



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

NÁZEV PRÁCE

MNOŽSTVÍ ODPADU Z PROCESU ČISTĚNÍ
ODPADNÍCH VOD

AMOUNTS OF WASTE FROM THE WASTEWATER TREATMENT PROCESS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radim Žíla

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	B3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
PRACOVISŤE	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

STUDENT	Radim Žíla
NÁZEV	Množství odpadů z procesu čištění odpadních vod
VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
DATUM ZADÁNÍ	30. 11. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.

Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA

Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Úplné znění nařízení vlády č. 23/2011 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, 2011.
- [2] 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.
- [3] LIN, Shundar. Water and wastewater calculations manual. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2007, xi, 945 s. ISBN 00-714-7624-5.
- [4] HLAVÍNEK, Petr. Intenzifikace čistíren odpadních vod. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996, 235 s. ISBN 80-860-2001-0.
- [5] MALÝ, Josef; Malá, Jitka. Chemie a technologie vody. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-86020-50-9.
- [6] SLOBODIAN, Petr. Nakládání s odpady. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013, 192 s. ISBN 978-80-7454-252-7.
- [7] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing.
- [8] Periodika Vodní stavitelství, Sovak.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Bakalářská práce bude zaměřena na produkci a objemové množství vzniklých odpadů v mechanickém, biologickém a terciálním stupni ČOV (příkladem jsou shrabky, tuky, písek, kal a další). Vzniklé produkty z ČOV student zařadí do katalogu odpadů, definuje jeho vlastnosti, roční produkci, shromažďování a nakládání s těmito odpady. V praktické části práce student navštíví vybrané ČOV na jižní Moravě. Ze získaných informací a dat provede přepočítání produkce odpadů na jednotlivých stupních čištění v závislosti na ročním období a porovná s návrhovými (normovanými) parametry pro výpočet ČOV.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na množství odpadu z čistíren odpadních vod do 2000 ekvivalentních obyvatel s gravitačním přítokem. V první části rešerše jsou vyjmenovány typy jednotlivých čistíren odpadních vod do 2000 ekvivalentních obyvatel. V druhé části jsou již rozebrány jednotlivé objekty čistírny odpadních vod, jejich návrhové parametry a nakládání s odpadem zde vzniklým.

Praktická část se zabývá vyhodnocením vzniklého odpadu na čistírnách odpadu do 2000 ekvivalentních obyvatel v jednotlivých obcích Jihomoravského kraje. Jde o přepočtení vzniklého odpadu shrabků, písku, nerozpuštěných látek a kalu na ekvivalentního obyvatele a následného srovnání s hodnotami uvedenými v ČSN. V závěru práce jsou srovnány všechny obce a jejich produkce odpadu je následně srovnána s hodnotami z ČSN.

ABSTRACT

This Bachelor's Thesis is focused on the amount of waste produced by the sewage treatment plants for the amount up to 2.000 equivalent inhabitants with the gravitational inflow. There are all the types of individual sewage treatment plants of the size up to 2.000 equivalent inhabitants listed in the first section of the theoretical part and the second section of the theoretical part deals with the thorough analysis of all the objects within the sewage treatment plant, their draft specifications and the description of the waste handling.

The practical part of this Bachelor's Thesis deals with the evaluation of the production of waste for the amount up to 2.000 equivalent inhabitants in individual municipalities within the South Moravian region. More specifically it describes the waste of screenings, sand, insoluble substances and sludge on one equivalent inhabitant and its subsequent comparison with the regulation according to ČSN. The evaluation compares all the municipalities among each other and their production of waste is also compared to ČSN.

KLÍČOVÁ SLOVA

Čistírna odpadních vod, česle, produkce shrabků, lapák písku, produkce písku, lapák tuků, produkce tuku, dosazovací nádrž, produkce kalu

KEYWORDS

Wastewater treatment plant, screen, production of screenings, grit chambre, production of sand, grease separator, production of grease, clarifier tank, production of sludge

Bibliografická citace VŠKP

ŽÍLA, Radim. *Množství odpadů z procesu čištění odpadních vod*. Brno, 2016. 72 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22.5.2017

.....
podpis autora

Radim Žíla

Poděkování:

Touto cestou bych rád poděkoval svému vedoucímu Ing. Petru Hlušítkovi, Ph.D. za jeho pomoc a za to, že mi umožnil zpracovat tak zajímavé téma.

V neposlední řadě děkuji rodině za podporu a poskytnutý čas pro moji tvorbu.

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	ROZDĚLENÍ ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD DO 2000 EO	13
2.1	Čistírny odpadních vod kategorie 5 - 50 EO	13
2.1.1	Domácí čistírna odpadní vod	13
2.1.2	Septiky	15
2.2	ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD KATEGORIE 50 – 500 EO	16
2.2.1	Konvenční systém s aktivovaným kalem.....	17
2.2.2	Čistírny s rotujícími biodisky.....	18
2.2.3	Kombinace biodisku a aktivovaného kalu	19
2.2.4	Membránové bioreaktory.....	20
2.3	Kategorie 500–2 000 EO	20
2.3.1	Mechanické předčištění a objekty předčištění	21
2.3.2	Biologické čištění	21
2.3.3	Kalové hospodářství	21
3	VZNIK ODPADU NA JEDNOTLIVÝCH OBJEKTECH ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD 23	
3.1	Hrubé a jemné česle	23
3.1.1	Návrhové parametry	24
3.1.2	Likvidace a skladování	26
3.1.3	Závěr	29
3.2	Lapák písku a štěrku	31
3.2.1	Návrhové parametry	32
3.2.2	Likvidace a skladování	33
3.2.3	Závěr	34
3.3	Lapák tuků	35
3.3.1	Návrhové parametry	36
3.3.2	Likvidace a skladování	37
3.3.3	Závěr	37
3.4	Dosazovací nádrže	38
3.4.1	Návrhové parametry	41
3.4.2	Likvidace a skladování	42
3.4.3	Závěr	48
3.5	Kritické zhodnocení rešerše	49
4	PRAKTICKÁ ČÁST	51
4.1	Popis jednotlivých obcí	51
4.1.1	Obec A	51
4.1.2	Obec B	53
4.1.3	Obec C	54
4.1.4	Obec D	55
4.1.5	Obec E	56
4.1.6	Obec F.....	57

4.1.7	Obec G.....	58
4.1.8	Obec H.....	59
4.2	Shrnutí	60
4.2.1	Shrabky.....	60
4.2.2	Písek.....	60
4.2.3	Kal a nerozpuštěné látky.....	61
4.2.4	Závěr.....	62
5	ZÁVĚR	64
6	POUŽITÁ LITERATURA.....	65
	SEZNAM TABULEK	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ	70
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	71
	SUMMARY	72

1 ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá problémem vzniku odpadu z procesu čištění odpadních vod, jeho množstvím a následnou likvidací jednotlivých odpadů. K odpadu vzniklému z procesu čištění odpadních vod musíme přistupovat zcela individuálně. Každá čistírna odpadních vod má jak odlišné množství, tak složení odpadů. Množství a složení odpadů z procesu čištění odpadních vod se hodně liší, hlavním faktorem je počet ekvivalentních obyvatel a složení vod z průmyslu a zemědělství, kterou významní producenti daného území produkují. Převážná většina stokových sítí v České republice je na pokraji životnosti, což může v budoucnu způsobit velké potíže. Inspirovat bychom se měli u sousedních států jako je Německo, kde sanace probíhá průběžně a nikoli až nastane větší problém. Mezi odpady z čištění odpadní vody patří shrabky což je odpad, který vzniká při primárním čištění na česlích a obsahuje nejčastěji hrubé plovoucí splaveniny jako kusy dřev, velké chuchvalce hadrů, ale i cihly a větší kameny. Shrabky se likvidují třemi způsoby, kompostováním (shrabky s převážně organickou hmotou, je nutná hygienizace), skládkováním (je nutno proprat a hygienizovat), spalováním (je nutno odvodnit). Dalším odpadem je písek, popřípadě štěrk, který se zachytává pomocí lapáku písku, štěrku. Tento odpad je nutné zachycovat, aby nedocházelo k ucpávání potrubí, poškozování pohyblivých mechanických zařízení a čerpadel. Písek a štěrk se likviduje nejčastěji skládkováním, popřípadě lze i kompostováním. Před jeho vývozem je třeba písek pomocí separátoru písku odloučit ze sedimentu a tím ho zbavit nečistot. Jako poslední odpad z procesu čištění odpadní vody je kal. U čistíren do 2000 EO nejčastěji vznikají dva druhy kalů a to aktivovaný a chemický. Před likvidací kalu je třeba kal odvodnit a hygienizovat. Kal lze využít k zemědělským účelům, nebo ke kompostování, to ale jen u kalů do kategorie II. Ostatní kaly se se buď skládkují, nebo spalují. Co se týče nakládání s odpady je toto téma velice zajímavé, protože převážná většina odpadů z čištění odpadních vod je skládkována. Se souhlasem novely o konci skládkování odpadů do roku 2024 by mělo dojít k rozšíření alternativ likvidace a využití těchto odpadů. Například již zmíněné Německo má od roku 2010 nulové hodnoty u skládkování kalu, což je skvělý výsledek, který můžeme vidět jen u pár evropských států.

