



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

NAKLÁDÁNÍ A LIKVIDACE SEPTICKÝCH VOD

HANDLING AND DISPOSAL OF SEPTIC WATER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kateřina Petrušková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav vodního hospodářství obcí
Studentka: **Kateřina Petrušková**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

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

Nakládání a likvidace septických vod

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student se v rámci bakalářské práce bude zabývat problematikou likvidace septických vod (ze žump a bezodtokých jímek). Budou definovány důvody použití těchto objektů pro likvidaci odpadních vod, objemové množství vod, kvalita vody, vzájemné vztahy jednotlivých ukazatelů kvality vody, způsoby svozu, finanční náročnost svozu a doporučena technologie čištění těchto vod s ohledem na zahraniční zkušenosti (spolupráce s firmou ASIO, s.r.o.).

Cíle a výstupy bakalářské práce:

1. Charakteristika dané problematiky
2. Vzorkování a kvalita odpadních vod
3. Doporučená technologie čištění odpadních vod

Seznam doporučené literatury a podklady:

[1] Úplné znění 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. Česká republika, 2015.

[2] HLAVÍNEK, Petr. Intenzifikace čistíren odpadních vod. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996, 235 s. ISBN 80-860-2001-0.

[3] LIN, Shundar. Water and wastewater calculations manual. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2007, xi, 945 s. ISBN 00-714-7624-5.

[4] PYTL, Vladimír. Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. 1. vyd. Líbeznice u Prahy: Medim pro SOVAK ČR, 2004, x, 209 s. ISBN 80-239-2528-8.

[5] MALÝ, Josef; Malá, Jitka. Chemie a technologie vody. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-86020-50-9.

[6] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing.

[7] Periodika Vodní stavitelství, Sovak.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 7. 11. 2022

L. S.

doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
vedoucí ústavu

doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku septických vod, jak s nimi nakládat a na jejich likvidaci. Práce se skládá z rešerše na téma charakteristika odpadních vod a objekty pro akumulaci septických vod. Praktická část se zabývá rozborů odebraných vzorků septických vod a hodnotami ukazatelů znečištění odpadních vod. Dále jsou uvedeny varianty pro návrh technologií na čištění septických vod.

KLÍČOVÁ SLOVA

Septik, žumpa, septické vody, odpadní vody, ukazatele znečištění odpadních vod, čistírna odpadních vod

ABSTRACT

The Bachelor's thesis is focused on septic water, it's handling and disposal. The thesis consists of research on the characteristics of wastewater and objects for septic water accumulation. The practical part deals with the analysis of collected septic water samples and the values of wastewater pollution indicators. In addition, options for the design of septic water treatment technologies are presented.

KEYWORDS

Septic tank, cesspool, septic water, wastewater, indicators of waste water pollution, wastewater treatment plant

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PETRUŠKOVÁ, Kateřina. *Nakládání a likvidace septických vod*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Nakládání a likvidace septických vod* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2023

Kateřina Petrušková
autor

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Petru Hluštíkovi, Ph.D. za odborné vedení, připomínky a rady při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat pracovníkům Vodárenské akciové společnosti, a.s. za jejich ochotnou spolupráci a poskytnuté vzorky. V neposlední řadě bych ráda poděkovala panu Karáskovi z ústavu chemie Fakulty stavební, za spolupráci při provádění rozborů.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚŘEČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Nakládání a likvidace septických vod* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 26. 5. 2023

Kateřina Petrušková

autor

OBSAH

1	ÚVOD	4
1.1	CÍL PRÁCE.....	4
2	LEGISLATIVA A NORMY	5
2.1	POŽADAVKY V ČR.....	5
2.1.1	Zákony a vyhlášky.....	5
2.1.2	Nariadení vlády.....	6
2.1.3	České státní normy.....	6
2.2	MEZINÁRODNÍ POŽADAVKY.....	6
2.2.1	Směrnice.....	6
2.2.2	Evropské normy, zavedené do soustavy ČSN.....	7
3	CHARAKTERISTIKA ODPADNÍCH VOD	8
3.1	ROZDĚLENÍ ODPADNÍCH VOD.....	8
3.1.1	Splaškové odpadní vody.....	8
3.1.2	Průmyslové odpadní vody.....	8
3.1.3	Balastní vody.....	9
3.1.4	Dešťové vody.....	9
3.1.5	Rozdělení podle složení.....	9
3.1.6	Rozdělení podle biologického čištění odpadních vod.....	10
3.2	UKAZATELE ZNEČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	12
3.2.1	Chemická spotřeba kyslíku.....	12
3.2.2	Biochemická spotřeba kyslíku.....	13
3.2.3	Nerozpuštěné látky.....	14
3.2.4	Fosfor.....	14
3.2.5	Dusík.....	15
3.2.6	pH.....	16
3.2.7	Oxidačně-redukční potenciál.....	17
3.3	KVALITA ODPADNÍCH VOD.....	17
3.3.1	Splaškové odpadní vody.....	17
3.3.2	Průmyslové odpadní vody.....	19
3.3.3	Balastní vody.....	20
3.3.4	Dešťové odpadní vody.....	20
3.3.5	Městské odpadní vody.....	22
3.4	MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD.....	22
3.4.1	Splaškové odpadní vody.....	22
3.4.2	Průmyslové odpadní vody.....	24
3.4.3	Balastní vody.....	25
3.4.4	Dešťové vody.....	26

4	AKUMULACE A SVOZ SEPTICKÝCH ODPADNÍCH VOD	27
4.1	SEPTIK.....	27
4.1.1	Funkce septiku	27
4.1.2	Konstrukce septiku	28
4.1.3	Výpočet rozměrů septiku	29
4.1.4	Typy nádrží septiku	29
4.1.5	Umístění septiku	31
4.2	ŽUMPA.....	32
4.2.1	Funkce žumpy.....	32
4.2.2	Konstrukce žumpy	33
4.2.3	Výpočet rozměrů žumpy.....	33
4.2.4	Typy nádrží žumpy	34
4.2.5	Umístění žumpy.....	35
4.3	VÝVOZ SEPTICKÝCH ODPADNÍCH VOD	36
4.3.1	Cena vývozu	36
4.3.2	Časová pravidelnost vývozu	38
4.3.3	Kontrola vývozu septických vod	38
5	PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE	39
5.1	OBECNÉ INFORMACE O ODBĚRECH VZORKŮ	39
5.1.1	Vzorky pro rozbor prováděné Fakultou stavební, VUT.....	39
5.1.2	Vzorky pro rozbor prováděné Vodárenskou akciovou společností, a.s.	40
5.2	VYBRANÉ UKAZATELE PRO KVALITU PITNÉ VODY	40
5.2.1	Provádění rozborů vybraných ukazatelů.....	41
5.3	VÝSLEDKY HODNOT UKAZATELŮ KVALITY VODY	44
5.3.1	Tabelární vyhodnocení výsledků rozborů.....	44
5.3.2	Grafické vyhodnocení výsledků rozborů	45
5.4	TECHNOLOGIE PRO ČIŠTĚNÍ SEPTICKÝCH VOD	49
5.4.1	Technologie čištění na čistírně dopadních vod v Boskovicích	49
5.4.2	Varianta 1 – SBR reaktor.....	52
5.4.3	Varianta 2 – R-D-N proces	52
5.4.4	Varianta 3 – kořenová čistírna	53
5.5	SHRnutí PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	54
6	ZÁVĚR.....	56
7	POUŽITÁ LITERATURA.....	57
	SEZNAM TABULEK	60

SEZNAM OBRÁZKŮ	61
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	63
SUMMARY	65

1 ÚVOD

Všechny obytné, průmyslové a jiné stavby a zařízení se řadí mezi producenty komunálních odpadních vod. Po použití vod nastává změna jakosti ve smyslu změny teploty či chemického složení a tyto vody lze poté považovat za vody odpadní. Vzhledem k ochraně podzemních a povrchových vod je potřeba tyto vody bezpečně odvádět a následně čistit. [2]

Odvádění odpadních vod probíhá pomocí stokových sítí a kanalizačních přípojek. V České republice jsou však problémem obce do 500 obyvatel, kde v některých případech není vybudována splašková kanalizace a centrální ČOV z důvodu nedostatku finančních prostředků. Tyto obce jsou řešeny buďto decentralizovaným systémem, který se provádí odváděním komunálních odpadních vod z nemovitostí do septiků či žump a poté jejich vývozem na centrální ČOV nebo jsou septické vody bez povolení odváděny do jednotné kanalizace.

Vody čerpané z žump a septiků se odbornou veřejností označují jako septické vody, ty však nejsou definovány v žádné legislativě. Dle ČSN EN 1085 jsou definovány pouze vody odpadní a znečištěné vody.

V České republice byl Ministerstvem zemědělství vyhlášen program 129 410 “Podpora výstavby a technického zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací III“, který slouží k podpoře výstavby vodovodů a kanalizací pro menší obce České republiky. Tento program zahrnuje také podprogram 129 413-1 “Podpora výstavby a technického zhotovení infrastruktury kanalizací III“, který slouží k finanční podpoře výstavby kanalizací a čistíren odpadních vod pro účel odkanalizování malých obcí a zajištění potřebné úrovně čištění.

O program si mohou zažádat obce, svazky obcí nebo také vodohospodářské společnosti s více než 90 % kapitálové účasti měst a obcí. Navrhované akce však musí být v souladu s Plánem rozvoje vodovodů a kanalizací území kraje (PRVKÚK). Alokace programu byla vyhlášena ve výši 1500 mil. Kč z prostředku Ministerstva zemědělství, jako správce programu. Po zvýšené poptávce Ministerstvo zemědělství rozhodlo navýšit alokaci této Výzvy o 1000 mil. Kč, přičemž výzva č. 129 413-1 byla navýšena o 600 mil. Kč. Maximální výše podpory činí 70 % z uznatelných nákladů. Podpora na jeden projekt však může být nanejvýš 50 mil. Kč. [1]

Účelem programu 129 413-1 je umožnit obcím do 500 EO dosáhnout na dotace pro výstavbu kanalizací a ČOV, aby mohl fungovat centrální systém. V současné době je řešen a domlouván nový program, který by zajistil výstavbu centrální ČOV a decentralní odkanalizování.

1.1 CÍL PRÁCE

Teoretická část práce je zaměřena na legislativu týkající se problematiky odpadních vod, rozdělení odpadních vod, základní ukazatele znečištění vod, jejich kvalitu a množství. Dále jsou uvedeny objekty pro akumulaci septických vod, jejich funkce, konstrukce a výpočty rozměrů, typy nádrží a jejich umístění. Koncem teoretické části jsou uvedeny informace o vývozu septických vod a kontrolách objektů. Cílem praktické části práce je odběr vzorků septických vod v obcích ležících v Jihomoravském kraji. Dále jsou uvedeny výsledky rozborů vzorků a navržená technologie pro čištění septických vod.

2 LEGISLATIVA A NORMY

V této kapitole budou uvedeny nejdůležitější české a evropské právní předpisy a normy týkající se probírané problematiky.

2.1 POŽADAVKY V ČR

Na území České republiky bylo vydáno několik právních předpisů, které budou uvedeny v následujících kapitolách.

2.1.1 Zákony a vyhlášky

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí.

Účelem tohoto zákona je vymezení základních pojmů a stanovení základních zásad ochrany životního prostředí. Dle tohoto zákona je povinností každé fyzické a právnické osoby při využívání vodních zdrojů projektovat a provádět stavby tak, aby nedocházelo ke znečištění vod. [2]

Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Tento zákon se zabývá ochranou povrchových a podzemních vod. Stanovuje podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů, pro zachování vodních zdrojů a předejití stavu povodní a sucha. Účelem je také zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společností, zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů. [3]

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Tento zákon upravuje některé vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě, přípojek na ně, jakož i působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů na tomto úseku. [4]

Vyhláška č. 293/2002 Sb. (novelizace vyhláškou č. 110/2005 Sb.), o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

Tato vyhláška je důležitou součástí vodního zákona a stanovuje bližší vymezení zdroje znečišťování, postup pro určování znečištění obsaženého v odpadních vodách, zjišťování objemu a měření vypouštěných odpadních vod. [5]

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) [4, 6]

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

Tato vyhláška stanovuje technické požadavky na stavby, které náleží do působnosti obecných stavebních úřadů. [7]

2.1.2 Nařízení vlády

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

Toto nařízení v souladu s právem Evropské unie stanovuje ukazatele a hodnoty přístupného znečištění povrchových a odpadních vod, normy environmentální kvality pro prioritní látky, seznam prioritních látek a prioritních nebezpečných látek a vymezuje citlivé oblasti. [8]

2.1.3 České státní normy

ČSN 75 6101	Stokové sítě a kanalizační přípojky
ČSN 01 3463	Výkresy inženýrských staveb – Výkresy kanalizace
ČSN 75 6401	Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500
ČSN 75 6402	Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel
ČSN 75 6081	Žumpy
ČSN 75 6780	Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích

2.2 MEZINÁRODNÍ POŽADAVKY

Česká republika je od 1. května 2004 členem Evropské unie, čímž se zavazuje k plnění směrnic a norem, které jsou EU vydány.

2.2.1 Směrnice

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/EC ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

Tato směrnice představuje nejvýznamnější legislativní nástroj pro oblast vody. Cílem směrnice je stanovit rámec pro ochranu všech vod, který zabrání zhoršování vodních ekosystémů, podpoří trvale udržitelné užívání vod, zajistí silné snižování znečištění podzemních vod a zabrání jejich dalšímu znečišťování. [9]

Směrnice Rady č. 91/271/EHS, o čištění městských odpadních vod

Tato směrnice se týká odvádění, čištění a vypouštění městských odpadních vod a odpadních vod z určitých průmyslových odvětví. Cílem směrnice je ochrana životního prostředí před nepříznivými účinky vypouštění odpadních vod do vodních zdrojů. [10]

2.2.2 Evropské normy, zavedené do soustavy ČSN

ČSN EN 1085	Čištění odpadních vod – Slovník
ČSN EN 12566-1 (75 6404)	Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 1: Prefabrikované septiky
ČSN EN 12566-2 (75 6404)	Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 2: Zemní infiltrační systém
ČSN EN 12566-3 (75 6404)	Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 3: Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod
ČSN EN 12566-4 (75 6404)	Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 4: Septiky montované ze sestavy prefabrikátů na místě

3 CHARAKTERISTIKA ODPADNÍCH VOD

Za odpadní vody se považují vody použité v obytných, zemědělských, průmyslových a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud se jim po využití změnila jejich fyzikální a chemická vlastnosti. Tyto vody mohou ohrozit jakost povrchových a podzemních vod. Odpadními vodami jsou také vody průsakové ze skládek a odkališť nebo během péče o ně. [3]

3.1 ROZDĚLENÍ ODPADNÍCH VOD

Odpadní vody se rozlišují podle svého původu na splaškové, průmyslové, dešťové, a balastní nebo podle jejich složení na vody černé nebo šedé. [11]

3.1.1 Splaškové odpadní vody

Splaškové odpadní vody jsou vody vypouštěné do veřejné kanalizace z obytných domů a bytů. Řadí se k nim také odpadní vody z městské vybavenosti, jako jsou například restaurace, školy, hotely nebo také kulturní zařízení. [11]

Splaškové vody mají většinou šedou až šedohnědou barvu a jsou silně zakalené. Čerstvé splašky nezapáchají příliš intenzivně, to se však mění po několika hodinách, když se z vody vyčerpá rozpuštěný kyslík a začnou probíhat anaerobní biologické procesy. Voda poté začne silně tmavnout a intenzivně zapáchat. [11]

Teplota těchto vod v kanalizaci je závislá na ročním období. V zimě se teplota vody pohybuje v rozmezí od 8 °C do 12 °C a v létě vzrůstá až na 20 °C. Kolísání teploty během dne je minimální, pokud jsou však vypouštěny do kanalizace některé teplé průmyslové vody, může dojít k větším výkyvům teplot. Při vzrůstající teplotě se urychlují biochemické pochody, a proto dochází k vyčerpání rozpuštěného kyslíku snáze než při menších teplotách. [14]

Splaškové odpadní vody reagují slabě alkalicky a jejich pH obvykle bývá v rozmezí 6,5 až 8,5. Vody však mohou mít pH větší, pokud dochází k vypouštění některých průmyslových vod do kanalizace. [14]

3.1.2 Průmyslové odpadní vody

Vody z průmyslových výroben a závodů vypouštěné do kanalizace jsou nazývány jako vody průmyslové. Za průmyslové vody mohou být také považovány vody zbažené toxických a pro provoz veřejné kanalizace a čistíren odpadních vod jinak škodlivých látek. Patří k nim i odpadní vody ze zemědělství. [11]

Průmyslové odpadní vody se pomocí veřejné kanalizace dostávají do recipientů buďto samostatně nebo společně s vodami splaškovými. Smícháním splaškových a průmyslových vod vznikají takzvané městské odpadní vody. Podíl průmyslových vod v našich podmínkách dělá obvykle 80 až 100 % z vod splaškových. [11]

Průmyslové vody mají na rozdíl od splaškových vod pestrý charakter. Jejich škodlivost při vypouštění do recipientu se tak může velmi lišit. Některé odpadní vody je možno čistit se splaškovými vodami, u jiných je potřeba vody čistit odděleně nebo je alespoň předčistit. Proto se v některých závodech buduje několik stokových soustav, které zprostředkovávají vhodnou segregaci odpadních vod. [14]

3.1.3 Balastní vody

Balastní vody jsou vody meliorační. Rozumí se jimi podzemní vody dostávající se do veřejné kanalizace jejími netěsnostmi. Tyto vody do kanalizace nepatří, jelikož to nejsou vody odpadní. Přesto však často tvoří svým objemovým množstvím významný podíl. [11]

Balastní vody jsou většinou málo znečištěné, proto je jejich přítomnost v městských odpadních vodách příčinou jejich ředění. V některých případech může být ředění příliš velké, a tak může vzniknout problém u biologického čištění na ČOV. [11]

3.1.4 Dešťové vody

Srážkové vody odváděné ze střech, komunikací, parkovišť a dalších povrchů se nazývají odpadní vody dešťové. Tyto vody jsou odváděné z intravilánu obce do společné nebo oddílné dešťové kanalizace. [11]

3.1.5 Rozdělení podle složení

Odpadní vody vznikající v domácnostech se v podstatě dělí na vodu černou a šedou. Černé vody se poté dělí na vodu žlutou a hnědou. Vyčištěné šedé vody se považují za vody bílé. [12]

Černé vody

V případě, že jsou do kanalizace napojeny pouze odpadní vody z toalet, jedná se o vody černé. Tyto vody obsahují organické látky, hnojiva, hormony, zbytky léků, toaletní papír a také patogenní bakterie z moči a stolice. Jsou-li separovány od ostatních vod, lze je použitím vhodné technologie proměnit na přírodní hnojivo, které je bohaté na dusík (N), fosfor (P) a draslík (K). Černé vody jako již bylo řečeno, se dále dělí na vody žluté a hnědé. [12]

Žluté vody

Žluté vody jsou typ černých vod, které obsahují moč. Obsahují vodné roztoky metabolických odpadů, převážně močovinu, rozpuštěné soli a další organické látky. Nachází se v nich také nutrienty, jako je dusík (N), fosfor (P) nebo draslík (K). Jejich skutečný obsah závisí na stravě. Jeden člověk ročně vyprodukuje zhruba 500 l moči. [12]

Hnědé vody

Hnědými vodami se rozumí fekálie. Ty jsou bohaté zejména na uhlík (C), dusík (N), fosfor (P) a draslík (K) a ve větším množství se v nich nacházejí také vápník (Ca), hořčík (Mg) a železo (Fe). Jeden člověk ročně vyprodukuje přibližně 50 l fekálií. [12]

Šedé vody

Za šedé vody se označuje oddělená část komunálních vod bez moči a fekálií. Tyto vody pocházejí z van, sprch, umyvadel, praček a výlevků. Jejich složení a množství záleží na typu zařízení a na životním stylu obyvatelstva. Největší znečištění šedých vod však způsobují detergenty z pracích prášků, zubních past, šampónů, mýdel a dalších prostředků. Stejně tak je na mnoha faktorech závislá také teplota, která je však vyšší než u klasických komunálních vod. Pohybuje se okolo 18-35 °C. Jedním z faktorů ovlivňujících teplotu může být například návštěvnost zařízení. [12, 13]

Průměrný objem vyrobené šedé vody u rodinných domů se pohybuje v rozmezí 55 až 112 l/EO.den. U některých zařízení, jako jsou hotely, bazény nebo wellness centra se spotřeba teplé vody pohybuje okolo 400 l/EO.den. [13]

Vody ze septiků a žump

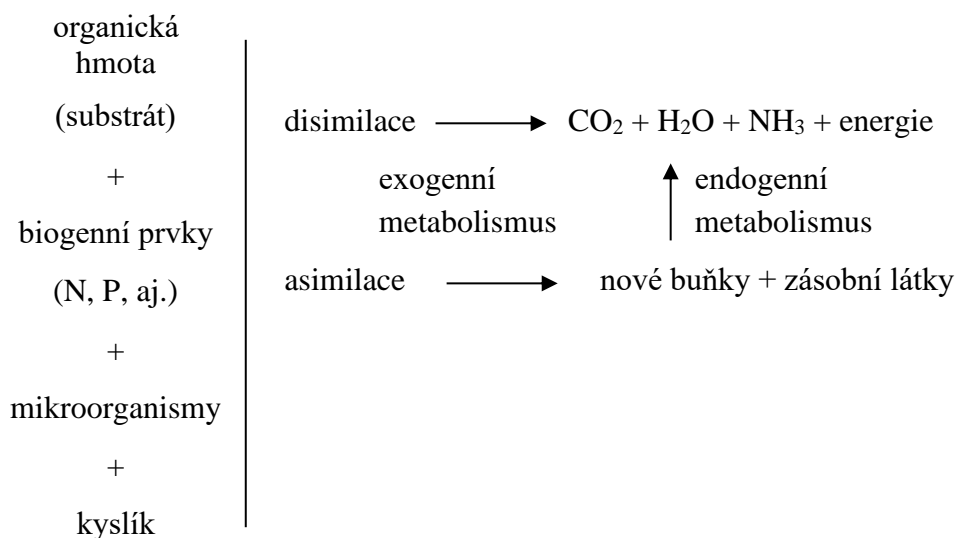
Jedná se o vody silně znečištěné, které vykazují někdy až extrémní hodnoty ukazatelů kvality vody. Většinou jsou to vody silně zakalené s velkým zápachem a v některých případech se mohou podobat exkrementům. Tyto vody se musí pravidelně vyvážet na čistírnu odpadních vod.

