Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie

Bakalářská práce

Vyhodnocení účinnosti čistírny odpadních vod Mariánské Radčice

Marcel Hosták

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Marcel Hosták

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Vyhodnocení účinnosti čistírny odpadních vod Mariánské Radčice

Název anglicky

Evaluation of treatment efficiency of the wastewater treatment plant Mariánské Radčice

---

Cíle práce

Cílem práce je popsat technologii čištění odpadních vod v obci Mariánské Radčice a z dostupných výsledků vyhodnotit, zda čistírna plní limity dané vodohospodářským nařízením.

Metodika

Práce se zaměří především na:

- legislativu v oblasti vypouštění odpadních vod do vodotečí
- popis technologie čištění odpadních vod v obci Mariánské Radčice
- vyhodnocení dostupných dat o účinnosti čištění
- vyhodnocení účinnosti čistírny ve srovnání s vodohospodářským rozhodnutím o vypouštění odpadních vod

Doporučený rozsah práce

40 stran včetně příloh

Klíčová slova

odpadní voda, povrchová voda, znečištění, organické látky, živiny

---

Doporučené zdroje informací

Chudoba, J., Dohányos, M., Wanner, J., 1991. Biologické čištění odpadních vod. Praha, SNTL.
Malý, J., Malá, J., 2006. Chemie a technologie vody. ARDEC Brno.
Pitter, P., 2009. Hydrochemie. VŠCHT Praha.
Wanner, J., 1996. Technologie čištění odpadních vod vhodné pro ČR. Vodní hospodářství 46: 164-168.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 15. 3. 2024

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma: Vyhodnocení účinnosti čistírny odpadních vod Mariánské Radčice vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že se na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzi tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 26. 3. 2024 _____

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce prof. Ing. Janu Vymazalovi, CSc., za vstřícný přístup při zadání tématu práce, odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat paní Ing. Martině Macurové a paní Ing. Agátě Vaňkové za poskytnuté materiály a konzultace. V neposlední řadě patří mé poděkování rodině za trpělivost a podporu po celou dobu mého studia.

Vyhodnocení účinnosti čistírny odpadních vod Mariánské Radčice

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá vyhodnocením účinnosti čistírny odpadních vod Mariánské Radčice. V teoretické části práce nejprve seznamuje se samotnou legislativou odpadních vod, odpadními vodami a funkcí čistíren odpadních vod. Praktická část představuje samotnou čistírnu odpadních vod Mariánské Radčice od jejího vzniku, přes získání stavebního povolení až po hodnoty, které musí čistírna u vypouštěných vod monitorovat a dodržovat. Na základě získaných parametrů BSK5, CHSKCr a NL, které byly získány přímo z ČOV bylo zjištěno, že naměřené hodnoty sledovaných parametrů splňují předepsané hodnoty jak zákonem, tak i odborem životního prostředí města Litvínov a jsou hluboko pod stanovenými přípustnými a maximálními hodnotami. Čistírna odpadních vod je tak v čištění přitékajících vod účinná a vody, vypouštěné do Radčického potoka jsou v souladu se zákonem.

Klíčová slova: čistírna, kvalita, látky, odpadní vody, zákon, znečištění

Evaluation of the Efficiency of the Wastewater Treatment Plant in Mariánské Radčice

Abstract

The presented bachelor's thesis deals with the evaluation of the efficiency of the Marianské Radčice wastewater treatment plant. In the theoretical part of the thesis, he first introduces himself to the wastewater legislation itself, wastewater and the function of wastewater treatment plants. The practical part presents the Marianské Radčice wastewater treatment plant itself, from its inception, through obtaining a building permit, to the values that the treatment plant must monitor and adhere to for discharged water. Based on the obtained parameters BSK_5, $CHSK_{Cr}$ and NL, which were obtained directly from the wastewater treatment plant, it was found that the measured values of the monitored parameters meet the values prescribed both by law and by the environmental department of the city of Litvínov and are well below the set permissible and maximum values. The wastewater treatment plant is thus effective in cleaning the inflowing water and the water discharged into the Radčický stream is in accordance with the law.

Keywords: treatment plant, quality, substances, wastewater, law, pollution

Obsah

1. Úvod **1**

2. Teoretická část **2**

2.1 Legislativa 2
2.2 Evropská legislativa 4
2.3 Odpadní vody 6
2.4 Čistírny odpadních vod 10
2.5 Znečištění povrchových vod 15
2.6 Stanovení kvality vod 16
2.7 Limity vypouštění odpadních vod do povrchových vod 18

3. Metodika **21**

3.1 Historie čistírny odpadních vod Mariánské Radčice 24
3.2 Čistírna odpadních vod Mariánské Radčice 25
3.3 Členění technologické části čistírny odpadních vod Mariánské Radčice ... 28
3.4 Technologie čistírny odpadních vod Mariánské Radčice 28
3.5 Provoz a údržba čistírny odpadních vod Mariánské Radčice 37

4. Výsledky a diskuze **39**

5. Závěr **47**

6. Seznam použité literatury **48**

Seznam obrázků **53**

Seznam tabulek **54**

Seznam grafů **54**

1. Úvod

Celosvětová populace roste a kvůli tomu může svět zažít velký nedostatek sladké vody. Vodní zdroje jsou omezené, a proto jsou úpravy vody a metody recyklace jedinou alternativou pro získávání čerstvé vody v nadcházejících desetiletích. Proto existuje v současném století velká potřeba vývoje vhodných, nenákladných a rychlých technik čištění odpadních vod a metod opětovného použití nebo konzervace. Existují rozsáhlé diskuze o různých typech technik úpravy vody a recyklace z hlediska jejich základních principů, aplikací, nákladů, údržby a vhodnosti.

Voda je v každodenním životě nanejvýš důležitá, a proto neustále roste potřeba zlepšovat a zachovávat její kvalitu. Mnoho zdrojů kontaminuje vodní zdroje. Hlavními zdroji znečištění vody jsou průmyslové, domácí a zemědělské činnosti a další environmentální a globální změny. Povrchové a podzemní vody na mnoha místech po celém světě jsou kontaminované a nevhodné k pitným účelům.

Čistírny odpadních vod hrají klíčovou roli v ochraně životního prostředí. Nejenže zabraňují znečištění řek, jezer a moří, ale umožňují i recyklaci vody pro další užití. Voda, tento základní životní zdroj, je díky moderním technologiím čištěna a vracena do přírody, aniž by ohrožovala ekosystémy.

Čistírny odpadních vod tak představují nezbytný prvek v udržitelnosti planety. S pomocí pokročilých filtrů, biologického rozkladu a chemického zpracování dokáží transformovat znečištěnou vodu na vodu bezpečnou. Výsledkem je čistší příroda a zachování kvality vody pro budoucí generace. Voda po úpravě může sloužit nejen v zemědělství a průmyslu, ale i jako pitná voda, což je v mnoha regionech světa neocenitelné.

2. Teoretická část

2.1 Legislativa

Současná legislativa na úseku čištění odpadních vod v ČR vychází z principů příslušných směrnic Evropské unie (91/271/EEC a 2000/60/EC) a navazuje na předchozí legislativy, která byla ve směru k čištění odpadních vod mimořádně dobře a prozíravě koncipována (zákon o vodách č. 138/1973 Sb. a prováděcí nařízení vlády č. 25/1975 Sb.). Vodní zákon prošel změnou až v roce 2001 po předchozí novele o ochranných pásmech (zákon č. 14/1998 Sb.) a doplněn po změně nařízení vlády o úplatách na zákon č. 58/1998 Sb. (zákon o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových). Nařízení vlády bylo změněno až v roce 1992 (č. 171/1992 Sb.), přičemž seznam ukazatelů množství látek v povrchových vodách zůstal zachován v tomto i dalším nařízení vlády (č. 82/1999 Sb.). Stávající vodní zákon (zákon č. 254/2001 Sb., v platném znění) se zabývá čištěním odpadních vod v Díle 5 „Ochrana jakosti vod“. V paragrafu 38 v odst. 3 je ukládána povinnost: „Kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Při stanovování těchto podmínek je vodoprávní úřad povinen přihlížet k nejlepším dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod, kterými se rozumí nejúčinnější a nejpokročilejší stupeň vývoje použité technologie zneškodňování nebo čištění odpadních vod, vyvinuté v měřítku umožňujícím její zavedení za ekonomicky a technicky přijatelných podmínek a zároveň nejúčinnější pro ochranu vod“ (Wanner, 2021).

Čištění odpadních vod se řídí Vodním zákonem č. 150/2010 Sb., Nařízením vlády č. 57/2016 Sb. a Nařízením vlády č. 401/2015 Sb. Provozování domovních čistíren odpadních vod (ČOV) se řídí vodním zákonem č. 150/2010 Sb., a vypouštění přečištěných odpadních vod z ČOV upravuje §15a, odst. 1 a odst. 2. Na základě tohoto zákona je možné čistírny s certifikací CE realizovat ve zkráceném stavebním řízení – tzv. ohlášce.

Patří sem i další zákony, např.:

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí. Zákon nařizuje, že povinností každého je předcházet znečišťování nebo poškozování zdrojů vody a minimalizovat nepříznivé důsledky své činnosti na kvalitu vod. Dle zákona je povinnost každého při využívání

zdrojů vody projektovat a provádět stavby k zamezování znečišťování vod a k obnově zdrojů vod.

Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) Zákon se zabývá ochranou povrchových a podzemních vod, hospodárným využíváním vodních zdrojů a zlepšování jejich kvality a zajišťováním bezpečnosti vodních děl. Předmětem zákona je též ochrana vodních ekosystémů a úprava právních vztahů k povrchovým a podzemním vodám.

Důležitou vyhláškou vodního zákona je vyhláška č. 293/2002 Sb. (novelizace vyhláškou č. 110/2005 Sb.), o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Tato vyhláška vymezuje zdroje znečištění, určování znečištění obsaženého v odpadních vodách, zjišťování objemu a měření vypouštěných odpadních vod.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Toto nařízení vlády v souladu s právem Evropských společenství stanovuje ukazatele vyjadřující stav vody ve vodním toku, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do povrchových vod ovlivňujících kvalitu vody v citlivých oblastech. Dále stanovuje ukazatele a hodnoty přípustného znečištění pro zdroje povrchových vod, které jsou využívány nebo u kterých se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou vhodné pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou využívány ke koupání osob, a náležitosti a podmínky povolení k vypouštění odpadních vod. Nařízení vlády v souladu s právem Evropských společenství vymezuje citlivé oblasti, přičemž celé území ČR je vymezeno jako citlivá oblast.

Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb. (novelizace vyhláškou č. 503/2004 Sb.), kterou se stanoví katalog odpadů, seznam nebezpečných odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů.

Vyhláška MŽP č. 93/2016 Sb. O Katalogu odpadů

Ministerstvo životního prostředí ČR (MŽP) v metodickém pokynu uvádí, že podle § 38 vodního zákona má být vypouštění odpadních vod do vod podzemních povolováno pouze výjimečně (viz část 1.3.2), a to na základě vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, pokud není technicky nebo s ohledem na zájmy chráněné jinými právními předpisy možné jejich vypouštění do vod povrchových nebo kanalizace pro veřejnou potřebu. Do vod podzemních lze vypouštět odpadní vody pouze z jednotlivých staveb pro bydlení a individuální rekreaci a jednotlivých staveb poskytujících služby. Odpadní voda musí být převážně produktem lidského metabolismu a činností v domácnosti a před vypuštěním musí být předčištěna.

2.2 Evropská legislativa

Téměř 100 000 útvarů povrchových vod v Evropě (toky, řeky, jezera, mokřady a nádrže) a 12 000 útvarů podzemních vod je životně důležitých jako zdroj pitné vody, pro zdravé ekosystémy a biologickou rozmanitost, pro zemědělce a průmysl, jako dopravní prostředek a nepostradatelné pro výrobu elektřiny a tepla. Od počátku a poloviny roku 2000 rámcová směrnice o vodě spolu se směrnicí o normách environmentální kvality pro povrchové vody a měrnicí o podzemních vodách poskytují rámec pro jejich udržitelné hospodařen (Jahnz & Stoycheva, 2022).

Voda se může stát nebezpečnou a nevhodnou pro lidské použití nebo zavlažování, když se určité znečišťující látky jako jsou pesticidy, hnojiva, chemikálie a soli, dostanou do podzemních vod a také do útvarů povrchových vod v úrovních nad určité prahové hodnoty. Masivní úhyn ryb v řece Odře letos v létě podtrhl význam ochrany řek a zvýšení jejich ochrany, protože kombinace extrémních klimatických podmínek a znečištění může rychle vytvořit body zlomu v oblasti biologické rozmanitosti (Jahnz & Stoycheva, 2022).

Současná legislativa uvádí několik znečišťujících látek a skupin látek, jakož i normy kvality nebo prahové hodnoty pro každou z nich, které musí země EU respektovat. Dosud bylo na úrovni EU zařazeno 53 látek, zejména pesticidy, průmyslové chemikálie a kovy pro povrchové vody, vedle dusičnanů a účinných látek v pesticidech pro podzemní vody. Kontrola účelnosti právních předpisů o vodě provedená v roce 2019 upozornila na některé nedostatky ve způsobu, jakým je znečištění vody

monitorováno a hlášeno, a současný návrh revize se několika z těchto nedostatků zabývá (Jahnz & Stoycheva, 2022).

Nová pravidla Evropské komise uznávají kumulativní nebo kombinované účinky směsí, které se odklánějí od současného zaměření pouze na jednotlivé látky. Kromě toho návrh nových pravidel zohledňuje sezónní výkyvy v množství znečištění, jako je tomu v případě pesticidů používaných zemědělci během období výsadby (Jahnz & Stoycheva, 2022).

Členské státy budou muset přijmout opatření ke snížení přítomnosti těchto znečišťujících látek. To znamená, že musí rozšířit své monitorovací programy a přijmout opatření, jako je změna povolení pro průmysl, organizování odděleného sběru léčiv, stanovení pravidel pro aplikaci pesticidů zemědělci a domácnostmi nebo čištění sedimentů a půdy, aby se zabránilo znečištění vody (Jahnz & Stoycheva, 2022).

Návrh je plně v souladu s ostatními právními předpisy ve vodní oblasti, jakož i s dalšími politikami Evropské zelené dohody, jejichž cílem je snížit znečištění na čistou nulu do roku 2050. Mikroznečišťující látky, které byly předloženy současně s tímto návrhem, představují klíčovou výzvu. Potřeba jejich odstranění v čistírnách odpadních vod zvyšuje náklady na čištění a odstranění není vždy možné. Tento návrh si proto klade za cíl snížit emise u zdroje, například když vnitrostátní orgány stanoví podmínky pro provoz průmyslu prostřednictvím povolení.