Cíl práce

Cílem práce je rozdělení čistíren odpadních vod do 2000 EO. Následně budou popsány jednotlivé objekty čistírny odpadních vod, jejich návrhové parametry a zacházení s odpadem zde vzniklým. V poslední části bude vyhodnocena produkce odpadu u čistíren odpadních vod

do 2000 EO z Jihomoravského kraje. Výsledkem budou grafy a tabulky, kde budou srovnány hodnoty návrhové s hodnotami vypočtenými.

2 ROZDĚLENÍ ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD DO 2000 EO

Čistírna odpadních vod je zařízení k čištění odpadních vod na úroveň umožňující jejich bezpečné vypouštění do vod povrchových výjimečně i půdních vrstev. V procesu čištění dochází k odstranění znečištění kombinací fyzikálních a biologických procesů. Současně vznikají odpady z procesu čištění – u nejmenších ČOV pouze přebytečný kal, u větších ČOV jsou to zejména shrabky, písek a přebytečný kal. Návrh ČOV tedy musí řešit jak vlastní čištění, tak manipulaci a nakládání s produkovaným odpadem. [1]

Čistírny odpadních vod do 2 000 EO lze rozdělit na tři kategorie:

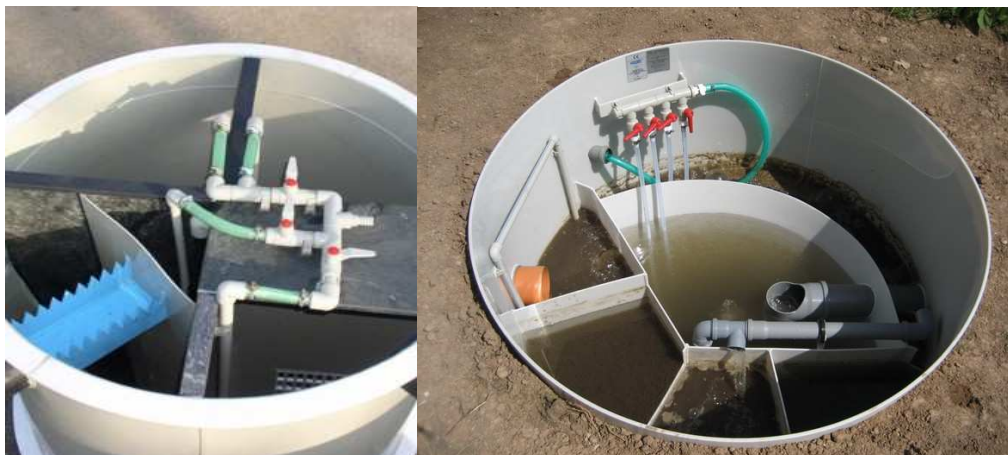
- Kategorie 5-50 EO
- Kategorie 50–500 EO
- Kategorie 500–2 000 EO

2.1 ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD KATEGORIE 5 - 50 EO

Domovní ČOV – domovní čistírna odpadních vod je určena k likvidaci a čištění odpadních vod z rodinných domů a jiných nejmenších zdrojů znečištění např. malých penzionů a restaurací, malých provozoven apod. Malá domácí ČOV, neboli domovní čistírna odpadních vod může být instalována i u rekreačních objektů, jako jsou chaty a chalupy, avšak s přihlédnutím k charakteru provozu daného objektu. Domovní čistírna odpadních vod nahrazuje dnes již nevhodné septiky a žumpy. Je šetrná k životnímu prostředí. [2]

2.1.1 Domácí čistírna odpadní vod

Domovní čistírny odpadních vod vyráběné tuzemskými výrobci jsou v drtivé většině dodávány v kontejnerovém provedení z plastů (obrázek 2.1 a 2.2), laminátu a nerez. Domovních čistíren je celá řada, liší se jak po stránce technologické, tak po stránce užitné hodnoty. Co se týče technologií, jsou v zásadě dva způsoby aerobní a anaerobní. Buď se bakterie účastní se čistícího procesu vznášejí ve formě vloček (aktivační ČOV), nebo jsou přisedlé na nějakém nosiči (ČOV s nárůstovými technologiemi). Případně jsou možné i kombinace těchto technologií. V zásadě obecně platí, že nárůstové technologie jsou stabilnější, aktivace (čili vločky ve vznosu) pak vhodnější na více zatížené vody a jsou levnější. Kombinace nárůstových kultur a aktivace je sice účinné a stabilní řešení, ale je nejdražší. Pro oba typy je z pohledu dlouhodobé stability vhodné používat akumulární jímku na kal, která umožňuje dlouhodobou retenci kalu v systému bez nebezpečí nedobrovolného odkalování odtokem z domácí čistírny odpadních vod. [3,1]



Obrázek 2.1, 2.2 Domovní čistírna [4,5]

Vodní zákon stanovuje, že na toho, kdo zneškodňuje odpadní vody prostřednictvím vodního díla určeného pro čištění odpadních vod do 50 EO, jehož podstatnou součástí je výrobek označovaný CE (Conformity Declaration), se nevztahuje povinnost měřit objem vypouštěných odpadních vod a míru jejich znečištění. Výrobek označovaný CE je podstatnou součástí vodního díla určeného pro čištění odpadních vod do 50 EO (domovní ČOV). Tyto výrobky jsou certifikované a testované podle ČSN EN 12566-3. Mají ověřenou účinnost a technické řešení v souladu s evropskými standardy. V současné době by na trh neměly být uváděny jiné výrobky než se značkou CE. Výrobky s označením CE jsou rozděleny do 3 kategorií (Tabulka 2.1). [6]

Kategorie I

- Kategorie I – DČOV určené pro obvyklé vypouštění do vod povrchových. S DČOV kategorie I se uvažuje jako s obvyklým řešením pro většinu lokalit, ve kterých se využití DČOV předpokládá, a to zejména tam, kde se prokáže, že použitím zařízení této kategorie nebudou překročeny normy environmentální kvality uvedené v příloze č. 3 k tomuto nařízení. Příslušným certifikátem dle ČSN EN 12566-3 je doložena požadovaná úroveň odstranění uhlíkatého znečištění.

Kategorie II

- Kategorie II – DČOV, u nichž je vyšší účinnost odstranění uhlíkatého znečištění a stabilní nitrifikace nutná vzhledem ke zvýšené ochraně povrchových vod, zejména tam, kde zvýšený obsah amoniaku může působit toxicky na vodní ekosystémy a tam, kde malá vodnost toku nezaručuje dosažení norem environmentální kvality a požadavků na užívání vod uvedených v příloze č. 3 k tomuto nařízení. DČOV musí garantovat při navrhovaném zatížení dostatečné aerobní stáří kalu tj. větší objem

aktivace ve srovnání s kategorií I nebo jiný konstrukční prvek zaručující zvýšení koncentrace vhodných mikroorganismů v systému např. nosič biomasy apod.

