

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

ADÉLA OLIVOVÁ

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Význam hygieny pro ochranu prostředí a zdraví
Bakalářská práce

2023

Adéla Olivová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Adéla Olivová**
Osobní číslo: **C20190**
Studijní program: **B0512A130006 Analýza biologických materiálů**
Téma práce: **Význam hygieny pro ochranu prostředí a zdraví**
Zadávající katedra: **Katedra biologických a biochemických věd**

Zásady pro vypracování

1. Shromážděte literární i další informace jako podkladové materiály pro pojednání o významu hygieny jak z pohledu historie, tak i vzhledem k současným potřebám v různých oblastech hospodářství, lidské činnosti a ochrany prostředí a zdraví.
2. Diskutujte, komentujte a případně i zhodnoťte různé aspekty, mechanismy a význam hygienických opatření, rozsah a úroveň jejich uplatňování a eventuální přínosy s tím související. Věnujte přitom pozornost i stavu této problematiky v ČR a otázce vnímání významu hygieny státními úřady i běžnou populací.
3. Bakalářskou práci zpracujte v souladu se Směrnicí UPa č. 7/2019 "Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací" v platném znění.

Rozsah pracovní zprávy: **25 s.**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr. Ing. Ladislav Novotný, DrSc.**
Ústav environmentálního a chemického inženýrství
Konzultant bakalářské práce: **Mgr. Gabriela Kuchtová, Ph.D.**
Ústav environmentálního a chemického inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **23. prosince 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. června 2023**

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

doc. RNDr. Tomáš Roušar, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem *Význam hygieny pro ochranu prostředí a zdraví* jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 26. 06. 2023

Adéla Olivová

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda poděkovala panu prof. Dr. Ing. Ladislavu Novotnému, DrSc. za příkladné vedení, trpělivost, poskytnuté materiály a milý přístup při konzultacích. Dále bych ráda poděkovala za přečtení práce a cenné připomínky Mgr. Gabriele Kuchtové, Ph.D. Mé poděkování patří rovněž rodině a přátelům, za podporu během psaní této práce a mého bakalářského studia.

ANOTACE

Tato kompilační práce pojednává o roli hygieny v ochraně zdraví a životního prostředí. Využití hygieny je ukázáno v různých formách za použití různých nástrojů. Existují dva obecné principy: tzv. základní (elementární) hygiena a „sofistikovanější“ (moderní). Tyto sféry byly probírány ve víceméně oddělených dvou částech s uvedením mnoha příkladů. Týkaly se například na jedné straně obecných základních hygienických pravidel a na druhé straně pokročilých technik a technologií dezinfekce, čištění a recyklace vody. Zmíněny byly i odpovídající předpisy platné v České republice.

KLÍČOVÁ SLOVA

hygiena, hygienická opatření, zdraví a životní prostředí, kontaminace, dezinfekce a čištění vody, odpady

TITLE

Hygiene and its importance in environmental protection and health

ANNOTATION

This compilation work discussed the role of hygiene in the health and environmental protection. The use of hygiene is presented in various forms by using various tools. There are two general principles: the so called elementary hygiene and more „sophisticated“ (modern) one. These two spheres were discussed in more or less separated two sections giving numerous examples. They concerned, e.g., on one side the general elementary hygienic rules and on the other side the advanced disinfection, water cleaning and recycling techniques and technologies. The corresponding regulations valid in the Czech Republic were mentioned, as well.

KEYWORDS

hygiene, hygienic measures, health and environmental protection, contamination, water cleaning and disinfection, waste

OBSAH

ÚVOD	13
1 VÝZNAM HYGIENY Z HLEDISKA HISTORIE A SOUČASNOSTI	14
2 PŘÍKLADY OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM UPLATNĚNÍM HYGIENY	16
2.1 Vodohospodářství	16
1.1.1 Problematika a aspekty ovlivňující hygienu vod.....	17
1.1.1.1 Rekreační vody.....	17
1.1.1.2 Užitková voda.....	19
1.1.1.3 Komunální a odpadní vody, mikrobiální rizika, nákazy.....	19
2.2 Potravinářství a zemědělství	21
2.3 Medicína	24
2.4 Oblast průmyslové činnosti	26
3 PŘÍKLADY SYSTEMATICKÝCH HYGIENICKÝCH OPATŘENÍ GLOBÁLNÍHO NEBO LOKÁLNÍHO VÝZNAMU	27
3.1 Vodárny, dezinfekce vod	27
3.1.1 Chlorování vod.....	28
3.1.1.1 Nepřímá elektrochemická oxidace in-situ.....	28
3.1.2 Jiné varianty dezinfekce.....	29
3.1.2.1 Dezinfekce za použití nanočástic stříbra.....	30
3.1.2.2 Solární dezinfekce vody.....	31
3.2 Komunální obecné čistírny vod	33
3.2.1 Šíření genů rezistence k antibiotikům.....	33
3.2.2 Mikroplasty.....	34
3.2.3 Farmaceuticky aktivované látky.....	35
3.2.3.1 Diklofenak.....	35
3.2.3.2 Karbamazepin.....	36
3.3 Průmyslové čistírny odpadních vod	36
3.3.1 Odstraňování poly- a perfluoroalkylových látek.....	37
3.3.2 Těžké kovy.....	38
3.3.2.1 Měď.....	38
3.3.2.2 Nikl.....	39
3.3.2.3 Chrom.....	40
3.3.2.4 Zinek.....	41
3.3.2.5 Uzavřené technologie a hygiena.....	43
4 PŘÍKLADY VYHLÁŠEK A ZÁKONŮ PRO ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	45

4.1 Evropská unie.....	45
4.2 Česká republika	45
ZÁVĚR	46
POUŽITÁ LITERATURA.....	48

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Schéma rozdělení vod	16
Obrázek 2 - Značení vod pro rekreační využití	18
Obrázek 3 - Graf výskytu bakterií v měsíci únor v nemocnici Třinec, vlastní zpracování	26
Obrázek 4 - Porovnání polyuretanové pěny s polyuretanovou pěnou potaženou AgNP.....	31
Obrázek 5 - Schéma interakce UV záření s patogeny ve vodě, 1 - zdroj záření, 2 - průchod záření skrze materiál, 3 - průchod záření vodou, 4 - interakce záření s patogeny	32
Obrázek 6 - Vzorec diklofenaku	35
Obrázek 7 - Vzorec karbamazepinu.....	36
Obrázek 8 - Porovnání metod odstraňujících PFAS, a - Elektro-Fentonova reakce, b - Elektrokoagulace, c - Elektrooxidace.....	38
Obrázek 9 - Obecný princip adsorpce.....	42
Obrázek 10 - Schéma elektrolyzéry	44
Obrázek 11 - Diagram závislosti výtěžnosti v % na použité proudové hustotě i a na elektrické vodivosti κ	44

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Faktory ovlivňující potraviny	23
Tabulka 2 - Přehled způsobů přípravy oxidu chloričitého.....	30
Tabulka 3 - Přehled bakteriálních kmenů a antibiotik, ke kterým jsou rezistentní	34
Tabulka 4 - Druhy adsorpcí pro odstraňování mědi	39
Tabulka 5 - Přehled využívaných bakterií, hub a kvasinek k remediaci chromu v odpadních vodách	41

SEZNAM POUŽÍVANÝCH ZKRATEK

ČOV...čistírna odpadních vod

UV...ultrafialové záření

MO...mikroorganismy

HACCP ...systém analýzy rizika a stanovení kritických bodů

HRA...program hodnocení zdravotních rizik

NIOSH...národní institut bezpečnosti a ochrany zdraví

KPI...formulace klíčového ukazatele

BDD...borem dopovaný diamant

AgNP...nanočástice stříbra

SODIS...solární dezinfekce

UVA...ultrafialové záření typu A

UVB...ultrafialové záření typu B

PET...polyethylentereftalát

ROS...reaktivní forma kyslíku

ATB ...antibiotika

HGT...horizontální přenos genů

PVC...polyvinylchlorid

PS...polystyren

PhAc...farmaceuticky aktivní látky

DCF...diklofenak

CBZ...karbamazepin

PFAS... poly- a perfluoroalkylované látky

ÚVOD

Hygiena půl zdraví - výrok, který provází nejrůznější lidské činnosti. Tato disciplína se zabývá lidským zdravím fyzickým i psychickým. Jedná se o širokospektrální problematiku, která je aplikovatelná v každém odvětví. Hygiena v praxi se řídí danými nebo doporučenými hygienickými postupy. Základem prevence je úspěšná potřeba dodržovat dané postupy, které se mohou lišit podle odvětví. Obecně se snažíme aplikovat prevenci proti šíření onemocnění, snížení výskytu chorob a dalších škodlivých vlivů postihujících zdraví. S hygienou se setkáváme každý den a týká se každého z nás. Mezi každodenní dodržování hygienických pravidel patří: zajišťování čistoty a kvality potravin, vody, kvalitní spánek, osobní hygiena, čistota obydlí a věci vyžadujících údržbu. Pro úspěšný rozvoj naší společnosti je potřeba hygienické postupy dodržovat a zdokonalovat je. Dnes se tím však myslí nejen zmíněná elementární (osobní) hygiena, ale především hygiena jako rozsáhlý obor, který je žádaný, rozvíjený a velmi významný pro celou společnost. [1,2]

Bohužel stále existují místa, kde je úroveň hygieny velmi nízká. To pak způsobuje zvýšenou četnost úmrtí, či vzniků epidemií a rychlé šíření nemocí. Péče o hygienu se však neustále rozvíjí. Část práce je zaměřená na seznámení čtenářů se základní rolí hygieny v životním prostředí. Začátek poukazuje na rozvoj hygieny od minulosti až po dnešní současnost, na první dezinfekční prostředky apod. Další kapitoly jsou zaměřeny na vybrané aspekty a příklady tykající se hygieny ve zvolených odvětvích, kde má její uplatnění významný vliv na ochranu prostředí a zdraví. Pojednáno je, zde o konkrétních problematikách, které s hygienou úzce souvisejí a jsou založeny např. na datech o škodlivých vlivech působících na lidské zdraví.

Jak již bylo výše zmíněno, mnoha zdravotním problémům se dá předejít pomocí správné prevence a dodržováním hygienických opatření. Mezi významné oblasti zlepšování kvality hygienických opatření např. úprava vod a sledování kvality různých typů problémů. Díky těmto úpravám klesá i výskyt zdravotních problémů. Snižováním hygienických rizik v životním prostředí se též přispívá ke zlepšování kvalit podmínek pro život.

Cílem kompilační práce je ukázat na různých vybraných příkladech a aspektech diskutovat význam hygieny pro jednotlivce i společnost. Užitečné je též porovnání stavu hygieny a její role v České republice se stavem v zahraničí.

1 VÝZNAM HYGIENY Z HLEDISKA HISTORIE A SOUČASNOSTI

První záznamy o hygieně a jejím využití byly nalezeny již v pravěku. Důkazem jsou zachovalé jeskynní malby, které zachycují neandertálce při použití nástroje podobnému hřebenu. Hmotným důkazem je nález hřebenu ze slonoviny v roce 3400 př. n. l. v Egyptě, hřeben byl využíván k odstraňování parazitů na obličeji a k holení vousů. Dá se tedy hovořit o tom, že udržování určité hygieny je lidskou potřebou, postupem času stále rozvíjenou. První kanalizace byla zavedena kolem roku 3000 př. n. l. v okolí Indu, později zde byly zavedeny i první toalety. V rozmezí 1200 – 900 př. n. l. začaly ženy používat mýdla vytvořená z oleje, používaly je na mytí nádobí. Pojem hygiena vznikl roku 429 př. n. l. v Řecku, podle bájesloví dle bohyně Hygieia, která je spoluochránkyní léčitelského kultu. Na to navázal v roce 427 př. n. l. lékař Hippokrates, který prosazoval zdravou rovnováhu a životní styl člověka, vyhýbání se vzduchu a vodě obsahující miasma (znečištění). Téma miasmat se týkalo i špatné kanalizace, nevhodného pohřbívání těl a znečištěných vod. [3]

Jednou z největších epidemií v historii bylo vypuknutí moru v roce 1346 v Asii. Hlavními přenašeči byly krysy. Dalším zdrojem nákazy byla těla nakažených, která byla shromažďována na jednom místě. První opatření byla zavedená až v Benátkách. Začaly se nosit roušky a ten, kdo přišel do kontaktu s nakaženým, se musel pokropit octem, navonět si oblečení bylinnou vůní. Hygiena ve středověku byla nedostačující, všude na ulicích se vyskytovaly výkaly, nebyla rozvinutá kanalizace. Lidé z vyšších vrstev měli dostupnější použití vody k osobní hygieně a snáze sehnali i lékaře. Obecně byla tehdy vysoká úmrtnost na různé choroby, a to i následkem nedostačující osobní hygieny, znečištěné vody atd. [4,5]

V 17. století nizozemský přírodovědec Antoni van Leeuwenhoek vynalezl mikroskop. Je považován za zakladatele mikrobiologie. Poprvé uviděl pod mikroskopem preparát s „animalcules“ v překladu „zvířátka“, obdoba dnešních bakterií. Největší rozvoj hygieny nastal v 19. století. Maďarský lékař Ignaz Semmweils se zabýval důvodem šíření horečky omladnic v nemocnicích. Tato choroba postihovala převážně rodící ženy. Vyslovil teorii antiseptiky, a zavedl mytí rukou u všech zdravotníků před a po styku s pacienty. Ruce se dezinfikovaly chlorovaným vápnem. V roce 1867 provedl Joseph Lister operaci, kdy použil na ošetření ran kyselinu karbolovou jako dezinfekci, čímž potvrdil svou teorii o antiseptice. Tato metoda byla velmi úspěšná a způsobila revoluci v chirurgii. Dalším významným vědcem byl lékař Robert Koch, který je považován za zakladatele bakteriologie. Prokázal průvodce

onemocnění anthrax a tuberkulózy. Sepsal Kochovy postuláty, tedy soubor postupů, který má prokázat souvislost mezi patogenem a daným onemocněním. Onemocněním anthrax se zabýval i francouzský chemik Louis Pasteur, který mimo to vynalezl vakcínu proti vzteklině. Zavedl metodu tepelné sterilizace potravin – pasterizace, která brání nežádoucímu kvašení. Prokázal, že kvašení je důkaz bakterií. [4,6]