3.1.6 Rozdělení podle biologického čištění odpadních vod

Všechny biologické procesy jsou postaveny na základním principu, kterým je biochemické oxidačně redukční reakce. Faktorem určujícím rozdělení reakcí je konečný atom přijímající elektron a s tím související hladina oxidačně-redukčního potenciálu. [11]

Aerobní vody

Aerobní vody jsou odpadní vody čištěné za přítomnosti kyslíku prostřednictvím procesu aktivace. Při čištění v aerobních podmínkách mají uplatnění biochemické procesy, které jsou podmíněny činností aerobních mikroorganismů. Biochemické pochody rozkládají organické látky přítomné ve vodě (substrát) pomocí oxidačních procesů za přítomnosti molekulárního kyslíku. Proces mikrobiálního rozkladu organické hmoty v aerobních podmínkách je schematicky znázornit pomocí Obr. 3.1. [11]



Obr. 3.1 Rozklad organické hmoty v aerobních podmínkách [11]

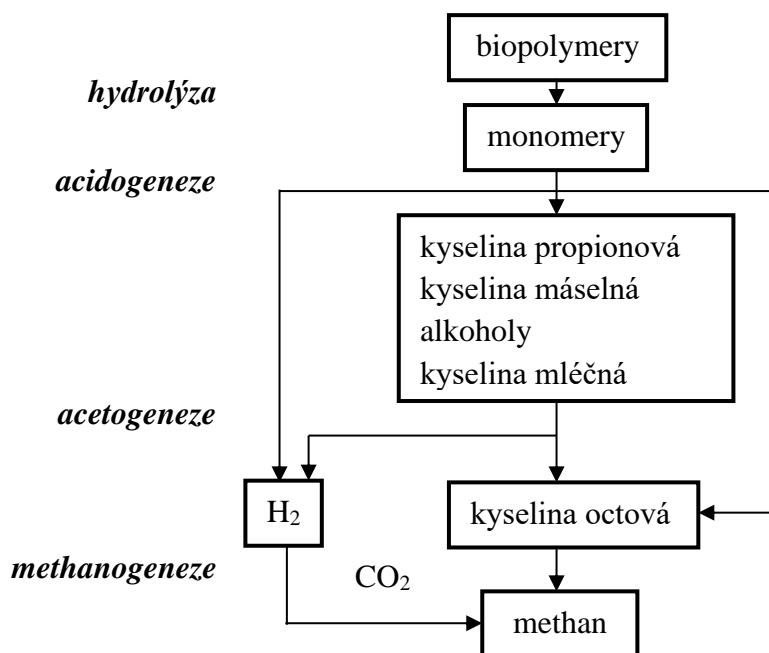
Organické látky jsou působením enzymů aerobních mikroorganismů rozkládány pomocí oxidačních procesů, při kterých je využíván molekulární kyslík. Produkty tohoto procesu jsou CO_2 , H_2O a ze substrátu, ve kterém je přítomen dusík, obvykle amoniak NH_3 . Aby byla možná syntéza buněčné hmoty, je potřeba, aby mikroorganismy obsahovaly biogenní prvky. Ty jsou získávány z vnějšího prostředí nebo z rozloženého organického substrátu. Syntetickými pochody (asimilací) se tvoří organická hmota pro nové buňky a také jako zásobní látka mikroorganismů. [14]

Organická hmota se nachází v odpadní vodě spolu s biogenními prvky, které se při případném nedostatku musí dodávat. K deficitu biogenních prvků může docházet například v průmyslové odpadní vodě. [11]

Způsoby aerobního čištění lze rozdělit na přirozené, simulující přírodní podmínky a umělé. Umělé způsoby probíhají v reaktorech a rozdělují se na procesy s biomasou ve vznosu (aktivace) a s biomasou přisedlou (zkrápění biologické komory). [14]

Anaerobní vody

Anaerobní vody jsou na rozdíl od vod aerobních čištěny za absence kyslíku. Součinností několika mikrobiálních skupin probíhá za anaerobních podmínek rozklad organických látek. Produkty metabolismu jsou substrátem pro sebe navzájem. Rozklad biopolymerů začíná procesem hydrolyzy, u které je zaznamenána přítomnost H_2O . Dále proces pokračuje na fermentační stupeň rozkladu, který nazýváme acidogeneze. Kyselina octová má významné zastoupení v postupu methanizace procesy, které vedou k její produkci se nazývají acetogeneze. Kyselina však může vzniknout již během acidogeneze. Poté nastává předmethanizační fáze rozkladného procesu, pomocí které vznikají látky, které jsou substrátem pro methanogenní bakterie. Tento proces je schematicky znázorněn na Obr. 3.2. [11]



Obr. 3.2 Schéma anaerobního rozkladu organických látek [11]

Systém anaerobního čištění má tendenci vytvářet bakteriální populaci kompatibilní s povahou organického materiálu a organickým a hydraulickým zatížením. V ustáleném systému čištění jsou pro účinnost odstraňování biologicky rozložitelného organického materiálu důležité tyto faktory:

- Povaha organického materiálu, který má být zpracován
- Existence odpovídající přírodnímu faktoru pro anaerobní odstraňování
- Velikost bakteriální populace
- Intenzita kontaktu mezi organickým materiálem a bakteriální populací
- Doba zdržení odpadní vod v čistícím systému [14]

První dva faktory závisí na charakteristice odpadních vod, třetí a čtvrtý faktor záleží na provedení systému čištění. Poslední faktor je proměnná závislá na prvních čtyřech faktorech, které určují podmínky prostředí a provozu ve vyhnívací nádrži. [14]

3.2 UKAZATELE ZNEČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Existuje několik základních ukazatelů, kterými se určuje znečištění odpadních vod. Určení ukazatelů se provádí ze vzorků vody odebírané na přítoku a odtoku z ČOV.

3.2.1 Chemická spotřeba kyslíku

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK) je jedním z nejdůležitějších ukazatelů znečištění vody, který podává informace především o koncentraci veškerých organických látek vyskytujících se ve vodách. [15]

Při stanovení CHSK je posuzována koncentrace organických látek ve vodě podle množství oxidačního činidla. To se za určitých podmínek spotřebuje na jejich oxidaci. Výsledky jsou přepočítávané na kyslíkové ekvivalenty a udávány v mg.l^{-1} . [15]

Jednou z oxidujících sloučenin je přednostně dichroman draselný ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Výjimečně, například při analýze pitných a užitkových vod, se pro stanovení používá manganistan draselný (KMnO_4). Při určování CHSK je vždy nutno uvádět, jaká metoda byla pro stanovení použita – CHSK_{Cr} nebo CHSK_{Mn} . Protože je $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ silnější oxidační činidlo než KMnO_4 , bývají hodnoty CHSK_{Cr} větší než CHSK_{Mn} . [14]

K oxidaci do různého stupně dochází v závislosti na struktuře organické látky a zvolení oxidačního činidla. Stupeň oxidace, stejně jako její rychlost, jsou následně porovnávány s teoretickou spotřebou kyslíku. Teoretická spotřeba kyslíku – TSK je udávána v gramech kyslíku potřebovaného pro úplnou oxidaci 1 gramu organické látky. [15]

Chemická spotřeba kyslíku se přepočítává na obsah organických látek použitím převodního koeficientu. Tento koeficient je závislý na elementárním složení organických látek. Pro odpadní vody se převodní koeficient pohybuje od hodnoty 0,3 až po několik jednotek. [15]

Hodnoty CHSK

U odpadních vod se hodnota CHSK_{Cr} značně mění. U vod splaškových se hodnoty pohybují v řádech stovek mg.l^{-1} . V případě menších sídlišť může hodnota vzrůst až na 800 mg.l^{-1} . U vod z potravinářského průmyslu se objevují až tisíce mg.l^{-1} . Hodnoty CHSK_{Mn} se objevují převážně u pitných vod z povrchových zdrojů a jejich hodnoty se pohybují v rozmezí $1,8\text{-}3,6 \text{ mg.l}^{-1}$. U podzemních zdrojů se hodnoty vyskytují od $0,75\text{-}1,62 \text{ mg.l}^{-1}$. [15]

3.2.2 Biochemická spotřeba kyslíku

Biochemická spotřeba kyslíku probíhá za pomoci aerobních bakterií, které oxidují organické látky molekulárním (vzdušným) kyslíkem. Za klasických podmínek se uvažuje, že spotřeba kyslíku ve vodě je ukazatelem obsahu organických a některých anorganických biologicky rozložitelných látek. [14, 15]

BSK je hlavním ukazatelem kvality povrchových a odpadních vod obsahujících bakterie podmiňující biochemický děj. U některých typů průmyslových vod je potřeba tyto bakterie naočkovat například aktivovaným kalem. [14]

Při stanovení BSK_5 se vyhodnocuje úbytek rozpuštěného kyslíku ve vzorku za dobu 5 dnů při teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Dle potřeby se měřený vzorek ředí destilovanou vodou nasycenou vzduchem, do které jsou přidávány soli a živiny. Tato voda se může také nazývat zředovací voda. Poté probíhá inkubace v lahvích plně naplněných vzorkovací vodou za nepřístupu světla a vzduchu, pro zabránění nežádoucímu vývoji řas. Aby bylo zabráněné mikrobiální oxidaci amoniaku, přidává se do vzorku inhibitor tohoto procesu, čímž obvykle bývá allylthiomocovina. [14]

Neúplné biologické rozložení veškeré organické hmoty způsobuje, že hodnoty BSK₅ bývají menší než hodnoty CHSK. Některé organické sloučeniny jsou navíc vůči biochemickému rozkladu odolné, a proto jsou oxidovány v podmínkách stanovení CHSK. [15]

Při porovnání výsledků stanovení organického znečištění ve vodách se obvykle zjišťují vztahy podle rovnice 3.1. [14]

$$TSK \geq CHSK_{Cr} > CHSK_{Mn} > BSK_5 \quad (3.1)$$

Hodnoty BSK

Ve splaškových vodách se hodnoty BSK₅ pohybují v hodnotách okolo 400 mg.l⁻¹. Toto množství odpovídá přibližně 60 g BSK₅ na 1 obyvatele za 1 den, což je uváděno jako specifická produkce organického znečištění. U některých průmyslových odpadních vod se může vyskytovat poměrně větší znečištění organicky rozložitelnými látkami (např. z potravinářského průmyslu) a v tomto případě vody vykazují větší hodnoty BSK₅ a to i v tisících mg.l⁻¹. [15]

3.2.3 Nerozpuštěné látky

Významným ukazatelem jakosti vod jsou nerozpuštěné látky. Tyto látky se dělí na usaditelné, neusaditelné a vzplývavé. V užitkových a přírodních vodách se nerozpuštěné látky vyskytují ve formě olejů, tuků, hlinitokřemičitanů, hydratovaných oxidů kovů, fytoplanktonů, zooplanktonů a dalších. Pokud se ve vodách objevuje disperzní usaditelná tuhá fáze, hovoří se o suspenzi. Emulze oproti tomu obsahuje disperzní podíl kapalných fází. [15]

Nerozpuštěné látky je také možno rozdělit na plaveniny, splaveniny a sedimenty. Plaveninami jsou nazývány organické či anorganické tuhé vznášející se částice. V případě jejich usazení jsou tyto částice označovány za sedimenty. Za splaveniny se považují nerozpuštěné látky unášené vodou. [15]

U nerozpuštěných látek se provádí ztráta žiháním, čímž se určí přibližný odhad obsahu organických a anorganických látek ve vodách. Je však potřeba přihlížet k chemickému složení nerozpuštěných látek, jelikož množství organických látek ve vodě nemusí vždy zcela rovnat ztrátě žiháním. [14]

Hodnoty nerozpuštěných látek

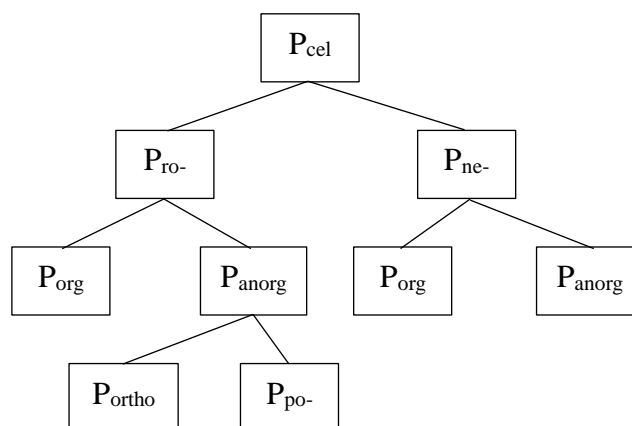
Množství nerozpuštěných látek se například u povrchových vod pohybuje ve velkém rozmezí (př. Labe 8-134 mg.l⁻¹). Hraje zde však značnou roli vliv např. povodí. Důležité je sledování nerozpuštěných látek u vypouštění odpadních vod. Musí se zde pozorovat jejich množství a případné překročení požadovaných hodnot. [15]

3.2.4 Fosfor

Při uhynutí nižších i vyšších organismů, které za svého života přeměnily fosfor na fosfor organicky vázaný, se fosfor dostává do vnějšího prostředí. Jeho obsah je ve vodách velmi kontrolován hlavně z důvodu eutrofizace povrchových vod. Převážně v letním období jsou jeho

naměřené hodnoty koncentrace nejnižší, jelikož je nejvíce spotřebováván vodními rostlinami. U pitní vody nemá výskyt fosforu velkou roli z důvodu jeho zdravotní nezávadnosti. [11]

Ve vodách vyskytující se celkový fosfor se dělí na rozpuštěný a nerozpuštěný. Tyto formy fosforu jsou obě organicky a anorganicky vázané a rozpuštěný anorganicky vázaný fosfor se dále dělí na orthofosforečnany a polyfosforečnany (Obr. 3.3). [11]



Obr. 3.3 Formy fosforu [11]

Hlavním zdrojem fosforu ve vodách jsou velkoobchody hospodářských zvířat a zemědělský průmysl, ve kterém jsou použity fosforečná hnojiva pro obdělávání půdy. Dalším významným zdrojem, který přispívá ke zvyšování koncentrace fosforu jsou odpadní vody z prádelny nebo splaškové odpadní vodu, tedy vody s obsahem pracích, mycích a leštících prostředků a s obsahem živočišných odpadů. Rozkladem biomasy fytoplanktonu a zooplanktonu usazované na dně jezer, toků a nádrží se do vod dostává také organický fosfor. [11, 15]

Hodnoty P

Průměrná koncentrace fosforu v mořské vodě se pohybuje okolo $70 \mu\text{g.l}^{-1}$. U minerálních vod byla určena koncentrace velmi nízká, průměrně kolem $0,09 \text{ mg.l}^{-1}$. Vody pitné mají koncentraci orthofosforečnanového fosforu přibližně $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$. Splaškové vody vykazují daleko vyšší hodnoty fosforu. Zpravidla se jedná o průměrnou koncentraci o hodnotě 5 mg.l^{-1} . U vod odváděných z podniků využívajících velké množství pracích prostředků se pak hodnoty pohybují v desítkách až stovkách mg.l^{-1} . Průměrná produkce fosforu na osobu za den většinou odpovídá 2 – 3 g. [15]

3.2.5 Dusík

Organická hmota všech živočichů obsahuje určité množství dusíku. Dusík je ve formě amoniaku uvolňován z organické hmoty odumřelých tvorů nebo produktů metabolismu živočichů, které jsou rozkládány mikroorganismy. Tento děj probíhá jak a aerobním tak i v anaerobním prostředí. [14]

Ve vodách se dusík může objevovat ve formách amoniakálního dusíku, který má formu nedisociovanou N-NH_3 a disociovanou N-NH_4^+ , ve formách dusitanů N-NO_2^- a dusičnanů

N-NO_3^- . může se také vyskytovat jako elementární dusík N_2 , kyanatany CNO^- , kyanidy CN^- nebo například oxid dusný N_2O . [11]

Celkový dusík (N_c) představuje součet organicky (N_{org}) a anorganicky (N_{anorg}) vázaného dusíku a je podstatný pro základní charakteristiku vod. Amoniakální dusík, dusitany a dusičnany se řadí mezi anorganicky vázané formy a jsou označovány jako celkový oxidovaný dusík. Celková koncentrace organického a anorganického amoniakálního dusíku je poté označována jako Kjehldalův dusík (N_{Kj}). [11, 14]

Zásadní zdroj dusíku ve vodách jsou splachy ze zemědělské půdy a atmosférické srážky. Koncentraci dusíku také mírně zvyšují splaškové odpadní vody a vody z průmyslu. [16]

Základními přeměnami anorganických forem dusíku jsou nitrifikace a denitrifikace. Nitrifikace znamená oxidace amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany a za denitrifikaci považujeme redukci dusičnanů a dusitanů na elementární dusík a oxid dusný. Tyto procesy představují důležitou část biologického čištění. [15]