Kategorie III

- Kategorie III – DČOV, u nichž je vyšší účinnost nitrifikace, částečné odstraňování dusíku denitrifikací a odstranění fosforu nutné z důvodu vypouštění do vod povrchových s přísnějšími požadavky z důvodu užívání vod pro vodárenské účely apod. Jedná se nejčastěji o DČOV kategorie II, doplněné např. membránovou filtrací nebo jiným dalším stupněm čištění – chemickým srážením, filtrací (pískový filtr, zemní filtr), sorpcí apod. Tyto DČOV musí být vybaveny odděleným prostorem pro akumulaci kalu. [6]

Tabulka 2.1 Minimální přípustná účinnost čištění stanovena při certifikaci domovní ČOV dle NV č. 23/2011 [6]

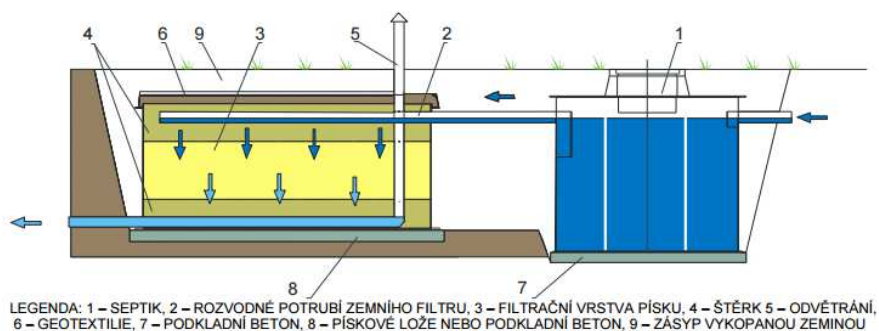
Kategorie výrobku označovaného CE	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
I	70	80	-	-	-
II	75	85	75	-	-
III	75	85	80	50	80

U certifikovaných čistíren podle EN 12566-3, kterým byla naměřena účinnost čištění v akreditované laboratoři a mají udělen certifikát CE, nejsou požadovány odběry vzorků během provozu, pokud se jedná o vypouštění do vod povrchových nebo do kanalizace. U ostatních ČOV do 50 EO četnost odebrání vzorku stanovuje příslušný vodoprávní úřad. [6]

2.1.2 Septiky

Septiky slouží k čištění odpadních vod od 1EO do cca 30EO. Jedná se o průtočnou nádrž zpravidla kruhového, nebo obdélníkového tvaru rozdělenou na dvě nebo tři komory, ve které probíhá anaerobní rozklad zachycených pevných a plovoucích látek. Velikost septiku se odvíjí od počtu připojených obyvatel. Doporučená doba zdržení odpadní vody v septiku je 3 až 5 dní. Minimální objem septiku je dán ČSN 75 6402. Daná doba zdržení zabezpečuje cca 30 % minimální účinnost čištění. Vypouštění odpadních vod ze septiku přímo do recipientu je vzhledem k velmi nízké účinnosti čištění povoleno pouze u samostatných objektů do 5 EO. Z tohoto důvodů se septiky obvykle kombinují například s kořenovou ČOV, nebo zemním filtrem jak můžeme vidět na obrázku 2.3. Ten slouží jako druhý stupeň čištění odpadních splaškových vod zařazuje se za septik. Biologické znečištění, které projde prvním stupněm

čištění (septikem), ve filtru rozkládají organismy, které žijí ve filtrační pískové vrstvě. Četnost vyvážení kalu ze septiku není přímo daná, avšak doporučená doba zdržení by měla být okolo 4 dní pro odstranění 30 % organického znečištění. Při odvozu kalu se ponechává přibližně 0,15 m kalu v septiku pro jeho naočkování. Kal se dále využívá zpracovává pomocí kompostování, nebo k zneškodnění na ČOV s dostupnými prostředky pro stabilizaci a likvidaci kalu. V současné době se septiky navrhuji nejčastěji jako vodotěsné plastové nádrže z polypropylenových nebo polyetylenových desek. Septik má být vždy vybaven pevným stropem s kontrolními otvory do každé komory a dokonale odvětrán. Do septiku je zakázáno zavádět dešťové vody. Mezi největší výhody biologických septiků patří nízké provozní náklady, žádná spotřeba elektrické energie a provozní nenáročnost. Oproti tomu největší nevýhody jsou nízká účinnost čištění (okolo 15 %), nutnost dalšího čištění. [3, 7]



Obrázek 2.3 Kombinace septiku a zemního filtru [7]

2.2 ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD KATEGORIE 50 – 500 EO

ČOV této kategorie se používají k řešení čištění komunálních vod z obcí, větších průmyslových podniků a ubytovacích zařízení. Menší ČOV této kategorie (ekonomická hranice je na různých lokalitách různá, ale zpravidla je to do 300 EO) jsou obvykle řešeny formou balených ČOV (obrázek 2.4), kontejnerových (obrázek 2.6), které představují plastovou nebo kovovou nádrž s technologií. Větší ČOV této kategorie se pak obvykle řeší jako betonové nádrže s dodatečně namontovanou technologií. Nové technologie umožnily těmto zařízením dosáhnout srovnatelné parametry účinnosti a spolehlivosti s ČOV ve velkých městech. Na tuto kategorii se již nevztahuje prohlašování shody a postup jejich povolování je stejný jako u větších ČOV. Limity v této kategorii jsou dány nařízením vlády č.401/2015 Sb. a můžeme je vidět v prvním řádku tabulky 2.2 a 2.3. [1]

Tabulka 2.2 Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod podle NV č. 401/2015 Sb. [6]

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk}		P _{celk}	
	p	m	p	m	p	m	průměr	m	průměr	m	průměr	m
<500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-

kde: p..... přípustné koncentrace daného znečištění
m maximální koncentrace daného znečištění
průměraritmetické průměry koncentrací daného znečištění za kalendářní rok
a nesmí být překročeny

Tabulka 2.3 Minimální přípustná účinnost čištění vypouštěných odpadních vod podle NV č. 401/2015 Sb. [6]

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	CHSK _{Cr} [%]	BSK ₅ [%]	N-NH ₄ ⁺ [%]	N _{celk} [%]	P _{celk} [%]
<500	70	80	-	-	-
500 - 2000	70	80	50	-	-

2.2.1 Konvenční systém s aktivovaným kalem

Čištění odpadních vod probíhá biologickým způsobem. Mikroorganismy potřebné pro proces čištění se v čistírně samy přirozeně nakultivují. Splašky představují pro mikroorganismy živiny a díky tomu, že je do čistírny přiváděn vzduch z dmyhadla, mají mikroorganismy v ČOV optimální podmínky pro život a samy se zde množí. Od uvedení ČOV do provozu trvá zhruba 3 až 8 týdnů, než se mikroorganismy namnoží na potřebnou populaci. U větších čistíren se tento proces urychluje očkovaním kalem z nějaké jiné dobře fungující ČOV. Veškerá odpadní voda z domácnosti (tj. voda z WC, kuchyně, pračky, myčky, vany, sprchy) nejprve natéká do prostoru mechanického předčištění – provzdušňovaného perforovaného nátokového koše. Nátokový koš slouží k zachycení hrubých nerozložitelných nečistot, např. pokud by se omylem do odpadu dostal např. hadr nebo nějaký plastový předmět, ovšem díky tomu, že je nátokový koš provzdušňovaný, tak v něm dochází na ostrých hranách otvorů k intenzivnímu rozrušování zachycených nečistot a veškerý odpad z WC včetně toaletního papíru se v něm rozloží a projde přes otvory do další části ČOV. Mechanicky předčištěná odpadní voda natéká do hydraulicky míchaného prostoru denitrifikace, kde dochází k odstranění dusíkatého znečištění. Z denitrifikace natéká odpadní voda do provzdušňovaného prostoru aktivace. V aktivační nádrži dochází k odstranění organického znečištění a k nitrifikaci amoniakálního dusíku. Směs aktivovaného kalu a vyčištěné vody dále natéká do

vertikální dosazovací nádrže, kde se vyčištěná voda odděluje od aktivovaného kalu. Vyčištěná voda odtéká přes pilovitý přeliv do odtokového potrubí. Kal, který se usazuje na dně dosazovací nádrže je odsáván recirkulačním hydropneumatickým čerpadlem (mamutkou) zpět do denitrifikace. K zajištění provzdušňování aktivace, k recirkulaci kalu, míchání denitrifikace a provzdušňování nátokového koše slouží dmychadlo, které může být umístěno např. v technické místnosti, nerezovém, zděném či dřevěném přístřešku. Chod dmychadla je řízen pomocí spínacích hodin. [8]



Obrázek 2.4 Balená čistírna odpadních vod [8]

2.2.2 Čistírny s rotujícími biodisky

Rotační biodiskové čistírny odpadních vod podobně jako biofiltry využívají činnosti mikroorganismů přisedlých na bionosiči. Na rozdíl od biofiltrů však není tento nosič skrápěn, ale rotuje (otáčí se) částečně ponořen do odpadní vody. Při otáčení dochází ke střídavému kontaktu s odpadní vodou a vzduchem. Tím je zajištěn stálý přísun kyslíku ke směsné kultuře mikroorganismů přisedlých na ploše biodisku u čistírny odpadních vod. Vlastní čistírnu tvoří nádrž dělená na část usazovací, biozónu s disky a část dosazovací. Vyniká především snadnou obsluhou a stabilitou provozu. Biodiskové čistírny, přestože jsou nyní vytlačovány aktivačními systémy (klasické nebo s biokontaktorem), mají nezaměnitelné místo při použití v lokalitách s nerovnoměrným nátokem nebo pro odpadní vody s nízkým obsahem znečištění (BSK₅ pod 150 mg/l). Na obrázku 2.5 můžeme vidět uspořádání balené čistírny odpadních vod s rotujícími biodisky.

