



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

PRŮMYSLOVÉ ODPADNÍ VODY V ČR

INDUSTRIAL WASTEWATER IN CZECH REPUBLIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Sikora

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Mgr. Ing. Marek Vondra, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav procesního inženýrství
Student: **Petr Sikora**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenství
Vedoucí práce: **Mgr. Ing. Marek Vondra, Ph.D.**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Průmyslové odpadní vody v ČR

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Snaha snižovat dopad lidské činnosti na přírodu a být maximálně efektivní při využívání přírodních zdrojů motivuje výzkumné organizace k hledání nových a účinnějších technologií, které zajistí potřebnou čistotu odpadních vod a zároveň umožní zachycení a zpětné využití vybraných odpadních látek. Bakalářská práce, která odpovídajícím způsobem zmapuje produkci průmyslových odpadních vod v podmínkách ČR, bude využita pro správné zacílení výzkumné aktivity směrem k nejproblémovějším producentům a znečišťovatelům. K řešení práce může být mimo jiné využito dostupných veřejných rejstříků a databází. Práce bude orientována na odpadní vody z vinařství.

Cíle bakalářské práce:

1. Rešerše o průmyslových odpadních vodách v ČR (původ, množství, hlavní producenti, typické znečištění, povinnosti provozovatelů) se zaměřením na odpadní vody z vinařství.
2. Charakterizace odpadních vod z vinařství, popis jejich vlastností, požadavky na jejich čištění a představení dostupných zpracovatelských metod.
3. Zhodnocení současného stavu

Seznam doporučené literatury:

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. IRZ Integrovaný registr znečišťování [online]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/>

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2019. Industrial waste water treatment: pressures on Europe's environment. [online]. ISBN 978-92-9480-054-1. Dostupné z: http://publications.europa.eu/publication/manifestation_identifier/PUB_THAL19001ENN

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech v platném znění.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Motivací této práce je umožnit čtenáři získat ucelený vhled do různých aspektů produkce průmyslových odpadních vod v ČR s bližším zaměřením na vinařství, což je vedle výroby piva velmi aktuální odvětví (z hlediska produkce odpadních vod), které se nejen v tuzemsku těší velké popularitě. Práce proto kromě výstavby teoretického základu nezbytného pro porozumění problematice nabízí také zajímavý souhrn a porovnání aktuálních statistických údajů o produkci a vypouštění průmyslových odpadních vod v ČR, a to s využitím jak nejnovějších dostupných publikací poskytovaných pravidelně Ministerstvem životního prostředí či Českým statistickým úřadem, tak také dat z online databáze Integrovaného registru znečištění. Zpracovaná data dávají do souvislosti mj. vývoj kvality a kvantity vypouštěných odpadních vod na území ČR v posledních desetiletích a poukazují tak na současné trendy reagující na různé ovlivňující faktory a události. Nechybí také přehled důležité legislativy relevantní k tématu práce včetně uvedení vybraných pasáží z emisních standardů.

Klíčová slova:

Průmyslové odpadní vody, čištění odpadních vod, vinařské odpadní vody, analýza vody

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to provide a comprehensive insight into various aspects of industrial wastewater production in the Czech Republic. In addition to studying industrial wastewater in general, it also focuses specifically on winery wastewater. Wine production represents an alternative to another drink very popular among many Czechs – beer. To better understand this topic, the thesis combines a summary of theoretical knowledge with up-to-date statistics regarding production and emissions of industrial wastewater using data provided mainly by Ministry of the Environment of the Czech Republic, Czech Statistical Office, and Pollutant Release and Transfer Register. The results can be used for monitoring the development of quality and quantity of wastewater emissions during recent decades, as well as responses to various influencing events and factors. An overview of important legislation documents regarding this topic is included as well, followed by a brief selection of emission standards.

Key words:

Industrial wastewater, wastewater treatment, winery wastewater, water analysis

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SIKORA, Petr. *Průmyslové odpadní vody v ČR* [online]. Brno, 2022 [cit. 2021-11-09]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140752>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního inženýrství. Vedoucí práce Marek Vondra.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem rešeršní práci na téma **Průmyslové odpadní vody v ČR** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Petr Sikora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Mgr. Ing. Marku Vondrovi, Ph.D. za velkou ochotu, cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování této závěrečné práce. Velký dík patří také rodině, která mě v průběhu celého studia motivovala a podporovala.

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 Kategorizace průmyslových odpadních vod.....	12
1.1 Základní charakteristika odpadních vod	12
1.2 Zdroje vody	13
1.2.1 Podzemní vody	13
1.2.2 Povrchové vody	14
1.3 Obecné složení průmyslových odpadních vod	15
1.3.1 Průmyslová odpadní voda jako disperzní soustava.....	15
1.3.2 Typy znečišťujících látek	16
1.4 Analýza znečištění vody	17
1.4.1 Chemická spotřeba kyslíku	19
1.4.2 Organický uhlík a celkový uhlík	20
1.4.3 Biochemická spotřeba kyslíku	20
1.4.4 Shrnutí skupinových stanovení organických látek.....	21
1.4.5 Souhrn stanovení anorganických látek v odpadních vodách	23
1.5 Čištění odpadních vod z průmyslu.....	24
1.5.1 Primární stupeň čištění	24
1.5.2 Sekundární stupeň čištění.....	25
1.5.3 Terciární stupeň čištění	25
1.5.4 Přehled ČOV v ČR podle představených stupňů čištění.....	25
1.5.5 Vhodnost čistících metod dle druhu polutantů.....	26
2 Současný stav produkce průmyslových odpadních vod v ČR.....	27
2.1 Legislativa vodohospodářství	27
2.1.1 Shrnutí NV č. 401/2015 Sb.	27
2.1.2 Souhrn emisních standardů z přílohy k NV č. 401/2015 Sb.	29
2.1.3 Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP	32
2.1.4 Integrovaný registr znečištění	33
2.2 Statistický přehled o průmyslových odpadních vodách v ČR	34
2.2.1 Statistika celkové produkce průmyslových odpadních vod v ČR.....	34
2.2.2 Statistiky jednotlivých průmyslových sektorů	36
3 Odpadní vody z vinařství.....	45
3.1 Charakteristika vinařských odpadních vod a nastínění problematiky	45
3.1.1 Krátce o procesu výroby vína.....	45
3.1.2 Složení a vlastnosti odpadních vod z vinařství	46
3.2 Čištění vinařských odpadních vod.....	48
3.2.1 Fyzikálně chemické procesy	49
3.2.2 Biologické čištění a biodegradabilita	49
3.3 Statistický pohled na produkci vína v ČR	50
DISKUSE	51
ZÁVĚR.....	53

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	54
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
SEZNAM OBRÁZKŮ	58
SEZNAM TABULEK.....	59

ÚVOD

Pitná voda je pro život na Zemi nezbytná a nenahraditelná. V důsledku rapidního růstu lidské populace v posledních desetiletích však začíná být stále více patrné, že její zásoby nejsou nevyčerpatelné a její všeobecná dostupnost do budoucna rozhodně nebude samozřejmostí.

Svou zásadní roli hraje voda mimo jiné také v různých odvětvích průmyslu. Její cena přitom postupně vyšplhala natolik, že je v současnosti svou hodnotou přirovnávána k takovým komoditám, jakými jsou např. nerostné suroviny. Téměř veškerá voda užitá v průmyslu je však nejrůznějšími procesy natolik znečišťována a degradována, že není možné její opětovné využití. Tento odpadní produkt průmyslové výroby pak označujeme jako průmyslovou odpadní vodu, jejíž vypuštění v surové podobě zpravidla představuje závažný zásah do životního prostředí. [1]

Vzniká proto přirozeně snaha nejen snižovat spotřebu vody v průmyslu, ale především také vyvíjet efektivní technologie čištění odpadních vod, které by zajistily dostatečnou čistotu a požadovanou jakost, a umožnily tak co největší míru recyklace neboli opětovného využití, nebo alespoň bezpečné vypuštění ošetřené vody zpět do životního prostředí. Problematika čištění průmyslových odpadních vod přitom tkví v jejich rozmanitosti, a proto musí být příslušné procesy vždy přizpůsobeny charakteru cílového průmyslového odvětví. Metody čištění se mohou lišit v mnoha ohledech, jmenovitě např. v mechanismu čištění, účinnosti zneškodňování různých typů znečištění či oblasti použití. [1]

Tato bakalářská práce se zaměřuje právě na zmíněnou problematiku průmyslových odpadních vod a jejich zpracování s přihlédnutím k regionálním specifikám České republiky. Cílem první části této práce je všeobecné seznámení s průmyslovými odpadními vodami, tedy jejich charakteristikou, obecným složením, současnými metodami analýzy a jejich porovnáním a v neposlední řadě také souhrnným přehledem různých čistících metod. Záměrem je především zavedení a objasnění běžně používané odborné terminologie v kombinaci s komplexní kategorizací průmyslových odpadních vod podle zmíněných hledisek, často včetně uvedení konkrétních příkladů z praxe.

Následující část na tento teoretický základ do značné míry navazuje za účelem získat jistý vhled do produkce průmyslových odpadních vod zde v České republice, a to jak z hlediska statistického, tak také legislativního, což nabízí možnost srovnat platné emisní limity s aktuálními statistickými daty produkce a vypouštění průmyslových odpadních vod. Kromě těchto standardů zahrnují legislativní dokumenty také povinnosti průmyslových producentů odpadních vod při jejich vypouštění a ošetřují různé náležitosti a podmínky ohledně ohlašování emisí do systému Integrovaného registru znečištění či postupech analýzy znečištění ve vodě, což je v této kapitole rovněž diskutováno.

Třetí a zároveň poslední úsek se pak rozsáhleji věnuje odpadním vodám z konkrétního průmyslu, a sice z vinařství. Vinařství má v Čechách a na Moravě dlouholetou tradici a jeho popularita neustále roste, přičemž v současné době přesahuje rozloha plodných vinic v ČR 16 000 hektarů [2]. K větším vinařským společnostem se postupně přidává také stále více soukromých vinařů a moravská i česká vína jsou vyhlášena jak v Evropě, tak i ve světě. K produkci vína neodmyslitelně patří také vznik velkého množství tuhých odpadů a odpadních vod, a to během celého výrobního procesu. Ten je závislý na ročním období, v důsledku čehož se složení a množství odpadních vod v průběhu roku mění. Tato sezónní variabilita přináší řadu výzev při zpracování a čištění, zejména kvůli vysokým koncentracím organických látek. [3]

Kapitola tak dává do souvislostí, jak jsou různé druhy odpadních vod přímo svázané s konkrétní fází výroby vína, jejíž procesy ovlivňují jejich složení i další vlastnosti. Závěrem této části jsou nastíněny nejčastěji používané postupy při čištění těchto vod.

1 Kategorizace průmyslových odpadních vod

Cílem první kapitoly je především již zmíněné vymezení základních pojmů důležitých pro porozumění tématu a získání obecného přehledu o průmyslových odpadních vodách. To zahrnuje kupříkladu zasazení do kontextu ostatních typů odpadních vod, složení odpadních vod, analýzu znečištění nebo výčet dostupných čisticích metod.

1.1 Základní charakteristika odpadních vod

V prvé řadě je potřeba rozlišit odpadní vody průmyslové, které jsou předmětem této práce, a komunální. Ve stručnosti lze za komunální odpadní vody považovat vody spotřebované v sociálně zaměřených stavbách a službách, jako jsou domácnosti a jiná obytná zařízení, pokud došlo ke změně jejich jakosti (složení nebo teploty). Jako takové je pak nazýváme splaškovými vodami. Kromě splašků obsahuje komunální odpadní voda v případě jednotné kanalizace i oplachové vody a dešťovou vodu ze srážek. Zpracovává se na městských čistírnách odpadních vod (ČOV). Základním měřítkem pro vyjadřování množství znečištění přiváděného na městskou ČOV, ale také při stanovení potřebného výkonu čistírny, je tzv. ekvivalentní obyvatel (EO). Průměrnou produkci znečištění na 1 EO udává norma ČSN 75 6402. [4]

Naproti tomu je průmyslová odpadní voda – jak již vyplývá z názvu – vedlejším produktem průmyslových procesů a nelze ji označovat jako splaškovou vodu. Takto znečištěná voda může být předčištěna v lokální čistírně daného průmyslového podniku na kvalitu splňující požadovanou čistotu na vypuštění do běžné kanalizace a následné zpracování v ČOV, nebo dále dočištěna pro opětovné použití či vypuštění do přírodního zdroje vody (tzv. recipientu). [1]

Voda může v průmyslu plnit mnoho funkcí, běžně se využívá jako chladicí médium, surovina pro chemické reakce či výrobu produktů, nebo k čištění např. plynů (tzv. praní plynů), jehož účelem je zachycování pevných nečistot z plynného média. Shrnutím funkcí, které může voda v průmyslu zastoupit, je následující tabulka (Tab. 1.1) převzatá z [5] a upravená dle [6].

Tab. 1.1 – Způsoby využití vody v průmyslu včetně konkrétních příkladů [5]

Funkce vody	Průmysl	Příklad použití
praní a mytí surovin nebo produktů	textilní	zpracování vláken, finální úprava textilií
	papírenský	výroba buničiny – praní po vaření a bělení
rozpouštědlo, absorbent	chemický	reakce ve vodné fázi pračky plynů, absorpce plynných produktů
	metalurgie	povrchové úpravy kovů – zachytávání par kyselin
	energetika	praní kouřových plynů
transport materiálu	cukrovarnický	hydraulická doprava – nakládka cukrové řepy
	energetika	hydraulický dopravník škváry, popílku
reaktant	chemický	vstupní látka pro hydrolýzu
přenos energie	energetika	chladicí médium, parní okruhy v elektrárnách
produkt	potravinářský	výroba nápojů
mytí a čištění zařízení	různé	čištění výrobní technologie, potrubí, kontejnerů

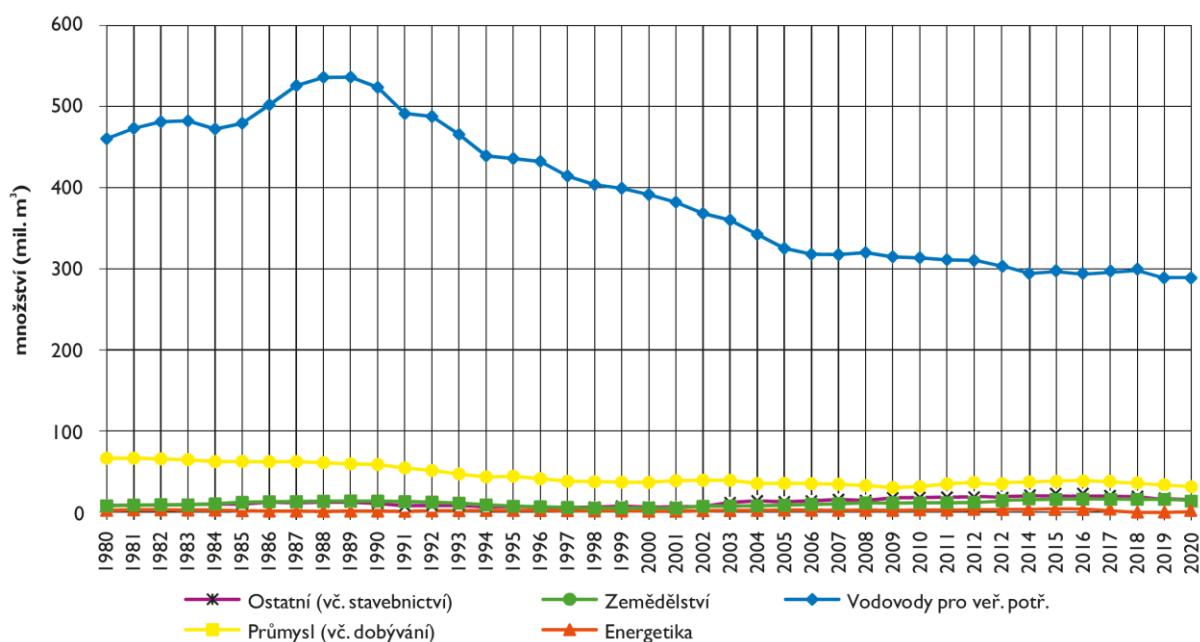
Většinou je pro základní představu o odpadních vodách postačující výše zmíněné elementární dělení. V rámci některých statistických studií a dat poskytovaných například Ministerstvem životního prostředí (dále MŽP) a Ministerstvem zemědělství (dále MZe) je však možné se navíc setkat ještě se samostatným vyčleněním odpadních vod z energetiky a ze zemědělství. Pro účely této práce a z důvodu charakteru většiny statistických údajů k tomuto tématu však budou odpadní vody z energetického sektoru pod průmyslové odpadní vody zahrnuty, zatímco produkce odpadních vod ze zemědělství uvažována nebude.

1.2 Zdroje vody

Veškeré sladkovodní zdroje surové vody v ČR i ve světě v podstatě spadají pouze do dvojice kategorií rozdělených podle místa výskytu, a sice na povrchové a podzemní vody [7]. Konkrétně u průmyslu je přitom specifické opětovné využívání již dříve zpracované vody z předchozích procesů, což je umožněno nepříliš náročnými požadavky na kvalitu a jakost vody pro některá průmyslová odvětví. [1]

1.2.1 Podzemní vody

Podzemní vody jsou největším a zároveň nejcitlivějším sladkovodním zdrojem. Přirozeně se vyskytují pod zemským povrchem v pásmu nasycení a v přímém styku s horninami [8]. Primárním využitím podzemních vod by mělo být zásobování obyvatelstva pitnou vodou, což také dokládá následující přehledový graf (Obr. 1.1) poskytnutý vodohospodářským resortem MŽP (Výzkumný ústav vodohospodářství T. G. Masaryka) pro publikaci „Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR v roce 2020“ (zkráceně Modrá zpráva 2020) každoročně zpracovávanou MZe ve spolupráci s MŽP [9].



Obr. 1.1 – Odběry podzemních vod na území ČR dle oblasti využití (1980 až 2020) [9]

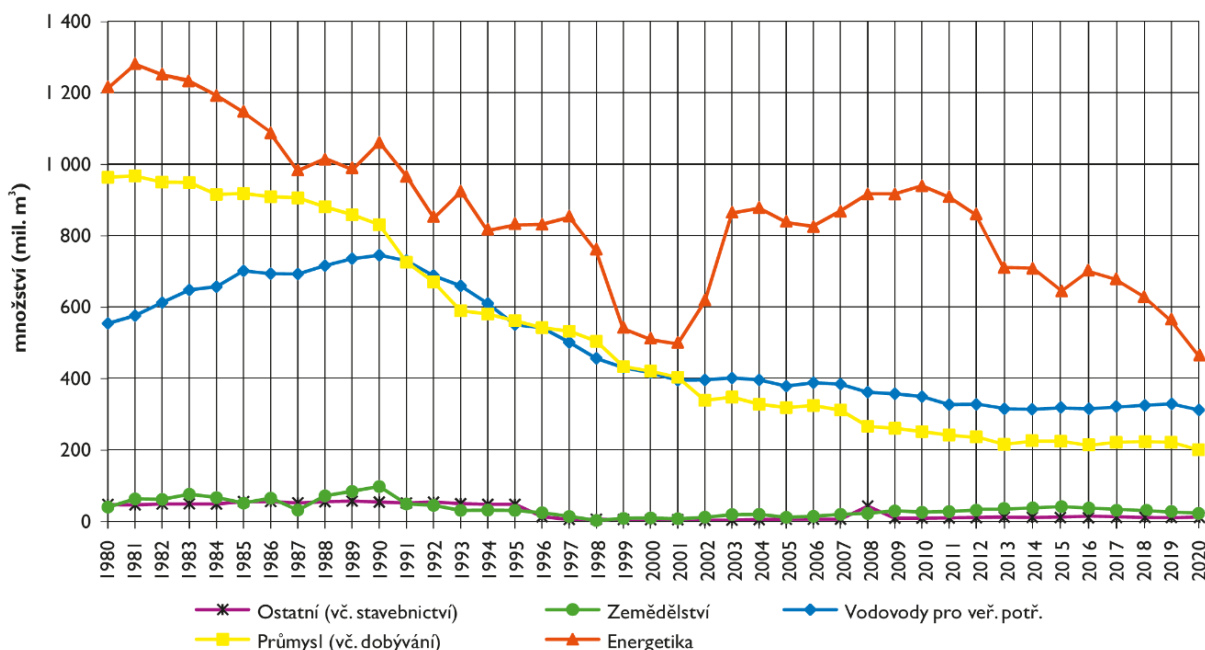
Jak již bylo zmíněno dříve, ke zdaleka největšímu odběru podzemní vody skutečně dochází především pro veřejné potřeby, přičemž právě u tohoto odvětví zároveň došlo k nejvýraznějšímu poklesu odebíraného množství, a to přibližně o 40 %. Ostatní odvětví, z nichž nejvýznamnějším odběratelem je průmysl, mají v porovnání pouze marginální zastoupení, energetika dokonce v současnosti podzemní vody nevyužívá vůbec. Všechna ostatní odvětví vykazují v posledních 30 letech vesměs klesající trend, případně jsou ve stavu

stagnace. Přibližně od roku 2004 se vývoj stabilizoval a nedošlo k výraznějším výkyvům. Jak uvádí [9], rok 2020 navázal na mírný pokles odběrů z roku 2019, na čemž se pravděpodobně podílela omezení související s pandemií COVID-19, která se dotkla všech sfér národního hospodářství, jakož i zhoršující se stav podzemních vod na území ČR vlivem sucha zejména v posledních pěti letech. [9]

1.2.2 Povrchové vody

Pro využití v průmyslu a energetice jsou povrchové vody daleko významnějším zdrojem, především díky jejich přístupnosti. Povrchové vody se vyskytují na zemském povrchu buď ve formě stojatých (tzv. lentických), nebo tekoucích (též lotických) vod. Zároveň jsou charakteristické dynamickými změnami v čase, u lentických vod je to kupříkladu sedimentace či zarůstání vegetací, u lotických zase prohlubování a rozšiřování koryta toku nebo eroze. [10]

Také odběr těchto vod je od roku 1980 pravidelně monitorován vodohospodářským resortem MŽP a znázorněn na následujícím grafu (Obr. 1.2) [9].



