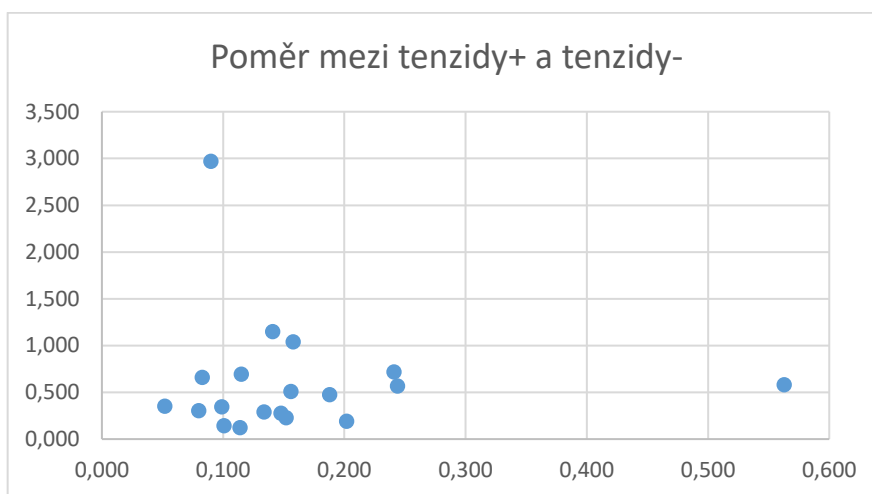


Obr. 11 Lineární závislost mezi obsahem aniontových tenzidu a celkovým P



Obr. 12 Neprokázaná statisticky významná závislost mezi kationtovými tenzidy a P<sub>celk</sub>

V následujícím grafu č. je zobrazen poměr mezi aniontovými a kationtovými tensidami, které byly obsaženy ve složení zkoumaných detergentů.



Obr. 13 Závislost mezi aniontovými a kationtovými tensidami, po vyloučení anomálních hodnot existuje významná závislost ( $r=0.57$ )