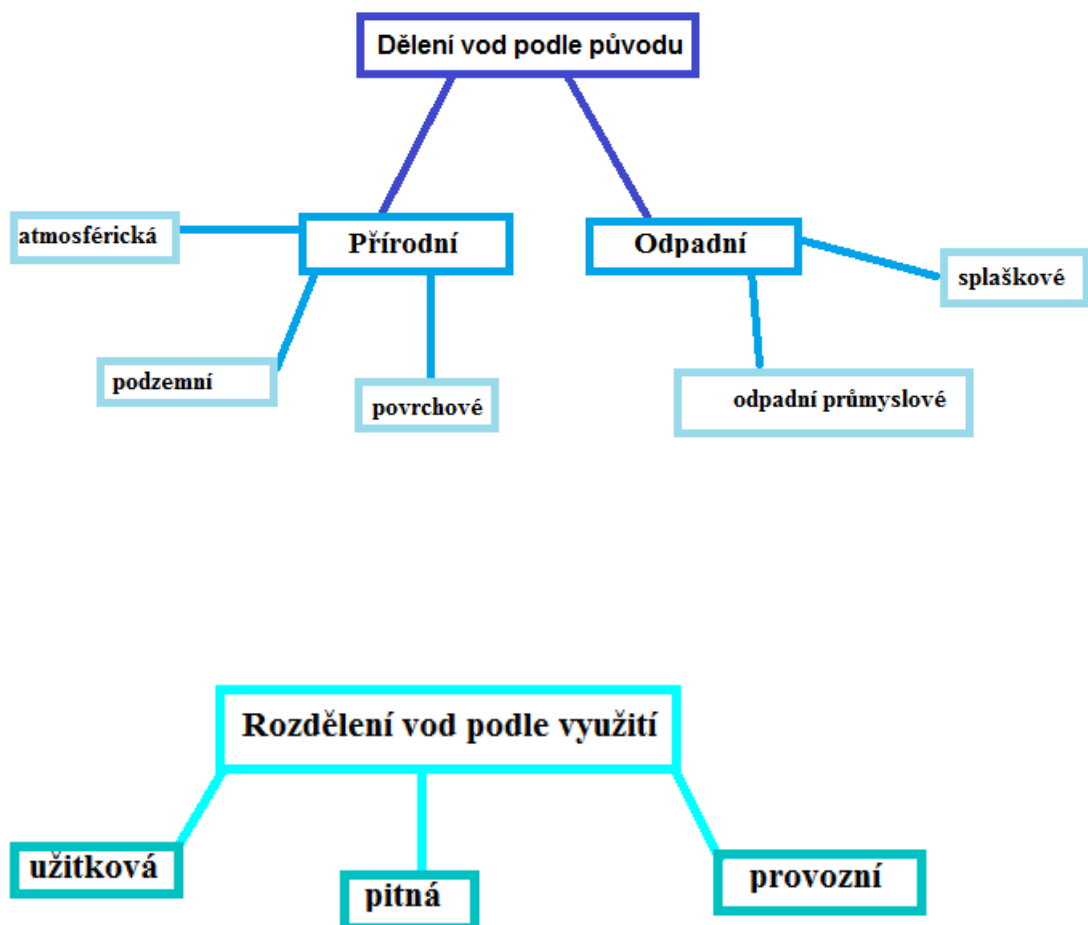
Další pokrok nastal v 19. století, kdy došlo k rozvoji řady dezinfekčních technik. První firmu na výrobu dezinfekce založili Rudolf Schulke a Julius Mayr v Hamburku roku 1889. Prvním univerzálním dezinfekčním komerčním prostředkem byl lysol, zavedený na trh v roce 1889. Byl využíván proti epidemii cholery. O několik let později byl na trh uveden prostředek sagrotan. V té době byl využíván jako všeobecná dezinfekce. Používáme jej dodnes, ale jako domácí čistící prostředek. Začátkem 20. století došlo k prudkému nárůstu šíření tuberkulózy, na tuto událost reagovali Schulke a Mayr vývojem dezinfekčního prostředku parmetol. Přípravek byl vysoce účinný proti bacilům tuberkulózy a snížil úmrtnost a šíření nemoci. V roce 1950 byly na trh uvedeny 3 přípravky, které poskytovaly účinnou ochranu proti infekci viru dětské obrny. Jednalo se o výrobky gevisol, havisol, ivisol, v té době byly hodně využívány, jelikož ještě nebyly rozšířeny očkovací vakcíny. V rozmezí let 1975-1980 byly zavedeny dvě nové dezinfekce gigasept a primasept. Dezinfekce sloužily proti šíření virům hepatitidy typu B. Primasept byl v roce 1980 uveden na trhu jako první dezinfekce na ruce. [4]

V 80. letech se začalo veřejně hovořit o šíření nemocí, zejména těch pohlavních. 1981 byl v novinách článek o šíření bezejmenné nemoci, která postihovala hlavně prostitutky a homosexuály. Později byla nemoc označena jako AIDS. Jednalo se o pohlavní chorobu, která se přenášela zejména pohlavním stykem, ale i krví (špatná sterilizace jehel u lékaře při odběru krve). Nemoc začala postihovat všechny věkové kategorie, podle statistik bylo v roce 1981 kolem 10 000 mrtvých celosvětově. V roce 1985 nabídla společnost Schülke & Mayr testovanou řadu výrobků pro dezinfekci kůže, rukou, nástrojů a povrchů, které měly spolehlivě ničit virus HIV. Později byla zavedena antivirotika na léčbu, příznaky se snížily, ale k vyléčení to nevedlo. V dnešní době je celosvětově registrováno cca 16 000 nových případů denně. Jediná správná ochrana, je prevence a hygiena. Mezi základní pravidla patří chráněný pohlavní styk, s pravidelným testováním, nedotýkat se použitých jehel, vyhýbat se rizikovým oblastem se špatným zdravotním systémem. [4,7]

2 PŘÍKLADY OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM UPLATNĚNÍM HYGIENY

2.1 Vodohospodářství

Voda je jednou z nejdůležitějších složek na zemi. Náš organismus se skládá zhruba z 70 % vody. Voda je pro nás důležitá nejen pro konzumaci, ale i pro životní podmínky zejména hygienu. Vody můžeme dělit podle různých kritérií viz obrázek 1. Toto odvětví se zabývá ochranou vod před nepříznivými faktory a vlivy, dále využitím a problematikou kvality vod. Základem vodohospodářství je hydrologie, věda studující výskyt a oběh vody v přírodě. [8]



Obrázek 1 - Schéma rozdělení vod

Jak bylo výše zmíněno toto odvětví se zabývá ochranou vod a jejich využitím. A proto můžeme rozdělit vodohospodářství na dvě kategorie. První kategorie se zabývá využitím vod, cílem je vhodné hospodaření s vodou pro různé účely. Patří sem péče o povrchové vody a vodní

toky, zásobování vody, zásobování průmyslových odvětví a zemědělství vodou. Dále se sem řadí i budování vodáren a čistíren odpadních vod (ČOV).

Druhá kategorie se zabývá ochranou vody. Ochranou myslíme činnosti spojené s čištěním odpadních a splaškových vod. Další možností je ochrana před nepříznivými účinky povodní či sucha. Ochrana se zakládá na manipulaci s průtoky ve vodních nádržích a tocích.

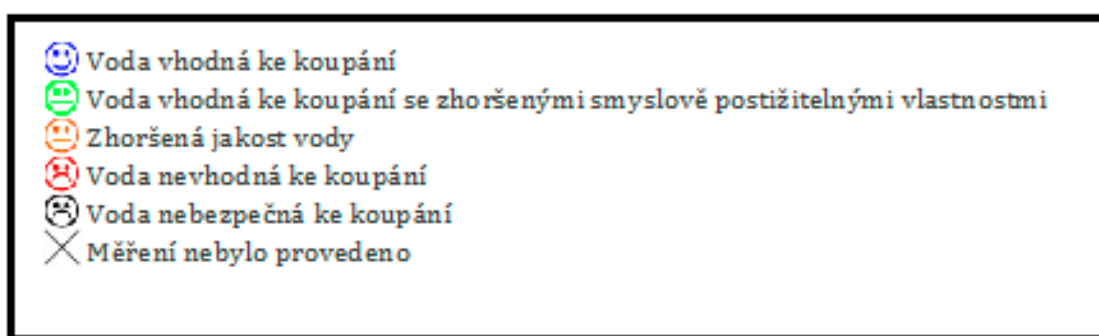
1.1.1 Problematika a aspekty ovlivňující hygienu vod

1.1.1.1 Rekreační vody

Jako rekreační vody se využívají povrchové vody. Rekreační vody jsou využívány veřejností pro celou řadu aktivit. Nejvíce jsou lidmi vyhledávány v letních měsících, zejména pro oblíbenost aktivit, jako je plavání a provádění různých vodních sportů a atrakcí. Aby byla voda vhodná k využití musí splňovat hygienické vyhlášky. Kvalita vody se musí pravidelně kontrolovat a je potřeba striktně splňovat všechna hygienická opatření spojená s provozem vodních ploch. Za splňování podmínek zodpovídají majitelé a provozovatelé, hygienická služba pak provádí opakované kontroly, zda je vše dodržováno dle zákonů. Místa pro rekreační využívání se dělí podle hygienických směrnic (*zákon č. 258/2000 Sb., vyhlášky č. 135/2004 Sb., a č. 159/2003*). Vodní plochy můžeme rozdělit na čtyři kategorie. [9]

První kategorií jsou přírodní koupaliště, jedná se o přírodní nebo umělé nádrže. Provozovatel zodpovídá za kontrolu kvality vody. Je tedy na něm, jak často kontaktuje hygienickou službu pro zkontrolování. Dále zodpovídá za dodržení hygienických pravidel (pravidelný úklid břehů, toalet, převlékacích kabin). Další kategorií jsou povrchové vody, které se využívají ke koupání. Tyto vody jsou označovány jako koupací oblast. Označuje je Ministerstvo zdravotnictví spolu s Ministerstvem životního prostředí. Kvalitu vody pravidelně zajišťuje a provádí krajská hygienická stanice. Třetí kategorií jsou ostatní vodní plochy, jsou to místa, která nejsou určena ke koupání, které je v některých případech, dokonce zakázáno. U těchto ploch se neprovádí kontrola kvality voda, proto jejich využití je tzv. na vlastní odpovědnost. Tyto vody bývají často kontaminovány mikroorganismy a odpadními látkami. Jejich použití může být zdraví ohrožující. Poslední kategorií vodních ploch jsou umělá koupaliště. Jedná se o zastavěné vnitřní bazény pro celoroční využití nebo venkovní bazény. Voda zde bývá upravována pomocí filtrace a dezinfekce. Provozovatel je povinen hlídat kvalitu vody a pravidelně kontaktovat hygienickou službu pro kontrolu vody. V bazénech může docházet k šíření kožních onemocnění, bradavic a v menším množství se zde nacházejí mikroorganismy MO. Zdrojem MO jsou převážně nakažení jedinci, kteří se pohybují po

koupališti a přenáší tak bakterie, např. v bazénu či veřejných toaletách, umyvárnách. Šíření nemocí a bakterií se dá eliminovat pomocí správné prevence. Prevence zahrnuje pravidelnou kontrolu vody, dezinfekci vody a hlídání vstupu infikovaných jedinců, kteří by mohli zapříčinit přenos či vznik MO. Jakost vody bývá nejvíce sledovaná v období od konce května do začátku září, dle potřeby se provádí ale celý rok. Jakost vody posuzujeme podle různých ukazatelů. Mezi základní ukazatele patří průhlednost vody, míra znečištění odpadními látkami např. odpadky, kusy dřeva. Mezi další indikátory patří výskyt MO ve vodách a výskyt sinic a řas. Krajská hygienická stanice pak dle kvality vody vyhodnotí, zda je voda vhodná k užití. Jak se vody hodnotí a označují, můžeme vidět na následujícím obrázku 2. [9]



Obrázek 2 - Značení vod pro rekreační využití [11]

Jedním z významných ukazatelů kvality vody je i výskyt MO ve vodách. V České republice se vyskytují ve vodách hlavně bakterie rodu *Enterobacteriaceae* a *Enterococcus*. Nejrozšířenějším zástupcem rodu *Enterobacteriaceae* je *Escherichia coli* nebo zkráceně *E. coli*. Tato bakterie slouží jako základní ukazatel bakteriálního znečištění, může sloužit i jako ukazatel fekálního znečištění vody. Bakterie způsobuje břišní virózy jako zvracení, průjemy. Jako ukazatel fekálního znečištění se používají zejména koliformní bakterie, zde patří rod *Enterococcus*. [10,11]

Významnou problematikou přírodních vod je přítomnost řas a sinic. Ty zároveň slouží jako další ukazatel kvality vody. Jak řasy, tak sinice snižují kvalitu vody. Jejich obsah ve vodách bývá zvýšen zejména v letních měsících, jelikož jsou závislé na teplotě vody a UV záření. Sinice neboli cyanobakterie mohou tvořit vodní květ, který ilustruje obrázek 3. Jeho vznik mohou způsobovat dva různé faktory. Prvním faktorem vzniku vodního květu je přemnožení vodních fotosyntetizujících organismů. Druhým faktorem je, že ve vodě došlo k vyššímu vypouštění živin do vody tzv. eutrofizaci. Pokud se vodní květ rozrůstá po hladině, dochází k uvolňování cyanotoxinů. Při kontaktu s těmito toxiny můžeme dostat alergickou reakci, která

se projeví například tvorbou vyrážky nebo vznikem zánětu spojivek. Při požití této vody mohou následovat různé projevy od zvracení, bolesti hlavy, křeče až po závažnější onemocnění, jako je selhávání či zánět jater. Rizikovou skupinou při kontaktu se sinicemi jsou hlavně děti. Pro odstranění řas a sinic lze využít algicidů, mezi algicidy řadíme například atrazin, diuron. [9,12]

1.1.1.2 Užitková voda

Tento druh vody není určen pro konzumaci, přípravu nebo zpracování potravin. Užitková voda není dostupná z vodovodů. Bývá například uchovávaná ve studni. Užitkovou vodu můžeme využívat na zalévání, mytí, praní. [13]

Užitková voda může být povrchového i podzemního původu. Je několik chemických parametrů, které ji výrazně ovlivňují a tím i její kvalitu. Ve vodě se může nacházet např. vyšší obsah dusitanů a dusičnanů. Dusičnany jsou nebezpečné odpadní látky, které se dostávají do vody nejčastěji ze zemědělství. Pokud se dostanou do těla, dojde k jejich přeměně na dusitany. Dusitany jsou toxické karcinogeny, které způsobí omezení transportu kyslíku do tkání, může dojít ke vzniku methemoglobinémie. Dusičnany se dají odstranit pomocí filtračního zařízení, které má v sobě zabudovaný iontoměnič. Dalším příkladem je přítomnost manganu a železa. Mezi první náznaky, že voda obsahuje železo patří rezavé zbarvení/zakalení vody. Voda s vyšším obsahem železa je vhodné prostředí pro šíření bakterií jako je *E. coli*. Železo se odstraňuje složitějším procesem, je potřeba využít oxidační reakce a následně provést filtraci. Pokud je ve vodě vyšší obsah železa, dá se předpokládat, že se tam bude nacházet i vyšší obsah manganu. Tyto prvky jsou spolu úzce spojeny, mají i stejný princip odstranění z vod. [14,15]

Dalším aspektem, který ovlivňuje vodu, je výskyt bakterií. Mezi nejčastěji rozšířené patří bakterie rodu *Legionella*, *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae*. Tím, že se užitková voda nekonsumuje se šíří *Legionella* ve formě aerosolu, do těla se dostává vdechnutím. K jejímu šíření, tak může docházet při sprchování. *Legionella* vyvolává nemoc legionelózu. Toto onemocnění začíná u dolních cest dýchacích, mezi příznaky patří kašel, nevolnost, horečka, bolest hlavy, po delší době může dojít k selhávání ledvin a jater. Bakterie z vod odstraňujeme pomocí chlorace nebo UV záření. [15,16]

1.1.1.3 Komunální a odpadní vody, mikrobiální rizika, nákazy

Do sféry hygienické ochrany patří jako velmi významná oblast problematika mikrobiálních rizik ve spojení s odpadními vodami. Ty totiž obsahují vedle anorganických

složek i velké množství různorodých organických látek, rozkládajících se tkáňových struktur, metabolitů apod. Často takové odpadní komunální vody neprochází čističkou a jsou vypouštěny do povrchových vodních toků, kde navíc obvykle ani nedochází k jejich dostatečnému ředění. To bývají i důvody proč nejsou takto kontaminované vody vhodné pro využití k závlahám, k rekreačnímu účelům nebo k jinému přímému využití. Běžně v nich probíhají hnilobné procesy a přežívají patogenní mikroorganismy a paraziti. Zvláště jsou přítomny tyto procesy podporovány vhodnými klimatickými podmínkami. Mikroby jsou pak příčinou nákaz:

- střevních nákaz (salmonely, břišní tyfus a paratyfy, úplavice, enterogenní *Escherichia coli* ad.)
- hnisavých onemocnění (stafylokoky)
- urycobakteriální tuberkulózy
- leptospiróz

Virové náказы způsobují:

- zánět jater (hepatitidu A a E)
- papilomaviry (např. bradavice)
- horečky

Paraziti vyvolávají :

- např. patogenní projevy s vývojovými stadii v podobě cyst,
- resp. se projevují přítomností červů, škrkavek, roupů apod. I proto se naprosto nehodí silně znečištěné vody a kaly k hnojení produktů konzumovaných za syrova (salát, mrkej, petržel aj.)
- motolice zamořují např. stojaté vody rybníků a způsobují svědění a zarudnutí pokožky
- měňavky se mohou množit i v nedostatečně dezinfikovaných bazénech a v krajních případech být i původcem zánětu mozkových blan

Proti uvedeným nežádoucím kontaminacím vod působí široce využívané chlorování vod, jejich ozonizace, UV ozařování v kombinaci s působením kyslíku O₂ apod. [17]

V potravinářství a souvisejících oborech je souběžně mezi preferovanými hygienickými opatřeními uplatňována ochrana proti alimentárním nákazům a nákazům šířenými vodami.