Vhodnost použití

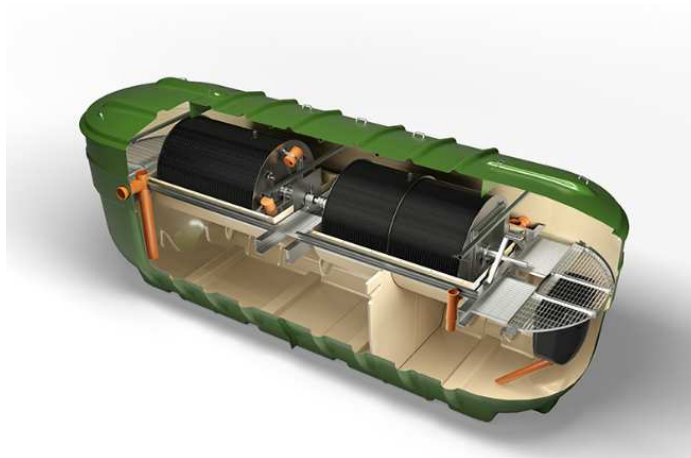
- objekty trvale obydlené;
- málo koncentrované odpadní vody.

Výhody

- nízké pořizovací náklady;
- nenáročná obsluha;
- stabilita provozu.

Nevýhody

- ve srovnání s aktivačními technologiemi vyšší spotřeba energie. [9]



Obrázek 2.5 Balená čistírna odpadních vod s rotujícími biodisky [10]

2.2.3 Kombinace biodisku a aktivovaného kalu

Čištění odpadní vody pomocí kombinovaného biologického procesu s aktivovaným kalem přisedlým na plochách biodisku a kalem ve vznosu. Aktivní látkou v čistícím procesu je aktivovaný kal, je to směs mikroorganismů, které ke svému životu a rozvoji potřebují látky, které jsou obsaženy v odpadní vodě a vzdušný kyslík. V čistícím procesu dochází také k odstraňování amoniakálního znečištění (oxidací vznikají dusičnany – nitridy a nitráty, procesy nitrifikační), dále k odstraňování dusičnanového znečištění (procesy denitrifikační). V čistícím procesu nejsou a nesmí být užity žádné přídavné chemikálie. Oddělování aktivovaného kalu od vyčištěné vody probíhá ve zvláštní sekci – dosazováku. Vyčištěná voda odtéká přepadem a aktivovaný kal je vracen štěrbinou pod biodisk. Mikroorganismy v čistírně žijí ve vznosu a po zapracování rovněž tzv. přisedlé na pevném nosiči biomasy – biorotoru – buňkovém kole. [11]



Obrázek 2.6 Kontejnerová čistírna pro 250-500 EO [11]

2.2.4 Membránové bioreaktory

Membránové bioreaktory, vyvíjející se od 70. let minulého století, jsou jakousi vylepšenou variantou konvenčních systémů s aktivovaným kalem. Kombinují v sobě čištění pomocí aktivovaného kalu s membránovou technologií – aktivační nádrž s jednou nebo více membránovými jednotkami. V aktivační nádrži (biologickém reaktoru) se za pomoci aktivovaného kalu biochemicky rozkládají znečišťující látky a membránová jednotka z roztoku odděluje čistou vodu, opačně řečeno, fyzicky odděluje různé části směsi, které se zachytávají na porózní membráně. Probíhá to tak, že po biologickém čištění v bioreaktoru, který je provzdušňován, je směsná tekutina pod hydrostatickým tlakem přečerpána na membránovou jednotku, kde se oddělí pevné a kapalné podíly, čistá voda se vypustí a koncentrovaná směsná tekutina se přečerpá zpět do bioreaktoru. [12]

2.3 KATEGORIE 500–2 000 EO

Čistírny této kategorie jsou již obvykle pojímány jako komunální čistírny určené pro menší až střední zdroje splaškového znečištění (obce, části měst, satelitní městečka, větší hotely atd.) příklad takové čistírny je na obrázku 2.7. Tyto ČOV již mají několik samostatně oddělených stupňů čištění, které se nacházejí v samostatných objektech. Stejně jako u balených a domácích ČOV jsou i tyto čistírny tvořeny mechanickým a biologickým stupněm.

2.3.1 Mechanické předčištění a objekty předčištění

Lapák šterku se pro větší lokality navrhuje vždy u stokové sítě jednotné soustavy, u obcí do 2 000 EO závisí rozhodnutí o jeho použití na místních podmínkách. Česla a síta zachycují hrubé nečistoty přinášené odpadními vodami. Lapák písku a plovoucích látek zachycuje písek a jiné minerální částice přinášené odpadními vodami za účelem ochrany dalších objektů a zařízení čistírny. Lapák tuků a olejů – v návrhu ČOV se doporučuje posoudit nutnost osazení tohoto zařízení. V ČR se často tento objekt vynechává, nemělo by se to však dít automaticky, ale až po zvážení všech zdrojů odpadních vod v odkanalizovaném území. Lapáky tuků a olejů jako předčisticí zařízení se doporučuje umístit přímo k zdroji znečištění, tj. mimo ČOV. [1]

2.3.2 Biologické čištění

V současné době stále nejpoužívanější technologií je aktivace. Při čištění touto technologií dochází ke styku odpadní vody a aktivovaného kalu – mikroorganismů, kteří zajišťují vlastní biologické čištění díky schopnosti rozkládat přítomné nečistoty. V minulém díle jsem se také zmínila o dvou typech biochemických procesů, které zde probíhají. Ve většině domácích čistíren probíhají aerobní procesy, proto je důležité dostatečné provzdušňování a míchání. Dalším typem jsou biofiltry. Podstata čištění je stejná jako u aktivace. Rozdíl je pouze v tom, že aktivovaný kal není volně ve vodě, ale přichycený na náplni biofiltru, které jsou různé a rozdílně účinné. Nejedná se o filtr v pravém slova smyslu, protože zde nedochází k filtraci. U menších čistíren se často využívá princip takzvaných rotačních diskových reaktorů. Jde o kombinaci obou předchozích systémů, tedy aktivace a biofiltru. Biomasa je uchycena na rotujících talířích, které jsou jen částečně ponořeny ve vodě. Část kalu ze všech těchto systémů pak putuje spolu s vyčištěnou vodou do dosazovací nádrže, kde se oddělí kal od vyčištěné vody. Voda je pak buď vypuštěna do toku, nebo ještě následuje dočištění. [13]

2.3.3 Kalové hospodářství

Produktem čištění odpadních vod je čistírenský kal. V mechanické části ČOV (v usazovacích nádržích) vzniká tzv. primární kal, produktem biologického čištění je přebytečný biologický kal. Biologický kal může být zpracován samostatně, nebo je čerpán před usazovací nádrže a sedimentuje spolu s usaditelnými látkami přiváděnými v odpadní vodě jako směsný surový kal.