## 10.5 Vyhodnocení obsahu fosforu v čisticích prostředcích

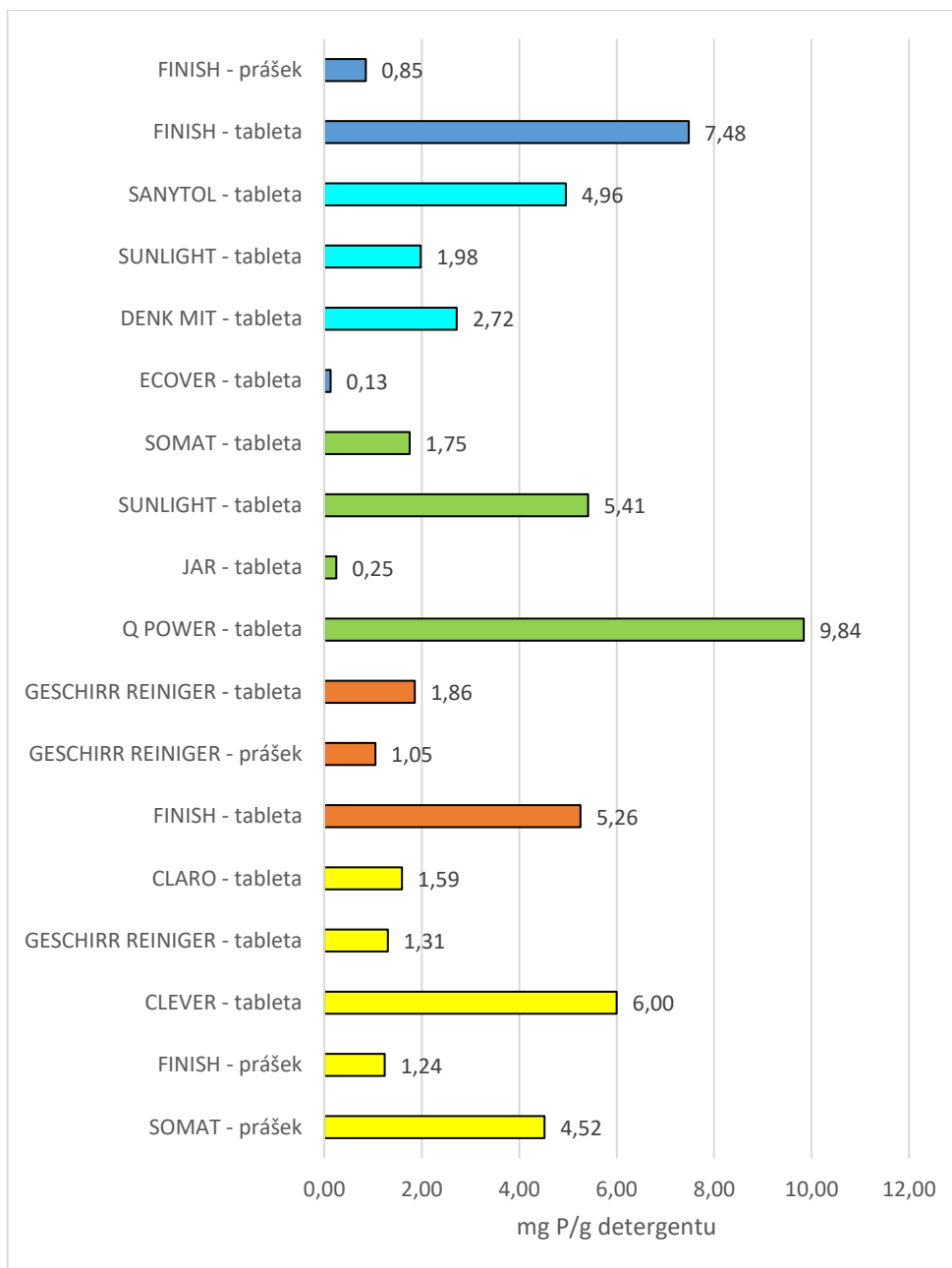
Zátěž vod fosforem, který pochází z detergentů používaných v domácnostech je zatím špatně prozkoumána. Při průzkumu 96 domácností v UK a Skotsku byla stanovena nejvyšší koncentrace v prostředcích na mytí nádobí 43–131 mg P/g detergentu, zatímco v prostředcích označených Eko-značkou byl obsah výrazně nižší 0.7–9.1 mg P/ g detergentu. Při použití detergentů se v jedné domácnosti vyprodukuje 0.414 kg P/rok a při použití výrobků s Eko-značkou je to 0.021 kg P/rok. Při průměrném počtu osob v domácnosti (2.7) je to 0.154 kg P/osobu/rok z toho činidla do myček přispívají 0.147 kg P/rok. Činidla do myček jsou výrazně obohacena těmito prvky: As, Na, Si, Sr, Ti, Zr a B. Na, P a B vykazují mezi sebou statisticky významnou závislost a lze je proto použít jako „stopovač“ vypouštění odpadních vod [15].

V Tab. 8 je mimo získané údaje znázorněno i množství daného detergentu doporučeného pro jeden mycí cyklus. S tímto množstvím se dále pracovalo, a bylo naředěno na 10 litrů vody.

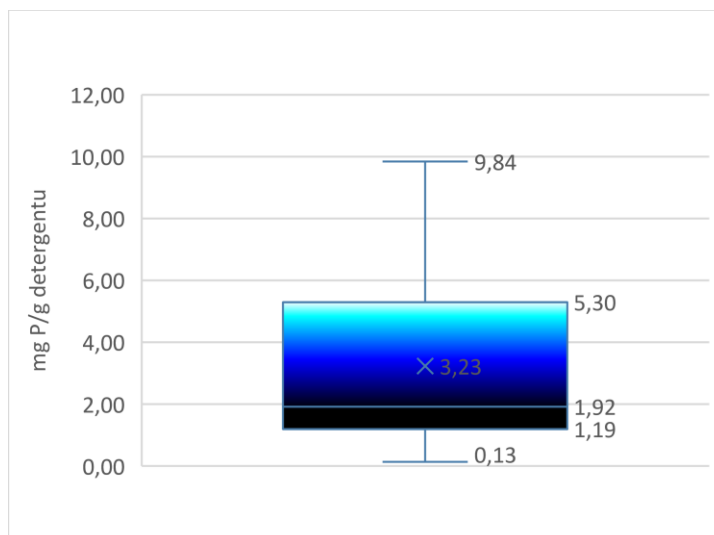
Tab. 8 Výsledné měření detergentů a jejich použité množství