Hodnoty N

Splaškové odpadní vody jsou velmi důležitým zdrojem sloučenin dusíku. Jeho specifická produkce je závislá na vybavenosti domácností a nejčastější uvažovaná hodnota koncentrace je 11-12 g na obyvatele za den. [15]

Ve splaškových vodách se koncentrace amoniakálního dusíku objevuje v desítkách mg.l^{-1} . Stovky až tisíce mg.l^{-1} se vyskytují v průmyslových a zemědělských vodách. Podzemní vody obvykle nejsou na amoniakální dusík bohaté a jeho průměrné hodnoty se pohybují okolo $0,09 \text{ mg.l}^{-1}$. U pitných vod většinou nedochází k překročení hodnoty 1 mg.l^{-1} . [15]

3.2.6 pH

pH je ukazatel vyjadřující kyselost či zásaditost vody a jeho hodnota je závislá na obsahu rozpuštěného oxidu uhličitého a rozpuštěných solí. U podzemních vod pH záleží na geologických vlastnostech hornin v daném místě. Jestliže má vodný roztok nebo voda pH o hodnot 7, znamená to, že má neutrální prostředí. Při hodnotě menší než 7 má voda reakci kyselou a při hodnotě větší než 7 zásaditou. [16]

Stupnice hodnot pH je definována několika standardními srovnávacími roztoky neboli tlumivými roztoky o přesně definovaném složení, které lze najít v tabulkách. Mezi látky používané pro přípravu těchto roztoků patří hydrogenvinan draselný, hydrogenftalan draselný, směs hydrogenuhličitanu sodného a uhličitanu sodného s tetraboritanem sodným nebo směs hydrogenfosforečnanu disodného s dihydrogenfosforečnanem draselným. [15]

Hodnoty pH

Dle vyhlášky 252/2004 Sb. je přípustné pH pro pitnou vodu mezi 6,5 a 9,5. Vody, které mají pH menší v rozmezí 6,0-6,5 jsou brány také jako vyhovující, musí se však uvažovat se zvýšeným agresivním účinkem na potrubí. [17]

3.2.7 Oxidačně-redukční potenciál

Oxidačně-redukční potenciál charakterizuje schopnost kapaliny buďto uvolnit nebo přijímat elektrony od chemických reakcí. Chemické reakce, které se vyskytují ve vodném roztoku mají název redoxní reakce. Voda, která obsahuje rozpuštěný molekulární vodík vykazuje negativní ORP. [14]

Je to elektrický potenciál, který je vytvořen na platinové elektrodě ponořené v roztoku s redukovanou i oxidovanou látkou. ORP se vyjadřuje v jednotkách Volt, respektive mV. [18]

Hodnoty ORP

V prostředí, ve kterém je přítomen molekulární kyslík neboli v prostředí oxickém či aerobním, se hodnoty ORP pohybují v kladných hodnotách. V prostředí anoxickém, tedy v takovém, kde je přítomen kyslík pouze ve formě vázané, ORP nabývá hodnot od 150 mV po 250 mV. Za anaerobních podmínek, tedy bez výskytu jakékoli molekulární formy kyslíku, se ORP pohybuje v záporných číslech, obvykle kolem -300 mV. Tyto hodnoty jsou znázorněny v Tab. 3.1. [18]

Tab. 3.1 ORP dle typu prostředí [14]

Prostředí	Oxidačně-redukční potenciál	Převažující reakce
Oxické/aerobní	> 250 mV	Oxidační
Anoxické	150 mV – 250 mV	Oxidační
Anaerobní	< 150 mV	Redukční

V přírodní vodě se hodnota ORP pohybuje v rozmezí od -400 mV do +400 mV. Hodnota ORP pro běžnou pitnou vodu je obvykle větší než nula a bývá v rozmezí +180 mV až +300 mV. [14]

3.3 KVALITA ODPADNÍCH VOD

Složení odpadních vod je kolísající v průběhu dne, týdne i roku. Látky ovlivňující kvalitu odpadních vod mají původ v domácnostech, průmyslu, prostředí atd. [11]

3.3.1 Splaškové odpadní vody

Látky obsažené ve splaškových vodách mají anorganický a organický původ a pochází z produktů metabolismu, pitné vody nebo z produktů lidské činnosti v domácnostech, které jsou odváděny do veřejné kanalizace. Hlavní podíl znečišťujících látek připadá na moč a fekálie, z nichž pochází až 80 % organických látek. Orientační složení septických vod pro vybrané parametry je uvedeno v Tab. 3.2. [11, 15]

Kromě kolísání složení je také nutnost počítat s přesouváním vody v kanalizaci, což způsobuje chemické a další procesy. Největším problémem jsou anaerobní procesy, kvůli kterým dochází k sulfanové korozi v potrubí a vzniku zápachu. [15]

Tab. 3.2 Orientační složení splaškových odpadních vod (vybrané parametry) [19]

Ukazatele	Rozmezí hodnot	Jednotky
Hodnota pH	6,5 ~ 8,5	-
Nerozpuštěné látky	200 ~ 700	mg.l ⁻¹
z toho usaditelné	73	%
z toho neusaditelné	27	%
Rozpuštěné látky	600 ~ 800	mg.l ⁻¹
BSK ₅ s potlačením nitrifikace	100 ~ 400	mg.l ⁻¹
CHSK _{Cr}	250 ~ 800	mg.l ⁻¹
TOC (DOC)	asi 250	mg.l ⁻¹
N _{celk}	30 ~ 70	mg.l ⁻¹
N-NH ₄	20 ~ 45	mg.l ⁻¹
P _{celk}	5 ~ 15	mg.l ⁻¹
Poměr BSK ₅ : CHSK _{Cr}	0,5	-

Anorganické látky

Značný podíl anorganických látek pochází z moče, fekálií, kuchyňských odpadů, pracích a čistících prostředků a ze znečištění silnic a veřejných prostranství. Do anorganických látek se zejména řadí chloridy, sloučeniny fosforu a dusíku a sloučeniny síry. [11]

Chloridy se do splaškových vod dostávají převážně z moče. Obvyklá specifická produkce se pohybuje v rozmezí 7-9 g chloridů na 1 obyvatele za den. Jejich koncentrace ve splaškových vodách bývá v desítkách mg.l⁻¹, nicméně v zimním období můžou koncentrace vzrůst až na 150 mg.l⁻¹. [15]

Sloučeniny fosforu, udávané jako celkový fosfor, se do splaškových vod dostávají z moči, fekálií a pracích a čistících prostředků jako polyfosforečnany. Ve vodách se vyskytují v anorganicky a organicky vázané podobě. V současné době se v ČR počítá se specifickou produkcí asi 2,5 g/ob.den. Tomu odpovídá koncentrace celkového fosforu, která se pohybuje v jednotkách mg.l⁻¹, asi do 10 mg.l⁻¹. [11, 15]

Sloučeniny dusíku jsou stejně jako fosfor, udávány jako celkový dusík. Hlavním zdrojem dusíkatých látek ve splaškových vodách je močovina, ta však velmi rychle podléhá biologické hydrolýze a rozkládá se na amoniakální dusík. Biologickým změnám podléhají také ostatní formy dusíku, a proto se jejich poměr mění v závislosti na čase. Dalšími hlavními dusíkatými látkami jsou volné a vázané aminokyseliny. Specifická produkce dusíku se pohybuje v rozmezí 11-12 g/ob.den. [15]

Sloučenin síry objevující se v organicky vázané formě je jen malé množství pohybující se v jednotkách mg.l⁻¹. Celková koncentrace se pohybuje orientačně okolo hodnoty 150 mg.l⁻¹.

pokud v kanalizaci nastávají anaerobní podmínky, probíhá redukce síranů na sulfidickou síru, čímž vzniká sulfanová koroze, proto je snaha o nejrychlejší dopravu vod na ČOV. [11]

Organické látky

Organické látky (CHSK, BSK, TOC) lze rozdělit na biologicky rozložitelné a biologicky těžko rozložitelné. Ve splaškových vodách se nacházejí také organické látky jako jsou sacharidy, lipidy, tenzidy nebo léčiva. [11]

Sacharidy spolu s bezdusíkatými organickými kyselinami představují největší množství zastoupení organických sloučenin v kapalně fázi splaškových vod. Mohou tvořit až 50 % organického uhlíku. V tuhé fázi byli zjištěny polysacharidy. [15]

Lipidy se označují za látky hydrofobního charakteru, které jsou nepatrně rozpustné ve vodě, ale rozpustné v organických rozpouštědlech. Převážně se mezi ně řadí vosky, tuky, steroidy a fosfolipidy. Ve vodách jsou přítomné jako volné, adsorbované nebo emulgované. Jejich obsah se stanovuje sumárně jako tzv. extrahované látky (EL). Koncentrace EL se splaškových vodách se pohybuje v rozmezí 20-200 mg.l⁻¹. [11]

Tenzidy jsou obsaženy v kapalně i tuhé fázi odpadních vod díky jejich sorpčním schopnostem. Jejich koncentrace bývá obvykle 2-15 mg.l⁻¹. [11]

Pro biologické čištění odpadních vod je důležitý poměr C:N:P, který je většinou udáván jako poměr CHSK:N:P nebo BSK₅:N:P. Obsah nutrientů ve vztahu k organickému dusíku musí být BSK₅:N:P = 100:5:1. [11]

3.3.2 Průmyslové odpadní vody

U průmyslových vod nelze určit obecnou charakteristiku jejich kvality vzhledem k různým technologickým procesům v průmyslových závodech. Je u nich však vždy potřeba posoudit, zda neobsahují jakékoli toxické, hořlavé, výbušné a jinak pro provoz kanalizací a čištění škodlivé látky. [11]

Průmyslové vody z potravinářského průmyslu jako jsou pivovary, mlékárny, sladovny nebo také vody z průmyslu kožedělného a textilního mají hodnoty BSK₅ v rozmezí od 1000 až 4000 mg.l⁻¹. Některé průmyslové vody obsahují toxické organické látky, které jsou však biologicky rozložitelné. Patří k nim fenoly obsažené v odpadních vodách z petrochemického průmyslu nebo tepelného zpracování uhlí. Průměrná koncentrace BSK₅ ve vodách z různých průmyslů je vypsán v Tab. 3.3. [14]

Tab. 3.3 Orientační BSK₅ u různých typů průmyslu [15]

Průmysl	BSK ₅ (mg.l ⁻¹)
Jatka	1500-3000
Drůbežárny	100-2400
Pivovary	500-1300
Lihovary	>5000
Mlékárny	1000-2000
Balení masa	200-3000
Konzervárny	500-4000
Výroba kvasnic	500-4000
Cukrovar	200-1700
Barvírny	200-400
Zpracování bavlny	800-1200
Papírny	~ 1000
Výroba antibiotik	700-4000
Rafinerie	200-800

Další běžnou složkou průmyslových odpadních vod jsou ropné látky, do kterých řadí ropa a produkty jejího zpracování. Můžou pocházet z autoopraven, středisek dopravy nebo také z petrochemického a strojního průmyslu. U jednotlivých ropných látek obsažených ve vodách se liší jejich rozpustnost. Ta dosahuje hodnot od setin po stovky mg.l⁻¹. Pokud je koncentrace ropných látek vyšší než 10-20 mg.l⁻¹, je nutno aby byly před vypuštěním do kanalizace odstraněny. [14]

V průmyslových odpadních vodách jsou také obsaženy těžké kovy a někdy i kyanidy. Ty se do vod dostávají z povrchových úpraven kovů, z kožedělného průmyslu nebo z opraven a nabíjecích stanic akumulátorů. Velký obsah železa bývá zjišťován z odpadních vod z mořiren, jejichž oplachové vody obsahují až stovky mg.l⁻¹ Fe. [11, 14]

3.3.3 Balastní vody

Balastní vody nebývají příliš znečištěné, jelikož to jsou vody průsakové. Proto je jejich přítomnost v odpadních vodách příčinou jejich ředění, a to o to více, čím větší podíl tvoří. [11]

3.3.4 Dešťové odpadní vody

Látky, které znečišťují dešťové vody jsou různého původu viz Tab. 3.4. Nečistoty jsou splachovány srážkovou vodou z vozovek a jiných povrchů. Obecně lze znečišťující látky

rozdělit na látky organického a anorganického původu. Oba typy těchto látek se mohou ve vodách vyskytovat jako rozpuštěné nebo nerozpuštěné. [11]

Tab. 3.4 Znečišťující látky a jejich příslušné zdroje znečištění [11]

Zdroj znečištění	Znečišťující látky
Výfukové plyny	Pb, Ni, sloučeniny N, fenoly, uhlovodíky, PCDD, PCDF, rez
Otěr brzdových obložení	Cr, Ni, Cu, Pb, Zn
Otěr pneumatik	Cd, Zn, rez, organické sloučeniny, pryž, S, Pb, Cr, Cu, Ni
Otěr povrchu komunikací	Si, Ca, Mg, asphalt, dehet, Pb, Cr, Cu, Ni
Otěr značení komunikací	TiO ₂ , rozpouštědla
Úkapy z motorů	Pb, Ni, Zn, organické látky, oleje, tuky, uhlovodíky, Cu, V, Cr
Koroze, obrus	Al, Cu, Fe, Co, Mn, Cd, Zn
Stavební hmoty	Minerální látky, pojiva (asfalt, vápno, cement)

Anorganické látky

Přímo z atmosféry nebo splachem z povrchu vozovek se do dešťových vod dostávají nerozpuštěné látky, které jsou tvořeny částicemi písku, prachu, popílku atd. [11]

Rozpuštěné látky tvoří kovy, chloridy, sírany, sloučeniny dusíku apod. Kovy se do dešťových vod dostávají převážně ze střech, jejich zastoupení a obsah je závislý na materiálu, ze kterého je střecha vyrobena. Výskyt železa a zinku lze přisoudit korodujícím okapům. V dešťové vodě lze nalézt také toxické kovy, mezi jenž patří například rtuť, olovo, kadmium nebo arzen. Výskyt těchto kovů způsobuje snižování růstu organismů a činnosti enzymů, negativní ovlivňování procesu samočištění v přírodních vodách. Dále se v dešťové vodě vyskytují chloridy z komunikací, jejich výskyt lze připsat posypáním vozovek v zimním období posypovou solí. Jejich výskyt ale značně kolísá, v letním období se jejich koncentrace pohybuje mezi 92-350 mg.l⁻¹ a v zimním období v rozmezí 150-5635 mg.l⁻¹. [11]

Organické látky

Dioxiny je skupina 219 různých látek, které mají podobné vlastnosti, ale rozdílnou toxicitu. Jsou tvořeny dvěma hlavními skupinami sloučenin (polychlorované dibenzodioxiny PCDD a polychlorované dibenzofurany PCDF), které mají sice podobnou strukturu, ale rozdílné chemické chování. Vznikají při spalování pohonných hmot. Jelikož se opouští od přidávání halogenových vnašečů olova do olovnatých benzinů, množství emisí dioxinů klesá. [11]

V dešťových vodách lze také nalézt různá aditiva, které se přidávají do automobilových benzinů. Jedná se například o methyl terc-butyl ether MTBE. Ten se vyskytuje především v benzinech v objemu 2-15 %. MTBE se dobře rozpouští v podzemní vodě a způsobuje její kontaminaci. Jedná se o potenciální karcinogen. [11]

Polyaromatické uhlovodíky vznikají při spalování pohonných hmot v motorech. Do dešťových vod se dostávají z komunikací a jsou součástí nerozpuštěných látek, na které jsou sorbovány.

Jedná se o závadné látky, přičemž některé z nich mají karcinogenní vlastnosti. V dešťových vodách se vyskytuje převážně fenantren, fluoranthen, pyren, chrysen. Další polyaromatické uhlovodíky se vyskytují pouze ve velmi malých koncentracích. [11]

3.3.5 Městské odpadní vody

Složení městských odpadních vod je určeno složením jejich jednotlivých částí, což jsou vody splaškové, dešťové, průmyslové a balastní. Vlivem průmyslového znečištění dochází ke vzrůstu koncentrace některých látek, naopak balastními vodami se někdy městské vody naředují. [14]

Koncentrace nerozpuštěných látek je obvykle 100 až 500 mg.l⁻¹ a koncentrace rozpuštěných látek bývá 500 až 1000 mg.l⁻¹. Městské odpadní vody obsahují také amoniakální dusík, který se vyskytuje v desítkách mg.l⁻¹ a dusík vázaný do organických sloučenin. Vyskytuje se v nich také fosfor v jednotkách mg.l⁻¹ a koncentrace Na, K, Mg, Ca, Cl⁻ a SO₄²⁻ v desítkách mg.l⁻¹. Významný je obsah HCO₃⁻, kterého bývá i několik set mg.l⁻¹. [11]

3.4 MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD

Množství odpadních vod stejně jako jejich složení kolísá v průběhu dne, týdne i roku. Kolísání průtoku je nejmenší ve velkých městech, avšak v malých obcích je značné. [11]

3.4.1 Splaškové odpadní vody

Specifické množství odpadních vod záleží na bytové vybavenosti (Tab. 3.5) a prakticky se shoduje se spotřebou pitné vody. Pro Českou republiku se uvažuje průměrná specifická produkce splaškových vod 110-120 l/osobu.den. Je doporučeno toto množství dle regionu zvětšovat o 20-30 litrů na občanskou a technickou vybavenost. Hodnota specifického množství je shodná s množstvím vody fakturované přiváděné obyvatelstvu. V dnešní době v malých obcích dosahuje spotřeba fakturované vody až na 80 l/osobu.den. Tyto uvedené hodnoty odpovídají hodnotám specifické potřeby vody fakturované domácnostem, což znamená, že jsou stejné také pro vody splaškové. [11]

Tab. 3.5 Specifické průměrné denní množství vypouštěných odpadních vod q [21]

Druh bytu a jeho vybavení	Specifické průměrné denní množství vypouštěných odpadních vod q v l/(obyv.d)
byt s kuchyní, WC, koupelnou a ústřední přípravou teplé vody	100
byt s kuchyní, WC, koupelnou a místní přípravou teplé vody v bytě (průtočný nebo zásobníkový ohřivač vody)	80
byt s kuchyní, WC, koupelnou s přípravou teplé vody v koupelnových kamnech na pevná paliva	60
byt s výtokem vody, WC, bez koupelny	40
byt bez vnitřního vodovodu	20
pouze nesplachovaný záchod nad žumpou	2 až 6
POZNÁMKY Veřejné ubytovací a stravovací zařízení se posuzuje individuálně ve vztahu na zdroj užívané vody. V návrhu se doporučuje přihlídnout i k případnému výhledovému zlepšení vybavení bytů zvyšujícím spotřebu vody.	