Kalové hospodářství zahrnuje následující operace:

Stabilizace kalu, tj. takové zpracování, které minimalizuje podíl patogenních organismů a rozložitelných organických látek a s ohledem na další použití zajišťuje jeho hygienickou nezávadnost. Metoda stabilizace může být:

- chemická (přidáním $\text{Ca}(\text{OH})_2$ k pH 11 až 12)
- termická (pasterizace, sušení)
- biologická (aerobní nebo anaerobní)

Zahušťování kalu, jehož účelem je snížení objemu kalové suspenze odstraněním části volné vody do té míry, aby byl čerpatelný. V řadě případů lze docílit zahuštění kalu již při jeho tvorbě; např. v usazovací nádrži při jejím řízeném odkalování. Metody zahušťování lze rozdělit na gravitační, flotační a strojní. Ve všech případech lze proces urychlit přidáním organických flokulantů. Pro některé strojní postupy (rotační síta, sítopásové lisy, odstředivky, kalolisy) je přidání flokulantů nezbytné. [14]



Obrázek 2.7 Čistírna odpadních vod Troubky [15]

3 VZNIK ODPADU NA JEDNOTLIVÝCH OBJEKTECH ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

Směrem od nátoky do čistírny je můžeme rozdělit na jednotlivé objekty:

- Hrubé a jemné česle (vznik odpadu ve formě shrabků)
- Lapák písku a štěrku (vznik odpadu ve formě písku a štěrku)
- Lapák tuků (vznik odpadu ve formě tuků)
- Dosazovací nádrže (vznik odpadu ve formě kalu)

3.1 HRUBÉ A JEMNÉ ČESLE

U všech druhů čistíren odpadních vod se česle používají jako první objekt čištění. Česle slouží k hrubému předčištění odpadní vody. Tento proces v podstatě spočívá v odstranění velkých biologicky nerozložitelných a plovoucích pevných látek, které se často nachází v odpadních vodách. Při čištění odpadních vod se hrubé česle používají k ochraně čerpadel, ventilů, potrubí a ostatního příslušenství před poškozením a usazováním. Používají se hlavně u větších čistíren odpadních vod při jednotné stokové kanalizaci. Zachycují se na nich hrubé plovoucí splaveniny jako kusy dřev, velké chuchvalce hadrů, ale i cihly a větší kameny, pokud před česlemi není lapač štěrku. Hrubé česle se dají rozdělit do 2 skupin. První skupinou jsou česle ručně stírané (obrázek 3.2), kde je nutné mechanické očištění česlí pracovníkem čistírny odpadních vod. Druhou skupinou jsou česle mechanicky stírané (obrázek 3.1), kde je mechanismus, který česle čistí mechanicky (strojně). [16, 17]



Obrázek 3.1 (vlevo) Samočišící hrubé česle [18]

Obrázek 3.2 (vpravo) Ručně stírané česle s hrablem [18]

Jemné česle jsou umístěny ve směru proudění za hrubými česlemi. Jejím cílem je shromáždit menší materiál, který prošel skrz hrubé česle, ale je stále ještě dostatečně velký, aby napáchal škody v dalších procesech čištění. Mezi tyto materiály patří různá vlákna, vlasy, malé kusy hader, papírů atd. Nejčastějšími typy jemných česlí jsou samočistící česle, stupňové česle, pásové česle (obrázek 3.4), rotační šnekové a rotační bubnová síta (obrázek 3.3). Na jemných česlích vzniká mnohonásobně větší množství shrabků než na česlích hrubých, a proto se využívá nejčastěji česlí, které nevyžadují ruční stírání. Jemné česle mohou být použity jako primární úprava u malých ČOV do průtoku $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$. [19]



Obrázek 3.3 (vlevo) Jemné bubnové síto [20]

Obrázek 3.4 (vpravo) Pásové česle [21]

3.1.1 Návrhové parametry

Kompletní návrh česlí je většinou prováděn výrobcem. Vlastní návrh zohledňuje řadu parametrů, mezi které patří šířka průlin, počet mezer, průtočná rychlost, počet česlí, celková šířka žlabu s česlemi, ztrátová výška, celková konstrukční délka a šířka, sklon česlí a další odvozené parametry. Důležitým údajem je objemová produkce shrabků. Česle se navrhují na základě průměrného a maximálního průtoku. Z provozních důvodů se síta a česle navrhují se 100 % předimenzováním (zejména u menších čistíren). [22]

- Velikost mezer mezi česlice se stanovuje podle předpokládané velikosti unášených nečistot v rozmezí 6 až 150 mm pro česle hrubé, < 6 mm pro česle jemné a velmi jemné jsou < 3 mm.
- Rozměr a tvar přívodního kanálu se volí obdélníkový vzhledem ke konstrukci česlí.

- Návrh česlí zahrnuje návrh žlabu a návrh samotných česlí. Tab. 3.1 uvádí některé z návrhových parametrů česlí, které slouží jako výchozí hodnoty pro návrh. [22]

Tabulka 3.1 Vybrané parametry česlí dle ČSN 7564017 [22]

Parametr	Česle
Sklon	Strojní - 45° - 90°
	Ruční - 30° - 75°
Průtočná rychlost	$v_{\min} = 0,5$ m/s (sedimentace shrabků)
	$v_{dp} = 0,6 - 1$ m/s
	$v_{\max} = 1,4$ m/s (protlačení shrabků česlemi)
	Pozn.: v_{dp} - doporučená rychlost, v_{\min} - minimální rychlost
	v_{\max} - maximální rychlost
Specifický objem shrabků v_z	Dle velikosti ČOV z průtoků
	Malé a střední ČOV - $v_z = 3,85 \cdot 10^{-5}$ m ³ /m ³ odpadní vody
	Velké ČOV - $v_z = 2,05 \cdot 10^{-5}$ m ³ /m ³ odpadní vody
	Dle typu česlí
	Hrubé česle - $v_z = 0,0002 - 0,0003$ m ³ /obyv./rok
	Jemné česle - $v_z = 0,005 - 0,01$ m ³ /obyv./rok

Výpočet objemu shrabků

$$m_{\text{celk}} = m_{\text{sh}} \cdot \text{EO} \quad (3.1)$$

m_{celk} ... celková hmotnost produkovaných shrabků za rok [kg]

m_{sh} ... hmotnost shrabků produkovaná jedním EO za rok [kg] okolo 4-8 kg/rok.

Z výše uvedeného odvodíme vztah pro denní produkci shrabků:

$$m_d = m_{\text{celk}} / 365 \quad (3.2)$$

m_d ... denní produkce shrabků [kg] [23]

Průměrné množství shrabků uvedené v normě ČSN 7564017:

$$\text{Malé a střední ČOV} - v_z = 3,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ odpadní vody} \quad (3.3)$$

$$\text{Velké ČOV} - v_z = 2,05 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ odpadní vody} \quad (3.4)$$

Složení shrabků

Shrabky jsou tvořeny zhruba z 50 % hadry, z 20 – 30 % papírem, z 5 – 10 % plasty, ze 2 % gumou, ze 2 – 3 %, zbytky ovoce a zeleniny a ze 2 – 3 % nerozpadlými fekáliemi (obrázek 3.5 a 3.6). Složení shrabků je velice variabilní a závisí na mnoha faktorech, včetně povahy činností v rámci povodí a způsobu odkanalizování dané oblasti (jednotná, nebo oddílná kanalizace), průmyslové a komerční aktivitě a složení průmyslových odpadních vod a jejich způsobu předúpravy před vypuštěním. Shrabky obsahují velké množství organických látek, které jsou z části rostlinného a z části živočišného původu. Část látek, obsažených ve shrabkách se rozkládá samo, ale další část je rezistentní proti bakteriálnímu rozkladu. Shrabky se dále zpracovávají, ale jejich zpracování musí být uvážlivé, protože se často jedná o hygienicky závadný a snadno zahnívajícím materiál.