Alespoň heslovitě jde zejména o výskyt následujících problémových úkolů pro hygienickou kontrolu a následná opatření:

- Zejména v zemích „třetího světa“ se stále vyskytuje břišní tyfus a cholera.
- Obecně poměrně rozšířený je výskyt salmonel, např. pocházející z chovu prasat a drůbeže, z jatek a kafilerii. Nezřídka jde i o kontaminaci ze žump nebo kanalizace.
- Velmi virulentní bývají kaly z čističek odpadních vod ČOV, jindy v ČOV nestačí kapacity filtrů zachytit všechny zmíněné mikroorganismy a občas dochází i k úniku části substrátu se zachycenými kaly do vodovodní sítě. Rovněž využívání tzv. rychlofiltrů nese sebou riziko jejich omezené separační účinnosti. V některých ročních obdobích, jako srpen až říjen bývají např. zvýšená rizika výskytu infekční hepatitidy typu A a E.
- Část mikroorganismů přežívá v kalech a silně kontaminovaných materiálech zapouzdřená. V tom případě bývá např. dezinfekce chlorováním sama o sobě málo účinná. V takových případech se osvědčilo kombinovat ji s přidavkem čpavkových vod před chlorováním.

Obecně však platí, že systematické chlorování vod, přineslo do vodohospodářství zásadní obrat, pokud jde o mikrobiologickou kvalitu zejm. pitných a běžných užitkových vod. [17]

2.2 Potravinářství a zemědělství

Potravinářský průmysl se zabývá úpravou živočišných a rostlinných surovin na potraviny. Při zpracování potravin je třeba dbát na zvýšenou hygienu, aby se snížila možnost kontaminace potravin. Hygiena klade důraz na podmínky a pravidla, která jsou nezbytná k dodržení bezpečnosti potravin před kontaminací. Ke kontaminaci může docházet od porážky zvířat či sklizně rostlinných produktů přes skladování, distribuci, přepravu až po zpracování surovin. Dodržováním hygienických pravidel můžeme zajistit bezpečné, zdravotně nezávadné potraviny vhodné ke konzumaci. Nedostačující hygiena potravin může vést ke vzniku a šíření nemocí, způsobených kontaminovanými potravinami, které mohou vést až k úmrtí konzumenta. Abychom snížili možnost kontaminace, byl zaveden systém analýzy rizika a stanovení kritických kontrolních bodů HACCP. Tento systém se zaměřuje na bezpečnost potravin, před

působením biologických, chemických a fyzikálních faktorů, které mohou způsobit kontaminaci produktů. Zároveň navrhuje opatření ke snížení působení škodlivých faktorů. Kontaminace je znečištění škodlivými látkami. Kontaminanty výrazně ovlivňují kvalitu výrobku nebo proces technologii zpracování. Kontaminanty se mohou nacházet v každém kroku při zpracování potravin. Je potřeba znát hlavní možné příčiny kontaminace v jednotlivých krocích a opatření, kterými lze jejich výskyt v potravinách snížit. [18,19,20]

Před zpracováním se nachází produkty v surovém stavu, v tomto stavu může docházet k vnější kontaminaci. Kontaminace bývá způsobená používáním hnojiv, pesticidů apod., pokud člověk produkty bez úpravy konzumuje, mohou mu způsobit vážné zdravotní potíže. Kromě pesticidů kontaminují produkty např. i těžké kovy jako kadmium, olovo, rtuť, které se vyskytují v půdě i ve vodě. Těžké kovy se stanovují např. pomocí plamenové atomové absorpční spektrometrie nebo emisní spektrometrii s indukčně vázaným plazmatem. Při přepravě potravin může rovněž docházet ke kontaminaci. Kontaminace může mít přitom i nezvyklou podobu, jako jsou účinky výfukových plynů, benzínu a nafty. V některých případech dochází ke křížové kontaminaci ve vozidle používaném k přepravě. Někdy dochází i k prostupu škodlivin jako je toluen, naftalen skrz materiál. Čištěním a dezinfekcí při zpracování potravin se eliminují přítomné MO, jedná se o důležitý proces, který snižuje možnost kontaminace. Jako čisticí a dezinfekční prostředky se využívají chemické látky, které musí být vhodné a být akceptovány legislativou. Mezi vhodné dezinfekce se řadí dodecyl-timethyl amoniumchlorid, stearyllalkohol ethoxylát. Doba oplachování a teplota vody jsou faktory, které ovlivňují eliminaci chemikálii z povrchu. Další možností je kontaminace způsobená ohřevem. Při použití vysokých teplot v kombinaci s vnějšími faktory mohou vznikat toxické sloučeniny, které mají škodlivý vliv na kvalitu potravin. Mezi toxické sloučeniny patří akrylamid, furany, chloropropanoly, mohou vznikat při zpracování potravin, čímž se myslí ohřev, pečení, smažení, grilování atd. Nejčastějším rizikovým procesem tepelné úpravy je smažení. Při smažení vznikají aromatické látky reakcí oxidovaného fritovacího oleje s proteiny a sirnými či dusíkatými látkami v potravinách. Chemická sloučenina nitrosodimethylamin se naopak nejčastěji vyskytuje v potravinách upravených pomocí sušení nebo pražení. Další typickou chemickou látkou obsaženou v potravinách je furan, ten zhoršuje chuť potravin. Nachází se např. v kávě a konzervovaných potravinách. [18,19]

Obaly potravin slouží jako ochrana před vnější kontaminací a umožňují lepší konzervaci potravin, která prodlužuje jejich trvanlivost. Kontakt mezi obalem a potravinou působí tzv. migraci látek z materiálu obalu do potravin. Látky, které se uvolní z tohoto materiálu, mohou

být též toxické. Materiál obalu musí splňovat kritéria, která jsou daná zákony, aby se snížilo riziko této kontaminace. Příkladem, kdy migrují látky z materiálu obalu, je použití kovových plechovek pro balení potravin. Dochází zde k uvolňování železa nebo cínu z materiálu balení vlivem jejich rozpouštění a koroze. Skladování potravin je klíčové pro bezpečnost a kvalitu potravin. Správné skladování prodlužuje trvanlivost potravin. Při skladování potravin může docházet k narušení obalu i potraviny vlivem slunečního záření a vlhkosti. Optimální rozsah teplot pro skladování je obvykle od 4-21 °C. [18,19]

Potraviny mohou být ovlivněny biologickými, chemickými a fyzikálními faktory viz tabulka 1.

Tabulka 1 - Faktory ovlivňující potraviny [18]

Biologické faktory	Chemické faktory	Fyzikální faktory
<i>Esherichia coli</i>	těžké kovy	sklo
<i>Bacillus cereus</i>	pesticidy	kovy
<i>Clostridium botulinum</i>	patulin	dřevo
<i>Salmonela spp</i>	PCBs	plast
<i>Shigella spp</i>	dezinfekce	skořápka
<i>Campylobacter jejuni</i>	fumonisin	kost
<i>Staphylococcus aureus</i>	dioxiny	kameny

Aby byla dodržena bezpečnost a hygiena potravin je potřeba zařídit splnění těchto podmínek:

- 1) správnou výrobní praxi
- 2) sanitace
- 3) správnou hygienickou praxi

Správná výrobní praxe je soubor opatření, která se uplatňují při výrobě potravin. Tato opatření zahrnují odstranění cizích nežádoucích látek, inhibici a zničení MO. Do správné výrobní praxe patří, procesy čištění a dezinfekce vybavení, kontrola skladování a distribuce. Pokud jsou splněna všechna ochranná hygienická opatření, dochází ke snížení výskytu onemocnění a zvýšení kvality potravin. S tím bývá kombinována i sanitace, což je dezinfikování ploch, vybavení a všeho, co přichází do styku s potravinami při jejich výrobě. Správná hygienická praxe je dodržování všech hygienických pravidel. [18]

Zemědělství se zabývá pěstováním plodin a chovem hospodářských zvířat. Hygiena v zemědělství se zabývá vlivem pracovních procesů a faktorů zemědělské výroby na zdraví pracovníků, hospodářských zvířat i produktů. Na základě toho se pak navrhuje podmínky pro zlepšení práce a pracovního prostředí. V zemědělství se při zpracování plodin používá mnoho chemických látek, jako jsou pesticidy. Tyto látky narušují hygienu pracoviště, zplodin a zdraví pracovníků. Při chovu zvířat a pěstování plodin se vystavují pracovníci kontaktu s biologickými a chemickými látkami. Mezi tyto biologické látky patří organické složky (vlna, chmýří, trus, olej aj.), aromatické rostlinné složky nacházející se naopak nejčastěji v éterických olejích. Při kontaktu pracovníků se zvířaty může též docházet k přenosu infekčních onemocnění. S rozvojem chovu zvířat, např. u drůbeže se zvyšuje i použití chemických a biologických látek (antibiotika, vitamíny). To zvyšuje rizika kontaktu pracovníků s těmito látkami. Je zde i riziko působení škodlivých MO, jako jsou třeba plísňe vyskytující se ve vzduchu. MO mohou vyvolávat onemocnění zooantroponózu. [21]

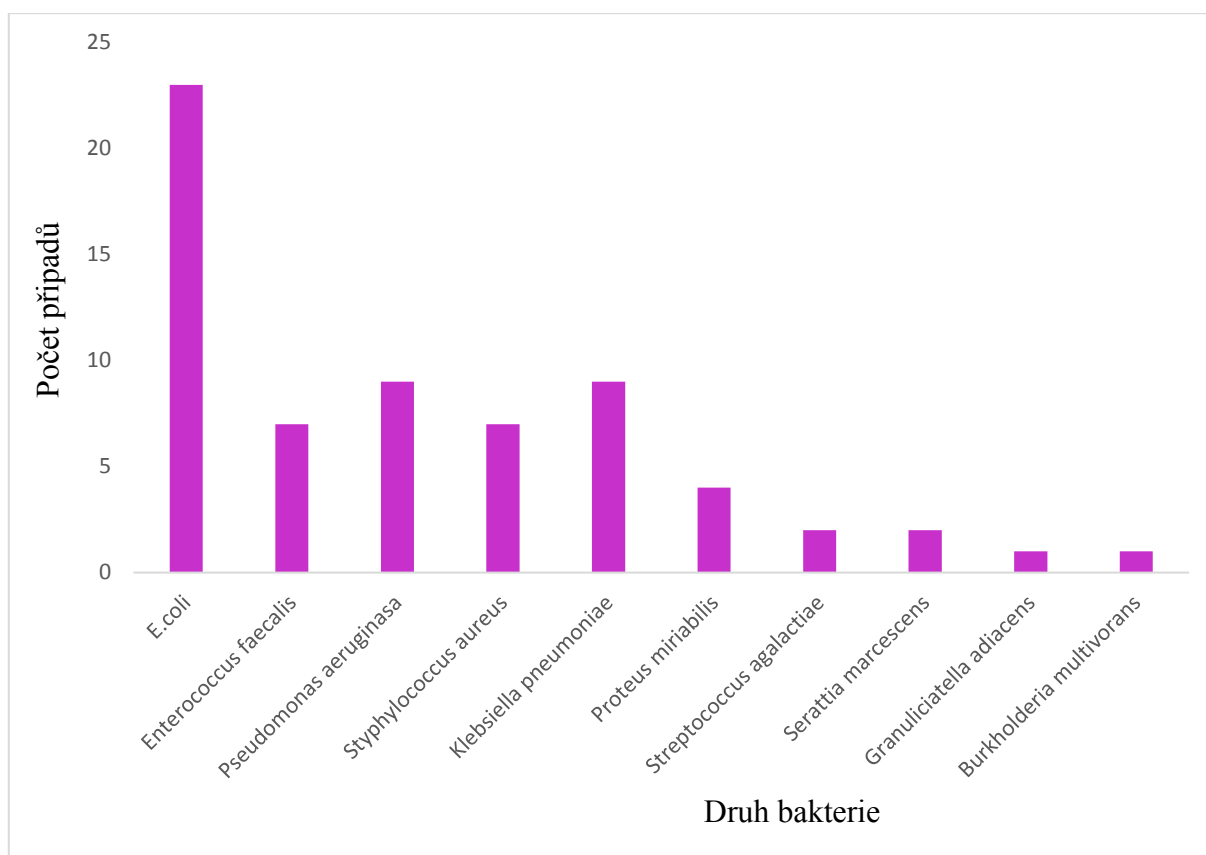
Proti polním škůdcům se používají pesticidy, které před nimi rostliny ochraňují, ale mají negativní vliv na životní prostředí a lidské zdraví. Také pracovní podmínky se na rizicích podílejí, doporučuje se např. vyhýbat se práci na přímém slunci, snížit možnost úpalu a úžehu či kolapsu. Dodržovat pitný režim, nosit kvalitní oblečení, mít pravidelné přestávky. Hlavní je dodržovat všechna hygienická pravidla v provozu, dodržovat používání ochranných pomůcek, provádět pravidelné dezinfekce ploch, strojů a všeho vybavení. [21]

2.3 Medicína

Ve zdravotnických zařízeních je prioritou dodržování hygienických opatření. Základem úspěšné hygieny je osobní hygiena. Všichni pracovníci zařízení jsou nuceni dodržovat osobní hygienu. Za osobní hygienu se považuje pravidelné mytí rukou, používání dezinfekce a ochranných pomůcek. Zaměstnanci jsou povinni hlásit infekční onemocnění, aby nenakazili ostatní pracovníky či pacienty. Dodržováním hygienických opatření se brání vzniku

nozokomiálních nákaz (náказы vzniklé ve zdravotnickém zařízení). Velký důraz je kladen na hygienu rukou, ta by se měla provádět pravidelně před a po každém kontaktu s pacientem či manipulaci prádlem, biologickým materiálem nebo po použití toalety. [22]

Též ochranné pomůcky účinně chrání pracovníky před možností nákazy. Mezi ně patří rukavice, rouška, respirátor, plášť. Nástroje se musí pravidelně sterilizovat. Při manipulaci s jídlem se snažíme, aby byla možnost kontaminace co nejnižší. Cílem je zabezpečit kvalitu potravin. Pokud se potraviny zpracovávají při teplotě vyšší, jak 95 °C, snižuje se riziko přežití MO v potravinách. Jídla musí být čerstvá, nejdéle 8 hodin stará přípravy. Zbytky jídel se vyhazují do odpadních nádob, nemohou být využity pro jiné účely, jejich sbírání je zakázáno. Ložní prádlo by se mělo měnit alespoň jednou týdně. Pracovník jej mění zásadně v rukavicích, aby minimalizoval možnost nákazy. Všechn odpad ve zdravotnickém zařízení se likviduje každý den. Biologický odpad se okamžitě odváží na specifické místo, jako je pitevna, laboratoř a posléze do spalovny. Celkový úklid se provádí v zařízení každý den. Na gynekologických a dětských odděleních 3x denně. Pracovníci jsou vystaveni působení různých faktorů. Mezi biologické faktory patří působení MO a vznik nákaz, onemocnění. Nejtypičtějším šířeným onemocněním je v zařízeních hepatitida a z MO *Escherichia coli*, na obrázku 4 můžeme vidět statistiku výskytu bakterií v nemocnici Třinec. Pracovníci, kteří pracují s ultrazvukem mohou být kontaminováni ultrazvukovým zářením, tedy příkladem fyzikálního faktoru. Jiným druhem jsou chemické faktory. Typickým příkladem je používání dezinfekce u pracovníků, vyvolávající alergické reakce. [22,23]



Obrázek 3 - Graf výskytu bakterií v měsíci únor v nemocnici Trinec, vlastní zpracování

Na dezinfekci rukou se užívá např. provason, je vhodný pro mytí rukou, ale i celého těla. Dále se používá septoderm, je to dezinfekce na bázi alkoholu. Má baktericidní a virucidní účinnost. Na dezinfekci nástrojů se využívá chlorosan, dobře odstraňuje bílkovinné znečištění (krev, hnis). Plochy a povrchy se dezinfikují přípravkem desam extra nebo ox. Oba přípravky mají baktericidní, fungicidní účinnost. Pravidelnou kontrolu hygieny provádí ústavní hygienik zdravotnického zařízení, případně, že se v zařízení nenachází kontrolu provede hygienická služba. [23]

2.4 Oblast průmyslové činnosti

V průmyslových odvětvích by se měla věnovat pozornost dodržování hygieny při provozu a faktorům, které ji ovlivňují. Hygiena průmyslu se zabývá snížením rizik, která mají negativní vliv na zdraví pracovníků a zlepšení hygienických podmínek práce v provozu. Každá činnost v provozu je spojená se zdravotními riziky. Hygiena má za cíl předvídat a snížit možnosti poškození zdraví pracovníků. Příkladem odvětví, které má nebezpečná rizika pro zdraví pracovníků, je plynárenství a ropný průmysl. Podniky provozující průmyslovou činnost bývají kontrolovány oddělením bezpečnosti, zdraví a životního prostředí, zda dodržují hygienická pravidla. V roce 2011 byl zaveden program HRA - hodnocení zdravotních rizik.