Současný návrh je také v souladu s nedávno revidovanou směrnicí o pitné vodě, která vstoupí v platnost v roce 2023. Tím, že se zaměří na snížení znečištění povrchových a podzemních vod, ochrání životně důležité zdroje pitné vody a sníží náklady na úpravu. Směrnice o pitné vodě a tento návrh řeší širokou škálu znečišťujících látek, zejména pesticidy, léčiva a skupinu per – a polyfluoralkylových látek (PFAS) (Jahnz & Stoycheva, 2022).

Vodní legislativa EU vznikla původně 1975 až 1986 směrnicemi o různorodých tématech, jako jsou povrchové vody, vody ke koupání, vypouštění nebezpečných látek do povrchových vod a podzemních vod, „sladké vody potřebují ochranu nebo zlepšení, aby podpořily život ryb“ nebo kvalitu vody pro měkkýše, o jakosti vody určené k lidské spotřebě. Během druhé fáze, od roku 1991, byly některé z těchto původních směrnic revidovány, například směrnice týkající se vody pro lidskou spotřebu a vod ke koupání, a byly přijaty další, které se zabývají městskými odpadními vodami, dusičnany atd. (European Commision, online).

Politika životního prostředí je definována v hlavě XX SFEU (články 191–193 SFEU). Správně uvedený právní základ se nachází v čl. 192 odst. 1 a 2 SFEU a jeho cílem je dosažení cílů uvedených v čl. 191 odst. 1 SFEU. Voda je ve skutečnosti relevantní pro všechny cíle politiky životního prostředí, jak jsou definovány v čl. 191 odst. 1 SFEU. První cíl, ochrana životního prostředí jako takového, zajišťuje „udržování, ochranu a zlepšování kvality životního prostředí". Environmentální politika, která rovněž sleduje cíl „ochrany lidského zdraví", pro který je voda zásadní, se opírá o antropocentrické pojetí životního prostředí, a to i když Evropská unie má rovněž specifické, byť omezené pravomoci v oblasti veřejného zdraví (článek 168 SFEU). Třetí cíl environmentální politiky, který spočívá v „obezřetném a racionálním využívání přírodních zdrojů", zahrnuje vodní zdroje jako jeden ze svých hlavních zájmů. Čtvrtý cíl politiky životního prostředí, který spočívá v „podpoře opatření na mezinárodní úrovni k řešení regionálních nebo celosvětových problémů životního prostředí", má spojení s vodami EU, z nichž některé patří k řekám, které protékají území několika členských států a dalších k moři, které je předmětem regionálních smluv (European Commision, online).

V návrhu legislativního usnesení evropského parlamentu o návrhu směrnice Evropského parlamentu a Rady o čištění městských odpadních vod (přepracované znění) (COM (2022)541 – C9-6363/2022 – 2022/0345(COD)) se uvádí, že voda je veřejným statkem, který patří všem a všichni jej využívají a který je jako základní, nenahraditelný a pro život nepostradatelný přírodní zdroj třeba posuzovat a integrovat v jeho třech rozměrech: sociálním, ekonomickém a environmentálním. V usneseních Evropského parlamentu ze dne 5. října 2022 o vnějším rozměru lidského práva na přístup k vodě a ze dne 8. září 2015 o opatřeních navazujících na evropskou občanskou iniciativu týkající se práva na vodu („Right2Water") se uvádí, že s vodou by se mělo zacházet jako se společným statkem (European Commision, online).

2.3 Odpadní vody

Odpadní voda je voda, jejíž kvalita byla zhoršená lidskou činností. Odpadní vody lze rozdělit podle charakteru znečištění na:

- splaškové odpadní vody,
- průmyslové a zemědělské odpadní vody,
- srážkové vody.

Splaškové odpadní vody jsou odpadní vody vypouštěné do veřejné kanalizace z bytů a rodinných domů. Patří sem i odpadní vody z městské vybavenosti, jako jsou školy, restaurace, hotely, kulturní zařízení apod., mající podobný charakter jako odpadní vody od obyvatel. Průměrně se počítá se specifickou produkcí splaškových vod 130 l/osoba/den. Splaškové vody jsou také někdy nazývány komunálními odpadními vodami. Jsou to směsí splaškových i průmyslových odpadních vod, která vznikla v jednotné městské kanalizaci včetně srážkových a balastních vod. V oddělené kanalizaci je to směs pouze splaškových, průmyslových a balastních vod.

Odpadní vody jsou vody kontaminované různými nečistotami, které vznikají během domácích, průmyslových či zemědělských činností. K jejich čištění se využívají čistírny odpadních vod, kde prochází fyzikálními, chemickými a biologickými procesy, aby byly odstraněny škodlivé látky a voda mohla být bezpečně vrácena do přírodního cyklu (Chen et al., 2020).

Fyzikální procesy zahrnují odstranění pevných částic síťováním, sedimentací nebo flotací. Chemické procesy často využívají reakce s chemikáliemi, které pomáhají odstranit rozpuštěné látky. Biologické čištění pak zapojuje mikroorganismy, které rozkládají organické znečištění.

Biologické procesy jsou klíčové, protože napodobují přirozené procesy v ekosystémech. Mikroorganismy, jako jsou bakterie a prvoci, konzumují organické látky a transformují je na stabilní sloučeniny. Čištění odpadních vod je nezbytné nejen pro ochranu životního prostředí, ale i veřejného zdraví. Po dokončení čištění může být voda vypuštěna do vodních toků, použita pro zavlažování nebo další potřeby (Rueda-Marquez et al., 2020).

Aby bylo možné vodu znovu využít nebo bezpečně vypustit do přírody, musí projít kontrolou kvality a splňovat určité normy. Moderní čistírny jsou vybaveny technologiemi, které umožňují monitorování a řízení celého procesu čištění. V některých případech se využívá i pokročilých metod, jako je ultrafiltrace, reverzní osmóza nebo UV dezinfekce, pro dosažení vyšší kvality vody (Rueda-Marquez et al., 2020).

Moderní společnost klade velký důraz na recyklaci vody, což je nezbytné vzhledem k omezeným zdrojům pitné vody. Důležitost čistění odpadních vod se odvíjí od rostoucích environmentálních standardů a zvyšujícího se povědomí o trvale udržitelném rozvoji (Chen et al., 2020)

Významně se na složení komunální odpadní vody podílí i dešťová voda, která se může smíchat s komunálními odpady při jejich odvádění, a zvýšit tak objem a rozmanitost znečištění. Komunální odpadní vody jsou obvykle shromažďovány a odváděny prostřednictvím městské kanalizační sítě do čistíren odpadních vod. Zde jsou podrobeny procesům, které mají za úkol odstranit nebo redukovat znečišťující látky a mikroorganismy na úroveň bezpečnou pro vypuštění do přijímacích vodních toků nebo pro jejich možné další využití. Novější čistírny odpadních vod využívají kombinaci mechanického, biologického a chemického čištění. (Wadhawan et al., 2020).

Mechanické čištění odstraňuje větší částice a nerozpustné látky, biologické čištění pak rozkládá organické znečištění pomocí mikroorganismů, a chemické procesy se zaměřují na neutralizaci toxických chemikálií a těžkých kovů. Efektivní čištění komunálních odpadních vod je klíčové pro ochranu životního prostředí a veřejného zdraví. Při procesu čištění je také nutné zohlednit odstranění endokrinních disruptorů – chemických látek, které mohou narušit hormonální systémy živých organismů. (Pecháček, 2023).

Výzvou současných čistíren odpadních vod je rovněž zpracování a recyklace kalů, které vznikají jako vedlejší produkt čištění. Tyto kaly mohou být zdrojem energie, hnojiva nebo mohou být dále zpracovány na stavební materiál. Významným aspektem správy komunálních odpadních vod je také jejich monitorování a regulace, které zajišťují, že všechna vypouštění splňují legislativní normy a parametry. To vyžaduje neustálé investice do technologií a infrastruktury, stejně jako vzdělávání a osvětu obyvatelstva o důležitosti správného nakládání s odpadními vodami. V tomto ohledu může být klíčovou prevence znečištění na zdroji, například prostřednictvím snížení používání mikroplastů v produktech nebo podpora ekologických čisticích prostředků. Další výzvou je adaptace na změny v množství a složení odpadních vod, které souvisí s klimatickými změnami a demografickým vývojem. Systémy pro čištění odpadních vod musí být flexibilní a schopné reagovat na tyto proměny, aby bylo zajištěno dlouhodobé udržení kvality vodních zdrojů a ochrany veřejného zdraví. Tento cíl vyžaduje nejen pokročilé technologie a postupy v oblasti čištění, ale také širší společenské úsilí o snižování produkce odpadu a zvyšování recyklace. V neposlední řadě je nezbytné i zapojení veřejnosti do procesu ochrany vodních zdrojů, což vyžaduje řádnou informovanost a podporu udržitelných návyků v každodenním životě. (Pecháček, 2023).

Mezi ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod patří:

- BSK_5 – biochemická spotřeba kyslíku,
- $CHSK_{Cr}$ – chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným,
- NL – nerozpuštěné látky,

Biochemická spotřeba kyslíku je množství rozpuštěného kyslíku použitého mikroorganismy k oxidaci organické hmoty ve vzorku odebrané vody při teplotě 20 stupňů ve stanovené době a za definovaných podmínek. Toto množství určuje mnoho faktorů. Například koncentrace organické hmoty, která může být degradována ve vodě, struktura, počet a adaptace mikroorganismů, množství živin pro mikroorganismy, teplota, lehké a toxické látky (Oppeltová et al., 2012)

Většina odpadních vod obsahuje látky s vysokou spotřebou kyslíku. Množství rozpuštěného kyslíku přítomného v ředicí vodě tedy není dostatečné. Proto je nezbytné usnadnit vývoj mikroorganismů v odpadních vodách chemickými prostředky. Doba, po kterou je vzorek zcela stabilní, je velmi dlouhá. Proto byla přijata standardní inkubační doba pěti dnů a hodnoty BSK naměřené v pěti dnech byly definovány jako BOI5. Touto metodou lze měřit odděleně potřeby sycených a dusíkatých materiálů v odpadních vodách (Oppeltová et al., 2012).

Biologická poptávka po kyslíku (BOD) nebo biochemická spotřeba kyslíku je chemický proces, který určuje, jak rychle je kyslík ve vodě spotřebován mikroorganismy. Jinými slovy, potřeba biologického kyslíku se týká množství kyslíku, který potřebují mikroorganismy k rozkladu organické hmoty přítomné ve vodě. Nejvíce se o tuto problematiku zajímají environmentální inženýři (Oppeltová et al., 2012).

Chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným, $CHSK_{Cr}$, je důležitým ukazatelem kvality vody, který odráží množství organických látek. V procesu se používá dichroman draselný jako oxidační činidlo, které reaguje s organickými látkami ve vzorku vody. Výsledkem této reakce je spotřeba určitého množství kyslíku, což je přímo úměrné koncentraci organických nečistot. Hodnota $CHSK_{Cr}$ je vyjádřena v miligramech kyslíku na litr (mg O_2/l) a slouží jako jeden z hlavních parametrů pro hodnocení znečištění vodních zdrojů (Mertl, 2012).

Hlavním problémem nerozpuštěných látek ve vodě je jejich schopnost způsobovat různé formy znečištění. Mohou to být například písek a jiné pevné částice, které znečišťují vodní zdroje, ale také organické materiály, jako jsou listí nebo

mikroorganismy, které se mohou stát zdrojem bakteriálního znečištění. Techniky filtrace a sedimentace jsou běžně využívány k odstranění těchto částic, což zvyšuje kvalitu vody pro konzumaci i další použití (Grünwald).

Kromě mechanických filtrů a sedimentace se v praxi používají i další metody, jako je flokulace, kde se přidávají chemické látky, které pomáhají shlukovat nerozpuštěné částice do větších celků, jež jsou pak snadněji odstranitelné. Další možností je ultrafiltrace a reverzní osmóza, které jsou schopny odstranit i velmi malé částice. Tyto postupy jsou klíčové zejména v průmyslových aplikacích a při přípravě pitné vody (Grünwald).

Amoniakální dusík ve vodě může mít významný dopad na kvalitu vody a ekosystémy. Je to forma dusíku, která je přímo využitelná pro mnohé vodní organismy, ale její přebytek může vést k eutrofizaci vodních toků. Eutrofizace je proces, při kterém dochází k nadměrnému přírůstku živin v ekosystémech, což vede k masivnímu rozvoji řas a nižších forem rostlinného života. Tento jev může mít za následek nedostatek kyslíku ve vodě, což ohrožuje ryby a ostatní vodní živočichy (Švehla et al, 2007).

Jedním z klíčových ukazatelů kvality vody je koncentrace celkového fosforu. Fosfor je životně důležitým prvkem, ale jeho nadměrné množství ve vodních tocích může vést k nadměrnému růst vodních rostlin a následné problémy, jako je nedostatek kyslíku pro vodní živočichy. Monitoring celkového fosforu je proto klíčový pro ochranu vodních ekosystémů (Oppeltová et al., 2012)

2.4 Čistírny odpadních vod

Čistírny odpadních vod jsou klíčové zařízení, jejichž úkolem je odstranění nečistot z odpadní vody, aby byla vhodná k bezpečnému vypuštění do přírody nebo k recyklaci. Existují různé typy čistíren odpadních vod, od malých domácích systémů až po velké městské čistírny. Hlavní fáze čištění jsou mechanická, kdy se odstraňují pevné částice, biologická, která redukuje organické znečištění pomocí mikroorganismů, a chemická fáze, která se zaměřuje na specifické polutanty. Některé čistírny také zahrnují další procesy, jako je odstraňování dusíkatých a fosforečných sloučenin. Účinnost čistíren se hodnotí podle množství a typu odstraněných nečistot (Ševčíková et al., 2010).

Další důležitou součástí procesu v čistírnách odpadních vod jsou sedimentační nádrže, kde se nečistoty usazují na dno a čistší voda může pokračovat do dalších fází čištění. Moderní technologie a vědecký výzkum neustále hledají nové metody, jak čištění vody

zefektivnit a zároveň minimalizovat dopad na životní prostředí (Ševčíková et al., 2010).