Množství shrabků kolísá podle ročního období. Shrabky obsahují asi 80 % vody, jsou-li zachycovány na velmi jemných česlích nebo sítích, obsah vody může být i vyšší. Produkce shrabků dle ČSN 75 6402 činí 4-8 kg na 1 EO za rok (je závislá na šířce průlin). [24, 25, 26]

Vlastnosti shrabků:

- Množství 0.01 -0.03 m³/1.000 EO za den.
- Objemová hmotnost 600 - 950 kg/m³.
- Vlhkost 75% - 90%.
- Organické látky 65% - 95%. [24, 25, 26]



Obrázek 3.5, 3.6 Shrabky z česlí [18]

3.1.2 Likvidace a skladování

Shrabky jsou často vodnaté, a proto je vhodné zbavit je přebytku vody a tím zmenšit jejich hmotnost i objem a v případě jejich následného spalování jejich spalnou hodnotu. Děje se tak lisováním v pístových lisech, do nichž jsou shrabky dopraveny pásovým dopravníkem, při

čemž je vhodné dopravní trasu pokud možno zkrátit a vést přímo k lisu, případně zcela vyloučit tím, že shrabky bezprostředně padají z česlí do násypky lisu. Zvláštním způsobem je transport pomocí vývěvy, kterou se vytvoří potřebné vakuum pro transport i následné odvodnění shrabků. Lisováním se např. u shrabků z městských odpadních vod sníží obsah vody z cca 80 % na cca 40 %. [24, 25, 26]

Shrabky je možné:

- 1) kompostovat
- 2) skládkovat
- 3) spalovat

- Pro kompostování jsou vhodné shrabky s převážně organickou hmotou. V průběhu tohoto procesu jsou současně hygienizovány vápnem nebo chlorovým vápnem.
- Pro skládkování je vhodné shrabky, pokud je jejich původ ze splaškových, příp. městských odpadních vod, zbavit fekální hmoty propráním tlakovou vodou s následným hygienickým zabezpečením vápnem nebo chlorovým vápnem.
- Spalování je možné uplatnit u shrabků s převahou organické hmoty. Nejčastěji se spalují při teplotách 680 – 750 °C. Spalování je nejbezpečnější likvidace shrabků. Před spálením je nutné shrabky odvodnit alespoň na 75 % vlhkosti a to nejlépe za použití lisů. Při tom je třeba dodržovat požadavky na kvalitu emise spalin, což u pecí pro tento účel instalovaných na městských ČOV nebyvalo dodrženo, zejména z důvodu nízké teploty při spalování. [24, 25, 26]

Skladování

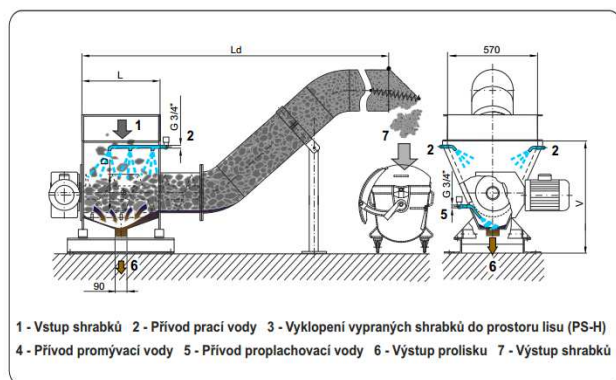
Shrabky se shromažďují v nádobách o různých velikostech dle velikosti ČOV a podle množství shrabků. Používají se nádoby jako na komunální odpad. Rozpětí velikostí se pohybuje v rozmezí od pytlů na shrabky (obrázek 3.7) až po velké kovové kontejnery (obrázek 3.8). Pro shromažďování shrabků se používají zásadně nádoby s víkem a pokud shrabky skladujeme déle než 3 dny, je doporučeno povrch sypat chlorovým vápnem. Při větším množství shrabků se upravují pomocí praček shrabků, lisů pro zmenšení objemu, odvodnění a zlepšení vlastností. Shrabky se z pravidla vyváží 1x týdně.



Obrázek 3.7, 3.8 Pytel na shrabky v porovnání s kovovým kontejnerem [20]

Pračka shrabků

Pračka shrabků (obrázek 3.9 a 3.10) je určena pro praní, odvodňování, zhutnění a dopravu shrabků do kontejneru. Vyprané shrabky, jejichž objem je snížen na polovinu, obsahují podstatně nižší podíl organických látek, takže umožňují další hygieničtější likvidaci. Praní je provedeno příívodem tlakové prací vody a načasováním chodu pracího šneku. Příívod prací vody zabezpečuje potrubní rozvod vybavený dvěma solenoidovými ventily a několika tryskami. V tabulce 3.2 [18]



Obrázek 3.9, 3.10 Pračka shrabků [18]

Lis na shrabky

Lis na shrabky (obrázek 3.11 a 3.12) slouží jednak pro zhutňování, odvodňování a redukcii objemu shrabků a velkého množství jiných druhů odpadních materiálů. Mimo tyto zmíněné plní lis na shrabky spolehlivě i funkci šnekového dopravníku. Shrabky vstupují do zařízení

skrz vstupní násypku, následně jsou zhutňovány, odvodňovány, transportovány a vyhazovány. Lis je celý zapouzdrěn, čímž je zabráněno úniku bioplynu a šíření zápachu. [20]

VÝHODY LISU NA SHRABKY

- Doprava a zhutňování v jediné kompaktní jednotce s jednoduchým pohonem
- Redukce váhy a objemu shrabků až o 50 %
- Bez šíření zápachu, obzvláště při výhozu shrabků do napojeného pytle
- Mrazuodolné provedení pro venkovní instalace [20]



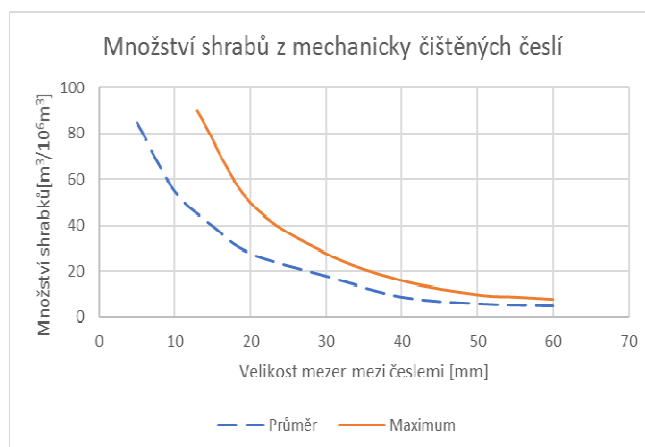
Obrázek 3.11, 3.12 Lis na shrabky napojený přímo na česlích [20]

3.1.3 Závěr

Zařazení odpadů do katalogu

Katalogové číslo	Vzniklý odpad
19 08 01	shrabky z česlí

Při srovnání hodnot z normy s reálnými naměřenými hodnotami čistíren odpadních vod v USA, kde nalezneme čistírny odpadních vod různých velikostí (tabulka 3.3), se hodnoty pohybují v rozmezí $4 \cdot 10^{-5}$ – $9 \cdot 10^{-5}$ m³/m³, což není hodnota nikterak vyšší než hodnota uvedená v normě ČSN (tabulka 3.1). Množství shrabků ovlivňuje mnoho faktorů jako jsou: typ stokové sítě, volba průlin mezi česlemi, což nejlépe znázorňuje obrázek 3.13 a tabulka 3.2 a mnoho dalších faktorů.



Obrázek 3.13 Množství shrabků v závislosti na velikosti průlin [17] a Tabulka 3.2 Množství, obsah vlhkosti, objemová hmotnost shrabků v závislosti na velikosti průlin [17]

Mezery mezi česlemi [mm]	Obsah vlhkosti [%]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Množství shrabků	
			Rozsah	typické
6,25	80-90	900-1100	44-110	75
12,5	60-90	700-1100	37-74	50
25	50-80	600-1000	15-37	22
37,5	50-80	600-1000	7-15	11
50	50-80	600-1000	4-11	6

Tabulka 3.3 Průměrné množství shrabů u vybraných čistíren v USA [17]

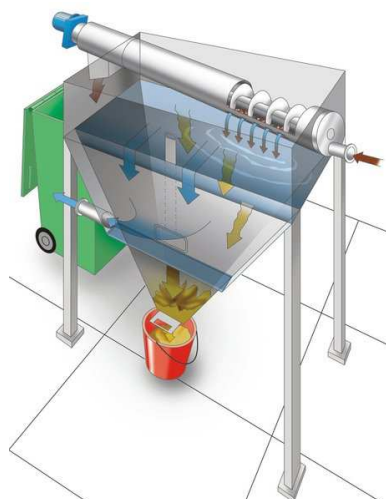
Lokace čistírny odpadních vod	Průtok [m ³ /den]	Shrabky [m ³ /1000 m ³ odpadní vody]
Uniontown, Pensylvánie	11 400	0,006
East Hartford, Connecticut	15 100	0,009
Duluth, Minesota	45 400	0,004
Lamberts Point Water Pollution Control Plan, Norfolk, Virginie	75 700	0,009
Village Creek Wastewater Treatment Plant, Ft. Worth, Texas	170 000	0,005
Country of Milwaukee, Wisconsin, South Shore	454 000	0,004
Twin Cities Metro Wastewater Treatment Plant, Minesota	825 000	0,008
Chicago, Illinois (northside)	1 260 000	0,006