Cílem tohoto programu je posoudit zdravotní rizika na základě činností a pracovního prostředí. Tento program je spojen se zákonem č.258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví. Zdraví pracovníků může být poškozeno biologickými, fyzikálními či chemickými vlivy. [24]

Důležitým krokem k úspěšnému dodržení hygienických pravidel v provozu je potřeba nastavení přesných strategických cílů, které povedou ke snížení rizik poškozujících zdraví. Tyto cíle mohou být formulovány pomocí odborných institucí jako například NIOSH - Národní institut bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Aby byla zabezpečena ochrana zdraví při práci je doporučováno dodržovat následující kroky. Nastavení a volba vhodného programu. Zde se řadí pravidelné kontroly a dodržování programu podle, kterého se určují hygienická pravidla. Dále seznámení a zapojení zaměstnanců do programu a pravidelné přezkoumávání, kontrola a hodnocení programu. [24]

Dalším krokem je určení jednotlivých prvků programu. Musí se pravidelně provádět analýza pracoviště a prevence hrozících rizik, technické kontroly. Dále se musí kontrolovat pracovní postupy, zda jsou používány správné ochranné pomůcky a zda jich je dostatek. Pravidelně se musí provádět školení: obecná, pro specifické pracovní činnosti, vedoucí pracovníky atd. Mezi další krok patří formulace klíčového ukazatele (KPI). Tento ukazatel se formuluje pro stanovení dlouhodobých cílů. Po zavedení formulace klíčového ukazatele KPI se určí normy, které je potřeba dodržovat pro správnou výrobní praxi a chod celého provozu. Řadí se zde ISO 19001 norma zabývající se dodržováním kvality, ISO 14001 norma související s environmentálním managementem, UHSAS 18001 norma o řízení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, ISO 31000 pojednávající o řízení rizik, a mnoho dalších norem. [24]

3 PŘÍKLADY SYSTEMATICKÝCH HYGIENICKÝCH OPATŘENÍ GLOBÁLNÍHO NEBO LOKÁLNÍHO VÝZNAMU

3.1 Vodárny, dezinfekce vod

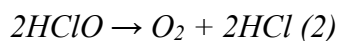
Vodárny jsou vodohospodářská zařízení, která slouží k úpravě vody a zásobování pitné vody. Součástí úpravy vod je jejich dezinfekce. Dezinfekcí vody se eliminují zdravotní rizika, mikrobiální, průmyslová a různá znečištění vod. Nejznámější a nejdéle používané na dezinfekci vod jsou činidla na bázi chloru. Poprvé bylo použito činidlo na bázi chloru ve formě kyseliny chlorovodíkové v roce 1773 na dezinfekci katedrály v Dijonu, použil jej Francouz Guyton de Morveau [25]. Samotná dezinfekce vod se začala používat až v roce 1910, kdy ji

veřejnosti představil poprvé Američan Carl Roger Darnall [26]. V České republice došlo k rozvoji vodáren a úpravě vod až v roce 1924. Chlorace byla zavedena o rok poté v létě. [27]

3.1.1 Chlorování vod

Chlorování se využívá jako dezinfekce vod. Při tomto procesu je sledována koncentrace volného chloru ve vodách, nejvyšší povolený obsah je $0,3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. U vod povrchových je tolerance koncentrace volného chloru $0,005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Chlor se vyskytuje ve vodách ve formě chloru Cl_2 , kyseliny chlorné HClO , oxidu chloričitého ClO_2 . [27]

Ke chlorování se používají oxidační činidla, která zvládnou zoxidovat během úpravy vod organické polutanty. Mezi nejsilnější oxidační činidla patří chlor. Činidla na bázi chloru jsou ekonomicky nenáročná na výrobu. Nevýhodou těchto činidel je vysoká toxicita, čímž se pak musí brát ohled na jakoukoliv další manipulaci s nimi. Tyto činidla mohou vykazovat celou řadu dalších problémů. Mezi velmi nebezpečné sloučeniny chloru používané při dezinfekci patří: chloritany, chlorečnany. Dalším příkladem typického problému je nestálost kyseliny chlorné. Tato kyselina je nestálá a v roztoku může docházet k disproportionaci viz (reakce 1) a (reakce 2). [27]



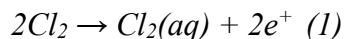
3.1.1.1 Nepřímá elektrochemická oxidace in-situ

Jedním ze způsobů přípravy oxidovadel je použití nepřímé elektrochemické oxidace in-situ. Příprava je prováděna přímo v místě, kde je potřeba vodu upravit. K provedení této oxidace je potřeba elektrolyzér a zdroj energie například roztok chloridu sodného NaCl .

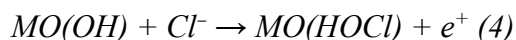
Na povrchu anody nedochází k oxidaci polutantu, proto se tato metoda označuje jako nepřímá. Polutanty se oxidují oxidačním činidlem. Elektrooxidace hydroxylových aniontů OH^- probíhá na povrchu kovové anody. Zde dochází ke vzniku radikálu a meziprojektu $\text{MO}_x(\cdot\text{OH})$, z tohoto meziprojektu může docházet k dalším reakcím. Jednou z reakcí je oxidace organických reaktantů R za vzniku oxidu uhličitého CO_2 a vody H_2O . Další reakcí může být elektrooxidace chlóru na plynný chlór. Pokud je u metody používán jednkomorový elektrolyzér, produkty anody a katody se mohou mísit. Na anodě vznikl chlór v plynném skupenství, množství, které se rozpustí ve vodě za zisku vodného roztoku, záleží na: prošlém

náboji, koncentraci chloridových aniontů, pH prostředí, druhu elektrod, teplotě a proudové efektivitě elektrolyzéro. [27]

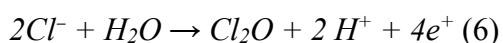
Aktivní chlór vzniká anodickou oxidací chloridů Cl^- (reakce 1). Vzniklý chlór se může uvolňovat směrem ke $HClO$ (reakce 2) nebo k oxidu chlornatému ClO (reakce 3). Všechny tyto sloučeniny chlóru mají schopnost oxidovat organické látky v kapalně fázi. ClO převažuje při alkalickém pH. Naopak $HClO$ při pH kyselém. [28]



Po interakci organických polutantů s elektricky generovaným aktivním chlórem dojde k jejich snížení ve vodě. Obdobným procesem, ale neelektrochemickým je se $HClO$, obsah polutantů snižují přidané oxidanty, jako jsou například adsorbované hydroxylové radikály vznikající z anodické oxidace vody. Chlorové a oxychlorové sloučeniny vznikají při oxidaci Cl^- (reakce 4). [28]



Cl^- lze převést na oxid chlorný Cl_2O a oxid chloričitý ClO_2 chemickým nebo anodickým dějem (reakce 5,6). U obou dějů záleží na vlastnostech elektrokatalyzátoru, příkladem je použití borem dopovaného diamantu BDD, závisí na drsnosti, tloušťce, nosiči. Cl_2O je silný oxidant, nevede ke vzniku toxických vedlejších produktů. ClO_2 je velmi aktivní oxidant. [28]



V posledních letech vzrostlo používání elektrogenerovaného aktivního chlóru ke snížení kontaminace odpadních vod. Úspěšně lze z vod odstranit: organické polutanty, zbytky léků, produkty z různých průmyslů například petrochemického. Metoda je rychlá a efektivní. [28]

3.1.2 Jiné varianty dezinfekce

Krom chloru byly postupně zavedeny i ostatní halogenová činidla jako brom a jod. Tyto halogeny odstraňují snáze organické polutanty z vod než chlor. Jako vedlejší produkty při halogenformové reakci v kyselé oblasti vznikají halogenové karboxylové kyseliny, acetonitrily,

aldehydy, ketony a fenoly. K dezinfekci se využívají i jiná oxidační činidla jako například ozon nebo peroxid vodíku. Jiným řešením může být použití sloučeniny chloru například oxidu chloričitého, ten se při dezinfekci nechová jako chlorační činidlo. Přítomné organické polutanty oxiduje. S použitím oxidu chloričitého souvisí hodně problémů, jako jsou jeho toxické účinky, nestálost v roztoku a výbušnost. Z hlediska těchto problémů je vhodné zvolit přípravu způsobem nepřímé elektrochemické oxidace in-situ, příklady příprav viz tabulka 2. [27]

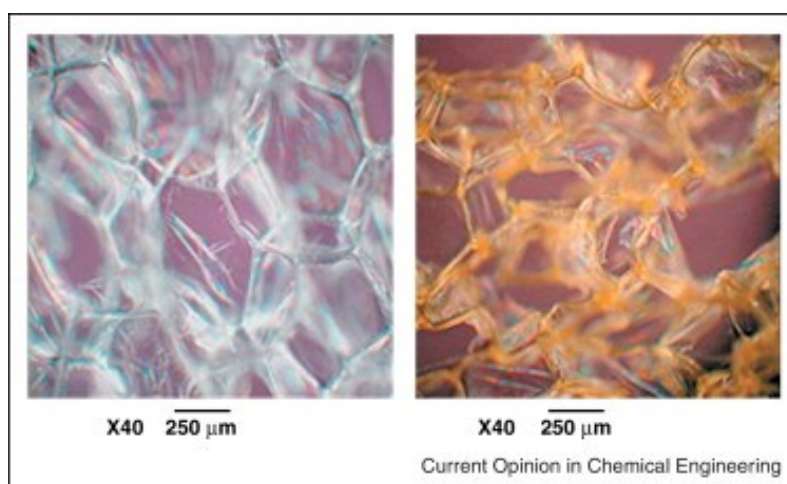
Tabulka 2 - Přehled způsobů přípravy oxidu chloričitého [27]

Postup	reakce	výtěžek
kyselino-chloritanový	$4\text{HCl} + 5\text{NaClO}_2 \rightarrow 4\text{ClO}_2 (\text{aq}) + \text{ClO}_3^-$	80%
$\text{Cl}_2(\text{aq})$ -chloritanový	$\text{Cl}_2 (\text{aq}) + \text{NaClO}_2 (\text{aq}) \rightarrow \text{ClO}_2 (\text{aq})$	95-98%
Chlornano-chloritanový	$2\text{HClO} + 2\text{NaClO}_2 \rightarrow \text{ClO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{NaOH}$	92-98%
$\text{Cl}_2(\text{g})$ -chloritanový	$\text{Cl}_2 (\text{aq}) + \text{NaClO}_2 (\text{aq}) \rightarrow \text{ClO}_2 (\text{aq})$	95-99%
elektrochemický	$\text{ClO}_2^- (\text{aq}) \rightarrow \text{ClO}_2 (\text{aq}) + \text{e}^-$	>95%
kyselino-peroxido-chloridový	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NaClO}_3 \rightarrow \text{ClO}_2 + \text{O}_2 + \text{NaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	90-95%
hydrogensíranó-chloritanový	$\text{NaHSO}_4 + \text{NaClO}_2 \rightarrow \text{ClO}_2 + \text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	98%

3.1.2.1 Dezinfekce za použití nanočástic stříbra

Nanočástice jsou definovány jako částice z přírodního nebo vyrobeného materiálu o velikosti v rozmezí 1-100 nm. První zmínka o použití nanočástic stříbra AgNP se objevila v roce 1889, kdy americký chemik Lea uvedl na veřejnost první syntézu stříbra. Nejběžnější metodou přípravy AgNP je chemická redukce stříbrné soli například dusičnanu stříbrného AgNO_3 . K redukci se používají anorganické látky jako borohydrid sodný, nebo může probíhat redukce pomocí organických látek, jako je citrát, askorbát, hydrazin. Další možností přípravy je fotochemická metoda, nízkoproudá elektrolyza nebo příprava UV zářením. Stříbro se používá často v domácích vodovodních filtrech ke snížení růstu biofilmu MO uvnitř filtru. Dále se používá spolu s mědí jako dezinfekční prostředek proti bakteriálnímu rodu *Legionella* v nemocnicích, zvláště u teplé vody. Iontové stříbro má schopnost snižovat hladinu chlóru ve vodách. [29]

Jako nosiče AgNP mohou být použity kuličky kopolymeru kyseliny metakrylové. Kuličky jsou využívány díky své makroporézní povaze, nerozpustnosti, pevnosti a stabilitě. Kuličky s navázaným stříbrem byly testovány na odstranění vybraných bakteriálních druhů, jako je *Escherichia coli* a *Pseudomonas aeruginosa* z vody, obě bakterie se dají úspěšně odstranit z vod. Kuličky mohou být vyrobeny i z jiných materiálů například z polystyrenové pryskyřice. Jiným typem nosiče AgNP mohou být pěny, které slouží jako antibakteriální vodní filtry. Příkladem je polyuretanová pěna, ta obsahuje karbamátovou skupinu a na tu se váže AgNP, viz obrázek 4. [30]

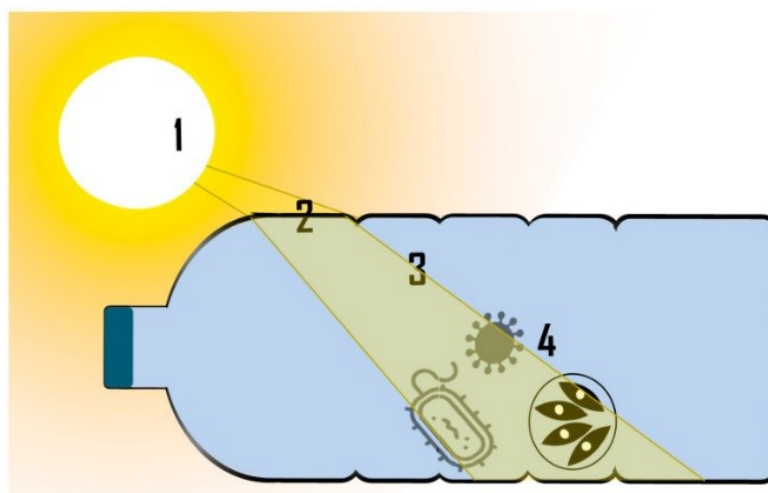


Obrázek 4 - Porovnání polyuretanové pěny s polyuretanovou pěnou potaženou AgNP [30]

Poněkud novým využitím AgNP je povlakování plastových povrchů. Příkladem využití je nános AgNP na polypropylenový vodní filtr metodou fyzikální depozice plynou fází vody. Tento materiál byl po otestování účinný vůči MO, ale zda se materiál uvolňuje do vody, není zcela potvrzeno, tím neznáme jeho možné ekologické a zdravotní dopady. Byla provedeno testování po sobě jdoucích dezinfekcí, zjistilo se, že účinnost AgNP navázaného na polypropylenovém filtru se snižuje s každou následující dezinfekcí. [30]

3.1.2.2 Solární dezinfekce vody

SODIS neboli solární dezinfekce je jednou z nejlevnějších dezinfekčních metod vody. Tato metoda je vhodná pro zajištění nekontaminované pitné vody v domácnostech. Metoda je založena na použití UV záření proti patogenům, které vodu kontaminují viz následující obrázek 5. K použití metody stačí průhledná nádoba a vystavení nádoby přímému slunečnímu záření na pár hodin. UVA a UVB záření jsou smrtelná pro bakterie, viry a prvoky. [31]



Obrázek 5 - Schéma interakce UV záření s patogeny ve vodě, 1 - zdroj záření, 2 - průchod záření skrze materiál, 3 - průchod záření vodou, 4 - interakce záření s patogeny [31]