U návrhu splaškové kanalizace pro větší města se uvažuje s hodnotami množství „fakturované vody“ dodané spotřebiteli. Tímto se získá údaj s názvem průměrný denní průtok splaškových vod. Tato hodnota se zjistí pomocí rovnice 3.2. [11]

$$Q_{24} = q * PO \text{ [l.den}^{-1}\text{]} \quad (3.2)$$

kde Q_{24} ...průměrný denní průtok [l.den⁻¹]

q...specifická potřeba vody [l/ob.den]

PO...počet obyvatel

Maximální denní průtok splaškových vod získáme podle rovnice 3.3 ze součinu průměrného denního průtoku a koeficientu denní nerovnoměrnosti (Tab. 3.6). [11]

$$Q_d = Q_{24} * k_d \text{ [l.den}^{-1}\text{]} \quad (3.3)$$

kde Q_d ...maximální denní průtok [l.den⁻¹]

k_d ...součinitel denní nerovnoměrnosti

Tab. 3.6 Koeficienty denní nerovnoměrnosti pro čistírny odpadních vod [11]

Počet obyvatel	Koeficient
Do 1 000	1,5
Od 1 000 do 5 000	1,4
Od 5 000 do 20 000	1,35
Od 20 000 do 100 000	1,25
Nad 100 000	individuálně

Dle ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky se maximální hodinový průtok splaškových vod určí z průměrného denního průtoku splaškových vod vydělením 24 a vynásobením součinitelem maximální hodinové nerovnoměrnosti, viz Tab. 3.7. Tento výpočet se provede dle rovnice 3.4. [19]

$$Q_h = \frac{Q_{24}}{24} * k_h \text{ [l.hod}^{-1}\text{]} \quad (3.4)$$

kde Q_h ...maximální hodinový průtok [l.hod⁻¹]

Q_{24} ... průměrný denní průtok [l.den⁻¹]

k_h ...součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti

Minimální hodinový průtok splaškových vod se dle ČSN 75 6101 vypočítá podle rovnice 3.5 z průměrného denního průtoku vyděleného 24 a vynásobením součinitelem minimální hodinové nerovnoměrnosti, viz Tab. 3.7. [19]

$$Q_{min} = \frac{Q_{24}}{24} * k_{min} \text{ [l.hod}^{-1}\text{]} \quad (3.5)$$

kde Q_{min} ...minimální hodinový průtok [l.hod⁻¹]

Q_{24} ... průměrný denní průtok [l.den⁻¹]

k_{min} ...součinitel minimální hodinové nerovnoměrnosti

Tab. 3.7 Koefficienty hodinových nerovnoměrností [19]

počet ekviv. obyvatel	30	40	50	75	100	300	400	500
k_h (max)	7,2	6,9	6,7	6,3	5,9	4,4	3,5	2,6
k_h (min)	0	0	0	0	0	0	0	0
počet ekviv. obyvatel (tis.)	1	2	5	10	20	30	50	100
k_h (max)	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,5
k_h (min)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Hodnoty součinitele maximální i minimální hodinové nerovnoměrnosti závisí na počtu připojených obyvatel. U koeficientu maximální nerovnoměrnosti hodnoty s růstem počtu obyvatelů klesají. Naopak u součinitele minimální nerovnoměrnosti hodnoty s rostoucím počtem obyvatel stoupají. [19]

3.4.2 Průmyslové odpadní vody

Průmyslové odpadní vody a vody ze zemědělství se dělí na vody procesní a vody pro zaměstnance zařízení. Spotřeba procesních vod vychází z procesu výroby, viz Tab. 3.8. [11]

Tab. 3.8 Zastoupení hlavních živin v jednotlivých druzích vod [19]

Průmysl	Spotřeba vody na jednotku	Průmysl	Spotřeba vody na jednotku
Výroba papíru	5-30 m ³ .t ⁻¹	Mlékárny	1-13 m ³ .t ⁻¹
Ocel	4-200 m ³ .t ⁻¹	Cukrovary	5-19 m ³ .t ⁻¹
Pivovary	8-13 l.l ⁻¹	Výroba kvasnic	90-150 m ³ .t ⁻¹
Textil	80-600 m ³ .t ⁻¹	Zpracování ovoce	4-7 m ³ .t ⁻¹
Drůbežárny	30-35 m ³ na 1000 kusů	Konzervování	74-88 m ³ .t ⁻¹
Jatka	1-20 m ³ na 1 kus	Pokovování	25-50 l na m ² povrchu
Škrobárny	15-75 m ³ .t ⁻¹	Galvanizace	10-50 l na m ² povrchu

Vody pro zaměstnance se pak dělí na potřebu pro pití a stravování a potřebu pro mytí. Pro toto určení rozeznáváme průměrný denní průtok určený pomocí rovnice 3.6. [11]

$$Q_p = q * P \text{ [m}^3\text{.den}^{-1}\text{]} \quad (3.6)$$

kde Q_p ...průměrný denní průtok

q ...specifická potřeba vody na závodní kuchyni a mytí

- na provoz závodní kuchyně – 8000/250 = 32 l/zam.směnu
- na provoz bufetu – 1000/250 = 4 l/zam.směnu
- na mytí čistý provoz – 14000/250 = 56 l/zam.směnu
- na mytí špinavý provoz – 26000/250 = 104 l/zam.směnu
- na mytí provoz horky, špinavý – 30000/250 = 120 l/zam.směnu

P ...počet pracovníků

Poté se určuje maximální hodinový průtok Q_m [m³.h⁻¹], maximální průtok I. směny Q_{pI} [m³.h⁻¹] a maximální průtok I. směna hodinový Q_{mI} [m³.h⁻¹]. [11]

3.4.3 Balastní vody

Množství přítoku balastních vod na ČOV má být co nejmenší. V České republice se procento balastních vod stanovuje technickým odhadem a uvažuje se 5-15 % z celkového množství odpadních vod. V případě, že hodnoty balastních vod přesahují 15 %, je potřeba uvažovat nad provedením technických úprav na kanalizační síti. Balastní vody se udávají pomocí rovnice 3.7. [11]

$$Q_{bal} = Q_{24} * \% \text{ [m}^3\text{.den}^{-1}\text{]} \quad (3.7)$$

kde Q_{bal} ...průtok balastních vod [m³.den⁻¹]

Q_{24} ...průměrný denní průtok [l.den⁻¹]

%...procento obsahu balastních vod

3.4.4 Dešťové vody

Na průtok dešťových vod se navrhuje dešťové stoky oddílné soustavy. Tento průtok vychází z obecného vzorce dle ČSN 75 6101 pro dimenzování jednotlivé stoky na průtok dešťových vod, viz rovnice 3.8. [19]

$$Q_{dešť} = \Psi * i * A \text{ [l.s}^{-1}\text{]} \quad (3.8)$$

kde $Q_{dešť}$...maximální odtok dešťových vod [l.s⁻¹]

Ψ ...součinitel odtoku

A...plocha povodí stoky [ha]

i...intenzita směrdatného deště uvažované periodicity p [l/s.ha]

p = 1,0 pro města do 5000 obyvatel a jednotnou stokovou síť a všechna města bez ohledu na počet připojených obyvatel a oddílnou dešťovou soustavu a pro průmyslové závody

p = 0,5 pro města s více než 5000 obyvateli a stokovou sítí jednotné soustavy

Doporučené součinitele pro orientační výpočet $Q_{dešť}$ jsou uvedeny v Tab. 3.9.

Tab. 3.9 Doporučené součinitele odtoku Ψ pro orientační výpočet [19]

Způsob zástavby a druh pozemku		Součinitel odtoku Ψ		
		do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
Budovy	v uzavřených blocích (vydlážděné nebo zstavené dvory)	0,70	0,80	0,90
	v uzavřených blocích (uvnitř bloku zahrady)	0,60	0,70	0,80
	v otevřených blocích	0,50	0,60	0,70
	při volné zástavbě (izolované)	0,40	0,50	0,60
Rodinné domy	sdužené v zahradách	0,20	0,40	0,50
	izolované v zahradách	0,20	0,30	0,40
Tovární objekty	starší typ (hustější zástavba)	0,50	0,60	-
	nový typ (volné a travnaté plochy)	0,40	0,50	-
Zpevněné pozemní komunikace (např. asfalt, beton, dlažba)		0,70	0,80	0,90
Nezpevněné pozemní komunikace (např. štěrky)		0,50	0,60	0,70
Železniční pozemky		0,25	-	-
Hřbitovy, sady, hřiště		0,10	0,15	0,20
Zelené pásy, pole, louky		0,05	0,10	0,15
Lesy		0,00	0,05	0,10

4 AKUMULACE A SVOZ SEPTICKÝCH ODPADNÍCH VOD

Koncepce nakládání s odpadními vodami má dvě řešení, a to centralizované a decentralizované odvádění odpadních vod kanalizací. Ve městech se nejvíce prosazuje centralizované odvádění odpadních vod kanalizací, a to právě do jedné ČOV. Objekty jako jsou septik nebo bezodtokové žumpy přicházejí v úvahu při decentralizovaném řešení. Tento způsob je založen na zneškodnění odpadních vod v jednotlivých domech bez odvádění vod do jedné společné čistírny.

4.1 SEPTIK

Septik je podzemní vodotěsné zařízení sloužící převážně k mechanickému předčištění odpadních vod, před hlavním čistícím stupněm, kterým obvykle bývá zemní filtr, vegetační čistírna nebo biofilmový reaktor. Bývá často součástí staveb, které nejsou napojeny na veřejnou kanalizaci. Septiky jsou pravděpodobně nejvíce používané systémy pro čištění odpadních vod ve světě, a to díky jejich jednoduchosti a spolehlivosti. Fungují na mechanickém principu, tudíž je není potřeba napojovat na elektřinu. [22]

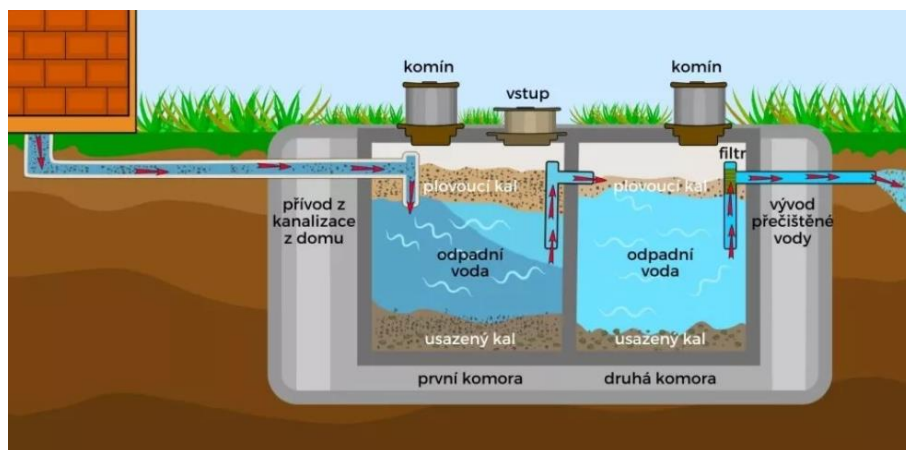
Septik má své nevýhody, mezi které patří pravidelný vývoz kalu, který je finančně náročný. Další fatální nevýhodou je, že neumožňuje dobrý kontakt mezi organickou hmotou v odpadní vodě a kalem na dně, a proto má nízkou účinnost čištění, i když je doba zdržení dlouhá. [22]

4.1.1 Funkce septiku

Pro správnou funkci septiku musí každý mít minimálně dvě až tři komory. Lze říci, že čím více komor septik má, tím větší je jeho účinnost čištění.

Tříkomorový septik funguje na principu přivádění odpadní vody z nemovitostí prostřednictvím hlavního odtokového potrubí do první komory septiku, kde dochází k hrubému předčištění odpadní vody. V tomto prvním kroku se jedná především o rozklad organických látek a usazování kalu. Voda zbavená organických látek a hrubého kalu putuje dále do druhé komory septiku, kde dochází k sedimentaci jemného kalu. Třetí komora složí k převedení vody ze septiku dále buďto na čistírnu odpadních vod nebo je pomocí trativodu vsakována do půdy. [23]

Dvoukomorový septik funguje na stejném principu, skládá se však jen ze dvou komor, tudíž voda vytéká na již z druhé komory, viz Obr. 4.1.



Obr. 4.1 Funkce dvoukomorového septiku [24]

Pokud septik začne zapáchat, dochází k jeho nesprávné funkci. Ta je způsobena bakteriální nerovnováhou, která se projevuje zpomaleným rozkladem organické hmoty ve vodách.

4.1.2 Konstrukce septiku

Konstrukce septiku je většinou válcového nebo hranatého tvaru a je zhotovena z plastu či betonu, viz Obr. 4.2 a 4.3. Jak již bylo uvedeno, septik je složen ze dvou, tří nebo více komor. Jednotlivé komory jsou navzájem odděleny příčkami s opatřenými otvory. Horní hrana otvorů by měla být nejméně 0,30 m pod hladinou vody a dolní hrana nejméně 0,40 m nade dnem septiku. Do každé z těchto komor musí být zajištěn přístup pomocí otvorů ve stropě nádrže, které musí být zakryty odnímatelnými a zabezpečenými poklopy. Světlost otvorů je nejméně 600 mm x 600 mm. [21]

V případě propojovacího potrubí je nejmenší jmenovitá světlost přítoku a odtoku s ohledem na jmenovitou velikost septiku buďto 100 DN při velikosti septiku menší než 6 m³ nebo 150 DN pokud je objem septiku větší než 6 m³. [25]



Obr. 4.2 Plastový válcový dvoukomorový septik [26]



Obr. 4.3 Betonový hranatý vícekomorový septik [27]

4.1.3 Výpočet rozměrů septiku

Celkový objem nádrže se navrhuje podle střední doby zdržení, u které se doporučuje hodnota rovna 3 dnům v účinném prostoru septiku a podle potřebného kalového prostoru. K objemu se připočítává objem kalového prostoru o velikosti 50 % až 60 % z objemu účinného prostoru septiku. Celkový účinný prostor V v m^3 se vypočte dle rovnice (4.1). [21]

$$V = a * n * q * t \quad (4.1)$$

kde V ...celkový účinný prostor [m^3]

a ...součinitel vyjadřující kalový prostor (obvykle $a = 1,5$)

n ...počet připojených obyvatel

q ...specifická potřeba vody na osobu [m^3/d]

t ...střední doba zdržení ve dnech (obvykle $t = 3$ d).

Účinný prostor nádrže septiku nesmí být menší než $3 m^3$. Hloubka od hladiny vody by měla mít nejmenší rozměr 1,3 m, světlá šířka 0,9 m a světlá délka nebo průměr 1,0 m. [21]

4.1.4 Typy nádrží septiku

Nádrže septiku se mohou dělit buď podle konstrukce na kruhové, hranaté, dvou, tři nebo vícekomorové, samonosné, dvouplášťové nebo k obetonování, anebo podle materiálu na plastové a betonové.

Samonosné tříkomorové nádrže

Samonosné nádrže mohou být kruhového či hranatého tvaru (Obr. 4.4 a 4.5). Mají snadnou, levnou a rychlou instalaci a jsou používány v oblasti zelených ploch, kde se nepočítá s výskytem spodních vod. Samonosné septiky jsou pochůzné. Není je však vhodné umísťovat pod komunikace či parkovací pásma. [28]



Obr. 4.4 Samonosná kruhová nádrž [28]



Obr. 4.5 Samonosná hranatá nádrž [28]

Jelikož je možné uložit samonosný septik bez použití mechanizace, je vhodný pro umístění na chalupy či chaty, kde není pro velkou techniku přístup. Nádrž se usadí na betonovou desku 15 cm vysokou a již se nemusí obetonovat. Poté se provede obsyp pískem nebo přesátou zeminou, a nakonec se zasype. Doporučená výška zásypu stropu je 20-40 cm. [28]

Dvouplášťové tříkomorové nádrže

Dvouplášťové nádrže mohou být kruhové nebo hranaté (Obr. 4.6 a 4.7) a jsou umístovány do míst s výskytem vysoké hladiny spodní vody a s velkým obsahem jílu. Jsou vhodné pro umístění pod parkovací pásy, komunikace nebo do míst s vyššími statickými nároky. Dvouplášťové nádrže jsou pojízdné. Nádrž je také možné umístit do záplavových a zátopových oblastí. [28]



Obr. 4.6 Dvouplášťová kruhová nádrž
[28]



Obr. 4.7 Dvouplášťová hranatá nádrž
[30]

Nádrž se umísťuje do řídkého betonu žebry proti spodní vodě. Není nutno kolem nich připravovat bednění, protože na nádrži je vyarmovaný prostor mezi plášti, který se po usazení jen vybetonuje. U těchto nádrží je nutno přebetnování stropu, což zajišťuje jejich následnou pojízdnost. [28]

Hlavní funkcí dvouplášťových nádrží je zajistit nepropustnost směrem z nádrže i směrem dovnitř. Aby okolní voda nemohla betonem proniknout k vnitřnímu líci, je na nádrži nainstalován druhý plášť, který slouží k izolaci betonu. [29]

Nádrže k obetonování

Septik k obetonování může být stejně jako samonosné a dvouplášťové nádrže hranatého nebo kruhového tvaru (Obr. 4.8 a 4.9). Nádrže je možné usadit do míst se zatížením vyšším, než je běžné zatížení zeminou. Umísťují se především pod komunikace nebo parkovací pásma. Není určena do míst, kde se nachází spodní voda. [28]



Obr. 4.8 Kruhová nádrž k obetonování
[28]



Obr. 4.9 Hranatá nádrž k obetonování
[28]

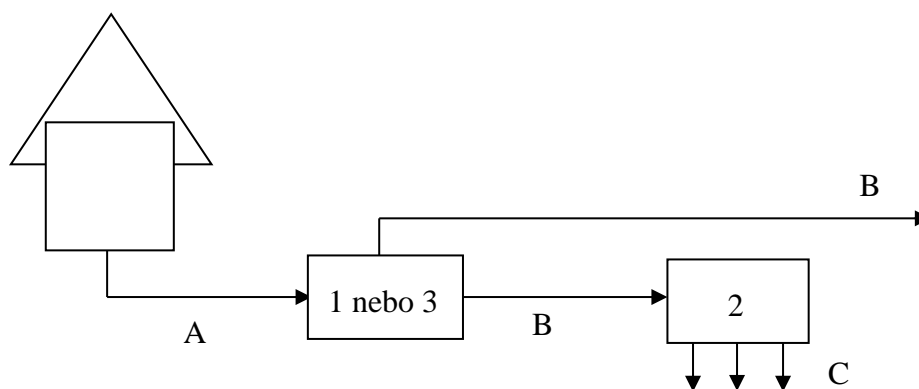
Nádrž je konstrukčně vyrobena tak, že je nutné ji celou obetonovat. Postup obetonování je jednoduchý, a proto jej lze provést svépomocí. Úplné obetonování stěn a stropu zajistí pojízdnost a případné uložení do velkých hloubek. V případě většího zatížení v okolí je nutné obetonování konzultovat se statikem, který navrhne zhotovení betonového věnce okolo nádrže. [28]

4.1.5 Umístění septiku

Umístění septiku musí být navrženo tak, aby byla možnost příjezdu vozidel pro účel jeho prázdnění. Musí být vzdálený minimálně 1,0 m od vnější strany budovy. [25]

Na vlastnostech půdy, povrchu terénu a směru toku podzemních vod závisí vzdálenost septiku od vodního zdroje. Při málo propustném podloží, jako jsou hlinito-kamenité sutě, je nejmenší vzdálenost od domovních studní 5 m a u propustného podloží, což jsou například šterky nebo písky, je minimální vzdálenost 12 m. Pro septiky umístěné u veřejných a neveřejných studní je vzdálenost při málo propustném prostředí 12 m a při propustném podloží je minimální vzdálenost 30 m. [31]

Septik musí být umístěn tak, aby bylo poskytnuto místo případnému filtračnímu systému. Tento systém umístění septiku je schematicky znázorněn na Obr. 4.10.