Obr. 1.2 – Odběry povrchových vod na území ČR dle oblasti využití (1980 až 2020) [9]

Při porovnání s předchozím grafem (Obr. 1.1) je patrná jistá podobnost u odběru vod určených pro veřejné potřeby, a to jak u vývoje stavu v průběhu posledních 40 let, tak u hodnot objemu odebrané vody, které jsou u obou typů zdrojů vody pro toto odvětví téměř totožné.

Zde však podobnosti končí, naopak lze pozorovat dramatické odlišnosti právě u průmyslu a zejména energetiky, která má v odběru povrchových vod největší podíl. Jak vysvětluje [9], v první řadě zaznamenala sféra průmyslu z dlouhodobého hlediska výrazný pokles odběru vody (od roku 1990 téměř na čtvrtinu), přičemž rok 2020 představuje historické minimum s odběrem 198,7 mil. m³. Totéž platí u energetiky, kde je pokles dán především postupným přechodem elektráren na cirkulační chlazení. Na rozdíl od průmyslu však u energetiky není jednoznačný kontinuální pokles v průběhu let. Po roce 1990 sice nastal díky změnám ve struktuře průmyslové a zemědělské výroby významný pokles míry exploatace vodních zdrojů ve všech oblastech užívání vody, nicméně v energetice s ohledem na rostoucí poptávku elektrické energie naopak vzrostla tzv. nenávratná spotřeba (rozdíl mezi odběrem a vypouštěním způsobený výparem na chladicích věžích tepelných a jaderných elektráren). [9]

Celkově lze z těchto dat konstatovat, že v současnosti odebírá český průmysl povrchové a podzemní vody v poměru zhruba 4:1. Oproti tomu energetika dnes podzemní vody v podstatě nevyužívá, zato v součtu s vodami povrchovými je paradoxně větším odběratelem než všechna ostatní odvětví těžkého i lehkého průmyslu.

1.3 Obecné složení průmyslových odpadních vod

Přírodní zdroje zmíněné v předchozí kapitole vždy obsahují vodu obohacenou prostředím výskytu o organické i anorganické látky, nikdy není chemicky čistá. K obohacování vody dochází jak v atmosféře, tak při infiltraci půdou a horninami. Antropogenními zdroji znečištění pak rozumíme právě odpadní vody průmyslové a splaškové, případně také znečištění ovzduší, kde k přenosu polutantů dochází dešťovou vodou. [11]

1.3.1 Průmyslová odpadní voda jako disperzní soustava

Z fyzikálně chemického hlediska lze odpadní vody zařadit do tzv. disperzních soustav, což jsou směsi alespoň dvou složek, přičemž jeden druh (tzv. disperzní fáze či podíl – dispersum) je rozptýlen ve druhém (disperzní prostředí – dispergens) [12]. Existuje více druhů takových soustav, zpravidla jsou posuzovány podle skupenství jednotlivých složek a velikosti dispergovaných částic, jak je ukázáno v následujících dvou tabulkách (Tab 1.2 a Tab. 1.3) převzatých ze zdrojů [12, 13] a dále upravených dle [14].

Tab. 1.2 – Klasifikace disperzních soustav podle skupenství [13]

Disperzní prostředí	Disperzní fáze	Typ disperze	Příklad
plynné	kapalná	aerosol	mlha
	pevná	aerosol	dým
kapalné	plynná	pěna	šlehačka
	kapalná	emulze	majonéza
	pevná	suspenze	káva (nápoj)
pevné	plynná	tuhá pěna	pěnový polystyren
	kapalná	tuhá emulze	máslo
	pevná	tuhý sol	ocel (slitiny obecně)

Tab. 1.3 – Klasifikace disperzních soustav dle velikosti dispergovaných částic [12]

Analytické disperze	Koloidní disperze	Hrubé disperze
velikost do 1 nm	velikost od 1 nm do 1 μm	velikost od 1 μm
homogenní soustavy	mikroheterogenní soustavy	makroheterogenní soustavy
pravé roztoky nízkomolekulárních látek	pravé roztoky vysokomolekulárních látek	nepravé roztoky (suspenze/emulze/pěny)
nefiltrovatelné	filtrovatelné přes ultrafiltry	filtrovatelné přes filtrační papír
silná difúze a osmóza	slabá difúze a osmóza	osmóza ani difúze neprobíhá

Dle Tab. 1.2 můžeme průmyslové i jiné odpadní vody typově vymezit na pěny, emulze a suspenze, protože disperzním prostředím je vždy kapalina – voda. Je-li disperze koloidní,

lze se někdy setkat místo pojmů emulze a suspenze s odlišným, souhrnným označením – tzv. lyosoly [13]. V Tab. 1.3 je pro názornost záměrně uvedeno ohraničení kategorií pomocí velikosti disperzního podílu, ovšem častěji používaným ukazatelem bývá tzv. stupeň disperzity, který je definován jako převrácená hodnota lineárního rozměru částice (charakteristickým rozměrem se rozumí např. průměr či délka hrany). Je-li tedy rozptýl disperzního podílu jemnější, říkáme, že má vyšší stupeň disperzity. [12]

Co se týče dalších poznatků z Tab. 1.3, průmyslové odpadní vody není možné vzhledem k jejich diverzitě u různých odvětví jednoznačně přiřadit k té či oné kategorii, nicméně pravděpodobně nejčastěji se vyskytují ve formě hrubé a koloidní disperze. S tím se pojí také skutečnost, že částice obsažené v odpadní vodě budou zřídka mít přibližně stejnou průměrnou velikost, taková soustava by se nazývala monodisperzní [12]. Opakem jsou soustavy polydisperzní s velkým rozsahem velikostí částic, kam většinou spadají právě odpadní vody. Z důvodu plynulého přechodu mezi různými typy disperzí může být obtížné stanovit přesnou hranici mezi např. hrubou a koloidní disperzí. [11]

Zejména koloidní disperze má smysl rozlišovat, protože se vyznačují určitými specifickými vlastnostmi, které je v případě manipulace s nimi nutné mít na paměti. Koloidní částice se v disperzním médiu neustále nepravidelně pohybují – vykonávají Brownův pohyb, jehož příčinou jsou nahodilé srážky částic s molekulami rozpouštědla. V důsledku toho koloidní částice prakticky nesedimentují, nebo jen zvolna. Koloidní látky proto nelze z vody odstranit běžnými mechanickými procesy (sedimentací či pískovou filtrací), místo toho je zapotřebí aplikovat fyzikálně chemické procesy, jako je koagulace, adsorpce, membránová filtrace a další. [11]

1.3.2 Typy znečišťujících látek

Látky obsažené ve znečištěných vodách lze kromě chemického dělení na organické a anorganické třídit do skupin také z fyzikálního hlediska. Pokud vzniká heterogenní směs, hovoříme o látkách nerozpuštěných [11]. Heterogenní směsí se rozumí směs látek charakteristická samovolným postupným oddělováním složek. Jestliže je disperzním podílem tuhá fáze, hovoříme o suspenzích, u kapalného disperzního podílu se pak jedná o emulzi [14]. Podle poměru hustot dispergované látky a disperzního prostředí (vody) lze u nerozpuštěných látek dále rozlišit látky usaditelné (mechanismus sedimentace prostřednictvím působení silového pole – gravitačního či odstředivého), neusaditelné (všechny složky disperzní soustavy mají podobnou hustotu a setrvávají rozptýlené) a vzplývavé, jejichž nízká hustota umožňuje působením vztlakové síly média samovolné hromadění u hladiny (flotace). [11]

Stanovení nerozpustných látek je obzvlášť důležité právě u odpadních vod, protože zde slouží pro výpočet poplatků za jejich vypouštění do povrchových vod, jako podklad pro jejich vypouštění do kanalizace (kanalizační řád) a pro posuzování účinnosti čistíren odpadních vod. Naopak látky, které od sebe nelze oddělit filtrací a tvoří tak homogenní směsi (vodní roztoky), nazýváme látkami rozpuštěnými, a to iontově (vzniká elektrolyt) či neiontově (neelektrolyty). [11]

Představenou fyzikální klasifikaci znečišťujících látek lze přehledně znázornit v následující tabulce (Tab. 1.4) převzaté z [15]. Toto fyzikální dělení je však pouze formální a orientační. Z hlediska analýzy se považuje za nepřesné, protože jisté prvky mohou ve vodě mít současně iontovou i neiontovou formu. [11]

Kupříkladu u metod analýzy vody hodnotících znečištění podle hmotnosti odparku (tuhá fáze z vodného roztoku po odpaření vody) z filtrátu původní znečištěné vody (typicky stanovení RL105 a RAS, podrobnosti v následující kapitole) závisí rozlišení mezi rozpuštěnými a nerozpuštěnými látkami na zvolené velikosti pórů filtru, přičemž je nutné najít kompromis mezi rozumnou filtrační rychlostí a dostatečnou hustotou filtru, aby do filtrátu prošly ideálně jen látky dispergované v pravém roztoku. Tato skutečnost může výsledky měření zatížit různě velkou chybou. [11]

Tab. 1.4 – Členění znečišťujících látek ve vodě [15]

Znečišťující látky				Příklady
rozpuštěné	organické	biologicky rozložitelné	–	cukry, mastné kyseliny
		biologicky nerozložitelné		azobarviva
	anorganické	–		těžké kovy, sulfidy
nerozpuštěné	organické	biologicky rozložitelné	–	škrob, bakterie
		biologicky nerozložitelné		papír, plasty
		usaditelné		vlákna celulózy
		neusaditelné		koloidní bakterie
	anorganické	usaditelné	plovoucí	papír
		neusaditelné	–	písek, hlína brusný prach

Kvůli zmíněné nejednoznačnosti fyzikálního rozdělení bylo navrženo a zavedeno praktičtější členění podle kvantitativního zastoupení na makrokomponenty a mikrokomponenty, přestože je koncentrační rozhraní obou skupin relativní, empiricky určené a závislé na typu studovaných vod. Jako makrokomponenty označujeme takové látky, jejichž koncentrace přesahuje 1 mg/l. Naopak pro mikrokomponenty představuje tato koncentrace horní hranici. Okrajovou, avšak neméně významnou skupinou jsou tzv. stopové prvky o koncentracích okolo jednotek $\mu\text{g/l}$ a nižších. Stále dokonalejší metody instrumentální analýzy navíc umožňují mez detekce snížit natolik, že lze registrovat dokonce i koncentrace pohybující se v desítkách ng/l , pak již hovoříme o látkách ultrastopových. [11]

Zejména mikrokomponentám a stopovým látkám je přitom věnována zvláštní pozornost, protože mohou oproti látkám s vysokou koncentrací vykazovat odlišné chování, jmenovitě [11]:

- U mikrokomponent může probíhat významná sorpce na jiných tuhých disperzních fázích (sedimenty, kaly, sraženiny hydratovaných oxidů), a to včetně stěn nádob a potrubí z plastů a skla, čímž může z kapalně fáze téměř vymizet.
- Při překročení hodnot podmíněného součinu rozpustnosti se nevyklučuje sraženina, ale tvoří se pouze koloidní disperze dané tuhé fáze nebo přesycený roztok.
- Reakční rychlost procesů, na kterých se podílejí stopové složky, je velmi nízká, v důsledku čehož se chemická a adsorpční rovnováha ustavuje jen velmi pozvolna.
- Ve velmi zředěných roztocích může dojít ke změně reakčního mechanismu.

Rozlišením látek různých koncentrací tak můžeme lépe predikovat jejich chování v odpadních vodách a tyto poznatky případně využít při jejich čištění. V tom spočívá užitečnost tohoto přístupu ke kategorizaci obohacujících látek. [11]

1.4 Analýza znečištění vody

Při analýze znečištění odpadních vod je zpravidla kontrolována série tzv. skupinových stanovení. Jedná se o ukazatele, které blíže určují složení a závažnost znečištění odpadních vod, na základě čehož je vyhodnocena adekvátní a optimální metoda čištění. Rovněž mohou být skupinová stanovení využita pro kontrolu požadované míry čistoty vody před vypuštěním do kanalizace a vyhodnocení účinnosti zvolené čisticí metody. Veškerá analýza stavu znečištění

vod se bez těchto ukazatelů neobejde, proto je důležité jejich významu a oblasti použití náležitě porozumět. Ukazatelů, které lze při analýze monitorovat, existuje velké množství, jmenovitě kupříkladu [6]:

- CHSK – chemická spotřeba kyslíku (angl. *COD = Chemical Oxygen Demand*),
- BSK – biochemická spotřeba kyslíku (*BOD = Biochemical Oxygen Demand*),
- TC – z angl. *total carbon* (celkový uhlík), případně TIC, TOC, DOC a další.,
- RL105 – rozpuštěné látky sušené (při 105 °C),
- RL550 – rozpuštěné látky žíhané (při 550 °C),
- RAS – rozpuštěné anorganické soli (v podstatě totožné s RL550),
- NL – nerozpuštěné látky sušené zpravidla při 105 °C,
- EL – extrahovatelné látky (= tuky),
- NEL (C₁₀ – C₄₀) – nepolární extrahovatelné látky, tedy uhlovodíky C₁₀ až C₄₀ (= ropné látky); funkční je obojí značení, výskyt zkratk závisí na literatuře,
- AOX – adsorbovatelné organicky vázané halogeny,
- PAU – polycyklické aromatické uhlovodíky,
- organoleptické vlastnosti (teplota, barva, zákal = turbidita, pach apod.),
- pH,
- specifické skupiny sloučenin – fenoly, mastné kyseliny, tenzidy, polychlorované bifenylly (PCB) a další.

Z velké většiny je tedy míra znečištění odpadní vody determinována obsahem konkrétních látek, existuje však také několik parametrů zkoumajících jiné vlastnosti vzorku, zejména kyselost či zásaditost (pH), případně různé organoleptické (smysly rozpoznatelné) vlastnosti, pak lze hovořit o tzv. senzorické analýze. Její význam tkví ve snadné rozpoznatelnosti změny v kvalitě pitné vody spotřebitelem.

Z těchto organoleptických vlastností je teplota jedním z významných ukazatelů jakosti a vlastností vody, protože výrazně ovlivňuje rozpustnost kyslíku a rychlost chemických reakcí a biochemických pochodů (mj. také proces samočištění) i při malých změnách. K výkyvům teploty vody dochází typicky u použití v energetice. U oteplených odpadních vod se pak někdy hovoří o tzv. tepelném znečištění či zatížení. Do městské kanalizace se např. nesmějí vypouštět průmyslové odpadní vody s teplotou vyšší než 40 °C. [11]

Ze zkoumaných skupin sloučenin uvedených v posledním bodě stojí za krátkou zmínku látky zvané tenzidy (též surfaktanty). Jsou to povrchově aktivní látky (PAL) obsažené např. v mýdlech a saponátech, které snižují povrchové napětí vody. Díky tomuto efektu disponují vynikající čistící schopností, a využívají se proto jako aktivní složky v pracích, čistících, mycích, emulgačních a podobných prostředcích, tedy souhrnně detergentech. Povrchová aktivita tenzidů se projevuje zejména zvýšenou pěnivostí vodných roztoků, což představuje problém při čištění odpadních vod obsahujících tyto látky. Proto se jejich přítomnost musí kontrolovat při vypouštění odpadních vod z výroby detergentů a při nadměrné koncentraci je nezbytné jejich odstranění chemickou nebo mechanickou cestou. [11]

Dále lze kontrolovat přítomnost jednotlivých prvků, jako jsou zejména kovy (rtuť, nikl, zinek, ...), ale také nekovy, jako např. dusík, fosfor, síra a další. Tyto prvky se často mohou vyskytovat v různých formách, předmětem zkoumání pak bývá buď souhrnný výskyt (P_{celk} , N_{anorg} , ...), nebo konkrétní forma (amoniak, sírany, kyanidy, ...). V takovém případě je zavedené značení pomocí chemických vzorců, kupříkladu u sloučenin dusíku následovně [6]:

- amoniakální dusík: N-NH_4^+
- dusitanový dusík: N-NO_2^-
- dusičnanový dusík: N-NO_3^-

Některá z výše uvedených skupinových stanovení se při vyšetřování stavu znečištění měří jen okrajově (např. extrémně toxické látky u specifických průmyslových odvětví), případně nejsou měřeny vůbec z důvodu zanedbatelných koncentrací nebo úplné absence daných látek v odpadních vodách. Cílem následujících odstavců je proto pouze shrnutí nejběžnějších skupinových parametrů, které jsou směrodatné pro studium většiny odpadních vod vyprodukovaných v průmyslu. Pozornost je věnována především ukazatelům organického znečištění, které jsou aktuální mj. při produkci vína. Seznámení s nimi je tedy pro pochopení této problematiky přinejmenším vhodné. Nejsou však opomenuta ani stanovení anorganického znečištění, jimž je posléze vyhrazen alespoň informativní souhrn. Podrobnější vzhled do této problematiky nabízí např. publikace [11].

1.4.1 Chemická spotřeba kyslíku

Jedním z nejběžněji posuzovaných parametrů je tzv. chemická spotřeba kyslíku, uváděná též pod zkratkou CHSK (angl. *COD*). Tento ukazatel vyjadřuje koncentraci organických látek ve vodě, a to podle množství oxidačního činidla, které se spotřebuje na jejich oxidaci. Výsledky se přepočítávají na kyslíkové ekvivalenty a udávají se v mg/l, čímž se rozumí mg kyslíku odpovídající spotřebě oxidačního činidla na jeden litr vody. Jelikož je již z názvu zřejmé, že se jedná o kyslík, značka O_2 se u jednotek zpravidla již neuvádí. [11]

Jako oxidační činidlo se v současnosti používá většinou dichroman draselný ($K_2Cr_2O_7$), výjimečně pak manganistan draselný ($KMnO_4$), ten však pouze při analýze pitných a užitkových vod, u odpadních vod je naopak přípustné výhradně použití dichromanu draselného. Druh použitého činidla je pak uveden ve formě značky u zkratky, např. $CHSK_{Cr}$, respektive $CHSK_{Mn}$. Samotnou zkratkou CHSK bez indexu se rozumí hodnota $CHSK_{Cr}$, protože jde o nejpoužívanější činidlo při analýze nejen odpadních vod. [11]

Princip stanovení $CHSK_{Cr}$ tedy spočívá v oxidaci organických látek při 150 °C po dobu 2 hodin v silně koncentrovaném roztoku kyseliny sírové za katalytického působení síranu stříbrného, který zatím nejúspěšněji pokrývá široké spektrum organických látek, které se tímto způsobem téměř zcela oxidují. Hodnota $CHSK_{Cr}$ je pak úměrná nezreagovanému množství dichromanu, které se stanovuje buď titrací, nebo spektrofotometrickým vyhodnocením koncentrace vyredukovaných chromitých iontů (dle normy ČSN ISO 6060) [16]. Modifikací druhé zmíněné metody za účelem optimalizace procesu (snížení spotřeby drahých a toxických látek, zvýšení citlivosti) vznikla tzv. semimikrometoda, která je v ČR momentálně nejrozšířenější metodou stanovení $CHSK_{Cr}$. [16]

Zejména u odvětví průmyslu hojně využívajících chemikálie je potřeba mít na paměti, že některé látky, jmenovitě např. halogenidy (nejvíce chloridy, bromidy či jodidy) nebo dusíkaté látky, mohou mít rušivý vliv na správné stanovení hodnoty CHSK, protože mají tendenci do značné míry oxidovat na elementární prvky či jiné sloučeniny dále se účastnící chemických reakcí, čímž zvyšují spotřebu dichromanu a hodnota $CHSK_{Cr}$ je pak vyšší, než odpovídá skutečnému obsahu organických látek. Tuto skutečnost je nutné vzít v potaz při interpretaci výsledků. Nabízí se buď umělé zavedení výpočtové korekce za účelem eliminace zkreslení, nebo vnesení dalších katalyzátorů do vzorku (např. síran rtuťnatý), které vstupují do reakcí s problematickými látkami přednostně. Zpravidla se zavádí vždy jen jedna z uvedených možností, protože jednoduchá výpočtová korekce je aplikovatelná pouze za nepřítomnosti síranů a při jejich použití není obecně platná. [11]

Oxidace manganistanem funguje na jiném principu a vyznačuje se především svou jednoduchostí, nicméně kvůli nižšímu stupni oxidace (některé látky téměř neoxidují) se zásadně nepoužívá při posuzování odpadních vod. Navíc je postupně vytlačována dichromanem i z dalších oblastí vodní analýzy a její relevance se tak časem ještě více snižuje. [11]

1.4.2 Organický uhlík a celkový uhlík

Celkové organické látky přítomné ve vodách je možné určit také nepřímou, a sice stanovením organického uhlíku. Metody jsou založeny na oxidaci organických látek na oxid uhličitý, čehož lze dosáhnout buď termickou oxidací při teplotách 900 až 1000 °C za přítomnosti katalyzátoru, nebo tzv. oxidací na mokré cestě, chemickou či fotochemickou. V současnosti převažují analyzátory s termickou oxidací. Při tomto postupu se oxidují veškeré organické látky, což představuje velkou výhodu oproti stanovení CHSK. Další předností je skutečnost, že měření vyžaduje jen velmi malý vzorek vod, řádově v desítkách mikrolitrů (μl). Výsledek se pak vyjadřuje v miligramech C na litr vody. Běžně lze stanovit koncentrace uhlíku v jednotkách mg/l. [11]

Narozdíl od CHSK či BSK se u tohoto stanovení v ČR ustálilo používání výhradně anglických zkratk, nemají český ekvivalent. V literatuře se lze setkat nejčastěji s následujícími ukazateli s těmito zkratkami [11]:

- TC (*Total Carbon*) – celkový uhlík,
- TOC (*Total Organic Carbon*) – celkový organický uhlík,
- TIC (*Total Inorganic Carbon*) – celkový anorganický uhlík,
- DOC (*Dissolved Organic Carbon*) – rozpuštěný organický uhlík,
- POC (*Particulate Organic Carbon*) – nerozpuštěný organický uhlík,
- VOC (*Volatile Organic Carbon*) – odtěkatelný organický uhlík
(v legislativě ČR se pod VOC řadí sloučeniny s teplotou varu pod 250 °C při atmosférickém tlaku s výjimkou metanu),
- další, méně využívané doplňky těchto množin (NVOC, NPOC, BDOC, ...).