Čistírny odpadních vod jsou klíčovou součástí infrastruktury každého města a obce. Hrají zásadní roli v ochraně životního prostředí, neboť čistí odpadní vodu před jejím vypuštěním zpět do přírody. Existuje několik druhů čistíren, které se liší podle velikosti, kapacity a technologie použité pro čištění vody. Mezi základní typy patří mechanické, biologické a chemické čistírny odpadních vod. Mechanické čistírny jsou zaměřené na odstranění pevných látek, zatímco biologické čistírny využívají mikroorganismů k rozkladu organických znečišťujících látek. Chemické čistírny pak aplikují různé chemikálie pro odstranění specifických kontaminantů, jako jsou těžké kovy nebo fosfáty. Dále se setkáváme s kombinovanými čistírnami, které integrují více procesů, aby dosáhly vysoké účinnosti čištění (Szostková, 2014)

Nečistoty v odpadních vodách vznikají různými způsoby. Mechanickým čištěním se odstraňují látky a příměsí ve vodě nerozpustné, které tvoří podstatnou část znečištění odpadních vod, a to jak druhově, tak i objemově. Mechanické čištění probíhá v první fázi čištění a z odpadních vod jsou odstraňovány viditelné hrubé nečistoty. Podle způsobu čištění existuje šest základních typů mechanického čištění, které mají různou účinnost a význam a používají se v různých zařízení a přístrojů a vzájemně se tak kombinují a doplňují (Gupta et al., 2012)

Mechanická fáze čištění se někdy nazývá ochranná část čisticího zařízení, protože právě zde se postupně zachycují hrubé, nerozpuštěné nečistoty. Prvním zařízením je lapač štěrku, který je stále součástí kanalizace a zachycuje největší nečistoty jako dlažební kostky, cihly atd. Lapač štěrku je žumpa, ve které se na dně stokové sítě zachycují závaží tlačená odpadními vodami. Následně se na hřeben dodatečně zachytí o něco menší nerozpuštěné nečistoty, které mohou být buď hrubé, nebo jemné. Síto lze čistit ručně nebo ekvivalentně a zachycené nečistoty se nazývají shrabky. V menších čistírnách odpadních vod se někdy místo jemných sít používají síta. Hřebenové hobliny jsou velmi hygienické a lze je po vytlačení vody kompostovat, spálit nebo uložit na skládku (Szostková, 2014).

Čistírny používají kromě sít také tzv. mlecí síta a drtiče, které hrubé nečistoty rozemílají na jemnou suspenzi a usazují je v dalších částech čistírny (do sedimentačních nádrží nebo do aktivovaného kalu). Tato zařízení se používají v malých čistírnách odpadních vod, čímž zjednodušují proces čištění. (Vítěz, 2014)

Za hřebenem je pískovna, která má za úkol zachytit písek a další minerální částice obsažené v odpadní vodě. Pokud se písek nezachytí, může se usazovat v dalších částech čistírny odpadních vod a poškodit čerpadla a další zařízení. Dalším úkolem pískové nádrže je oddělovat minerální částice od nerozpuštěných organických částic, které je výhodné zůstávat v odpadní vodě. (Kaňka, 2013)

Všechny typy pískoven fungují tak, že odebírají minerální a organické částice různé hustoty a oddělují je od sebe pomocí odstředivé síly nebo gravitace. Lapače písku lze rozdělit na ruční čištění a strojní čištění, dále na horizontální, vertikální, lapače s provzdušňovacím průtokem a vírové lapače. Nejjednodušším typem je horizontální průtokový bunkr, který se skládá ze dvou nebo více úzkých mělkých žlabů s pískem ukládaným na dně. Ve vertikálním lapači tekutého písku je odpadní voda dopravována na dno lapače a odtud stoupá nastavenou rychlostí. Vírový lapač je válcová nádrž, ve které je písek unášen až ke stěnám vírovým pohybem vody a poté je smeten na dno nádrže. Nádrž na provzdušňovací písek je horizontální nádrž s umělým provzdušňováním probíhajícím podél jedné strany nádrže. Písek zachycený lapači se po vyčištění a odvodnění ukládá na skládky odpadu nebo se používá ve stavebnictví. (Szostková, 2014)

Konečnou fází mechanického čištění je usazovací nádrž, kde se gravitací oddělují pevné částice těžší než voda. Podle způsobu průtoku vody nádrží rozlišujeme několik typů nádrží: obdélníkové nádrže pro horizontální průtok, kruhové nádrže pro horizontální průtok (radiální) a nádrže pro vertikální průtok.

Nedostatkem mechanických čistíren je také omezená efektivita při zpracování vod s vysokým obsahem těchto neodstranitelných látek, což může vést k potřebě častější údržby a čištění zařízení. Navíc, v případě nárůstu objemu odpadní vody mohou být kapacitní limity mechanických systémů překročeny, což vyžaduje další investice do rozšíření nebo modernizace. Navzdory těmto omezením je důležité poznamenat, že mechanické čistírny jsou stále nezbytnou součástí procesu čištění odpadních vod. Aby bylo možné dosáhnout požadovaných standardů pro vypouštění, je nezbytné integrovat mechanické čistírny do komplexního systému, který zahrnuje také další stupně čištění. Tato synergie různých technologií zajišťuje, že zpracovaná voda je co nejčistší a nejbezpečnější pro životní prostředí i lidské zdraví. (Szostková, 2014)

Biologické čistírny se spoléhají na mikroorganismy, které rozkládají organické látky v odpadní vodě. Biologické čistírny odpadních vod využívají přírodní procesy,

zejména schopnosti mikroorganismů rozkládat organické látky. Skládají se z předčištění, hlavní biologické fáze (aerobní/anaerobní) a dočištění.

Biologická část čištění odpadních vod se technicky skládá z aktivačních nádrží, usazovacích nádrží a aktivačních odkalovacích systémů. Odpadní voda zbavená minerálních nečistot a tuků z mechanické části čistírny odpadních vod je odváděna do aktivační nádrže spolu s aktivovaným kalem. Aktivovaný kal je směs mikroorganismů, které prostřednictvím metabolismu čistí odpadní vody. V aktivovaném kalu se vyskytují především různé druhy bakterií, ale také houby, plísně a kvasinky a ještě vyšší organismy jako prvoci nebo vířníci

Alternativou k aktivovanému kalu jsou biofilmy, tvořené opět různými mikroorganismy a vyššími organismy, umístěné na povrchu vhodného inertního nosiče. Podmínkou kvalitního čištění je opět dostatečné okysličování prostředí. Odpadní voda je dále přiváděna do dosazovací nádrže, kde je sedimentací oddělen aktivovaný kal od vyčištěné vody. Podle způsobu protékání aktivační směsi můžeme dosazovací nádrže, obdobně jako nádrže usazovací, které bývají konstrukčně podobné, rozdělit na: pravoúhlé s horizontálním průtokem, kruhové s horizontálním průtokem (radiální) a nádrže s vertikálním průtokem. Aktivovaný kal je částečně vracen do aktivační nádrže a přebytečný kal putuje do kalového hospodářství ČOV. (Keprtová, Bindzar, 2021)

Díky své efektivitě a udržitelnosti jsou biologické čistírny čím dál tím více preferovány. Další předností je jejich schopnost adaptace na kolísání množství a složení odpadních vod. Nicméně, mohou mít problémy s odstraňováním některých specifických typů znečištění, jako jsou farmaceutika či těžké kovy.

Chemické čistírny pak přidávají reagenty, aby neutralizovaly škodlivé látky. Každý typ čistírny je navržen tak, aby vyhovoval specifickým potřebám a standardům kvality vody.

Chemická čistírna odpadních vod je zařízení, které využívá chemické reakce k odstranění nežádoucích látek z vody. Skládá se ze tří hlavních částí: předčištění, kde se odstraňují hrubé nečistoty a písek, chemická reakční nádrž, kde se přidávají chemikálie pro reakce s nečistotami, a sedimentace, kde dochází k usazování vyčištěných látek. Mezi výhody patří účinné odstranění fosfátů a těžkých kovů. Nevýhody zahrnují potenciální riziko znečištění chemikáliemi a vysoké provozní náklady. (Keprtová, Bindzar, 2021)

Výhody chemické čištění také zahrnují možnost zpracování velkého objemu vody v relativně krátkém čase a schopnost odstraňovat specifické znečištění, které biologická čištění nedokážou. Na druhé straně mezi nevýhody patří nejen vysoké provozní náklady, ale také nutnost pravidelného dohledu a údržby systému, aby se předešlo únikům a kontaminaci okolního prostředí.

Vysoké provozní náklady a potřeba pravidelného dohledu jsou spojeny také s neustálým monitorováním a obměňováním chemických látek, které jsou nezbytné pro efektivní čištění. Další výzvou je správná likvidace kalů vznikajících během procesu, které obsahují adsorbované škodlivé látky a mohou představovat riziko pro životní prostředí. (Pecháček (2023)

Dalším mínusem je, že některé chemikálie používané při procesu mohou být toxické nebo korozivní, což vyžaduje speciální manipulaci a skladování. Navíc se může stát, že chemické čištění není dostatečně efektivní vůči určitým biologicky rozložitelným znečištěním, což může vyžadovat kombinaci s biologickými čistícími metodami pro dosažení optimálních výsledků.

Provoz čistíren odpadních vod je tedy kontinuální výzvou, která vyžaduje nejen technologické inovace, ale také spolupráci na všech úrovních – od jednotlivců a domácností až po velké průmyslové subjekty. Management čistíren musí zahrnovat nejen běžnou údržbu a opravy zařízení, ale také plánování a implementaci dlouhodobých strategií pro zvyšování efektivity a snižování dopadů na životní prostředí. (Wang et al., 2021)

Mezi další druhy čistíren odpadních vod patří aktivační čistírny odpadních vod, které využívají principu aerobních bakterií (pracují za přístupu vzduchu), které ve svém metabolismu odstraňují až 90 % organického znečištění vody. Za neustálého vhánění vzduchu do nádrží probíhá proces mineralizace, kdy se odbourávají organické látky za vzniku CO_2 a vody. Takto zpracovaná voda vstupuje do dosazovací nádrže, kde dochází k oddělení vyčištěné vody od aktivovaného kalu s využitím jeho usazování. Část kalu se pak vrací do aktivační nádrže. Surový i aktivovaný kal se zpracovávají ve vyhnívací nádrži, kde se za stálého míchání udržuje konstantní teplota 38 °C. Zde probíhá tzv. anaerobní stabilizace (proces přeměny za nepřístupu vzduchu), při níž dochází k přeměně většiny rozložitelných organických látek na bioplyn (Singh, 2023).

Kořenová čistírna odpadních vod využívá přirozených procesů pro úpravu vody. Pracuje na principu filtrace skrze kořenový systém rostlin, který absorbuje a rozkládá škodlivé látky. Tento způsob čištění je ekologický a esteticky přijatelný. Kromě

přirozené filtrace kořeny rostlin v kořenových čistírnách poskytují útočiště mikroorganismům, kteří se podílejí na rozkladu znečišťujících látek. Dále je součástí kořenové čistírny sedimentační nádrž, která odstraňuje pevné částice. Voda pak postupně protéká různými zónami, kde dochází k jejímu postupnému čištění. V rámci dalších etap prochází voda zónou s různými typy rostlin, které se specializují na odstranění specifických kontaminantů. Kořenová čistírna tak vytváří komplexní biotop, kde se synergicky snoubí čistící schopnosti rostlin s mikrobiální aktivitou. Výsledkem je kvalitně vyčištěná voda, která může být vypuštěna zpět do přírody nebo využita pro závlahové účely. Nejvíce kořenových čistíren se nachází ve Francii, Itálii, Rakousku nebo Německu. Jedná se především o kořenové čistírny s horizontálním průtokem. (Singh, 2023)

2.5 Znečištění povrchových vod

Ministerstva životního prostředí a zemědělství ČR pečlivě monitorují stav a příčiny znečištění vody v Česku.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech uvádí v , § 2, písm. f), *že emisními limity nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod, které stanoví vodoprávní úřad v povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových*, a v písm. g) že *typem emisních standardů a limitů jejich vyjádření jako koncentrace v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek na litr, minimální účinnost čištění v čistírně odpadních vod v procentech, množství vypouštěného znečištění v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek za určité časové období, poměrné množství vypouštěného znečištění v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek na jednotku hmotnosti látky nebo suroviny použité při výrobě nebo výrobku*.

Znečištění povrchových vod je palčivý problém, který ohrožuje ekosystémy, biodiverzitu a lidské zdraví. Mezi hlavní příčiny patří průmyslové úniky, zemědělský odtok, nevhodná likvidace odpadů a městský odtok (Baudišová, 2009).

Aby se předešlo znečištění, je klíčové implementovat udržitelné zemědělské metody, zlepšit systémy odpadních vod a posílit vědomí veřejnosti o dopadech znečištění vod. Efektivní regulace průmyslového vypouštění, správná aplikace hnojiv a pesticidů

a zavedení zelené infrastruktury mohou dále napomoci v ochraně našich vodních zdrojů. Je nezbytné, aby každý jednotlivec i společnost nesli odpovědnost a přistupovali k přírodním zdrojům s respektem a péčí (Baudišová, 2009).

Výzva spočívá také v inovacích a technologickém pokroku, které umožňují čistější a efektivnější využívání zdrojů. Investice do pokročilých čistících zařízení a recyklačních technologií jsou nezbytné pro minimalizaci znečišťujících látek v našich řekách a jezerech. Ochrana povrchových vod také vyžaduje mezinárodní spolupráci, neboť vodní toky neznají hranice a znečištění často přesahuje lokální oblasti (Mičaník et al., 2017).

Vzdělávání a osvěta hrají rovněž klíčovou roli v prevenci znečištění povrchových vod. Šíření informací o škodlivosti určitých běžných praktik může vede k většímu povědomí a změně chování. Je důležité, aby školy a vzdělávací instituce zařazovaly do svých programů témata týkající se ochrany vod a udržitelnosti. Podpora komunitních projektů, které se zaměřují na obnovu a ochranu vodních ekosystémů, může mít také významný dopad (Mičaník et al., 2017).

Důležitým aspektem je investice do modernizace čistírenských technologií a podpora výzkumu v této oblasti. Sdílení osvědčených postupů mezi státy a regiony také přispívá k lepší ochraně vodních zdrojů. V neposlední řadě je klíčové zvýšení povědomí veřejnosti o dopadech, které má znečištění na vodní ekosystémy a lidské zdraví, což může vést k zodpovědnějšímu chování jednotlivců a celé společnosti (Baudišová, 2009).

2.6 Stanovení kvality vod

Kvalita vody je klíčovým ukazatelem, který odráží její vhodnost pro různé užití, ať už je to pití, koupání, zavlažování nebo průmyslové využití. Stanovení kvality vody spočívá ve sledování různých fyzikálních, chemických a biologických parametrů, které společně indikují její stav (Slavíčková, 2006).

Měření těchto parametrů se provádí pomocí různých analytických technik a přístrojů, od jednoduchých testovacích proužků až po sofistikované laboratorní vybavení. Výsledky jsou poté porovnávány s normami a směrnicemi stanovenými relevantními zdravotními a ekologickými autoritami, aby bylo možné posoudit, zda je voda bezpečná a vhodná pro její předpokládané využití. Kvalita vody se obvykle hodnotí

podle kritérií jako jsou pH, turbidita, přítomnost těžkých kovů, organických látek, mikroorganismů a dalších kontaminantů (Vasistha et al., 2020).

