

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



VYHODNOCENÍ PROVOZU ČOV NOVÁ ROLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Bakalant: Marta Cabajová

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Marta Cabajová

Územní technická a správní služba

Název práce

Vyhodnocení provozu ČOV Nová Role

Název anglicky

Evaluate the operation of WWTP Nová Role

Cíle práce

Cílem práce je popis čištění odpadních vod. Dále vyhodnocení provozu ČOV s případnými návrhy na zlepšení.

Metodika

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Popis obce
6. Popis ČOV
7. Vyhodnocení provozu
8. Diskuze
9. Závěr
10. Použité zdroje
11. Přílohy

Doporučený rozsah práce

40 stran textu

Klíčová slova

čištění odpadních vod, vyhodnocení provozu, technologie čištění

Doporučené zdroje informací

HENZE M., HARREMOËS P., ARVIN E. (2002): Wastewater treatment. Springer- Verlag, Berlin Heidelberg- New York, 433 s.

HENZE M., LOOSDRECHT M., EKANA G., BRDJANOVIC D. (2003): Biological wastewater treatment. Principles, modelling and design. IWA Publishing , Cambridge University Press , 517 s.

HLAVÍNEK P., HLAVÁČEK J., 1996 : Čištění odpadních vod Praktické příklady výpočtů. NOEL 2000 s.r.o, Brno 196 s.

HLAVÍNEK P., MIČÍN J., PRAX P., 2001 : Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, s.r.o., Brno, 251 s.

CHUDOBA J., DOHÁNYOS M., WANNER J., 1991: Biologické čištění odpadních vod. SNTL, Praha, 465 s.

Legislativní podklady a normy

PYTLI V. a kol., 2004 : Příručka provozovatele čistírny odpadních vod.

WANNER J.: Technologie vody II. VŠCHT, Praha, 101 s.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2018

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2018

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Marcely Synáčkové, CSc. Další informace mi poskytl technický náměstek společnosti Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. Ing. Zdeněk Frček, MBA. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Karlových Varech 15.4.2018

.....

PODĚKOVÁNÍ

Upřímně děkuji vedoucí své bakalářské práce Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za cenné rady a hlavně za velkou vstřícnost a ochotu po celou dobu vedení mé práce. Dále bych ráda poděkovala své rodině a především mému muži za podporu a trpělivost během přípravy závěrečné práce i po čas celého studia.

Ráda bych také poděkovala Ing. Zdeňku Frčkovi, MBA, který mi ochotně poskytl informace a data potřebná k vypracování mé práce.

V Karlových Varech dne 15.4.2018

Marta Cabajová

Abstrakt

Závěrečná práce má za cíl zhodnotit provoz čistírny odpadních vod (dále jen ČOV) ve městě Nová Role. V rešeršní části je hlavním úkolem popsat problematiku stokování a čištění odpadních vod. Detailněji jsou popsány objekty ČOV a zejména mechanické a biologické čištění, protože samotné praktické vyhodnocení provozu ČOV Nová Role vychází z pochopení teoretické části.

V praktické části bude popsán provoz ČOV a na základě poskytnutých dat ze strany provozovatele ČOV bude provedeno vyhodnocení provozu se zaměřením na dodržování přípustných limitů pro vypouštění odpadních vod. V závěru práce budou uvedena možná doporučení pro zlepšení stávajícího stavu ČOV Nová Role.

Klíčová slova

čistírna odpadních vod, přípustné limity, vyhodnocení provozu, Nová Role

Abstract

This thesis sets out conditions of operation of waste-water treatment plant (WWTP) in Nová Role. The recherche establishes description of sewers and waste-water treatment. Objects of WWTP are described in further details, especially mechanical and biological cleaning because the evaluation of the operation of WWTP Nová Role is based on understanding of the theoretical part.

The operation of waste-water treatment plant (WWTP) is described in the practical part and evaluation of the operation of WWTP will be based on the data provided by the operator of WWTP with focus on compliance with permitted limits in discharge of waste waters. Possible recommendations for improvements on the state of WWTP Nová Role will be stated in the final part of the conclusion.

Key words

waste-water treatment plant, permitted limits, evaluation of the operation, Nová Role

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce	11
3	Druhy odpadních vod a jejich odvádění.....	12
	3.1 Odpadní vody	12
	3.1.1 Rozdělení odpadních vod.....	13
	3.2 Typy soustav stokových sítí	14
	3.2.1 Rozdělení dle způsobu odvádění odpadních vod.....	14
	3.2.2 Rozdělení kanalizace dle způsobu dopravy odpadních vod.....	14
	3.3 Typy systémů stokových sítí	15
	3.4 Objekty na stokové síti	17
4	Čištění odpadních vod.....	19
	4.1 Mechanické způsoby čištění odpadních vod	19
	4.1.1 Cezení.....	19
	4.1.2 Usazování (sedimentace) a zahušťování	19
	4.1.3 Vzplývání	19
	4.1.4 Filtrace.....	20
	4.1.5 Flotace	201
	4.2.1 Lapák splavenin	211
	4.2.2 Lapák šterku	22
	4.2.3 Česle.....	22
	4.2.4 Lapák písku	233
	4.2.5 Lapák tuků.....	244
	4.2.6 Rozdělovací objekt.....	244
	4.2.7 Čerpadla	255
	4.2.8 Usazovací nádrže	266
	4.3 Biologické čištění odpadních vod	266
	4.3.1 Aktivace (aktivační proces)	277
	4.3.2 Odstraňování dusíku	288
	4.3.3 Odstraňování fosforu.....	344
	4.3.4 Biofilmové reaktory	355
	4.3.5 Aerační systémy	366
	4.4 Terciární stupeň čištění (dočišťování odpadních vod)	377

4.5	Kalové hospodářství	377
4.5.1	Typy kalů	377
4.5.2	Zpracování kalu.....	37
5	Metodika bakalářské práce.....	39
6	Vyhodnocení provozu ČOV Nová Role	4040
6.1	Popis lokality ČOV Nová Role	400
6.2	Provozně – technické údaje ČOV Nová Role	411
6.2.1	Mechanická část ČOV Nová Role.....	411
6.2.2	Biologická část ČOV Nová Role	433
6.3	Vyhodnocení provozu ČOV Nová Role na základě poskytnutých dat	46
6.3.1	Biochemická spotřeba kyslíku (BSK ₅).....	47
6.3.2	Chemická spotřeba kyslíku (CHSK _{Cr})	48
6.3.3	Nerozpuštěné látky sušené (NLS).....	48
6.3.4	elkový obsah fosforu (P _{celk.}) ve vodě	49
6.3.5	Celkový obsah dusíku (N _{celk.}) ve vodě	500
7	Diskuze.....	511
8	Závěr	533
9	Přehled literatury a použitých zdrojů	544
10	Přílohy	I

1 Úvod

Žijeme v době, která začíná být, nebo přesněji již spíše je, z klimatického hlediska nestálá. Období nízkých srážek až sucha střídají období přívalových dešťů a povodní. Vlivem antropogenních činností, jakými jsou například nevhodné hospodaření s půdou či zastavění velkých ploch budovami, průmyslovými zónami apod., ztrácí krajina svou přirozenou retenční schopnost a dochází ke snižování množství vody v přírodě a to zejména hladiny spodních vod. Proto je nutné neustále zlepšovat a zdokonalovat technologické postupy týkající se nakládání s vodou, ať už jde o meliorizační opatření, zalesňování krajiny, ochrany spodních vod a v neposlední řadě o čištění odpadních vod a jejich navrácení do recipientu v co nejkvalitnějším stavu.

V mé práci se zaměřuji právě na problematiku čištění odpadních vod a jako objekt mého pozorování a následného vyhodnocení jsem si zvolila ČOV v Nové Roli. Tato čistírna prošla v letech 2014 – 2015 rozsáhlou rekonstrukcí, která zvýšila kapacitu ČOV z 3400 EO na 5650 EO. Od provozovatele čistírny jsem získala data za posledních 5 let, tedy za období 2013 – 2017. Data se týkají hlavních ukazatelů, jakými jsou BSK, CHSK, NL a obsah dusíku a fosforu ve vodě na odtoku z ČOV. Pomocí grafického znázornění by tyto ukazatele měly jasně prokázat, jak výrazně se zlepšily vlastnosti vyčištěné odpadní vody před vypuštěním do recipientu, kterým je řeka Rolava.

V závěru bude rozvedena diskuse týkající se napojení domácností na kanalizaci versus odpadní jímky u rodinných domů.

2 Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit provoz ČOV Nová Role na základě získaných dat od provozovatele ČOV za období 2013–2017 a dále posoudit technický stav ČOV a případně uvést návrhy pro zlepšení. V letech 2014–2015 proběhla rozsáhlá rekonstrukce ČOV, součástí práce tedy bude i posouzení rozdílů výstupních hodnot oproti letům před rekonstrukcí ČOV.

3 Druhy odpadních vod a jejich odvádění

3.1 Odpadní vody

Pro přesnou definici pojmu „Odpadní vody“ bylo použito platné znění § 38, odstavec 1 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (tzv. „vodní zákon“).

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

V paragrafu 38 vodního zákona, odstavec 3, je také uvedeno následující stanovisko, které se mimo jiné týká bezpečného zneškodňování odpadních vod:

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. Kdo vypouští důlní vody do vod povrchových nebo podzemních podle zákona o ochraně a využití nerostného bohatství 1a), může tak činit pouze způsobem a za podmínek, které stanoví vodoprávní úřad. (ČSN 75 6101: 2012)

3.1.1 Rozdělení odpadních vod

Rozdělení odpadních vod vychází z ČSN 75 6101: 2012

- **Splaškové odpadní vody** – především se jedná o odpadní vody z domácností (koupelny, kuchyně, WC), ale také o odpadní vody z technické občanské vybavenosti, z hygienických zařízení, ze závodních jídelen a kuchyní, z hotelů, obchodů a restaurací. Splaškové vody obsahují převážně nečistoty organického původu a odtoky těchto vod jsou proměnlivé a závislé na denní době, sezóně a velikosti sídla. Nerovnoměrnost odtoku splaškových odpadních vod je menší než u ostatních druhů odpadních vod.
- **Průmyslové odpadní vody** – jsou zastoupeny odpadními vodami z průmyslových podniků, tyto odpadní vody vznikají při výrobním procesu v konkrétním průmyslovém, ale i zemědělském odvětví. Složení a množství průmyslových odpadních vod závisí na použitých technologických postupech a druhu průmyslové či zemědělské výroby. Nerovnoměrnost odtoku průmyslových vod je závislá např. na směnnosti závodu a oproti nerovnoměrnosti odtoku u vod splaškových se odtok průmyslových vod vyznačuje značnými výkyvy. Podle koncentrace znečištění musí být tyto vody předčištěny v samotném průmyslovém či zemědělském podniku nebo mohou být vypuštěny přímo do stokové sítě.
- **Srážkové povrchové (dešťové) odpadní vody** – jedná se o všechny druhy atmosférických srážek, které jsou po dopadu na povrch území odváděny do stok. Podle toho, na jaký povrch srážkové vody dopadly, je dělíme na
 - znečištěné – jedná se o dešťovou vodu z průmyslových a zemědělských prostor
 - neznečištěné – dešťová voda ze střech domů, ze silnic s nízkým provozem, z chodníků apod.
- **Infekční vody** – zásady pro nakládání s odpadními vodami ze zdravotnických zařízení upravuje ČSN 75 6406. Infekční vody představují vody z infekčních oddělení nemocnic, z mikrobiologických laboratoří,

sanatorií apod. Tyto vody většinou obsahují choroboplodné zárodky, proto musí být před vypouštěním do stokové sítě hygienicky zabezpečeny tak, že jsou choroboplodné zárodky zničeny. (Synáčková M., 2014)

- **Městské odpadní vody** – obsahují různé druhy odpadních vod (průmyslové, splaškové, srážkové atd.) proto je jejich složení velmi proměnlivé, stejně tak i množství odváděné vody.
- **Ostatní odpadní vody** – odpadní vody, které nelze zařadit do žádného z výše uvedených typů odpadních vod, a zpravidla se dostanou do stokové sítě za nepředvídatelných okolností a mohou tak zatěžovat systém odvodnění. Pokud se jedná o neznečištěnou vodu, která se dostala do stokové sítě (např. při havárii vodovodu s pitnou vodou) mluvíme o **odpadních vodách balastních**. (Nypl V., Synáčková M., 1998)

3.2 Typy soustav stokových sítí

3.2.1 Rozdělení dle způsobu odvádění odpadních vod

- **Soustava jednotná** – odvádí dohromady všechny druhy výše jmenovaných druhů odpadních vod (vyjma infekční vody). Vše je shromažďováno v jednom potrubí.
- **Soustava oddílná** – každý druh vody je odváděn samostatnou kanalizací a stejně tak i následné čištění odpadních vod probíhá u každé vody zvlášť.
- **Soustava modifikovaná** – jedná se o kombinaci dvou potrubí, kdy v jednom jsou společně odváděny vody splaškové, průmyslové a znečištěné srážkové vody do čistírny odpadních vod a ve druhém potrubí je odváděna neznečištěná srážková voda přímo do místního recipientu. (Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2001)

3.2.2 Rozdělení kanalizace dle způsobu dopravy odpadních vod

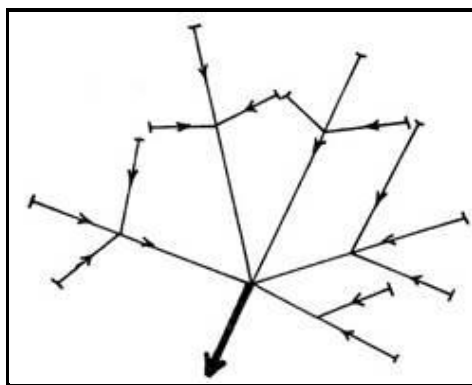
- **Gravitační** – nejpoužívanější typ kanalizace, využívá se přirozené gravitace, je tedy potřeba potrubí vést v dostatečném spádu.