Legenda

A	splaškové (domovní) odpadní vody	1	prefabrikovaný septik
B	odpadní vody předčištěné v septicích	2	zemní infiltrační systém
C	odpadní vody čištěné filtrací	3	septik montovaný ze soupravy prefabrikátů na místě

Obr. 4.10 Schéma znázorňující umístění septiku [25]

4.2 ŽUMPA

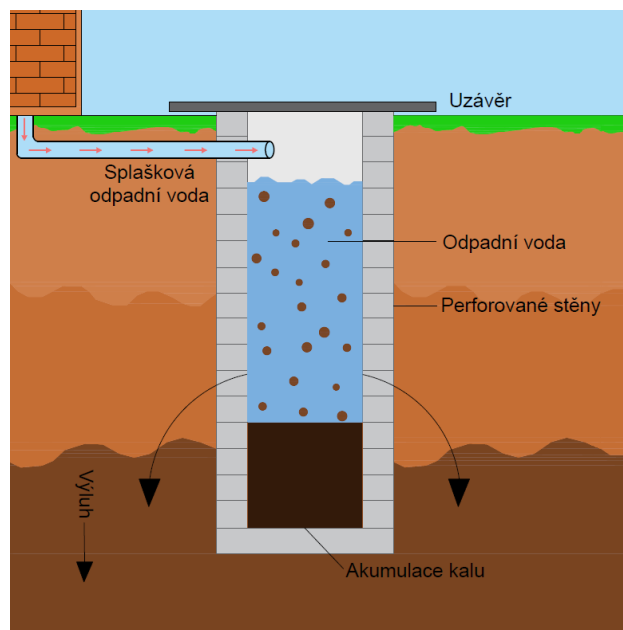
Žumpa je mělká podzemní vodotěsná nádrž bez odtoku, která je využívána k akumulaci splaškových vod. Budují se v místech, kde splaškové odpadní vody nelze odvádět do stokové sítě s čistírnou odpadních vod nebo kde tyto odpadní vody nemohou být z určitých důvodů čištěny v samostatné malé čistírně odpadních vod. Do žumpy se nesmějí přivádět vody podzemní, povrchové, srážkové, pramenité, chladicí a kondenzované. Všechny vody přiváděné a shromažďované musí být ze žumpy vyváženy a zneškodňovány. [32, 33]

Žumpy se mohou rozdělit na velkokapacitní a malokapacitní. Velkokapacitní žumpy jsou ty, které slouží pro více obytných jednotek, včetně komplexů městských domů a bytů. Žumpy připojené výhradně k jednomu obytnému objektu nepřijímající žádný jiný odpad, než komunální jsou malokapacitní. [32]

4.2.1 Funkce žumpy

Žumpa funguje na principu akumulace splaškových odpadních vod a následného vyvážení obsahu fekálním vozem (Obr. 4.11). V těchto jímkách tak žádné čištění septických vod neprobíhá. Vyprazdňování žumpy musí být pravidelné dle objemu akumulačního prostoru nádrže. Obsah musí být zneškodňován v souladu s požadavky na životní prostředí. [33]

Pro zabránění přetékání žumpy, je nutno pravidelně monitorovat hladinu odpadních vod v žumpě. Pokud je překročena kóta mezní hladiny odpadních vod musí být vnitřní kanalizace zastavena. Proto je doporučeno do žump umístít signalizaci maximálně přípustné hladiny odpadních vod v žumpě. [33]



Obr. 4.11 Schéma funkce žumpy [32]

4.2.2 Konstrukce žumpy

Žumpa je na rozdíl od septiku jednokomorová uzavřená jímka kruhového nebo hranatého tvaru. Materiál žumpy musí být odolný vůči mechanickým, biologickým, chemickým a jiným vlivům odpadních vod a proti jejich agresivním účinkům. [32]

Konstrukce žumpy musí být odolná vůči tíhovým účinkům zastropení, nahodilému zatížení povrchu a hydrostatickému tlaku náplně žumpy. V případě, že je nutno obetonování žumpy, provádí se betonáž z prostého betonu nebo železobetonu dle druhu, místa a jejího využití. Dno i stěny žumpy musí být vodotěsné. To samé platí pro pracovní spáry a spoje stavebních dílců. Žumpy mají mít neprodyšný a únosný strop ze stejných materiálů jako je jejich konstrukce. Strop musí být umístěn minimálně 300 mm nad výpočtovou hladinou v žumpě a mít rovný podhled. Aby bylo zabráněno hromadění plynu, musí být prostor jímky odvětráván přítokovým potrubím připojené vnitřní kanalizace a jejím větracím potrubím. Nejmenší jmenovitá světlost tohoto potrubí má být DN 100. Vstupní otvor musí umožňovat přístup pro běžnou obsluhu, čištění, údržbu a odstraňování obsahu žumpy. Světlost otvoru má být nejméně DN 600 pro kruhový otvor nebo 600 mm x 600 mm pro čtvercový otvor. Vstupní otvor musí být opatřen litinovým poklopem. [33]

4.2.3 Výpočet rozměrů žumpy

U výpočtu objemu akumulčního prostoru žumpy se musí vzít zřetel na objem fekálního vozu a je doporučeno vzít v potaz rezervu na zabezpečení nadprůměrné spotřeby vody. [33]

Objem akumulčního prostoru žumpy V v litrech se vypočte dle rovnice (4.2). [33]

$$V = n * q * t \quad [l] \quad (4.2)$$

kde V ...objem akumulčního prostoru žumpy [l]

n...počet napojených obyvatel

q...specifické průměrné denní množství (přítok) odpadních vod vypouštěných do žumpy [l/(ob.den)]

t...časový interval vyprazdňování žumpy [den]

Hodnota q se stanovuje na základě místních podmínek a průzkumu, odborným odhadem, výpočtem potřeby vody provedeným individuálním rozbohem nebo podle skutečného výkazu spotřeby vody v řešeném území. Výška se stanovuje ode dna nádrže k výpočtové hladině. [33]

4.2.4 Typy nádrží žumpy

Nádrže žump se stejně jako nádrže septiků mohou dělit na kruhové a hranaté, samonosné, dvouplášťové nebo k obetonování. Jímky jsou jednokomorové a bezodtokové.

Samonosné nádrže

Samonosné nádrže mohou být kruhového či hranatého tvaru (Obr. 4.12 a 4.13). Jsou určeny do míst bez výskytu spodních vod. Jsou často používány, díky své snadné a rychlé instalaci. Samonosné jímky je možnost pouze zasypat, není u nich potřeba obetonování. Jsou pochozí, ale ne pojízdné, tudíž je není vhodné umisťovat pod komunikaci. [34]



Obr. 4.12 Samonosná kruhová nádrž [34]



Obr. 4.13 Samonosná hranatá nádrž [34]

Dvouplášťové nádrže

Dvouplášťové nádrže mohou být kruhové nebo hranaté (Obr. 4.14 a 4.15) a jsou umisťovány do míst s výskytem vysoké hladiny spodní vody a s velkým obsahem jílu. Je možné jímku umístit také do zátopových a záplavových oblastí. Dvouplášťové jímky jsou pojízdné, je u nich tedy možnost umístění pod parkovací pásy, komunikaci nebo do míst s vyššími statickými nároky. Je potřeba její obetonování, to se však provádí do již vyarmovaných prostorů. [34]



Obr. 4.14 Dvouplášťová kruhová nádrž
[34]



Obr. 4.15 Dvouplášťová hranatá nádrž
[35]

Nádrže k obetonování

Stejně jako samonosné a dvouplášťové jímky, mohou být nádrže k obetonování válcového či hranatého tvaru (Obr. 4.16 a 4.17). Je možné je umístit do oblastí s vyšším zatížením, než je běžné zatížení zeminou. Umisťují se pod komunikace a parkovací stání nebo do míst s výskytem jílové zeminy. Kompletním obetonováním jímky se zajistí její pojízdnost. [34]



Obr. 4.16 Kruhová nádrž k obetonování
[34]



Obr. 4.17 Hranatá nádrž k obetonování
[34]

4.2.5 Umístění žumpy

Umístění žumpy musí být naprojektováno tak, aby byl poskytnut přístup nebo příjezd pro účel jejího vyprázdnění s přihlédnutím na hygienické a estetické požadavky. Žumpa musí být umístěna minimálně 1,0 m od vnější stěny budovy. [33]

Vzdálenost od vodního zdroje převážně závisí na místních podmínkách, vlastnostech zeminy, povrchu terénu a směru toku podzemních vod. Z ohledu povrchu terénu má být žumpa osazena,

pokud je to možné níže, než je vodní zdroj. Nejmenší vzdálenost žumpy od domovních studní je při málo propustné podloží 5 m a 12 m při propustném prostředí. Pro žumpy od veřejných a neveřejných studní je vzdálenost při málo propustném prostředí 12 m a při propustném podloží je minimální vzdálenost 30 m. [33]

Při návrhu lokality žumpy se musí uvažovat s možností výhledového připojení nemovitosti na stokovou síť s již funkční čistírnou odpadních vod a s tím spojené zrušení nebo odpojení žumpy. [33]

4.3 VÝVOZ SEPTICKÝCH ODPADNÍCH VOD

Vývoz septických odpadních vod ze septiků je činnost, při které je z jedné či více komor odstraněn přebytečný kal. U vícekomorových septiků dochází k největšímu zanášení v první usazovací komoře, kde dochází k sedimentaci kalu. Pro zachování jejich funkčnosti je potřeba odpadní vody vyvážet pravidelně. V případě, že se jedná o vývoz odpadní vody z bezodtokové jímky, musí být vyčerpán celý její obsah, který je následně odvezen fekálním vozem na nejbližší čistírnu odpadních vod. [36]

Dle legislativy může vývoz zajistit pouze způsobilá osoba oprávněná podle živnostenského zákona nebo provozovatel čistírny odpadních vod. V ČR se však lze setkat také s variantou vývozu vod svépomocí využitím kalového čerpadla. U tohoto způsobu však není v žádném případě povoleno septik nebo žumpu vypouštět do vod povrchových či na pozemek. Septické vody jsou považovány za odpad, a proto se s nimi musí také jako s odpadem zacházet. [2, 36]

4.3.1 Cena vývozu

Vývoz septických vod je nejvyšším provozním nákladem, co se týče provozu septiku či žumpy. Z tohoto důvodu je doporučeno žumpy umísťovat pouze u méně využívaných objektů jako jsou například chaty nebo chalupy. [36]

Cena vývozu se odvíjí od spotřeby vody a počtu osob, využívajících daný objekt. Zásadní roli hraje také velikost nádrže, která musí být odpovídající počtu osob v napojeném objektu. Čím větší objem jímka má, tím méně bude potřebný její vývoz. Je však potřeba zmínit, že cena je rovněž závislá na objemu fekálního vozu a vzdálenosti fekální firmy od vyvážené jímky. V případě, že má jímka větší objem, než fekální vůz, je zapotřebí provádět vývoz na víckrát. Cena vývozu se tím pádem zvýší, jelikož se každá jízda fekálního vozu platí zvlášť. Orientační sazba firem za 1 ujetý kilometr činí přibližně 35-60 Kč. Do ceny se zahrnuje také výkon závozníka, jehož sazba činí zhruba 120-140 Kč bez DPH za každých započatých 15 minut. V neposlední řadě je do ceny vývozu zařazen poplatek místní čistírně odpadních vod, který se pohybuje okolo 55-75 Kč/m³ bez DPH. [37]

Cena za vývoz septických vod se však liší podle regionu a konkrétní svozové firmy.

Cena za vývoz žumpy

Cena za vývoz odpadních vod z žumpy se obvykle pohybuje v rozmezí od 1500 do 3500 Kč. Rychlost naplnění jímky záleží na spotřebě vody a na objemu samotné nádrže. Pokud se žumpa

nachází u celoročně využívaného objektu, kde jeden člověk spotřebuje průměrně 90 litrů vody denně, lze dle velikosti jímky přibližně určit celkové náklady podle Tab. 4.1. [38]

Tab. 4.1 Orientační náklady za odčerpání žumpy bez DPH [38]

Velikost žumpy	Počet osob	Počet vývozů za rok	Cena za 1 vývoz	Cena zaplacená ročně
5 m ³	2	15	1 500 Kč	22 500 Kč
10 m ³	3	12	2 200 Kč	24 200 Kč
12 m ³	4	11	3 500 Kč	42 000 Kč

K uvedeným cenám si firmy, jak již bylo řečeno, účtují poplatek ČOV, cenu za výjezd a za ujeté kilometry.

Cena za vývoz septiku

Vývoz septiku je finančně ne tak náročný z důvodu méně častých vývozů. Cena se pohybuje v rozmezí 800-3500 Kč a stejně jako u žumpy se také odvíjí od spotřeby vody, velikosti septiku i fekálního vozu. Přibližné náklady na vývoz septiku jsou vypsány v Tab. 4.2. [38]

Tab. 4.2 Orientační náklady za odčerpání septiku bez DPH [38]

Velikost septiku	Počet osob	Počet vývozů za rok	Cena za 1 vývoz	Cena zaplacená ročně
4 m ³	4	2	1 500 Kč	3 000 Kč
10 m ³	4	1	2 000 Kč	2 000 Kč

4.3.2 Časová pravidelnost vývozu

Vícekomorové septiky se vyvážejí jednou nebo dvakrát ročně. Záleží však na četnosti využívání. V případě například chatových oblastí, kde se instaluje tříkomorový septik s filtrem, postačí vývoz septiku jen jednou ročně. Pokud je septik umístěn u rodinného domu, je potřeba jej vyvážet alespoň dvakrát ročně. [36]

Pokud se jedná o žumpy, vývoz bude daleko pravidelnější. Jelikož z ní odpadní voda neodtéká, musí se vyvážet relativně často. [36]

4.3.3 Kontrola vývozu septických vod

Začátkem roku 2021 vešla v účinnost novela Vodního zákona č. 113/2018 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů. Tato novela obsahuje přechodné ustanovení, podle kterého si je každý vlastník jímky povinen uchovávat doklady o odvozu odpadních vod za období posledních dvou kalendářních let a na žádost České inspekce životního prostředí je jeho povinností tento doklad předložit. [2]

Doklad o vývozu septických vod je povinen majiteli zprostředkovat provozovatel odvozu odpadních vod. Z dokladu by mělo být patrné jméno majitele, který odpadní vody v bezodtokové jímce akumuluje, lokalizace jímky, množství odvezených septických vod, datum odvozu, jméno osoby, která vývoz provedla a název čistírny odpadních vod, kde budou tyto odpadní vod dále zneškodňovány. [2]

5 PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE

Na základě vzorků septických vod poskytnutých Vodárenskou akciovou společností, a.s. s divizí Brno-Venkov, byly provedeny jejich chemické rozbory a pro tyto vzorky byly stanoveny vybrané ukazatele kvality odpadních vod. V následujících kapitolách bude uveden popis vzorků a hodnoty zjištěných ukazatelů.

5.1 OBECNÉ INFORMACE O ODBĚRECH VZORKŮ

Fekálním vozem byly z žump a septiků vyčerpány septické vody, které byly poté odvezeny na čistírnu odpadních vod v Boskovicích, kde bylo do kanystrů odebráno 5 zhomogenizovaných vzorků septických vod, viz Obr. 5.1 a 5.2.



Obr. 5.1 Slévání vzorků septických vod na ČOV Boskovice



Obr. 5.2 Kanystry s odebranými vzorky 1-4

5.1.1 Vzorky pro rozbory prováděné Fakultou stavební, VUT

Vzorek číslo jedna byl odebrán ze septiku s přepadem po 6 měsících akumulace. U vzorku šlo znatelně rozpoznat, že se jedná o čistě komunální splaškové vody. Na pohled měl hnědou barvu, byl podobný exkrementům a extrémně zapáchal. Z důvodu hustoty vzorku bylo potřeba jej u některých vyhodnocování přefiltrovat přes hrubé síto.

Druhý vzorek byl odebrán ze žumpy, která byla vyvážena pravidelně jednou za 3 týdny. Vzorek představoval komunální vody ze sportovní haly. Z tohoto důvodu voda neobsahovala například žádné zbytky z kuchyně, což bylo znatelné u některých zjištěných ukazatelů. Vzorek vykazoval šedé až černé zbarvení a jeho zápach nebyl příliš intenzivní.

Vzorkem číslo 3 byla voda odebraná po třech letech akumulace v septiku. Tímto vzorkem, stejně jako prvním, byly vody komunální z napojené domácnosti. Konzistencí, zápachem i barvou byl vzorek podobný vzorku číslo 1. Také u tohoto vzorku byla potřeba ho přefiltrovat.

Čtvrtým vzorkem byly komunální a průmyslové vody odebírány z žumpy každé pondělí a čtvrtek. Vody byly vizuálně zakalené a jejich barva byla hnědošedá. Tento vzorek, stejně jako vzorek číslo 2 připomíná říční sediment. Při měření ztráty žiháním šlo ze vzorku mírně cítit plast.



Obr. 5.3 Odebrané vzorky

5.1.2 Vzorky pro rozborů prováděné Vodárenskou akciovou společností, a.s.

Pátý vzorek byl odebrána a jeho rozborů byly provedeny Vodárenskou akciovou společností, a.s. Jedná se o vzorek komunálních vod z prodejního skladu, které byly akumulovány v jímce po dobu 14 dnů.

5.2 VYBRANÉ UKAZATELE PRO KVALITU PITNÉ VODY

Pro vzorky 1-4 byly provedeny rozborů na ústavu chemie Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně pod vedením pana Ondřeje Karáska.

Rozborů se prováděly pro následující ukazatele:

- pH... Vodíkový exponent
- ORP... Oxidačně-redukční potenciál
- N-NO₂... Dusitanový dusík
- N-N_{ox}... Oxidy dusíku
- N-NO₃... Dusičnanový dusík
- N-NH₄... Amoniakální dusík
- N-N_{KJ}... Kjeldahlův dusík
- N_{anorg}... Celkový anorganický dusík
- N_{org}... Celkový organický dusík
- N_c... Celkový dusík
- P_c... Celkový fosfor
- BSK₅... Biochemická spotřeba kyslíku

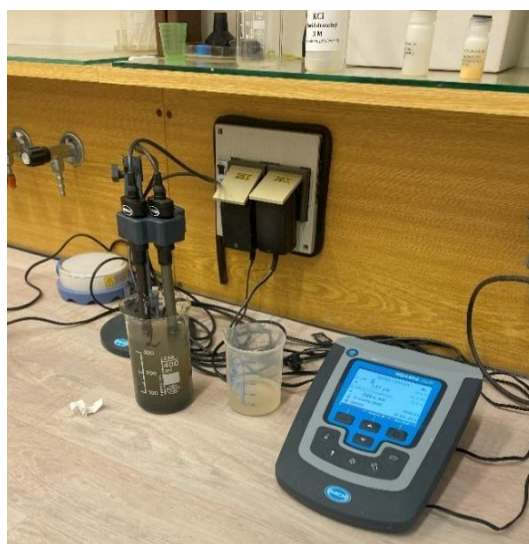
- CHSK_{Cr} ... Chemická spotřeba kyslíku
- VL-105 °C... Veškeré látky po sušení při 105 °C
- VL-550 °C... Veškeré látky po sušení při 550 °C
- ZŽ... Ztráta žíháním

Pro tyto ukazatele byly zjištěny hodnoty, které budou uvedeny v kapitole 5.3.

5.2.1 Provádění rozborů vybraných ukazatelů

Rozbory pro zmíněné ukazatele byly prováděny různými způsoby.

Analýza pro ukazatele pH a ORP byla prováděna pomocí pH metru, který ke stanovení hodnot využívá kombinaci dvou elektrochemických článků umístěných do jedné kombinované elektrody. Byl použit pH metr typu HQ440D multi společnosti HACH, který lze vidět na Obr. 5.4.



Obr. 5.4 Měření pH a ORP pomocí pH metru

Rozbory pro ukazatele N-NO_2 , P_c a CHSK_{Cr} byly prováděny pomocí spektrofotometru. Pro hodnotu dusitanů musely být vzorky přefiltrovány přes hrubé síto, kvůli možné abrazi zařízení. Vzorky pro vyhodnocení ukazatelů P_c a CHSK_{Cr} musely být také přefiltrovány, v tomto případě byla však potřeba využití filtračního papíru. Spektrofotometr použitý pro stanovení těchto ukazatelů byl typu DR3900 společnosti HACH.