Nejčastěji se pracuje se stanovením TOC, případně ještě DOC. Existence ukazatele TIC implikuje také přítomnost anorganických forem uhlíku ve vzorku. Ty se buď odstraňují tzv. vytěsněním plynem (ještě před zahájením měření), nebo se stanovují odděleně v samostatné větvi analyzátoru. Již z názvů těchto stanovení mohou být patrné vztahy mezi nimi, některé menší skupiny se vzájemně doplňují do rozsáhlejších stanovení, konkrétně následujícím způsobem [11]:

$$\text{TOC} + \text{TIC} = \text{TC} \quad (1.1)$$

$$\text{DOC} + \text{POC} = \text{TOC} \quad (1.2)$$

Existují také tzv. kyvetové testy pro stanovení TOC, které jsou založené na chemické oxidaci organických látek při 100 °C. Oxid uhličitý se stanovuje fotometricky, což umožňuje stanovit jak celkový uhlík (TC), tak i jeho organickou a anorganickou složku (TOC a TIC). [11]

1.4.3 Biochemická spotřeba kyslíku

Dalším často vyhodnocovaným ukazatelem je biochemická spotřeba kyslíku, zkráceně BSK (angl. *BOD*). Na rozdíl od CHSK, která postihuje organické látky bez ohledu na biologickou (ne)rozložitelnost, se BSK používá jako míra koncentrace čistě biologicky rozložitelných látek. Je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného v oxickém prostředí biochemickou oxidací organických látek ve vodě. Využívá se při tom přirozeného procesu, kdy organotrofní bakterie využívají organické látky jako zdroj energie a živin. Část těchto látek je postupně biochemicky oxidována na oxid uhličitý a vodu, přičemž je využita energie získaná těmito pochody k syntéze nové biomasy ze zbývajících podílů organických látek. Tyto dva procesy lze shrnout dvojicí pojmů: disimilace (oxidace) a asimilace (syntéza biomasy). Jelikož se aerobní biologické procesy dají využít i při čištění odpadních vod (běžně v ČOV) může BSK sloužit mimo jiné jako jeden ze základních parametrů při posuzování účinnosti biologického čištění odpadních vod. [11]

Hodnota BSK se uvádí v týchž jednotkách jako CHSK, tedy v mg/l. Nejčastější metoda měření je tzv. standardní zředovací metoda, kde se měří úbytek rozpuštěného kyslíku ve vzorku vody na začátku a na konci inkubace (údobí probíhajících biochemických procesů uvedených dříve). Metoda je nazývána zředovací, protože vzorek vody je potřeba dostatečně zředit kvůli poměrně malé rozpustnosti kyslíku ve vodě, aby nedošlo k úplnému vyčerpání rozpuštěného kyslíku, což by ukončilo další oxidaci a znehodnotilo měření. [11]

Výše popsané biochemické pochody probíhají neustále, proto je hodnota BSK závislá právě na době inkubace, která se zpravidla uvádí jako dolní index u zkratky, obecně BSK_n , kde n je počet dnů inkubace. V uzavřeném systému zoxidovaný podíl s přibývajícím časem postupně vzrůstá a blíží se určité limitní hodnotě. U běžných odpadních vod bývá tento stav dosažen zhruba za 20 dní. Pak hovoříme o hodnotě BSK_u (BOD_u neboli *Ultimate Biochemical Oxygen Demand*), při které došlo k úplné biochemické oxidaci. [11]

Takový časový úsek je však z hlediska praktičnosti příliš dlouhý, a proto se v současnosti doba inkubace volí standardně pětidenní, tedy BSK_5 , přičemž limitní hodnotu lze odhadnout extrapolací vývoje BSK v jednotlivých dnech. Dále měření probíhá vždy za pokojové teploty (20 °C), přičemž by vzorek měl být v době inkubace uchován ve tmě, aby nedocházelo k fotosyntetické asimilaci přítomných řas, při níž se produkuje kyslík, který by hodnotu BSK snížil, a tím zkreslil. Při vyšších koncentracích chlorofylu se doporučuje zavést výpočtovou korekci na přítomnost řas. [11]

Rovněž je třeba dávat pozor, zda je v daném vzorku znečištěné vody dostatečné množství mikroorganismů, které jsou pro biochemickou oxidaci nezbytné. Některé průmyslové odpadní vody totiž vlastní bakteriální osídlení nemají a je nutné provést tzv. dodatečnou inokulaci. Tato modifikace spočívá v přidání určitého množství povrchové či odsazené splaškové odpadní vody do vzorku, čímž dojde ke spuštění oxidace. Dodaná voda musí mít známou hodnotu BSK, aby bylo možné odhadnout podíl skutečně biologicky rozložitelných organických látek. [11]

Dalším problémem bývá nitrifikace prvního a druhého stupně, což je dvojice procesů probíhajících postupně: oxidace amoniakálního dusíku na kyselinu dusitou a poté druhotná oxidace této kyseliny na kyselinu dusičnou. Tento proces je v určitých případech značně nežádoucí, protože např. u posuzování účinnosti biologické čistírny odpadních vod bývá příčinou její zdánlivě nižší stanovené účinnosti (odečtená hodnota BSK může být až o polovinu nižší). Běžné měření BSK_5 průmyslových odpadních vod to nicméně zpravidla neovlivní, protože nitrifikace začíná obvykle až po 10 až 13 dnech od inkubace. Týká se proto spíše specifických měření, jako je BSK_{20} apod., a jejímu negativnímu vlivu se v takovém případě předchází tzv. inhibicí (potlačení) nitrifikace obou stupňů pomocí různých chemikálií. [11]

1.4.4 Shrnutí skupinových stanovení organických látek

Všechna dosud uvedená stanovení nachází své uplatnění v technické praxi, a to nejen u obvyklých sektorů průmyslu, jako je potravinářství (mj. také vinařství) či textilní průmysl, ale také v takových odvětvích, kde přítomnost organických látek nemusí být na první pohled zřejmá (např. v hutnictví či petrochemii). Zatímco rozdíl mezi BSK a zbylými dvěma parametry je poměrně patrný (zkoumá totiž užší množinu organických látek – jen ty biologicky rozložitelné), mezi ukazateli CHSK a TOC (resp. DOC) již rozdíl nemusí být na první pohled tak zřejmý, oba se totiž zaměřují na celkový obsah organických látek ve studovaném vzorku znečištěné vody.

Ukazuje se, že TOC je velmi výhodnou metodou pro posuzování organického znečištění průmyslových odpadních vod, které chceme čistit chemickými či fyzikálně chemickými postupy, a to díky své rychlosti a poměrně vysoké citlivosti [11]. Přesto se toto stanovení rozhodně nedá považovat za univerzální a stejně jako CHSK má své specifické nedostatky. Zejména díky srovnatelnosti výsledků CHSK s BSK se tato metoda hojně využívá zejména při kyslíkových bilancích biologického čištění odpadních vod. Užitečné srovnání metod nabízí Tab. 1.5 převzatá z [11]:

Tab. 1.5 – Porovnání předností a nedostatků stanovení $CHSK_{Cr}$ a TOC [11]

$CHSK_{Cr}$	
Výhody:	<ul style="list-style-type: none"> a) Stanovení je proveditelné v laboratořích s běžným vybavením. b) Výsledky udávané v kyslíkových ekvivalentech jsou vhodné při posuzování kyslíkových bilancí biologického čištění vod. c) Výsledky jsou porovnatelné s BSK.
Nevýhody:	<ul style="list-style-type: none"> a) Značná spotřeba drahých a toxických chemikálií. b) Doba stanovení je delší a automatizace je poměrně obtížná. c) Některé látky oxidují jen zvolna, nebo neoxidují vůbec. d) Mez stanovitelnosti je vyšší než u TOC.
TOC, resp. DOC	
Výhody:	<ul style="list-style-type: none"> a) Nejsou potřeba žádné drahé nebo toxické látky. b) Možnost automatických analyzátorů a poměrně rychlé stanovení. c) Oxidovány jsou všechny organické látky. d) Mez stanovitelnosti je nižší než u $CHSK$.
Nevýhody:	<ul style="list-style-type: none"> a) Velké investiční náklady. b) Hodnoty nelze jednoduše přepočítat na kyslíkové ekvivalenty a nejsou tak použitelné při biologickém čištění. c) Výsledky nejsou porovnatelné s BSK.

U některých komplexnějších studií znečištěných vod, které zkoumají znečištění nejen kvantitativně, ale i kvalitativně, mohou být též uvedeny poměry těchto ukazatelů, které pomáhají lépe uchopit například změny složení odpadních vod v průběhu časového období. Setkáváme se tak například s poměry $CHSK:TOC$, $BSK_5:CHSK_{Cr}$ (užitečné při posuzování biodegradability) a dalšími. [11]

Pro získání jisté představy o tom, v jakých řádech se mohou hodnoty ukazatelů pohybovat, je zde uvedena tabulka (Tab. 1.6) obsahující příklady emisních standardů platných pro některé průmyslové odpadní vody vypouštěné do povrchových vod, převzatá opět z [11]:

Tab. 1.6 – Příklady emisních standardů pro některé druhy odpadních vod [11]

Průmyslové odvětví	$CHSK_{Cr}$ [mg/l]	BSK_5 [mg/l]
tepelné zpracování uhlí (koksovny)	200	–
povrchová úprava kovů a plastů	300	–
zpracování ropy a petrochemie	250	50
organické syntézy	500	80
výroba sulfítové buničiny	400	40
výroba sulfátové buničiny	300	30
výroba papíru	200	40
koželužny (chromočinění)	500	50
koželužny (třísločinění)	1 000	100
textilní průmysl	300	50
mlékárny	120	30
cukrovary	160	40

Z předchozích poznatků je nyní již zřejmé, že první dvě průmyslová odvětví v Tab. 1.6 neprodukují odpadní vody s biologicky rozložitelnými organickými látkami. Ty u ostatních odvětví představují vždy minimálně desetinu celkových organických látek, v některých případech zaujímají dokonce až čtvrtinový podíl (cukrovarnictví, mlékárny).

1.4.5 Souhrn stanovení anorganických látek v odpadních vodách

Ve vodách lze prokázat alespoň stopově většinu přirozeně se vyskytujících kovů, polokovů a nekovů periodické soustavy prvků, a to včetně prvků vzácných zemin. Hlavním antropogenním zdrojem kovů a polokovů jsou odpadní vody z těžby a zpracování rud (hutě, válcovny, povrchové úpravy) a dalších odvětví, typicky textilní a kožedělný průmysl. Dále přichází voda do styku s kovy průtokem potrubím (Fe, Zn, Cu aj.). [11]

Stanovuje se vždy konkrétní prvek pomocí běžných metod analytické chemie (např. chromatografie či spektroskopie). U analýzy je přitom nezbytné mít na zřeteli tzv. bilanci celkové koncentrace kovu (M_T či M_{celk}), vyjádřenou obecně vztahem [11]:

$$c(M_T) = c(M_{\text{rozp}}) + c(M_{\text{nerozp}}) = c(M_{\text{rozp}}) + c(M_{\text{sraž}}) + c(M_{\text{ads}}) + c(M_{\text{biomas}}) \quad (1.3)$$

Tento vzorec vyjadřuje, že celková koncentrace daného kovu (za obecné značení M se dosazuje značka zkoumaného kovu) nesestává pouze z rozpuštěné formy, ale také nerozpuštěné, kterou lze dále dělit na sraženiny, kov adsorbovaný na tuhé fázi a při mimořádně velkém množství organismů ve vodě také kovy inkorporované do biomasy. Pro komplexní a především korektní analýzu znečištění je tedy nutné uvažovat všechny tyto formy výskytu kovů ve vodě. [11]

Při posuzování znečištění se u kovů klade největší důraz na těžké kovy a toxické kovy. Kontaminace vody toxickými kovy může být příčinou různých akutních, či dokonce chronických onemocnění u živých organismů, nejzávažnějšími prvky v tomto ohledu jsou rtuť, kadmium, olovo a arsen. Těžkými kovy se pak rozumí kovy, jejichž hustota přesahuje 5 000 kg/m³. U mnoha kovů tyto skupiny splývají a vzniká tendence tyto pojmy volně zaměňovat. Existují však výjimky, kde je rozlišení na těžké a toxické kovy opodstatněné. Kupříkladu beryllium je sice toxický kov, ale nikoli těžký kov. Naproti tomu mangan či železo splňují podmínky pro těžký kov, ale toxické nejsou. [11]

Mezi nekovy se pak řadí halogeny (F, Cl, Br, I, ...), které jsou charakteristické vysokou reaktivitou a ve vodě se mohou vyskytovat nejčastěji ve formě kyselin (zde anorganických) či solí, a několik dalších prvků, mezi něž se řadí zejména síra, fosfor, dusík, uhlík či vodík. Kromě organických sloučenin zmíněných dříve tvoří tyto prvky také anorganické sloučeniny, opět typicky kyseliny, soli. Z nejznámějších toxických látek lze uvést např. kyanidy. [11]

Zejména nadměrná přítomnost dusíku a fosforu ve vodách je přísně kontrolována před vypuštěním do povrchových vod, a to pomocí ukazatelů N_{celk} (někdy označováno jen jako N_c) pro dusík a P_{celk} (též P_c) pro fosfor. Důvodem je nežádoucí jev zvaný nepřírodní eutrofizace vod, který způsobují právě dusíkaté látky a fosfáty. Jedná se o proces obohacování vod o živiny (nutrienty), který však při nadměrném obsahu těchto látek zapříčiní přemnožení planktonu a sinic (tzv. vodní květ), což se projevuje nedostatkem kyslíku ve vodě a následným vymíráním ryb a dalších organismů. Zdrojem přebytku těchto prvků v odpadních vodách jsou zemědělská hnojiva, ale také kupříkladu některé prací prostředky obsahující fosfáty. [15]

Z anorganických skupinových stanovení uvedených v přehledu na začátku této kapitoly stojí alespoň za stručnou zmínkou parametr RAS neboli rozpuštěné anorganické soli, protože je považován za jeden ze základních ukazatelů jakosti různých druhů vod. Pokud bychom chtěli získat přibližnou představu o množství rozpuštěných látek (RL) ve vzorku (přesněji se jedná o sumu anorganických a netěkavých organických látek), stanovují se dle ČSN 75 7346 odpařením filtrovaného vzorku vody a sušením odparku při 105 °C (odtud označení RL105). Tátáž norma pak definuje postup při stanovení RAS. Hodnota je odhadována ze zbytku po žihání rozpuštěných látek při teplotě 550 °C, proto je možné se setkat také s označením

RL550. Na závěr je potřeba poznamenat, že teplota žhání byla zvolena tak, aby se spálil organický uhlík, ale aby změny anorganického složení byly pokud možno malé, i když jim nelze nikdy zcela zabránit. Ke zmiňovaným změnám patří např. sublimace a rozklad amonických solí nebo rozklad dusičnanů na oxidy, což může v některých případech značně zkreslit výsledky analýzy. Proto většinou hodnoty RAS skutečnou koncentraci anorganických rozpuštěných látek ve vodě více či méně podhodnocují. [11]

1.5 Čištění odpadních vod z průmyslu

Na čištění odpadních vod bylo v minulosti nahlíženo z mnoha směrů, které lze nejobširněji shrnout a rozřadit do dvou hlavních skupin podle základního principu. Jedná se o procesy fyzikálně chemické a biologické, případně jejich vzájemné kombinace. Biologické metody lze také rozdělit na aerobní a anaerobní podle toho, jestli je (resp. není) při daném procesu přítomen kyslík. [1]

Procesů čištění existuje velké množství a každá metoda se zaměřuje na zneškodňování jinak rozsáhlé skupiny polutantů s různou úrovní účinnosti. Pro přehlednost se nabízí rozřadit čisticí metody podle návaznosti při postupném odstraňování znečištění z vody. Hovoříme pak o stupni předčištění a 3 hlavních fázích čištění: primární, sekundární a terciární. [17]

- Předčištění (odstranění hrubých nečistot):
 - prosévání sítím, česlemi (= mřížemi),
 - lapáky písku,
 - odlučovače tuků (angl. *FOG = fats, oil and grease separator*),
 - primární usazovací nádrže.
- Primární stupeň čištění (odstranění jemných nečistot):
 - filtrace,
 - sedimentace (= usazování) nebo flotace (= číření),
 - vyrovnávání,
 - neutralizace,
 - koagulace (= srážení) a flokulace (= vločkování).
- Sekundární stupeň čištění (biologické procesy):
 - aktivační proces (čištění aktivovaným kalem),
 - membránová separace,
 - rotační biofilmové reaktory,
 - skrápené filtry.
- Terciární stupeň čištění (pokročilé čištění, dezinfekce):
 - odstranění dusíku a fosforu,
 - pokročilé oxidační procesy (*AOPs = Advanced Oxidation Processes*),
 - reverzní osmóza,
 - chemická precipitace,
 - UV záření,
 - dezinfekce ozonem.

1.5.1 Primární stupeň čištění

Během primárního čištění je voda přechodně přiváděna přes síta nebo mříže (tzv. česle) do několika nádrží, kde dochází k sedimentaci usaditelných látek u dna nádrže. Nahromaděné hrubé nečistoty jsou následně mechanicky odstraněny (např. stíracím zařízením). Vzniká tzv. primární kal (angl. *sludge*), což je vesměs hrubá heterogenní disperze nečistot ve vodě, která obsahuje až 50 % usaditelných látek odstraněných z čištěné vody. Různé jiné typy kalů jsou produktem či součástí dalších čisticích procesů (např. aktivovaný kal, vratný kal, přebytečný kal atd.). [4]

Kaly lze za účelem odvodnění dále zpracovat např. v odstředivkách nebo kalolisech. [18]

1.5.2 Sekundární stupeň čištění

Cílem sekundárního stupně čištění (též označovaného jako biologické čištění) je pak odstranění nadměrného organického znečištění, a to pomocí biofiltrace (užívají se pískové, kontaktní či skrápěné filtry) nebo aktivací vody [4]. Tzv. aktivovaný kal obsahující bakterie a další mikroorganismy schopné rozložit organickou hmotu se přidává do znečištěné vody za dostatečného provzdušňování (aerace), což je nezbytnou podmínkou spuštění a udržení průběhu požadovaných biochemických procesů. Dekompozicí organického znečištění vzniká nejen biomasa, ale také vločky aktivovaného kalu, které mají schopnost sedimentovat a na kterých zároveň mohou sorbovat některé koloidy. Tím pádem není obtížné vzniklé shluky vloček a biomasy následně mechanicky odstranit z čištěné vody. [18]

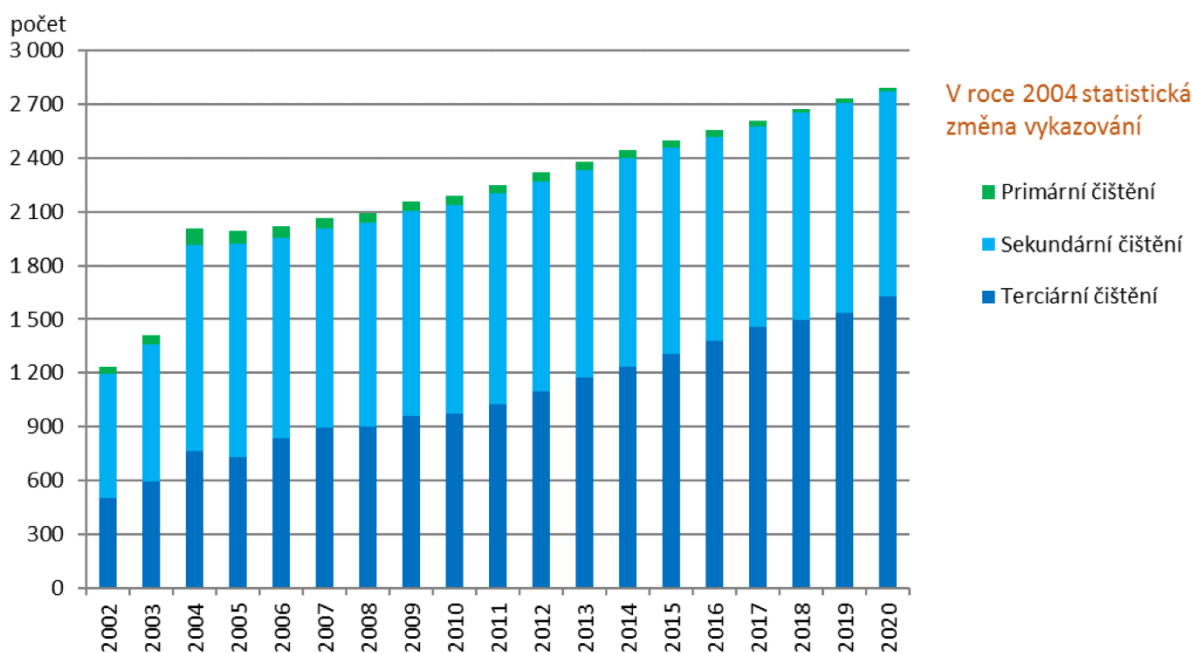
1.5.3 Terciární stupeň čištění

Poslední stupeň má za úkol finální dočištění a dezinfekci odpadních vod do takové míry, že dosahuje jakosti pitné vody, případně nejpřísnějších průmyslových standardů. Voda je zbavována zejména dusíkatých látek a fosfátů z důvodů zmíněných dříve, a také dalších obtížně odstranitelných substancí (např. destabilizace koloidů). Zde nachází své uplatnění nové a progresivní metody, jako jsou například pokročilé oxidační procesy. Efektivní dezinfekce pak zneškodní většinu patogenů. [1]

1.5.4 Přehled ČOV v ČR podle představených stupňů čištění

Dle Zprávy o životním prostředí ČR [19], jejímž autorem je MŽP, bylo v roce 2020 evidováno celkem 2 795 ČOV. Meziroční nárůst oproti roku 2019 tak činí 2 %, což je vyjádřeno v následujícím grafu (Obr. 1.3). Ten ukazuje vývoj počtu provozovaných ČOV v ČR za posledních 20 let. Primárním čištěním se rozumí mechanické ČOV, takových zůstalo v roce 2020 pouze 22, přičemž v nejbližších letech se dá očekávat jejich další úbytek. Sekundární čištění představuje mechanicko-biologické ČOV bez schopnosti odstranění dusíku a fosforu. Terciární čištění v mechanicko-biologických ČOV pak zahrnuje další odstraňování dusíku a/nebo fosforu, přičemž celkový počet takových ČOV v roce 2020 dosáhl 1 626 a tyto čistírny tak mají v ČR největší zastoupení, které se bude v následujících letech velmi pravděpodobně nadále ještě zvětšovat. [19]

Graf převzatý z této zprávy [19] ukazuje meziroční vývoj počtu aktivních ČOV v ČR.