Popis vzorků	vzorek	množství g (ml)	objem l	P mg/l	(PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> mg/l	tenzidy mg/l	tenzidy+ mg/l	tenzidy- mg/l	mg P/g detergentu
SOMAT - prášek	1R	20	10	9,04	27,7	10,4	0,099	0,346	4,52
FINISH - prášek	2R	20	10	2,48	7,61	2,21	0,134	0,291	1,24
CLEVER - tableta	3R	18	10	10,8	33	14,2	0,241	0,719	6,00
GESCHIRR REINIGER - tableta	4R	18,85	10	2,46	7,55	17,38	0,08	0,304	1,31
CLARO - tableta	5R	15,55	10	2,48	7,59	19,38	0,188	0,474	1,59
FINISH - tableta	6P	18,6	10	9,78	30	12,22	0,244	0,569	5,26
GESCHIRR REINIGER - prášek	7P	18	10	1,89	5,81	4,24	0,052	0,351	1,05
GESCHIRR REINIGER - tableta	8P	18,3	10	3,4	10,4	7,5	0,202	0,192	1,86
MASCHINE PFLEGER - gel čistič	9P	20 ml	10	0,067	0,207	8,86	0,083	0,661	
Q POWER - tableta	10CZ-TETA	18,8	10	18,5	56,7	6,16	0,115	0,693	9,84
JAR - tableta	11CZ-TETA	19	10	0,469	1,44	12,74	0,101	0,142	0,25
SUNLIGHT - tableta	12CZ-TETA	18,32	10	9,92	30,4	17,72	0,141	1,15	5,41
SOMAT - tableta	13CZ-TETA	18,14	10	3,18	9,76	8,22	0,152	0,229	1,75
ECOVER - tableta	14CZ-DM	18,75	10	0,242	0,743	7,44	0,114	0,124	0,13
DENK MIT - tableta	15CZ-DM	18,36	10	4,99	15,3	1904	0,563	0,583	2,72
SUNLIGHT - tableta	16CZ-DM	18,04	10	3,57	11	10,88	0,148	0,278	1,98
SANYTOL - tableta	17CZ-DM	18,78	10	9,31	28,6	11,64	0,158	1,04	4,96
FINISH - tableta	18CZ	18,45	10	13,8	42,2	61,9	0,156	0,51	7,48
FINISH - prášek	19CZ	20	10	1,7	5,2	8,2	0,09	2,97	0,85
JAR - ruční mytí	20CZ	20 ml	10	0,046	0,141	5,54	0,315	68,8	
PUR - ruční mytí	21CZ	20 ml	10	0,08	0,247	0,428	1,12	184,45	

Na Obr. 14 a Obr. 15 je v grafu znázorněno množství celkového fosforu obsaženého ve vybraných vzorcích detergentů. Q Power tableta má dle tohoto grafu ve složení nejvyšší obsah fosforu, dále má vyšší hodnotu i tableta Finish z ČR.