Pro stanovení celkového fosforu bylo potřeba k 40 ml vzorku přidat 1,0 ml roztoku kyseliny askorbové, 4,0 ml směsného činidla a dále doplnit baňku až po rysku destilovanou vodou. Baňka se uzavřela šroubovým uzávěrem a roztok se promíchal. Po jeho zbarvení do modra (Obr. 5.5) se pomocí spektrofotometru měřila intenzita zbarvení, čímž byl určen obsah fosforečnanů, který odpovídal celkovému fosforu.

Analýza CHSK_{Cr} probíhala následujícím postupem. Do zkumavek se šroubovacím uzávěrem se odměřilo 50 mg HgSO_4 , 2,0 ml vzorku, 1,0 ml roztoku dichromanu draselného a 3,0 ml roztoku Ag_2SO_4 v koncentrované H_2SO_4 (Obr. 5.6). Zkumavky se řádně uzavřely a provedla se

mineralizace v mineralizačním bloku LT 200 značky HACH při teplotě 148 °C po dobu 1 hodiny. Po skončení mineralizace se vzorky nechaly na vzduchu zchladnout a poté se pomocí spektrofotometru měřila absorbance.



Obr. 5.5 Nachystané vzorky pro měření P_c pomocí spektrofotometru



Obr. 5.6 Příprava vzorků pro měření $CHSK_{Cr}$

Stanovení amoniakálního dusíku bylo provedeno titrační metodou s přechozí destilací vzorku. Destilace byla provedena pomocí zařízení určeného pro destilaci (Obr. 5.7). Před destilací byla do destilační baňky přidána lžice boraxu a pár skleněných kuliček. Po skončení destilace proběhla titrace kyselinou chlorovodíkovou, kdy do destilátu byl přidán Tashirův indikátor, což vzorek zbarvilo do zelené barvy. Titrace probíhala za použití elektromagnetické míchačky a s použitím automatické byrety Hirschmann Solar o objemu 20 ml. Poté proběhl přidávek HCl dokud se vzorek nezbarvil do fialové barvy (Obr. 5.8).



Obr. 5.7 Destilace vzorku pro určení N-NH₄



Obr. 5.8 Titrace vzorku pro určení N-NH₄

Kjeldahlův dusík byl zjišťován pomocí Kjeldahlovy metody, která spočívá v mineralizaci, destilaci a následné titraci vzorku. Do každé mineralizační trubice byly umístěny 2 tablety pro mineralizaci, které byly poté smíchány s naředěným vzorkem. Tyto trubice byly umístěny do stojanu a vloženy do přístroje, kde proběhla mineralizace (Obr. 5.9). Po ukončení mineralizace a vychladnutí mineralizátů, se vzorky naředily destilovanou vodou a umístili do zařízení určeného pro destilaci. Na výsledných destilátech byla poté prováděna titrace pro zjištění hodnot obsahu N_{KJ} (Obr. 5.10).



Obr. 5.9 InKjel M ručně nastavitelný infračervený trávící systém



Obr. 5.10 Titrace vzorku pro určení N_{KJ}

Hodnoty N-N_{ox} byly stejně jako hodnoty BSK₅ určeny pomocí sondy (Obr. 5.11). Určení BSK₅ bylo však poněkud náročnější. Vzorek analyzované vody se zředil zředovací vodou (Obr. 5.12),

poté se nalil do kyslíkovky a pomocí kyslíkové sondy byla změřena koncentrace rozpuštěného kyslíku (c_0). Po změření se kyslíkovka uzavřela tak, aby pod zátkou nezůstala vzduchová bublina a po dobu 5 dnů byly vzorky inkubovány ve tmě při teplotě 20 °C. Po inkubaci byla opět změřena koncentrace rozpuštěného kyslíku (c_5). Koncentrace se měřily také na slepých vzorcích, tj. na zřed'ovací vodě nalité do kyslíkovky, před (c_{s10}) a po 5denní inkubaci (c_{s15}). Výpočet BSK_5 poté proběhl dle rovnice 5.1.

$$BSK_5 = \frac{1000 \cdot \Delta c - (1000 - x) \cdot \Delta c_{sl}}{x} \text{ [mg.l}^{-1}\text{]} \quad (5.1)$$

kde $\Delta c = c_0 - c_5 \text{ [mg.l}^{-1}\text{]}$

$\Delta c_{sl} = c_{s10} - c_{s15} \text{ [mg.l}^{-1}\text{]}$



Obr. 5.11 Měření BSK_5 pomocí sondy



Obr. 5.12 Chystání vzorků pro měření BSK_5

Veškeré látky homogenizovaného vzorku byly zjištěny pomocí vysušení při 105 °C a vyžháním při teplotě 550 °C. Hodnoty $N\text{-NO}_3$, N_{anorg} , N_{org} , N_c a ztráta žháním byly nadále vypočítány z naměřených hodnot.

5.3 VÝSLEDKY HODNOT UKAZATELŮ KVALITY VODY

V této kapitole budou uvedeny výsledné hodnoty nejdůležitějších ukazatelů kvality vod.

5.3.1 Tabelární vyhodnocení výsledků rozborů

V tabulkovém zaznačení jsou vypsány výsledky pro všechny ukazatele vzorků vod, pro které byly rozborů prováděny. U odpadních vod je důležitá nutriční vyváženost, u které je potřeba zachování poměru $BSK:N:P$, čemuž odpovídají hodnoty 100:5:1. Z výsledků v Tab. 5.1 lze vyčíst, že tento poměr u septických vod není dodržen.

V Tab. 5.1 jsou také uvedeny orientační hodnoty pro vybrané ukazatele kvality splaškových vod pro jejich srovnání s vyhodnocenými hodnotami.

Tab. 5.1 Vyhodnocené ukazatele kvality vod pro vzorky 1-5

Vzorek	pH	ORP	N-NO ₂	N-N _{ox}	N-NO ₃	N-NH ₄	N-N _{KJ}	N _{anorg}
		mV	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹
1	6,52	-300,00	0,02	10,79	10,77	105,60	1123,20	116,40
2	7,37	-377,00	0,02	2,20	2,18	124,40	202,40	126,60
3	6,42	-226,00	0,03	6,46	6,43	0,80	549,60	7,30
4	8,36	-398,00	0,01	3,77	3,76	72,50	285,60	76,30
5	9,60	130,00	<0,20	---	<0,006	112,20	---	112,40
Orient. hodnoty	6,5 ~ 8,5	---	---	---	---	20 ~ 45	---	---
Vzorek	N _{org}	N _c	P _c	CHSK _{Cr}	BSK ₅	VL-105 °C	VL-550 °C	ZŽ
	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹
1	1017,6	1239,6	120,0	13970,0	3000,0	28666,0	3848,0	24818,0
2	78,0	329,0	19,6	780,0	520,0	1339,0	769,0	570,0
3	548,8	556,9	67,9	12430,0	----	35368,0	5018,0	30350,0
4	213,1	361,9	26,0	1260,0	860,0	1773,0	913,0	860,0
5	63,0	175,0	10,2	754,0	289,0	---	---	---
Orient. hodnoty	---	30 ~ 70	5 ~ 15	250 ~ 800	100 ~ 400	---	---	---

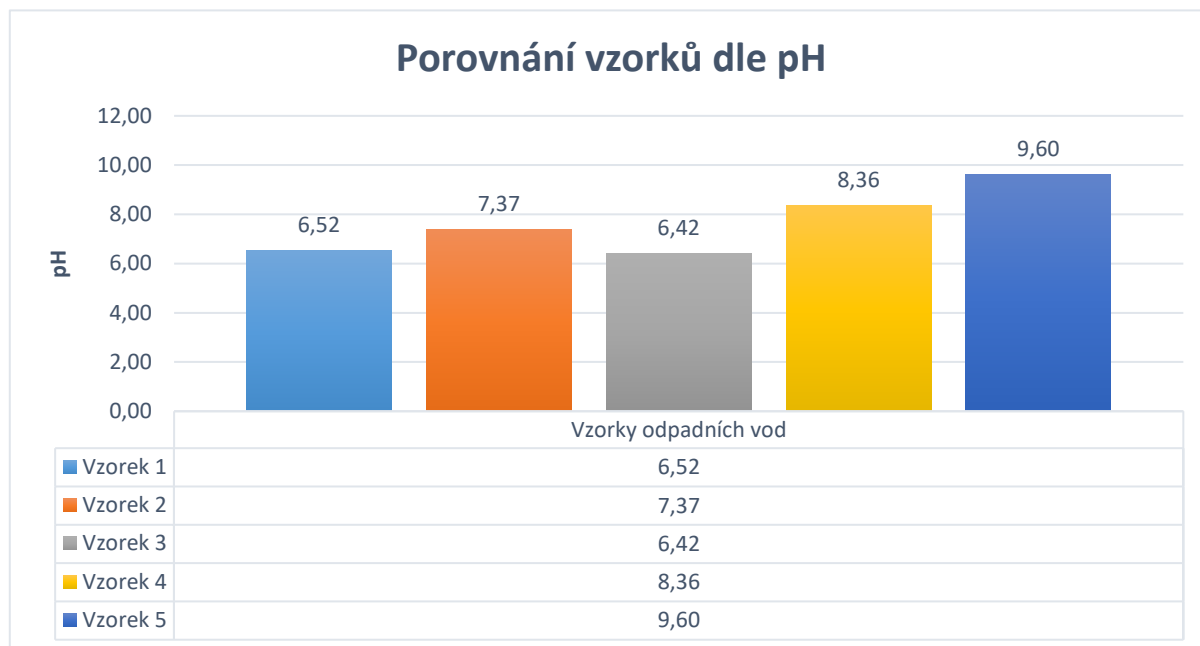
Základní poznatky k výsledným hodnotám:

- Všechny vzorky vykazují určitý podíl organických látek
- U vzorků s vyšším stářím je kyselější pH, jelikož zde proběhly procesy acidogeneze
- U vzorku číslo 3 byl po třech letech vyčerpán a rozložen N-NH₄ s přeměnou na methan, sulfan a merkaptany
- Koncentrace CHSK_{Cr} pro vzorek 1 a 3 vykazuje extrémní hodnoty, kvůli velkému podílu organických látek a vysokému stáří vzorku
- Hodnotu BSK₅ pro vzorek 3 nebylo možno stanovit, jelikož by byla potřeba velkého naředění vzorku, což by způsobilo exponenciální chybu ve stanovení. Předpoklad hodnoty byl nad 6000 mg.l⁻¹

5.3.2 Grafické vyhodnocení výsledků rozborů

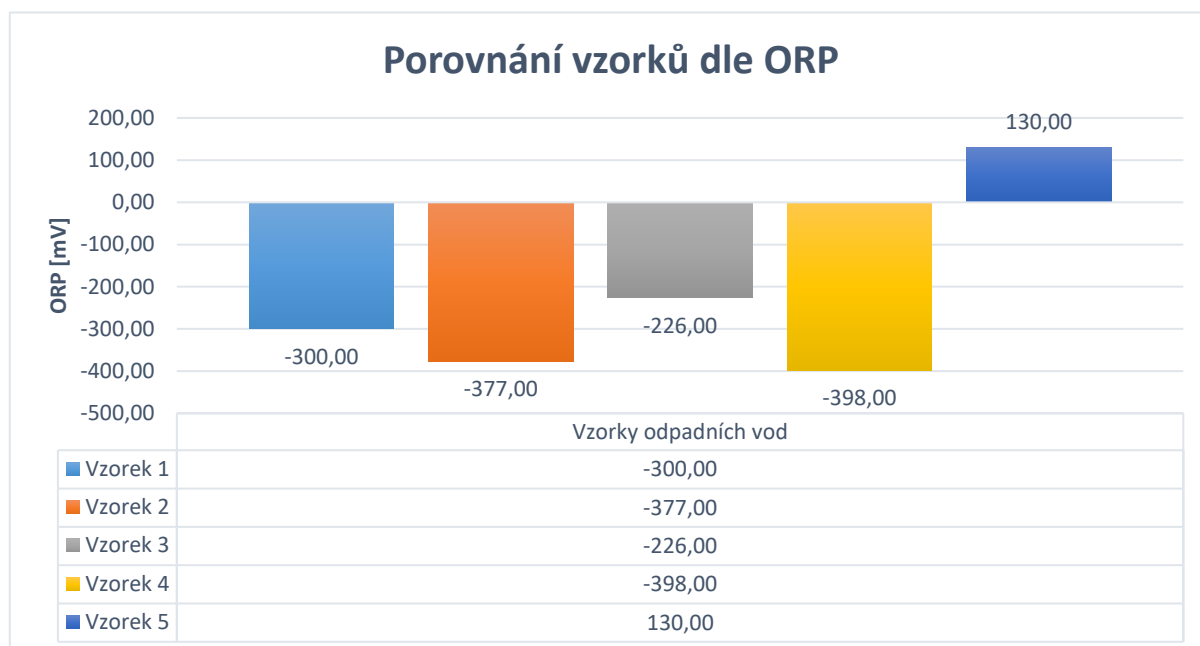
Pro grafické znázornění výsledků byly vybrány jen ty nejdůležitější ukazatelé, což v tomto případě jsou pH, ORP, celkový dusík a fosfor, CHSK_{Cr} a BSK₅. Pro tyto ukazatele byly vytvořeny grafy porovnávající odebrané vzorky.

Graf. 5.13 Porovnání vzorků dle pH



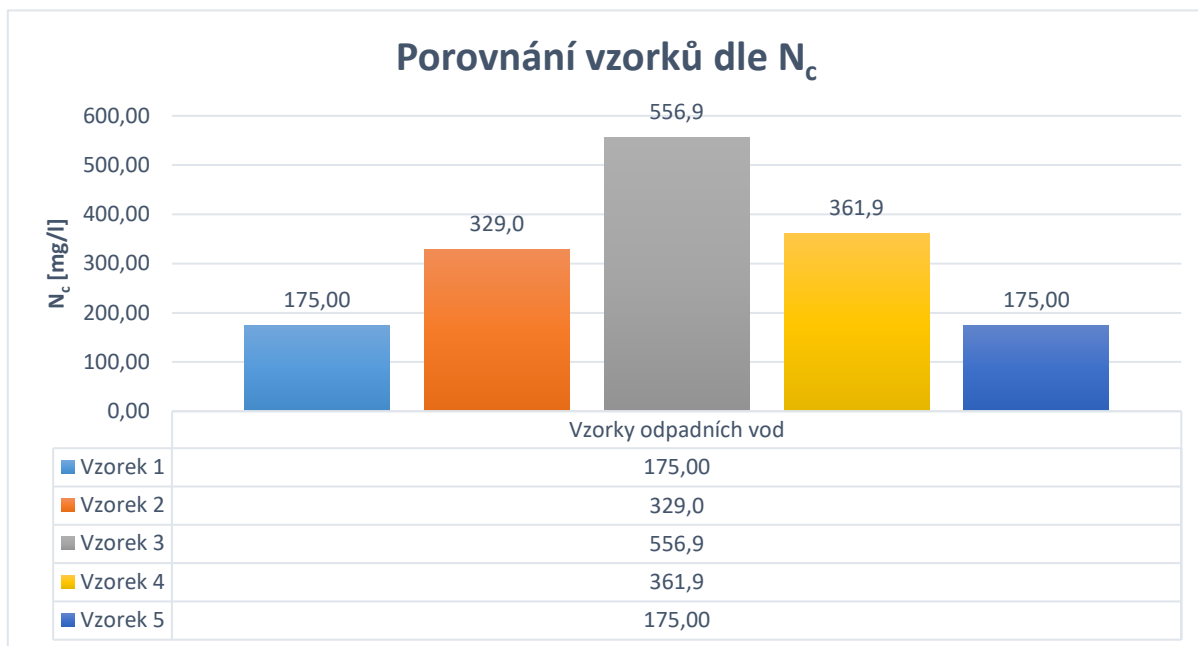
Vzorky 1 a 3 vykazují kyselé pH z důvodu vyššího stáří. Z toho vyplývá, že zde proběhl proces acidogeneze, u kterého vzniká kyselina, která okyseluje prostředí vod. Ostatní vzorky vykazují prostředí zásadité.

Graf. 5.14 Porovnání vzorků dle ORP



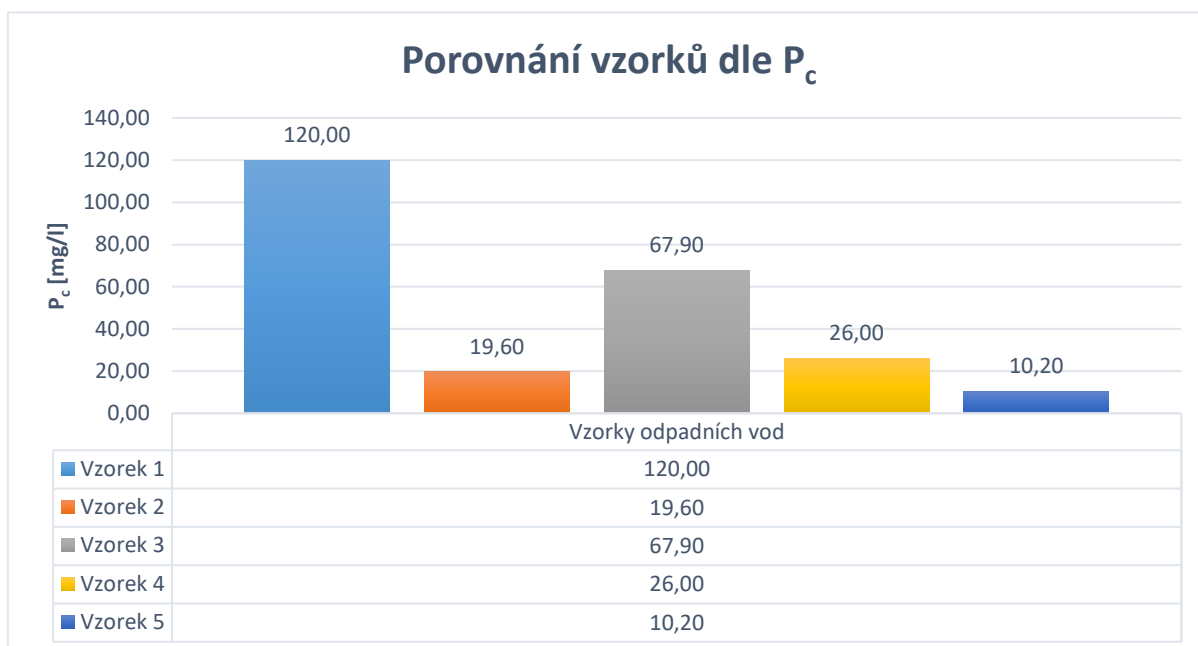
ORP vod se většinou pohybuje v rozmezí -500 mV až +500 mV. Jelikož vzorky 1-4 vykazují velké záporné hodnoty ORP, lze říci, že odebrané vody měly anaerobní prostředí. Pátý vzorek má kladnou hodnotu ORP, to znamená, že vzorek měl anoxické nebo anaerobní prostředí.