Voda upravená touto dezinfekcí by se měla zkonsumovat do 24 hodin, při skladování v nízkých teplotách se mohou bakterie množit. Vodu je vhodné dezinfikovat ve stejné nádobě vícekrát, tím se sníží možnost kontaminace při další dezinfekci v téže nádobě. Jako nádoby se nejčastěji používají polyethylentereftalatové (PET) láhve. Při UV záření dochází k několika chemickým dějům. Dochází k radiaci, čímž je označeno záření, čím je vyšší jeho intenzita, tím je vyšší úspěšnost odstranění patogenů z vody. Dále dochází k fotoinaktivaci patogenů. K fotoinaktivaci dochází, když se naruší struktura patogenů excitovaným chromoforem. Fotoinaktivace může probíhat 2 způsoby, přímým a nepřímým poškozením patogenů. [31]

Přímé poškození je endogenní proces, k přímému poškození dochází, pokud absorpce fotonů chromoforem vyvolává změny v chemické struktuře. Patogeny mají velmi náchylný genom k poškození, v genomu se obvykle nachází chromofor. Pokud by endogenní inaktivace probíhala nepřímým způsobem při absorpci fotonů chromoforem by vznikly meziprodukty. Tyto meziprodukty poškozují strukturu patogenů. U tohoto procesu označujeme chromofor jako senzibilizátor. Mezi endogenní senzibilizátory patří aminokyseliny, koenzymy, metaloproteiny, ty produkují reaktivní formy kyslíku (ROS) jako peroxid vodíku H_2O_2 , $OH\cdot$. Endogennímu nepřímému poškození podléhají patogeny s nedostačujícím množstvím endogenních senzibilizátorů. K endogennímu přímému poškození dochází, pokud jsou fotony v oblasti UVB (280 – 320 nm). K nepřímému endogennímu poškození dochází při UVB, UVA (400 – 700 nm). U exogenního nepřímého poškození slouží jako vnější senzibilizátor ku příkladu dusičnany, rozpuštěné organické látky, komplexy kovů. SODIS k úspěšnému procesu dezinfekce potřebuje průhlednou nádobu, která bude skrze materiál propouštět UV záření. Osvědčilo se využívat materiály z polystyrenu, polypropylenu a polykarbonátu. [31]

3.2 Komunální obecné čistírny vod

Čistírny odpadních vod jsou komplexní systémy, v nichž současně probíhají chemické, fyzikální a biologické procesy s cílem dosáhnout vysoce kvalitních konečných odpadních vod, které mají být znovu použity v zemědělství nebo vráceny do životního prostředí. Komunální a obecné čistírny vod se zabývají převážně čištěním odpadních vod obcí a měst.

3.2.1 Šíření genů rezistence k antibiotikům

Antibiotika (ATB) se využívají jako antimikrobiální léčiva v lékařství. Dalším využitím je podávání ATB hospodářským zvířatům, aby působily jako stimulatory růstu. Nemetabolizovaná část antibiotik se dostává z těla ven močí nebo stolicí. Takto nestrávená antibiotika se dostávají do komunálních odpadních vod, čímž se vyvolává selekční tlak na rozvoj bakterií rezistentních vůči antibiotikům a genů rezistentních vůči antibiotikům. Komunální čistírny odpadních vod jsou hlavním místem šíření rezistence vůči antibiotikům. Výskyt bakterií rezistentních vůči antibiotikům v odpadních vodách závisí na abiotických podmínkách, na složení a struktuře bakterií. Mezi abiotické podmínky patří průtok vody a teplota. Může také záležet na vývinu selekčního tlaku, ten bývá vyvolán například těžkými kovy. [32,33]

Rozlišujeme dva druhy rezistencí u bakterií a to vnitřní, ta je vrozená u bakterií, které produkují antibiotika. Dalším typem je získaná rezistence, bakterie ji mohou získat genovou mutací nebo horizontálním přenosem genů (HGT). Při HGT dochází k přesunu genů rezistentních vůči antibiotikům mezi vzdáleně příbuznými bakteriálními buňkami. Mechanismus rezistence k antibiotikům je založen na co nejmenší dostupnosti intracelulární koncentraci antibiotika, toto lze zajistit například aktivním efluxem antibiotika nebo inhibicí difuze antibiotika do buňky, posttranslační modifikací, inaktivací nebo jinými chemickými reakcemi. Každý bakteriální druh je specifický a může být rezistentní k jiným antibiotikům viz tabulka 3. [33]

Tabulka 3 - Přehled bakteriálních kmenů a antibiotik, ke kterým jsou rezistentní [33]

Bakteriální kmen	Antibiotikum
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	karbapeny
<i>Salmonela spp.</i>	fluorochinoliny
<i>Helicobacter pylori</i>	klaritromycin
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	penicilin
<i>Haemophilus influenzae</i>	ampicilin
<i>Enterococcus faecium</i>	vancomycin

3.2.2 Mikroplasty

Mikroplasty jsou látky o velikosti pod 5 mm znečišťující životní prostředí. Mohou vznikat zvětváním, fotolýzou, abrazí, mechanickým a mikrobiálním rozkladem vyhozených makroplastů. Makroplasty tvoří sekundární mikroplasty, které přežívají spotřebitele. Oproti tomu primární mikroplasty jsou záměrně vyráběny s mikroskopickými rozměry. [34]

Na základě výroby se mikroplasty dělí na primární a sekundární. Primární mikroplasty se vyrábí cíleně z důvodu jejich komerční využitelnosti. Ve společnosti mají různé využití, např. výroba mikrokuliček malých rozměrů v plastovém průmyslu pro použití v kosmetice, výrobcích osobní péče, detergentech, lékařské diagnostice, léčivých přípravcích, inkoustech. [35]

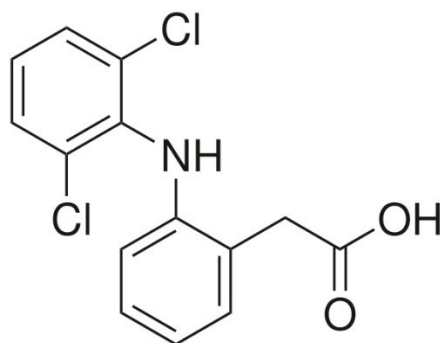
Sekundární mikroplasty se vyrábějí z plastových materiálů větších rozměrů, jako jsou plastové sáčky, láhve, oděvy, lana, sítě, pneumatiky. Plasty se dělí na termoplasty a termosetové plasty. Mezi termoplasty patří polyvinylchlorid (PVC), polystyren (PS), polyethyltereftalát (PET) a akryl. Mezi termosetové plasty patří bakelit, polyestery, polyuretan. Existují dva typy degradace plastových materiálů, biotická a abiotická. Při biotické degradaci se plastové materiály rozpadají na menší části pomocí různých druhů mikroorganismů, jako jsou bakterie, houby, biofilmy, hmyz. Při abiotické degradaci se plastové materiály rozpadají na menší částice vlivem tepelných, fotooxidačních a mechanických sil. U Mikroplastů může docházet k fragmentaci, která mění fyzikálně-chemické vlastnosti například velikost, barvu, uvolňuje přísady a meziproducty odvozené od mikroplastů. [35]

3.2.3 Farmaceuticky aktivované látky

Farmaceuticky aktivované látky (PhAc) se často vyskytují ve vodách, jejich zdrojem jsou odpadní vody z čistíren odpadních vod, kde nejsou účinně odstraňovány. Obsah těchto látek se snažíme ve vodách snižovat kvůli jejich nepříznivému účinku na zdraví. Mezi často vyskytující se látky patří např. diklofenak, ketoprofen a karbamazepin atd. Některé látky mají negativní účinky i na vodní organismy kupříkladu syntetický steroidní hormon 17- α -ethynylestradiol, který je obsažen v antikoncepčních pilulkách, tento hormon působí na endokrinní systém ryb. Čistírny odpadních vod snižují ve vodách obsah farmaceuticky aktivních látek, ale neodstraní je úplně. Látky vykazují velkou stabilitu, proto bývají odstraňovány pomocí biodegradací a adsorpcí na kal nebo chlorací a použití aktivního granulovaného uhlí. [36,37]

3.2.3.1 Diklofenak

Celým názvem 2(2-(2,6-dichlorfenylamin)fenyl) octová kyselina vzorec viz. na obrázku č.8 . Jedná se o nesteroidní lék s protizánětlivými účinky, vyskytuje se ve formě tablet.



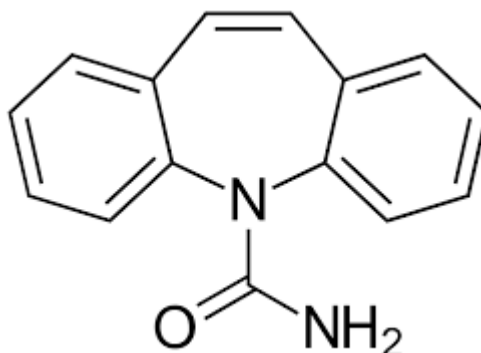
Obrázek 6 - Vzorec diklofenaku

Od roku 2013 dle směrnice 2013/39 EU je diklofenak (DCF) zařazen do seznamu monitorovaných látek v životním prostředí. Jeho obsah by ve vodách neměl přesáhnout koncentraci 100 ng/l. V odpadních vodách patří DCF k nejčastěji detekovaným léčivům. Volný a konjugovaný DCF a jeho metabolity vylučují lidé do odpadních vod. Jeho maximální koncentrace se pohybuje kolem 0,12 – 4,7 $\mu\text{g/l}$, průměrná koncentrace kolem 0,002 – 2,5 $\mu\text{g/l}$. Ve vodách se DCF rychle fototransformuje a vytváří několik produktů, dochází ke zvýšení fytotoxicity, čemuž napomáhá chlorofyt *Scenedesmus vacuolatus*. DCF způsobuje poškození jiker a embryí ryb. Obsah DCF se snižuje pomocí různých metod. Jednou z metod je sorpce DCF na čistírenský kal. Závisí zde na lipofilitě a kyselosti sloučeniny, pH, iontové síle, teplotě a vlastnostech čistírenského kalu. Vlastnosti kalu se liší podle typu čistírny a způsobů jejího

provozu. Další metodou je biologická degradace a transformace DCF. Principem je odstranit neusazené koloidní pevné látky, snížit obsah organických látek a živin dusíku a fosforu. K čištění se využívají bakterie, převažují heterotrofové, kteří se živí organickým uhlíkem. [38]

3.2.3.2 Karbamazepin

Karbamazepin (CBZ) neboli 5H-dibenz(b,f)azepin-5karboxamid je antikonvulzivní lék, který se používá na léčbu epilepsie. Jeho vzorec viz. následující obrázek 9.



Obrázek 7 - Vzorec karbamazepinu

CBZ ovlivňuje neuroendokrinní systém, reprodukci, homeostázu u lidí i vodních organismů. CBZ je vzhledem ke svým vlastnostem a chemicko-fyzikální struktuře rekalcitrantní sloučeninou. To značí, že je odolná vůči odstranění klasickými metodami. Metody jako filtrace, biologická degradace mají úspěšnost jen 10%. Jako vysoce účinné se ukázaly metody s využitím potenciálu mezoporézních struktur na bázi oxidu křemičitého, které jsou využívány pro odstraňování organických látek z vody. Tyto materiály mají obvykle vysoký povrch a reaktivní funkční skupiny, které lze snadno modifikovat za účelem zvýšení adsorpční kapacity nanomateriálů. Mezoporézní materiály vykazují vysoké adsorpční schopnosti, jejich přímé použití pro úpravu vody může vést k různým problémům. Mezi časté problémy patří udržet rovnoměrnou suspenzi částic. Řešením tohoto problému je začlenění těchto materiálů s hybridním složením (anorganické-organické) do polymerní matrice. [39]

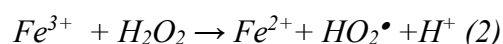
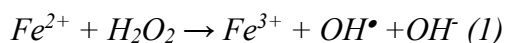
3.3 Průmyslové čistírny odpadních vod

Čistírny průmyslových vod slouží k čištění a odstraňování kontaminujících látek v odpadních vodách, které jsou produkovány průmyslovými podniky. Odpadní vody bývají kontaminovány antropogenními, průmyslovými nebo komerčními činnostmi. Po vyčištění mohou být odpadní vody znovu použity nebo vypuštěny do kanalizace, povrchových vod. [40]

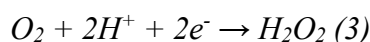
3.3.1 Odstraňování poly- a perfluoroalkylových látek

Poly- a perfluoroalkylované látky (PFAS) jsou uměle vyrobené sloučeniny využívané ve výrobě různých průmyslových výrobcích. Látky se skládají z hydrofobního fluorovaného alkylového řetězce na jednom konci, a na druhém konci z hydrofilní funkční skupiny. Jsou vysoce tepelně a chemicky stabilní díky fluorouhlikovým vazbám C-F. Pro své vlastnosti se využívají k výrobě papírů, textilu, pesticidů apod. [41]

PFAS mohou způsobovat jak akutní, tak chronická onemocnění, mezi nejčastěji uvedená patří: hyperurikémie, imunitní toxicita, poruchy ledvin a jater, kardiovaskulární onemocnění. PFAS mohou být odstraňovány elektrochemicky zprostředkovanými degradačními procesy, mezi které patří Elektro-Fentonova reakce. Princip této reakce je založen na oxidaci železnatých iontů Fe^{2+} na ionty železité Fe^{3+} po reakci s peroxidem vodíku H_2O_2 (rovnice 1). Tato reakce pak produkuje hydroxidové anionty OH^- , které reagují s cílovými sloučeninami. V další reakci (rovnice 2), vznikají HO_2^\bullet radikály, které mohou rovněž reagovat s cílovými sloučeninami.



Metoda je vylepšena in-situ elektrogenerací H_2O_2 , který se v průběhu procesu vylučuje O_2 , čímž se eliminuje potřeba přísad H_2O_2 v průběhu celého procesu. Během redukční reakce se kyslík O_2 spojuje s kationtem vodíku H^+ a solvatovanými elektrony za vzniku H_2O_2 (rovnice 3). Tento proces se může označit jako elektrokoagulační proces. [42]

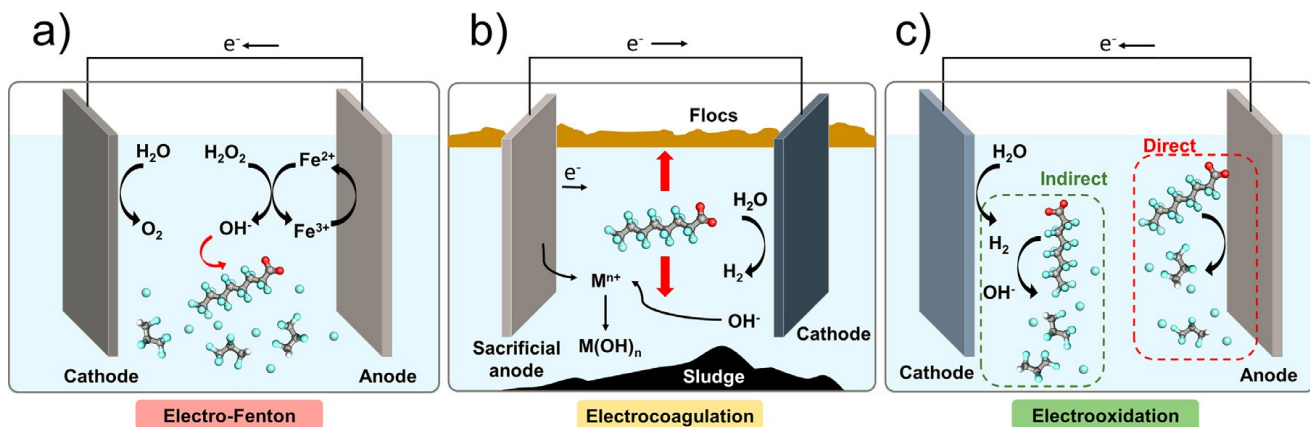


Další metodou je elektrochemická oxidace. Metoda je založená na produkci hydroxylových radikálů pomocí štěpení vody, není potřeba použití další chemické látky. Při tomto procesu vznikají na materiálu hydroxylové OH^\bullet radikály. Použitý materiál by měl vytvořit dostatečně vysoký prepotenciál, aby při použití nižších potenciálů mohla probíhat reakce vzniku kyslíku. Mezi takové materiály patří diamanty dopované borem BDD, oxid titaničitý TiO_2 , oxid olovnatý (PbO_2). Materiály oxidů kovů se staly populárnějšími, protože jsou mnohem levnější. [42]

Poslední metodou je elektrokoagulace, která je založená na rozpouštění kationtů například hlinité Al^{3+} a železité kationty Fe^{3+} , které vznikají na anodě, tato anoda se může označovat jako „obětní“. Princip metody elektrokoagulace se skládá ze tří kroků, prvním je

oxidace elektrody za vzniku koagulantů, které pak v druhém kroku destabilizují znečišťující látky nebo cílové druhy a vytvoří agregaci a suspenzi cílových sloučenin, aby se následně ve třetím kroku vytvořily vločky, které budou z roztoku odstraněny sedimentací a filtrací. [42]

Na následujícím obrázku 10 jsou porovnány výše zmíněné metody a jejich princip.