Obr. 1.3 – Čistírny dle stupně čištění odpadních vod v ČR v letech 2002 až 2020 [19]

Obr. 1.3 [19] se v poznámce odkazuje na změnu vykazování od roku 2004, kterou se rozumí výrazné rozšíření počtu respondentů v tom roce. Průměrná účinnost ČOV (množství odbouraného znečištění) je dle [19] v Česku velmi vysoká díky modernizaci a rekonstrukci ČOV, které vedly ke snížení počtu ČOV s pouze mechanickým čištěním. U BSK₅ v roce 2020 dosahovala účinnost hodnoty 98,4 %, zatímco u jiných ukazatelů došlo meziročně k mírnému zhoršení: P_{celk} na 86,8 %, CHSK_{Cr} na 94,9 % a N_{celk} na 80,1 %.

Z Obr. 1.3 [19] je tedy na první pohled patrná již zmíněná snaha sjednotit a nadále zvyšovat úroveň čištění napříč českými ČOV. Zhruba od roku 2010 totiž začaly převažovat ČOV s terciárním stupněm čištění z důvodu neustálého meziročního nárůstu jejich počtu a zároveň dlouhodobou stagnací výstavby nových ČOV se sekundárním stupněm. Tento trend pozvolna pokračuje až do současnosti, kdy počet nejvyspělejších ČOV dosahuje takřka 1,5násobku méně účinných ČOV, přičemž ty mechanické dnes představují pouze okrajovou záležitost a postupně budou nejspíše vytlačeny úplně.

1.5.5 Vhodnost čistících metod dle druhu polutantů

Dále lze zmínit například následující tabulku (Tab. 1.7), přeloženou z [17], která uvádí velmi přehledně do souvislostí, jaké metody jsou nejvhodnější pro odstranění různých skupin polutantů z vody a jaká skupinová stanovení se přitom zkoumají, a to včetně příkladů průmyslových sektorů, kde produkované odpadní vody typicky obsahují právě danou skupinou znečišťujících látek:

Tab. 1.7 – Obecné doporučení čistících metod a monitorovaných parametrů [17]

Skupiny polutantů	Monitorované parametry či prvky	Vhodné čistící metody	Příklady výroby (průmyslového sektoru)
těžké kovy	Hg, Ni, Zn, Cu, Cd	<u>terciární čištění:</u> chemická precipitace, pokročilé oxidační procesy či dvoustupňová separace (koagulace + filtrace)	neželezné kovy, sklo, koželužny
anorganické sloučeniny	N _{celk} , P _{celk}	<u>terciární čištění:</u> nitrifikace/denitrifikace, chemická precipitace (fosfor)	energetika, ocel, chemikálie
chlorované organické sloučeniny	AOX	<u>sekundární čištění:</u> aktivovaný kal, membránové bioreaktory, skrápěné filtry, další specifické metody dle charakteru znečištění	chemikálie, buničina, papír a zpracování dřeva
jiné organické sloučeniny	CHSK, BSK, TOC	<u>sekundární čištění pro biologicky rozložitelné sloučeniny:</u> aktivovaný kal, membránové bioreaktory, skrápěné filtry	většina odvětví: buničina, papír a dřevo, potraviny a nápoje
		<u>terciární čištění pro obtížně rozložitelné substance:</u> komplexní čištění (ozonem, či oxidací)	

2 Současný stav produkce průmyslových odpadních vod v ČR

Pro lepší porozumění specifické regionální situace se tato část práce zabývá zejména informativním vzhledem do platné legislativy ohledně průmyslových odpadních vod, a to nejen ve formě českých zákonů a nařízení vlády – v platnosti je totiž také legislativa Evropské unie. Následná statistická stránka věci má za úkol zmapovat aktuální trendy v produkci průmyslových odpadních vod a podhalit případné nedostatky.

2.1 Legislativa vodohospodářství

Česká legislativa zabývající se vodohospodářstvím je poměrně rozsáhlá. O ochraně vodních zdrojů, jejich hospodárném využívání, zajištění bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha poměrně obsáhle pojednává zákon č. 254/2001 Sb., též označovaný jako vodní zákon [7]. Druhým směrodatným právním dokumentem, který se podrobně zaměřuje na emisní standardy odpadních vod, a to jak komunálních, tak průmyslového původu, je nařízení vlády č. 401/2015 Sb. – Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech [20].

Jelikož se tato práce zabývá primárně odpadními vodami, je nezbytné seznámit se zejména s uvedeným nařízením vlády (č. 401/2015 Sb.). Vodní zákon (č. 254/2001 Sb.) se sice od této problematiky z velké části poměrně odklání, přesto se jisté pasáže (zejména pak § 38) také zmiňují o odpadních vodách. Uvedený paragraf definuje pojem odpadní vody a stručně uvádí povinnosti a náležitosti nakládání s odpadními vodami, jako je např. zajištění jejich zneškodnění nebo měření vypouštěného objemu a míry znečištění. Rovněž upravuje pravomoce vodoprávního úřadu a České inspekce životního prostředí (ČIŽP), kupříkladu udělování povolení k vypouštění odpadních vod či stanovení emisních limitů. S bližšími podrobnostmi se pak mj. odkazuje právě na NV č. 401/2015 Sb. a další zákony. [7]

Je nutné uvést na pravou míru, že účelem je získat pouze základní přehled o aktuálních emisních limitech a náležitostech při vypouštění odpadních vod, nikoliv provádět komplexní rozbor zákonů a nařízení. Uveden je proto jen výběr průmyslových odvětví s velkým zastoupením v ČR. S přihlédnutím k ekonomickému přehledu ČR z [21] a statistické ročence ČR [22] se za hlavní průmyslová odvětví ČR dá považovat:

- automobilový průmysl,
- strojírenský průmysl,
- hutnický průmysl,
- chemický průmysl,
- potravinářský průmysl,
- dřevozpracující průmysl,
- papírenský průmysl,
- keramický a sklářský průmysl,
- oděvní a textilní průmysl,
- energetický průmysl.

2.1.1 Shrnutí NV č. 401/2015 Sb.

Ze všech ustanovení tohoto nařízení, uvedených v Předmětu úpravy (§ 1) jsou pro účely této práce důležitá zejména tato [20]:

- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod,
- náležitosti a podmínky povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a kanalizace,
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod využívaných pro různé účely (zdroj pitné vody, vhodnost pro život a reprodukci vodních živočichů, koupání).

Co se týče emisních standardů, jejich typy a vyjádření nabývají v tomto nařízení několika forem, definovaných spolu s dalšími pojmy v sekci Vymezení pojmů (§ 2) [20]:

- koncentrace v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek na litr (obdobně jako u CHSK),
- minimální účinnost čištění v čistírně odpadních vod v procentech
- množství vypouštěného znečištění v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek za určité časové období,
- poměrné množství vypouštěného znečištění v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek na jednotku hmotnosti látky nebo suroviny použité při výrobě nebo výrobku.

Je také důležité v této souvislosti nezaměňovat pojmy emisní standard a emisní limit. Emisní standardy jsou stanoveny v legislativě, definují obecně použitelná omezení při vypouštění odpadních vod a jsou z velké části předmětem této kapitoly. Naproti tomu emisní limity udává na základě emisních standardů konkrétní kanalizační řád ČOV či příslušný vodoprávní úřad a mívají obvykle přísnější nároky na koncentrace znečišťujících látek. [20]

V § 4 je uvedena zásadní informace pro producenty odpadních vod s obsahem biologicky rozložitelných látek, mimo jiné tedy i pro vinaře (dále také zpracování mléka, masa, ryb, výroba alkoholických i nealkoholických nápojů, sladovny, cukrovary, koželužny, výroba biopaliv atd.). Paragraf totiž udává povinnost zajištění biologického vyčištění těchto odpadních vod jako podmínku pro obdržení povolení k vypouštění do povrchových vod. [20]

S účinností od 1. ledna 2008 byla Českým statistickým úřadem (ČSÚ) zavedena tzv. Klasifikace ekonomických činností (CZ-NACE) v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES), která nahradila dosavadní systém tzv. Odvětvové klasifikace ekonomických činností (OKEČ) [23]. Nový systém měl lépe zohlednit technologický rozvoj a strukturální změny hospodářství v posledních desetiletích. Rozděluje ekonomické činnosti včetně průmyslových odvětví do sekcí A až U, přičemž specifické činnosti (oddíly) jsou dále podrobněji členěny pomocí značení posloupností číslic. Toto značení je aktivně využíváno v tabulkách emisních standardů při vypouštění průmyslových odpadních vod, a používá se proto také při kategorizaci zdroje odpadní vody, což dle § 3 představuje jednu z náležitostí při žádosti o povolení vypouštění do kanalizace nebo povrchových vod [20].

V tomto smyslu jsou pro tuto kapitolu relevantní zejména sektory B až D zahrnující těžbu a dobývání (B), zpracovatelský průmysl (C) a konečně energetiku (D), dohromady asi 30 oddílů. Sektor A pak představuje rostlinnou a živočišnou výrobu, tedy převážně zemědělská odvětví, zatímco sektory E až U již nepředstavují ryze průmyslové činnosti, např. stavebnictví, zásobování vodou, dopravu, zdravotnictví a nejrůznější další služby produkující odpadní vody. [23]

O povolení či zákazu vypouštění průmyslových odpadních vod rozhoduje vždy vodoprávní úřad, přičemž jsou kontrolována různá kritéria, uvedená především v paragrafech 5 až 8 v sekci Stanovení emisních limitů. Nejdůležitější je zejména zachování původního charakteru vodního recipientu (povrchových vod, kam je voda vypuštěna). Pokud má být naopak vypuštěna do kanalizace, musí být ověřeno, že obsažené znečištění je čistící technologií, kterou daná komunální ČOV disponuje, odstranitelné a nenaruší stabilitu čistícího procesu a kvalitu vyčištění. Paragrafy 9 až 15 posledních čtyř sekcí (Dodržení emisních limitů, Měření objemu vypouštěných vod a míry znečištění, Vypouštění důlních a průsakových vod z ekologických zátěží a Citlivé oblasti) definují další podrobnosti, jako je četnost odběrů vzorků a kontrol, postupy měření, správné posouzení výsledků, zohlednění nejistoty metody analýzy či šetření v rámci vypouštění odpadních vod s obsahem zvláště nebezpečných látek. [20]

Následující přílohy obsahují zejména tabulky emisních standardů, dále pak např. požadavky na užívání vod, ukazatele stavu povrchové vody či normy environmentální kvality.

2.1.2 Souhrn emisních standardů z přílohy k NV č. 401/2015 Sb.

Pravděpodobně největším přínosem popisovaného vládního nařízení pro tuto práci je výstup v podobě přehledu emisních standardů u průmyslových odpadních vod. Následující tabulka (Tab. 2.1) tedy představuje výběr z přípustných hodnot znečištění pro odpadní vody vypouštěné z některých průmyslových odvětví dle [20]:

Tab. 2.1 – Emisní standardy pro odpadní vody z průmyslu [20]

CZ-NACE	Průmyslový obor/ukazatel	Jednotka	Přípustná hodnota
05.00	Těžba a úprava černého a hnědého uhlí		
05.10	Těžba a úprava černého uhlí, hnědého uhlí a lignitu		
05.20	pH	–	6 až 9
	NL	mg/l	40
	železo	mg/l	3
	mangan	mg/l	1
07.00	Těžba a úprava rud		
07.10	Těžba a úprava železných a ostatních neželezných rud		
07.29	pH	–	6 až 9
	NL	mg/l	40
	NEL (C ₁₀ – C ₄₀)	mg/l	3
	arsen, olovo (jednotlivě)	mg/l	0,5
	měď	mg/l	1
	zinek	mg/l	3
	železo	mg/l	5
10.00	Výroba potravinářských výrobků		
10.1	Zpracování a konzervování masa a výroba masných výrobků		
	CHSK _{Cr}	mg/l	200
	BSK ₅	mg/l	50
	NL	mg/l	80
	N-NH ₄ ⁺	mg/l	20
	N _{celk}	mg/l	30
	P _{celk}	mg/l	10
	EL	mg/l	10
10.5	Výroba mléčných výrobků		
	pH	–	6 až 8,5
	CHSK _{Cr}	mg/l	120
	BSK ₅	mg/l	30
	NL	mg/l	50
	N-NH ₄ ⁺	mg/l	10
	N _{celk}	mg/l	30
	P _{celk}	mg/l	5
	EL	mg/l	10
	AOX	mg/l	0,5
11.00	Výroba nápojů		
11.05	Výroba piva a sladu		
11.06	pH	–	6 až 8,5
	CHSK _{Cr}	mg/l	130
	BSK ₅	mg/l	40

CZ-NACE	Průmyslový obor/ukazatel	Jednotka	Přípustná hodnota
11.05	Výroba piva a sladu		
11.06	NL	mg/l	40
	N-NH ₄ ⁺	mg/l	10
	N _{celk}	mg/l	20
	P _{celk}	mg/l	5
	AOX	mg/l	0,5
13.00	Výroba textilií		
13.1	Úprava a sprádkání textilních vláken a příze, tkaní, úprava a výroba textilií		
13.2	NL	mg/l	40
13.3	CHSK _{Cr}	mg/l	300
13.9	BSK ₅	mg/l	50
	NEL (C ₁₀ – C ₄₀)	mg/l	5
	RAS	mg/l	2000
	chrom, měď, nikl (jednotlivě)	mg/l	0,5
	zinek, železo (jednotlivě)	mg/l	3
	AOX	mg/l	5
17.00	Výroba papíru a výrobků z papíru		
17.12	Výroba papíru a lepenky		
	CHSK _{Cr}	mg/l	200
	BSK ₅	mg/l	40
	NL	mg/l	40
	AOX	mg/l	5
19.00	Výroba koksu a rafinovaných ropných produktů		
19.1	Výroba koksárenských produktů		
	pH	–	6 až 9
	NL	mg/l	40
	BSK ₅	mg/l	20
	CHSK _{Cr}	mg/l	200
	N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₂ ⁻ , N-NO ₃ ⁻ (souhrmně)	mg/l	35
	fenoly	mg/l	0,5
	kyanidy snadno uvolnitelné, sulfidy	mg/l	0,1
20.00	Výroba chemických látek a chemických přípravků		
20.12	Výroba barviv a pigmentů		
	pH	–	6 až 9
	CHSK _{Cr}	mg/l	40
	BSK ₅	mg/l	15
	RL	mg/l	4000
	RAS	mg/l	3500
	NL	mg/l	30
	N-NH ₄ ⁺	mg/l	4
	fluoridy	mg/l	9
	sírany	mg/l	3000
	železo	mg/l	8
20.4	Výroba mýdel a detergentů, čisticích a leštících prostředků a přípravků		
	CHSK _{Cr}	mg/l	250

CZ-NACE	Průmyslový obor/ukazatel	Jednotka	Přípustná hodnota
20.4	Výroba mýdel a detergentů, čisticích a leštících prostředků a přípravků		
	BSK ₅	mg/l	50
	tenzidy aniontové (definováno v kap. 1.4)	mg/l	10
	P _{celk}	mg/l	3
24.00	Výroba základních kovů, hutní zpracování kovů		
24.1	Výroba surového železa, oceli a feroslitin, tváření výrobků za tepla, výroba		
24.2	ocelových plechů, trubek, dutých profilů, výroba odlitků z litiny a z oceli		
24.3	pH	–	6 až 9
24.51	NL	mg/l	40
24.52	NEL (C ₁₀ – C ₄₀)	mg/l	3
	CHSK _{Cr}	mg/l	100
	N-NH ₄ ⁺	mg/l	15
	kyanidy snadno uvolnitelné	mg/l	0,1
	mangan	mg/l	1
	zinek	mg/l	3
	železo	mg/l	2
	olovo, nikl, chrom (jednotlivě)	mg/l	0,5
	25.00	Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků	
25.62	Všeobecné strojírenské činnosti (např. obrábění)		
	pH	–	6 až 9
	NL	mg/l	50
	N-NH ₄ ⁺	mg/l	30
	P _{celk}	mg/l	3
	NEL (C ₁₀ – C ₄₀)	mg/l	2
	AOX	mg/l	2
	kadmium	mg/l	0,2
	železo	mg/l	2
35.00	Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu		
35.11	Výroba elektřiny a tepla		
	pH	–	6 až 10
	NL	mg/l	40
	RAS	mg/l	1500
	NEL (C ₁₀ – C ₄₀)	mg/l	1

Uvedená tabulka emisních standardů, ať už ve formě tohoto stručného výběru, nebo i v plném znění v [20], dokáže poměrně přehledně vystihnout typické znečišťující látky každého průmyslového sektoru. Namátkou kupříkladu emisní limity odpadních vod z textilního průmyslu implikují nadměrný podíl rozpuštěných anorganických solí (indikátor RAS), což lze prohlásit také o odpadních vodách z energetiky či výroby barviv. Rozsah přípustného pH (pokud je tento parametr kontrolován) se pohybuje vždy přibližně ve stejném rozmezí napříč průmyslovými sektory, respektive spodní mezí je vždy pH 6 pro slabě kyselé odpadní vody, zatímco zásadité (alkalické) odpadní vody jsou tolerovány do větší míry – horní mez kolísá mezi pH 8,5 až 10 dle odvětví (za neutrální se považuje voda s pH 7 [11]).

U některých specifických průmyslových odvětví (nejsou obsaženy ve výběru Tab. 2.1) jsou limity uváděny v odlišných jednotkách oproti mg/l (formát hmotnost na objem), a sice v g/t, kg/t nebo v % (formát poměru hmotností). [20]

Samostatně se příloha nařízení věnuje odpadním vodám s obsahem zvláště nebezpečných závadných látek, celkem pojednává o 14 takových látkách [20]:

- rtuť,
- kadmium,
- hexachlorcyklohexan (HCH),
- tetrachlormethan (CCl₄),
- dichlordifenyiltrichlorethan (DDT),
- pentachlorfenol (PCP) a jeho soli,
- aldrin, dieldrin, endrin a isodrin,
- hexachlorbenzen (HCB),
- hexachlorbutadien (HCBd),
- trichlormethan (CHCl₃),
- 1,2-dichlorethan (EDC),
- trichlorethylen (TRI),
- perchlorethylen (PER),
- trichlorbenzen (TCB).

Vesměs se jedná o velmi toxické látky (některé i karcinogenní či mutagenní) používané jako pesticidy, insekticidy, rozpouštědla, anestetika aj. Často jsou syntetického původu a mohou být těkavé. Při analýze se proto nabízí uvažovat o použití dříve zmíněného ukazatele VOC (odtěkateľný organický uhlík). [11]

K otázce legislativy ze strany Evropské unie je nutné podotknout, že toto nařízení vlády je v souladu s právem Evropské unie (uvedeno již v § 1, dále komentováno v poznámkách pod čarou v příloze). Toto nařízení se tedy opírá o legislativu EU a podléhá následujícím směrnicím [20]:

- směrnice Rady 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod,
- Směrnice Komise 98/15/ES ze dne 27. února 1998, kterou se mění směrnice Rady 91/271/EHS s ohledem na určité požadavky stanovené v příloze I uvedené směrnice,
- směrnice Rady 98/83/ES ze dne 3. listopadu 1998 o jakosti vody určené k lidské spotřebě,
- směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000 stanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky,
- směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES ze dne 15. února 2006 o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS,
- směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/11/ES ze dne 15. února 2006 o znečišťování některými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí,
- směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES ze dne 16. prosince 2008 o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky, změně a následném zrušení směrnic Rady 82/176/EHS, 83/513/EHS, 84/156/EHS, 84/491/EHS a 86/280/EHS a změně směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES,
- směrnice Evropského parlamentu a Rady 2013/39/EU ze dne 12. srpna 2013, kterou se mění směrnice 2000/60/ES a 2008/105/ES, pokud jde o prioritní látky v oblasti vodní politiky.

2.1.3 Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP

Doplňkem k NV č. 401/2015 Sb. je dokument s metodickými pokyny ohledně analytických metod stanovení hodnot znečišťujících látek a jejich skupin v odpadních vodách pro účely stanovení dříve zmíněných emisních standardů vodoprávním úřadem, sledování jejich dodržování a kontrolu [24]. Je určen jak pro vodoprávní úřady a Českou inspekci životního prostředí (ČIŽP), tak také držitelům povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo do kanalizací a žadatelům o vydání tohoto povolení. [24]

Obsahuje několik přehledových tabulek s metodami analýzy městských a průmyslových odpadních vod, dále pak stanovení zvlášť nebezpečných látek v odpadních vodách. K ukazatelům znečištění je vždy přidružena příslušná norma a případná další doporučení. [24]

2.1.4 Integrovaný registr znečištění

Doposud rozebíraná legislativa se týkala zejména emisních standardů u různých druhů odpadních vod, jejich měření apod. Zatím však nebylo nic řečeno o zaznamenávání údajů o jejich vypouštění. K tomuto účelu vznikl v roce 2004 systém zvaný Integrovaný registr znečištění (zkráceně IRZ) [25], jehož cílem je nejen evidence různých druhů znečištění životního prostředí (kromě odpadních vod také znečištění ovzduší či půdy), ale také dostupnost těchto informací pro širokou veřejnost. Jedná se také o jeden ze zdrojů hojně využívaný v následující kapitole věnující se statistickému zhodnocení produkce odpadních vod v ČR.