Graf. 5.15 Porovnání vzorků dle N_c



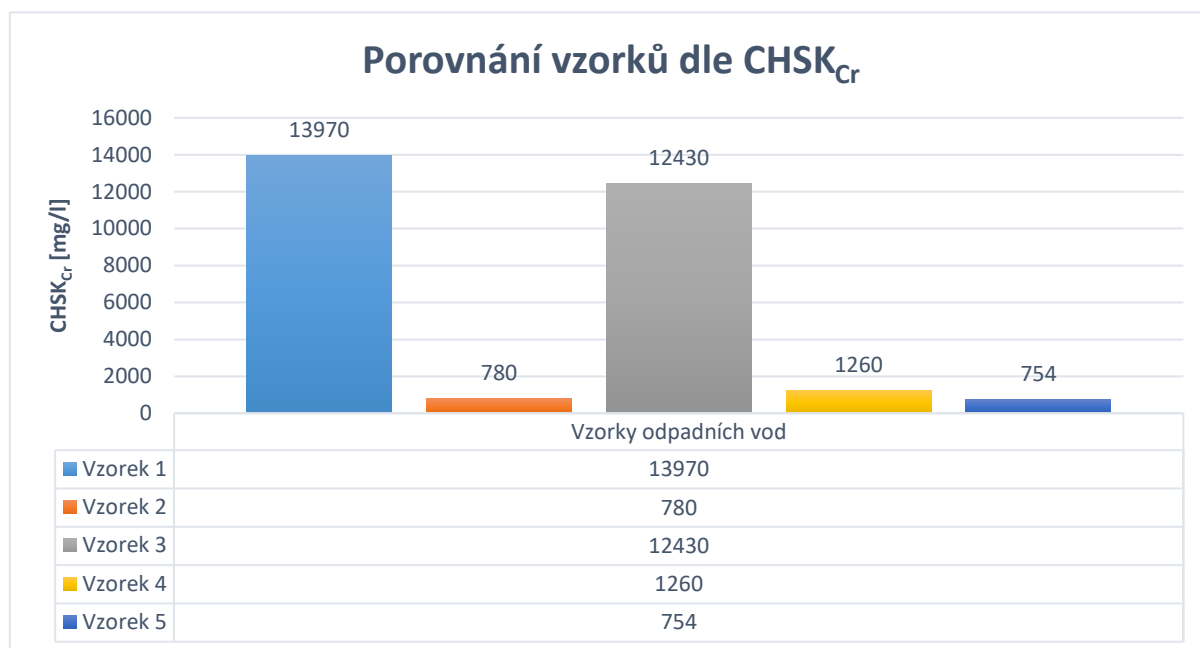
Obsah celkového dusíku u všech odebraných vzorků přesahoval standardní množství pro odpadní vody. Největší hodnota byla naměřena ve třetím vzorku, který byl odebrán po třech letech zdržení v septiku.

Graf. 5.16 Porovnání vzorků dle P_c



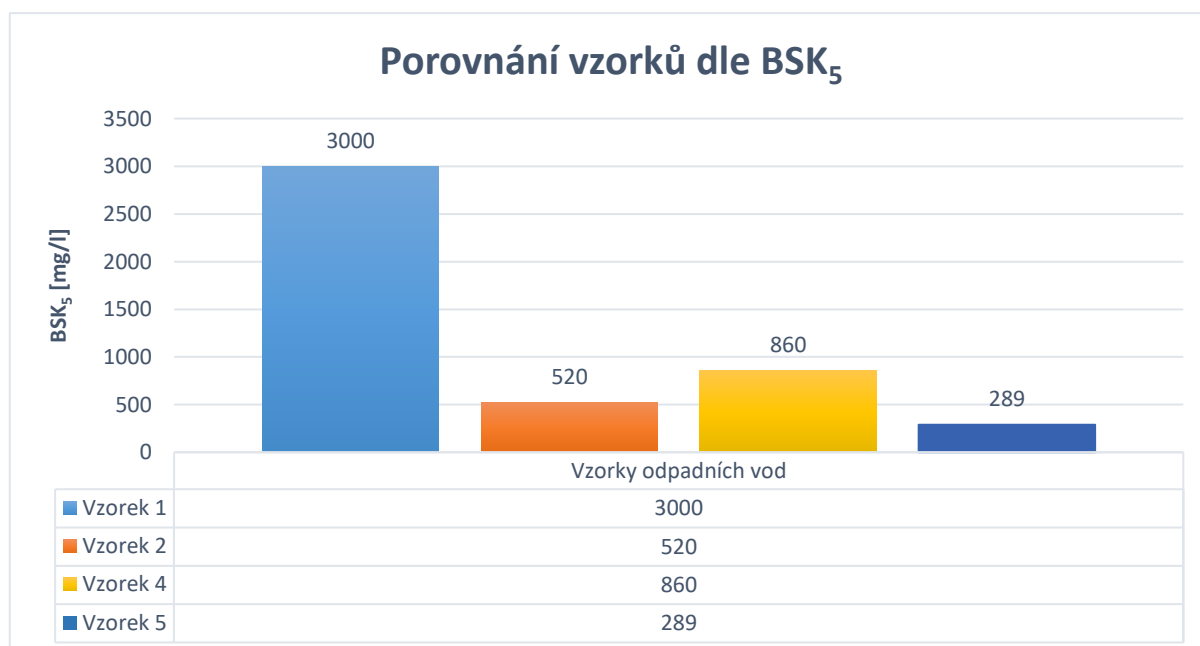
Celková fosfor v odpadních vod se pohybuje v rozmezí od 5 do 15 mg.l^{-1} . V tomto případě orientačnímu rozmezí odpovídá pouze vzorek číslo 5.

Graf. 5.17 Porovnání vzorků dle CHSK_{Cr}



Vzorky 1 a 3 vykazují extrémní hodnoty CHSK_{Cr}. Je to zapříčiněno vysokým stářím vzorku a vysokým obsahem organicky rozložitelných látek ve zkoumaných vodách.

Graf. 5.18 Porovnání vzorků dle BSK₅



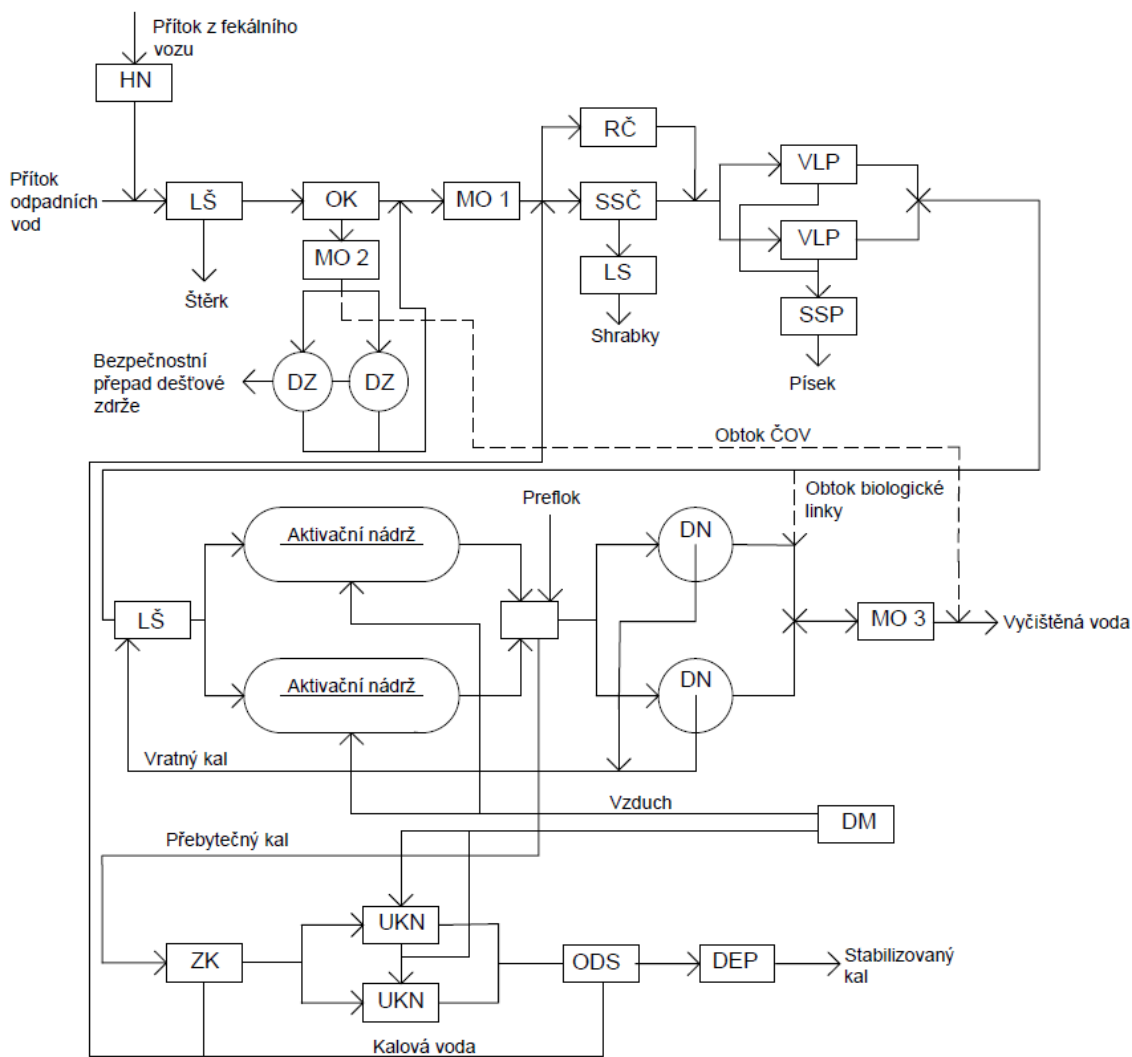
BSK₅ bylo určeno pouze pro vzorky 1, 2, 4 a 5, jelikož při měření vzorku 3 byl předpoklad hodnoty BSK₅ vyšší než 6000 mg.l⁻¹. Z tohoto důvodu nebylo možné hodnotu stanovit, protože by muselo proběhnout velké naředění vzorku, které by způsobilo exponenciální chybu ve stanovení ukazatele.

5.4 TECHNOLOGIE PRO ČIŠTĚNÍ SEPTICKÝCH VOD

V této kapitole bude popsána současná technologie čištění septických vod na ČOV v Boskovicích a dále navrhované varianty pro novou technologii čištění.

5.4.1 Technologie čištění na čistírně dopadních vod v Boskovicích

V současné době je technologie pro čištění septických vod prováděna způsobem vyvážení na ČOV v Boskovicích. Vody jsou vyčerpány z jímek a fekálním vozem odvezeny na čistírnu odpadních vod, kde jsou přes síto zachycující hrubé částice vypouštěny do homogenizační nádrže. V nádrži musí být navrženy aerační elementy pro provzdušňování a také míchadla, aby zde nedocházelo k sedimentaci kalu. Poté je voda postupně přiváděna na ČOV v Boskovicích, kde dochází k mechanickému předčištění pomocí česlí, lápáků šterku a písku. Dále voda putuje na biologické čištění, které probíhá pomocí aktivačních a dosazovacích nádrží, a nakonec se zde nachází kalové hospodářství. Technologické schéma znázorněné na Obr. 5.19 je vykresleno pro stávající ČOV, kde v současné době probíhá její intenzifikace, což znamená, že je čistírna rozšiřována o aktivační a dosazovací nádrže.



Legenda:

HN	Homogenizační nádrž	VLP	Vírový lapák písku
LŠ	Lapák štěrku	SPP	Separátor a pračka písku
OK	Odlehčovací komora	DN	Dosazovací nádrž
MO	Měrný objekt	DM	Dmýchárna
DZ	Dešťová zdrž	ZK	Zahuštění kalu
RČ	Ruční česle	UKN	Uskladňovací nádrž na kal
SSČ	Strojně stírané česle	ODS	Dekantační odstředivka
LS	Lis na shrabky	DEP	Deponie kalu
SEL	Selektor		

Obr. 5.19 Současné technologické schéma ČOV v Boskovících

Předčištění a mechanické čištění

Při čištění odpadních vod je potřeba odstranění hrubých, makroskopických látek, aby nedošlo k mechanickým závadám a zanášení dalších objektů na ČOV. Technologie mechanického čištění je založena na jevech jako jsou sedimentace, pro kterou se využívají lapáky písku a šterku. Dále flotace, která využívá lapáky tuků a olejů a nakonec cezení, pro což jsou potřebné česle a síta. [11]

Česle jsou používány jako zařízení pro odstranění hrubých nečistot a látek z vody. Dle velikosti průlin se jejich konstrukce dělí na jemné a hrubé česle a mohou být stírány ručně nebo strojně. Nachází se jako první stupeň čištění na ČOV a jejich hlavní funkcí je chránit ostatní zařízení před poškozením. [11]

Lapáky písku a šterku jsou zařízení sloužící k zachycení písku, minerálních částic a šterku a taktéž je jejich funkcí ochrana před poškozením či zanesením ostatních objektů na ČOV. [11]

Biologické čištění

Biologické čištění je založeno na principu odstranění organického znečištění působením mikroorganismů, což je prováděno pomocí aktivačních a dosazovacích nádrží.

Aktivační nádrž je zařízení sloužící k průběhu aktivačního procesu. Je umístěna před dosazovací nádrží a obsahuje aerální elementy pro provzdušňování. Aktivační proces spočívá v přivedení odpadní vody do aktivační nádrže, kde se mísí s vratným kalem. V nádrži probíhá intenzivní provzdušnění mechanickými aerátory nebo tlakovým vzduchem, což vede k vytvoření aktivovaného kalu, který se nadále separuje v dosazovací nádrži. Zahuštěný kal ze separační nádrže se vrací do aktivační nádrže, lze jej nazývat jako vratný kal. [11]

Dosazovací nádrže jsou nezbytnou součástí aktivačního procesu, jejich hlavní funkcí je separace aktivovaného kalu od vyčištěné vody. Dalšími základními funkcemi jsou zahušťování separovaného kalu k jeho recirkulaci a akumulace aktivovaného kalu při nárazovém hydraulickém zatížení. [11]

Kalové hospodářství

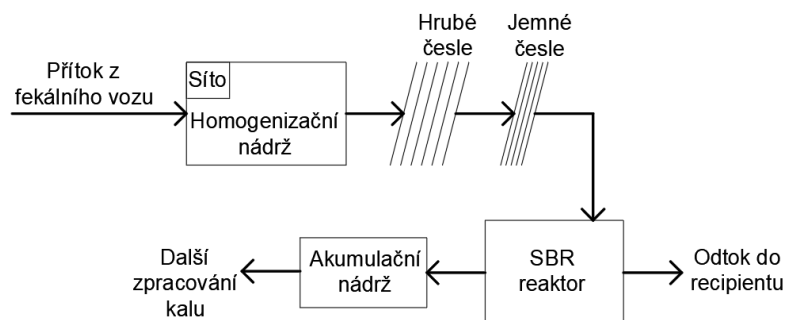
Kalové hospodářství musí být řešeno na každé čistírně odpadních vod. Je nutno jej posuzovat ve vztahu k hlavní technologické lince. [11]

První etapou zpracování kalu je zahušťování, což ovlivňuje další nakládání s kaly. Zahušťování kalu funguje na principu odstranění části volné vody a tím se sníží objemové množství kalu. Po zahušťování musí mít kal ještě tekutou konzistenci, aby byla možnost jeho dalšího zpracování. [11]

Následující etapou je odvodňování kalu, před kterou by měl být kal homogenizován, což probíhá v uskladňovací nádrži. Odvodňování poté probíhá pomocí dekantační odstředivky, která separuje pevné částice kalu odstředivou silou v rotujícím bubnu. Využívá se zde rozdíl hustoty vody a částic kalu. [11]

5.4.2 Varianta 1 – SBR reaktor

První navrženou variantou je zapojení SBR reaktoru neboli Sequencing Batch Reactor do procesu čištění. Tato varianta je složena z vypouštění septických vod z fekálního vozu přes síto zachycující hrubé nečistoty do homogenizační nádrže, která je vybavena aeračními prvky a míchadly. Poté voda protéká přes hrubé česle na jemné česle o velikosti průřin do 0,5 mm a dále do SBR reaktoru, který je podrobněji popsán v následujícím odstavci. Poté co voda projde reaktorem, je dále převedena do akumulární nádrže pro akumulaci kalu, který je následně odvezen na další ČOV vod. Technologie je schematicky naznačena na Obr. 5.20.



Obr. 5.20 Technologické schéma varianty 1

SBR reaktor funguje na principu průběhu veškerých procesů biologického čištění v určité časové posloupnosti v jedné společné nádrži. Nádrž reaktoru se nejprve plní odpadní vodou za současného míchání. Po naplnění se provzdušňováním vyvolávají oxické podmínky a mícháním se navozují anoxické podmínky. Navozování těchto podmínek probíhá střídavě. Po několika opakování těchto fází se objem reaktoru nechá sedimentovat a odpustí se vyčištěná voda z povrchu nádrže. Následně se z nádrže odstraní částečně i kal. Jednotlivé fáze jsou schematicky znázorněny na Obr. 5.21. [11]



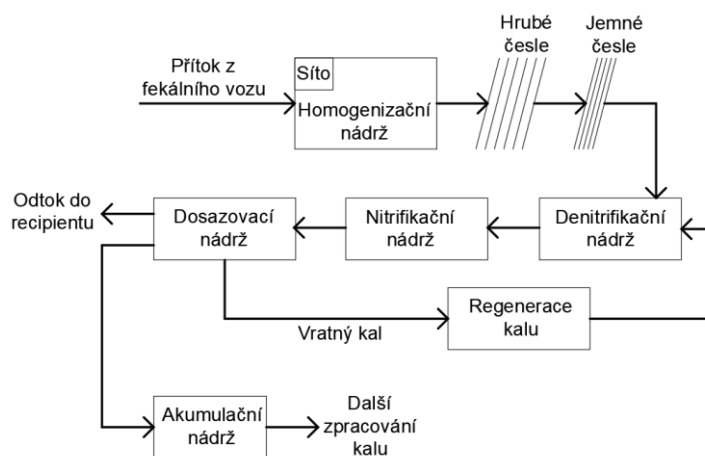
Obr. 5.21 Fáze SBR reaktoru [16]

5.4.3 Varianta 2 – R-D-N proces

Další navrženou technologií je aktivační proces tvořený R-D-N uspořádáním neboli Regenerace-Denitrifikace-Nitrifikace, který je určen pro biologické odstraňování dusíku. Tato varianta je stejně jako předchozí založena na přítoku septických vod přes hrubé síto do homogenizační nádrže, ze které poté voda prochází přes hrubé česle na jemné česle o velikosti

přůlin do 0,5 mm do procesu aktivace. R-D-N proces je založen na principu regenerace vratného kalu v provzdušňovaném reaktoru před tím, než je přiveden do anoxického reaktoru.

Znečištěná voda nejprve protéká anoxickou zónou a následně zónou oxickou. V oxických neboli provzdušňovaných nádržích probíhá oxidace (nitrifikace) látek organického znečištění a amoniakálního dusíku, který je přítomen ve vodě přitékající na ČOV. Vzniklé dusičnany se poté v neprovzdušňovaných nádržích redukují (denitrifikace) na neškodný plynný dusík, který se následně uvolňuje do atmosféry. Součástí technologie je také regenerační zóna, do které je přiváděn vratný kal z dosazovací nádrže. Bakterie zde zpracovávají své zásobní látky, čímž se dále zintenzivňuje proces čištění odpadních vod. Po dokončení R-D-N procesu nastává kalové hospodářství a následný odvoz na další ČOV. Technologické schéma tohoto procesu je vyobrazeno na Obr. 5.22.