Obrázek 8 - Porovnání metod odstraňujících PFAS, a - Elektro-Fentonova reakce, b - Elektrokoagulace, c - Elektrooxidace [42]

3.3.2 Těžké kovy

3.3.2.1 Měď

Měď (Cu) je jedním z nejrozšířenějších a nejpoužívanějších kovů v průmyslu. Jedná se o těžký kov, který v nízkých koncentracích může působit jako inhibitor proti mikroorganismům. Toxická dávka mědi pro člověka se pohybuje mezi 15-75 mg, při narušení metabolismu odbourávání může dojít k onemocnění k žaludečním problémům, poškození jater, anémii a ve vážných případech k Wilsonově chorobě. Měď lze odstranit pomocí adsorpce, membránové filtrace, cementace, elektrodialýzy. [43,44,45,46]

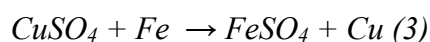
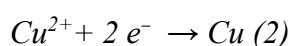
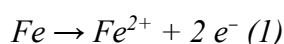
Zdrojem mědi v odpadních vodách mohou být galvanizovny, oplachové vody z moření mědi. Dalším zdrojem mohou být algicidní preparáty. V odpadních vodách se měď stanovuje například pomocí atomové emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. [44,46]

Adsorpce se používá k odstranění různých iontů mědi z průmyslových odpadních vod. Metoda je jednoduchá na konstrukci, poměrně rychlá a nenákladná. Nevýhoda této metody je omezené použití na určité koncentrace měďnatých iontů. Je několik druhů adsorpcí viz následující tabulka. [44]

Tabulka 4 - Druhy adsorpcí pro odstraňování mědi [44]

Druh adsorpce	Materiál adsorbentů	Výhody adsorbentů
Na modifikovaném přírodním materiálu	Zeolity, např. klinoptilotit	Účinná schopnost iontové výměny, vysoká selektivita
Na modifikovaných polymerech	Biopolymery na bázi polysacharidů	Snižování koncentrace mědi ve vodě, chemicky stabilní, bezpečné pro použití
Na biosorbentech	Biomasa, řasy	Vysoká účinnost odstraňovaná mědi, šetrná a rychlá metoda

Další metodou je cementace, je to heterogenní proces, při kterém ionty mědi v roztoku síranu mědnatého CuSO_4 jsou redukovány železem prostřednictvím elektrochemické redukce (rovnice 1 a 2 a celková rovnice reakce 3). [44]



Měď dosáhne kovového stavu a železo se zoxiduje. Tato metoda je oblíbená zejména v posledních letech pro svou šetrnost k životnímu prostředí.

Dalšími metodami jsou různé druhy filtrací jako ultrafiltrace, nanofiltrace, reverzní osmóza, nebo membránová filtrace. Výhodou těchto metod je úspora energie, vysoká účinnost, nízké náklady na provedení. [44]

3.3.2.2 Nikl

Nikl (Ni) je tvrdý a kujný kov bílé barvy. Vykazuje feromagnetické vlastnosti, používá se k výrobě slitin, nerezové oceli, korozivzdorných povlaků galvanickým pokovováním, k výrobě baterií. Slouží jako makroživina pro rostliny a sinice. [47]

Zdrojem niklu jsou odpadní vody z povrchové úpravy kovů nebo metalurgie. Další možností je, že části zařízení potažené niklem přichází do kontaktu s vodou. Koncentrace niklu

by neměla v odpadních vodách překročit hranici 50 mg/l. Nikl může způsobovat silné alergické projevy. Má karcinogenní účinky, může vést k rakovině plic, nosní přepážky a v některých případech i nosohltanu. Dále způsobuje kožní dermatitidu tzv. niklovou, ta se projevuje tvorbou ekzému. Pokud by došlo k akutní otravě, jsou zasaženy ledviny, cévy a srdce. Nikl se dá v odpadních vodách stanovit stejně jako měď atomovou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem nebo spektrofotometrickou metodou s diethyldithiokarbamanem stříbrným. [48]

Nikl se v odpadních vodách odstraňuje srážením, iontovou flotací, iontovou výměnou, adsorpcí, lze využít i techniky elektrochemického čištění jako elektrokoagulaci, deionizaci. Podmínkou úspěšného odstranění srážením niklu je zásadité prostředí pH kolem 9-10. V tomto prostředí se kov přemění na nerozpustný hydroxid nikelnatý $\text{Ni}(\text{OH})_2$. K jeho získání lze využít přítomnosti dusičných iontů např. kyseliny dusičné HNO_3 , provede se elektrochemické srážení. Ke srážení se využívá elektrolytická cela s titanem a katoda z nerezové oceli. Hydroxid se získá ze síranu nikelnatého NiSO_4 a kyseliny dusičné HNO_3 . Další z výše zmíněných metod je iontová flotace. Princip je založen na separaci povrchově neaktivních iontů z roztoku po přidání povrchově aktivní látky. Ionty, které chceme odstranit, se navážou na povrchově aktivní látku, působí zde elektrostatické síly. Jako povrchově aktivní látku lze použít dodecylsulfát sodný. [49,50]

3.3.2.3 Chrom

Chrom (Cr) je lesklý, tvrdý kov bílostříbrné barvy. Nejstálejší je chrom v oxidačním stavu Cr^{3+} , jinak se vyskytuje v oxidačních stavech od -2 do $+6$. Chrom je jedním z hlavních prvků, které znečišťují odpadní vody. Zdrojem jsou odpadní vody z textilního průmyslu, koželužny a metalurgie. [51,52]

Tento kov má vysoce toxické a karcinogenní vlastnosti. Chrom ve svém oxidačním stavu Cr^{3+} se účastní u savců metabolismu lipidů a sacharidů, působí jako antiadiabetický faktor. V případě nedostatku chromu v těle může dojít k únavě a stresu. Naopak při vysoké dávce dochází k poškození ledvin, jater, žaludečním vředům. Chrom ve stavu Cr^{6+} má silné i mutagenní účinky. Při kontaktu s kůží dochází k poleptání, vznikají vředy, u alergiků dochází k zarudnutí kůže. Účinnou látkou proti intoxikaci chromem je kyselina askorbová (vitamín C). [52]

Chrom se v odpadních vodách stanovuje atomovou adsorpční spektrometrií, emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem nebo hmotnostní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem. [52]

Chrom se z odpadních vod odstraňuje podobně jako ostatní těžké kovy, je možnost využít adsorpci, srážení, elektrokoagulaci, iontovou výměnu, elektrodialýzu. Ke srážení se používá například hydroxid sodný NaOH, srážení ovlivňuje pH prostředí, ve kterém reakce probíhá, vlastnosti srážedla, rychlost reakce a míchaní. [53]

Jinou možností k odstranění chromu je využití bioremediace. Chrom odstraňují z prostředí bakterie, či jiní mikrobi. Bioremediace se dělí na dva druhy, in situ provádí-li se v místě kontaminace nebo ex situ, polutanty se odstraňují z místa prvního působení. K bioremediaci se využívají různé druhy bakterií, hub a kvasinek viz tabulka 5. [53]

Tabulka 5 - Přehled využívaných bakterií, hub a kvasinek k remediaci chromu v odpadních vodách [53]

Bakterie	Houby	Kvasinky
<i>Pseudomonas spp.</i>	<i>Paecilomyces spp.</i>	<i>Candida spp.</i>
<i>Bacillus spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Saccharomyces spp.</i>
<i>Acinetobacter spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	
<i>Burkholderia spp.</i>	<i>Rhizopus spp.</i>	

3.3.2.4 Zinek

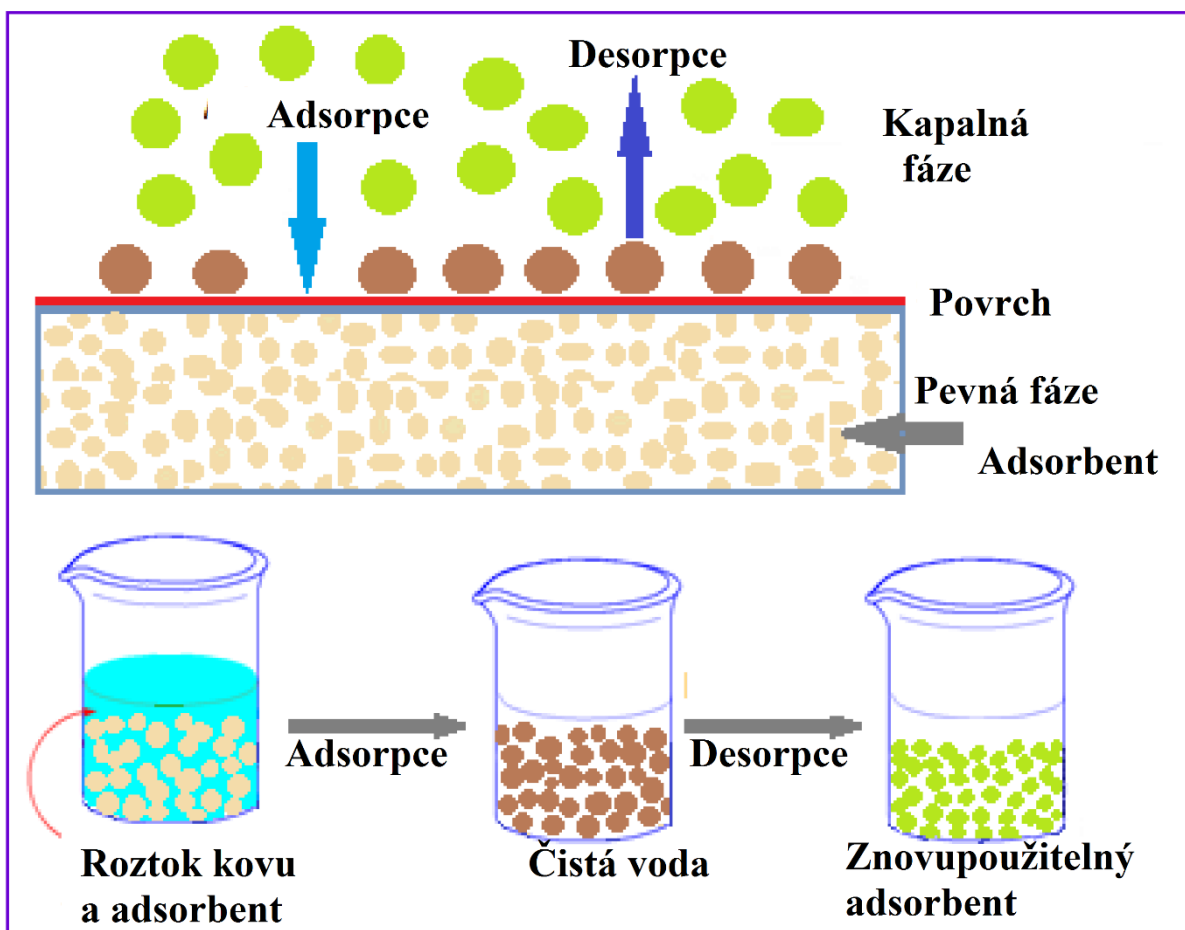
Jedná se o kov namodralé nebo světle šedé barvy, při pokojové teplotě je pevný a má antikoroziční účinky. Zinek (Zn) se využívá k výrobě povlaků galvanickým zinkováním, povlaky slouží k ochraně kovů před korozi. Dále se zinek používá při výrobě mosazi a k dalším výrobám v kovovém průmyslu. [54]

Obsah zinku se v lidském těle pohybuje kolem 2 g. Je nezbytný pro enzymatické systémy, jako je například dehydrogenáza, dále pro metabolismus bílkovin a nukleových kyselin. Nedostatek zinku způsobuje u dětí opožděný vývoj fyzický i mentální. Zinek je důležitý pro správnou funkci pohlavních orgánů a zraku. Předávkování způsobuje bolesti a křeče břicha, zvyšuje se riziko infarktu, při vyšších dávkách dochází k poškození plic a ledvin. [55]

Zinek se do vod může dostat z oplachu půdy. Častým zdrojem zinku v odpadních vodách jsou vody ze zpracování neželezných rud, ze zpracování tuků a z mořiren mosazi. [55]

K odstraňování zinku z odpadních vod se využívají podobné metody jako u ostatních těžkých kovů, může to být srážení, membránová filtrace a elektrolyza. Nevýhody těchto metod jsou náklady na jejich provedení a vznik škodlivých odpadů jako produktů při odstraňování zinku. [56]

Jednou z dalších metod odstraňování zinku je adsorpce, k té můžeme využít jako adsorbent aktivní uhlí. Aktivní uhlí je poměrně nákladné, ale lze jej vyrobit z levných zemědělských odpadů, jako jsou skořápky kokosu a pekanových ořechů, pilin. Aktivní uhlí má vysokou pórovitost a mechanickou pevnost. Obecně by měla adsorbenty umožnit rychlou separaci a být tepelně a chemicky stabilní. Obecný princip adsorpce viz obrázek 11. [57]



Obrázek 9 - Obecný princip adsorpce [58]

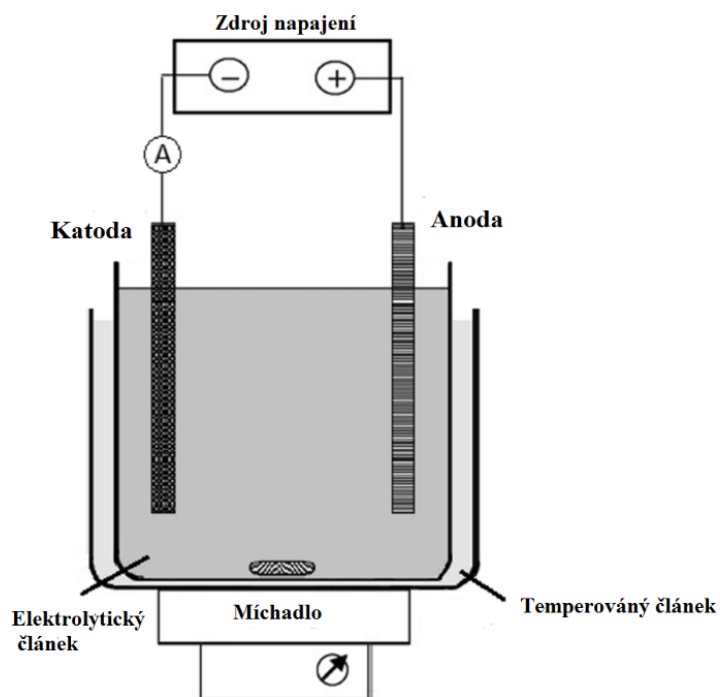
3.3.2.5 Uzavřené technologie a hygiena

Jedním ze současných trendů v oblasti technologií, snižující hygienická rizika ve vztahu k okolnímu prostředí, jsou tzv. uzavřené technologie. Tento pojem v souvislosti s hygienou např. znamená, že se látky, které dříve opouštěly výrobní proces a zatěžovaly okolní prostředí, v rámci inovované technologie vracejí zpět do výrobního procesu k opakovanému nebo jinému využití. V předchozích kapitolách byla uvedena zmínka o významu a sledování kovů jako Zn, Cu, Cr a Ni ve vodách a v životním prostředí. V dalším textu je proto jako příklad uzavřeného výrobního procesu uvedena recyklace Zn při výrobě viskózních vláken. [74]