Impulzem ke vzniku tohoto registru byl v témže roce vstup České republiky do Evropské unie. Podpisem významných mezinárodních dokumentů, jako je Aarhuská smlouva a Protokol o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek, se tak ČR zavázala plnit povinnosti v oblasti životního prostředí, které z těchto mezinárodních aktů vyplývají. Jedná se především o shromažďování a šíření informací o životním prostředí, umožnění svobodného přístupu veřejnosti k těmto informacím a tvorbu registru úniků a přenosů znečišťujících látek. [25]

Vznik a provoz tohoto registru podléhal tehdy doplněné legislativě rozšířené o nové právní nástroje, které výše uvedené procesy umožnily. Tato legislativa také prošla v průběhu let jistým vývojem, nicméně zásadní jsou aktuální účinné právní předpisy k IRZ [25]:

- zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů,
- nařízení vlády č. 145/2008 Sb., kterým se stanoví seznam znečišťujících látek a prahových hodnot a údaje požadované pro ohlašování do integrovaného registru znečišťování životního prostředí, ve znění pozdějších předpisů,
- nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 166/2006 ze dne 18. ledna 2006, kterým se zřizuje evropský registr úniků a přenosů znečišťujících látek a kterým se mění směrnice Rady 91/689/EHS a 96/61/ES,
- nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/1010 ze dne 5. června 2019 o sladění povinností podávání zpráv v oblasti právních předpisů souvisejících s politikou životního prostředí a o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 166/2006 a (EU) č. 995/2010, směrnic Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES, 2004/35/ES, 2007/2/ES, 2009/147/ES a 2010/63/EU, nařízení Rady (ES) č. 338/97 a (ES) č. 2173/2005 a směrnice Rady 86/278/EHS,
- prováděcí rozhodnutí Komise (EU) 2019/1741 ze dne 23. září 2019, kterým se stanoví formát a četnost údajů, které mají členské státy poskytovat pro účely ohlašování podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 166/2006, kterým se zřizuje evropský registr úniků a přenosů znečišťujících látek a kterým se mění směrnice Rady 91/689/EHS a 96/61/ES.

Kompetentními orgány v rámci IRZ je pak MŽP, dále Česká inspekce životního prostředí (ČIŽP) a Česká informační agentura životního prostředí (CENIA). [25]

Vznik ohlašovací povinnosti pro producenty odpadních vod je podmíněn překročením stanoveného ohlašovací prahu za příslušný ohlašovací rok. Příklady prahových hodnot znečištění, které jsou pro úniky do vody stanoveny NV č. 145/2008 Sb. (uvedeného výše), ukazuje Tab. 2.2, přičemž jsou vybrány znečišťující látky s největšími prahovými hodnotami, tedy zpravidla často měřené ukazatele. Látky, jako je např. rtuť, mají kvůli své toxicitě prahové hodnoty stanovené naopak velmi přísně. [25]

Tab. 2.2 – Výběr prahových hodnot u často stanovených ukazatelů znečištění

Znečišťující látka (ukazatel)	Prahová hodnota [kg/rok]
celkový dusík (N_{celk})	50 000
celkový fosfor (P_{celk})	5 000
zinek a jeho sloučeniny	100
halogenované organické sloučeniny (AOX)	1 000
celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	50 000
benzen, toluen, ethylbenzen, xyleny (souhrnně BTEX)	200
chloridy (celkové Cl)	2 000 000
kyanidy (celkové CN)	50
fluoridy (celkové F)	2 000

2.2 Statistický přehled o průmyslových odpadních vodách v ČR

O vývoji situace včetně současných trendů pravděpodobně nejlépe vypovídají statistická data. Ve zkoumaném časovém údobí dokáží poukázat na přednosti i nedostatky a určit směr případných zlepšení do budoucna. Relevantních zdrojů však v tomto odvětví zejména v minulosti nebylo příliš mnoho [25], přičemž tato nevelká základna statistických dat má z většiny svůj původ zejména v činnosti a spolupráci MŽP (obvykle prostřednictvím Výzkumného ústavu vodohospodářství T. G. Masaryka) a MZe. Dalšími přispěvateli je Český statistický úřad (ČSÚ) a výjimečně také Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ).

Informativní funkci tedy částečně zastávají různé statistické ročenky, zprávy a výkazy, které porovnávají data ve zkoumané oblasti zpravidla během posledních desetiletí a umožňují tak efektivně zaznamenat výkyvy a odchylky v důsledku různých událostí, jako jsou například havárie v průmyslových podnicích nebo stále aktuální vliv pandemie COVID-19. Cílem této kapitoly je zaměřit se na míru produkce průmyslových odpadních vod. Nejprve obecně pomocí publikací MŽP a MZe (některé již byly zmíněny v souvislosti s vodními zdroji a ČOV), a posléze také konkrétně na jednotlivé průmyslové sektory a s využitím IRZ.

2.2.1 Statistika celkové produkce průmyslových odpadních vod v ČR

Nejprve lze zhodnotit produkované a vypouštěné znečištění podle jednotlivých vodohospodářských celků – státních podniků Povodí. Tyto údaje jsou přehledně zpracovány v dříve zmíněné Modré zprávě 2020 zpracované MZe a MŽP [9]. Dokument byl vydán v prosinci 2021, a je tedy do následujícího prosince (2022) nejaktuálnějším oficiálním zdrojem těchto dat. Tab. 2.3 odtud převzatá dává do porovnání hodnoty skupinových stanovení u produkovaných znečištění a znečištění vypouštěných do vodních recipientů (zde s. p. Povodí).

Produkovaným znečištěním je v Tab. 2.3 míněno množství znečištění obsažené v nijak nečištěných odpadních vodách. Jak uvádí zdroj [9] v poznámce pod tabulkou, u všech státních podniků Povodí vyjma Vltavy (v Tab. 2.3 označení „*“) musely být hodnoty vykazovaného množství produkovaného znečištění dopočteny pomocí údajů z vypouštěného znečištění. Důvodem je nevyplnění produkovaného znečištění některými ohlašovateli. [9]

Tab. 2.3 – Produkované a vypouštěné znečištění ve vodách v roce 2020 [9]

S. p. Povodí	Produkované (nečištěné) znečištění odpadních vod [t/rok]					
	BSK ₅	CHSK	NL	RAS	N _{anorg}	P _{celk}
Labe*	53 688	131 608	53 329	200 908	7 972	1 234
Vltavy	85 982	203 350	90 552	107 434	9 033	2 312
Ohře*	20 480	41 697	19 674	97 113	2 560	836
Odry*	31 517	63 964	25 975	175 697	3 637	606
Moravy*	68 605	174 164	88 053	148 802	8 176	1 866

S. p. Povodí	Vypouštěné znečištění odpadních vod [t/rok]					
	BSK ₅	CHSK	NL	RAS	N _{anorg}	P _{celk}
Labe	1 327	10 915	2 639	195 779	2 220	224
Vltavy	1 390	9 786	2 291	111 598	2 318	258
Ohře	419	3 168	1 150	95 285	1 422	279
Odry	644	5 566	1 594	192 452	1 178	131
Moravy	1 256	7 903	1 701	142 922	2 330	221

Tato tabulka uvažuje souhrn veškerých odpadních vod, nerozlišuje jednotlivé druhy. Ukazuje však kontrast mezi produkovaným a vypouštěným znečištěním, jenž u různých ukazatelů vykazuje odlišné chování, a zároveň naznačuje, do jaké míry jsme schopni procesem čištění redukovat podíl různých znečišťujících látek před vypuštěním do vodního recipientu. V současnosti aplikované čištění je velmi efektivní u parametrů BSK₅, CHSK_{Cr} a NL, které při vypuštění dosahují pouze zlomku původní hodnoty. U ostatních ukazatelů (N_{anorg}, P_{celk}) také dochází k jistému snížení, ovšem zdaleka ne tak výrazně. Úplnou výjimkou jsou rozpuštěné anorganické soli (RAS), které spolu s CHSK_{Cr} dosahují zpravidla nejvyšších hodnot. Tyto látky jsou však narozdíl od CHSK_{Cr} běžnými chemickými čisticími metodami obtížně odstranitelné, naopak s použitím některých čisticích procesů (např. neutralizace) se jejich množství může ještě zvýšit [11], což je patrné i z údajů v Tab. 2.3.

Zpráva [9] také doplňuje uvedenou tabulku komentářem. Uvádí, že se produkované znečištění meziročně zlepšilo ve čtyřech ukazatelích: BSK₅ pokleslo o 3,6 %, CHSK_{Cr} o 3 %, P_{celk} o 1,4 % a NL o 0,1 %. Naopak vzrostly ukazatele RAS (o 3,1 %) a N_{anorg} (o 0,3 %). U vypouštěného znečištění obsaženého v odpadních vodách do povrchových vod pak došlo k poklesu pouze u dvou parametrů: BSK₅ a CHSK_{Cr} (o 1,5 %, resp. o 0,5 %), zatímco ostatní ukazatele meziročně stouply. P_{celk} vzrostlo o 6,3 %, NL o 3,7 %, RAS o 3,6 % a N_{anorg} o 1,8 %.

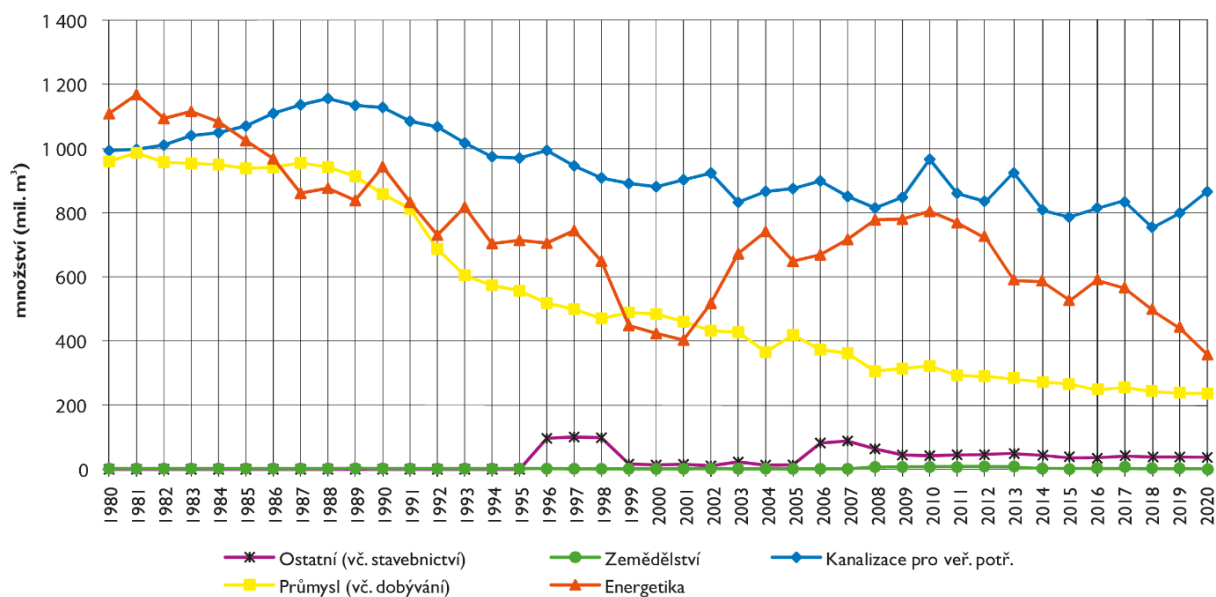
Dále se podařilo snížit i množství nebezpečných a zvláště nebezpečných látek. Totéž platí i pro makronutrienty jako je dusík a fosfor, vyvolávající nepřírozenou eutrofizaci (viz 1.4.5). V technologiích čištění odpadních vod u nových a intenzifikovaných ČOV se totiž začalo cíleně uplatňovat biologické odstraňování dusíku a biologické nebo chemické odstraňování fosforu. [9]

Zvýšení hodnot RAS během procesu čištění v územní působnosti s. p. Povodí Vltavy a Povodí Odry zpráva [9] vysvětluje častým dávkováním solí při chemickém srážení fosforu nebo přidáváním odpeňovacích solí, které se mohou právě v těchto odchylkách promítnout.

Podrobněji se vypouštění různých druhů odpadních vod v průběhu posledních desetiletí věnuje následující graf (Obr. 2.1), poskytnutý vodohospodářským resortem MŽP. [9]

Ke grafu (Obr. 2.1) zpráva [9] dodává, že v roce 2020 bylo do vodních toků vypuštěno celkem 1 502,3 mil. m³ odpadních a důlních vod, což představuje meziroční pokles o asi 1,3 % a zároveň historicky nejnižší vykázané vypuštěné množství. Samotný průmysl zaznamenal meziroční pokles o 2 %, zatímco energetika dokonce o 18,5 %, což představuje v absolutním měřítku největší pokles (relativně ke svému okrajovému zastoupení totiž meziročně nejvíce kleslo množství vypuštěných vod ze zemědělství). Tento pokles je do značné míry ovlivněn uzavřením podniků v souvislosti s pandemií COVID-19, a tedy snížením dodávek energie. [9]

Lze konstatovat, že v posledních třech letech je vývoj poměrně stabilní, bez výrazných výkyvů. Z dlouhodobého vývoje vypouštění odpadních vod je zřejmý mírný pokles evidovaného vypouštění. To je dáno především systémem vykazování, kdy dříve převažovaly volné výusti přímo do povrchové vody bez napojení na ČOV a údaje se odhadovaly z fakturované spotřeby vody. Postupným odkanalizováním území a výstavbou nových ČOV s přesným měřením vypouštěného množství vody dochází ke zpřesnění vykazovaného množství vypouštěných vod. [9]



Obr. 2.1 – Vypouštění odpadních vod do vod povrchových v ČR v letech 1980–2020 [9]

Obdobný graf lze nalézt taktéž ve Zprávě o životním prostředí ČR [19] uvedené již v souvislosti s ČOV, kde jsou uvedeny další související podrobnosti. Průmysl v roce 2020 údajně představoval 15,8% podíl z celkových vypuštěných odpadních vod (tj. 237,6 mil. m³), zatímco energetika zaujímal až 23,8 % (tj. 357,5 mil. m³). Přestože aktuálnější data zatím nejsou k dispozici, lze očekávat velmi podobný trend i v následujících letech. Dlouhodobě klesající trend u energetiky v posledním desetiletí je přisuzován snižování výroby elektřiny v parních elektrárnách a poklesu výroby tepla z fosilních paliv, a naopak rostoucímu využití obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a tepla. Tento sektor je charakteristický téměř výhradně odpadními vodami z průtočného chlazení, které ovlivňuje teplotu (teplotní znečištění) a kyslíkový režim vody. [19]

2.2.2 Statistiky jednotlivých průmyslových sektorů

Nyní se od celkové produkce odpadních vod z průmyslu dostáváme k údajům z konkrétních průmyslových odvětví. Zpracování takové statistické analýzy samo o sobě představuje problém, protože zdrojů těchto informací zejména v českém prostředí není mnoho. Doposud zmíněné statistické zprávy a ročenky obsahují vždy pouze obecné informace a uvažují zpravidla sumu veškerých produkovaných průmyslových odpadních vod s výjimkou energetiky. Obdobně v zahraničních publikacích bývá zřídka kdy specifikováno, jaký podíl mají na celkové produkci odpadních vod jednotlivé průmyslové sektory. Jedním z mála zdrojů poskytujících požadované informace je databáze Integrovaného registru znečištění, představená v legislativním přehledu v předchozí kapitole. Už od jeho vzniku v roce 2004 je IRZ koncipován jako webové rozhraní, které výběrem požadované kategorie a vymezením oblasti zájmu pomocí filtrů zobrazuje data přímo na webové stránce, a tuto formu si zachoval dodnes. Emise nahlášené do IRZ bývají aktualizovány zpravidla s dvouletým zpožděním, jinými slovy k tomuto datu (květen 2022) jsou v databázi dostupná data z roku 2020. [26]

Přestože je IRZ patrně jediným veřejně dostupným, a především také stále aktuálním zdrojem dat v této oblasti výzkumu, v žádném případě není tento systém bezchybný. V prvé řadě povinnost ohlašovat emise odpadních vod připadá pouze na provozovatele, jejichž produkce překračuje prahové hodnoty znečištění (ukázka v Tab. 2.2), což se netýká všech průmyslových odvětví. Kupříkladu u vinařství a mnoha dalších méně zastoupených sektorů průmyslu zatím údaje v databázi chybí, patrně z důvodu nedosažení zmíněných prahových

hodnot. To může být způsobeno větším množstvím malých producentů na úkor velkých (vinařských) společností. Lze tedy konstatovat, že IRZ velmi pravděpodobně monitoruje velkou část produkce odpadních vod v ČR, nikoli však celkovou. [25]

Další překážkou je, že IRZ umožňuje třídít veškerá data pouze podle názvu firmy nebo podle znečišťujících látek, nedokáže však zobrazit přehled všech průmyslových sektorů najednou, protože není explicitně zaměřen pouze na průmysl. Obdobně jako u legislativy totiž využívá klasifikaci ekonomických činností CZ-NACE, která ale vyjma průmyslu zahrnuje také zemědělství, stavebnictví a další služby neprůmyslového charakteru. Navíc lze zobrazit v jeden okamžik vždy pouze jedinou kategorii CZ-NACE, což dále komplikuje proces extrahování a zpracování dat. V praxi tedy může být komplexnější využívání IRZ poměrně časově náročné, protože k získání kompletních dat je nutné manuálně projít velké množství ekonomických činností, z nichž ne všechny jsou průmyslové, anebo nemusí obsahovat data. [26]

Výstup z IRZ shrnující emise znečišťujících látek ve vodách z různých průmyslových odvětví je tedy hlavním cílem této podkapitoly, přičemž je uveden ve formě tabulky (Tab. 2.4) výběr průmyslových sektorů, u kterých k roku 2020 probíhala evidence znečištění odpadních vod. Pokud v kontextu ostatních společností v daném odvětví ohlašuje nějaká provozovna znatelně menší koncentrace zkoumaných látek, je z výběru automaticky vynechána. Za hodnotou přenosu je vždy v hranatých závorkách uvedena metoda zjišťování: C = vypočteno (calculated), E = odhadnuto (estimated), M = změřeno (measured). [26]

V registru se kromě znečištění ovzduší a půdy rozlišují přenosy v odpadních vodách a úniky do odpadních vod. Dle oficiálních webových stránek o IRZ [25] se přenosy v odpadních vodách rozumí látky obsažené ve vodě ve stavu, kdy opouští provozovnu, ve které byly vyprodukovány, přičemž koncovým bodem je čistírna odpadních či průmyslových vod mimo předmětnou provozovnu. Případy, kdy znečišťující látky putují přímo do vodního recipientu (ať už z provozovny, nebo z ČOV), jsou pak ohlašovány jako úniky do vody. [25]

Tab. 2.4 – Přehled vybraných emisí znečištění ve vodách z databáze IRZ [26]

CZ-NACE klasifikace ekonomické činnosti organizace (provozovna) evidovaný ukazatel	Úniky do vody [kg/rok]	Přenosy v OV [kg/rok]
05.10.1 Těžba černého uhlí		
OKD, a.s. (Důl Karviná, závod ČSA – lokalita Jan-Karel)		
Chloridy (jako celkové Cl)	10 404 773 [M]	–
OKD, a.s. (Důl ČSM, vnitřní organizační jednotka)		
Chloridy (jako celkové Cl)	17 264 624 [M]	–
OKD, a.s. (Důl Darkov)		
Chloridy (jako celkové Cl)	3 255 639 [M]	–
10.11 Zpracování a konzervování masa, kromě drůbežího		
Kostelecké uzeniny, a.s. (Planá IRZ)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	63 224 [M]
10.13 Výroba masných výrobků a výrobků z drůbežího masa		
Vodňanská drůbež, a.s. (Závod Vodňany)		
Celkový dusík (N _{celk})	–	27 069 [M]
Celkový fosfor (P _{celk})	–	1 391 [M]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	82 111 [M]
Těšínské jatky s r.o. (Těšínské jatky s r.o.)		
Celkový dusík (N _{celk})	–	3 991 [C]
Celkový fosfor (P _{celk})	–	407 [C]

CZ-NACE klasifikace ekonomické činnosti organizace (provozovna) evidovaný ukazatel	Úniky do vody [kg/rok]	Přenosy v OV [kg/rok]
10.51 Zpracování mléka, výroba mléčných výrobků a sýrů		
OLMA, a.s. (OLMA, a.s.)		
Celkový fosfor (P _{celk})	–	9 854,5 [M]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	514 075 [M]
MADETA, a.s. (MADETA, a.s. závod Planá nad Lužnicí)		
Celkový fosfor (P _{celk})	–	11 409 [M]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	331 883 [M]
MADETA, a.s. (MADETA, a.s. závod Jindřichův Hradec)		
Celkový fosfor (P _{celk})	–	5 547 [M]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	162 233 [M]
Brazzale Moravia, a.s. (Brazzale Moravia, a.s.)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	262 930 [M]
Mlékárna Hlinsko, a.s. (Mlékárna Hlinsko, a.s.)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	126 914 [C]	–
10.81 Výroba cukru		
Hanácká potravinářská společnost s r.o. (Hanácká potravinářská společnost s r.o.)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	85 735 [M]
Moravskoslezské cukrovary s r.o. (Moravskoslezské cukrovary s r.o., o.z. Opava)		
Celkový dusík (N _{celk})	–	2 923 [M]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	10 632 [M]
11.05 Výroba piva		
Budějovický Budvar, národní podnik (Pivovar Budějovický Budvar)		
Celkový fosfor (P _{celk})	–	13 035 [M]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	808 055 [M]
Pivovary Staropramen s r.o. (Pivovary Staropramen s r.o. – Smíchov)		
Celkový dusík (N _{celk})	–	51 768 [M]
Celkový fosfor (P _{celk})	–	8 550 [M]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	689 663 [M]
Plzeňský Prazdroj, a.s. (Pivovar Radegast Nošovice)		
Celkový fosfor (P _{celk})	–	9 728 [M]
Plzeňský Prazdroj, a.s. (Pivovar Plzeň)		
Celkový dusík (N _{celk})	–	96 831 [M]
Celkový fosfor (P _{celk})	–	19 562 [M]
11.07 Výroba nealkoholických nápojů; stáčení minerálních a ostatních vod do lahví		
FONTEA, a.s. (FONTEA, a.s.)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	57 400 [M]
Mattoni 1873, a.s. (závod Dobrá Voda, Byňov)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	53 618 [M]
13.10 Úprava a spřádání textilních vláken a příze		
Nejdecká česárna vlny, a.s. (Nejdecká česárna vlny, a.s.)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	158 700 [M]
Halogenované organické sloučeniny (AOX)	–	2 300 [M]