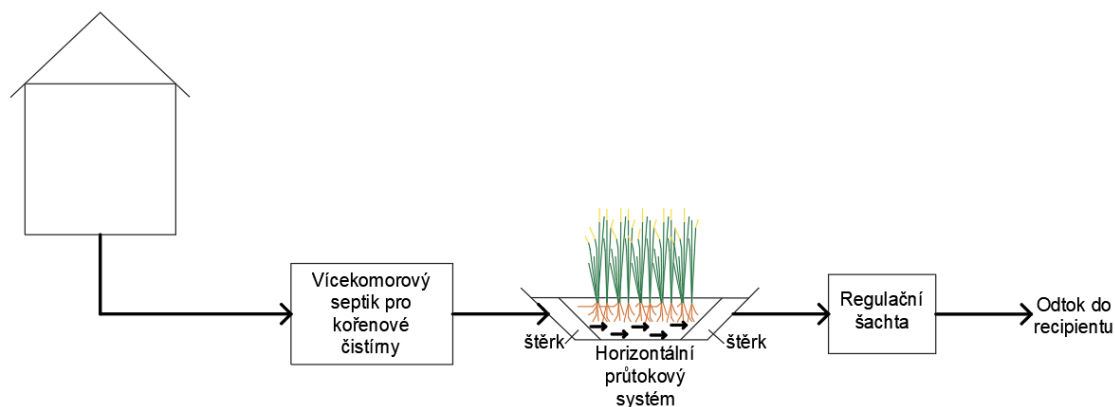


Obr. 5.22 Technologické schéma varianty 2

5.4.4 Varianta 3 – kořenová čistírna

Poslední navrženou technologií je kořenová čistírna odpadních vod, jejíž hlavní funkcí je čištění odpadních vod a vedlejšími funkcemi jsou například estetické působení na člověka nebo zlepšování mikroklima v okolí. Podle druhu přiváděné vody a napojené kanalizace se kořenová čistírna skládá převážně z částí mechanického předčištění, do kterého se řadí síto pro zachycení hrubých nečistot, jemné a hrubé česle, lapák písku a usazovací nádrž. Poté z hlavního stupně čištění, kde patří vertikální nebo horizontální filtry a soustava filtrů. V tomto případě se do procesu řadí také dočištění k odstranění celkového dusíku, což zahrnuje stabilizační nádrže. Součástí kořenové čistírny je také soustava betonových či plastových šachet plnicích specifické funkce, měrné objekty, propojovací potrubí a další zařízení.

Technologie kořenových čistíren s horizontálním filtrem je na území ČR používána nejčastěji z důvodu jednoduchosti návrhu a realizace. Odpadní voda je přivedena na filtr a pomalu protéká přes pórovitý substrát pod povrchem krycí vrstvy v téměř vodorovné dráze až je odveden z filtračního tělesa drenáží. Technologické schéma s horizontálním filtrem je naznačeno v Obr. 5.23.



Obr. 5.23 Technologické schéma varianty 3 s horizontálním filtrem

5.5 SHRUTÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI

Velké stáří vzorků a vysoký obsah organicky rozložitelných látek způsobilo, že ukazatelé v některých případech nabývají až extrémních hodnot.

Hodnoty pH v odpadních vodách se pohybují v rozmezí od 6,5 do 8,5, čemuž vyhovují všechny vzorky, kromě vzorku 5, který vykazuje silně zásadité prostředí. Hodnoty ORP vykazují, s výjimkou pátého vzorku, záporné hodnoty, což znamená, že vody měly anaerobní prostředí. Orientační hodnoty ORP ve vodách se pohybují v rozmezí -500 mV až +500 mV. Odebrané vzorky do tohoto rozmezí spadají. Naměřené hodnoty celkového dusíku vykazují až stovky mg.l^{-1} a zcela neodpovídají orientačním hodnotám pro odpadní vody, které se pohybují od 30 do 70 mg.l^{-1} . To je způsobeno vysokým obsahem organické hmoty ve splaškových vodách, které přitékají do septiků a žump. Ukazatel celkového fosforu u vzorku 1-4 také vykazuje vyšší hodnoty než je orientační rozmezí pro odpadní vody (5-15 mg.l^{-1}), vzorek 5 však do tohoto rozmezí spadá. Orientační koncentrace CHSK_{Cr} ve vodách odpovídá hodnotám 250-800 mg.l^{-1} , což v případě vzorku 1, 3 a 4 není dodrženo a příčinou může být například vyšší stáří vzorku nebo velký obsah organicky rozložitelných látek. Koncentrace BSK_5 jsou u vzorků 1, 2 a 4 vyšší než orientační hodnoty pro odpadní vody, které se pohybují v rozmezí 100-400 mg.l^{-1} . Pro vzorek 3, jak již bylo v přechozích kapitolách zmíněno, nebyla určena hodnota BSK_5 z důvodu možného vzniku potenciální chyby při jeho stanovení.

Z rozborů bylo zjištěno, že všechny vzorky septických vod obsahují určitý podíl organických látek, což znamená, že je možné je nadále čistit.

Pro technologii čištění byly navrženy tři varianty. Jednalo se o variantu s navržením SBR reaktoru místo aktivační a dosazovací nádrže, kde odpadní voda přitéká do jedné nádrže, ve které střídavě probíhá provzdušňování a míchání a následná sedimentace, dekantace a odtah přebytečného kalu. Další navrženou variantou byl R-D-N proces, při které voda nejprve protéká anoxickou a poté oxickou zónou a pokračuje dále do dosazovací nádrže. Poslední navrženou variantou byla kořenová čistírna, která má jak funkci čištění, tak i estetickou.

Bakalářská práce se přímo zabývala pouze předběžným návrhem variant, nikoli výpočty jejich objektů, a proto jsou tyto varianty popsány pouze technologicky. Varianty byly navrženy tak, aby navazovaly na produkty společnosti ASIO a na ČOV provozované Vodárenskou akciovou společností, a.s. Pro navržení dalších variant je potřeba počítat s nalezením kompromisu mezi produkty firem a provozovatelem, který musí zajišťovat správný chod objektů dle svých standardů.

6 ZÁVĚR

Bakalářská práce je zaměřena na nakládání a likvidaci septických vod. Pro tento účel bylo odebráno 5 vzorků septických vod z různých lokalit, na kterých byly prováděny rozborů jejich kvality. Dále byla navržena technologie pro jejich čištění.

Cílem práce je provedení rozborů pro zjištění koncentrací znečištění ukazatelů kvality septických vod, vyhodnocení, zda je možné vodu nadále čistit a následný návrh technologie.

V teoretické části jsou uvedeny právní předpisy a normy vydané na území České republiky a Evropské unie. Následující část zahrnuje charakteristiku odpadních vod, jejich rozdělení na splaškové, průmyslové, balastní a dešťové a také jejich rozdělení podle složení a biologického čištění. V této části jsou dále uvedeny základní ukazatele určující kvalitu odpadních vod, jejich definice a orientační hodnoty ve vodách. Jedná se o chemickou a biochemickou spotřebu kyslíku, nerozpuštěné látky, sloučeniny dusíku a fosforu, pH a oxidačně-redukční potenciál. Dále je popsána kvalita splaškových, průmyslových, balastních a dešťových vod a jejich množství společně s orientačními hodnotami a výpočty.

Následující část práce zahrnuje informace o objektech učených pro akumulaci septických vod. Jsou uvedeny jejich obecné definice, funkce, konstrukce, výpočty jejich rozměrů, typy nádrží a umístění. Dále jsou uvedeny informace o vývozu septických vod, jako například cena vývozu žump a septiků, časová pravidelnost a kontrola vývozu.

Na začátku praktické části se nachází stručný postup odbírání vod a popis všech odebraných vzorků. U každého vzorku je uvedeno, z jakého objektu byl odebrán, doba zdržení, o jaký druh vod se jedná a jejich vizuální vzhled. Nachází se zde také fotky z odběrů a samotné vzorky.

Další část se zabývá vybranými ukazateli kvality vod a prováděním jejich rozborů. Jedná se o ukazatele pH, ORP, N-NO₂, N-N_{ox}, N-NO₃, N-NH₄, N-N_{KJ}, N_{anorg}, N_{org}, N_c, P_c, BSK₅, CHSK_{Cr}, VL-105 °C, VL-550 °C a ZŽ. Následující kapitola se zabývá prováděním rozborů pro vybrané ukazatele, kde jsou uvedeny stručné postupy pro jejich provádění.

V následující kapitole jsou uvedeny výsledky rozborů v tabelární a grafické podobě. Je zde vytvořena tabulka, která obsahuje všechny naměřené a vypočítané hodnoty a také přípustné hodnoty některých ukazatelů. Dále je vytvořeno 6 grafů s porovnáním vzorků pro vybrané ukazatele kvality.

Poslední část práce se zabývá technologií čištění septických vod. Jsou uvedeny informace o současné technologii čištění vod na ČOV v Boskovicích a jsou také navrženy 3 nové varianty pro tuto technologii. Jedná se o SBR reaktor, R-D-N proces a kořenovou čistírnu s horizontálním filtrem. Závěrem práce je shrnutí praktické části, kde jsou porovnány hodnoty vzorků vod s přípustnými hodnotami odpadních vod.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Výzva Ministerstva zemědělství k podávání žádostí o poskytnutí podpory v rámci programu 129 410 „Podpora výstavby a technického zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací III“*. In: . Praha: Ministerstvo zemědělství, 2021, 12454/2021-MZE-15131
- [2] *Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí*. In: . 1992, číslo 17.
- [3] *Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. In: . 2001, číslo 254.
- [4] *Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů*. In: . 2001, číslo 274.
- [5] *Vyhláška č. 293/2002 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových*. In: . 2002, číslo 293.
- [6] *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)*. In: . 2001, číslo 428.
- [7] *Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby*. In: . 2009, číslo 268.
- [8] *Nářízení 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*. In: . 2015, číslo 401.
- [9] *Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a rady ustanovující rámeček pro činnost t Společenství v oblasti vodní politiky*. In: . 2000, číslo 60.
- [10] *Směrnice Rady č. 91/271/EHS, o čištění městských odpadních vod*. In: . 1991, číslo 271.
- [11] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN, Petr PRAX, Petr HLUŠTÍK a Radim MIFEK. *Stokování a čištění odpadních vod: Studijní opora, modul 1, 2*. Brno, 2006.
- [12] BERÁNKOVÁ, M. *Odpadní voda – odpad nebo poklad? Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2016, roč. 58, č. 2, str. 43–45. ISSN 0322-8916
- [13] *Recyklace tepla v budovách – šedé vody* [online]. 2012 [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/news/recyklace-tepla-v-budovach-sede-vody.51>
- [14] MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. *Chemie a technologie vody*. 2. doplněné vydání. Brno: ARDEC. ISBN 80-86020-50-9.
- [15] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9
- [16] *Fyzikálně chemické ukazatele pitné vody* [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.labtech.eu/laboratore/fyzikalne-chemicke-ukazatele/>

- [17] *Vyhláška 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*. In: . 2004, číslo 252.
- [18] *Kvalita odpadní vody v závislosti na množství kyslíku* [online]. [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/23158-kvalita-odpadni-vody-v-zavislosti-na-mnozstvi-kysliku>
- [19] *ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.
- [20] *ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [21] *ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel*. Praha: Český normalizační ústav, 1998.
- [22] VAN HAANDEL, Adrianus a Jeroen VAN DER LUBBE. *Anaerobic sewage treatment*. London, UK: IWA Publishing, 2019. ISBN 9781780409610.
- [23] *How Septic Systems Work* [online]. EPA [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/septic/how-septic-systems-work>
- [24] *Septik a jímka* [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.betonovejimky-septic.cz/betonovy-septik/>
- [25] *ČSN EN 12566-1 (756404) Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 1: Prefabrikované septiky*. Praha: Český normalizační ústav, 2001.
- [26] *MIROSEP jímky a septiky* [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.mirosep.cz/sklolaminatove-septiky>
- [27] *db Betonové jímky* [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.db-jimky.cz/septiky.html>
- [28] *Česká nádrž* [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.ceskanadrz.cz/septiky/>
- [29] *ITMSplast* [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: https://www.itmsplast.cz/data_1/soubory/282.pdf
- [30] *Chytámevodu.cz* [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.chytamevodu.cz/dvouplastove-septiky/septik-dvouplastovy-hranaty-20-m/>
- [31] *Ekocis: Hranaté septiky pro objekt do 20 osob* [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://ekocis.cz/septiky-hranate>
- [32] *Large-Capacity Cesspools* [online]. [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/uic/large-capacity-cesspools>
- [33] *ČSN 75 6081 Žumpy*. Praha: Český normalizační ústav, 2007.

-
- [34] *Česká nádrž* [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.ceskanadrz.cz/jimky/>
- [35] *PLASTOVRA CEKO, s.r.o.* [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://plastovar.cz/jimky-hranate/jimka-hranata-dvouplastova/>
- [36] *Vývoz septiku: Kdy, jak a kolik stojí?* [online]. 2022 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://zakra.cz/blog/vyvoz-septiku-a-cena-za-vyvazeni/>
- [37] *Čerpání a převoz odpadních vod* [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.bvk.cz/nase-sluzby/cerpani-a-prevoz-odpadnich-vod>
- [38] *Kolik stojí vývoz jímky a septiku? Porovnání cen a nákladů* [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.nasejimky.cz/blog/kolik-stoji-vyvoz-jimky-a-septiku--porovnani-cen-a-nakladu/>

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 ORP dle typu prostředí [14]	17
Tab. 3.2 Orientační složení splaškových odpadních vod (vybrané parametry) [19].....	18
Tab. 3.3 Orientační BSK ₅ u různých typů průmyslu [15]	20
Tab. 3.4 Znečišťující látky a jejich příslušné zdroje znečištění [11]	21
Tab. 3.5 Specifické průměrné denní množství vypouštěných odpadních vod q [21]	23
Tab. 3.6 Koeficienty denní nerovnoměrností pro čistírny odpadních vod [11]	23
Tab. 3.7 Koeficienty hodinových nerovnoměrností [19]	24
Tab. 3.8 Zastoupení hlavních živin v jednotlivých druzích vod [19]	25
Tab. 3.9 Doporučené součinitele odtoku Ψ pro orientační výpočet [19].....	26
Tab. 4.1 Orientační náklady za odčerpání žumpy bez DPH [38].....	37
Tab. 4.2 Orientační náklady za odčerpání septiku bez DPH [38]	37
Tab. 5.1 Vyhodnocené ukazatele kvality vod pro vzorky 1-5	45

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1 Rozklad organické hmoty v aerobních podmínkách [11]	11
Obr. 3.2 Schéma anaerobního rozkladu organických látek [11]	12
Obr. 3.3 Formy fosforu [11]	15
Obr. 4.1 Funkce dvoukomorového septiku [24]	28
Obr. 4.2 Plastový válcový dvoukomorový septik [26]	28
Obr. 4.3 Betonový hranatý vícekomorový septik [27]	28
Obr. 4.4 Samonosná kruhová nádrž [28]	29
Obr. 4.5 Samonosná hranatá nádrž [28]	29
Obr. 4.6 Dvouplášťová kruhová nádrž [28]	30
Obr. 4.7 Dvouplášťová hranatá nádrž [30]	30
Obr. 4.8 Kruhová nádrž k obetonování [28]	31
Obr. 4.9 Hranatá nádrž k obetonování [28]	31
Obr. 4.10 Schéma znázorňující umístění septiku [25]	32
Obr. 4.11 Schéma funkce žumpy [32]	33
Obr. 4.12 Samonosná kruhová nádrž [34]	34
Obr. 4.13 Samonosná hranatá nádrž [34]	34
Obr. 4.14 Dvouplášťová kruhová nádrž [34]	35
Obr. 4.15 Dvouplášťová hranatá nádrž [35]	35
Obr. 4.16 Kruhová nádrž k obetonování [34]	35
Obr. 4.17 Hranatá nádrž k obetonování [34]	35
Obr. 5.1 Slévání vzorků septických vod na ČOV Boskovice	39
Obr. 5.2 Kanystry s odebranými vzorky 1-4	39
Obr. 5.3 Odebrané vzorky	40
Obr. 5.4 Měření pH a ORP pomocí pH metru	41
Obr. 5.5 Nachystané vzorky pro měření P_c pomocí spektrofotometru	42
Obr. 5.6 Příprava vzorků pro měření $CHSK_{Cr}$	42
Obr. 5.7 Destilace vzorku pro určení $N-NH_4$	43
Obr. 5.8 Titrace vzorku pro určení $N-NH_4$	43
Obr. 5.9 InKjel M ručně nastavitelný infračervený trávicí systém	43

Obr. 5.10	Titrace vzorku pro určení N_{KJ}	43
Obr. 5.11	Měření BSK_5 pomocí sondy	44
Obr. 5.12	Chystání vzorků pro měření BSK_5	44
Graf. 5.13	Porovnání vzorků dle pH	46
Graf. 5.14	Porovnání vzorků dle ORP	46
Graf. 5.15	Porovnání vzorků dle N_c	47
Graf. 5.16	Porovnání vzorků dle P_c	47
Graf. 5.17	Porovnání vzorků dle $CHSK_{Cr}$	48
Graf. 5.18	Porovnání vzorků dle BSK_5	48
Obr. 5.19	Současné technologické schéma ČOV v Boskovicích.....	50
Obr. 5.20	Technologické schéma varianty 1	52
Obr. 5.21	Fáze SBR reaktoru [16].....	52
Obr. 5.22	Technologické schéma varianty 2	53
Obr. 5.23	Technologické schéma varianty 3 s horizontálním filtrem.....	54

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČOV...	Čistírna odpadních vod
DČOV...	Domovní čistírna odpadních vod
EO...	Ekvivalentní obyvatel
ČR...	Česká republika
EU...	Evropská unie
CO ₂ ...	Oxid uhličitý
H ₂ O...	Voda
CHSK...	Chemická spotřeba kyslíku
CHSK _{Cr} ...	Chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným
CHSK _{Mn} ...	Chemická spotřeba kyslíku manganistanem draselným
K ₂ Cr ₂ O ₇ ...	Dichroman draselný
KMnO ₄ ...	Manganistan draselný
TSK...	Teoretická spotřeba kyslíku
BSK...	Biochemická spotřeba kyslíku
BSK ₅ ...	Pětidenní biochemická spotřeba kyslíku
P...	Fosfor
N...	Dusík
N-NH ₃ ...	Amoniakový dusík
N-NH ₄ ⁺ ...	Amoniakální dusík
N-NO ₂ ⁻ ...	Dusitanový aniont
N-NO ₃ ⁻ ...	Dusičnanový aniont
N ₂ ...	Elementární dusík
CNO ⁻ ...	Kyanatany
CN ⁻ ...	Kyanidy
N ₂ O...	Oxid dusný
N _{celk} ...	Celkový dusík
N _{org} ...	Organický dusík
N _{anorg} ...	Anorganický dusík
N _{Kj} ...	Kjeldahlův dusík

ORP...	Oxidačně-redukční potenciál
NL...	Nerozpuštěné látky
Fe...	Železo
DPH...	Daň z přidané hodnoty
VUT...	Vysoké učení technické v Brně
VAS...	Vodárenská akciová společnost, a.s.

SUMMARY

The bachelor's thesis is focused on septic water treatment and disposal. For this purpose, 5 samples of septic water were collected from different locations and analysed for their quality. Furthermore, a technology for their treatment was proposed.

The aim of the work is to carry out analyses to determine the concentrations of pollution indicators of septic water, to evaluate whether it is possible to treat septic water again and the subsequent design of the technology.

The theoretical part of the thesis is focused on legal regulations and standards issued in the Czech Republic and the European Union. The characteristics of wastewater, the indicators determining the quality of wastewater, the quality and quantity of sewage, industrial, ballast and storm water are also described, together with indicative values and calculations. The following part includes information about the objects used for septic water accumulation such as septic tank and cesspools. It includes their general definition, function, construction and also information on septic water export.

The practical part of the thesis deals with the collection of septic water samples and their brief description. It is indicated from which object every sample was taken, the residence time and its visual appearance. The next section is focused on the selected water quality indicators and their analysis. The practical part also includes results of the analyses in tabular and graphical form. A table containing all the measured and calculated values as well as the permissible values of some indicators is presented. In addition, 6 graphs are produced with sample comparisons for selected quality indicators.

The last part of the work deals with the septic water treatment technology. Information on the current technology of water treatment at the Boskovice WWTP is presented and 3 new variants for this technology are also proposed. These are the SBR reactor, the R-D-N process and the root treatment plant with horizontal filter. The paper concludes with a summary of the practical part, where the values of water samples are compared with the permissible values of wastewater.