Kapkové soupravy (testery) slouží k rychlému a jednoduchému zjišťování mnoha parametrů ovlivňujících kvalitu pitné a užitkové vody v domácnostech i průmyslových aplikacích. Pomocí těchto testerů lze zjistit během několika minut skutečnou kvalitu vody používanou na pití, vaření, mytí, koupání, praní či technologické procesy atd. Testovat lze vodu ze všech běžných zdrojů, ať se jedná o vodovodní řád, studně či bazény. Testery jsou určeny pro opakované použití a slouží pro informativní provozní potřebu (Slavíčková, 2006).

Kvalita vody je pravidelně klasifikována a vyhodnocována od 60. let 20. století. Klasifikací se přitom rozumí výpočet charakteristické hodnoty (u většiny ukazatelů ze souboru 11 až 24 měření hodnota nepřesahuje v 90 %), její porovnání se soustavou mezních hodnot tříd kvality vody a zařazení ukazatele do jedné z pěti tříd kvality podle znečištění vody. První norma, která se zabývala touto problematikou, byla ČSN 83 0602 z 23. 6. 1965. Norma obsahovala celkem 25 ukazatelů (ukazatele kyslíkového režimu, ukazatele základního chemického složení, zvláštní ukazatele a ukazatele mikrobiálního znečištění). Norma pro klasifikaci kvality povrchových vod byla pravidelně revidována a v souvislosti s výskytem nových znečišťujících látek v životním prostředí byly do normy doplňovány další ukazatele kvality vody. V tomto článku je představena revize předchozí normy ČSN 75 7221 z října 1998. Obsahuje celkem 65 ukazatelů sdružených v pěti skupinách (obecné, fyzikální a chemické ukazatele, organické látky, kovy a metaloidy, mikrobiologické a biologické ukazatele, radiologické ukazatele) (Přikryl, 2006).

Rozsah sledovaných parametrů závisí na konkrétním účelu, pro který je voda určena. Například, pitná voda musí vyhovovat přísnějším standardům než voda určená k technologickým procesům.

K navrhovaným kritériím kvality vody lze přidat i další specifické ukazatele, jako jsou například biologická rozmanitost vodního ekosystému nebo koncentrace nutričních látek, které mohou ovlivnit růst a rozmnožování vodních rostlin a živočichů. Nadměrné množství některých látek může vést k eutrofizaci, což je proces, při kterém dochází k nadměrnému růstu vodních rostlin a řas, což může negativně ovlivnit kvalitu vody a celkovou biodiverzitu. Proto je důležité zahrnout do hodnocení kvality vody i takové ukazatele, které reflektují širší dopady na vodní ekosystémy (Vasistha et al., 2020).

Kontrola a řízení kvality vody je kromě ochrany lidského zdraví zásadní i pro udržení ekologické stability. V rámci tohoto procesu je důležité uplatňovat předcházení znečištění, reagovat na nečekané události a provádět pravidelné revize stanovených limitů. V některých případech se kvalita vody může také hodnotit pomocí bioindikátorů – organismů, jejichž přítomnost nebo absence v ekosystému může ukazovat na specifické podmínky prostředí. Výzkum v této oblasti neustále pokračuje, aby byly zavedeny nové metody a technologie pro přesnější a efektivnější monitoring vodního prostředí (Omer et al., 2019).

Fyzikální parametry zahrnují měření teploty, pH, vodivosti a zákalu. Chemické testy se zaměřují na detekci látek jako jsou dusičnany, fosfáty, těžké kovy a zbytkový chlór. Biologické parametry se týkají přítomnosti mikroorganismů, jako jsou bakterie a viry. Kvalita vody se měří v laboratořích pomocí standardizovaných metod a je hodnocena vůči normám a směrnicím stanoveným zdravotními a ekologickými regulacemi. Kromě laboratorních testů se využívají i terénní testovací sady pro rychlou orientační kontrolu. Výsledky analýz jsou důležité pro posouzení vhodnosti vody pro pití, rekreaci, zemědělství či průmysl. Monitoring kvality vody se provádí pravidelně, aby bylo možné včas zjistit jakékoli zhoršení a zabránit potenciálním zdravotním rizikům (Omer et al., 2019).

Zachování čistoty vodních zdrojů je neustálý zápas s časem a technologickým pokrokem. Pravidelné testování a hodnocení úrovně BSK_5, CHSK a koncentrací specifických znečišťujících látek, jako je amoniak, dusičnany, fosfor, chloridy a sírany jsou nevyhnutelné pro správné řízení vodních zdrojů. Využití pokročilých analytických metod a sledovacích systémů je klíček k efektivní ochraně a managementu vodních ekosystémů (Přikryl, 2006).

2.7 Limity vypouštění odpadních vod do povrchových vod

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších. V povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových stanoví vodoprávní úřad emisní limity pro místo výpusti. Emisní limity pro vypouštění průmyslových odpadních vod s obsahem zvlášť nebezpečné závadné látky do kanalizace podle § 16

vodního zákona stanoví vodoprávní úřad v místě odtoku ze zařízení, ve kterém tyto odpadní vody vznikají, pokud je nestanoví pro místo výpusti podle odstavce (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

V povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových stanoví vodoprávní úřad emisní limity pro místo výpusti. Emisní limity pro vypouštění průmyslových odpadních vod s obsahem zvlášť nebezpečné látky do kanalizace (§ 16 zákona) stanoví vodoprávní úřad v místě odtoku ze zařízení, ve kterém tyto odpadní vody vznikají, pokud je nestanoví pro místo výpusti podle odstavce 4 (Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.).

V současné době je více než kdy jindy důležité chránit vodní zdroje před znečištěním. Limity vypouštění odpadních a povrchových vod jsou klíčové pro zachování kvality vodních toků, jezer a oceánů. Tyto limity jsou stanoveny tak, aby odpovídaly nejnovějším poznatkům v oblasti ekologie a zajišťovaly minimální dopad na životní prostředí, zatímco umožňovaly udržitelný rozvoj průmyslových a komunálních aktivit.

V České republice se limity pro vypouštění odpadních a povrchových vod řídí předpisy, které jsou založeny na evropských direktivách, jako je Rámcová směrnice o vodě. Tyto předpisy definují maximální povolené koncentrace škodlivých látek a mikroorganismů ve vodě. Neustálé monitorování a hodnocení kvality vody je nezbytné pro zajištění, že tyto limity nejsou překračovány a že případné problémy jsou rychle identifikovány a řešeny.

To zahrnuje pravidelné vzorkování a testování vody z průmyslových zdrojů i městských čistíren odpadních vod. V případě, že je detekováno překročení stanovených limitů, je nutné okamžitě zasáhnout. Opatření mohou zahrnovat technologické změny v procesech, zlepšení čištění vody nebo i sankce pro provozovatele.

Další klíčovou součástí je vzdělávání veřejnosti a podniků o důležitosti dodržování limitů a o dopadech znečištění vod. Informovanost a aktivní účast veřejnosti mohou významně přispět k ochraně vodních zdrojů. Vzdělávací programy a kampaně, které zdůrazňují význam šetrného přístupu k vodě, jsou proto nezbytné nejen pro zvýšení povědomí, ale také pro podporu zodpovědného chování jednotlivců i průmyslu.

Tabulka 1 ukazuje průměrnou produkci znečištění vody na jednoho obyvatele na den.

Tabulka 1 Průměrná produkce znečištění jedním obyvatelem na den (130 l/den)

Ukazatel	**BSK**	**CHSK**	**NL**	**N**	**P**
Produkce znečištění (g/den)	60	120	55	11	3
Produkce znečištění (mg/l)	462	963	423	85	19

Zdroj: Ministerstvo životního prostředí ČR

Kategorie ČOV (EO) se rozumí velikost čistírny odpadních vod, vyjádřená v počtu ekvivalentních obyvatel. Ekvivalentní obyvatel (EO) je definovaný produkcí znečištění 60 g BSK_5 za den. Počet ekvivalentních obyvatel se pro účel zařazení čistírny odpadních vod do velikostní kategorie vypočítává z maximálního průměrného týdenního zatížení na přítoku do čistírny odpadních vod během roku s výjimkou neobvyklých situací, přívalových dešťů a povodní. Pro určení velikosti aglomerace se použije stejný postup pro všechny odpadní vody odváděné kanalizací pro veřejnou potřebu. Pro účely stanovení limitů se použije vyšší z obou hodnot.

3. Metodika

Cílem práce je porovnat získaná data s platnou legislativou a zjistit, zda daná čistírna odpadních vod Mariánské Radčice dodržuje platnou legislativu a doporučené hodnoty na vypouštěné vodě. Dílčím cílem je zhodnotit, zda tato čistírna kapacitně vyhovuje i do budoucna.

Z dat přímo získaných z čistírny odpadních vod Mariánské Radčice a se souhlasem obecního úřadu Mariánské Radčice byly získány údaje o přítoku a odtoku od roku 2018 do roku 2022 u parametrů CHSK, BSK a NL a celkové množství proteklé vody.

Mariánské Radčice je malebná obec nacházející se v severních Čechách, v okrese Most. Tato oblast je známá svou bohatou historií a přírodními krásami. Obec je obklopena zelenými lesy a je ideálním místem pro milovníky turistiky a cyklistiky.

Nedaleko Mariánských Radčic jsou místa jako například Národní přírodní rezervace Jezerka, nebo přírodní rezervace Vlčí důl, která lákají místní obyvatele k pozorování zdejší flóry a fauny. V obci stojí pozoruhodný barokní kostel z 18. století, který je srdcem místní komunity a svědectvím křesťanské tradice regionu.

V Mariánských Radčicích lze také navštívit několik historických památek, jako jsou různé sochy a kapličky, které dotvářejí charakteristický vzhled obce. Kromě toho se zde každoročně konají kulturní akce, které přispívají k udržení živého společenského ducha mezi místními obyvateli. Obec je také výchozím bodem pro výlety do okolních částí Krušných hor, nabízejících panoramatické výhledy a nezapomenutelné zážitky.

Mariánské Radčice, s její přátelskou atmosférou a pohostinnými obyvateli, je skvělým příkladem typické české vesnice, kde se snoubí historie s moderním životem. Místní kulturní život je obohacený různými společenskými a sportovními událostmi, které se zde pravidelně pořádají. Obec se může pochlubit také kvalitními službami, včetně obchodů, restaurací a ubytovacích zařízení, které uspokojí potřeby návštěvníků i místních.

V obci Mariánské Radčice žije 475 obyvatel, její rozloha je 12,49 km² a leží v nadmořské výšce 258 m n. m.

Obrázek 1 ukazuje pohled na kostel v Mariánských Radčicích, obrázek 2 ukazuje letecký snímek obce Mariánské Radčice.

Obrázek 1 Obec Mariánské Radčice

Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Mariánské_Radčice

Obrázek 2 Obec Mariánské Radčice

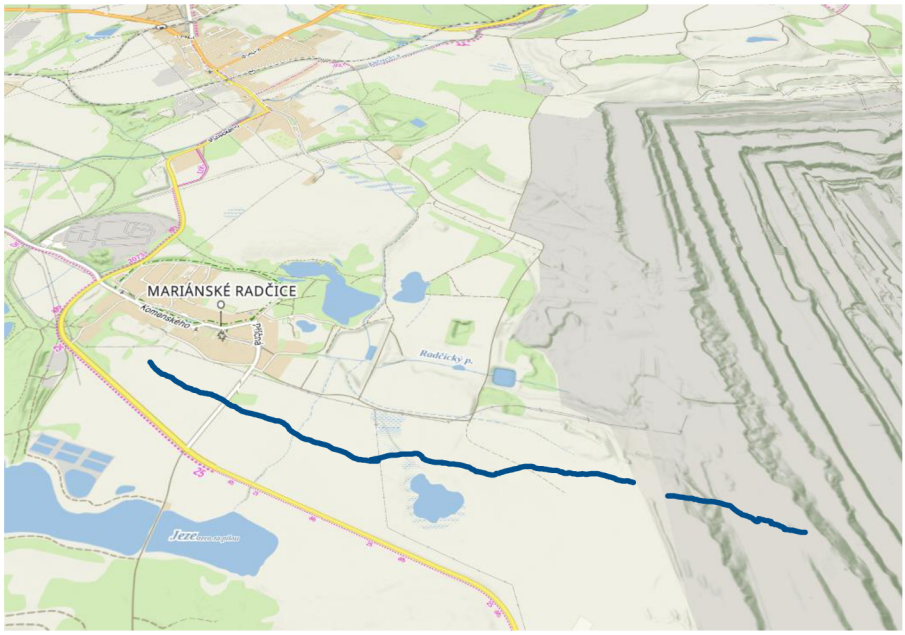
Zdroj: https://www.marianskeradcice.cz/radcicky-okruh Radčický potok

Radčický potok pramení v Krušných horách na jihovýchodním svahu Střelná (868 m n. m.) a je asi 10 km dlouhý. Potok pramení u obce Meziboří a ústí do Loučenského potoka u Lomu. Protéká lesnatým údolím až do města Litvínov, kde protéká regulovaným korytem. Ve městě Litvínov se do Radčického potoka z levé stravy vlévá Poustevnický potok. Dále tok protéká přes Louku u Litvínova, kde za železniční stanicí obtéká a napájí Plutovský rybník. Na konci obce je potok sveden do přeložky do Klášterského (Loučenského) potoka.

Vlastní tok je veden mimo hustou zástavbu, v horní části je veden po okraji zástavby rodinných domů a zahrádkářské kolonie, po jejím opuštění je již tok veden mimo zastavěné území. Horní část toku je vedena v přeložce, jež je vedena příčným traverzem na sklon úbočí, nejedná se zde tak o tok v klasickém údolnicovém profilu, z čehož vyplývá i poměrně netypické záplavové území, jež lze charakterizovat množstvím přeronů mimo vlastní koryto do oblasti bývalých těžebních jam Staré koryto, dále pokračuje kolem bývalého Dolu Kohinoor II přes celou vesnici Mariánské Radčice. Pod obcí býval v katastru zaniklé vesnice Jenišův Újezd soutok s Lomským potokem, v současné době je tam zadržovací nádrž v předpolí lomu Bílina.

Plocha povodí potoka je 18,223 km^2, hydrologické pořadí je 1-14-01-061/2, celková délka potoka je 9,5 km. Délka původního koryta byla 15,6 km, plocha povodí měřila 47,6 km^2 a průměrný průtok v ústí byl 0,29 m^3/s.