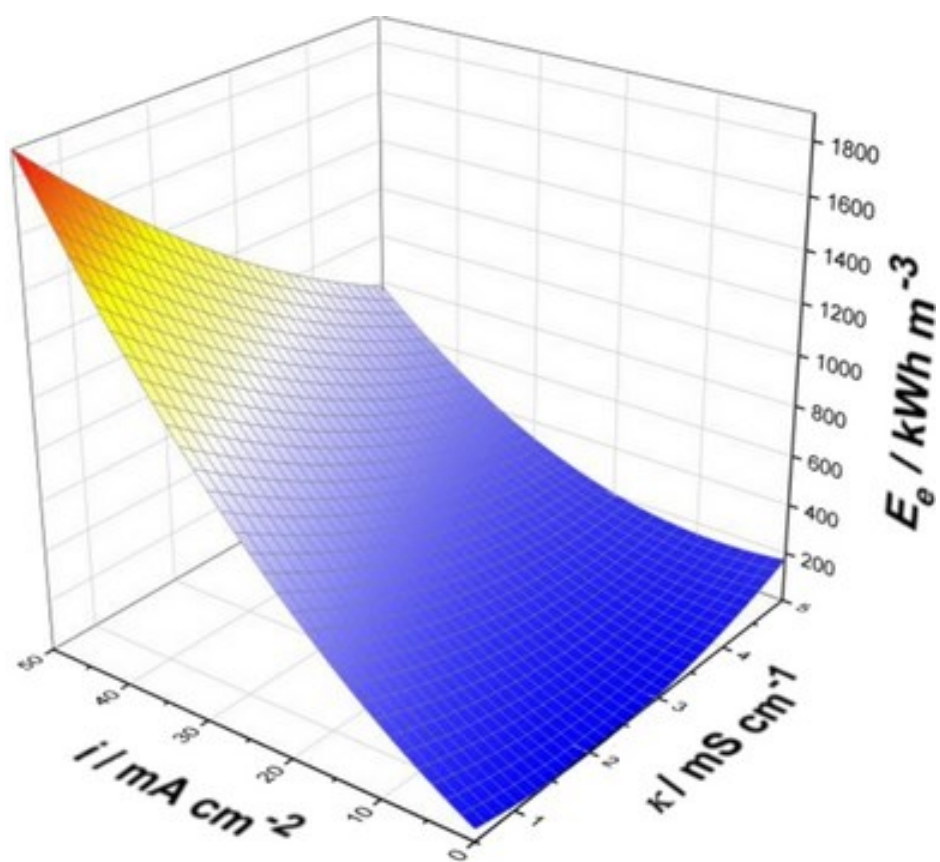
Viskózní vlákna [59] se vyrábějí z celulózy. Technologický postup přitom zahrnuje nejdříve reakci celulózy s NaOH, poté asi 40hodinové působení sirouhlíku CS₂, následované tzv. zvlákňováním v kyselině sírové (H₂SO₄) obsahující síran zinečnatý (ZnSO₄) a síran sodný (Na₂SO₄). V technologických a odpadních vodách se tak nacházejí vysoké koncentrace ZnSO₄, které bylo dříve nutno snižovat srážením v odkalištích nebo v ČOV. Přesto se pak značná část Zn dostávala do okolního prostředí, potoků a řek. [74]

Dnešní emisní limit Zn, stanovený vládní vyhláškou ČR [60], dovoluje v průmyslových vodách obsahy 0,5 – 3 mg/dm³ Zn. Současná technologie výroby viskózy využívá proto elektrolýzy technologických vod a vracení (recyklaci) Zn zpět do technologického procesu jeho rozpouštěním v H₂SO₄. Mezi využívanými dočišťovacími procesy odcházejících odpadních vod je podle potřeby uplatňována např. nanofiltrace [61,62,63] nebo elektrokoagulace [64]. Navíc došlo v průběhu mnoha let k dalšímu rozvoji polarografických, voltametrických, galvano-statických a pulzních režimů [59,64-73], takže se zlepšila i výtěžnost vráceného Zn do výrobního procesu. Určitou roli přitom hraje i volba materiálu elektrod. Běžně bývá katoda i anoda z běžné nerezové oceli, a aby se elektrochemicky jednostranně neopotřebovaly, pravidelně se vzájemně zaměňují. Tím pádem je stále třeba kontrolovat v odpadních vodách též obsahy Fe, Cr a Ni, tedy prvků, které jsou obsaženy v nerezových ocelích. Jak výsledky měření ukázaly, vyšší účinnost elektrochemického vylučování Zn bylo dosaženo na jiných materiálech elektrod, např. na měděné Cu – katodě. [74]

Uvedené obrázky ukazují schéma uspořádání elektrolyzátoru pro recyklaci Zn a 3D – diagram závislosti výtěžnosti v % na použité proudové hustotě i a na elektrické vodivosti κ . [74]



Obrázek 10 - Schéma elektrolyzéry [74]



Obrázek 11 - Diagram závislosti výtěžnosti v % na použité proudové hustotě i a na elektrické vodivosti κ [74]

4 PŘÍKLADY VYHLÁŠEK A ZÁKONŮ PRO ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

4.1 Evropská unie

Současná evropská směrnice platí již přes 30 let, směrnice pojednává o čištění odpadních vod. Směrnice platí od roku 1991, evropská komise navrhla její doplňující aktualizaci, jelikož se stále objevují nová rizika pro vody.

Mezi nejdůležitější směrnice a zákony patří:

- směrnice 91/271/EHS jedná se o směrnici výše uvedenou, zakládají se na ní novější a další směrnice, popisuje požadavky na vypouštění městských odpadních vod, vod průmyslových podniků [75]
- směrnice 98/15/ES souvisí s čištěním vod a požadavky na vypouštění odpadních vod z čistíren odpadních vod do oblastí, které podléhají eutrofizaci [76]
- 2000/60/ES jedná se o rámcovou směrnice o čištění odpadních vod [76]

4.2 Česká republika

Zákony a vyhlášky týkající se čističek odpadních vod vydává a upravuje v České republice Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství. Zákonů a vyhlášek je mnoho, ale mezi nejdůležitější patří:

- Zákon č.254/2001 Sb. o vodách neboli vodní zákon, pojednává o ochraně podzemních a povrchových vod, o zachování jejich kvality, snížení rizik před kontaminací. Také se zákon zabývá využitím těchto vod společností jako např. zásobováním vody. [77]
- Zákon č.274/2001 Sb. je zákon týkající se vodovodů a kanalizací pro využití veřejností. [78]
- Zákon č.541/2020 Sb. cílem tohoto zákona je zajištění ochrany životního prostředí a přírodních zdrojů před vlivem škodlivých odpadů. [79]
- Zákon č.401/2015 Sb. zákon se zabývá ukazateli a hodnotami znečištění povrchových a odpadních vod, vypouštěním odpadních vod do kanalizací či povrchových vod. [80]

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vysvětlit význam hygieny pro ochranu zdraví a prostředí. Důležitost role hygieny je diskutována jak v souvislosti s historií hygieny, tak i ve spojení se současnými pokrokovými metodami a opatřeními zaváděnými jak plošně, tak i specificky pro řešení jednotlivých problémů. Důraz byl například kladen na ukázkou uplatnění hygieny ve vodohospodářství, potravinářství a zemědělství, medicíně a průmyslové činnosti. Pozornost ve vodohospodářství byla zaměřena na faktory kontaminace v různých typech vod, pitných, užitkových, průmyslových, odpadních apod. Hygiena v potravinářství je zaměřena na možnosti kontaminace, ke které dochází při různých činnostech od dopravy až po zpracování, skladování potravin atd. Pro dodržování hygieny v zemědělství je potřeba předcházet nakažením pracovníků patogenními mikroorganismy a dodržováním správných pracovních podmínek, dále jsou zde uvedeny i biologické a chemické faktory, které kontaminují zvěř a plodiny. Hygiena v oblastech průmyslu se řídí různými vyhláškami a zákony.

Podstatou práce bylo i poukázat na hygienická opatření uvedená v praxi, která významně zlepšují a ochraňují lidské zdraví a životní prostředí. Mezi tyto opatření patří dezinfekce vod. Dezinfekce pitné vody se provádí ve vodárnách. Z dezinfekcí vod jsem se zaměřila hlavně na chloraci, přípravu chloračních činidel pomocí nepřímé elektrochemické oxidace in-situ a na další významné druhy dezinfekce, jako je solární dezinfekce a dezinfekce za použití nanočástic stříbra, zde jsou uvedeny principy těchto druhů.

Dalšími praktickými opatřeními je využití čistíren odpadních vod. Typy čistíren byly rozděleny na: komunální obecné čistírny a průmyslové čistírny odpadních vod. U komunálních obecných čistíren byla uvedena jako jedna hlavní problematika otázka znečištění odpadních vod mikroplasty a farmaceuticky aktivní látky diklofenak a karbamazepin, u kterých jsou uvedené účinky i metody pro jejich odstranění. Významným tématem se stalo i šíření genů rezistence k antibiotikům u bakterií apod. Uveden byl i princip mechanismu získávání rezistence a příklady bakterií a antibiotik, ke kterým jsou dané bakterie rezistentní. U průmyslových čistíren vod, které čistí odpadní vody vypuštěné z různých průmyslových podniků, byla pozornost zaměřena na kontaminaci odpadních vod poly- a perfluoroalkylovanými látkami a na degradační metody, kterými se dají odstranit, jako je Elektro – Fentonova reakce, elektrokoagulace a elektrochemická oxidace. Další problematikou, které byla rovněž věnována pozornost byla přítomnost těžkých kovů, s uvedením jejich účinků, kterými působí na zdraví. Poukázáno bylo též na možnosti odstraňování zmíněných kovů založených například na různých druzích adsorpce, absorpci zeolity, na chemickém

srážení, iontové flotaci apod. Poměrně novým trendem jsou metody tzv. uzavřených technologií, u nichž dochází k recyklaci využitelných odpadů. Jako příklad byla uvedena recyklace při výrobě viskózních vláken. V závěru kompilační práce byly uvedeny některé vyhlášky a zákony, které platí pro čistírny odpadních vod v České republice a Evropské unii.

POUŽITÁ LITERATURA

1. CURTIS, V., W. SCHMIDT, S. LUBY, R. FLOREZ, O. TOURÉ a A. BIRAN. Hygiene: new hopes, new horizons. *The Lancet Infectious Diseases* [online]. 2011, **11**(4), 312-321 [cit. 2023-06-22]. ISSN 14733099. Dostupné z: doi:10.1016/S1473-3099(10)70224-3
2. TUČEK, M. a A. SLÁMOVÁ. *Hygiena a epidemiologie pro bakaláře*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2136-4.
3. CURTIS, V.A. A Natural History of Hygiene. *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology* [online]. 2007, **18**(1), 11-14 [cit. 2023-06-22]. ISSN 1712-9532. Dostupné z: doi:10.1155/2007/749190
4. *Schuelke.com: History of hygiene* [online]. Australia: Schulke Australia, c2023 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.schuelke.com/au-en/knowledge/article/history-of-hygiene.php>
5. CAMPBELL, A. M. OTHER EFFECTS OF THE BLACK DEATH I N THE FIELDS OF MEDICINE, SURGERY, AND HYGIENE. In: *The Black Death and Men of Learning* [online]. West Sussex: Columbia University Press, 2019, s. 93-122 [cit. 2023-06-23]. ISBN 9780231892223. Dostupné z: doi:10.7312/camp93142-006
6. VERMEIL, T., A. PETERS, C. KILPATRICK, D. PIRES, B. ALLEGRANZI a D. PITTET. Hand hygiene in hospitals: anatomy of a revolution. *Journal of Hospital Infection* [online]. 2019, **101**(4), 383-392 [cit. 2023-06-22]. ISSN 01956701. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhin.2018.09.003
7. CUNHA, G. H., T. L. ARAUJO, F. E. T. LIMA, T. F. CAVALCANTE a M. T. G. GALVÃO. Hygiene practices for patients with HIV/AIDS. *Revista Gaúcha de Enfermagem* [online]. 2014, **35**(3), 137-144 [cit. 2023-06-22]. ISSN 1983-1447. Dostupné z: doi:10.1590/1983-1447.2014.03.44928
8. PITTER, P. *Hydrochemie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
9. MÜLLEROVÁ, D. a A. AUJEZDSKÁ. *Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví*. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2510-2.
10. BAUDIŠOVÁ, D. a H. MLEJNKOVÁ. Mikrobiální znečištění povrchových vod. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* [online]. 2017, **59**(6) [cit. 2023-06-23]. ISSN 03228916. Dostupné z: doi:10.46555/VTEI.2017.09.002

11. *Khsusti.cz: Hodnocení kvality vody* [online]. Ustí nad Labem: Krajská hygienická stanice ústeckého kraje, MZ ČR [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.khsusti.cz/php/koupani/info/kvalita.php>
12. *Ruvzke.sk: Cyanobaktérie (sinice)* [online]. Košice: Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Košiciach [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.ruvzke.sk/sk/sinice>
13. *Estav.cz: Druhy vod podle kvality a požadavky na kvalitu vody* [online]. Ing. Jaroslav Dufka, 2018 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/5941.druhy-vod-podle-kvality-a-pozadavky-na-kvalitu-vody>
14. *Moni.cz: Typy a rady, jak udělat z užitkové vody pitnou* [online]. Praha: Laboratoř Monitoring [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.moni.cz/aktuality/jak-udelat-z-uzitkove-vody-pitnou-vodu>
15. *Estav.cz: Jak napravit nejčastější problémy vody z vrtů a studní?* [online]. EuroClean, s.r.o, 2021 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/9897.jak-napravit-nejcastejsi-problemy-vody-z-vrtu-a-studni>
16. *Nzip.cz: Teplá voda – zdravotní rizika* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/831-tepla-voda-zdravotni-rizika>
17. BENCKO, V., et al. *Zdraví a přírodní podmínky (Medicína a geologie)*. Praha: Dolin, 2011. ISBN 978-80-905047-0-7.
18. KAMBOJ, S., N. GUPTA, J. D. BANDRAL, G. GANDOTRA a N. ANJUM. Food safety and hygiene: A review. *International Journal of Chemical Studies* [online]. 2020, **8**(2), 358-368 [cit. 2023-06-22]. ISSN 23498528. Dostupné z: doi:10.22271/chemi.2020.v8.i2f.8794
19. KOTSANOPOULOS, K. V. a L. S. ARVANITOYANNIS. The Role of Auditing, Food Safety, and Food Quality Standards in the Food Industry: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2017, **16**(5), 760-775 [cit. 2023-06-22]. ISSN 15414337. Dostupné z: doi:10.1111/1541-4337.12293
20. GARAYOA, R., A. I. VITAS, M. DÍEZ-LETURIA a I. GARCÍA-JALÓN. Food safety and the contract catering companies: Food handlers, facilities and HACCP evaluation. *Food Control* [online]. 2011, **22**(12), 2006-2012 [cit. 2023-06-23]. ISSN 09567135. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodcont.2011.05.021
21. KOSIMOV, H. O., H. S. SAMADOVA, Z. R. MUKHAMMEDOVA a D. R. KARSHIEVA. Problems of agricultural hygiene. *Journal of Pharmaceutical Negative*