Obr. 14 Koncentrace celkového fosforu v detergencích



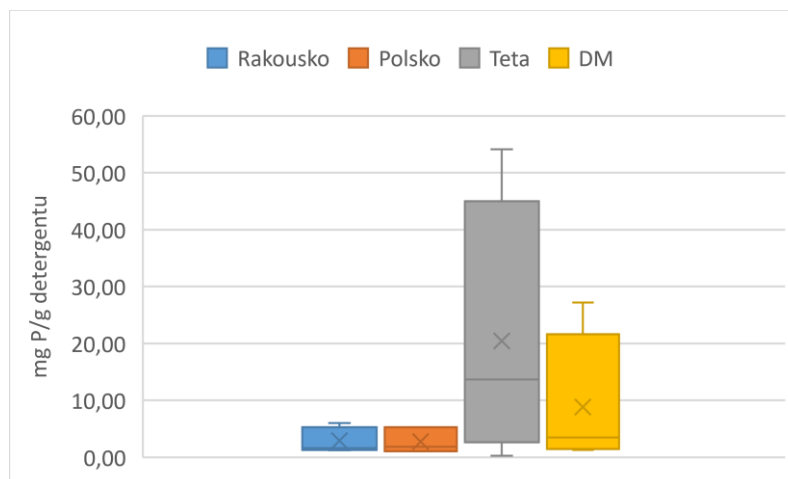
Obr. 15 Krabicový graf pro koncentrace celkového fosforu obsaženém ve všech testovaných vzorcích

V Tab. 10 je znázorněn obsah fosforu v detergencích z jednotlivých zemí a obchodních domů, kde byly tyto čisticí prostředky zakoupeny. Nejvíce fosfátů obsahovaly čisticí prostředky do automatické myčky v pobočce Drogerie Teta.

Tab. 10 Obsah fosforu v jednotlivých zemích

Rakousko	Polsko	Teta	DM
$\text{mg/l}^{-1}$			
4,52	5,258	9,84	1,291
1,24	1,05	0,247	27,179
6	1,858	54,148	1,979
1,31		17,53	4,957
1,59			

Na Obr. 16 je krabicovým grafem znázorněno množství P v detergencích pořízených na všech čtyřech lokacích. Dle výsledků obsahují nejvíce fosfátů čisticí prostředky drogerie Teta v ČR. Nejméně fosfátů obsahují produkty z Polska a Rakouska, nicméně všechny detergenty splňují legislativou stanovené hodnoty.



Obr. 16 Krabicový graf pro celkový fosfor – detergenty rozdělené podle země původu

Dle Tab. 11 je patrné, že Všechny vybrané čisticí prostředky do myčky nádobí vyhověly předpisům EU, žádný z výrobců nepřesáhl přípustný limit 0,3 g na jeden mycí cyklus, stanovený pro myčky nádobí. Nejhorší výsledek (0.1 g/dávku) byl identifikován u tablety Finish zakoupené v ČR.

Tab. 11 Výsledné hodnoty obsahu celkového fosforu v jednotlivých vzorcích

	P mg/g	Dávka (g)	mgP/dávka		% P v dávce
<b>SOMAT - prášek</b>	4,52	20	90,4	5	4,52
<b>FINISH - prášek</b>	1,24	20	24,8	5	1,24
<b>CLEVER - tableta</b>	6,00	18	108	5,56	6,00
<b>GESCHIRR REINIGER - tableta</b>	1,31	18,85	24,6	5,31	1,31
<b>CLARO - tableta</b>	1,59	15,55	24,8	6,43	1,59
<b>FINISH - tableta</b>	5,26	18,6	97,8	5,38	5,26
<b>GESCHIRR REINIGER - prášek</b>	1,05	18	18,9	5,56	1,05
<b>GESCHIRR REINIGER - tableta</b>	1,86	18,3	34	5,46	1,86
<b>Q POWER - tableta</b>	9,84	18,8	185	5,32	9,84
<b>JAR - tableta</b>	0,25	19	4,69	5,26	0,25
<b>SUNLIGHT - tableta</b>	5,41	18,32	99,2	5,46	5,41
<b>SOMAT - tableta</b>	1,75	18,14	31,8	5,51	1,75
<b>ECOVER - tableta</b>	0,13	18,75	2,42	5,33	0,13
<b>DENK MIT - tableta</b>	2,72	18,36	49,9	5,45	2,72
<b>SUNLIGHT - tableta</b>	1,98	18,04	35,7	5,54	1,98
<b>SANYTOL - tableta</b>	4,96	18,78	93,1	5,32	4,96
<b>FINISH - tableta</b>	7,48	18,45	138	5,42	7,48
<b>FINISH - prášek</b>	0,85	20	17	5	0,85