3.2 LAPÁK PÍSKU A ŠTĚRKU

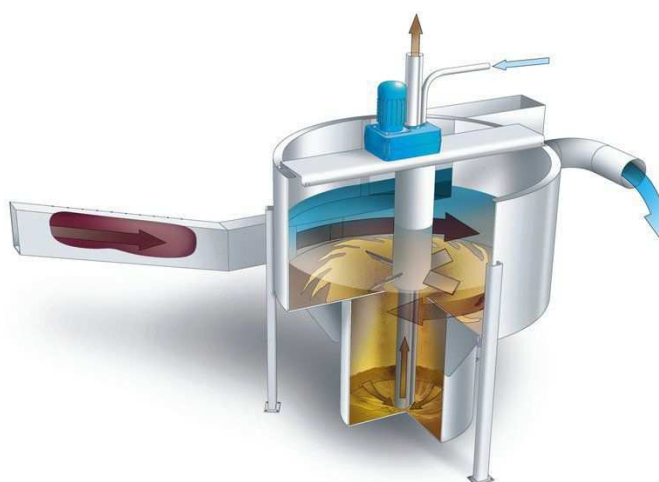
Odpadní vody obsahují velký podíl minerálních nerozpuštěných látek, zejména písku. Jeho podíl kolísá v závislosti na typu kanalizační soustavy, klimatických podmínkách, vlastnostech půdy a charakteru odpadních vod. Odstranění těchto látek je nezbytné a chrání čistírenská zařízení před ucpáváním potrubí, zabraňuje poškozování pohyblivých mechanických zařízení a čerpadel před abrazí. Nadměrné množství písku by v aktivačních a vyhnívacích nádržích rušilo proces rozkladu odpadu. Lapáky písku využívají gravitační síly a rozdíly hustoty pevné části a vody. Musí být uzpůsobeny tak, aby docházelo k usazování částic písku o minimálním průměru 0,3 mm rychlostí minimálně 0,03 m/s, musí odstraňovat pouze písek, nikoli organickou suspenzi. Písek se pak z lapáku pravidelně vytěžuje buďto ručně nebo mechanicky. Lapák písku může být osazen i u malých čistíren v podobě kompaktního zařízení (obrázek 3.14). [25]

Podle směru průtoku rozeznáváme lapáky písku:

- horizontální
- vertikální
- provzdušňovaný s příčnou cirkulací
- vírové (obrázek 3.15) [25]



Obrázek 3.14 (vlevo) Kompaktní zařízení pro separaci písku [20]



Obrázek 3.15 (vpravo) Vertikální vírový lapák písku [20]

Lapák štěrku

Lapáky štěrku se umísťují tam, kde se do čistírny mohou dostat i velké částice, a to hlavně úlomky cihel, štěrk, kousky betonu z poškozených trub a šachet. Zřizují se před hrubými

česlemi ještě lapáky štěrku. Jsou to nálevkovité prohlubně ve dně přívodního žlabu, které pro strojní vyklízení mohou být ještě pancéřované ocelovými pláty. Hmoty zachycené v lapáku štěrku se denně odstraňují například mechanicky (obrázek 3.16 a 3.17), aby se na nich nezachycovaly hmoty organického původu, které by kontaminovaly čerstvé splašky hnilobnými produkty. Lapák štěrku je důležitým ochranným prvkem dalších zařízení ČOV, především jemných a velmi jemných česlí, které mohou částice štěrku, velikostí odpovídající průlině česlí, vážně poškodit. Absence lapáku štěrku může mít rovněž za následek usazování štěrku před spodní hranou česlí, která snížením rychlostí a jakýmsi prahem vytvoří překážku sunutím tohoto materiálu. Tyto prostory však nejsou konstruovány pro vyklízení štěrku a jejich čištění je pak problematické. Štěrkové lapáky můžeme rozdělit dle způsobu vyklízení na ručně vyklízené nebo mechanicky vyklízené. [16]



Obrázek 3.16, 3.17 Mechanicky vyklízený lapák štěrku [27]

3.2.1 Návrhové parametry

V lapáku písku se mají zachytit všechny anorganické těžší částice větší než 0,2 mm tak, aby organické nečistoty nebyly zatěžovány mineráliemi. V lapáku písku se vytvářejí jeho konstrukčním uspořádáním příznivé podmínky pro takovou rychlost průtoku, a to za nejmenších i největších průtokových množství, aby se usazoval pouze písek do průměru zrn nad 0,2 mm. Průtočná rychlost 0,3 m/s se uplatňuje ve většině lapáků písku k oddělení minerální a organické suspenze. Při nižších rychlostech je odstraněný písek nadměrně kontaminován organickými látkami, při vyšších rychlostech se písek z lapáku vynáší do následujících zařízení a při absenci usazováků pak zanášá aktivační nádrže. Lapák štěrku se pro větší lokality navrhuje vždy u stokové sítě jednotné soustavy, u obci do 2 000 EO závisí rozhodnutí o jeho použití na místních podmínkách. [16]

Tabulka 3.4 Průměrné množství písku na obyvatele [28]

Oddílná stoková síť
$v' = 1-6 \cdot 10^{-6} \text{m}^3 \text{obyv}^{-1} \text{d}^{-1}$
Jednotná stoková síť
$v' = 14-30 \cdot 10^{-6} \text{m}^3 \text{obyv}^{-1} \text{d}^{-1}$ během deště nastává několikanásobné překročení (10x až 30x)
$v'' = 0,05-0,06 \text{m}^3 \text{100obyv}^{-1} \text{d}^{-1}$

Výpočet objemu písku

Objem písku:

$$V_p = EO/100 \cdot v'' \quad [\text{m}^3] \quad (3.5)$$

$$V_p = EO \cdot v' \cdot t_p \cdot 10 \quad [\text{m}^3] \quad (3.6)$$

Kde:

t_p ... Doba pro akumulaci písku na dně lapáku [dny]

V_p ... Objem písku [m^3]

EO... Počet ekvivalentních obyvatel [-]

v' , v'' ... Průměrné množství písku na obyvatele [$\text{m}^3/\text{EO}/\text{d}$] uvedeno v tabulce 3.4 [28]

3.2.2 Likvidace a skladování

Mezi nejběžnější způsob likvidace vytěženého písku z lapáku patří vývoz na skládku. Vlastnosti písku se mohou lišit, jeho vlhkost se pohybuje od 13 do 65 %, obsah organických látek od 1 do 56 % a objemová hmotnost je okolo $1600 \text{kg}/\text{m}^3$. Před jeho vývozem je třeba písek pomocí separátoru písku odloučit ze sedimentu. Sediment je hydrosměs anorganických a organických látek s obsahem písku, textilií, kalu a drobnějších shrabků, čerpaná z lapáku písku do separátoru. Separovaný písek poté putuje do pračky písku (existují separátory s integrovanou pračkou písku), která ho zbaví organického znečištění a přebytečné vody.

Separátor písku

Separátor písku (obrázek 3.18) je zařízení ze souboru výrobků hrubého předčištění čistíren odpadních vod, které je začleněno za lapák písku. Hydrosměs zachycená v lapáku písku je intervalově čerpána do separátoru, v němž dochází k odlučování a částečnému propírání písku za současného odlučování organických a balastních látek. [18]



3.18 Separátor písku [18]

Pračka písku

Pračka písku je samostatné zařízení určené k intenzivnímu propírání písku a k odstraňování většinového podílu organických látek v písku přítomných. Začleňuje se jako další navazující stupeň za separátor písku, nebo může být v kombinaci jak je vidět na obrázku 3.19. [18]



3.19 Pračka písku v kombinaci se separátorem [18]

3.2.3 Závěr

Zařazení odpadů do katalogu

Katalogové číslo	Vzniklý odpad
19 08 02	Odpady z lapáků písku

Množství písku v České republice uváděné na osobu se pohybuje v rozmezí 5 – 12 litrů/obyvatele/rok. [26]

Zahraniční literatura uvádí hodnoty přepočtené na 1000 m³ odpadní vody:

Pro provzdušňované lapáky písku množství 0,004 – 0,20 m³/1000 m³ odpadní vody.