- **Tlaková** – používá se hlavně v rovinatých oblastech, kde nelze zachovat dostatečný spád. V potrubí se udržuje tlakové proudění díky čerpadlům poháněných elektrickou energií, která jsou umístěna v domovních jímkách. Tento typ kanalizace má předpoklady pro nejmenší výskyt balastních vod. Nevýhodou je větší spotřeba elektrické energie, finanční náklady na pořízení čerpací šachty a opravu čerpadel.
- **Podtlaková** – využívá se například při ochraně podzemních vod. Centrální vakuová stanice nasává díky podtlaku odpadní vody, celý proces je regulován speciálním sacím ventilem a sběrnými šachtami s akumulací jímkami. Výhodou je velká rychlost dopravy (až 6m/s), tento typ kanalizace má stejně jako tlaková kanalizace předpoklady pro nejmenší výskyt balastních vod. Nevýhodou jsou vyšší finanční náklady na provoz a údržbu (spotřeba elektrické energie a např. oprava ucpaných ventilů).

Pneumatická doprava splašků díky tlakovému vzduchu se vyznačuje vysokou rychlostí dopravy splašků i na velké vzdálenosti. Výhodou je rychlé zjištění poruch přímo ve stanici, a opět jako u tlakové a podtlakové kanalizace i u pneumatické kanalizace jsou předpoklady pro nejmenší výskyt balastních vod. Tímto způsobem lze dopravovat i velmi znečištěné odpadní vody. Nevýhodou jsou vyšší finanční náklady na provoz a údržbu. (Krejčí V., a kol., 2002)

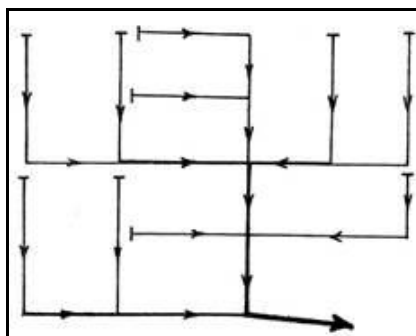
3.3 Typy systémů stokových sítí

- **Radiální** - typ stokové sítě, kdy se jednotlivé stoky sbíhají paprskovitě v nejnižším místě kotliny, z tohoto místa se pak odpadní vody odvádí gravitačně nebo se přečerpávají.



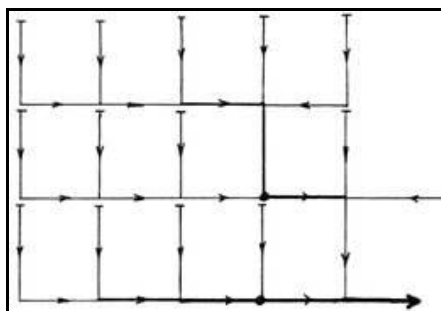
Obr. č. 3.1 – Radiální systém stok (VŠB – TU Ostrava, ©2014)

- **Větvový** – využívá se hlavně v členitém terénu, pro vedení stok se využívá převážně nejkratší směr a nejvýhodnější sklon k nejnižšímu bodu, ve kterém se soustředí odpadní vody.



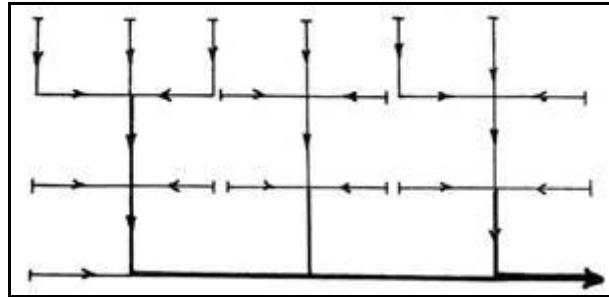
Obr. č. 3.2 – Větvový systém stok (VŠB – TU Ostrava, ©2014)

- **Úchytný** – využívá se v táhlém údolním terénu, kdy má stokový systém mírný sklon k vodnímu toku a zároveň je i podle něho veden. Na stoce bývají většinou umístěny odlehčovací komory, jejichž pomocí dochází ke zmenšení dimenzí úchytné stoky.



Obr. č. 3.3 – Úchytný systém stok (VŠB – TU Ostrava, ©2014)

- **Pásmový** – navrhuje se v případě potřeby odvodnění území o větší rozloze za přítomnosti větších výškových rozdílů. V každém pásmu může být různé síťové uspořádání. Při odvodu veškerých odpadních vod z nejvyššího pásma je možné využít gravitaci, naopak z nejnižší položeného pásma je nutné odpadní vody přečerpávat (nutnost dodání elektrické energie).



Obr. č. 3.4 – Pásmový systém stok (VŠB – TU Ostrava, ©2014)

3.4 Objekty na stokové síti

Stokovou síť tvoří objekty a stokové úseky. Objekty na stokové síti je nutné budovat s ohledem na zajištění bezporuchové, spolehlivé a hospodárné funkce stokové sítě a pro co nejefektivnější provoz, čištění a údržbu stok. (Butler D., Davies J.W., 2009)

Objekty na stokové síti jsou:

- **Vstupní šachty** – důležité jsou pro vstup do stokové sítě při kontrole a čištění stok a pro jejich odvětrávání.
- **Spojné šachty/komory** – kanalizační šachta na soutoku dvou nebo více stok nebo kanalizačních přípojek malých profilů (obvykle do DN 600)/alespoň průřezného profilu.
- **Rozdělovací komora** – komora nebo uspořádání žlabů navržené k rozdělení průtoku podle požadovaného poměru.
- **Dešťové vpusti** – na stokové síti jsou nezbytné pro odvádění dešťové vody, jsou rozděleny na chodníkové, uliční a horské.
- **Lapače splavenin** – uplatňují se především při velkých dešťových srážkách, zachycují sunuté látky.
- **Odlehčovací komory** – ve chvíli, kdy se navrhuje odlehčovací komora, je důležité určit množství vody, které z celkového přítékajícího množství Q_{dim} do odlehčovací komory bude pokračovat do další stokové sítě k čistírně

odpadních vod $Q_{zř}$ a dále pak také množství vody, které bude odvedeno do recipientu Q_p .

- **Spadiště** – kanalizační šachta, propojující stoky nebo kanalizační přípojky v různých výškových úrovních, se svislou obtokovou troubou vyústěnou do dna nebo bezprostředně nad dno nejnižší ležící stoky nebo přípojky
- **Proplachovací šachty** – někdy dochází k usazování splavenin z důvodu nízkého až nedostatečného sklonu a je tedy nutné stoku uměle vyplachovat. Konstrukce vyplachovací šachty je podobná vstupní šachtě, ale na odtoku ze šachty je tzv. stavítko. V dnešní době se k vyplachu používá hlavně tlaková voda ze speciálních vozů a trysek.
- **Podchod stoky nebo kanalizační přípojky** – úsek stoky nebo kanalizační přípojky, který umožňuje křížení s překážkou (např. s dráhou, s pozemní komunikací). Délka podchodu je vymezena koncovými vstupními šachtami, které jsou součástí podchodu.
- **Shybka** - tlakový úsek gravitační stoky nebo kanalizační přípojky, který je uložen níže než navazující úseky proti a po proudu, umožňující podejítí překážky.
- **Výústní objekty** – vyústění je ve svahu koryta vodního recipientu nad jeho dnem a tam, kde by hrozilo zpětné vzduť je toto ošetřeno umístěním uzávěrového zařízení (stavidlo apod.)
- **Měrné objekty** – zde probíhá měření průtoku a také se zde odebírají vzorky pro rozbor složení odpadních vod
- **Čerpací stanice** – vybudování tohoto objektu na stokové síti si žádá plochý terén odvodňovaného území.
- **Dešťová nádrž** – je určena:
 - ❖ ke snížení nebo zamezení odnosu znečištěných srážkovými povrchovými vodami nebo zředěnými znečištěnými vodami do vodních recipientů využitím sedimentačních procesů;
 - ❖ ke zmírnění přívalové vlny zředěných znečištěných vod před jejich vyrovnáním odváděním stokovým systémem do čistírny odpadních vod;
 - ❖ ke zmírnění přívalové vlny srážkových vod retencí před jejich zaústěním do vodního recipientu;
 - ❖ k zachycení srážkových vod pro následné využití. (ČSN 75 6101: 2008)

4 Čištění odpadních vod

4.1 Mechanické způsoby čištění odpadních vod

V čistírnách odpadních vod představuje mechanický způsob první stupeň celkového čištění. Hlavním cílem mechanického čištění je odstranění nerozpuštěných látek, jedná se např. o zbytky jídel, fekálie, hadry, papíry, plasty apod. Tyto nerozpuštěné látky tvoří větší část znečištění odpadních vod. (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014) „Odstraněním nerozpuštěných látek se organické znečištění, vyjádřené jako BSK₅, sníží asi o 30%.“ (Slavičková K., Slaviček M., 2013; Henze M., Harremoës P., Arvin E., 2002)

Mezi nejrozšířenější používaná zařízení patří česle, síta, lapáky štěrku, písku a tuků a usazovací nádrže. „Ve výjimečných případech mohou být použity i další způsoby jako flotace a odstředění.“ (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014.)

4.1.1 Cezení

Dochází k zachycení nerozpuštěných látek, které jsou větší než průliny, kterými protéká voda. Při nahromadění většího množství nerozpuštěných příměsí je nutné tyto zachycené látky mechanicky odstranit shrabáním. Při tomto způsobu čištění se využívají česle a síta. (Arceivala S. J., Asolekar S. R., 2007)

4.1.2 Usazování (sedimentace) a zahušťování

K sedimentaci dochází za využití gravitační síly a rozdílu hustot oddělovaných složek. K zahuštění dochází při dalším zvýšení objemové koncentrace směsi, odstraňovaná část směsi se hromadí na dně. Při tomto způsobu čištění se využívají lapáky štěrku a písku a nádrže usazovací, dosazovací a zahušťovací. (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014; Pošta J. a kol., 2008)

4.1.3 Vzplývání

U tohoto způsobu čištění se uplatňuje vztlaková síla a rozdílné hodnoty hustot směsí. Na povrchu se hromadí odstraňovaná část směsi. Při tomto způsobu čištění se

využívají lapáky tuků a odlučovače olejů a ropných látek. (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014; Vítěz T., Groda B., 2008)

4.1.4 Filtrace

Při tomto způsobu čištění dochází k zachycování nerozpuštěných příměsí, které jsou větší než otvory, kterými protéká voda. Při tomto způsobu čištění se využívají pískové filtry, jemná síta, bubnové filtry, sítopásové lisy, katolisy a membrány. (Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2003)

4.1.5 Flotace

Při flotaci se využívá rozdílných hustot směsi, ke kterému dojde umělým snižováním hustoty pomocí příměsí. Po vzniklém rozdílu hustot směsi dojde k oddělení pomocí vztlačení. Složka, kterou potřebujeme odstranit, se hromadí na povrchu. Při tomto způsobu čištění se využívají flotační vany s tlakovým vzduchem a elektroflotační vany. (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

Rozlišujeme několik typů flotací:

- **Volná**

Při tomto typu se využívá jemné provzdušňování např. pomocí tzv. perforovaných disků, které jsou uloženy na dně nádrže. Částice jsou vynášeny pomocí bublinek, které se na ně váží. Při této metodě může docházet k ucpávání aeračních prvků, proto se v současné době využívají elastické vrstvy, které se v případě přerušování aerace samy zatáhnou. (Slavičková K., Slaviček M., 2013)

- **Vakuová**

U tohoto typu se využívá snížení tlaku v systému. (Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2003)

- **Tlaková**

Při tomto typu se odpadní voda pod tlakem nasatí vzduchem. Po přerušování dodávání tlaku se přidaný vzduch přemění na bublinky, které se navážou na částice a ty jsou poté vyneseny na povrch. Tlaková flotace tedy využívá Henryho zákon. (Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2003)

- **Biologická**

Díky denitrifikačním pochodům v biomase, kdy vznikne plynný dusík, se docílí efektu biologické flotace. (Henze M., Loosdrecht M., Ekana G., Brdjanovic D.: 2003)

- **Chemická**

Po přidání chemikálie dojde k vytvoření plynu, díky kterému následně dojde k flotaci. (Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2003: *Stokování a čištění odpadních vod*. CERM, Brno, 283 s.)

- **Elektroflotace**

Do odpadní vody se umístí katoda a anoda (využití elektroflotační vany). Jakmile dojde k zahájení elektrolyzy, začne se na katodě uvolňovat vodík a na anodě kyslík, probíhá tedy flotace za účasti těchto dvou plynů. Tato metoda umožňuje čištění odpadních vod při vyšší teplotě a při odstraňování látek, které jsou ostatními metodami hůře oddělitelné (např. ropné odpadní suspenze). (Slavičková K., Slaviček M., 2013; Chudoba J., 1991)

4.1.6 Odstřed'ování (centrifugace)

Tato metoda využívá odstředivou sílu a rozdíl hustot vody a oddělovaných složek. Při tomto způsobu čištění se využívají kontinuální odstředivky. (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

4.2 Objekty mechanického čištění odpadních vod

4.2.1 Lapák splavenin

Lapák splavenin se nachází na začátku stokového systému, není tedy součástí čistírny odpadních vod. Jeho hlavním účelem je snížit množství šterku a písku přitékajícího na čistírnu odpadních vod.

4.2.2 Lapák štěrku

Nachází se těsně před čistírnou a je součástí tzv. hrubého předčištění, jehož cílem je zachycení velkých předmětů, což zajistí ochranu některých technologických zařízení čistírny odpadních vod (jemná česle, čerpadla atd.) Lapák štěrku je nejčastěji budován před velkými čistírnami a uplatňuje se především v době přivalových dešťů, kdy zachytává např. dlažební kostky, cihly a štěrk nacházející se v odpadní vodě. Jako lapák štěrku si lze představit jímku, která je dostatečně hluboká a schopna snížit rychlost proudění a umožňuje větším předmětům sedimentovat. Jímku je nutné pravidelně čistit (každodenně), k čemuž se využívá pojízdný drapak nebo lze čistit i ručně. (Pytl V. a kol., 2004; Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

4.2.3 Česle

Jedná se o objekt, který je také součástí tzv. hrubého předčištění, čímž se podílí na ochraně čistírny odpadních vod před mechanickým poškozením. Česle bývají umístěny na nátoky odpadní vody do čistírny. Jedná se o mříž, která je tvořena rámem a česlicemi, což jsou ocelové pruty obdélníkového nebo kruhového průřezu a tato mříž je skloněná ve směru toku pod úhlem 30° až 60°. Česle rozlišujeme na hrubé a jemné:

Hrubé česle – vzdálenost mezi jednotlivými česlicemi je větší než 60 mm.

Jemné česle – vzdálenost mezi jednotlivými česlicemi je menší než 40 mm.