## **11 Vliv zákazu prodeje mycích prostředků s obsahem fosforu na kvalitu odpadních vod**

Jak už bylo zmiňováno v předchozích kapitolách, fosfor je nepostradatelným biogenním prvkem, který má však také negativní dopad na životní prostředí. Zákaz prodeje mycích prostředků s obsahem fosforu pozitivně ovlivnil kvalitu odpadních vod. Legislativní nařízení z 1. ledna 2017, díky kterému je omezeno používání detergentů s obsahem pro myčky nádobí do 0,3 g na jeden mycí cyklus tak doplnilo zákaz prodeje čistících a mycích prostředků do praček, které obsahují více než 0,5 g celkového fosforu, který byl uveden v platnost 30. června 2013 [2].

### **11.1 Historie používání fosforu**

Člověk má vliv na globální koloběh fosforu již přes 150 let. Od doby, kdy si uvědomil, že je fosfor důležitým zdrojem živin, aplikoval jej ve formě fosfátových hnojiv na pole, aby se zvýšila produkce pěstovaných plodů. Fosfáty a sedimenty bohaté na tento prvek se začaly těžit v 19. století v USA a Evropě. Po prvním použití hnojiv s obsahem tohoto prvku se produkce plodin opravdu zvýšila, ale po několika letech používání se opět snížila. Snížení produkce způsobila přítomnost uranu a kadmia, jež jsou pro rostliny toxické, a proto byly vyvinuty různé vyluhovací techniky, díky kterým je fosfor oddělen. Mimo hnojení je však přítomnost fosforu způsobená i znečištěnými odpadními vodami a odlesňováním. Ve vodách se fosfor jako takový vyskytuje pouze ve sloučeninách, a proto je nedostatkovým prvkem v přírodě [24].

### **11.2 Zákaz fosfátů**

Od roku 2013 Evropa zakazuje fosfáty v pracích práscích, a od roku 2015 i v přípravcích pro myčky nádobí. Od 1. ledna 2013 je tedy uplatněn zákaz používání všech fosfátů v pracích prostředcích, a také omezení fosfátových složek do 0,5 % hmotnosti produktu. Tento zákaz již uplatňuje sedm zemí EU (Česká republika, Francie, Belgie, Nizozemí, Německo, Švédsko, Rakousko), zatímco ve Finsku, Irsku a Slovinsku se uplatňuje zákaz na bázi dobrovolného využívání pracích přípravků bez fosfátů. Zákazem se docílilo snížení množství fosfátů v odpadních vodách, a tím se zlepšuje kvalita vody [2].

Česká republika prací přípravky s fosfáty nesmí distribuovat už od roku 2006. Tato rozhodnutí napomáhají nejen zlepšení kvality vody, ale také vodního života.



Výrobci nabízejí řadu ekologicky šetrných pracích prášků, jejichž složení neobsahuje jak fosfáty, tak chlór či jiné chemikálie, jako je syntetická barva nebo parfémové soli, jež zasolují povrchové vody. Většina těchto ekologických prostředků obsahuje místo ropných olejů rostlinné, které jsou biologicky rozložitelné. Tyto přípravky můžeme najít na trhu pod značkou „ekologicky šetrný výrobek“. Ty jsou k životnímu prostředí šetrnější ve výběru surovin, ve výrobě, v distribuci používání, a i při likvidaci. V porovnání s jinými kvalitními pracími prostředky s obsahem fosfátů dosahují ekologické prací prostředky v případě prací účinnosti také nad 75 %, nicméně jako u neekologických prostředků, i mezi těmito jsou velké rozdíly.