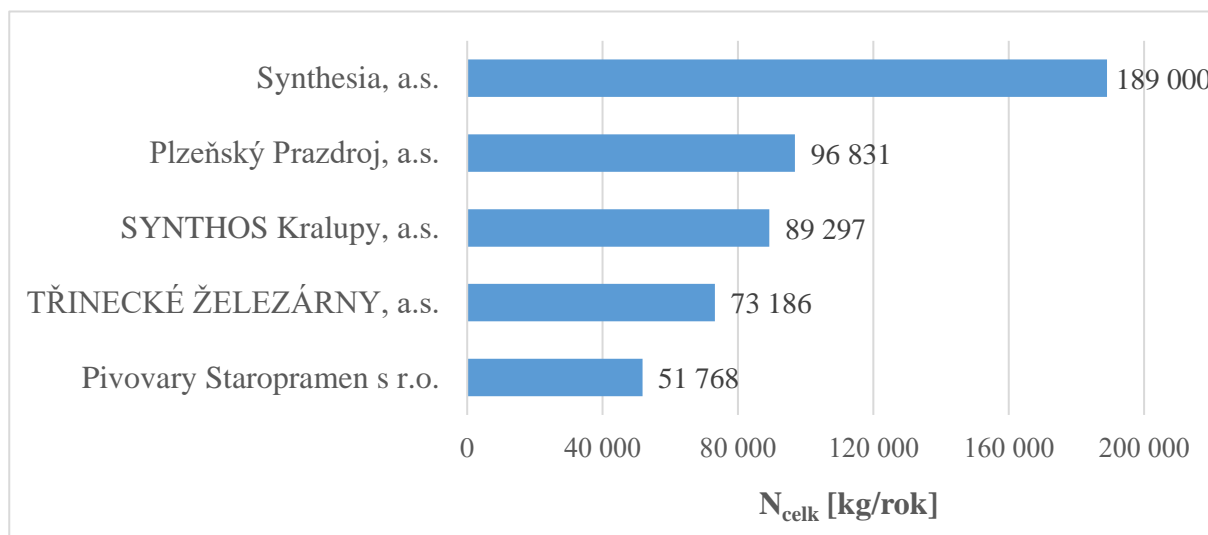
CZ-NACE klasifikace ekonomické činnosti organizace (provozovna) evidovaný ukazatel	Úniky do vody [kg/rok]	Přenosy v OV [kg/rok]
13.20 Tkaní textilií		
Toray Textiles Central Europe s r.o. (TTCE Prostějov – Tkalcovna a barevna)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	146 216 [M]
13.30 Konečná úprava textilií		
VEBA, textilní závody, a.s. (VEBA a.s. závod Olivětín)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	98 067 [C]
17.11.1 Výroba chemických buničín		
Lenzing Biocel Paskov, a.s. (Biocel Paskov, a.s.)		
Celkový dusík (N _{celk})	90 754 [M]	–
Celkový fosfor (P _{celk})	17 643 [M]	–
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	540 821 [C]	–
17.12 Výroba papíru a lepenky		
JIP – Papírny Větrní, a.s. (JIP – Papírny Větrní, a.s.)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	153 200 [E]
Mondi Štětí, a.s. (Mondi Štětí, a.s. – Celulozka)		
Celkový fosfor (P _{celk})	8 815 [M]	–
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	1 149 410 [M]	–
Halogenované organické sloučeniny (AOX)	8 100 [M]	–
Chrom a jeho sloučeniny	40 [M]	–
Měď a její sloučeniny	368 [M]	–
Nikl a jeho sloučeniny	74 [M]	–
Zinek a jeho sloučeniny	2 010 [M]	–
19.10 Výroba koksárenských produktů		
OKK Koksovny, a.s. (Koksovna Svoboda)		
Fenoly (jako TC)	–	118 560 [M]
Kyanidy (jako celkové CN)	–	1 132 [M]
20.12 Výroba barviv a pigmentů		
PRECHEZA, a.s. (PRECHEZA, a.s.)		
Fluoridy (jako celkové F)	6 534 [M]	–
Synthesia, a.s. (Synthesia, a.s.)		
Benzen	–	6,1 [M]
Celkový dusík (N _{celk})	–	189 000 [M]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	292 000 [M]
Ethylbenzen	–	3,7 [E]
Fenoly (jako TC)	–	50,8 [E]
Chloridy (jako celkové Cl)	–	2 674 000 [E]
Chrom a jeho sloučeniny	–	480 [M]
Měď a její sloučeniny	–	1809 [M]
Naftalen	–	24,3 [M]
Nikl a jeho sloučeniny	–	453 [M]
Olovo a jeho sloučeniny	–	132 [E]
Toluen	–	2 480 [M]
Zinek a jeho sloučeniny	–	398 [M]

CZ-NACE klasifikace ekonomické činnosti organizace (provozovna) evidovaný ukazatel	Úniky do vody [kg/rok]	Přenosy v OV [kg/rok]
20.15 Výroba hnojiv a dusíkatých sloučenin		
Lovochemie, a.s. (Lovochemie, a.s., Lovosice)		
Celkový dusík (N _{celk})	101 051 [M]	–
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	103 339 [C]	–
Fluoridy (jako celkové F)	2 120 [M]	–
Zinek a jeho sloučeniny	3 336 [M]	–
20.17 Výroba syntetického kaučuku v primárních formách		
SYNTHOS Kralupy, a.s. (SYNTHOS Kralupy, a.s.)		
Benzen	–	16 [E]
Celkový dusík (N _{celk})	51 695 [E]	89 297 [C]
Celkový fosfor (P _{celk})	–	8 670 [C]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	144 588 [C]	263 914 [C]
Ethylbenzen	–	357 [E]
Toluen	–	93 [E]
20.60 Výroba chemických vláken		
Glanzstoff – Bohemia s r.o. (Bohemia s r.o.)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	133 526 [M]
Zinek a jeho sloučeniny	–	22 074 [M]
24.10.1 Výroba surového železa, oceli a ferolitín		
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. (Provozovna Třinec)		
Celkový dusík (N _{celk})	–	73 186 [M]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	318 032 [M]
Fenoly (jako TC)	–	280 641 [M]
Fluoridy (jako celkové F)	–	7 400 [M]
Kyanidy (jako celkové CN)	–	2 145 [M]
Zinek a jeho sloučeniny	–	1 824 [M]
25.61 Povrchová úprava a zušlechťování kovů		
Bekaert Bohumín s r.o. (Bekaert Bohumín s r.o.)		
Olovo a jeho sloučeniny	–	5 823 [M]
Zinek a jeho sloučeniny	–	1 141 [M]
Brose Cz spol. s r.o. (Brose Cz spol. s r.o.)		
Celkový fosfor (P _{celk})	–	377,5 [M]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	10 989 [E]
Halogenované organické sloučeniny (AOX)	–	15,8 [M]
PACOVSKÉ STROJÍRNY, a.s. (PACOVSKÉ STROJÍRNY, a.s.)		
Chrom a jeho sloučeniny	–	24 512 [C]
Nikl a jeho sloučeniny	–	10 905 [C]
ZinkPower Ostrava, a.s. (ZinkPower Ostrava)		
Zinek a jeho sloučeniny	–	1 347 [M]
26.11 Výroba elektronických součástek		
ON SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC s r.o. (ON SEMICONDUCTOR CZ s r.o.)		
Celkový dusík (N _{celk})	–	66 265 [E]
Celkový fosfor (P _{celk})	–	19 787 [E]

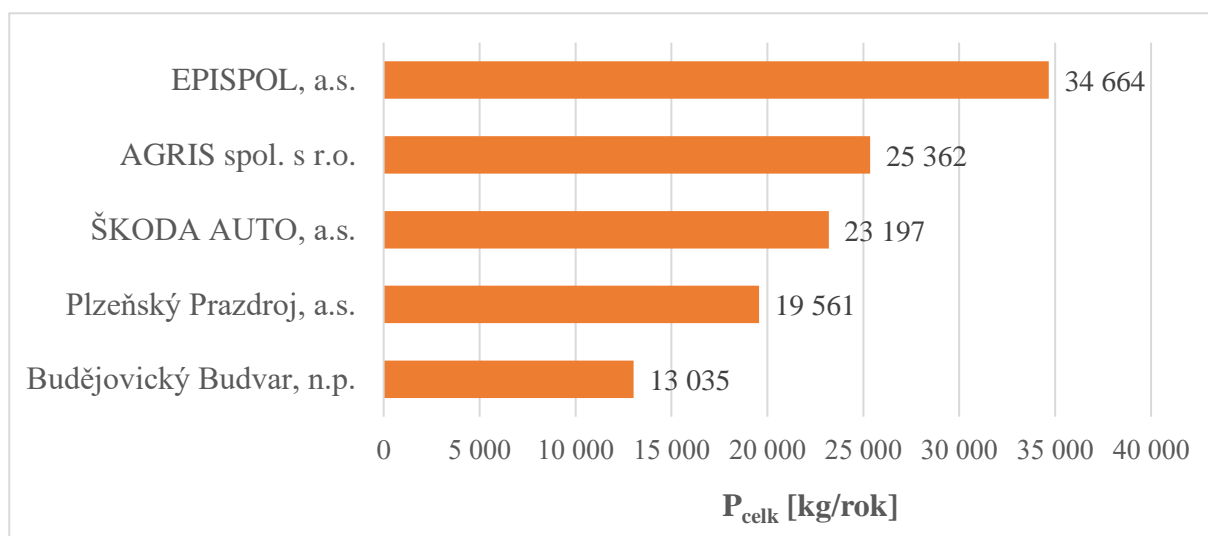
CZ-NACE klasifikace ekonomické činnosti organizace (provozovna) evidovaný ukazatel	Úniky do vody [kg/rok]	Přenosy v OV [kg/rok]
26.11 Výroba elektronických součástek		
ON SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC s r.o. (ON SEMICONDUCTOR CZ s r.o.)		
Fluoridy (jako celkové F)	–	73 618 [E]
Chrom a jeho sloučeniny	–	74,1 [E]
29.10 Výroba motorových vozidel a jejich motorů		
ŠKODA AUTO, a.s. (závod Mladá Boleslav)		
Celkový fosfor (P _{celk})	–	23 197 [M]
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	515 324 [M]
Nikl a jeho sloučeniny	–	4 693 [M]
Zinek a jeho sloučeniny	–	7 338 [M]
32.99 Ostatní zpracovatelský průmysl j. n. (jinde neuvedených)		
KERAM spol. s r.o. (KERAM spol. s r.o.)		
Zinek a jeho sloučeniny	3 718 [C]	–
35.11 Výroba elektřiny		
C-Energy Planá s r.o. (C-Energy Planá s r.o.)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	63 865 [C]
ČEZ, a.s. (Jaderná elektrárna Dukovany)		
Celkový dusík (N _{celk})	–	35 145 [M]
ENERGETIKA TŘINEC, a.s. (Provozy Teplárny a Tepelná energetika)		
Fluoridy (jako celkové F)	–	7 400 [M]
Kyanidy (jako celkové CN)	–	71,9 [M]
Zinek a jeho sloučeniny	–	1 824 [M]
Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s. (zpracovatelská část)		
Arsen a jeho sloučeniny	–	691,5 [M]
Fenoly (jako TC)	–	42,6 [M]
Rtuť a její sloučeniny	–	1,2 [M]
35.22 Rozvod plyných paliv prostřednictvím sítí		
ČEZ Energetické služby s r.o. (ČEZ En ÚČOV)		
Fenoly (jako TC)	75 [M]	–
Zinek a jeho sloučeniny	190 [M]	–
35.30.1 Výroba tepla		
ENERGOAQUA, a.s. (Rožnov pod Radhoštěm)		
Fluoridy (jako celkové F)	17 128 [M]	–
Kyanidy (jako celkové CN)	52 [M]	–
Měď a její sloučeniny	101 [M]	–
Nikl a jeho sloučeniny	295 [M]	–
Zinek a jeho sloučeniny	206 [M]	–
ŠKO-ENERGO s r.o. (Teplárna ŠKO-ENERGO s r.o.)		
Celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	–	70 317 [M]
Nikl a jeho sloučeniny	–	77 [M]
Zinek a jeho sloučeniny	–	542 [M]

Tab. 2.4 tedy představuje výčet evidovaných úniků do vody a přenosů v odpadních vodách za ohlašovací rok 2020, který je k tomuto datu (květen 2022) zatím nejaktuálnějším v databázi IRZ. Jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly, byly vynechány provozovny s minoritním zastoupením znečištění v dané ekonomické činnosti. V nabídce zadávaných parametrů vyhledávání byl vybrán běžný typ úniku či přenosu, protože havarijný únik se v roce 2020 týkal pouze jediného provozovatele, přičemž se nejednalo o závažný incident. [26]

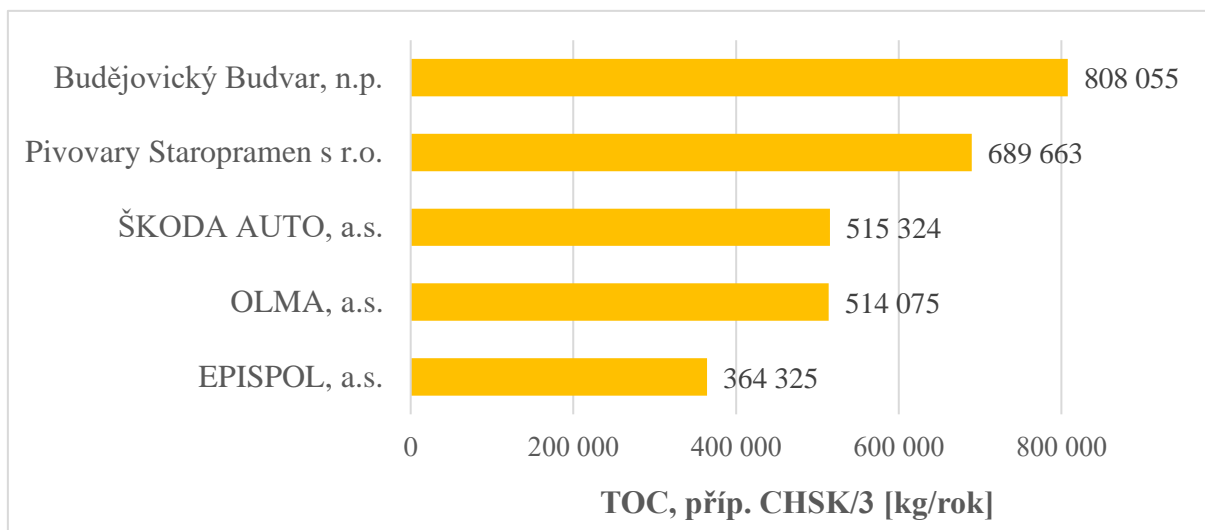
Protože nejsou do systému IRZ zabudované žádné statistické nástroje ani možnost řazení do žebříčků dle různých kritérií, mohou být data zpracována jedinež uživatelem. V tomto ohledu se v rámci této práce nabízí kromě tabulky také grafické zpracování extrahovaných hodnot, např. z hlediska největších producentů konkrétních znečišťujících látek. Tento přístup byl použit při sestavování následujících grafů (Obr. 2.2 až Obr. 2.5). Ty byly zpracovány nezávisle na předchozí tabulce (Tab. 2.4), údaje jsou však vzájemně provázané. Vzhledem ke skutečnosti, že v drtivé většině případů průmysloví provozovatelé ohlašují pouze přenosy v odpadních vodách, zatímco úniky do vody evidují výrazně méně nebo je neohlašují vůbec, bylo zde uvažováno pouze znečištění přenesené v odpadních vodách s výjimkou chloridů, kde jsou významně zastoupeny i úniky do vody. [26]



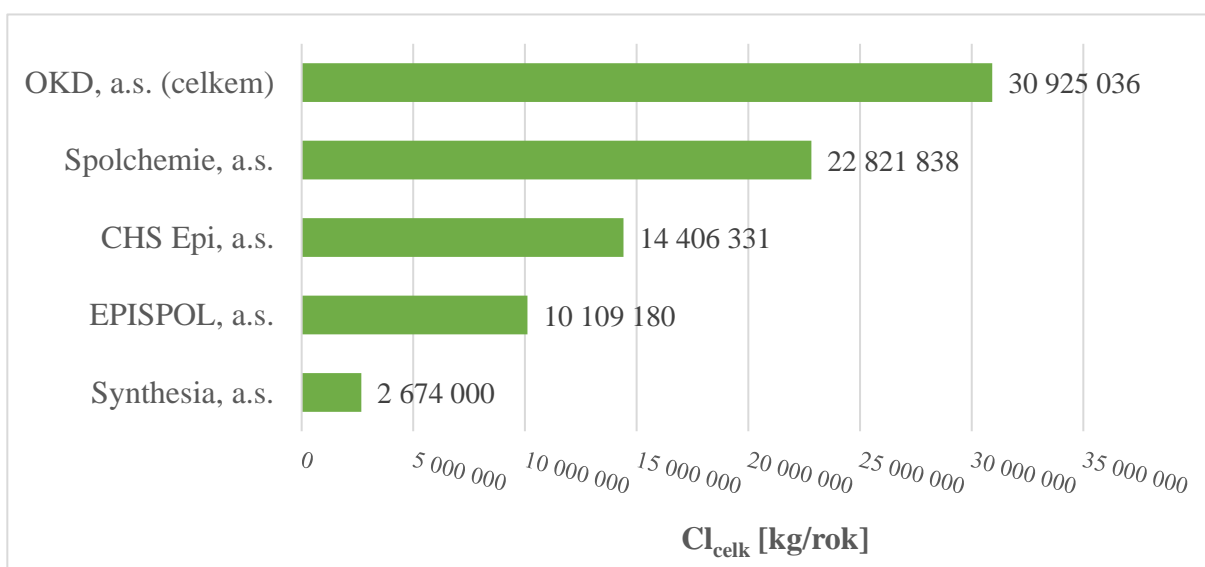
Obr. 2.2 – 5 největších producentů celkového dusíku (přenosy v OV)



Obr. 2.3 – 5 největších producentů celkového fosforu (přenosy v OV)



Obr. 2.4 – 5 největších producentů celkového organického uhlíku (přenosy v OV)



Obr. 2.5 – 5 největších producentů chloridů (přenosy v OV, u OKD úniky do vody)

Je nutné poznamenat, že v grafu (Obr 2.5) je u OKD uvedený součet údajů ze všech tří provozoven uvedených v Tab. 2.4. Současně se jedná o jediného provozovatele z tohoto výčtu, který veškeré znečištění eviduje výhradně pomocí úniků do vody. [26]

Co naznačovaly již prahové hodnoty znečištění u evidenci IRZ v Tab. 2.2 se potvrdilo také údaji v grafech (Obr. 2.2 až 2.5), a sice, že zdaleka nejvyšších hodnot znečištění vod dosahuje ukazatel Cl_{celk}, tedy koncentrace chloridů. Následuje celkový organický uhlík a celkový dusík, které se co do prahových hodnot z Tab. 2.2 od chloridů diametrálně liší (až o dva řády), přičemž tato relace platí také v praxi. Grafický přehled má sloužit především k získání alespoň orientační představy o skutečném množství vypouštěných látek a o nejvýznamnějších producentech odpadních vod s tímto znečištěním. [26]

Závěrem této statistické části je ještě poslední doplnění dosud zpracovaných údajů o shrnutí celkového množství vyprodukovaných znečišťujících látek evidovaných v IRZ, a to jak ve formě přenosů, tak i úniků. Tentokrát je navíc započítána i evidenci z ČOV a dalších služeb a jedná se tedy o celkovou sumu [25], protože databáze neumožňuje oddělit pouze

průmyslové producenty odpadních vod. Opět se jedná o výběr nejdůležitějších zástupců znečišťujících látek, obdobně jako v předchozích tabulkách a grafech, výsledkem je Tab. 2.5.

Tab. 2.5 – Celkové úniky do vody a přenosy v OV u vybraných látek pro rok 2020

Znečišťující látka (ukazatel)	Úniky do vody [kg/rok]	Přenosy v OV [kg/rok]
celkový dusík (N_{celk})	3 638 658,4	712 391,8
celkový fosfor (P_{celk})	208 389,0	245 100,0
celkový organický uhlík (TOC nebo CHSK/3)	5 091 849,5	6 660 492,6
fenoly (TC)	856,0	399 546,5
fluoridy (celkové F)	123 755,6	20 257,2
halogenované organické sloučeniny (AOX)	27 261,6	18 568,3
chloridy (celkové Cl)	55 742 063,1	50 017 891,6
kyanidy (celkové CN)	2 500,9	5 086,7
nikl a jeho sloučeniny	3 238,5	5 440,0
toluen	82,3	5 405,0

Při podrobném zkoumání databáze IRZ si lze povšimnout několika skutečností. Zatímco úniky do vody jsou spíše doménou ČOV či některých dalších služeb a až na pár výjimek je průmyslové firmy téměř neevidují, na ohlašování přenosů v odpadních vodách má naopak průmysl daleko větší podíl. Tuto úvahu potvrzuje bližší pohled na Tab. 2.4, kde jsou častěji ohlašovány pouze přenosy v odpadních vodách, zatímco úniků do vody je evidováno podstatně méně (pouze 9 ze 44 provozovatelů). Pouze jeden z uvedených provozovatelů ohlásil jak přenosy v OV, tak i úniky do vody (SYNTHOS Kralupy, a.s.). Na opačné straně v grafech (Obr. 2.2 až Obr. 2.5) bylo nutné přehodnotit původní záměr vybrat 5 největších producentů dané znečišťující látky bez ohledu na kategorii (úniky nebo přenosy). Důvodem bylo, že kromě chloridů, kde jasně dominovaly úniky ohlášené provozovatelem OKD, a.s., dosahovaly vždy nejvyšších hodnot úniků do vody právě čistírny odpadních vod nebo producenti spadající do jiných ekonomických činností neprůmyslového charakteru. [26]

Nelze vyloučit, že i do celkových přenosů v odpadních vodách přispívá mnoho neprůmyslových producentů, přesto se však dá s mírnou nadsázkou konstatovat, že přenosy v OV mohou představovat velmi hrubý základní odhad každoroční produkce odpadních vod z českého průmyslu. Tohoto předpokladu bylo mimo jiné využito při filtraci velkého objemu přebytečných dat z IRZ u sestavování grafů (Obr. 2.2 až 2.5). Ve většině případů totiž průmysloví provozovatelé disponují pouze nezbytnými prostředky na předčištění, případně dosahují primárního stupně vyčištění odpadní vody a takto zpracovanou ji vypouštějí do kanalizace a ČOV. [26]

Jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, vypouštění odpadních vod v minulosti nepatřilo mezi nejhlašenější typy znečištění, což do jisté míry platí dodnes. Doba se nicméně neustále vyvíjí, což by mohlo do budoucna iniciovat potřebné změny a vylepšení stávajícího systému evidence znečištění v odpadních vodách. Do té doby je potřeba mít na paměti, že údaje z IRZ i jiných zdrojů zahrnují jen omezený vzorek významných producentů a prozatím nedokáží zmapovat úplný současný stav produkce odpadních vod v ČR. [26]

Nad jakými změnami lze v současné podobě IRZ uvažovat je mj. předmětem diskuse na konci této práce.