U velkých čistíren odpadních vod zpravidla najdeme oba typy česlí, kdy za hrubými česlemi následují česle jemné. U menších čistíren se využívají pouze česle hrubé.

Na česlích se zachycují hrubé nečistoty (kuchyňský odpad, hadry, papír, plasty, fekálie). Všechny tyto materiály nazýváme **shrabky**. Jsou odstraňovány ručním stíráním (hrablem) nebo strojně.

Shrabky představují hygienicky nejrizikovější produkty vznikající při čištění odpadních vod. (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

Manipulace a následné nakládání se shrabkami musí být velmi obezřetné a musí být zachována bezpečnost. Shrabky je nutné nejprve odstranit z objektu mechanického čištění a poté je potřeba je odvodnit alespoň na 65–75 % vlhkosti. (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014; ČSN 75 6401:2014.)

Nejlepší a nejbezpečnější likvidaci shrabků představuje spalování za vysokých teplot. Další možností je jejich skládkování po hygienickém zabezpečení např. vápnem. (Slavičková K., Slaviček M., 2013; Rajczykova E., a kol., 2001)

Rozlišujeme různé druhy česlí, zde je uvedeno několik typů:

- **Klasické česle** – ručně nebo strojně stírané
- **Krokové česle** – jsou rozděleny do stupňovitých lamelových jednotek a v daných intervalech mění svoji polohu směrem vzhůru. Zachycený materiál je odstraňován z vrchní lamelové jednotky na přešlapové hraně a zároveň dochází k čištění lamely automatickým shrabovákem.
- **Samočistící česle** – fungují na principu nekonečného pásu tvořeného kovovými segmenty a při otáčení pásu (směr vzhůru) dochází k zachytávání shrabků a tyto jsou v horní části pásu při změně směru (směr dolů) vytlačovány do kontejneru nebo na pás.
- **Rotační bubnové česle** – odpadní voda vstupuje vrchem do bubnu a vytéká dnem bubnu. Zachycené částice v bubnu jsou mechanicky stírány, nebo jsou odstraněny tryskami uvnitř bubnu. Buben začne rotovat ve chvíli, kdy dojde k navýšení hladiny přitékající vody vlivem ucpání síta nad stanovenou úroveň. (Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2003)

4.2.4 Lapák písku

Produkce písku na jednoho obyvatele činí 5–12 litrů za rok, v případě deštivého období dochází až k dvacetinásobné produkci. Lapák písku slouží právě k odstraňování těžkých anorganických látek jako je písek, úlomky skla, jemná škvára apod. Odstranění těchto látek je důležité pro ochranu potrubí před jeho ucpáváním a také před abrazí mechanických zařízení a čerpadel. Lapák písku svou funkcí zabráňuje hromadění anorganických látek v aktivačních a vyhnívacích nádržích. Pokud by lapák písku nebyl součástí objektů mechanického čištění, usazoval by se písek na dně vyhnívací nádrže a po určitém čase by se tato nádrž musela odstavit a celá vyčistit (zbavit písku) a to je nežádoucí zejména z provozních důvodů.

Písek je nutné z lapáku pravidelně odstraňovat, a to buď strojním vytěžením, ručním vypouštěním nebo odsáváním pískovým čerpadlem. Vytěžený písek je nutné proprat a zbavit ho tak organického znečištění. Písek se poté odváží např. do lagun nebo se rozmetá po půdě, přičemž nesmí obsahovat víc než 2 – 3% organicky rozložitelných látek.

Rozdělení lapáků písku dle směru průtoku vody:

- **horizontální,**
- **vertikální,**
- **s příčnou cirkulací.**

(Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

4.2.5 Lapák tuků

Tuky v odpadních vodách jsou zdrojem problémů již ve stokové síti, kde svým ukládáním mohou snižovat průtočný profil stoky. V čistírnách odpadních vod mohou zalepovat čerpadla a potrubí a tím snižovat jejich výkon. V aktivačních nádržích zabraňují pronikání kyslíku a tím dochází k narušování biologického čištění. *(Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)*

Lapáky tuků se uplatňují nejen v čistírnách odpadních vod, ale přímo u zdroje znečištění, což představují zejména potravinářské závody a gastronomické služby. Dodržováním limitů vypouštění tukových nečistot se předchází ucpávání stokové sítě, tuto problematiku kontroluje a řeší vodoprávní úřad. *(Pytl V. a kol., 2004)*

Jako nejvhodnější způsob mechanického čištění odpadních vod pro odstranění tuků se využívá flotace. Do nádrží se vhání vzduch a tukové částičky jsou bublinkami vyneseny na povrch a vytvářejí na hladině pěnu, která se stírá do zvláštních jímek. Zachycený tuk se dále zpracovává (spalování, v případě obsahu velkého množství organických látek je možná likvidace společně s přebytečným biologickým kalem ve vyhnívacích nádržích). *(Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)*

4.2.6 Rozdělovací objekt

Rozděluje tok odpadní vody na jednotlivé objekty čistírny odpadních vod a zároveň má zajistit rovnoměrné hydraulické zatížení jednotlivých nádrží.

Typy rozdělovacích objektů:

- **Kašnový přeliv** – „voda natéká do objektu středem ode dna, do jednotlivých odtokových sekcí se rozděluje přes ostrohranné přelivy, které jsou od sebe vzájemně odděleny přepážkami. Jednotlivé sekce musí být možné uzavřít.“
(Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)
- **Rozdělovací klín tvaru V** – do proudu odpadní vody se vkládá špičkou proti proudu. Na hrot se však často nabalují vláknité nečistoty a musí se odstraňovat.

4.2.7 Čerpadla

V případě nedostatečného spádu v lokalitě, na které je umístěna čistírna odpadních vod, je nezbytně nutné využívat čerpadla pro vyčerpání odpadní vody do potřebné výšky.

Čerpací stanice rozdělujeme dle použitých druhů čerpadel následovně:

- **Šneková** – princip Archimedova šroubu, vhodná pro čerpání velkého množství vody, výhodou je nízká poruchovost a minimální údržba. Nevýhodou je velký zábor stavebního prostoru, vysoké náklady na realizaci stavby a vyšší hluchnost.
- **Odstředivá** – čerpací stanice je rozdělena na mokrou a suchou část, ve které jsou umístěna čerpadla.
- **Mamutka** – čerpací stanice, která je tvořena hydraulicko – pneumatickým čerpadlem, neobsahuje tedy žádné pohyblivé komponenty. Do trubice mamutki je přiveden vzduch a následně vznikne směs vody a vzduchu, která má nižší hustotu a rozdílem hustot je uváděna do pohybu. Mamutka se využívá zejména pro čerpání abrazivních směsí voda – písek. Výhodou jsou například nízké pořizovací náklady, absence mechanických (rotačních) součástí, které by se mohly poškodit, vysoká odolnost proti abrazi. Nevýhodou je vyšší energetická spotřeba, malá výtlačná výška a montáž.
(Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

Čerpadla se v čistírnách odpadních vod využívají například také pro technologická čerpání vratného kalu z dosazovacích nádrží nebo pro čerpání písku z lapáků písku.

4.2.8 Usazovací nádrže

V usazovacích nádržích probíhá sedimentace, díky které dochází k čištění suspendovaných látek. Rozlišujeme dva typy usazovacích nádrží:

- **Primární** – jedná se o objekt mechanického čištění a probíhá zde oddělování suspendovaných částic od odpadní vody. V primární usazovací nádrži dochází k zachytávání nerozpuštěných látek, které dobře sedimentují (např. písek). Dochází zde k odstraňování 40–70% suspendovaných látek. Významné je také snížení BSK₅ o 25 až 40%. Čistící proces v primární usazovací nádrži tedy představuje nejdůležitější část mechanického čištění odpadních vod.
- **Sekundární** – jedná se o objekt biologického čištění, při kterém dochází k separaci usaditelných vloček biologického kalu, který vzniká právě při biologickém čištění odpadních vod. Tyto typy nádrží se označují jako **dosazovací nádrže**.

4.3 Biologické čištění odpadních vod

Jedná se o soubor biochemických pochodů, které jsou využívány mikroorganismy pro své rozmnožování a zároveň tyto mikroorganismy (např. heterotrofní bakterie, bičíkovci, kořenonožci a další) rozkládají organické látky pro získání energie. „Cílem biologického čištění je v podstatě koagulovat a rozkládat neusaditelné koloidní látky a stabilizovat organické látky.“ (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

Rozlišujeme dva základní druhy biologického čištění:

- za **aerobních** podmínek,
- za **anaerobních** podmínek.

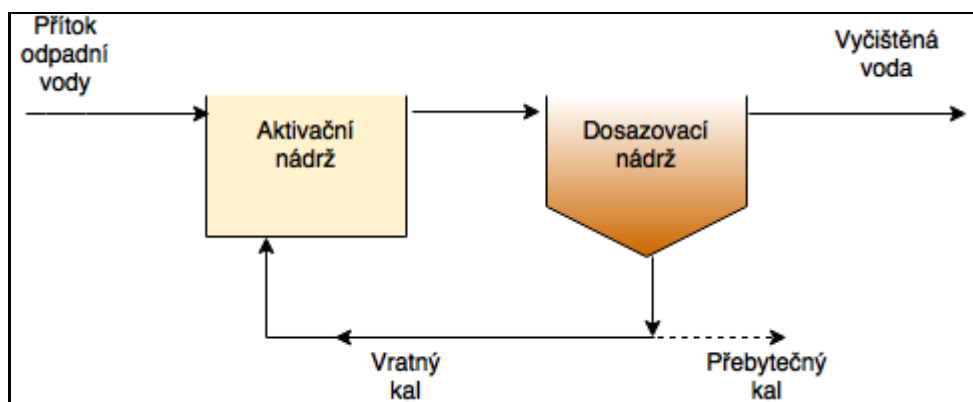
Konečným produktem působení bakterií je oxid uhličitý, voda a často také amoniak. Při biologickém čištění dochází také k odstraňování biogenních prvků, jakými jsou dusík a fosfor. Existují však případy, např. při čištění průmyslových vod, kdy je naopak potřebné tyto látky dodat. (Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2003)

Biologické čištění probíhá na principu biochemické oxidačně redukční reakce. Rozlišujeme několik typů reakcí podle konečného akceptoru elektronů a s tím související hodnotou oxidačně – redukčního potenciálu:

- **Oxická (kyslíkatá) oblast** – akceptorem je rozpuštěný kyslík a probíhá tedy oxidace organických látek a nitrifikace.
- **Anoxická (bezokyslíkatá) oblast** – bez přítomnosti rozpuštěného kyslíku, dusitanový a dusičnanový dusík představuje konečný akceptor elektronů, probíhá denitrifikace.
- **Anaerobní oblast** – bez přístupu vzduchu, kyslík je zde vázán pouze ve sloučeninách, akceptorem je organická látka, probíhá anaerobní acidogeneze, methanogeneze. (Slavíčková K., Slavíček M., 2013; Russel D. L., 2006)

4.3.1 Aktivace (aktivační proces)

Vytvoření aktivační směsi je základní podmínkou k zahájení procesu aktivace. Jedná se o směs aktivovaného kalu a mechanicky předčištěné odpadní vody. Aktivovaný kal se skládá z bakterií, prvoků a dalších mikroorganismů, dále zde nacházíme inertní nerozpuštěné látky a nerozložitelné organické látky. (Dohányos M., Koller J., Strnadová N., 2004)



Obr. 4.1 - Schéma aktivačního procesu (Lenka Procházková, ©2015)

Aktivovaný kal se vrací z dosazovací nádrže do nádrže aktivační (mluvíme tedy o **vratném kalu**). V dosazovací nádrži je aktivovaný kal oddělován od vyčištěné odpadní vody, která tak již může být vypuštěna do recipientu. Vratný kal je přiváděn

na začátek aktivační nádrže, kde se promísí s mechanicky vyčištěnou odpadní vodou. Po proběhlé aktivaci opět vytvoří biomasu a koloběh se opakuje. Biomasu je potřeba kvůli kontinuální kultivaci mikroorganismů průběžně odstraňovat (**přebytečný kal**). Kvalita aktivovaného kalu je závislá na obsažených látkách v odpadní vodě a dalších důležitých parametrech aktivačních nádrží, jakými jsou doba zdržení, přítok apod. (Slavičková K., Slaviček M., 2013)

4.3.2 Odstraňování dusíku

Dusík lze z odpadní vody odstranit dvěma způsoby a to biologickými procesy (nitrifikace a denitrifikace) nebo procesy fyzikálně chemickými (chlorace, membránové procesy, stripování vzduchem apod.) (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

Podrobněji bude popsáno biologické odstranění dusíku, tedy procesy nitrifikace a denitrifikace.

Nitrifikace

V odpadní vodě se nachází dusík zejména ve formě amoniakálního dusíku a právě při mikrobiálním procesu zvaném nitrifikace je amoniakální dusík díky vhodným bakteriím oxidován na dusičnany. Vše probíhá při biologickém aerobním čištění. Bakterie využívají jako zdroj uhlíku CO₂. Rozlišujeme dva stupně nitrifikace:

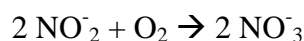
- **1. nitritační stupeň** – amoniakální dusík je oxidován na **dusitany** bakteriemi rodu *Nitrosomonas* a *Nitrosococcus*.
- **2. nitratační stupeň** – dusitany jsou oxidovány bakteriemi rodu *Nitrobacter* a *Nitricystis* na **dusičnany**.

Nitrifikace vyjádřená pomocí rovnic:

1. stupeň – *Nitrosomonas* a *Nitrosococcus*



2. stupeň – *Nitrobacter* a *Nitricystis*



Při oxidaci amoniakálního dusíku na dusitany se tvoří ionty H^+ , které se neutralizují přítomnými hydrogenuhličitaný.

Průběh nitrifikace ovlivňují následující chemické a fyzikální faktory:

- **Koncentrace rozpuštěného kyslíku** – doporučená koncentrace rozpuštěného kyslíku v aktivační nádrži je 2mg.l^{-1} , protože v případě poklesu koncentrace O_2 pod 1mg.l^{-1} dojde k zastavení nitrifikace.
- **Hodnota pH** – aby se předešlo hromadění dusitanů, je nutné udržovat pH v rozmezí 7,2 – 8,2 (dle typu bakterií).
- **Teplota** – optimální teplota pro nitrifikační bakterie je v rozmezí od 28° do 32°C . Z důvodu celoročního provozu čistíren odpadních vod se teploty při aktivačním procesu pohybují od 5°C v zimním období až po 30°C v letních měsících. Teplota ovlivňuje rychlost nitrifikace, takže např. při poklesu teploty o 10°C se rychlost nitrifikace sníží o polovinu.
- **Stáří a zatížení kalu** – nejvyšší účinnosti nitrifikace (vyšší než 90%) je možné dosáhnout při co nejvyšší teplotě a pokud je kal starší pěti dnů.