Od 1. ledna 2017 se na trh nesmí uvádět detergenty určené pro automatické myčky nádobí pro spotřebitele, pokud je jejich obsah celkového fosforu roven nebo větší než 0,3 g při doporučeném dávkování [24].

Stále technologicky vyvinutějším a citlivějším monitoringem je odhalováno větší spektrum potenciálně škodlivých látek jak v podzemních, tak i v povrchových vodách. MŽP nadále realizuje snahu nastavit regulační nástroje k šetrnému využívání vody a omezení znečištění podzemních i povrchových vod. Celkový odběr podzemní a povrchové vody během celého roku 2016 vzrostl o 2 %. Hlavní vliv na tuto statistiku mají zejména výkyvy počasí.

Mimo to došlo také k poklesu množství vypouštěného fosforu o cca 6,4 %. Koncentrace fosforu a jeho sloučenin v povrchových vodách je však pořád příliš, a tak se do roku 2016 nedaří zabránit urychlování eutrofizace.

Roku 2016 bylo připojeno na veřejné kanalizace 84,7 % obyvatel České republiky, provozováno bylo 2 554 ČOV (nárůst o 2,4 %). Počet ČOV se v tomto roce zvýšil o 6 % s dočištěním odpadních vod, zejména s odstraněním celkového fosforu [6].

## 12 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo vyhodnocení obsahu celkového fosforu a fosforečnanů ve vybraných vzorcích detergentů. Koncentrace fosforu a jeho sloučenin byla zjišťována v celkem 21 čistících prostředcích, kdy pět jich bylo zakoupeno v Rakousku, čtyři v Polsku, čtyři v české pobočce drogerie Teta, další čtyři v DM drogerii a zbylé čtyři v různých kamenných obchodech v ČR. V současné době byl obsah fosforu v spotřebiteli každodenně používaných detergentech považován za jeden z aktuálně řešených ekologických problémů ČR, EU i celého světa. Mezi složky detergentů patří tenzidy, které negativně ovlivňují kvalitu vod při pění, a tak dochází ke snížení obsahu kyslíku ve vodě. Fosfor a fosforečnany obsažené v detergentech způsobují eutrofizaci vod, jež postihuje většinu povrchových vod v ČR.

Od 1. ledna 2017 byl uplatněn zákon, jež stanovuje přípustný limit fosforu obsaženého v čistících prostředcích pro myčky na 0,3 g na jeden mycí cyklus. Výrobci těchto produktů musí toto nařízení dodržovat, a proto je na trhu k dostání spousta bezfosfátových mycích prostředků, která mají ekologicky šetrnou značku. Spotřebitel si tak může vybrat ze široké škály detergentů určených pro myčky nádobí, a touto volbou ovlivnit kvalitu vod a životního prostředí, ve kterém žije. Z výsledků bakalářské práce vyplývá:

- *Všechny vybrané čistící prostředky do myčky nádobí vyhověly předpisům EU, žádný z výrobců nepřesáhl přípustný limit 0,3 g na jeden mycí cyklus, stanovený pro myčky nádobí. Výrobci dodržují nařízení vlády z 1. ledna 2017.*
- Výsledek regresní analýzy, která prokázala závislost mezi obsahem  $P_{\text{celk}}$  a tenzidy, splnil kritickou hodnotu koeficientu korelace na hladině významnosti 0.005 ( $r = 0.64$ ), pro  $P_{\text{celk}}$  a aniontové tenzidy byl zjištěn nižší koeficient korelace ( $r=0.57$ ), byla splněna kritická hodnota koeficientu korelace na hladině významnosti 0.01. Mezi kationaktivními tenzidy a  $P_{\text{celk}}$  nebyla zjištěna žádná závislost.
- V běžné moderní domácnosti se při jednom mycím cyklu denně vyprodukuje průměrně 60 mg P, nepřekračuje se tedy stanovený limit. Při správné volbě mycích přípravků do myčky může spotřebitel pozitivně ovlivnit kvalitu odpadních vod a životního prostředí.