Obrázek 3 Radčický potok



Zdroj: mapy.cz

3.1 Historie čistírny odpadních vod Mariánské Radčice

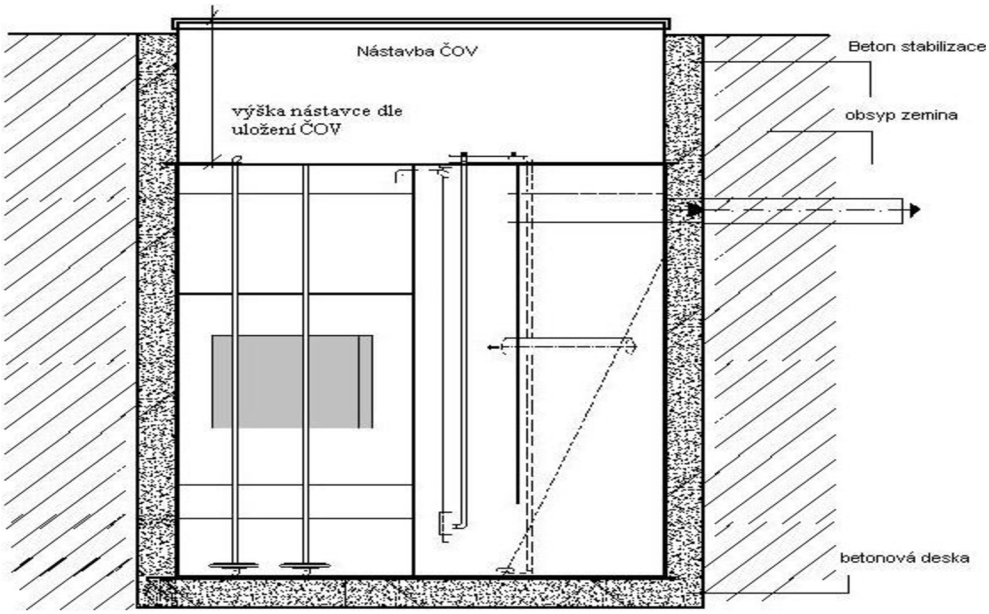
Koncem srpna roku 2014 vydal Městský úřad Litvínov, odbor stavebního úřadu, povolení obci Mariánské Radčice k nakládání s vodami podle příslušného paragrafu vodního zákona (§ 8, odst. 1, písmeno c) k vypouštění odpadních vod z ČOV Mariánské Radčice do vod povrchových – vodní tok Radčický potok s novým vyústím objektem, se zvýšeným odstraňováním dusíku (nitrifikace – denitrifikace) se zkušebním provozem na 12 měsíců a pro počet EO 450.

Kanalizační systém v obci je typem gravitační kanalizační řad, jedná se o stokovou síť a kanalizaci pro veřejnou potřebu, kanalizační soustava je oddílná.

Koncem srpna 2017, podle plánu, po bezmála deseti letech od zahájení prací na projektu se podařilo dokončit výstavbu splaškové kanalizace a čistírny odpadních vod v obci Mariánské Radčice. Celé dílo bylo předáno, byly provedeny potřebné zkoušky a bylo zjištěno, že vodní dílo je schopno provozu. V polovině prosince 2017 proběhlo kolaudační řízení.

Schválená konečná cena celé stavby byla 52.728.440,54 Kč bez DPH. Stavba byla finančně zrealizována pomocí darů, dotací, zbytek financí, 32.077.500 Kč bez DPH doplatila obec Mariánské Radčice. Obci se také podařilo vyjednat financování přípojek domácností na kanalizaci se společností Severočeské doly, takže všem vlastníkům nemovitostí byla realizace přípojek uhrazena.

Obrázek 4 Osazení ČOV do terénu



Zdroj: https://www.marianskeradcice.cz/file.php?nid=2029&oid=2748688

Konstrukce nádrže je navržena tak, aby nádrž, bez dalších stavebních nebo statických opatření, odolala tlaku zeminy po zasypání, resp. obetonování, pokud projektant neurčí jinak. Horní okraj ČOV by měl být cca 5 až 10 cm nad upraveným terénem.

Pro osazení ČOV bylo nutné vykopat stavební jámu s příslušnými půdorysnými rozměry a hloubkou (dle dodaného výkresu osazení, viz obrázek 4) a vybetonovat podkladovou železobetonovou desku s rovností cca 5 mm. Poté se nádrž obsypat zeminou. Při obsypání je nutné postupovat rovnoměrně po zhutňovaných vrstvách o mocnosti 300 mm. Zemina nesmí obsahovat kameny, stavební materiál a ostatní předměty, které by mohly případně nádrž čistírny poškodit.

Tloušťka železobetonové desky musí odpovídat únosnosti podkladové zeminy (cca 150-200 mm) a velikosti ČOV. Nádrž není dimenzována na případné další zatížení, způsobené tlakem pneumatik vozidel a kryt je nepochůzný.

Součástí strojního zařízení k ČOV je dmychadlo, které pomocí ventilů umístěných v ČOV vhání do nádrže vzduch. Dmychadlo je umístěno do 5 m od nádrže.

3.2 Čistírna odpadních vod Mariánské Radčice

Čistírna odpadních vod svou koncepcí čištění odpadních vod patří do skupiny čistíren s dlouhodobou aktivací a řízenou nitrifikací, denitrifikací a aerobní stabilizací kalu. Technologie čištění odpadních vod je známa svou jednoduchostí a snadnou ovladatelností při docílení vysoké účinnosti na odbourání všech forem biologického znečištění. Tato čistírna je vybavena technologií, která umožňuje odstraňování nutrientů z odpadních vod. Je tvořena z hrubého předčištění, z kompaktního biologického stupně (předřazená denitrifikace, nitrifikace s vestavěným separátorem aktivovaného kalu. ČOV Mariánské Radčice je koncipována jako druhá linková se společnou denitrifikací.

Stavebně je čistírna tvořena železobetonovou vanou zapuštěnou do terénu, která je železobetonovými přepážkami rozdělena na jednotlivé provozní úseky. Nad vanou je vyzděn jednopatrový objekt z pórobetonových tvárnic, kde je umístěno technické zázemí. Zastřešení objektu tvoří dřevěný krov a krytina. Sdruženému objektu čistírny předchází prefabrikovaná čerpací jímka.

Projektovaná kapacita čistírny je 450 EO dle BSK_5. Průměrný denní tok je 67,5 m^3/den, maximální okamžitý průtok je 14,77 m^3/hod, což je asi 4,1 l/sec. Povolené

limity BSK_5 je 27 kg/den, CHSK je 54 kg/den a NL 24,75 kg/den. (MÚ Litvínov, SÚ/28457/2011/SOH/I-2466, čj.: OSÚ/40341/2014/SP).

V obci je stávající dešťová kanalizace vyústěna do vodního toku. Do čistírny dešťové vody nenatékají.

Příjemcem ve smyslu vodoprávního povolení je Radčický potok, který není významným tokem. $Q_{prům}$ je 290 l/sec., kvalita při Q_{355} je BSK_5 1,2 mg/l a NL 2 mg/l. Správcem toku je povodí Ohře.

Mezi producenty odpadních vod patří obyvatelstvo, průmyslové podniky, provozovny, zařízení občanské vybavenosti, srážkové a povrchové vody a ostatní vody.

U čistírny odpadních vod se provádí:

- četnost odběrů – 4x ročně, tj. jednou za 3 měsíce
- typ vzorku – dvouhodinový slévaný vzorek dle nařízení vlády ČR č. 401/2015 Sb., v platném znění,
- dle složení odpadních vod.

Odbor stavebního úřadu městského úřadu v Litvínově v roce 2014 uvedl povolené jakosti vypouštěných vod takto:

- BSK_5 hodnota „p“ – 20 mg/l
- BSK_5 hodnota „m“ – 30 mg/l
- $CHSK_{Cr}$ hodnota „p“ – 80 mg/l
- $CHSK_{Cr}$ hodnota „m“ – 110 mg/l
- NL hodnota „p“ – 20 mg/l
- NL hodnota „m“ – 50 mg/l

Druh vypouštěných vod jsou opět splaškové vody, do vodního toku, maximálně 0,52 l/sec, v maximální výši 101,25 m^3/den, 25 000 m^3/rok, vody se vypouští nepřetržitě 12 měsíců v roce, 365 dní.

Kolaudační souhlas byl udělen stavebním úřadem 18.12.2017.

Městským úřadem v Litvínově, odbor životního prostředí rozhodnutím ze dne 5.12.2019 se změnilo maximální povolené množství vypouštěné vody:

- maximální povolené množství se zvyšuje na 45 000 m^3/rok
- maximální měsíční povolené množství se stanovuje na 3 700 m^3/měsíc (denní povolené množství není stanoveno)
- průměrné množství vypouštěných vod je stanoveno na 1,3 l/sec

- maximální množství vypouštěných vod je stanoveno na 4,1 l/sec (původně 0,52 l/sec).

Žádost podala obec a změna povolení se týkala navýšení množství vypouštěných přečištěných odpadních vod z čistírny odpadních vod do vodního toku Radčický potok v ř.km 2,3, a odbor životního prostředí změnil povolení k nakládání s vodami podle § 8 odst. 1 písm. c) vodního zákona dle návrhu obce.

Obrázek 5 Objekt čističky odpadních vod Mariánské Radčice

Zdroj: autor

3.3 Členění technologické části čistírny odpadních vod Mariánské Radčice

Čištění odpadní vody čistírnou probíhá biologickým procesem. Aktivní látkou v čistícím procesu je aktivovaný kal, je to směs mikroorganismů, které ke svému životu a rozvoji potřebují látky, které jsou obsaženy v odpadní vodě. V čistícím procesu dochází také k odstraňování amoniakálního znečištění (oxidací vznikají dusičnany – nitráty, procesy nitrifikační), dále k odstraňování dusičnanového znečištění (procesy denitrifikační).

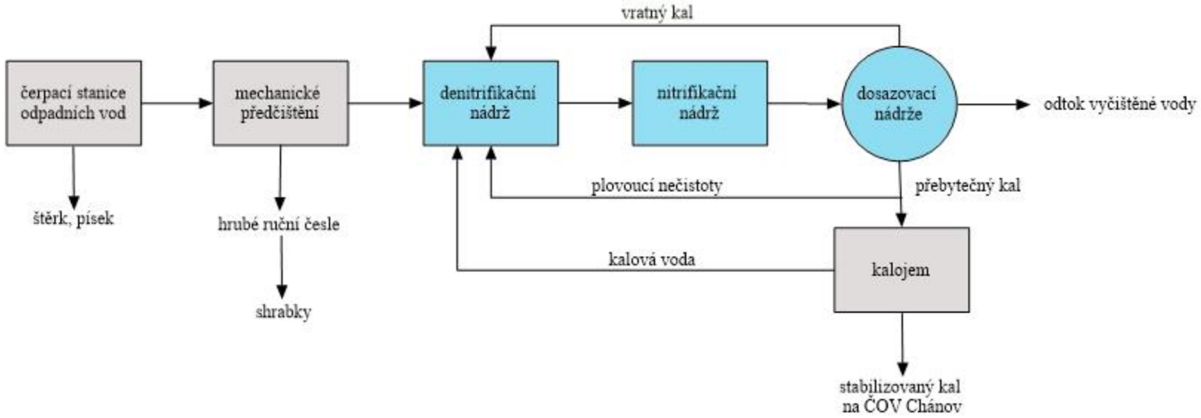
Čistírna je schopna plynule reagovat na změny látkového a hydraulického zatížení ČOV v rozsahu 30–120 % projektované kapacity. Navržená technologie biologické čistírny odpadních vod pro obec Mariánské Radčice integruje do kompaktního celku veškeré stupně čištění: ekonomické přečerpání, mechanické předčištění, biologické aktivační čištění s předřazenou denitrifikací, aerobní stabilizaci kalu s akumulací přebytečného kalu a měření průtoku vyčištěné vody s ultrazvukovou sondou.

Biologický reaktor ČOV integruje v sobě tyto základní části:

- hrubé předčištění,
- část denitrifikační,
- část nitrifikační I. a II. linka,
- část dosazovací (separace kalu) I. a II. linka – kalojem.

3.4 Technologie čistírny odpadních vod Mariánské Radčice

Obrázek 6 Blokové schéma čistírny odpadních vod Mariánské Radčice



Zdroj: autor

Obrázek 7 Jímka a bezpečnostní přepad čerpací stanice

Zdroj: autor

Obrázek 8 Aktivační a dosazovací nádrže

Zdroj: autor

Obrázek 9 Česla na přítoku v denitrifikační části

Zdroj: autor

Obrázek 10 Detail česel

Zdroj: autor

Obrázek 11 Přívod pro aeraci – pro každou linku samostatný

Zdroj: autor

Obrázek 12 a obrázek 13 Vnořená dosazovací nádrž, levá a pravá část

Zdroj: autor

Obrázek 14 Detail odtokového žlabu, odkud odchází vyčištěná voda do Parshallova měrného žlabu

Zdroj: autor

Obrázek 15 Parshallův měrný žlab pro měření nečistot ultrazvukem

Zdroj: autor

Obrázek 16 Kalojem, kde probíhá studené vyhnívání

Zdroj: autor

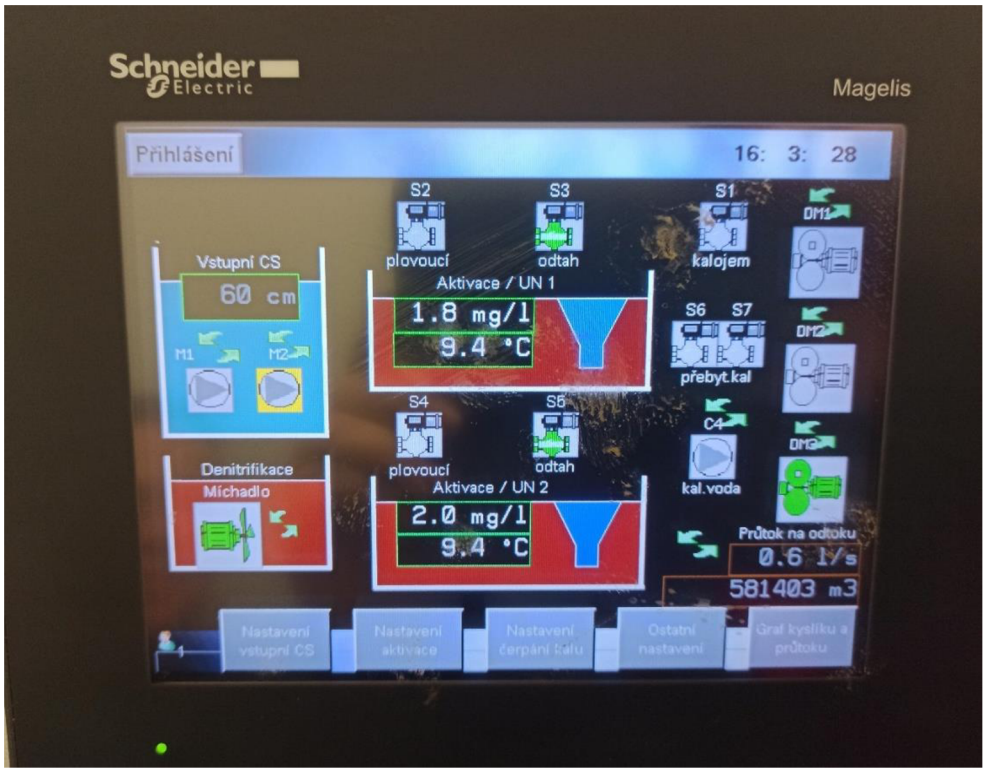
Obrázek 17 Výpustní hadice na kal z kalojemu

Zdroj: autor

Obrázek 18 Kontejner na shrabky, které se sváží na ČOV Chánov

Zdroj: autor

Obrázek 19 Display řídící jednotky



Zdroj: autor

Obrázek 20 Řídící jednotka

Zdroj: autor

Obrázek 21 Dvě dmychadla a jedno rezervní

Zdroj: autor

Technologie čistírny odpadních vod je navrhována s ohledem na požadavky např. vlády ČR NV 401/2015 Sb. v platném znění a při akceptování navržené níže prezentované technologie biologického čištění jako „nejlepší dostupné technologie“ pro danou velikost zdroje znečištění dle Metodického pokynu Odboru ochrany vod MŽP. Je použito takové technické řešení, které ve všech technologických uzlech respektuje potřebu na minimalizaci spotřeby elektrické energie a snížení provozní náročnost.