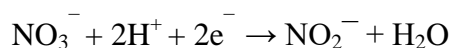
Denitrifikace

„Denitrifikace probíhá za anoxických podmínek, tzn. v prostředí bez molekulárního kyslíku, kdy dochází k redukci dusičnanů a dusitanů na oxid dusný, který je následně redukován na konečný produkt, kterým je **dusík**.“ (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

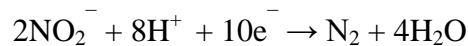
Jedná se o mikrobiální proces, při kterém se využívá schopnosti chemoorganotrofních bakterií rozkládat organické látky, kdy jako akceptor elektronů využívají dusitany a dusičnany, které redukují na N_2O a N_2 . Podílí se na něm anaerobní bakterie jako např. rody *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Chromobacterium*, *Denitrobacillus* aj. Jako zdroj energie využívají bakterie organický substrát jako např. methanol, ethanol aj.

U denitrifikace rozlišujeme dva stupně:

- **1. stupeň** – dochází k redukci dusičnanů na dusitany



- **2. stupeň** – dochází k redukování dusitanů na oxid dusný a elementární dusík.



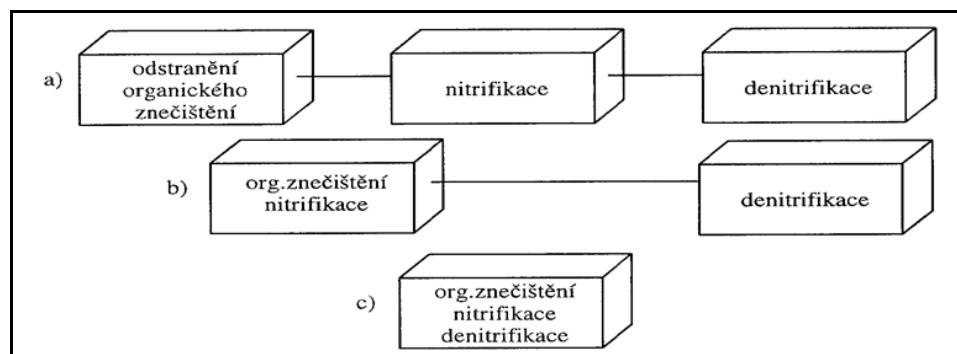
(Slavičková K., Slaviček M., 2013)

Denitrifikace se dá také vyjádřit touto rovnicí:



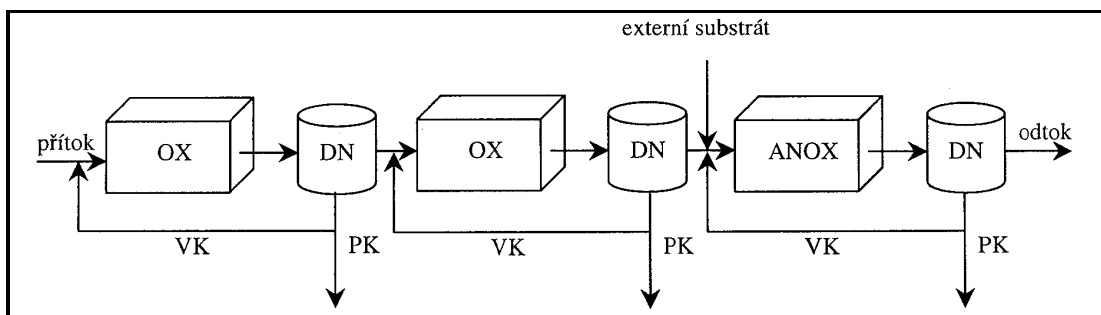
Jsou známe tři základní způsoby týkající se biologického odstraňování dusíku dle uspořádání aktivace:

- Všechny nádrže, ve kterých probíhá odstraňování organického znečištění a odstraňování dusíku, jsou od sebe navzájem odděleny, tzn. v každé nádrži je jiný druh mikroorganismu podle toho, jaký druh látky odbourává. Výhodou je dokonalá kontrola systému, nevýhodou jsou vysoké náklady na realizaci a požadavky na zastavěnou plochu. Tento způsob se tedy v praxi příliš nevyužívá.
- Při druhém způsobu dochází k odstraňování organického znečištění společně s odstraňováním dusíku v jedné nádrži a denitrifikace probíhá samostatně v nádrži druhé. Tento způsob biologického odstraňování dusíku je využíván v řadě čistíren odpadních vod v ČR.
- U třetího způsobu se využívá pro biologické čištění jediná nádrž, ve které probíhají všechny tři procesy. Tento způsob je pro svou jednoduchost také velmi často využíván. (Sborník přednášek z XIV. odborné konference, 2010)

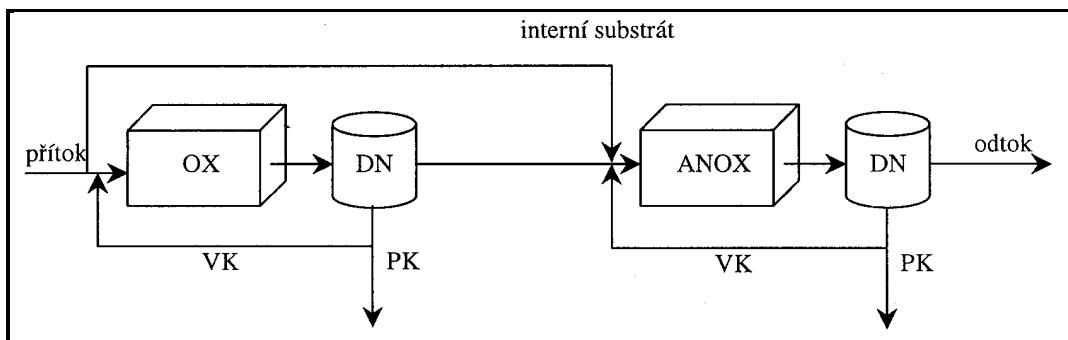


Obr. 4.2 - Tři základní způsoby odstraňování organického znečištění a dusíku z odpadní vody (Slavičková K., Slaviček M., 2013)

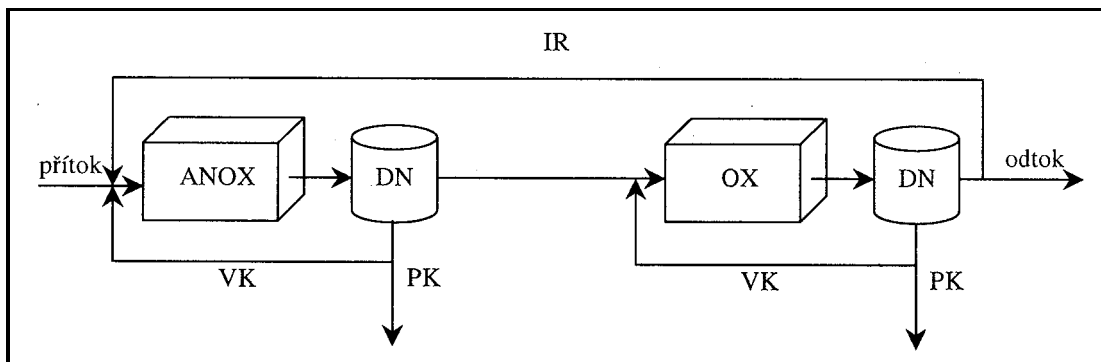
Dále rozlišujeme tři systémy biologického odstraňování dusíku dle počtu cyklů vratného kalu v aktivačním procesu. Rozlišujeme systém **tříkalový** (obr. 4.3), **dvoukalový** (obr. 4.4 a 4.5) a **jednokalový** (obr. 4.6). Všem třem systémům musí předcházet kvalitní mechanické předčištění. V ČR se tříkalové a dvoukalové systémy příliš často nevyskytují z důvodu vyšších nákladů na realizaci a provoz, a také z důvodu většího územního záboru.



Obr. 4.3 - Schéma tříkalového systému (postdenitrifikace)(Slavičková K., Slaviček M., 2013)



Obr. 4.4 - Schéma dvoukalového systému s interním substrátem (postdenitrifikace)(Slavičková K., Slaviček M., 2013)

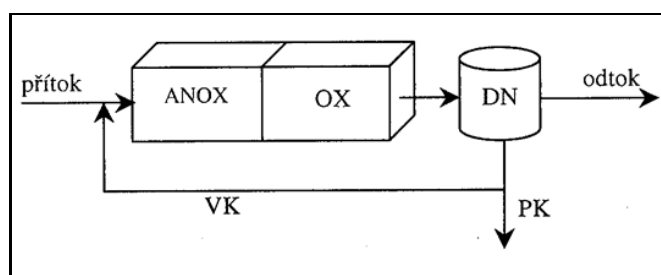


Obr. 4.5 - Schéma dvoukalového systému s interní recirkulací (predenitrifikace)(Slavičková K., Slaviček M., 2013)

Jednokalový systém

V ČR se pro svou jednoduchost a nižší realizační náklady využívá zejména jednokalový systém v různých modifikacích, z nichž některé budou dále popsány. Stále častěji se využívá proces s predenitrifikací, jakým je např. Wuhrmannův proces predenitrifikace (obr. 4.6). Ten jako zdroj energie pro denitrifikaci využívá zbytkovou organickou hmotu v kalu a endogenní respiraci. Bohužel však u tohoto procesu dochází ke snadnému přetížení dosazovací nádrže. Této situaci lze předejít dodáním externího substrátu na přítoku.

Jako výhodnější proces se jeví Ludzack-Ettingerův proces, který je obdobou Wuhrmannova procesu, ale zavádí inertní recykl. Jedná se o základní typ aktivačního procesu označovaný jako **D-N systém**. (*Sborník přednášek z XIV. odborné konference, 2010*)

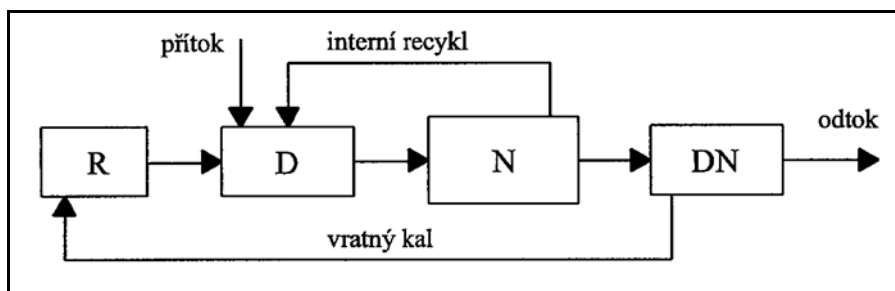


Obr. 4.6 - Schéma Wuhrmannova procesu (Slavičková K., Slaviček M., 2013)

V minulosti byl **D-N systém** nejvyužívanějším způsobem odstraňování dusíku v menších lokalitách v ČR, postupně se ale ukázalo, že klasický D-N systém je trvale neúnosný a to zejména z důvodu vysokých provozních nákladů a také z hlediska velkých objemů a překračování emisních limitů. Navíc se u tohoto systému prokázalo, že účinnost čištění je závislá na teplotě a dochází k bytnění aktivovaného kalu. Ten poté hůře sedimentuje a suspendované látky unikají do odtoku a výsledné odtokové parametry vykazují horší hodnoty. (*Hlavínek P., Hlaváček J., 1996*)

Tyto nedostatky řeší aktivační systém s regenerací vratného kalu, tzv. **R-D-N systém** (obr. 4.7), který je využíván zejména ve větších lokacích s EO nad 25000. Účinnější vlastnosti tohoto systému spočívají především v regeneraci vratného kalu ve vlastním

reaktoru, který je začleněn do proudu vratného kalu. Tím dojde k výraznému zlepšení aktivačních vlastností kalu. (Olsen G., Newell B., 1999; ASIO, s.r.o., 2010)



Obr. 4.7 - Schéma R-D-N procesu (Slavičková K., Slaviček M., 2013)

Mezi další procesy řadíme např. **Bardenpho proces** vyvinutý Barnardem (1973), který se vyznačuje zdvojením anoxických a oxických zón, které se v procesu střídají.

Alpha proces představuje několik D-N procesů řazených v sérii za sebou. Jako substrát pro denitrifikace jsou využívány organické látky z přitékající odpadní vody. Protože zde dochází ke střídání anoxických a oxických zón, není třeba zařazovat interní recirkulaci. Díky tomu dochází k vysoké úspoře energie, která by jinak byla nutná na čerpání aktivační směsi při interních recykloch. Díky vysokému stupni denitrifikace a zároveň úspornému hospodaření s odpadní vodou dochází k menší spotřebě kyslíku v provzdušňovacích zónách (20% úspory objemu oproti D-N systému a 10% úspory objemu oproti R-D-N systému). Nevýhodou alpha procesu jsou vysoké nároky na odbornou obsluhu za účelem optimalizace řízení procesu. (Wanner J., 2001; Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2001)

SBR reaktor (SEQUENCING BATCH REACTOR) představuje další efektivní způsob čištění odpadních vod. Jedná se o diskontinuální systém čištění, veškeré procesy zde totiž probíhají v jediné nádrži za dodržení určité časové posloupnosti. SBR reaktor je doporučován u malých průtoků s výkyvy přítoku a proměnlivým složením odpadní vody. Výhodou je vysoká kvalita odtoku, úspora technologického vybavení a odolnost vůči vláknitému bytění kalu. (Wanner J., 2001; Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2001)

Bio - Denitro proces patří také mezi procesy s diskontinuálním systémem čištění. Probíhá bez vnitřní recirkulace, která je nahrazena střídavým přepojováním přítoku a

recirkulace kalu mezi dvěma aktivačními nádržemi, které jsou zapojeny do série a zároveň dochází ke změnám způsobu provozu nádrže. Při změně provozu je např. provzdušňovaná nádrž jen promíchávána a je do ní vpouštěna odpadní voda i vratný kal a odtok je veden do druhé nyní provzdušňované nádrže. Zároveň se v nádržích střídají kultivační podmínky tím způsobem, aby vždy byly dodrženy co nejnižší odtokové parametry.