3 Odpadní vody z vinařství

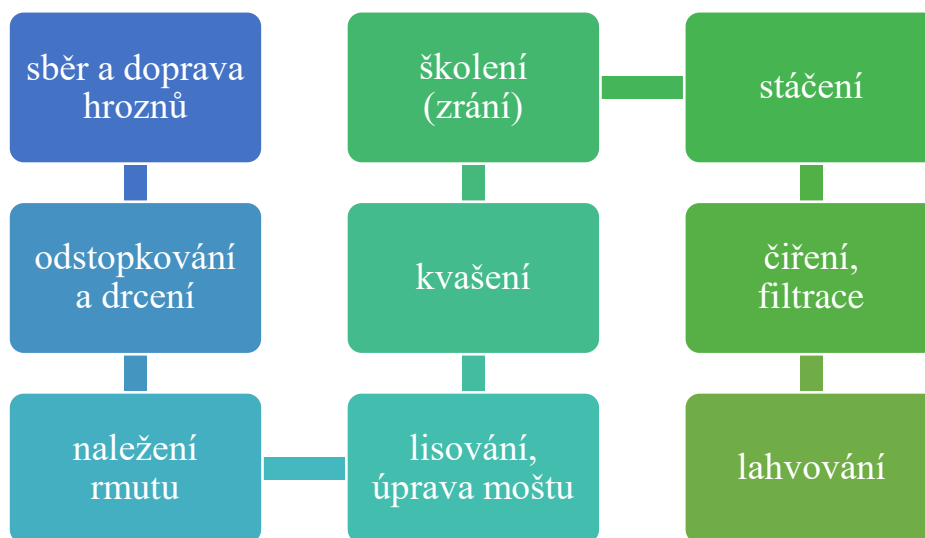
Doposud byly předmětem zkoumání různé průmyslové odpadní vody, na něž bylo nahlíženo jako na celek tvořící významnou část produkce odpadních vod obecně. Smyslem poslední části je proto namísto dosavadního přístupu nahlédnutí do problematiky produkce a čištění odpadních vod z konkrétního průmyslu s využitím vystavěného aparátu v teoretické části. Vybraným průmyslovým odvětvím je vinařství, které sice ve své podstatě lze zařadit do potravinářského průmyslu, nicméně má svá specifika, která je nutné např. při zacházení s odpadními vodami uvažovat. Záměrem je tedy stručné představení procesu výroby vína a uvedení do souvislosti s produkcí vinařských odpadních vod. Následuje nástin dostupných a běžně využívaných čisticích metod.

3.1 Charakteristika vinařských odpadních vod a nastínění problematiky

Produkce vína je do značné míry závislá na roční době, díky čemuž se složení tuhých odpadů či odpadních vod v jednotlivých částech roku liší [27]. Právě o sezónní variabilitě a dalších vlivech na složení odpadních vod tato kapitola pojednává.

3.1.1 Krátce o procesu výroby vína

Proces výroby vína je zahájen sběrem hroznů v optimální fázi zralosti a končí lahvováním, přičemž v průběhu vznikají tuhé či polotuhé odpady a odpadní vody, jejichž složení a vlastnosti závisí na konkrétní fázi výroby. Do jisté míry mohou být ovlivněny také výběrem postupu, který si zpracovatel vína zvolí. Pro získání základní představy o návaznosti jednotlivých procesů lze schematicky naznačit výrobu vína např. takto (inspirováno podobným schématem z [28]):



Obr. 3.1 – Schéma výroby vína

Proces rozdrcení a odstopkování hroznů může probíhat buď na vinici, nebo až po dopravení na místo zpracování. Produktem této činnosti je tzv. rmut, který se u bílého vína obvykle scezuje (vzniká samotok), zatímco u červeného vína se nechává rmut naležet (vzniká intenzivnější extrakt, který se posléze lépe lisuje). V této fázi se také přidává disířičitan sodný ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), který zamezuje nežádoucím oxidačním reakcím. [28]

Pokračuje se lisováním, při němž jsou tuhé části rmutu odděleny od moštu, jehož následné úpravy zahrnují [28]:

- provzdušnění (u nahnílych a přesířených moštů nebo klaretů),
- odkalení (v malých vinařstvih prostou sedimentací po 12 až 24 hodin s následnou dekantací = postupným odléváním do jiné nádoby za účelem oddělení od usazenin, ve velkých vinařstvih pak pomocí odstředivek),
- zvýšení cukernatosti,
- přidavek bentonitu (u hroznů napadených hnilobou nebo ošetřených pesticidy),
- snižování acidity,
- úprava množství tríslovin (pomocí želatiny či kaseinu).

Až s upraveným moštem začíná samotné alkoholové kvašení, které probíhá v kvasných nádobách (jedná se o reaktory z korozivzdorné oceli nebo o kádě) uzavřených kvasným uzávěrem. Ten zabraňuje přístupu vzduchu, ale zároveň umožňuje unikat oxidu uhličitému. U červených vín hraje po kvašení důležitou roli ještě malolaktická fermentace, kdy dochází k přeměně kyseliny jablečné na kyselinu mléčnou a oxid uhličitý. [28]

Po kvašení následuje tzv. školení (zrání) vína, kdy se víno skladuje za kontrolovaného přístupu vzduchu v sudech nebo dubových kádích. Cílem školení vína je [28]:

- odstranit zákal (vyčeřit a stabilizovat),
- zbavit víno přebytečného oxidu uhličitého,
- zachovat aromatické látky,
- harmonizovat chuť a vůni.

Po dokvašení se pokračuje prvním stáčením do jiné nádoby. U vín určených k vyzrávání delší dobu se provádí ještě druhé stáčení (6 až 10 týdnů po prvním). Kaly z druhého stáčení obsahují méně minerálních látek a vinanu, ale zato více bílkovin. Stáčení musí rovněž probíhat za omezeného přístupu vzduchu. Ve stočeném víně jsou obsaženy látky ve formě koloidů, které se odstraňují flotací (čiřením). [28]

Lahvování předchází ještě poslední proces – filtrace, která má za úkol víno stabilizovat a vyčistit. Používají se k tomu filtrační papíry, bavlněná vlákna, celulóza, křemelina nebo perlit. Sterilní lahve (0,7 až 0,75 l) se plní pomocí hadičky využívající rozdílnou výšku hladin, nebo pomocí plnicího zařízení či sestavy. V každém případě je zapotřebí udržovat plnicí zařízení v čistotě. [28]

3.1.2 Složení a vlastnosti odpadních vod z vinařství

Odpady a odpadní vody vznikají během celého popsaného procesu výroby. Polotuhé odpady se obvykle oddělují pro pozdější odvodnění a neměly by se prát vodou, protože obsahují vysoké koncentrace organických látek, a to až 500 g/l (doposud uváděné hodnoty byly vždy v mg/l). [3]

Vinařské odpadní vody pak lze souhrnně charakterizovat nízkým pH (kyselé) a obdobně vysokým obsahem organických a nerozpuštěných látek. Značně nadlimitní hodnoty parametrů CHSK_{Cr} a BSK₅ (opět až stovky g/l) jsou často v rozporu s příslušným kanalizačním řádem, což komplikuje jejich odvádění a zejména biologické čištění. Z výzkumů plyne, že velkou část organických látek tvoří zejména cukry a organické kyseliny, dále pak obsahují ethanol, kvasinky, bílkoviny, anorganické látky či fenolické sloučeniny. [28]

Poslední zmíněné fenolické sloučeniny jsou zvláště problematické, protože mohou inhibovat (utlumovat) procesy biologického čištění a být toxické pro vodní organismy (při koncentracích 5 až 25 g/l). Ve vyšších koncentracích se vyskytují v odpadních vodách z produkce červeného vína. [28]

Vliv na hodnotu pH pak mají především vznikající organické kyseliny, ale výsledné pH může ovlivnit také použití alkalických roztoků při odstraňování vinanů nebo během kondicionování lahví. Ve většině případů mívají provozovatelé problém s plněním limitů vypouštění do kanalizace právě pro nízké pH a vysoké hodnoty CHSK_{Cr} a BSK₅. [28]

Problematika těchto odpadních vod spočívá také v již zmiňované sezónní variabilitě během ročních období. Ta způsobuje, že se mění jak množství vyprodukovaných odpadních vod, tak i jejich složení, což způsobuje různou míru zatížení ČOV v průběhu roku. Tento vývoj lze znázornit následující tabulkou (Tab. 3.1) převzatou z americké Agentury pro ochranu životního prostředí, která ve své publikaci [29] rozděluje jeden rok na 6 období, ve kterých převažují vždy určité výrobní a další procesy.

Tab. 3.1 – Popis procesů produkce vína a odpadních vod během jednoho roku [29]

Období	Měsíce v roce	Charakteristika procesů a odpadních vod
před sklizní	leden, únor	lahvování, čištění nádrží (NaOH), čištění ostatních nádrží a zařízení
brzká sklizeň	únor, březen	rapidní vzrůst průtoku odpadních vod (na 40 % týdenního průtoku), dominuje zpracování bílého vína
vrcholná sklizeň	březen až květen	maximální produkce odpadních vod, operace kolem sklizně vrcholí
pozdní sklizeň	duben až červen	průtok odpadních vod klesá zpět na 40 % maximálního týdenního průtoku, dominuje zpracování červeného vína, případně destilace ethanolu
po sklizni	květen až září	ukončuje se kvašení, na kvalitu odpadních vod má vliv čištění nádrží atd., kvalita vody je špatná
mimo sklizeň	červen až prosinec	nejnižší průtoky odpadních vod, méně než 30 % maximální týdenní produkce, kvalita vody závisí na konkrétních aktivitách

Z této tabulky lze vyčíst, že se veškeré zásadní procesy kolem produkce vína odehrávají během tří čtvrtin roku, přičemž nejkoncentrovanější odpadní vody vznikají během stáčení a čiření. Po zbytek roku odpady vznikají pouze minimálně. Přestože se vlastnosti vinařských odpadních vod v mnohém shodují, v konečném důsledku produkuje každý zpracovatel odpadní vody s jedinečnými vlastnostmi. [28]

Dalším faktorem odlišných vlastností odpadních vod, jehož vliv je naznačen už v Tab. 3.1, je také různorodé využití vody při výrobě vína. Odpadní vody mohou vznikat při těchto činnostech [28]:

- čištění nádrží a nádob (mlýnkoodzrňovací nádrže, nádoby z transportu hroznů a ze skladování rmutu, nádoby pro odkalení, kvasné nádoby či nádoby pro zrání),
- úklid podlah a prostor,
- proplachování spojovacích článků výrobní linky (zachování sterility plnicího zařízení, přelévání do nových nádob při stáčení),
- vymývání barelů (ze školení vína, ze stáčení, odkalování),
- ztráty rozlitím, nesprávnou manipulací, nehody,
- provoz a obsluha stáčecího zařízení,
- odpady z filtračního zařízení (po testování před lahvováním, případně v průběhu celého procesu),
- dešťová voda zachycená v systému nakládání s odpadními vodami.

Detailní složení a procentuální zastoupení jednotlivých sloučenin v rámci $CHSK_{Cr}$ ve vinařských odpadních vodách je naznačeno v následující tabulce (Tab. 3.2) převzaté z [3]:

Tab. 3.2 – Koncentrace sloučenin typicky obsažených v OV z vinařství [3]

Sloučenina nebo ukazatel	Koncentrace nebo hodnota	% $CHSK_{Cr}$
pH	5	–
NL (nerozpuštěné látky) [g/l]	3,30	–
$CHSK_{Cr}$ [g/l]	12,70	100,0
ethanol [g/l]	4,90	80,3
glukóza a fruktóza [g/l]	0,87	7,3
glycerol [g/l]	0,32	3,1
kyselina vinná [g/l]	1,26	5,3
kyselina jablečná [g/l]	0,07	0,4
kyselina mléčná [g/l]	0,16	1,2
kyselina octová [g/l]	0,30	2,6

Ethanol je viditelně hlavní organickou složkou těchto odpadních vod a může představovat až 90 % z celé koncentrace $CHSK_{Cr}$. Výjimkou je období sklizně hroznů, kdy jsou převládající organickou složkou cukry. Objem etanolu v odpadní vodě může dosahovat až 1 %. [3]

3.2 Čištění vinařských odpadních vod

Každý producent odpadních vod z výroby vína je povinen splnit podmínku uvedenou v paragrafu 4 NV č. 401/2015 [20], tj. zajistit biologické vyčištění těchto odpadních vod (podrobněji popsáno již v 2. části), aby je následně mohl vypouštět do vod povrchových. Pokud nemá k dispozici vlastní mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod a stanoveny příslušné limity pro vypouštění, musí zajistit vyčištění jiným způsobem, obvykle vypouštěním do kanalizace a společným čištěním na nejbližší komunální ČOV. Vzniká tedy povinnost uzavřít smlouvu s provozovatelem kanalizační sítě, kdy producent musí splnit limity v této smlouvě uvedené (podmínky platného kanalizačního řádu). [20]

Vyhovět těmto limitům lze pomocí čištění odpadních vod v místě vzniku před jejím vypuštěním do kanalizace. Cílem je především snížit hodnoty $CHSK_{Cr}$, BSK_5 a nerozpuštěných látek (NL), dále pak zvýšit pH pomocí neutralizace. K tomuto účelu se nabízí několik čisticích metod, přičemž každá má své přednosti a jejich efektivitu ovlivňují různé podmínky při procesu čištění. Souhrn metod a parametrů ovlivňujících jejich účinnost vyjadřuje Tab. 3.3 přeložená ze zdroje [30]:

Tab. 3.3 – Metody čištění vinařských OV a parametry ovlivňující jejich efektivitu [30]

Fyzikálně chemické procesy
pH, koncentrace koagulantu/flokulantu a jeho typ, rychlost a doba míchání, teplota, hustota
Biologické procesy (aerobní a anaerobní)
BSK_5 , pH, teplota, NL, kvalita kalu, doba zdržení kalu, kinetika růstu, citlivost na prostředí
Membránová filtrace a separace
pH, tlak, teplota, průtok, NL, zákal, obsah iontů a solí, vlastnosti a konfigurace membrány
Pokročilé oxidační procesy (AOP)
pH, $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , NL, množství oxidů a katalyzátorů, teplota, přítomnost plynů, doba

Z metod uvedených v Tab. 3.2 jsou nejběžněji používanými biologické a fyzikálně chemické čisticí procesy [30]. Ostatní zmíněné metody jsou minimálně v oblasti vinařství stále poměrně nové a prozatím nebylo vypracováno dostatečné množství studií zkoumajících efektivitu těchto metod při čištění vinařských odpadních vod. Zejména pokročilé oxidační procesy (někdy zkoumané v kombinaci s biologickým čištěním) však mohou dle [30] do budoucna představovat slibnou alternativu při zpracování vinařských odpadních vod.

Následující odstavce se přesto zaměřují hlavně na ověřené a standardně používané metody. Zejména u vinařství není výběr optimální metody čištění nikdy jednoznačný a vyžaduje kompromisy. Metoda by měla vykazovat co nejvyšší schopnost zneškodnění znečištění, což ovlivňuje několik faktorů (individuální postup výroby, složení čištěné vody, viz Tab. 3.3). Současně je třeba zvážit také výši počáteční investice a provozních nákladů. [30]

3.2.1 Fyzikálně chemické procesy

Tyto metody jsou velmi efektivní v předčištění vinařských odpadních vod, konkrétně snižují zejména obsah NL, turbiditu (zákal) a organické látky na úroveň přípustnou pro aplikaci dalších stupňů čištění např. v ČOV. Mezi úspěšně aplikované metody tohoto typu čištění se řadí [30]:

- sedimentace s přidavkem flokulantu,
- koagulace chitosanem,
- koagulace a flokulace,
- elektrokoagulace,
- srážení těžkých kovů pomocí chelatačních činidel.

Při testování těchto metod dosáhla dle [28] nejlepšího výsledku koagulace chitosanem, která byla neúčinnější v odstranění CHSK_{Cr} s nejnižší zbytkovou koncentrací tohoto stanovení. Chitosan je přírodní koagulant, který představuje alternativu ke koagulantům na bázi kovů, protože na rozdíl od nich umožňuje opětovné využití kalu. Rozumné efektivitu dosáhly také metody elektrokoagulace a koagulace v kombinaci s flokulací. Nejméně účinným testovaným procesem bylo pak chemické srážení pomocí chelatačních činidel. U těchto metod je také nezbytné zvýšení pH před zahájením procesu, protože při zachování původní hodnoty je u těchto procesů prokázán významný pokles účinnosti. [28]

3.2.2 Biologické čištění a biodegradabilita

Zatímco fyzikálně chemické metody jsou vhodné spíše pro předčištění vinařských OV, procesy založené na biologickém principu se naopak mohou využívat pro sekundární čištění a na proces předčištění tak navázat. [30]

Pro úspěšné použití biologického čištění musí být znečištění odpadní vody biologicky rozložitelné. Za biologicky čistitelné se dle [11] považují vody s poměrem $\text{BSK}_5:\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ vyšším než 0,5. Tento poměr se dle [28] u odpadních vod z produkce vína pohybuje od 74 do 95 % (údaje měření v období sklizně hroznů), jsou tedy biologicky čistitelné.

Pro efektivní biologické vyčištění vody potřebují mikroorganismy kromě organických látek také dostatečné množství nutrientů (dusík, fosfor). Zavádí se proto další poměr ukazatelů $\text{BSK}_5:\text{N}:\text{P}$ zohledňující tuto podmínku. Empiricky byl stanoven poměr 100:5:1 pro aerobní a 800:5:1 pro anaerobní čištění. Zejména u aerobního čištění bývá poměr často nevyrovnaný, v takovém případě je nutné dodávat nutrienty v podobě amoniakálního dusíku (N-NH_4^+) a fosforečnanů. Anaerobní poměr je naproti tomu většinou vyhovující a není potřeba látky dodávat. [28]

Předností těchto metod je především ekologická nezávadnost, dále u nich není nutné upravovat hodnotu pH ani přidávat nutrienty. Konvenčním čištěním pomocí aktivovaného kalu u vsádkového reaktoru lze dosáhnout redukce koncentrace CHSK_{Cr} až o 98 % a 50% snížení BSK_5 . [28]

Při rozhodování, kterému čisticímu procesu dát přednost, může napovědět kupříkladu koncentrace organického znečištění v odpadní vodě. Od hodnoty BSK₅ přibližně 1 000 mg/l se za ekonomicky nejvýhodnější považují biologické anaerobní procesy. Aerobní procesy jsou naopak vhodnější pro proudy odpadních vod s nízkými koncentracemi organických látek. V některých případech se využívá také kombinace aerobního a anaerobního procesu. [28]

Nevýhodou biologického čištění je skutečnost, že i přes vysokou účinnost odstraňování organického znečištění v čištěné vodě zanechává značné zbytkové koncentrace těchto látek, které mnohdy stále nespĺňují limity platného kanalizačního řádu. Před vypuštěním je v takovém případě potřeba zařídit ještě dodatečné čištění např. fyzikálně chemickou cestou. [30]

3.3 Statistický pohled na produkci vína v ČR

Z důvodů zmíněných v druhé části práce (a dále komentovaných v diskusi) se bohužel nepodařilo vyhledat žádná statistická data ohledně produkce vinařských odpadních vod v ČR, ani např. v Evropě. Jedním ze zdrojů, který sice v současnosti nedisponuje těmito údaji, ale poskytuje alespoň informativní data o samotné produkci vína, je Svaz Vinařů ČR.

Svaz vinařů České republiky (SV ČR) je členem Agrární komory ČR, Potravinářské komory ČR, zakladatelem Národního vinařského centra, o.p.s. a členem Evropské rady vinařských odborníků (CEPV) při AREV – sdružení evropských vinařských regionů, jehož členem je Česká republika. [2]

K cílům svazu v současnosti patří práce na stále se vyvíjejícím legislativním procesu vinařského zákona, jeho prováděcích předpisech a zajištění zájmů SV ČR ve vztahu ke strukturám Evropské unie. [2]

Jak uvádí ve své Zprávě o činnosti 2021 [2], koncem roku 2021 proběhlo v pořadí již 26. výběrové šetření ke sklizni hroznů. Zjišťování proběhlo u 112 členských podniků s celkovou plochou 4 077 hektarů plodných vinic, což odpovídá přibližně čtvrtině z celkové plochy plodných vinic ČR. Z celkového množství 23 481 tun sklizených hroznů bylo dle zprávy 11 066 tun hroznů prodáno. [2]

Průměrný výnos moštových hroznů se pohyboval kolem 5,8 t/ha, a byl tedy přibližně stejný jako v loňském roce, tj. o 7 % vyšší oproti desetiletému průměru. Z hroznů sklizených v ČR bylo získáno asi 720 000 hl vína, tedy přibližně 35 % roční spotřeby ČR. Během dvaceti let se průměrná produkce vína zvýšila z 493 000 na 637 000 hl ročně, přestože se průměrný hektarový výnos snížil. Je to způsobeno zvýšením plochy vinic před vstupem do EU. [2]

Podíl modrých moštových hroznů tvořil na celkové sklizni 21 %, na prodeji 23 % a na nákupu 26 %. Tím se podíl červeného vína na tuzemské produkci vína ze sklizně 2021 pohyboval kolem 19 %.

DISKUSE

Předložená práce si dává za cíl shrnout dostupné poznatky z problematiky průmyslových odpadních vod a dále odpadních vod z vinařství. Zároveň bylo záměrem vyhledat a zpracovat statistická data z oblasti produkce odpadních vod v ČR a vyhodnotit tak současný stav.