Odpadní vody přitékají gravitační splaškovou kanalizační sítí do čerpací stanice, která byla navržena jako kruhová prefabrikovaná jímka. Výtlačné potrubí od čerpadel je vyvedeno na biologický reaktor.

Odpadní vody jsou přečerpávány na objekt mechanického předčištění, kde jsou hrubé nečistoty (shrabky) zachyceny a vybírány obsluhou. Následně jsou nakládány do kolečka a odváženy do kontejneru a likvidovány společně s ostatním odpadem odvozem na nejbližší skládku ČOV Chánov (obrázek 18).

Mechanicky předčištěná odpadní voda přitéká z výtlaku přes mechanické předčištění do denitrifikační zóny reaktoru. Míchání denitrifikace je zabezpečeno ponorným

míchadlem. Z denitrifikace odtéká směs vody a biologického kalu prostupem v dělící příčce pomocí PVC potrubím zaústěným pod hladinu.
Tlakový vzduch pro biologický reaktor zabezpečují dmychadlové agregáty, umístěné vedle biologického reaktoru na betonovém podkladě. Pro každou linku je počítáno jedno dmychadlo, které zásobuje aerační elementy v lince a je řízeno kyslíkovou sondou. Pro případný záskok je určen trubní bypass mezi jednotlivými dmychadly. Třetí dmychadlo má úlohu zdroje vzduchu pro kalovou jímku.
Vnitřní recirkulaci kalu zabezpečuje za každé linky hydropneumatické čerpadlo s výtlakem do denitrifikační zóny. Přebytečný aerobně stabilizovaný kal je přečerpáván do nádrže kalojemu. Vyčištěná voda z reaktoru odtéká odtokovým žlabem se stavitelnou přepadovou hranou přes měrný objekt do určeného potoka. Pro měření množství vyčištěných odpadních vod slouží měrný Parshallův žlab (obrázek 15).
Oddělování aktivovaného kalu od vyčištěné vody probíhá v dosazovací vestavbě. Vyčištěná voda odtéká přes odtokové přelivné žlaby a mamutkou je aktivovaný kal vracen na začátek čistícího procesu do denitrifikace. Případné odkalení do nádrže kalojemu (obrázek 11).

3.5 Provoz a údržba čistírny odpadních vod Mariánské Radčice

K tomu, aby došlo k vyčištění odpadních vod na požadovanou úroveň uvedenou v provozním řádu, je nutné biologický proces zapracovat. K zapracování biologického procesu může dojít následujícími způsoby:
1. Postupným zapracováním, tj. přítokem odpadních vod a neustálým zatěžováním i nad stanovené technologické parametry. Tato metoda je zatížena především v první fázi tvorbou bohaté pěny a k jejímu odstranění nemusí pomoci ani dávkování odpěňovadel.
2. Dovozem očkovacího kalu (čerstvý strojně zahuštěný kal nebo kal z dobře aerované uskladňovací nádrže). Tato metoda umožňuje podstatně rychlejší zapracování, mnohdy bez negativních průvodních efektů i do 24 hodin, a to s minimálními nároky na dopravu.
V obou případech je potřebné zabezpečit neustálý chod dmychadla a celého provzdušňovacího a technologického zařízení včetně hydropneumatického čerpadla –

mamutky. Postupné zapracování procesu trvá 3 až 8 týdnů a je závislé na kvalitě odpadních vod na přítoku a jejich teplotě.

Provoz ČOV a její údržbu je nutné vykonávat průběžně celý rok s tím, že celkový chod vodohospodářského díla musí být kontrolován pravidelně. Ze začátku zkušebního provozu se doporučovala kontrola 5-6 x týdně, a po zaběhnutí celého systému provozovatel upravil dle potřeby četnost docházek obsluhy. Bylo nutné se zaměřit zejména na chod dmychadla, recirkulaci kalu, čištění zařízení a odkalování systému. Pozornost je třeba věnovat správné funkci čerpadel. Jednou měsíčně se kontroluje stavební část a stav technologického zařízení. Je potřeba dbát v dostatečném předstihu na zimní zabezpečení čistírny, zejména pak odvoz kalu, nebo údržbu.

Aby mohla čistírna fungovat bez poruch, je nutné vyloučit v přítoku zejména:

- tuky ve vyšší koncentraci,
- regenerační roztoky z domácích změkčovačů,
- barvy, laky a ředidla,
- silné dezinfekční prostředky, silné kyseliny a zásady,
- plastové produkty,
- gumové produkty,
- textilie.

Pro látkové zatížení čistírny nad 40 % projektované hodnoty, dle BSK_5 lze za normální podmínky nastavení považovat uvedený stav:

- koncentrace kalu (NL) v aktivaci - 3,5 – 4,5 g/l,
- Kalový index - 80–150 ml/g,
- Sediment (V30) pro KI = 100 ml/g – 450 – 600 ml,
- Koncentrace N – NO_3 - do 5 – 10 mg/l,
- Koncentrace N – NH_4 - do 2 – 5 mg/l min,
- Účinnost odstranění anorganického dusíku – 70 %.

Pokud se sledované veličiny pohybují v uvedených hodnotách, lze považovat provoz za optimálně nastavený. Odchýlení od těchto hodnot nemusí představovat velký problém, je však nutná konzultace technologa. Při uvedených hodnotách se pohybuje běžné nastavení vnější recirkulace cca 50–100 %.

4. Výsledky a diskuze

Tato kapitola bude srovnávat výsledky sledovaných parametrů, CHSK, BSK_5 a NL přítoků a odtoků v čistírně Mariánské Radčice.

Následující tabulka 2 ukazuje získané údaje z ČOV.

Tabulka 2 Průměrné roční koncentrace BSK_5, CHSK a nerozpuštěných látek (NL) na ČOV Mariánské Radčice v období 2018-2022.

Období	Přítok			Odtok			Q (m3/rok)
	CHSK (mg/l)	BSK5 (mg/l)	NL (mg/l)	CHSK (mg/l)	BSK5 (mg/l)	NL (mg/l)	
2018	**1 042**	**497**	478	35,5	6,2	6,2	**12 398**
2019	919	471	**552**	**43,6**	**7,3**	**9,6**	**33 725**
2020	**706**	**384**	309	40,3	7,1	7,5	18 443
2021	754	404	367	33,0	4,7	**5,6**	21 849
2022	1 008	468	**304**	**25,8**	**3,9**	7,0	17 572

Tabulka 2 ukazuje průměrné roční koncentrace BSK5, CHSK a nerozpuštěných látek (NL) na ČOV Mariánské Radčice v období 2018-2022. Červeně jsou označeny nejvyšší naměřené průměrné roční hodnoty, zeleně naopak nejnižší naměřené průměrné roční hodnoty.

Tabulka 3 Průměrné, minimální a maximální koncentrace sledovaných parametrů na odtoku z ČOV Mariánské Radčice za období 2018-2022

Ukazatel	průměrné hodnoty	Jednotky	min. měření	max. měření
CHSK-Cr	35,62	mg/l	25,75	43,57
BSK_5	5,83	mg/l	3,90	7,29
NL	7,18	mg/l	5,64	9,56

Tabulka 3 ukazuje uvedené zjištěné průměrné koncentrace vypouštěného znečištění jednotlivých sledovaných ukazatelů, jejich minimální a maximální hodnoty za sledované období.

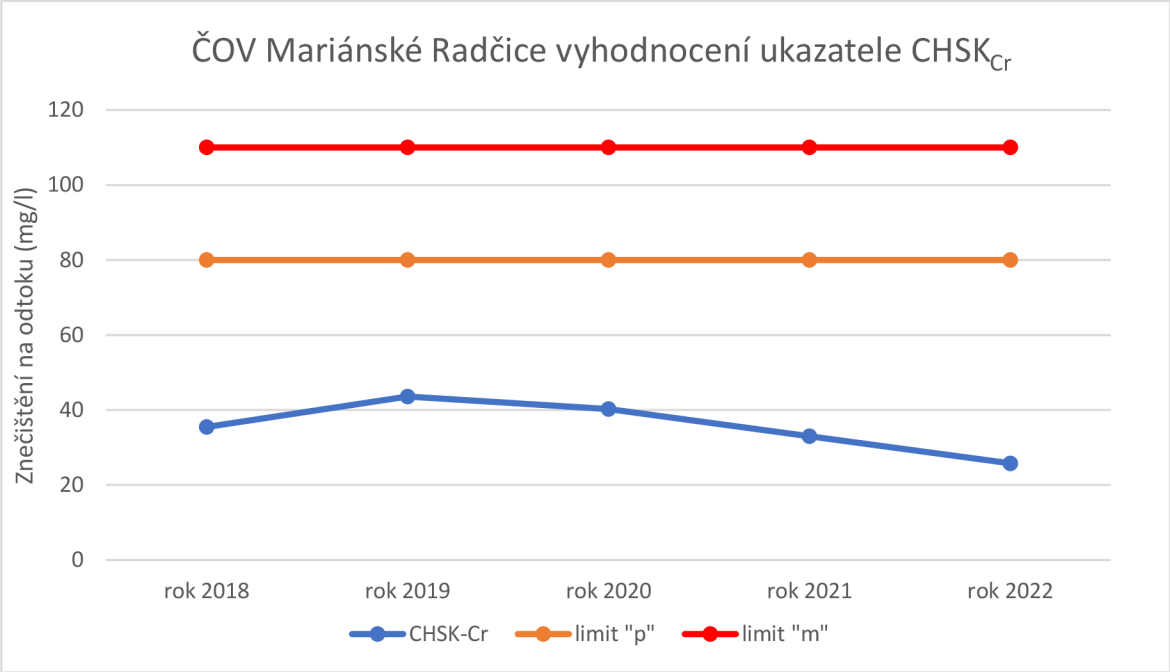
Z tabulky 3 je patrné, že průměrné roční hodnoty $CHSK_{Cr}$ na odtoku za období 2018 až 2022, byly nejvyšší naměřeny v roce 2019 a 2020, naopak nejnižší v roce 2022. Z naměřených průměrných ročních hodnot je patrné, že hodnoty jsou pod přípustnou a maximální hodnotou.

Tabulka 4 Povolené přípustné a maximální koncentrace vydané vodohospodářským úřadem na vypouštěných vodách z ČOV Mariánské Radčice

Ukazatel	Přípustné hodnoty („p“) mg/l	Maximální hodnoty („m“) mg/l
CHSK-Cr	80	110
BSK_5	20	30
NL	20	50

Z tabulky 4 jsou zřejmé hodnoty pro jednotlivé ukazatele BSK_5, $CHSK_{Cr}$ a NL stanovené odborem životního prostředí v přípustné („p“) a maximální výši („m“) na vypouštěných látkách na odpadních vodách.

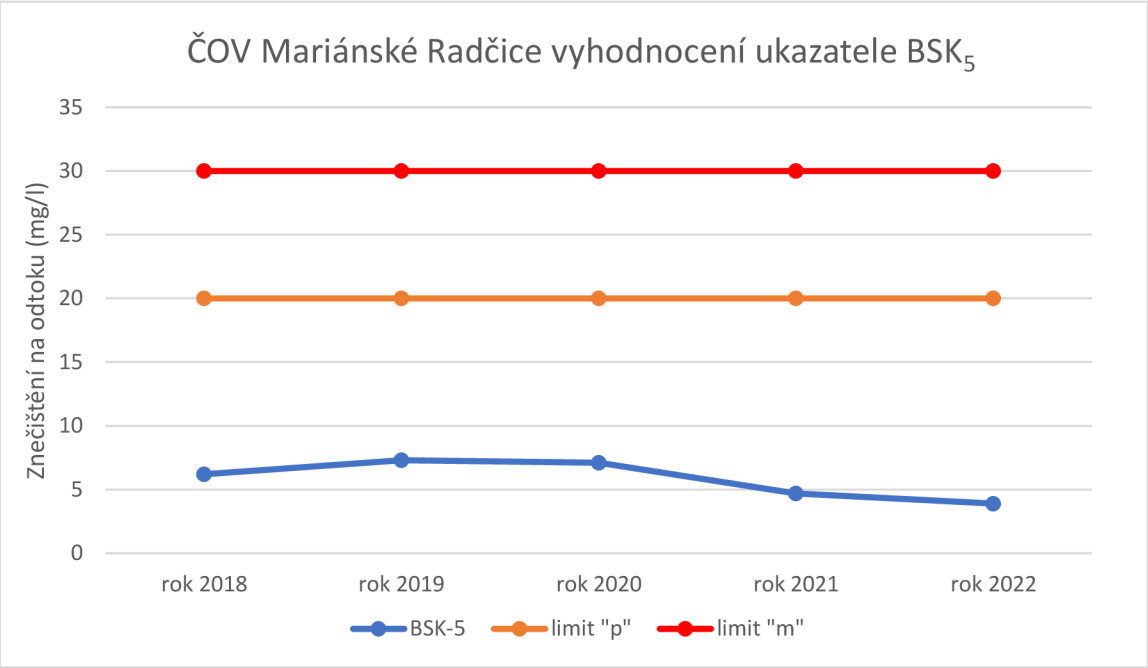
Graf 1 Hodnoty $CHSK_{Cr}$ na odtoku za sledované období 2018 až 2022



Graf 1 ukazuje přípustné, maximální a průměrné roční hodnoty $CHSK_{Cr}$ na odtoku za období 2018 až 2022.