Bio – Denipho proces představuje obdobný proces jako Bio – Denitro, jen v přední části nádrže je anaerobní reaktor, díky němuž se kultivují bakterie akumulující fosfáty.

4.3.3 Odstraňování fosforu

V městské odpadní vodě, která přichází na čistírnu odpadních vod, se vyskytuje fosfor organického i anorganického původu. Fosfor organického původu se vyskytuje především v živočišných odpadech, např. člověk vyloučí denně v průměru 1,5 g fosforu. Člověk však produkuje i fosfor anorganického původu a to například průmyslovou činností (textilní průmysl) a sloučeniny fosforu jsou také součástí odpadních vod z velkých prádelen. Nemalým přispěvatelem fosforu do splaškových vod jsou i domácnosti z důvodu používání pracích prášků obsahujících sloučeniny fosforu. Původ fosforu obsaženého v odpadní vodě můžeme hledat i v zemědělství (používání fosforečných hnojiv).

Fosfor se v odpadní vodě vyskytuje jak v rozpuštěné tak nerozpuštěné formě a obě tyto formy mohou být organického i anorganického původu.

Fosforečnany se podílejí na eutrofizaci povrchových vod, což vede k nadměrnému růstu řas.

Fosfor se dá z odpadní vody odstranit dvěma způsoby:

- **chemicky** – srážení solemi (Fe (II), Fe (III), Al), srážení hydroxidem vápenatým,
- **biologicky** – principem je schopnost některých bakterií (*Acinetobacter*) shromažďovat fosfor ve svých buňkách.

4.3.4 Biofilmové reaktory

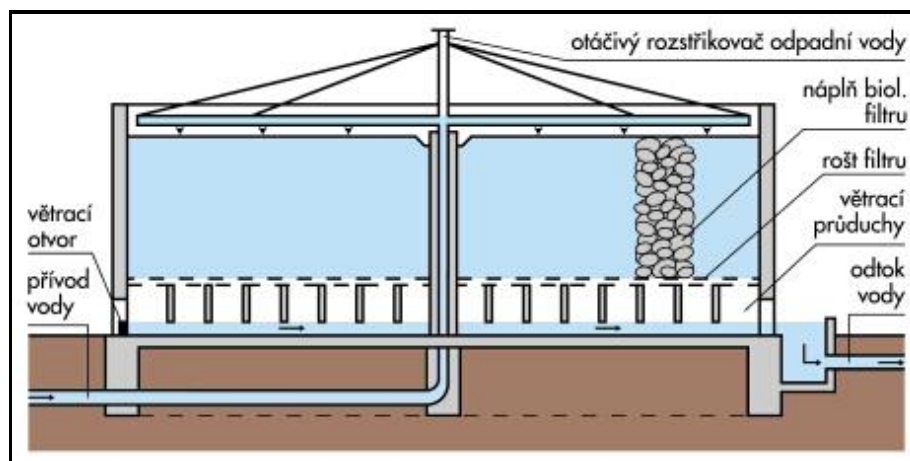
Využívají se u menších čistíren odpadních vod a pro předčištění průmyslových odpadních vod. Oproti aktivačním nádržím (kde jsou mikroorganismy ve vznosu), jsou mikroorganismy imobilizovány (neboli jsou přisedlé) v podobě biofilmové blány na reaktoru. Tento způsob čištění se přirozeně vyskytuje v přírodě, příkladem jsou organismy přisedlé na kamenech ve vodních tocích, kde fungují jako samočištění vody. (*Vesilind A.P., 2003*)

Dělení biofilmových reaktorů:

- **dle stavu nosiče** – rozlišujeme pevný a pohyblivý nosič,
- **dle směru průtoku a doby kontaktu s reaktorem** – skrápěné, ponořené, rotační a kombinované.
- **dle náplně biofilmových reaktorů** – objemové náplně (kamenina, vápenec, čedič, struska) a plošné náplně (plast, porcelán),
- **dle látkového objemového zatížení** – nízkozatěžované a vysokozatěžované filtry,
- **dle užití aerace** – přirozená a nucená,
- **dle technologického schématu** – na jednostupňové, dvoustupňové a vícestupňové.

Skrápěné biologické kolony

Zpravidla se jedná o válcovou nádrž kruhového půdorysu, kde je voda skrápěna shora na náplň kolony, kterou protéká a zároveň dochází ke styku s biofilmem, čímž se voda čistí. Kyslík je přiváděn větracími otvory. Jedná se o osvědčený typ biofilmového reaktoru s účinností čištění až 80%. (*Pytl V. a kol., 2004*)



Obr. 4.8 - Schéma skrápěné biologické kolony (leporelo.info (online) cit. [2018.2.27] dostupné z <<https://leporelo.info/filtr-biologicky>>)

Ponořené biologické kolony

Proud čištěné vody je veden zdola nahoru, nosičem biofilmu je náplň kolony (pevná nebo ve vznosu), je potřeba dodat aeraci (nucená aerace). (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

Rotační biofilmové reaktory (biodisky) – „pohyblivým nosičem jsou disky nebo klece, nosiče se pomalu otáčejí v korytě s odpadní vodou, jsou částečně ponořeny, aerace probíhá na styku nosiče se vzduchem při otáčivém pohybu.“ (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

Reaktory kombinované – reaktory s biofilmem jsou buď ponořeny a připevněny nebo se vznášejí s aktivovaným kalem. (Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

4.3.5 Aerační systémy

Pro správný průběh nitrifikace je nezbytné v nádrži instalovat vhodný aerační systém. Nejvyužívanější jsou následující 3 typy aeračních systémů, které se navíc v praxi mohou kombinovat:

- pneumatická aerace pomocí stlačeného vzduchu,
- mechanická aerace s mechanickými aerátory,
- hydropneumatická aerace fungující na bázi ejektorů a injektorů.

(Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2001)

4.4 Terciární stupeň čištění (dočišťování odpadních vod)

V oblastech, kde je vyžadována vysoká kvalita odtoku do recipientu obvykle vyžaduje vodoprávní orgán dočišťování vod, které již prošly biologickým čištěním. Při dočišťování vod se nejčastěji odstraňují zbytky fosforu. Mezi nejčastěji používané technologie patří filtrace přes aktivní uhlí. Uplatňují se zde také membránové filtrace. (Pytl V. a kol., 2004)

4.5 Kalové hospodářství

Čistírenský kal představuje produkt, který nejenomže představuje vysoké hygienické riziko, ale navíc jeho další zpracování stojí čistírnu až 40% rozpočtu pro údržbu čistírny. Sušina surového kalu obsahuje okolo 70% organických látek, a protože zpravidla obsahuje i patogenní látky, jedná se dle zákona o odpadech o nebezpečný odpad. Je tedy již běžné, že součástí čistírny je i technologie úpravy a zpracování kalu, která zajistí stabilizaci kalu.

4.5.1 Typy kalů

- **Primární kal** – pochází z mechanického čištění a odděluje se od surové vody při sedimentaci v usazovací nádrži. Je tvořen hlavně nerozpuštěnými látkami organického i anorganického původu, které nebyly zachyceny lapákem písku a česlemi. Obsahuje 2 – 5% sušiny.
- **Sekundární (přebytečný) kal** – pochází z biologického čištění a odděluje se z vyčištěné vody v dosazovací nádrži. Obsahuje 0,5 – 1,5% sušiny.
- **Chemický (terciární) kal** – vzniká v některých čistírnách, kde se uplatňuje terciární čištění nebo se zde využívá chemické srážení pro odstranění fosforu.

(Slavičková K., Slaviček M., 2013)

4.5.2 Zpracování kalu

Při zpracování kalu je nutné dodržet po sobě jdoucí postupy, aby se zabezpečila nezávadnost kalu a připravil se pro možné další využití.

- **Zahušťování kalu** – cílem odstranění volné vody z kalu, aby se zmenšil jeho objem kvůli úspoře času a energie při další dopravě. Po zahuštění je kal v tekuté konzistenci a je možné ho čerpat. Provádí se následujícími procesy:
 - **Gravitační zahušťování** – zahušťovací nádrž má kruhový tvar s přívodem kalu do středu. Využívá se zde rozdíl mezi hustotou vody a částicemi kalu.
 - **Flotační zahušťování** – drobné částice suspenze se spojí s jemnými bublinkami plynu, čímž vzniknou flotační komplexy, které jsou lehčí než voda, proto jsou vynášeny v podobě pěny na povrch. Pěna se mechanicky odstraňuje a dopravuje k dalšímu zpracování.
- **Stabilizace čistírenského kalu** – představuje snížení obsahu organických látek na takovou úroveň, že se zastaví intenzivní rozklad. Tohoto stavu lze docílit následujícími způsoby:
 - **aerobní stabilizací kalu,**
 - **anaerobní stabilizací kalu,**
 - **chemickou stabilizací,**
 - **termickou stabilizací,**
 - **kompostováním.**

(Slavičková K., Slaviček M., 2013)

- **Odvodnění kalu** – rozlišujeme následující způsoby:
 - **Přírozené odvodnění** – probíhá na **kalových polích** nebo **kalových lagunách**. Jedná se o časově náročnější způsob odvodňování.
 - **Strojní odvodnění** – rychlejší a účinnější způsob odvodňování odpadních kalů, mezi používaná zařízení patří **odstředivky, filtrační zařízení, šnekové lisy a kalolisy**.

(Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014)

5 Metodika bakalářské práce

Před samotným praktickým vyhodnocením provozu ČOV Nová Role je potřeba v rešeršní části práce popsat problematiku stokování a odpadních vod, zejména podrobněji popsat mechanické a biologické čištění odpadních vod. Pro tuto část práce je nutné použít dostatečné množství literárních zdrojů, aby vznikl objektivní pohled na řešené téma.

Praktická část zahrnuje rekognoskaci zkoumaného objektu, kterým je ČOV Nová Role. Je tedy nutné, zajistit si přístup do objektu nejlépe za přítomnosti zástupce provozovatele ČOV, který představí jednotlivé objekty ČOV a objasní technologické postupy (mechanické a biologické čištění) a je také schopen zodpovědět dotazy k tématu. Je také důležité provést důkladnou fotodokumentaci objektu.

Pro vyhodnocení provozu je nutné získat od provozovatele ČOV potřebná data, v tomto případě se jedná o data za posledních pět let od roku 2013 do roku 2017. Data by měla obsahovat hodnoty ukazatelů míry znečištění odpadní vody před vypuštěním do recipientu, kterým je řeka Rolava. Mezi sledované ukazatele patří BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, P_c, N_c a v zájmu zhodnocení jsou průměrné hodnoty a maximální hodnoty za období jednoho kalendářního roku. Pro větší přehlednost je vhodné výsledky měření přenést do grafického znázornění. U každého grafu jsou pak uvedeny limity stanovené národní vyhláškou a samotnou ČOV.

V diskuzi je probíráno téma týkající se přípojek na obecní kanalizaci u objektů (převážně rodinných domů), které doposud pro shromažďování splaškových vod využívají nevyhovující žumpy a jímky. Řeší se zde možný negativní dopad na vodní plochu v rekreační části spadající pod katastrální území Nové Role způsobený průsaky splašků ze žump a jímek.

V závěru práce jsou shrnuty výsledky zkoumání a jsou zde uvedeny návrhy na zlepšení provozu ČOV.

6 Vyhodnocení provozu ČOV Nová Role

6.1 Popis lokality ČOV Nová Role



Obr. 6.1 - Spádová oblast ČOV Nová Role (zahrnuje obce Nová Role, Mezirolí, Božičany)
(Seznam.cz ©1996 – 2018: Mapy.cz (online) cit. [2018.3.3])

Obec Nová Role je součástí okresu Karlovy Vary v Karlovarském kraji. Dle posledního sčítání ke dni 1.11.2014 má Nová Role s částmi Nová Role, Mezirolí a Jimlíkov 4040 obyvatel, z toho je 3600 napojeno na ČOV Nová Role, v Nové Roli 3295 obyvatel, v Mezirolí 305 obyvatel (obec Jimlíkov využívá vlastní kořenovou čistírnu odpadních vod). Na ČOV Nová Role je napojena také část obyvatel obce Božičany, ke dni 1.11.2014 měla obec 650 obyvatel, z toho bylo na ČOV Nová Role napojeno 170 obyvatel.

Stoková gravitační síť v obci Nová Role je **jednotná** a byla vybudována v letech 1960 – 1972 při výstavbě sídliště.

Stoková síť v obci Mezirolí je **oddílná** a byla vybudována v letech 2006 – 2007. Výtlačné potrubí odvádí veškeré splaškové odpadní vody z čerpací stanice Mezirolí ČSOV 1 do gravitační kanalizace Nová Role a odtud na ČOV Nová Role.

V obci Božičany byl v roce 2014 vybudován nový kanalizační systém a je zde **oddílná** stoková síť. Splaškovou kanalizaci tvoří gravitační stoky a kanalizační výtlak.

Čistírna odpadních vod Nová Role se nachází na levém břehu řeky Rolava v jihovýchodní části obce na katastrálním území Nová Role, parcelní číslo 265/1 a 265/2. Celková výměra pozemku, jehož vlastníkem je Vodohospodářské sdružení obcí západních Čech činí 4458 m².

6.2 Provozně – technické údaje ČOV Nová Role

ČOV Nová Role byla navržena a vybudována jako mechanicko – biologická čistírna odpadních vod typu D-N v roce 1963. Společně se zde čistí splaškové, dešťové a průmyslové odpadní vody. „Odpadní vody z obce jsou přiváděny kmenovou stokou o průměru 1000 mm se spádem 4 ‰ a o maximální kapacitě 1 358 l/s. do odlehčovací komory. Do čistírny přitéká voda potrubím o průměru 400 mm. Přepadající voda nad max. přítok odtéká do řeky Rolavy potrubím o průměru 400 mm.“ (*vodakva.cz ©2017: Nová Role, Mezirolí, Božičany – kanalizační řád (online) cit. [3.3.2018]*)

V letech 2014 – 2015 proběhla na ČOV rekonstrukce díky níž došlo k navýšení projektové kapacity z 3400 EO na 5650 EO. Rekonstrukce se týkala všech důležitých objektů ČOV. Byla renovována rozdělovací komora, nové hrubé předčištění s novým lapákem písku a česlemi, došlo k začlenění usazovací nádrže do biologického stupně čištění. Součástí rekonstrukce je také nová dosazovací nádrž o průměru 15 m. Zároveň byla vyměněna dmychadla, čerpadla a aerační systémy v nádržích biologické části ČOV. (*sintak.cz ©2009: Projekt ČOV Nová Role – rekonstrukce (online) cit. [3.3.2018]*)

6.2.1 Mechanická část ČOV Nová Role

Mechanická část ČOV představuje hrubé předčištění, jehož součástí jsou automatické strojně stírané česle, které jsou společně se separátorem písku s integrovaným praním umístěny v objektu mechanického předčištění. Shrabky jsou z česlí strojově stírány a dopravníkem převáženy do kontejneru umístěného vně objektu mechanického předčištění.