- Results* [online]. 2022, **13**(Special 6) [cit. 2023-06-25]. Dostupné z:
doi:10.47750/pnr.2022.13.S06.001.
22. PODSTATOVÁ, H. *Základy epidemiologie a hygieny*. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-597-0.
23. MAŘAR, R., R. PODSTATOVÁ a J. ŘEHOŘOVÁ. *Prevence nozokomiálních nákaz v klinické praxi*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1673-9.
24. ZAHARA, H. S., S. MUSHALIA a Ir.H.IRIDIASTADI. Industrial Hygiene Programs Design in the Oil & Gas Company. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [online]. 2012, **65**, 468-472 [cit. 2023-06-22]. ISSN 18770428. Dostupné z:
doi:10.1016/j.sbspro.2012.11.150
25. GUYTON DE MORVEAU L. B.: *Traité Des moyens de desinfecter L'air'*, Ch. Bernard, Paris 1801, [http:// archive.org/details/traitdesmoyensde00guyt](http://archive.org/details/traitdesmoyensde00guyt), [cit. 2023-06-22]
26. DARNALL, C. R. THE PURIFICATION OF WATER BY ANHYDROUS CHLORINE. *Journal of the American Public Health Association* [online]. 1911, **1**(11), 783-797 [cit. 2023-06-25]. ISSN 0273-1975. Dostupné z:
doi:10.2105/AJPH.1.11.783
27. DUŠEK, L., B. VYSTRČILOVÁ a L. NOVOTNÝ. Oxidovadla na bázi chloru při úpravě odpadních vod nepřímou elektrooxidací. *Chemické listy* [online]. 2012, **106**(11), 1054-1060 [cit. 2023-06-25]. Dostupné z: <http://chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/816>
28. MARTÍNEZ-HUITLE, C. A., M. A. RODRIGO, I. SIRÉS a O. SCIALDONE. A critical review on latest innovations and future challenges of electrochemical technology for the abatement of organics in water. *Applied Catalysis B: Environmental* [online]. 2023, **328** [cit. 2023-06-22]. ISSN 09263373. Dostupné z:
doi:10.1016/j.apcatb.2023.122430
29. FEWTRELL, L. Silver: water disinfection and toxicity. Geneva: Centre for Research into Environment and Health. *World Health Organization*, 2014.
30. LALLEY, J., D. D. DIONYSIOU, R. S. VARMA, S. SHANKARA, D. J. YANG a M. N. NADAGOUDA. Silver-based antibacterial surfaces for drinking water disinfection—an overview. *Current Opinion in Chemical Engineering* [online]. 2014, **3**, 25-29 [cit. 2023-06-22]. ISSN 22113398. Dostupné z:
doi:10.1016/j.coche.2013.09.004

31. GARCÍA-GIL, Á., R. A. GARCÍA-MUÑOZ, K. G. MCGUIGAN a J. MARUGÁN. Solar Water Disinfection to Produce Safe Drinking Water: A Review of Parameters, Enhancements, and Modelling Approaches to Make SODIS Faster and Safer. *Molecules* [online]. 2021, **26**(11) [cit. 2023-06-22]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules26113431
32. NOVO, A., S. ANDRÉ, P. VIANA, O. C. NUNES a C. M. MANAIA. Antibiotic resistance, antimicrobial residues and bacterial community composition in urban wastewater. *Water Research* [online]. 2013, **47**(5), 1875-1887 [cit. 2023-06-22]. ISSN 00431354. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2013.01.010
33. SONI, K., K. JYOTI, H. CHANDRA a Ram CHANDRA. Bacterial antibiotic resistance in municipal wastewater treatment plant; mechanism and its impacts on human health and economy. *Bioresource Technology Reports* [online]. 2022, **19** [cit. 2023-06-22]. ISSN 2589014X. Dostupné z: doi:10.1016/j.biteb.2022.101080
34. BAYO, J., S. OLMOS a J. LÓPEZ-CASTELLANOS. Microplastics in an urban wastewater treatment plant: The influence of physicochemical parameters and environmental factors. *Chemosphere* [online]. 2020, **238** [cit. 2023-06-22]. ISSN 00456535. Dostupné z: doi:10.1016/j.chemosphere.2019.124593
35. REDDY, A. S. a A. T. NAIR. The fate of microplastics in wastewater treatment plants: An overview of source and remediation technologies. *Environmental Technology & Innovation* [online]. 2022, **28** [cit. 2023-06-22]. ISSN 23521864. Dostupné z: doi:10.1016/j.eti.2022.102815
36. COUTO, C. F., L. C. LANGE a M. C. S. AMARAL. Occurrence, fate and removal of pharmaceutically active compounds (PhACs) in water and wastewater treatment plants—A review. *Journal of Water Process Engineering* [online]. 2019, **32** [cit. 2023-06-22]. ISSN 22147144. Dostupné z: doi:10.1016/j.jwpe.2019.100927
37. DALECKA, B., M. STRODS, P. CACIVKINS, E. ZIVERTE, G. K. RAJARAO a T. JUHNA. Removal of pharmaceutical compounds from municipal wastewater by bioaugmentation with fungi: An emerging strategy using fluidized bed pelleted bioreactor. *Environmental Advances* [online]. 2021, **5** [cit. 2023-06-22]. ISSN 26667657. Dostupné z: doi:10.1016/j.envadv.2021.100086
38. VIENO, N. a M. SILLANPÄÄ. Fate of diclofenac in municipal wastewater treatment plant — A review. *Environment International* [online]. 2014, **69**, 28-39 [cit. 2023-06-22]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi:10.1016/j.envint.2014.03.021

39. NERIS, J. B., J. A. S. COSTA, G. M. GROSSELI, F. S. COSTA a C. M. PARANHOS. Removal of carbamazepine from water using mixed matrix membranes (MMMs) based on polyethersulfone and mesomaterials. *Reactive and Functional Polymers* [online]. 2023, **186** [cit. 2023-06-22]. ISSN 13815148. Dostupné z: doi:10.1016/j.reactfunctpolym.2023.105566
40. *Watertechonline.com: Industrial wastewater and resource recovery* [online]. Brooke Mayer, Peter Cartwright, 2022 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.watertechonline.com/wastewater/article/14279473/industrial-wastewater-and-resource-recovery>
41. LENKA, S. P., M. KAH a L. P. PADHYE. A review of the occurrence, transformation, and removal of poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) in wastewater treatment plants. *Water Research* [online]. 2021, **199** [cit. 2023-06-22]. ISSN 00431354. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2021.117187
42. ROMÁN SANTIAGO, A., P. BALDAGUEZ MEDINA a X. SU. Electrochemical remediation of perfluoroalkyl substances from water. *Electrochimica Acta* [online]. 2022, **403** [cit. 2023-06-22]. ISSN 00134686. Dostupné z: doi:10.1016/j.electacta.2021.139635
43. SHRIVASTAVA, A. K. A review on copper pollution and its removal from water bodies by pollution control technologies. *Indian Journal of Environmental Protection* [online]. 2009, **29**(6), 552-560 [cit. 2023-06-23]
44. AL-SAYDEH, S. A., M. H. EL-NAAS a S. J. ZAIDI. Copper removal from industrial wastewater: A comprehensive review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* [online]. 2017, **56**, 35-44 [cit. 2023-06-22]. ISSN 1226086X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jiec.2017.07.026
45. OCHOA-HERRERA, V., G. LEÓN, Q. BANIHANI, J. A. FIELD a R. SIERRA-ALVAREZ. Toxicity of copper(II) ions to microorganisms in biological wastewater treatment systems. *Science of The Total Environment* [online]. 2011, **412-413**, 380-385 [cit. 2023-06-22]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2011.09.072
46. *Irz.cz: MĚŘ A SLOUČENINY (JAKO CU)* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2021 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/latky-v-irz/med-a-slouceniny-jako-cu>

47. VAREDA, J. P., A. J.M. VALENTE a L. DURÃES. Ligands as copper and nickel ionophores: Applications and implications on wastewater treatment. *Advances in Colloid and Interface Science* [online]. 2021, **289** [cit. 2023-06-22]. ISSN 00018686. Dostupné z: doi:10.1016/j.cis.2021.102364
48. *Irz.cz: NIKL A SLOUČENINY (JAKO NI)* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2021 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/latky-v-irz/nikl-a-slouceniny-jako-ni>
49. COMAN, V., B. ROBOTIN a P. ILEA. Nickel recovery/removal from industrial wastes: A review. *Resources, Conservation and Recycling* [online]. 2013, **73**, 229-238 [cit. 2023-06-22]. ISSN 09213449. Dostupné z: doi:10.1016/j.resconrec.2013.01.019
50. BUKHARI, N., M. A. CHAUDRY a M. MAZHAR. Triethanolamine–cyclohexanone supported liquid membranes study for extraction and removal of nickel ions from nickel plating wastes. *Journal of Membrane Science* [online]. 2006, **283**(1-2), 182-189 [cit. 2023-06-22]. ISSN 03767388. Dostupné z: doi:10.1016/j.memsci.2006.06.025
51. SHEKHAWAT, K., S. CHATTERJEE a B. JOSHI. Chromium Toxicity and its Health Hazards. *International Journal of Advanced Research* [online]. 2015, **3**(7), 167-172 [cit. 2023-06-25]. ISSN 2320-5407. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Sreemoyee-Chatterjee-2/publication/284731466_Chromium_Toxicity_and_its_Health_Hazards/links/576272b208aeada5bc514ba/Chromium-Toxicity-and-its-Health-Hazards.pdf
52. *Irz.cz: CHROM A SLOUČENINY (JAKO CR)* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2021 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/latky-v-irz/chrom-a-slouceniny-jako-cr>
53. NUR-E-ALAM, Md., Md. A. S. MIA, F. AHMAD a Md. M. RAHMAN. An overview of chromium removal techniques from tannery effluent. *Applied Water Science* [online]. 2020, **10**(9) [cit. 2023-06-22]. ISSN 2190-5487. Dostupné z: doi:10.1007/s13201-020-01286-0
54. *Utslappisiffror.naturvardsverket.se: Zinc (Zn)* [online]. Sweden: Swedish Pollutant Release and Transfer Register [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/en/Substances/Metals/Zinc/>
55. *Irz.cz: ZINEK A SLOUČENINY (JAKO ZN)* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2021 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/latky-v-irz/zinek-a-slouceniny-jako-zn>

56. ZHANG, X., Y. HAO, X. WANG a Z. CHEN. Rapid Removal of Zinc(II) from Aqueous Solutions Using a Mesoporous Activated Carbon Prepared from Agricultural Waste. *Materials* [online]. 2017, **10**(9) [cit. 2023-06-22]. ISSN 1996-1944. Dostupné z: doi:10.3390/ma10091002
57. MUTHUKRISHNAN S, B. S., S. M. MUTHUKUMAR M a S. K. T. RAO MV. Catalytic Degradation of Organic Dyes using Synthesized Silver Nanoparticles: A Green Approach. *Journal of Bioremediation & Biodegradation* [online]. 2015, **06**(05) [cit. 2023-06-22]. ISSN 21556199. Dostupné z: doi:10.4172/2155-6199.1000312
58. ZAIMEE, M. Z. A., M. S. SARJADI a Md. L. RAHMAN. Heavy Metals Removal from Water by Efficient Adsorbents. *Water* [online]. 2021, **13**(19) [cit. 2023-06-22]. ISSN 2073-4441. Dostupné z: doi:10.3390/w13192659
59. DUŠEK, L., V. KOČANOVÁ a L. NOVOTNÝ. Recovery of zinc from wastewater by using electrodeposition. In: *Modern Elektrochemical Methods*. 37. Jetřichovice, 2017. ISBN 978-80-905221-5-2.
60. Government Regulation of the Czech Republic No. 401/2015 Coll., on Indicators and Values of Permissible Pollution of Surface Waters and Waste Water
61. GHERASIM, C. V. a P. MIKULÁŠEK. Influence of operating variables on the removal of heavy metal ions from aqueous solutions by nanofiltration. *Desalination* [online]. 2014, **343**(22), 67-74 [cit. 2023-06-25]. ISSN 00119164. Dostupné z: doi:10.1016/j.desal.2013.11.012
62. KOČANOVÁ, V., J. CUHORKA, L. DUŠEK a P. MIKULÁŠEK. Application of nanofiltration for removal of zinc from industrial wastewater. *DESALINATION AND WATER TREATMENT* [online]. 2017, **75**, 342-347 [cit. 2023-06-25]. Dostupné z: doi:10.5004/dwt.2017.20453
63. GHERASIM, C. V., J. KŘIVČÍK a P. MIKULÁŠEK. Investigation of batch electro dialysis process for removal of lead ions from aqueous solutions. *Chemical Engineering Journal* [online]. 2014, **256**(3), 324-334 [cit. 2023-06-25]. ISSN 13858947. Dostupné z: doi:10.1016/j.cej.2014.06.094
64. KUMAR, J., H. JOSHI a S. K. MALYAN. Removal of Copper, Nickel, and Zinc Ions from an Aqueous Solution through Electrochemical and Nanofiltration Membrane Processes. *Applied Sciences* [online]. 2022, **12**(1) [cit. 2023-06-25]. ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app12010280
65. HEYROVSKÝ, J. a J. KŮTA. *Principles of Polarography* [online]. Elsevier, 2013 [cit. 2023-06-25]. ISBN 9780123466501. Dostupné z: doi:10.1016/C2013-0-10851-3

66. NOVOTNÝ, L. a M. HEYROVSKÝ. Renewed mercury electrodes-Versatile research tools in general chemistry. *Croatica chemica acta* [online]. 1997, **70**(1), 151-165 [cit. 2023-06-25]. ISSN 0011-1643. Dostupné z: <https://hrcak.srce.hr/file/200042>
67. ŠESTÁKOVÁ, I., D. MIHOLOVÁ, H. VODIČKOVÁ a Pavel MADER. Electrochemical behavior of metallothioneins at mercury and carbon electrodes. *Electroanalysis* [online]. 1995, **7**(3), 237-246 [cit. 2023-06-25]. ISSN 1040-0397. Dostupné z: doi:10.1002/elan.1140070307
68. KOČANOVÁ, V. a L. DUŠEK. Traditional and Electrochemical Technologies for Separation of Cu, Pb, Zn, and Cd from Wastewater. *Chemické Listy* [online]. 2016, **110**(8), 554-562 [cit. 2023-06-25]. ISSN 0009-2770. Dostupné z: https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/4682590
69. SCHOLZ, Fritz, A.M. BOND, R.G. COMPTON, et al., ed. *Electroanalytical Methods* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010 [cit. 2023-06-25]. ISBN 978-3-642-02914-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-02915-8
70. COMNINELLIS, C. a G. CHEN, ed. *Electrochemistry for the Environment* [online]. New York, NY: Springer New York, 2010 [cit. 2023-06-25]. ISBN 978-0-387-36922-8. Dostupné z: doi:10.1007/978-0-387-68318-8
71. KALOUSEK, M. A study of reversibility of processes at the dropping mercury electrode by changing discontinually the polarising voltage. *Collection of Czechoslovak Chemical Communications* [online]. 1948, **13**, 105-115 [cit. 2023-06-25]. ISSN 0010-0765. Dostupné z: doi:10.1135/cccc19480105
72. NOVOTNÝ L. (1998) DrSc. Thesis, Academic Science of the Czech Republic, Prague
73. NOVOTNÝ L. (2006) Způsob elektroseparace, elektrokoagulace či elektroflotace a zařízení k jeho provádění. Czech Patent PV 2006-599, Prague
74. NOVOTNÝ, L., A. KARÁSKOVÁ, G. KUČTOVÁ, P. MIKULÁŠEK a L. DUŠEK. Energy consumption of direct current galvanostatic zinc removal from viscose production wastewater. *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly* [online]. 2022, **153**(11), 1111-1117 [cit. 2023-06-13]. ISSN 0026-9247. Dostupné z: doi:10.1007/s00706-022-02915-
75. *Environment.ec.europa.eu: Urban wastewater* [online]. Belgie: European commission [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: https://environment.ec.europa.eu/topics/water/urban-wastewater_en#law

76. *Eur-lex.europa.eu: Urban waste water treatment* [online]. EU: EUR-lex, 2017 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM%3A128008>
77. *Fulsoft.cz: 254/2001 Sb., Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění účinném k 1.1.2019* [online]. [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: https://www.fulsoft.cz/33/254-2001-sb-zakon-o-vodach-a-o-zmene-nekterych-zakonu-vodni-zakon-ve-zneni-ucinnem-k-1-1-2019-uniqueidOhwOuzC33qe_hFd_-_jrpTq9cW1BaCVhDRJu8ySqAiRgCD-vMUnwPlw/
78. *Zakonyprolidi.cz: Zákon č. 274/2001 Sb.* [online]. AION CS, s.r.o, c2010-2023 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274>
79. *Zakonyprolidi.cz: Zákon č. 541/2020 Sb.* [online]. AION CS, s.r.o, c2010-2023 [cit. 2023-06-19]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>
80. *Zakonyprolidi.cz: Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.* [online]. AION CS, s.r.o, c2010-2023 [cit. 2023-06-19]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>