## Seznam použité literatury

- [1] BLAŽEJ, A., a kol. Tenzidy. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1977. 481 s.
- [2] Celkový fosfor. Integrovaný registr znečišťování [online]. Praha: MZP, 2016 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Celkovy\\_fosfor.pdf](https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Celkovy_fosfor.pdf)
- [3] Dishwasher energy efficiency and performance. Euronics [online]. Hampshire: oneagency.co, 2018 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://lifestyle.euronics.co.uk/buyers-guide/dishwashers/energy-efficiency-and-noise-levels/>
- [4] EU member states agree phosphate detergents ban: Member states reach agreement to restrict phosphorus in laundry and dishwasher detergents. Chemical watch [online]. Europe: CW Research, 2011 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://chemicalwatch.com/9082/eu-member-states-agree-phosphate-detergents-ban>
- [5] European Union Detergent Regulation Services. Intertek [online]. Prague 8: Intertek Group, 2018 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://www.intertek.com/consumer/eu-detergent-regulation/>
- [6] GAILLYOVÁ, Yvonna a Petr LEDVINA. Sbohem, fosfáty. Veronica Ekologický institut [online]. Brno: ZO ČSOP Veronica, 2006 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.veronica.cz/poradna-v-casopise-veronica?i=88>
- [7] HALLY, J. a kol.: Prací prostředky, životní prostředí a enviromentální výchova. Praha : UK - PedF, 2005.
- [8] HOUBIČKA, Filip. Část 8: Enzymy. Smart Cleaners [online]. Opava, 2016 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://www.smart-cleaners.cz/miniserial-myti-nadobi-je-veda/cast-8--enzymy/>
- [9] KHARKWAL, Harsha. Natural polymer based detergents for stain removal. ResearchGate [online]. India: Amity University, 2015 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/273063825\\_Natural\\_polymer\\_based\\_detergents\\_for\\_stain\\_removal](https://www.researchgate.net/publication/273063825_Natural_polymer_based_detergents_for_stain_removal)
- [10] KREJSOVÁ, Hana. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 648/2004 o detergentech. Enviprofi.cz [online]. Praha 6: Verlag Dashöfer, 2014 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.enviprofi.cz/33/narizeni-evropskeho-parlamentu-a-rady-es-c-648-2004-o-detergentech-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EpGY5V1LxZIb5IkD3FQzwpU/>

- [11] MACDOUGALL, Julia. Here's how your dishwasher gets the perfect clean every time: Or, at least how it is supposed to. Reviewed.com [online]. USA: Reviewed.com, 2017 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://dishwashers.reviewed.com/features/what-actually-happens-inside-a-dishwasher>
- [12] PÉREZ-MOHEDANO, R. Integrated model for the prediction of cleaning profiles inside an automatic dishwasher. ScienceDirect [online]. Birmingham: Elsevier, 2017 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877416303600>
- [13] Phosphorus and Water. The USGS Water Science School [online]. Praha 6: U.S. Geological Survey, 2018 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://water.usgs.gov/edu/phosphorus.html>
- [14] PITTER, P. Hydrochemie. 3. přepracované vyd. Praha: VŠCHT, 1999. 568 s. ISBN 80-7080-340-1.
- [15] RICHARDS S., PATERSON E., WITHERS P. J.A., STUTTER M. The contribution of household chemicals to environmental discharges via effluents: Combining chemical and behavioural data. Journal of Environmental Management 150 (2015) 427- 434
- [16] TANG, Jing Shen. Fine filter cleaner improves function. ScienceDirect [online]. Leeds: Elsevier, 2016 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0015188216302130>
- [17] Test myček 2018 & jak vybrat myčku. A recenze [online]. Brno: Procontent, 2018 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.arecenze.cz/recenze-mycek/>
- [18] TURNER R.D.R., WILL G.D., DAWES L. A., GARDNER E. A., LYONS D. J. Phosphorus as a limiting factor on sustainable greywater irrigation. Science of the Total Environment 456–457 (2013) 287–298
- [19] Udržitelný rozvoj v průmyslových prádelnách. Training Modules on the Sustainability of Industrial Laundering Processes [online]. Praha: Leonardo da Vinci Project, 2016 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [http://www.laundry-sustainability.eu/cz/CZ\\_Module\\_4-1.pdf](http://www.laundry-sustainability.eu/cz/CZ_Module_4-1.pdf)
- [20] Vyhledávání úniků a přenosů látek. Cenia [online]. Praha 10, 2016 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://portal.cenia.cz/irz/unikyPrenosy.jsp>
- [21] What is eutrophication? Causes, effects and control. Eniscuola.net [online]. Rome: Eni S.p.A, 2016 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://www.eniscuola.net/en/2016/11/03/what-is-eutrophication-causes-effects-and-control/>
- [22] What type of commercial dishwasher should I choose. Rhima [online]. Australia, 2015 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z:

<https://www.rhima.com.au/site/DefaultSite/filesystem/documents/Considerations%20when%20buying%20a%20commercial%20dishwasher.pdf>

- [23] WILLIAMSON, Carlinea. Types of Dishwashers. House of home [online]. South Melbourne, 2014 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.houseofhome.com.au/blog/types-of-dishwashers>
- [24] WORSFOLD P., McKEVIE I., MONBET P. Review. Determination of phosphorus in natural waters: A historical review. *Analytica Chimica Acta* 918 (2016) 8-20.
- [25] Zpráva o životním prostředí 2016: Ekonomika roste, ale ne na úkor životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí [online]. Praha 10: MZP, 2016 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/news\\_171130\\_ZOZP](https://www.mzp.cz/cz/news_171130_ZOZP)

## Seznam tabulek

Tab. 1 Test myček 2018 .....	11
Tab. 2 Nařízení omezující detergenty .....	19
Tab. 3 Celkový fosfor .....	21
Tab. 4 Přípustné koncentrace fosforu vypouštěného do odpadních vod .....	22
Tab. 5 Únik celkového fosforu do vod .....	24
Tab. 6 Únik celkového fosforu do vod .....	33
Tab. 7 Únik celkového fosforu do vod .....	33
Tab. 8 Výsledné měření detergentů a jejich použité množství .....	43
Tab. 9 Množství fosforu obsaženého v jednotlivých vzorcích detergentů .....	43
Tab. 10 Obsah fosforu v jednotlivých zemích .....	45
Tab. 11 Výsledné hodnoty obsahu celkového fosforu v jednotlivých vzorcích .....	46

## Seznam obrázků

Obr. 1 Distribuční diagram kyseliny fosforečné a jejích iontových forem, $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $I = 0$ ...	21
Obr. 2 Únik celkového fosforu do vod .....	24
Obr. 3 Nařaděné vzorky detergentů .....	33
Obr. 4 Stanovení vzorku konduktometrem .....	34
Obr. 5 Potenciometrické stanovení hodnoty pH .....	35
Obr. 6 Měření celkového fosforu .....	36
Obr. 7 Celkový fosfor a fosforečnany .....	37
Obr. 8 Spektrofotometrické stanovení fosforu a fosforečnanů .....	38
Obr. 9 Stanovení tenzidů .....	39
Obr. 10 Lineární závislost mezi obsahem tenzidů a $P_{\text{celk}}$ .....	39
Obr. 11 Koncentrace aniontových tenzidů .....	40
Obr. 12 Koncentrace kationtových tenzidů .....	40
Obr. 13 Závislost mezi aniontovými a kationtovými tenzidy .....	41
Obr. 14 Koncentrace celkového fosforu .....	43
Obr. 15 Krabicový graf pro koncentrace celkového fosforu obsaženém ve všech testovaných vzorcích .....	44
Obr. 16 Krabicový graf pro celkový fosfor – detergenty rozdělené podle země původu .....	45