Hned za objektem mechanického přečištění se nachází vertikální lapák písku válcového tvaru o hloubce 5 m a průměru 1,5 m. Sedimentovaný písek je ve formě hydrosměsi čerpán pomocí čerpadla typu mamutka a potrubím transportován zpět do objektu mechanického předčištění, kde ústí do separátoru písku s integrovaným praním. Zde dojde ke snížení organických látek v písku, který je následně dopravníkem převážen vně objektu mechanického předčištění do kontejneru o objemu 240 l. Předčištěná voda je odváděna přes rozdělovací komoru dále do objektů biologického čištění. (vodakva.cz ©2017: Nová Role, Mezirolí, Božičany – kanalizační řád)



Obr. 6.2 - Objekt mechanického předčištění s vyústěním separátoru písku s integrovaným praním



Obr. 6.3 - Automatické strojně stírané česle



Obr. 6.4 - Separátor písku s integrovaným praním



Obr. 6.5 - Lapák písku s potrubím obsahující načerpanou hydrosměs (sedimentovaný písek s vodou)

6.2.2 Biologická část ČOV Nová Role

Biologickou část představují denitrifikační nádrže DN1 a DN2 a nitrifikační nádrže N1 a N2.

Obě denitrifikační nádrže DN1 a DN2 jsou umístěné v jednom objektu, jehož součástí je i kalové silo. V denitrifikačních nádržích jsou umístěna ponorná vertikální míchadla, v nádrži DN1 je míchadlo s průměrem vrtule 250 mm a v nádrži DN2 je míchadlo s průměrem vrtule 900 mm. Rychlost průtoku vody v nádrži je $0,25 - 0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Obr. 6.6 - Pohled na objekt s denitrifikačními nádržemi DN1, DN2 a kalovým silem. V pozadí vlevo čerpací stanice, napravo nitrifikační nádrž N1

Mechanicky předčištěná voda s aktivovaným kalem je potrubím transportována přes čerpací stanici do nitrifikační nádrže N1. Jedná se o objekt kruhového tvaru, ve kterém dochází k provzdušňování pomocí jemnobublinných diskových aeračních elementů. Odpadní voda je po biologickém vyčištění odvedena do nitrifikační nádrže N2, kterou představuje železobetonový monolit, který je rozdělen na dva aktivační prostory. Aerace v obou nádržích je řízena z čerpací stanice. Přitékající voda prochází postupným tokem z první do druhé nádrže, kde směs vyčištěné odpadní vody a aktivovaného kalu přepadá přes přepadovou hranu a odtéká do dosazovací nádrže. (vodakva.cz ©2017: Nová Role, Mezirolí, Božičany – kanalizační řád)



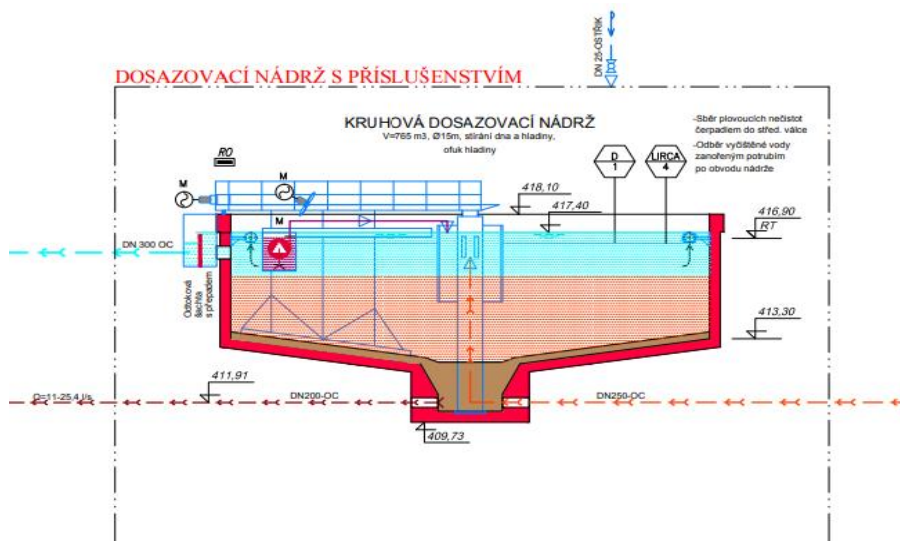
Obr. 6.7 - Nitrifikační nádrž N1



Obr. 6.8 - Nitrifikační nádrž N2

Kruhová dosazovací nádrž se skládá z přítokového potrubí, uklidňovacího válce a odtokové šachty s přepladem. Biologicky vyčištěná voda přitéká z nitrifikační nádrže N2 do vtokového uklidňovacího válce. V dosazovací nádrži dochází ke stírání dna a hladiny (také probíhá tzv. ofuk hladiny) a čerpadlem jsou pak nečistoty vháněny do středového válce. Vyčištěná voda je odebírána zanořeným potrubím (které je umístěno po obvodu nádrže) do recipientu. Vyčištěná voda přepladá do odtokové šachty. Odtah usazeného vratného kalu se provádí pomocí čerpadla, které je umístěno na dně dosazovací nádrže.

Obr. 6.9 - Technologické schéma kruhové dosazovací nádrže (sintak.cz ©2009: Projekt ČOV Nová Role – rekonstrukce (online) cit. [3.3.2018])



Obr. 6.9 – Pohled na dosazovací nádrž



Obr. 6.10 - Pohled na hladinu dosazovací nádrže

Interní recirkulací je směs vratného a přebytečného kalu vedena zpět do objektu, ve kterém jsou umístěny denitrifikační nádrže a kalové silo. Vratný kal ústí do nádrže N1 a přebytečný kal do kalojemu, který je součástí kalového sila. Vyhníly kal ze spodní vrstvy kalového sila je odčerpáván kalovými čerpadly do fekálního vozu a je odvážen na ČOV Karlovy Vary. Zde je kal přímo odvodněn na pásovém lisu CENED nebo je napuštěn do vyhnívací nádrže kalového hospodářství k další anaerobní stabilizaci. (vodakva.cz ©2017: Nová Role, Mezirolí, Božičany – kanalizační řád)



Obr. 6.12 - Nádrž s koagulantem $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Součástí objektu ČOV Nová Role je také nádrž s koagulantem síranem železitým $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Nádrž má objem $V=20\text{m}^3$, $\text{Ø}3,5\text{m}$ a jedná se o dvouplášťovou nádrž pro venkovní použití. Koagulant se dávkuje pomocí čerpadla dle výsledků z indukčního průtokoměru, který je umístěn na odtoku biologicky vyčištěné odpadní vody z nitrifikační nádrže N2 ještě před dosazovací nádrží. Koagulant se do procesu čištění přidává kvůli odstranění fosforu a nerozpustných látek.

6.3 Vyhodnocení provozu ČOV Nová Role na základě poskytnutých dat

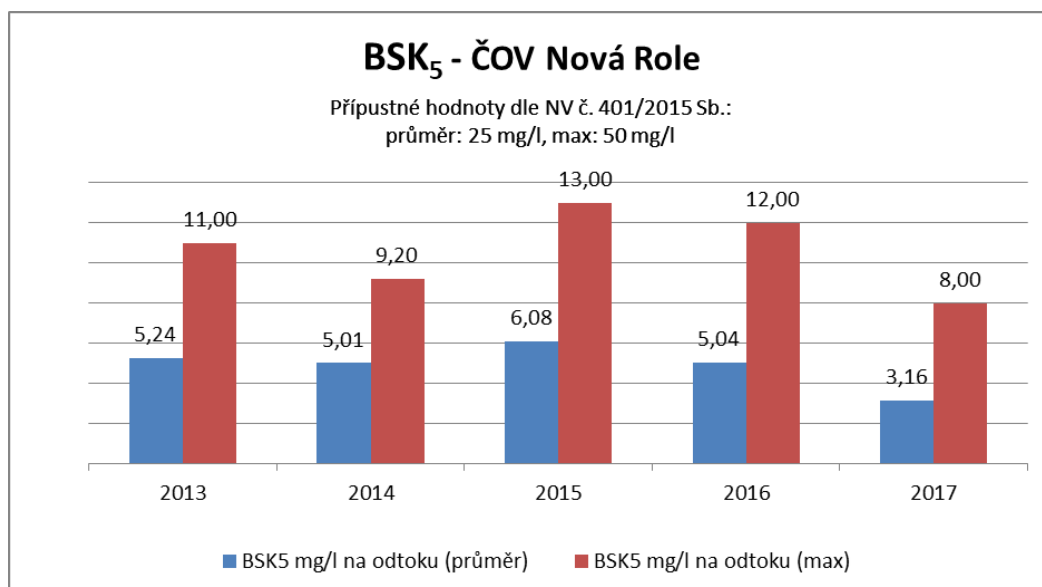
Vyhodnocení provozu lze provést na základě získaných dat z ČOV Nová Role. Jedná se o výstupní data týkající se hodnot naměřených vzorků na odtoku vyčištěné odpadní vody za období let 2013 – 2017 (viz přílohy). Tato data budou porovnána

s přípustnými limity uvedenými v nařízení vlády číslo 401/2015 Sb. ze dne 14. 11. 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“ v platném znění (dále jen NV č. 401/2015 Sb.) Vyhodnocena budou data týkající se ukazatelů BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N_c a P_c.

6.3.1 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅)

Prvním ukazatel míry znečištění odpadní vody, u kterého bude provedeno vyhodnocení, je biochemická spotřeba kyslíku. Vyjadřuje hmotnostní koncentraci rozpuštěného kyslíku v roztoku, která byla spotřebována během biochemické oxidace organických látek za předem definovaných podmínek (obvykle se uvádí v mg/l). Slouží tedy jako nepřímý ukazatel množství biologicky rozložitelných organických látek ve vodě. Nejběžnější standardizovanou metodou používanou po celém světě je BSK₅, při které se stanoví biochemická spotřeba kyslíku zředovací metodou v průběhu pěti dnů, za aerobních podmínek a při teplotě 20°C. (Pitter P., 1999)

Limity stanovené ČOV Nová Role pro BSK₅ jsou: p=25 mg/l, m=50 mg/l



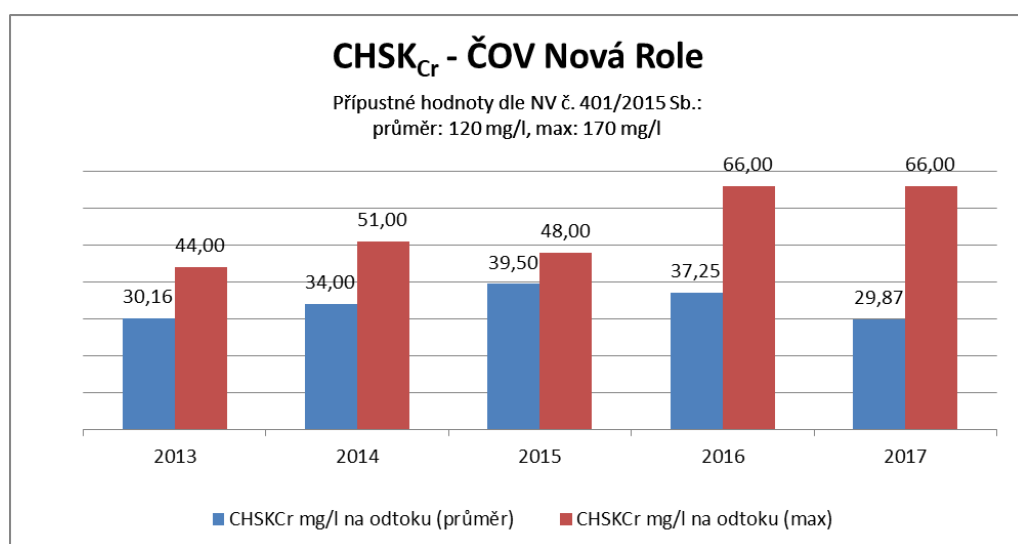
Graf 6.1 – Hodnoty BSK₅ na odtoku z ČOV v letech 2013-2017

Z grafu vyplývá, že maximální naměřené hodnoty jsou takřka čtyřikrát menší, než které jsou stanoveny NV č. 401/2015 Sb. V roce 2017 byla průměrná hodnota nejnižší za posledních 5 let.

6.3.2 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Cr})

Druhým ukazatelem míry znečištění odpadních vod je chemická spotřeba kyslíku. Tento ukazatel vypovídá o celkovém obsahu organických (oxidovatelných) látek ve vodě. Oxidaci organických látek lze provést manganistanem draselným nebo dichromanem draselným. Manganistan draselný se využívá hlavně pro stanovení CHSK u pitných a přírodních vod, dichroman draselný se uplatňuje při stanovení CHSK u všech druhů vod. Stejně tak je tomu i v tomto případě.