Hodnoty $CHSK_{Cr}$ byly stanoveny mezi 80 a 110 mg/l. Nejnižší průměrná hodnota během sledovaného období byla naměřena ve výši 25,75 mg/l v roce 2022 a nejvyšší hodnota byla naměřena ve výši 43,57 mg/ml v roce 2019, celková průměrná hodnota se pohybovala kolem 35,62 mg/l.

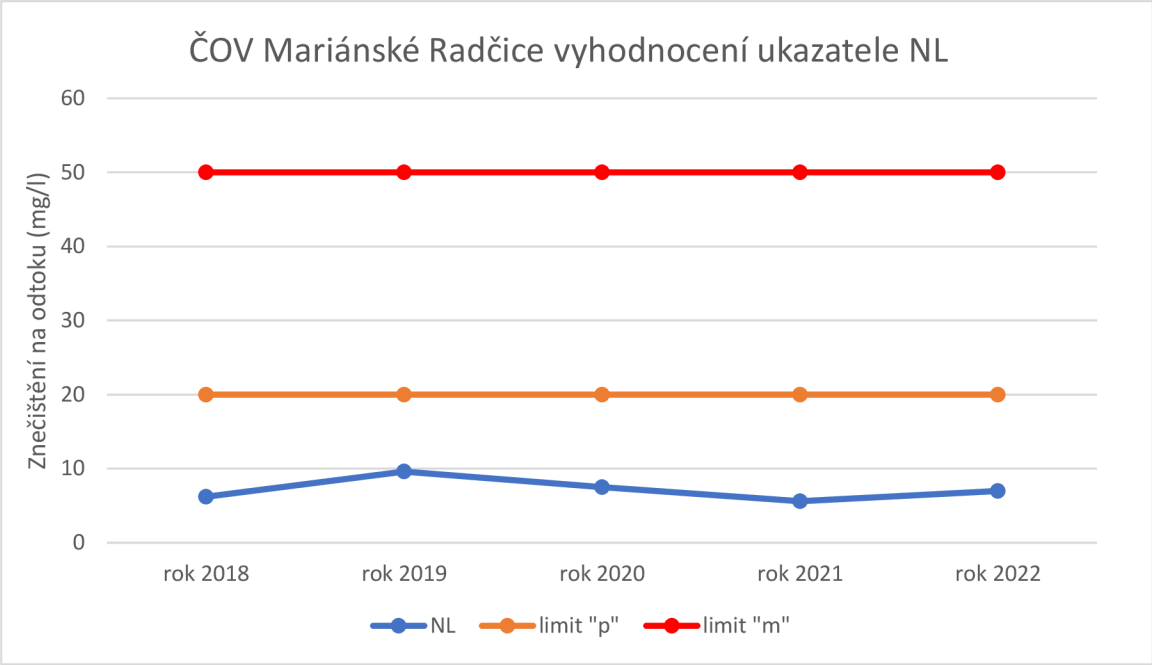
Graf 2 Hodnoty BSK_5 na odtoku za sledované období 2018 až 2022



Graf 2 ukazuje přípustné, maximální a průměrné roční hodnoty BSK_5 na odtoku za období 2018 až 2022.

Během získaného měření od roku 2018 do roku 2022 bylo zjištěno, že nejnižší průměrné roční hodnoty BSK_5 byly naměřeny ve výši 3,90 mg/l v roce 2022 a nejvyšší ve výši 7,29 mg/l v roce 2019, celkové průměrné hodnoty se za sledované období pohybovaly ve výši 5,83 mg/l.

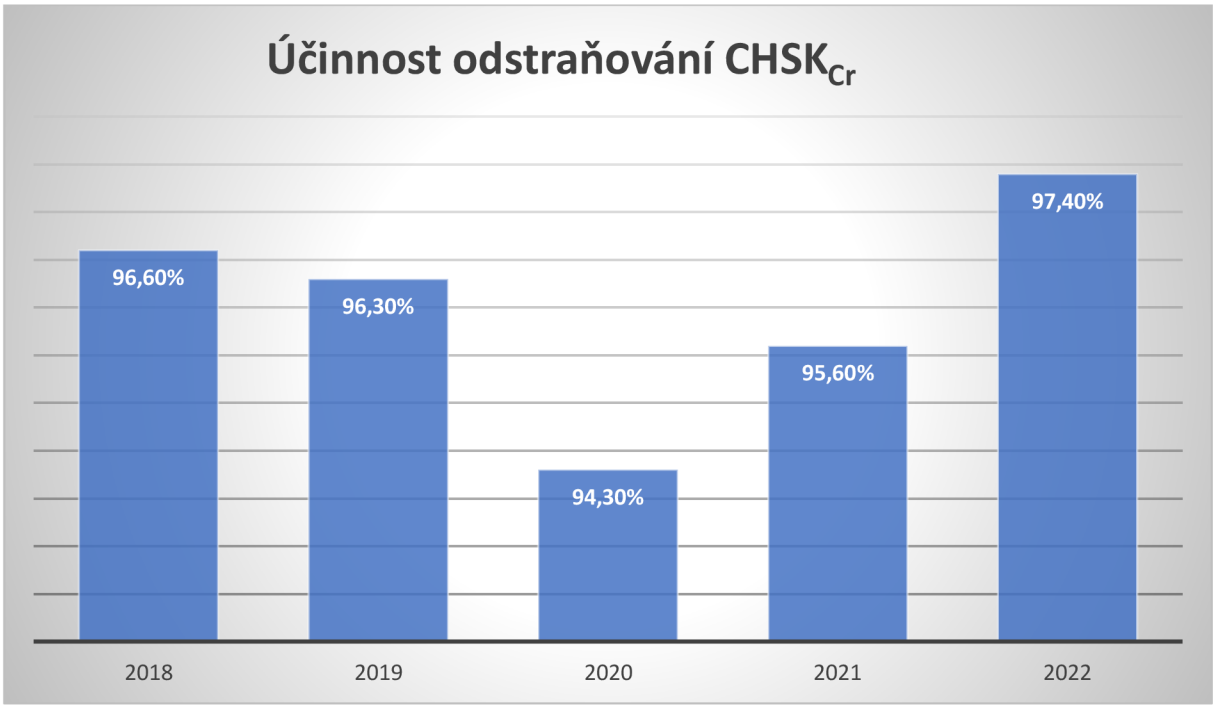
Graf 3 Hodnoty NL na odtoku za sledované období 2018 až 2022



Graf 3 ukazuje přípustné, maximální a průměrné roční hodnoty NL na odtoku za období 2018 až 2022.

Hodnoty NL byly stanoveny mezi 20 a 50 mg/l. Nejnižší průměrná hodnota během sledovaného období byla naměřena ve výši 5,64 mg/l v roce 2021 a nejvyšší ve výši 9,56 mg/l v roce 2019, celková průměrná hodnota se za sledované období pohybovala ve výši 7,18 mg/l.

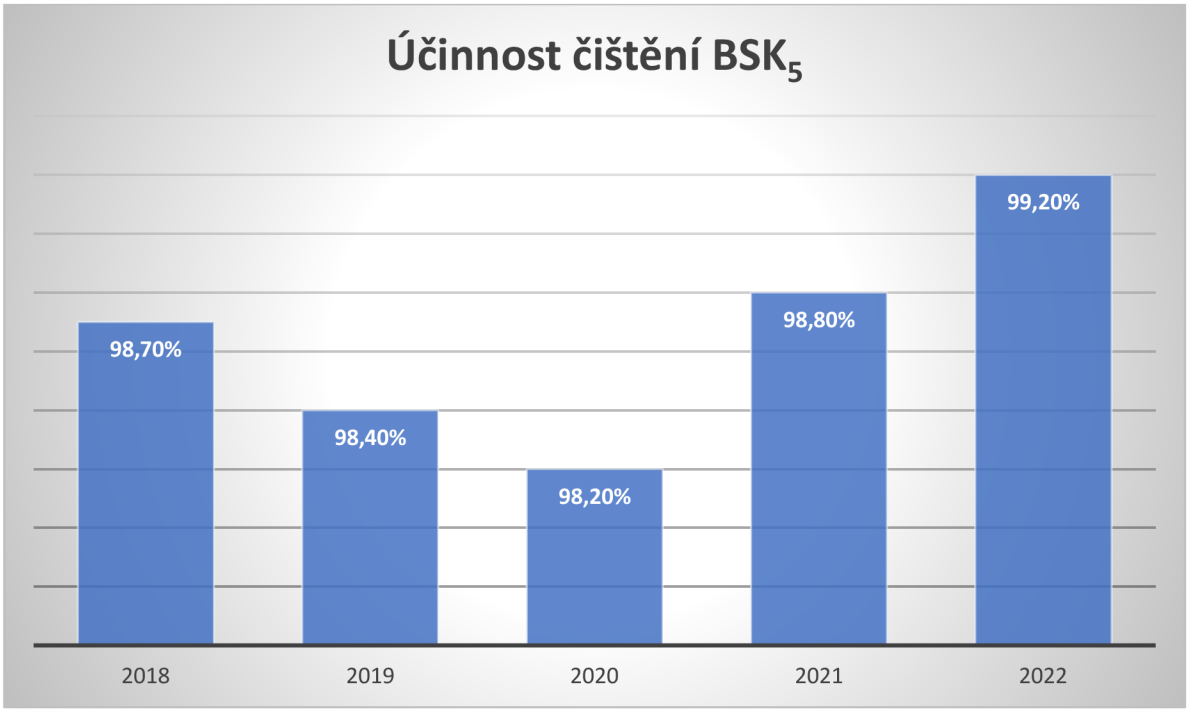
Graf 4 Účinnost odstraňování $CHSK_{Cr}$ za období 2018 až 2022



Graf 4 ukazuje průměrnou roční účinnost čištění $CHSK_{Cr}$ za sledované období 2018 až 2022. Nejnižší průměrná roční účinnost byla zaznamenána v roce 2020, nejvyšší v roce 2022. Účinnost čištění je více jak 95 %.

Tabulka 3 ukazuje průměrné roční naměřené hodnoty BSK_5, které byly zaznamenány za rok 2018 až 2022. Hodnoty za sledované období byly celkem vyrovnané. Přípustné a maximální hodnoty jsou opět vysoko nad naměřenými hodnotami.

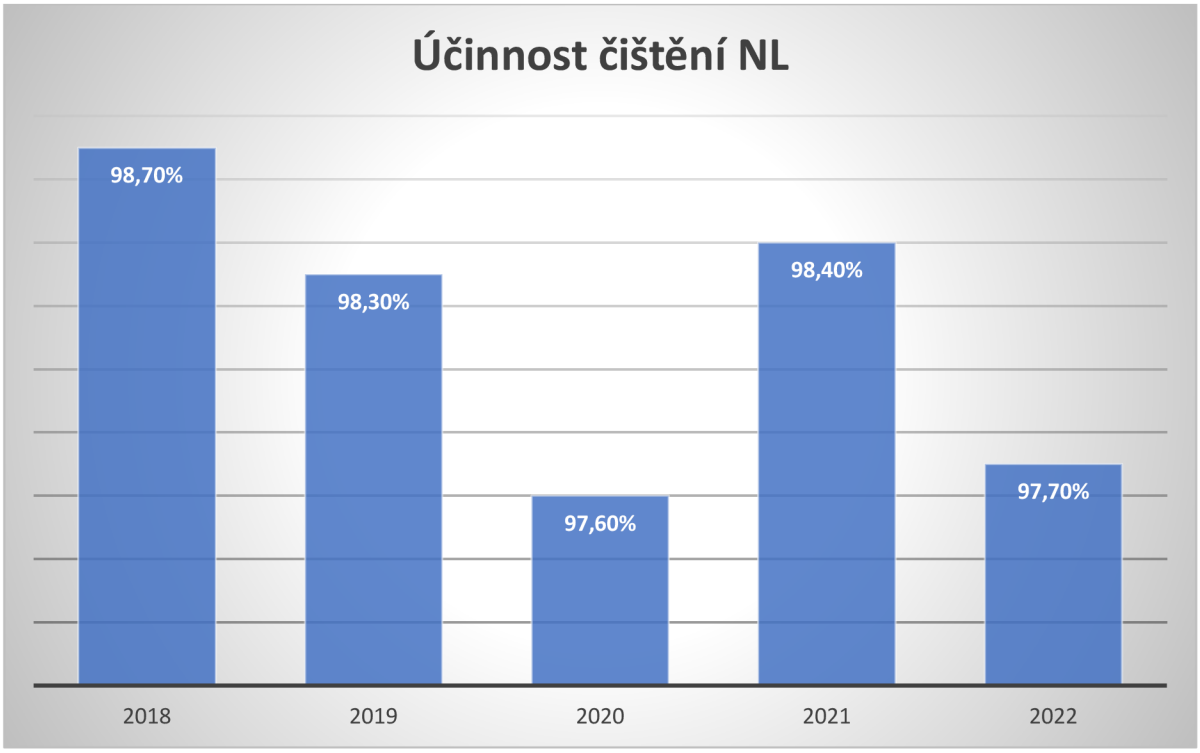
Graf 5 Průměrná roční účinnost odstraňování BSK_5 za sledované období 2018 až 2022



Graf 5 ukazuje průměrnou roční účinnost čištění BSK_5 za sledované období 2018 až 2022. Nejnižší průměrná roční účinnost byla zjištěna v roce 2020, nejvyšší v roce 2022. Účinnost čištění je nad 98 %.

Tabulka 3 ukazuje průměrné roční naměřené hodnoty NL, jehož naměřené hodnoty jsou pod přípustnou i maximální hodnotou. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v roce 2019 a nejnižší v roce 2018 a 2021.

Graf 6 Průměrná roční účinnost čištění NL na odtoku za sledované období v období 2018 až 2022



Graf 6 ukazuje hodnoty průměrné roční účinnost čištění NL za sledované období 2018 až 2022. Nejnižší průměrná roční účinnost čištění byla opět v roce 2020, nejvyšší v roce 2018. Účinnost čištění NL je nad 97 %.

Tabulka 2 ukazuje průměrné roční množství vody na odtoku do Radčického potoka v m_3/rok a povolené množství. Ačkoliv ČOV i městský úřad Mariánské Radčice žádaly o zvýšení povoleného množství vypouštěné vody z 25 000 l/rok na 45 000 l/rok tak ani v současné době nedosahuje množství odtokové vody těchto povolených hodnot.