Většina nalezených publikací, dokumentů či jiných závěrečných prací z této oblasti výzkumu je zaměřena vždy na konkrétní aspekt tohoto tématu, např. výhradně na analýzu vody (zdroj [11]) nebo metody čištění odpadních vod (zdroj [1]). Přínos této práce naopak spočívá ve sjednocení těchto informací do jednoho celku, který sice rozsahem nedovoluje vždy zacházet do podrobností při rozboru jednotlivých aspektů, nicméně zasazuje každé dílčí téma do kontextu celé problematiky a poskytuje přinejmenším základní představu o současném stavu poznání. Tato celistvost pak napomáhá komplexnímu porozumění rozsáhlého tématu a propojení jednotlivých poznatků do vzájemných souvislostí, což umožňuje kupříkladu aktivní využití zavedené terminologie v praktické části bez nutnosti doplňování kusých informací nahodile vnořených do statistického či legislativního rozboru.

Práce může také posloužit jako stručná příručka legislativy pro producenty odpadních vod či žadatele o povolení k jejich vypouštění, protože uvádí důležité povinnosti a náležitosti s odkazem na metodické pokyny např. k měření skupinových stanovení u znečištěné vody.

Problémy s dostupností aktuálních a věrohodných statistických dat již byly nastíněny v druhé části práce, zde je však na místě poněkud rozvést úvahy o možných zlepšeních v této oblasti. Vzhledem ke skutečnosti, že byl pro tuto práci využíván téměř výhradně Integrovaný registr znečištění, týká se tato část diskuse zejména této databáze. V první řadě si lze při průzkumu vývoje systému IRZ od jeho vzniku povšimnout, že zatímco podoba webových stránek přidružených k IRZ byla od roku 2004 několikrát pozměněna pravděpodobně za účelem zvýšení přehlednosti (naposledy v roce 2022 [31]), podoba webového rozhraní samotné databáze za téměř 20 let existence pravděpodobně neprošla výraznými změnami. Toto dokládá příručka k používání IRZ z [32], kde je ukázka v dnes již zastaralém systému Microsoft Windows XP, přičemž se uživatelské rozhraní vlastní databáze přesně shoduje se současnou podobou. Archiv webových stránek [33] tuto shodu potvrzuje, a to minimálně od roku 2013.

Při uvážení moderního vzhledu jiných databází podobného zaměření se tedy do budoucna nabízí zvážit modernizaci databáze IRZ s přihlédnutím k současným problémům zmíněným v druhé části. Jmenovitě se jedná zejména o omezené možnosti filtrace a řazení dat a absence statistických nástrojů pro lepší analýzu. Příkladem může být např. databáze Integrované prevence a omezování znečištění (z angl. *IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control*) přehledně zpracovaná přímo na webových stránkách MŽP [34].

Také je potřeba adresovat tvůrce webových stránek o IRZ [25], tedy primárně MŽP. Sekce [32], která má obsahovat různé další podpůrné dokumenty, manuály či legislativní dokumenty, má v současnosti z velké části nefunkční odkazy a neplní tak efektivně svou informativní funkci. Dále lze z přehledu [32] vydedukovat, že od vzniku IRZ v roce 2004 až do roku 2013 vznikaly každoročně prostřednictvím MŽP publikace nazvané Souhrnné zprávy, které pro daný ohlašovací rok obsahovaly vždy zpracování aktuálních statistických dat spolu s komentářem k okolnostem různých změn a současným trendům. Důvod přerušení této činnosti není známý, nicméně jednalo se o cenný zdroj informací navíc publikovaný oficiální institucí. Namísto zavádění statistických nástrojů do samotné databáze se tak nabízí alternativa v podobě obnovení této činnosti do budoucna, což by významně zlepšilo dostupnost informací o produkci znečištění v ČR.

Protože zatím ze strany MŽP žádné takové zpracování statistických dat není dostupné, bylo snahou této práce mj. tuto činnost částečně zastat a nabídnout tak čtenáři výběr relevantních údajů včetně komentáře namísto obtížně využitelného výpisu surových statistických dat přímo z databáze. Vzniklé grafy (Obr. 2.2 až Obr. 2.5) znázorňující množství vyprodukovaných vybraných znečišťujících látek ukázaly, že největšími producenty

jsou většinou provozovatelé s chemickým zaměřením (např. Synthesia, a.s. vyrábějící barviva) a potravinářským zaměřením (např. pivovary), případně ještě automobilový průmysl (ŠKODA AUTO, a.s.) a těžba černého uhlí (OKD, a.s.).

Poslední doporučení k IRZ a dalším zdrojům těchto dat se týká nedostatečného zaměření na menší průmyslová odvětví, jakým je mj. zmiňované vinařství. Přestože se na producenty odpadních vod těchto průmyslů často nevztahuje povinnost evidence vypouštěných odpadních vod do registru, tyto údaje mohou být pro budoucí výzkum a např. optimalizaci produkce odpadních vod stejně důležité, jako u významnějších průmyslových odvětví. K tomuto datu (květen 2022) se žádná oficiální data týkající se vinařských odpadních vod nepodařilo nalézt, lze se proto domnívat, že evidence těchto statistik velmi pravděpodobně buď není zaznamenávána, nebo v opačném případě není nikde zveřejňována. Záměr odhadnout produkci těchto vod pomocí zahraničních statistických dat bohužel dopadl ze stejných důvodů rovněž neúspěšně. Konkrétně u vinařství se do budoucna nabízí řešení v podobě iniciativy např. ze strany Svazu vinařů ČR (zmiňového v 3. kapitole), který by tyto údaje mohl v následujících letech začít zpracovávat.

Co se týká predikcí vývoje produkce odpadních vod z průmyslu dle výsledných statistik, lze očekávat zejména výrazný pokles evidovaných úniků do vody u zmíněné těžby černého uhlí. Jediným producentem je totiž OKD, a.s., u kterého má dle [35] dojít k postupnému útlumu těžby až do úplného ukončení těžby naplánovaného současnou vládou na konec letošního roku (2022). Vzhledem ke skutečnosti, že společnost OKD patří k největším producentům chloridů v odpadních vodách, což dokládá graf (Obr. 2.5) ze statistického přehledu v druhé části, mohlo by to znamenat významnou redukci zatížení životního prostředí těmito látkami.

Další z událostí posledních let, která má velký potenciál významně ovlivnit vývoj produkce odpadních vod a která se nepochybně projeví v již připravovaných statistikách pro rok 2021, je pandemie COVID-19. V této souvislosti uvádí pokles spotřeby vody i produkce odpadních vod již Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR v roce 2020 [9], který je přikládán z velké části právě následkům této pandemie.

Extrapolací údajů z grafu o produkci odpadních vod (Obr. 2.1) lze do budoucna přibližně odhadovat přetrvávající mírně klesající trend u průmyslových odpadních vod a výrazněji klesající trend u energetiky, který je však náchylnější k výkyvům v poptávce elektřiny.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala problematikou produkce průmyslových odpadních vod v ČR se zaměřením na vinařství. V první části byly popsány různé aspekty tohoto tématu, od analýzy znečištění odpadních vod až po jejich čištění a vypouštění s návazností na legislativu ČR a EU v druhé části práce. Ta dále pokračovala uceleným statistickým pohledem na produkci a vypouštění odpadních vod z českého průmyslu. Poslední část pak byla věnována často opomíjenému, avšak neméně zajímavému a velmi specifickému průmyslovému odvětví, a sice vinařství, samozřejmě z pohledu produkce odpadních vod při jeho výrobě.

Teoretická část byla zpracována formou kategorizace průmyslových odpadních vod z různých pohledů. V úvodu byly zmíněny využívané zdroje vody a odlišení průmyslových odpadních vod od těch komunálních. Následoval rozbor obecného složení odpadních vod spolu s adekvátními skupinovými stanoveními v kapitole o analýze znečištění ve vodě. Pozornost přitom byla věnována zejména ukazatelům organického znečištění a jejich vzájemnému porovnání, protože se aktivně využívají při analýze odpadních vod z vinařství. Na závěr byly obecně popsány tři stupně čištění odpadních vod včetně uvedení příkladů ke každému stupni a doporučení při volbě čisticí metody.

Legislativní úsek zahrnoval stručný výtah především z NV č. 401/2015 Sb., které stanovuje mj. emisní standardy a povinnosti provozovatelů při vypouštění průmyslových odpadních vod. Nechyběla však také zmínka o vodním zákonu (č. 254/2001 Sb.) a legislativě Evropské unie, o kterou se česká legislativa do značné míry opírá a na kterou navazuje. Posléze byl představen Integrovaný registr znečištění jako jeden z významných zdrojů informací pro kapitolu věnovanou zmapování současného stavu ohledně průmyslových odpadních vod v ČR pomocí statistické analýzy.

Ta sestávala z několika tabulek a grafů vytvořených kromě zmíněného IRZ také pomocí různých statistických publikací zpracovaných MŽP nebo MZe. Veškerá extrahovaná a zpracovaná data byla náležitě okomentována. Problematika ohledně dostupnosti těchto informací a uživatelské přívětivosti databáze IRZ pak byla podrobně rozebrána v sekci Diskuse. Jednou ze zajímavostí z tohoto výstupu byly například žebříčky největších producentů některých znečišťujících látek. Celkové výsledky byly rovněž shrnuty v diskusi.

Poslední téma o odpadních vodách z vinařství vysvětlilo jejich specifika a zdůraznilo problematiku sezónní variability, kdy při procesech výroby vína v průběhu roku vznikají odpadní vody různého charakteru a složení, společně se však vždy vyznačují zejména významným znečištěním organické povahy, které je nutné při volbě čisticí metody uvažovat. Na stručný popis dostupných běžně používaných metod pak navázala ještě statistika ohledně výroby vína.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MONSALVO, Victor M., ed. *Ecological Technologies for Industrial Wastewater Management: Petrochemicals, Metals, Semi-Conductors, and Paper Industries* [online]. Oakville, Ontario, Canada: Apple Academic Press, 2015 [cit. 2022-01-18]. ISBN 0-429-15587-5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1201/b18617>
- [2] Valná hromada 2022. *Zpráva o činnosti za rok 2021* [online]. Svaz vinařů ČR, 2022. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://www.svcr.cz/files/2022/03/ba94e92b6caed7ba096a7880b8279234.pdf>
- [3] KLEMEŠ, Jiří, Robin SMITH a Jin-Kuk KIM, ed. *Handbook of water and energy management in food processing*. Sawston, Cambridge: Woodhead Publishing, 2008. ISBN 978-1-84569-195-0.
- [4] SOJKA, Jan. *Malé čistírny odpadních vod*. 2. aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2004. ISBN 80-86517-80-2.
- [5] PETRŮ, Adolf. *Průmyslové odpadní vody*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961.
- [6] Ochrana životního prostředí. *Průmyslové odpadní vody* [online]. Vysoká škola chemicko-technická v Praze, 2021. [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://cv.vscht.cz/u3v/ochrana-zivotniho-prostredi/materialy>
- [7] Zákon č. 254/2001 Sb., *O vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. [cit. 2022-01-25].
- [8] Ochrana vod. *Podzemní vody* [online]. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2022-02-13]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/podzemni_vody
- [9] *Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR v roce 2020* [online]. Ministerstvo zemědělství. [cit. 2022-02-13]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/vyrocní-a-hodnotící-zpravy/zpravy-o-stavu-vodního-hospodarství/zprava-o-stavu-vodního-hospodarství-2020.html>
- [10] Ochrana vod. *Povrchové vody* [online]. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2022-02-13]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/povrchove_vody
- [11] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.
- [12] KVÍTEK, Libor a Aleš PANÁČEK. *Základy koloidní chemie*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2007. ISBN 978-80-244-1669-4.
- [13] ŠČUKIN, E.D, E.A PERCOV a E.A AMELINOVÁ. *Koloidní chemie*. Praha: Academia, 1990. ISBN 80-200-0259-6.
- [14] BRADY, James a Fred SENESE. *Chemistry: Matter and its Changes*. 4th Edition. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2004. ISBN 0-471-21517-1.
- [15] CHUDOBA, Jan, Jiří WANNER a Michal DOHÁNYOS. *Biologické čištění odpadních vod: vysokoškolská příručka pro vysoké školy chemicko-technologické*. Praha: SNTL, 1991. Ochrana životního prostředí. ISBN 80-03-00611-2.
- [16] ČNI. *ČSN ISO 6060 (757522) Jakost vod – Stanovení chemické spotřeby kyslíku (No. ČSN ISO 6060)*. Český normalizační institut, Praha, 2010.
- [17] *Industrial wastewater treatment – pressures on Europe’s environment* [online]. European Environment Agency, 2019. [cit. 2021-12-28]. ISBN 978-92-9480-054-1. Dostupné z: http://publications.europa.eu/publication/manifestation_identifier/PUB_THAL19001ENN
- [18] Produkty pro průmysl. *Průmyslové čištění odpadních vod* [online]. ASIO čištění a úprava vod. [cit. 2022-03-25]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/cistirny-pro-prumysl>
- [19] *Zpráva o životním prostředí ČR 2020* [online]. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20211115-Vlada-schvalila-Zpravu-o-zivotnim-prostredi-za-rok-2020

- [20] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., *O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech v platném znění*. [cit. 2022-01-25].
- [21] The World Factbook. *Explore All Countries – Czechia* [online]. Central Intelligence Agency. [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/czechia/#economy>
- [22] *Statistická ročenka ČR 2021* [online]. Český statistický úřad, 2021. [cit. 2022-04-20]. ISBN 978-80-250-3166-7. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/statisticka-rocenka-ceske-republiky-lxnk9quszp>
- [23] *Klasifikace ekonomických činností CZ-NACE* [online]. Český statistický úřad. [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/klasifikace-ekonomickych-cinnosti-cz-nace>
- [24] Metodické pokyny. *Metodický pokyn k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.* [online]. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/cz/mpoov-znecistujici-latky>
- [25] O IRZ. *Integrovaný registr znečištění* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2021. [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/o-irz>
- [26] *Vyhledávání v IRZ* [online]. Česká informační agentura životního prostředí (CENIA), 2021. [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <https://portal.cenia.cz/irz/>
- [27] ANDREOTTOLA, G., P. FOLADORI a G. ZIGLIO. *Biological treatment of winery wastewater: an overview* [online]. *Water Sci Technol* 60(5), 2009. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.2166/wst.2009.551>
- [28] *ENTECHO* [online]. Praha: VŠCHT, 2020. [cit. 2022-02-08]. ISSN 2571-1040. Dostupné z: <https://www.entecho.cz/cs-cz/db/10-35933-entecho-2020.03/predcisteniodpadnich-vod-z-produkce-vina>
- [29] *Guidelines for Wineries and Distilleries* [online]. Environmental Protection Authority (EPA), 2017. [cit. 2022-05-10] Dostupné z: https://www.epa.sa.gov.au/files/4771373_guide_wineries.pdf
- [30] Treatment of winery wastewater by physicochemical, biological and advanced processes: A review. *Journal of Hazardous Materials*. 2015, 286, 343-368. ISSN 0304-3894. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.12.043>
- [31] Archiv webových stránek IRZ. *Internet Archive* [online]. [cit. 2022-05-11] Dostupné z: https://web.archive.org/web/*/irz.cz
- [32] Dokumenty k IRZ. *Integrovaný registr znečištění* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2021. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/dokumenty#zpravy>
- [33] Databáze IRZ z roku 2013. *Internet Archive* [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20130313102952/https://portal.cenia.cz/irz/>
- [34] IPPC. *Integrovaná prevence a omezování znečištění* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2022. [cit. 2022-05-06] Dostupné z: <https://ippc.mzp.cz/ippc/ippc.nsf/search.xsp>
- [35] Energetika v ČR. *Útlum a ukončení těžby OKD* [online]. OM Solutions s r.o., 2021. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/okd-prochazi-utludem-leta-tezba-ma-uplne-skoncit-v-roce-2022>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Název	Jednotka
<i>AOP</i>	Advanced Oxidation Process (pokročilý oxidační proces)	[–]
<i>AOX</i>	adsorbovatelné organicky vázané halogeny	[mg/l]
<i>BOD</i>	biochemical oxygen demand	[mg/l]
<i>BSK</i>	biochemická spotřeba kyslíku	[mg/l]
<i>CENIA</i>	Česká informační agentura životního prostředí	[–]
<i>COD</i>	chemical oxygen demand	[mg/l]
<i>ČHMÚ</i>	Český hydrometeorologický ústav	[–]
<i>ČIŽP</i>	Česká inspekce životního prostředí	[–]
<i>Cl_{celk}</i>	celkový chlor	[mg/l]
<i>ČOV</i>	čistírna odpadních vod	[–]
<i>ČSÚ</i>	Český statistický úřad	[–]
<i>DDT</i>	dichlordifenyltrichlorethan	[–]
<i>DOC</i>	dissolved organic carbon (rozpuštěný organický uhlík)	[mg/l]
<i>EDC</i>	1,2-dichlorethan	[–]
<i>EHS</i>	Evropské hospodářské společenství	[–]
<i>EL</i>	extrahovatelné látky	[mg/l]
<i>EPA</i>	Environmental Protection Authority	[–]
<i>EQ</i>	ekvivalentní obyvatel	[–]
<i>ES</i>	Evropské společenství	[–]
<i>FOG</i>	fats, oil and grease separator (odlučovač tuků)	[–]
<i>HCB</i>	hexachlorbenzen	[–]
<i>HCBD</i>	hexachlorbutadien	[–]
<i>HCH</i>	hexachlormethan	[–]
<i>CHSK</i>	chemická spotřeba kyslíku	[mg/l]
<i>IPPC</i>	Integrated Pollution Prevention and Control (Integrovaná prevence a kontrola znečištění)	[–]
<i>IRZ</i>	Integrovaný registr znečištění	[–]
<i>M_{ads}</i>	koncentrace adsorbovaného podílu daného kovu	[mg/l]
<i>M_{biomas}</i>	koncentrace podílu kovu inkorporovaného do biomasy	[mg/l]
<i>M_{nerozp}</i>	koncentrace nerozpuštěného podílu daného kovu	[mg/l]
<i>M_{rozp}</i>	koncentrace rozpuštěného podílu daného kovu	[mg/l]

Zkratka	Název	Jednotka
$M_{sra\check{z}}$	koncentrace sraženého podílu daného kovu	[mg/l]
M_T	celková koncentrace daného kovu	[mg/l]
MZe	Ministerstvo zemědělství	[–]
$M\check{Z}P$	Ministerstvo životního prostředí	[–]
$NACE$	„Nomenclature générale des Activités économiques dans les Communautés Européennes“ (Klasifikace ekonom. činností)	[–]
N_{anorg}	anorganický dusík	[mg/l]
N_{celk}	celkový dusík	[mg/l]
NEL	nepolární extrahovatelné látky	[mg/l]
NL	nerozpuštěné látky	[mg/l]
$N-NH_4^+$	amoniakální dusík	[mg/l]
$N-NO_2^-$	dusitanový dusík	[mg/l]
$N-NO_3^-$	dusičnanový dusík	[mg/l]
NV	nařízení vlády	[–]
$OKE\check{C}$	Odvětvová klasifikace ekonomických činností	[–]
OV	odpadní voda	[–]
PAL	povrchově aktivní látky	[–]
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky	[mg/l]
PCB	polychlorované bifenyly	[–]
P_{celk}	celkový fosfor	[mg/l]
PCP	pentachlorfenol	[–]
PER	perchlorethylen (tetrachlorethylen)	[–]
POC	particulate organic carbon (nerozpuštěný org. uhlík)	[mg/l]
RAS	rozpuštěné anorganické soli	[mg/l]
$RL105$	rozpuštěné látky sušené (při 105 °C)	[mg/l]
$RL550$	rozpuštěné látky žíhané (při 550 °C)	[mg/l]
$SV\ \check{C}R$	Svaz vinařů České republiky	[–]
TC	total carbon (celkový uhlík)	[mg/l]
TCB	trichlorbenzen	[–]
TIC	total inorganic carbon (celkový anorganický uhlík)	[mg/l]
TOC	total organic carbon (celkový organický uhlík)	[mg/l]
TRI	trichlorethylen	[–]
VOC	volatile organic carbon (odtěkateľný organický uhlík)	[mg/l]

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1.1 – Odběry podzemních vod na území ČR dle oblasti využití (1980 až 2020) [9]
Obr. 1.2 – Odběry povrchových vod na území ČR dle oblasti využití (1980 až 2020) [9]
Obr. 1.3 – Čistírny dle stupně čištění odpadních vod v ČR v letech 2002 až 2020 [19]
Obr. 2.1 – Vypouštění odpadních vod do vod povrchových v ČR v letech 1980–2020 [9]
Obr. 2.2 – 5 největších producentů celkového dusíku (přenosy v OV)
Obr. 2.3 – 5 největších producentů celkového fosforu (přenosy v OV)
Obr. 2.4 – 5 největších producentů celkového organického uhlíku (přenosy v OV)
Obr. 2.5 – 5 největších producentů chloridů (přenosy v OV, u OKD úniky do vody)
Obr. 3.1 – Schéma výroby vína

SEZNAM TABULEK

- Tab. 1.1 – Způsoby využití vody v průmyslu včetně konkrétních příkladů [5]
Tab. 1.2 – Klasifikace disperzních soustav podle skupenství [13]
Tab. 1.3 – Klasifikace disperzních soustav dle velikosti dispergovaných částic [12]
Tab. 1.4 – Členění znečišťujících látek ve vodě [15]
Tab. 1.5 – Porovnání předností a nedostatků stanovení CHSK_{Cr} a TOC [11]
Tab. 1.6 – Příklady emisních standardů pro některé druhy odpadních vod [11]
Tab. 1.7 – Obecné doporučení čistících metod a monitorovaných parametrů [17]
Tab. 2.1 – Emisní standardy pro odpadní vody z průmyslu [20]
Tab. 2.2 – Výběr prahových hodnot u často stanovených ukazatelů znečištění
Tab. 2.3 – Produkované a vypouštěné znečištění ve vodách v roce 2020 [9]
Tab. 2.4 – Přehled vybraných emisí znečištění ve vodách z databáze IRZ [26]
Tab. 2.5 – Celkové úniky do vody a přenosy v OV u vybraných látek pro rok 2020
Tab. 3.1 – Popis procesů produkce vína a odpadních vod během jednoho roku [29]
Tab. 3.2 – Koncentrace sloučenin typicky obsažených v OV z vinařství [3]
Tab. 3.3 – Metody čištění vinařských OV a parametry ovlivňující jejich efektivitu [30]