Limity stanovené ČOV Nová Role pro CHSK_{Cr}: p=80 mg/l, m=150 mg/l



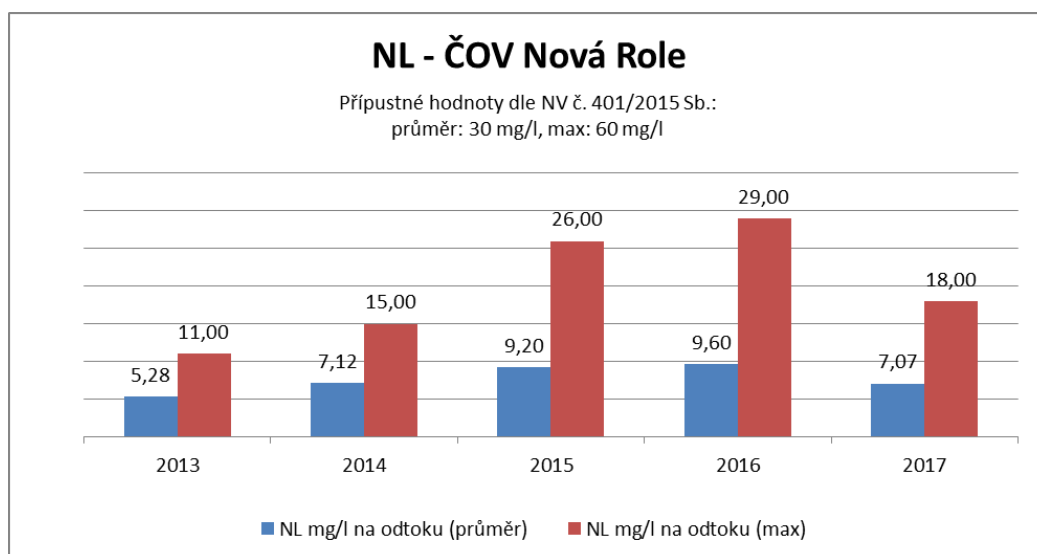
Graf 6.2 – Hodnoty CHSK_{Cr} na odtoku z ČOV v letech 2013-2017

Přestože v letech 2016 a 2017 byly maximální hodnoty CHSK_{Cr} vyšší než v předchozích letech, jsou hodnoty cca 3x menší než jsou přípustné hodnoty. V roce 2017 byla průměrná naměřená hodnota nejnižší za posledních 5 let.

6.3.3 Nerozpuštěné látky (NL)

Třetí ukazatel vyjadřuje kolik nerozpuštěných látek sušených (sušina při 105°C, vyjádřeno v mg/l) je přítomno ve vzorku na odtoku z ČOV.

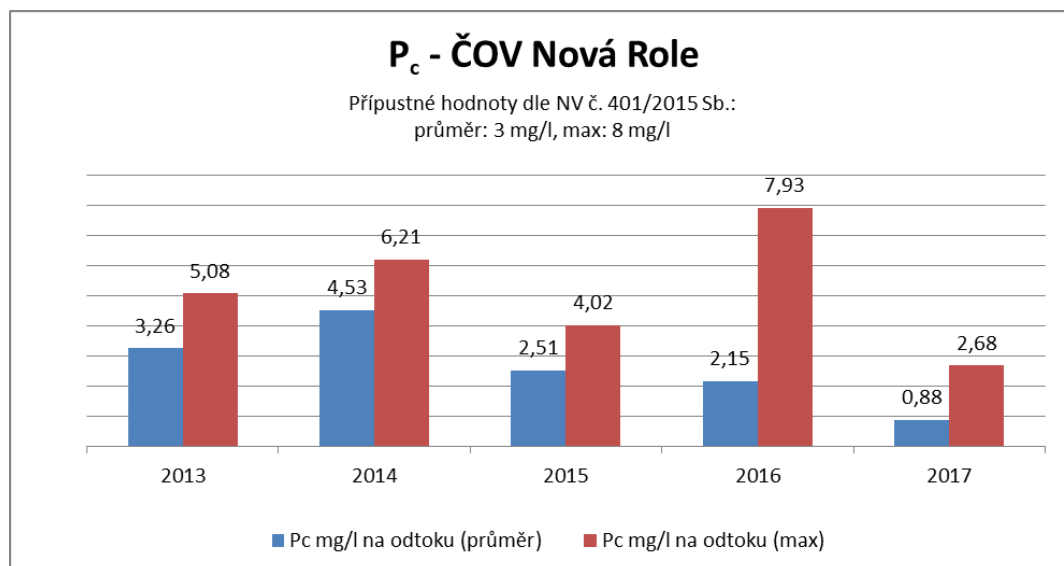
Limity stanovené ČOV Nová Role pro NL: $p=30$ mg/l, $m=50$ mg/l



Graf 6.3 – Hodnoty NL na odtoku z ČOV v letech 2013-2017

Z grafu je patrné, že průměrné ani maximální limity nebyly ani v jednom sledovaném období překročeny, v roce 2016 dosahoval obsah NLS sice vyšších hodnot, přesto byl obsah NL méně než poloviční oproti stanoveným limitům.

6.3.4 Celkový obsah fosforu (P_c) ve vodě



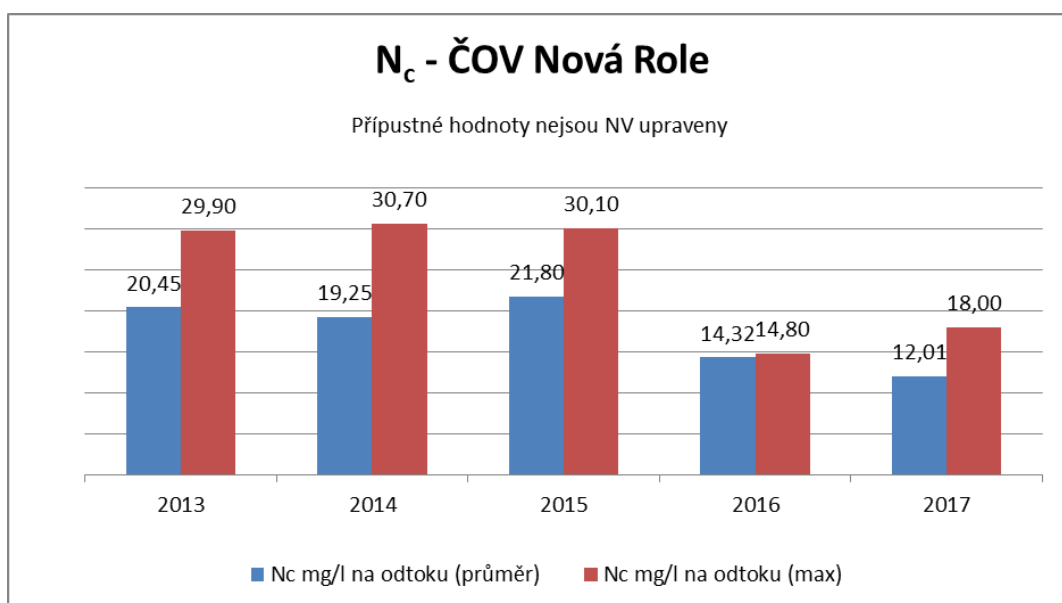
Graf 6.4 – Hodnoty P_c na odtoku z ČOV v letech 2013-2017

V roce 2016 dosáhl obsah P_c takřka maximální přípustné hodnoty, hned v roce následujícím však došlo k velkému snížení obsahu P_c a naměřené hodnoty tak jsou

třikrát nižší, než stanoví zákon. V roce 2016 a 2017 je z grafu patrná výrazná klesající tendence u průměrné hodnoty P_c .

6.3.5 Celkový obsah dusíku (N_c) ve vodě

Jak již bylo popsáno dříve, ČOV Nová Role je koncipována na 5650 EO a pro tuto kategorii ČOV zákon nestanoví maximální přípustné limity pro N_c . Nemá je stanoveny ani samotná ČOV Nová Role, z grafu je ale patrné, že naměřené průměrné hodnoty mají i u tohoto ukazatele za poslední dva roky klesající tendenci.



Graf 6.5 – Hodnoty N_c na odtoku z ČOV v letech 2013-2017

7 Diskuze

Je otázkou, zda je pro životní prostředí vhodnější centralizované nakládání s odpadními vodami ve smyslu napojení objektů, jakými jsou bytové a rodinné domy na kanalizační systém dané obce, nebo je lepším řešením vybudovat zvlášť u každého objektu septik či domovní biologické ČOV, přestože je v dané obci kanalizační síť vybudována a je v dostupné vzdálenosti k potenciálním uživatelům.

Tato otázka mě napadla při bližším seznámením se s územním plánem města Nová Role ze září roku 2016, z jehož textové části je následující citace týkající se územní části Mezirolí:

„U některých objektů v sídle však odkanalizování starých domů zůstává do žump a do jámek, u novějších a rekonstruovaných domů do septiků, případně přes biologické domovní čistírny. Tyto domy, nenapojené na páteřní splaškovou kanalizaci, mají provedené odtoky nejen ze septiků, ale i ze žump a jámek do místních odvodňovacích příkopů nebo prosakují do vrchních vrstev terénu. To se týká i odkanalizování zemědělského statku. Tím dochází k tomu, že částečné znečištění z obce přitéká zcela nečištěné, nebo jen nedostatečně čištěné do přítoků do Děpoltovického rybníka.

Vzhledem k tomu, že území obce leží v nejhořejší části povodí, jsou hodnoty směrodatných přítoků ve veřejných tocích velmi nízké, a tím poměry ředění odpadních vod s povrchovými vodami vcelku minimální. Tím, že je v obci poměrně rozsáhlý odvodňovací systém, viz kapitola „Vodní toky“, jsou kanalizační stoky, dají-li se tak vůbec nazvat, vesměs krátké a vzájemně provázané s tímto odvodňovacím systémem povrchových vod. Dešťové vody jsou vsakovány na pozemcích, odváděny do volného terénu a následně soustavou povrchových potoků a kanálů do Děpoltovického rybníka. Dešťové vody z komunikací tečou rovněž do soustavy příkopů, otevřených kanálů a struh s ukončením v Děpoltovickém rybníce.“

Z citace je patrné, že finálním „příjemcem“ nedostatečně vyčištěných odpadních vod je Děpoltovický rybník, který je součástí rozlehlé rekreační chatové oblasti. Situaci ještě zhoršuje fakt, že (cituji) „oblast pod zastavěnou částí sídla je zamokřená a protkaná soustavou odvodňovacích příkopů, potoků a rybníčků, jejichž vody se všechny stékají až do Děpoltovického rybníka. Důvodem tohoto stavu je to, že pod

celým tímto územím se nachází podloží, které tvoří nepropustné kaolínové a jílové vrstvy. Celou situaci navíc zhoršuje špatný technický stav některých rybníčků a odvodňovacích příkopů, které jsou nedostatečně udržované“. Dle mé osobní zkušenosti se Děpoltovický rybník vyznačuje častým výskytem sinic, dochází zde tedy k eutrofizaci vody, což zhoršuje podmínky pro koupání.

Podobné situace by se daly jistě popsat i na jiných místech České republiky. Je pochopitelné, že pro řadu majitelů domů, které nejsou napojené na obecní kanalizaci a u těchto domů je tedy pro shromažďování odpadních vod vybudována jímka či žumpa, jsou hlavním důvodem odmítnutí připojit se na obecní kanalizaci finanční náklady na realizaci přípojky. Nabízí se tedy otázka, zda by nebylo vhodné z rozpočtu obce částečně či zcela přispět na vybudování přípojky majitelům inkriminovaných nemovitostí, respektive pozemků, které nejsou připojeny na obecní kanalizaci.

Možná by zodpovědnost měl převzít stát. V době, kdy stát přispívá formou tzv. „kotlíkových dotací“ na výměnu kotlů pro vytápění domů, by možná bylo vhodné vyčlenit ve státním rozpočtu finance na „kanalizační“ dotace, protože jak již bylo napsáno v úvodu mé práce, v blízké budoucnosti se budeme potýkat s ještě většími klimatickými výkyvy, které přinesou dlouhá období sucha. Chybějící povrchová voda pak těžko naředí průsaky z nevyhovujících jímek a žump, a pokud se bude jednat o podobný případ jako je tomu u Děpoltovického rybníka, společnost tak začne přicházet o možnost plnohodnotného rekreačního vyžití spojené s využitím vodní plochy k tomu určené.

8 Závěr

ČOV Nová Role prošla v roce 2015 rozsáhlou rekonstrukcí, která zahrnovala zejména vybudování nové dosazovací nádrže, ale také výměnu česel, nové hrubé předčištění s novým lapákem písku, a původní šterbinové nádrže byly začleněny do biologického čištění. Díky rekonstrukci se kapacita ČOV navýšila z 3400 EO na 5650 EO, přičemž aktuálně je reálná kapacita 4000 EO, takže zatížení ČOV je vyhovující.

Ze všech grafů uvedených praktické části práce jasně vyplývá, že rekonstrukcí ČOV došlo ke zlepšení účinnosti čištění a průměrné hodnoty důležitých ukazatelů jako je BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, NL, P_c a N_c doznaly značného poklesu, zejména za minulý rok byl pokles oproti předchozím rokům významný.

Přestože provoz ČOV lze posoudit jako vyhovující, je možné předložit několik návrhů na zlepšení.

V současné době jsou v objektu ČOV mimo provoz dvě usazovací nádrže. Vzhledem k tomu, že součástí ČOV není primární sedimentace, bylo by možné do budoucna uvažovat o jejím začlenění do procesu čištění, protože při primární sedimentaci dochází k odstraňování 40–70% suspendovaných látek. Významné je také snížení BSK_5 o 25 až 40%. Vzhledem k tomu, že by se využil již stávající objekt ČOV, nemuselo by toto řešení být spojeno s vysokými realizačními náklady. Je to však pouze hypotéza a případný návrh realizace by byl předmětem další studie.

Dále je k zamyšlení zabezpečení celého objektu. Je pochopitelné, že oproti úpravnám vod ČOV nevyžadují stejná bezpečnostní opatření a že v případě pokusu o poškození částí objektu nebo narušení procesu čištění (např. vylití nežádoucí chemikálie do dosazovací nádrže) nedojde k ohrožení života obyvatelstva, ale mohlo by dojít k finančním ztrátám provozovatele díky nákladům vynaloženým na odstranění poškozených objektů.

9 Přehled literatury a použitých zdrojů

Arceivala S.J., Asolekar S.R., 2007: Wastewater treatment for pollution, control and reuse. (3rd edition), Tata Mc Grew-Hill Publishing Company Limited, New Delhi , 511 s

ASIO, s.r.o., 2010 : Kam kráčíš H₂O? Sborník jaro 2010

Butler D. a Davies J. W., 2009: Urban Drainage. Taylor & Francis, United Kingdom (London), 625 str.

Crittenden J. et al., 2005: Water treatment: Principles and design. Wiley, 2005

Dohányos M., Koller J. et Strnadová N., 2004 : Čištění odpadních vod. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 177 s.

Henze M., Harremoës P., Arvin E., 2002: Wastewater treatment. Springer- Verlag, Berlin – Heidelberg- New York, 433 s.

Henze M., Loosdrecht M., Ekana G., Brdjanovic D., 2003: Biological wastewater treatment. Principls, modelling and design. IWA Publishing , Cambridge University Press , 517 s.

Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2001 : Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, s.r.o., Brno, 251 s.

Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2003: Stokování a čištění odpadních vod. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 283s

Hlavínek P., Hlaváček J., 1996 : Čištění odpadních vod – Praktické příklady výpočtů. NOEL 2000 s.r.o, Brno196 s.

Chudoba J., 1991: Odpadní vody a jejich čištění. Praha: s. n. 121 s. ISBN 80-85122-09-X.

Chudoba J., Dohányos M., Wanner J., 1991: Biologické čištění odpadních vod. SNTL, Praha, 465 s.

Komínková D., Benešová L., Šťastná G., 2014: Úprava pitných a čištění odpadních vod. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 231s.

Krejčí V., a kolektiv, 2002: Odvodnění urbanizovaných území. NOEL 2000 s.r.o. Brno, 2002 ISBN 80-86020-39-8

Malý J., Malá J., 1996 : Chemie a technologie vody. NOEL 2000, s.r.o., Brno, 200 s.

Marsalek J. a kol., 1998: Hydroinformatics tools for planning, design, operation and rehabilitation of sewer systems. Springer, Germany, 529 str.

Nypl V., Synáčková M., 1998: Zdravotně inženýrské stavby 30. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 149s.

Olsen G., Newell B., 1999: Wastewater treatment systems modelling, diagnosis and control. London, IWA Publishing

Pošta J. a kolektiv., 2008: Čištění odpadních vod. Česká zemědělská univerzita, Praha, 211s

Pitter P., 1990: Hydrochemie. Praha: SNTL, 1990. 565 s. ISBN 80-03-00525-6.

Pytl V. a kol., 2004 : Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. MEDIM s.r.o., Líbeznice u Prahy, 209 s.

Rajczyková E. a kolektiv, 2001: Základné princípy odvádzania a čistenia odpadových vôd. Bratislava, VÚV, 2001. ISBN 80-89062-04-0, 93 s.

Russel D. L., 2006: Practical wastewater treatment. John Wiley & Sons, Inc., USA, 178 s.

Sborník přednášek z XIV. odborné konference, 2010: Nové trendy v čistírenství. ENVI-PUR, s.r.o., Praha, 72 s.

Slavičková K., Slaviček M., 2013: Vodní hospodářství obcí 1. Česká technika-nakladatelství ČVUT, Praha, 199s

Synáčková M., 2014: Vodárenství a stokování, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 99 s.

Švehla P., Tlustoš P., Balík J., 2007 : Odpadní vody. ČZU, Praha, 142 s.

Tchobanoglous G., Burton, F., 1991: Wastewater engineering Treatment, disposal, and reuse. New York, Osborne-McGraw-Hill, 1991. ISBN 0-07-100824-1. 1334s.

Vesilind Arne P., 2003. Wastewater treatment plant design. London: IWA Pub. ISBN 978-184-3390-244

Vítěz T, Groda B., 2008: Čištění a čistírny odpadních vod. Brno: MZLU v Brně, 2008. 126 s. ISBN 978-80-7375-180-7

Wanner J., 2001: Technologie vody II. VŠCHT, Praha, 101 s.

Internetové zdroje:

vodakva.cz ©2017: Nová Role, Mezirolí, Božičany – kanalizační řád (online) cit. [3.3.2018] dostupné z <http://vodakva.cz/images/Zakaznikum/kanalizacni_rady/NovaRole_Meziroli_Bozicany_KR.pdf>

sintak.cz ©2009: Projekt ČOV Nová Role – rekonstrukce (online) cit. [3.3.2018] dostupné z <http://www.sintak.cz/nova_role_cov.html>

novarole.cz ©2005 – 2018: Územní plán města Nová Role (online) cit. [15.3.2018] dostupné z <<http://www.novarole.cz/pdf/uzemni-plan/new/upnr-final.pdf>>

Zákony, normy a vyhlášky:

ČSN 730161 Vodní hospodářství – Názvosloví kanalizace: 2008

ČSN 756401 Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500: 2014

ČSN 756402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel: 2017

ČSN EN 12255 – části 1 až 16 Čistírny odpadních vod: 2003-2006

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

Vyhláška 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách v platném znění

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích

10 Přílohy

Seznam příloh:

Příloha 1 – Výsledky za sledované období: 2013, počet vzorků:12, počet EO: 4732

Příloha 2 – Výsledky za sledované období: 2014, počet vzorků: 12, počet EO: 3280

Příloha 3 – Výsledky za sledované období: 2015, počet vzorků:12, počet EO: 3770

Příloha 4 – Výsledky za sledované období: 2016, počet vzorků:12, počet EO: 4899

Příloha 5 – Výsledky za sledované období: 2017, počet vzorků:12, počet EO: 2975

Příloha 6 – Situace ČOV Nová Role

Příloha 1

Výsledky za sledované období: 2013, počet vzorků:12, počet EO: 4732

parametr	přítok			odtok			limity		
	počet	prům	max	počet	prům	max	p	m	bilance
	vzorků	mg/l	mg/l	vzorků	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	t/rok
CHSK_{Cr}	12	508,3	785	12	30,16	44	80	150	38
BSK₅	12	208,3	320	12	5,241	11	25	50	12
NL	12	311	830	12	5,283	11	30	50	14
N-NH₄⁺	12	33,1	67,1	12	5,985	27	20	40	12
N-NO₂⁻	12	0,22	1,19	12	0,218	0,819			
N-NO₃⁻	12	1,08	2,47	12	11,45	24,7			
N_{anorg}	12	34,26	68,2	12	17,65	29,2			
N_c	4	52,6	89,2	4	20,45	29,9			
P_c	12	6,823	10,5	12	3,255	5,08			
RAS	12	408,3	500	12	358,3	440			
AOX	1	0,089	0,089	12	0,069	0,115			
Cd(μg/l)	1	6,31	6,31	12	0,454	0,9			
Hg(μg/l)	1	0,08	0,08	12	0,05	0,05			

Příloha 2

Výsledky za sledované období: 2014, počet vzorků:12, počet EO: 3280

parametr	přítok			odtok			limity		
	počet	prům	max	počet	prům	max	p	m	balance
	vzorků	mg/l	mg/l	vzorků	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	t/rok
CHSK_{Cr}	12	575,1	1128	12	34	51	80	150	38
BSK₅	12	210,2	370	12	5,008	9,2	25	50	12
NL	12	290	590	12	7,116	15	30	50	14
N-NH₄⁺	12	47,76	75	12	9,326	29,4	20	40	12
N-NO₂⁻	12	0,066	0,187	12	0,236	1,05			
N-NO₃⁻	12	0,827	2,74	12	11,58	33,4			
N_{anorg}	12	48,28	75	12	21,14	37,1			
N_c	4	39,82	62	4	19,25	30,7			
P_c	12	8,609	12,6	12	4,531	6,21			
RAS	12	380	890	12	333,3	390			
AOX	1	0,148	0,148	12	0,068	0,099			
Cd(μg/l)	1	< 1	< 1	12	0,913	2			
Hg(μg/l)	1	< 0,15	< 0,15	12	< 0,15	< 0,15			

Příloha 3

Výsledky za sledované období: 2015, počet vzorků:12, počet EO: 3770

parametr	přítok			odtok			limity		
	počet	prům	max	počet	prům	max	p	m	balance
	vzorků	mg/l	mg/l	vzorků	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	t/rok
CHSK_{Cr}	12	493,9	702	12	39,5	48	80	150	38
BSK₅	12	203,7	340	12	6,075	13	25	50	12
NL	12	200,7	400	12	9,2	26	30	50	14
N-NH₄⁺	12	49,04	84,6	12	13,39	24,9	20	40	12
N-NO₂⁻	12	0,144	0,577	12	0,378	1,57			
N-NO₃⁻	12	0,75	2,85	12	2,219	5,07			
N_{anorg}	12	49,67	85,2	12	15,81	25			
N_c	4	57,67	75	4	21,8	30,1			
P_c	12	7,554	10,4	12	2,509	4,02			
RAS	12	378,3	470	12	379,1	440			
AOX	1	0,231	0,231	12	0,059	0,085			
Cd(μg/l)	1	< 2	< 2	12	< 2	< 2			
Hg(ug/l)	1	< 0,15	< 0,15	12	< 0,15	< 0,15			

Příloha 4

Výsledky za sledované období: 2016, počet vzorků:12, počet EO: 4899

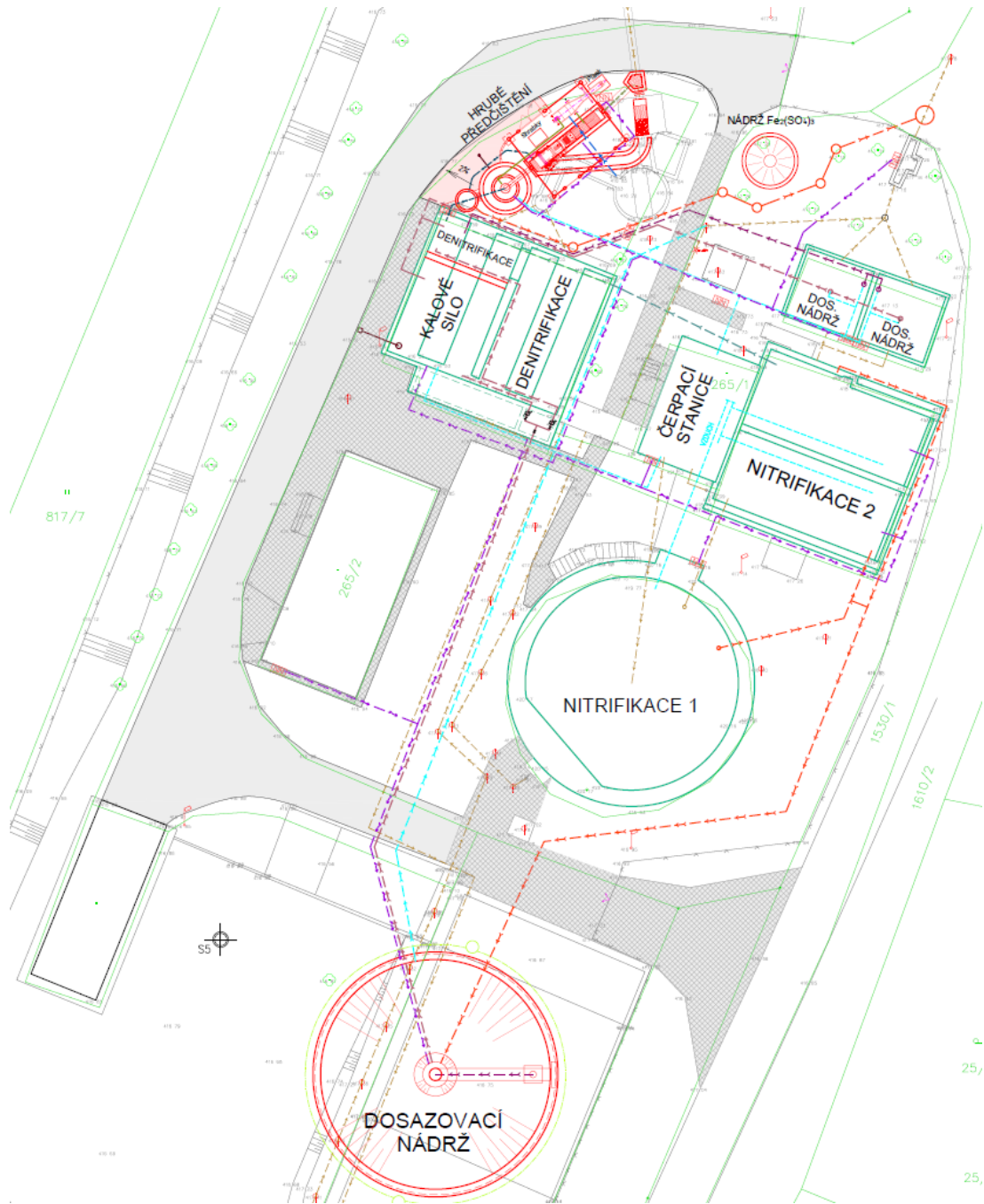
parametr	přítok			odtok			limity		
	počet	prům	max	počet	prům	max	p	m	bilance
	vzorků	mg/l	mg/l	vzorků	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	t/rok
CHSK_{Cr}	12	581,4	849	12	37,25	66	80	150	35,8
BSK₅	12	220,8	350	12	5,041	12	25	50	11,2
NL	12	299,1	600	12	9,6	29	30	50	13,4
N-NH₄⁺	12	37,31	49,9	12	5,945	26	20	40	11,2
N-NO₂⁻	12	0,086	0,437	12	0,172	0,463			
N-NO₃⁻	12	0,581	1,4	12	8,469	13,8			
N_{anorg}	12	37,73	49,9	12	14,47	28,1			
N_c	4	54,05	67	4	14,32	14,8			
P_c	12	7,141	9,54	12	2,153	7,93			
RAS	12	434,1	590	12	415,8	560			
AOX	1	0,077	0,077	12	0,06	0,078			
Cd(μg/l)	1	< 2	< 2	12	< 2	< 2			
Hg(μg/l)	1	< 0,15	< 0,15	12	< 0,15	< 0,15			

Příloha 5

Výsledky za sledované období: 2017, počet vzorků:12, počet EO: 2975

parametr	přítok			odtok			limity		
	počet	prům	max	počet	prům	max	p	m	balance
	vzorků	mg/l	mg/l	vzorků	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	t/rok
CHSK_{Cr}	24	386,2	879	24	29,87	66	80	150	35,8
BSK₅	24	143,2	270	24	3,162	8	25	50	11,2
NL	24	239,7	790	24	7,066	18	30	50	13,4
N-NH₄⁺	24	27,31	47,5	24	0,902	6,5	20	40	11,2
N-NO₂⁻	12	0,161	0,687	12	0,062	0,352			
N-NO₃⁻	24	0,621	2,79	24	11	27,6			
N_{anorg}	12	28,46	47,5	12	12,53	34,1			
N_c	16	42,03	79,6	16	12,01	18			
P_c	24	4,555	8,62	24	0,883	2,68			
RAS	12	420	620	12	397,5	550			
AOX	1	0,027	0,027	12	0,053	0,079			
Cd(μg/l)	1	< 2	< 2	12	< 2	< 2			
Hg(μg/l)	1	< 0,15	< 0,15	12	0,15	0,15			

Příloha 6



Situace ČOV Nová Role (Ondráček, M., 2017: *Optimalizace provozu stávající ČOV. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno. 92 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“.*