Z uvedených údajů je patrné, že čistírna odpadních vod ve sledovaném období splňovala rozhodnutí a stanovené emisní limity všech základních ukazatelích, $CHSK_{Cr}$, BSK_5 a NL. Hodnoty koncentrací všech ukazatelů na odtoku byly pod přípustnými limity. Emisní limity pro ukazatele $N\text{-}NH_4$ nebo P současná legislativa sledování těchto limitů požaduje pro ČOV velikostní kategorie od 500 EO. Z dlouhodobého hlediska jsou zkušenosti provozu ČOV velmi pozitivní a s velkou rezervou plní stanovené emisní limity po celou dobu svého provozu.

Hodnoty $CHSK_{Cr}$ na přítoku a odtoku měly od roku 2018 do roku 2020 klesající hodnoty, poté měly stoupající hodnoty.

Hodnoty BSK_5 na přítoku a odtoku měly, stejně jako u $CHSK_{Cr}$, tak i u BSK_5 hodnoty od roku 2018 klesaly na přítoku až pod hodnotu 400 mg/l, poté měly hodnoty opět stoupající hodnoty.

Ze získaných výsledků měření BSK_5, $CHSK_{Cr}$ nebo nerozpuštěných látek, získaných přímo z ČOV Mariánské Radčice bylo zjištěno, že všechny tyto veličiny byly v normě a mnohonásobně nižší, než určoval předpis odboru životního prostředí města Litvínov.

Ze získaných výsledků na přítoku a odtoku a s porovnáním přípustného a maximálního množství sledovaných parametrů je možné konstatovat, že ČOV Mariánské Radčice plní svůj úkol a kvalita vypouštěných vod do Radčického potoka je v souladu se zákonem a se sledovanými parametry nižšími, než je stanoveno. Účinnost čištění je více jak 97 %.

5. Závěr

Výsledky měření za období 2018 až 2022 ukázaly, že průměrné roční měřené hodnoty BSK_5, biochemická spotřeba kyslíku, $CHSK_{Cr}$, chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným a NL, nerozpuštěné látky, na přítoku a odtoku čistírny odpadních vod Mariánské Radčice splňují stanovené normy podle zákona i podle schválených hodnot odborem životního prostředí městského úřadu v Litvínově. Celkově průměrné roční naměřené hodnoty byly pod přípustnými i maximálními hodnotami, které se mohou v měřených vzorcích vyskytovat. Roční průměrná účinnost čistírny odpadních vod Mariánské Radčice byla u všech sledovaných parametrů více jak 97 %, takže se nepředpokládá, že by měření hodnot v průběhu roku byly nad stanovenými hodnotami.

Tato práce prokázala, že čištění komunálních odpadních vod v ČOV Mariánské Radčice splňuje přísné limity a její kapacita je dostačující i do budoucna. Čistírna je schopna trvalého a dlouhodobého plnění legislativních požadavků pro vypouštění čištěných odpadních vod do vod povrchových.

6. Seznam použité literatury

BAUDIŠOVÁ, D. 2009 Mikrobiální kontaminace povrchových vod a hlavní zdroje znečištění. VÚV TGM, Praha.

ČVUT v Praze, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství. Legislativa a normy, týkající se ČOV v České republice.

ČVUT v Praze, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství. Čistírny odpadních vod. Rozvoj výuky vodohospodářských předmětů.

GUPTA, VK, ALI, I., SALEH, TA, et al., 2012. Chemical treatment technologies for waste-water recycling—an overview. Royal Society of Chemistry Adv., 2, 6380-6388.

CHEN, GH, et al. (ed.).2020. Biological wastewater treatment: principles, modeling and design. IWA publishing.

JURÁŇ, S., FOREJTNÍKOVÁ, M., VYSLOUŽILOVÁ, L. a SOVOVÁ, K., 2019. Čistá voda – zdravé město: Využitelnost stávajícího systému sběru informací pro naplnění cílů projektu. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 61(6), 24–31.

MERTL, J. 2012. Vývoj znečištění povrchových vod v České republice. Resort životního prostředí.

Městský úřad Litvínov, odbor stavebního úřadu. Rozhodnutí ze dne 28.8.2014 o stavebním povolení pro čistírnu odpadních vod. Spis.zn. SÚ/28457/2011/SOH/I-2466, čj.: OSÚ/40341/2014/SP.

Městský úřad Litvínov, odbor stavebního úřadu. Rozhodnutí ze dne 16.7.2015 o stavebním povolení pro čistírnu odpadních vod – oprava zřejmých nesrovnalostí. Byly opraveny údaje o povolené jakosti vypouštěných vod. Spis. zn.: OSÚ/6524/2015/SOH/I-2466, čj.: OSÚ/32040/2015/OprSP.

Městský úřad Litvínov, odbor životního prostředí. Rozhodnutí ze dne 5.12.2019 o rozhodnutí o zvýšení limitů vypouštěných vod. Spis zn.:OŽP 8649/2019/DOK/231.2.2/I-2366, č.j. MELLT/90933/2019/OŽP/DOK/ROZ.

MIČANÍK, T. et al. 2017. Klasifikace kvality povrchových vod. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 59.6: 4-11.

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

Odstavec předpisu 428/2001 Sb. Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) Příl.15.

OECD. Hodnocení politik životního prostředí OECD: Česká republika 2018. 2018. OECD Publishing, 221 s. ISBN 978-926-4310-37-7.

OMER, NH. 2019. Water quality parameters. Water quality-science, assessments and policy, 18: 1-34.

PRCHALOVÁ, H., RICHTER, P., VYSKOČ, P., PICEK, J., et al., 2023. Hodnocení trendů v koncentracích chemických a fyzikálně-chemických ukazatelů stavu povrchových vod. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 65(3), 4–16.

PRINZ, J., ECKHARDT, P., KOŽÍN, R., 2023. Chráněná území pro akumulaci povrchových vod z pohledu hydrogeologa – vliv případné realizace akumulace povrchových vod na hydrogeologické poměry. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 65(5), 16–22.

Provozní řád Mechanicko-biologické čistírny odpadních vod ČOV Mariánské Radčice. 2017. Voda.cz, Hradec Králové.

PŘIKRYL, I. 2006. Metodika odběru a zpracování vzorků zooplanktonu stojatých vod. Metodika VÚV TGM Praha.

RAOELISON, OD., et al. 2023. Wildfire impacts on surface water quality parameters: Cause of data variability and reporting needs. Environmental Pollution, 317: 120713.

RUEDA-MARQUEZ, JJ, et al., 2020. A critical review on application of photocatalysis for toxicity reduction of real wastewaters. Journal of Cleaner Production, 258: 120694.

SINGH, NK., et al. 2023. Artificial intelligence and machine learning-based monitoring and design of biological wastewater treatment systems. Bioresource technology, 369: 128486.

SLAVÍČKOVÁ, K. et al. 2006. Měření a hodnocení rychlosti koroze při procesu úpravy vody. Voda Zlín 2006, 143-148.

ŠVEHLA, P. et al. 2007. Využití akumulace dusitanů při biologickém čištění odpadních vod. Chem. listy, 101: 776-781.

VASISTHA, P., GANGULY, R. 2020. Water quality assessment of natural lakes and its importance: An overview. Materials Today: Proceedings, 32: 544-552.

WADHAWAN, S., et al., 2020. Role of nanomaterials as adsorbents in heavy metal ion removal from waste water: A review. Journal of Water Process Engineering, 33: 101038.

WANG, K. et al., 2021. Antibiotic residues in wastewaters from sewage treatment plants and pharmaceutical industries: Occurrence, removal and environmental impacts. Science of the Total Environment, 788: 147811.

Internetové zdroje

European Commision. General Framework of EU Water Law. Dostupné z: https://www.era-comm.eu/EU_water_law/part_2/index.html

Evropský parlament. Zpravodajství. Snížení znečištění podzemních a povrchových vod v EU. 2023. [online] [cit. 2023-12-04]. Dostupné z: https://www.europarl.europa.eu/news/cs/press-room/20230911IPR04917/snizeni-znecisteni-podzemnich-a-povrchovych-vod-v-eu

Geologický klub při Základní škole ve Starém Městě u Uherského Hradiště. Povrchová voda. [online] [cit. 2023-12-04]. Dostupné z: http://www.geology.cz/svet-geologie/ucitele/miniprojekty/Povrchove_vody_Stare_Mesto.pdf

GRÜNWALD, A. et al. Ovlivňování kvality dopravované pitné vody depozicemi. online].[cit. 2024-02-24]. Dostupné z: http://www. smv. cz/res/data/013/001580. pdf.

JAHNZ, A., STOYCHEVA, D., 2022. Questions and Answers on new EU rules on surface water and groundwater pollution. Brussels, European Commission - Questions and answers. Dostupné z: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_22_6279

KAŇKA, J. 2013. Provozování a bezpečnost stok a čistíren odpadních vod. Vysoká škola evropských a regionálních studií.

KEPRTOVÁ, K., BINDZAR, J. 2021. Čištění odpadních vod z výroby recyklovaného papíru. Chemické listy, 115.8: 430-435.

Laboratoř monitoring. Jaké jsou hlavní zdroje znečištění vody v ČR? [online] [cit. 2023-12-04]. Dostupné z: https://www.moni.cz/aktuality/zdroje-znecisteni-vody

Ministerstvo životního prostředí ČR. METODICKÝ POKYN odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních (k nařízení vlády č. 416/2010 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních), 59 s. [online] [cit. 2023-12-04]. Dostupné z:

https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vypusteni_odpadnich_vod_pokyn/$FILE/OOV-MP416_20111201.pdf

Ministerstvo životního prostředí ČR. Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních (k nařízení vlády č. 416/2010 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostem povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních).

Nařízení vlády ze dne 14. prosince 2015 o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Vláda nařizuje podle § 31, § 32 odst. 2 a 3, § 34 odst. 2, § 38 odst. 5 a 8 a § 39 odst. 3 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění zákona č. 20/2004 Sb. a zákona č. 150/2010 Sb.

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

Obec Mariánské Radčice. .[online] [cit. 2023-12-04]. Dostupné z: https://www.marianskeradcice.cz/uredni-deska?id=220&mainSection-dataAggregatorCalendar-5688442-date=201810&action=detail

OPPELTOVÁ, P., VÍTĚZ, T., ŠEVČÍKOVÁ, J. 2012. Vliv účinnosti ČOV na kvalitu vody v recipientu. Littera Scripta, 5.2: 261-273.

PECHÁČEK, J. Čištění odpadních vod. Katedra energetických strojů a zařízení [online]. Fakulta strojní Západočeské univerzity v Plzni [cit. 2023-12-10]. Dostupné z: https://kke. zcu.cz/export/sites/kke/about/projekty/enazp/projekty/16_Chemie-aekologie_43-44/44_MMP/081_cisteni-odpadnich-vod---Pechacek. pdf.

Probioticky.cz. Co se děje při čištění vody v ČOV. 2022.[online] [cit. 2023-12-04]. Dostupné z: https://www.probioticky.cz/clanky/co-se-deje-pri-cisteni-vody-v-cov/

SZOSTKOVÁ, M. et al. 2014. Mechanické čištění odpadních vod z pohledu současně platné legislativy. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 58.2: 205-212.

ŠEVČÍKOVÁ, J., VÍTĚZ, T., GRODA, B., 2010. Assessment of effectiveness of mechanical-biological waste water treatment. MZLU, Brno, 2010, s. 476-482. [online] [cit. 2023-12-28]. Dostupné z: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2010/articles/17_sevcikova_376.pdf

VÍTĚZ, T. et al. 2014. Fyzikální vlastnosti písků z čistíren odpadních vod. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 58.4: 233-238.

WANNER, J. 2021. Čištění odpadních vod v ČR, vývoj a současná situace. VŠCHT Praha, Ústav technologie vody a prostředí. [online] [cit. 2023-12-04]. Dostupné z: https://vodnihospodarstvi.cz/cisteni-odpadnich-vod-cr/

Seznam obrázků

Obrázek 1 Obec Mariánské Radčice 22

Obrázek 2 Obec Mariánské Radčice 22

Obrázek 3 Radčický potok 23

Obrázek 4 Osazení ČOV v terénu 24

Obrázek 5 Objekt čističky odpadních vod Mariánské Radčice 27

Obrázek 6 Blokové schéma čistírny odpadních vod Mariánské Radčice 28

Obrázek 7 Jímka a bezpečnostní přepad čerpací stanice 29

Obrázek 8 Aktivační a dosazovací nádrže 29

Obrázek 9 Česla na přítoku v denitrifikační části 30

Obrázek 10 Detail česel 30

Obrázek 11 Přivod pro aeraci – pro každou linku samostatný 31

Obrázek 12 Vnořená dosazovací nádrž, levá část 32

Obrázek 13 Vnořená dosazovací nádrž, pravá část 32

Obrázek 14 Detail odtokového žlabu, odkud odchází vyčištěná voda do Parshallova měrného žlabu 32

Obrázek 15 Parshallův měrný žlab pro měření nečistot ultrazvukem 33

Obrázek 16 Kalojem, kde probíhá studené vyhnívání 33

Obrázek 17 Výpustní hadice na kal z kalojemu 34

Obrázek 18 Kontejner na shrabky, které se sváží na ČOV Chánov 34

Obrázek 19 Display řídící jednotky 35

Obrázek 20 Řídící jednotka 35

Obrázek 21 Dvě dmychadla a jedno rezervní 36

Seznam tabulek

Tabulka 1 Průměrná produkce znečištění jedním obyvatelem na den (130 l/den) 20

Tabulka 2 Průměrné roční koncentrace BSK5, CHSK a nerozpuštěných látek (NL) na ČOV Mariánské Radčice v období 2018-2022 39

Tabulka 3 Průměrné, minimální a maximální koncentrace sledovaných parametrů na odtoku z ČOV Radčice za období 2018-2022 39

Tabulka 4 Povolené přípustné a maximální koncentrace vydané vodohospodářským úřadem na vypouštěných vodách z ČOV Mariánské Radčice……40

Seznam grafů

Graf 1 Hodnoty $CHSK_{Cr}$ na odtoku za sledované období 2018 až 2022……... 43

Graf 2 Hodnoty BSK_5 na odtoku za sledované období 2018 až 2022.. ……41

Graf 3 Hodnoty NL na odtoku za sledované období 2018 až 2022 42

Graf 4 Účinnost čištění $CHSK_{Cr}$ za sledované období 2018 až 2022……43

Graf 5 Účinnost čištění BSK_5 za sledované období 2018 až 2022……44

Graf 6 Hodnoty NL na odtoku za za sledované období 2018 až 2022……...45