Průměrné množství písku se pohybuje v rozmezí 0,004 – 0,18 m³/1000 m³ odpadní vody.

S průměrem okolo $0,028 \text{ m}^3/1000 \text{ m}^3$. Celkové množství uskladněného písku je závislé na pravidelnosti vyvážení.

Velký vliv na množství písku má také uspořádání stokové sítě.

Rozdělení podle uspořádání stokové sítě:

- Množství od $0,074 - 0,22 \text{ m}^3/1000 \text{ m}^3$ odpadní vody pro jednotnou stokovou síť.
- Množství od $0,015 - 0,074 \text{ m}^3/1000 \text{ m}^3$ odpadní vody pro oddílnou stokovou síť. [19]

Tabulka 3.5 Průměrné množství písku u vybraných čistíren v USA [17]

Lokace čistírny odpadních vod	Průtok [m^3/den]	Písek [$\text{m}^3/1000 \text{ m}^3$ odpadní vody]
Uniontown, Pensylvánie	11 400	0,074
East Hartford, Connecticut	15 100	0,017
Duluth, Minesota	45 400	0,006
Lamberts Point Water Pollution Control Plan, Norfolk, Virginie	75 700	0,034
Village Creek Wastewater Treatment Plant, Ft. Worth, Texas	170 000	0,009
Country of Milwaukee, Wisconsin, South Shore	454 000	0,003
Twin Cities Metro Wastewater Treatment Plant, Minesota	825 000	0,034
Chicago, Illinois (northside)	1 260 000	0,003

V tabulce 3.5, kde se nachází reálné hodnoty naměřené na čistírnách odpadních vod v USA, můžeme vidět velké rozdíly v množství písku zachyceného na čistírně, což je zapříčiněno mnoha faktory jako jsou: typ kanalizační soustavy, klimatické podmínky, vlastnosti půdy a charakter odpadních vod. Faktorem nejvíce ovlivňující množství písku je déšť. Při deštích dojde mnohdy k 10 až 30 násobnému překročení uvedených hodnot.

3.3 LAPÁK TUKŮ

Lapáky tuků jsou obvykle požadovány, pokud na čistírnu odpadních vod pravidelně přitéká odpadní voda z průmyslu, kde jsou oleje a tuky používány při výrobě. Mohou být předražené ještě před čistírnou odpadních vod, nebo součástí čistírny odpadních vod často v kombinaci s lapákem písku nejčastěji vírovým. Oleje a tuky snižují účinnost biologického čištění, prochází čistírnou a zhoršují sedimentační vlastnosti kalu, obalují náplň biologických filtrů a tím zhoršují odtokové parametry. Principem lapáku tuků je rozdílná hustota tuků, které díky menší hustotě plavou na hladině. Odpadní voda se přivádí ke dnu separační nádrže, po

zmenšení průtočné rychlosti dojde k oddělení tuků a olejů z vody. Hromadí se u hladiny, kde jsou zachyceny na norných stěnách a následně jsou stírány. Proces lze urychlit zavedením tlakového vzduchu. Tukové částice se nabalují na vzduchové bubliny a jsou vynášeny na povrch v podobě pěny. Pokud jsou tuky a oleje v emulgované formě, je nutno nejprve emulze chemicky rozrazit. Poté je vhodnou separační operací tlaková flotace. [26]

Gravitační separátory tuků a olejů

Jako gravitační odlučovač působí každá nádrž, v níž se zpomalí průtok, uklidní hladina a částice s hustotou menší, než je hustota vody stoupají k hladině, kde se hromadí, pokud vhodnou úpravou nádrže zabráníme jejich vyplavení do odtoku.

Nejjednodušším zařízením tohoto typu jsou odlučovače typu lapol. V podstatě se jedná o kontinuálně protékanou nádrž, v níž při zpomaleném proudu dochází k vyplouvání částic s hustotou menší, než je hustota vody k hladině, na níž se akumulují a periodicky jsou odstraňovány. Nornou stěnou je zabráněno úniku těchto látek s vyčištěnou vodou. [26]

Koalescenční filtr

Pro čištění málo stabilních emulzí je možno použít koalescenční filtr. Voda protéká vrstvou materiálu s ostrými hranami – střepy, při čemž na jejich hranách se shlukují emulgované částice do větších kapének, které lze již separovat gravitací. Za touto vrstvou je pak vlastní lapač oleje. [26]

3.3.1 Návrhové parametry

Množství tuku v normálních odpadních vodách se pohybuje okolo 3 až 8 kg/obyvatele/rok. Umístění lapače tuku musí odpovídat jeho konstrukci. Pokud je výjimečně zabudovaný v budově, musí být pachotěsný a umístěný v samostatné místnosti, která musí být větraná a musí v ní být podlahová vpust a výtok studené a teplé vody. Jednoduché mechanické lapáky s ručním vyklízením se umístí zpravidla tam, kde při otevření lapáku nehrozí hygienické problémy. Tam, kde by lapáky mohly při otevřeném lapáku způsobit hygienické problémy, by měly být upřednostněny lapáky s automatickým nebo poloautomatickým vyklízením, kdy je kal odčerpán a lapák vypláchnut bez otevření lapáku. Teprve u větších lapáků se předepisuje hodnota parametru na odtoku a to do 250 mg/l EL. Požadavky na další ukazatele jsou diskutabilní, protože zařízení není určeno a ani navrhováno z hlediska dalších ukazatelů. Obecně se dá říci, že se zde zachytí podstatná část nerozpuštěných látek (až 80 %), a tím dojde i ke snížení ukazatele $CHSK_{Cr}$ a BSK_5 (zpravidla do 30 %). [29]

3.3.2 Likvidace a skladování

Zachycený tuk se skladuje v pachotěsných nádobách. U lapáků s úložným prostorem se zachycený tuk přehrnuje z druhé komory do úložného prostoru. Zachycený kal a tuk obvykle odvázejí specializované firmy k likvidaci do spalovny odpadů. Není-li u lapáků tuků automatické odstraňování tukové vrstvy hromadící se při hladině, musí se ručně několikrát za den tato vrstva stahovat do sběrné jímky. Z jímky se odčerpává do sběru, anebo při malém množství tuků špatné kvality, se vytěžené produkty spalují (není-li obsah minerálních tuků větší než 5 %). Obsahují-li vytěžené tuky velké množství organických látek, mohou se dopravovat k vyhnívání do vyhnívacích komor čistírny, tento způsob zvětšuje množství kalového plynu. Kromě skládkování a spalování tuků existuje i biologická metoda pro rozložení tuků. Biologické metody používané k odstranění mastnoty a tuků z odpadních vod zahrnují použití vybrané směsi bakterií speciálně navržené pro účel rozložení tuků. Pro použití této metody však musí být vytvořeny vhodné technologické podmínky – zejména je nutné aerobní prostředí a dostatečně dlouhá doba zdržení. V podstatě pak lapák tuků vypadá jako malá domovní ČOV – skládá se ze dvou částí, z nichž jedna je provzdušňovaná. [22, 24]

3.3.3 Závěr

Zařazení odpadů do katalogu

Katalogové číslo	Vzniklý odpad
13 05	Odpady z odlučovačů lehkých kapalin (dříve odlučovače oleje, odlučovače ropných látek)
13 05 01	Pevný podíl z lapáků písku a odlučovačů oleje
13 05 02	Kaly z odlučovačů oleje
13 05 06	Olej z odlučovačů oleje
13 05 07	Zaolejované vody z odlučovačů
13 05 08	Směs odpadů z lapáků písku a odlučovačů oleje
15 02 02	Absorpční a filtrační materiály vč. olejových filtrů a čistících tkanin (např. sorpční filtry FIBROIL)
19 08 09	Směs tuků a olejů z odlučovačů tuku (lapáků tuku) obsahující pouze jedlé tuky a oleje
19 08 10	Směs tuků a olejů z odlučovačů neuvedené pod 19 08 10
20 03 04	Kal ze septiků a žump
02 02	Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu
02 02 01	Kaly
02 02 02	Odpad tkání
02 02 03	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 02 04	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku (tj. i kaly z lapáků tuků)
02 02 99	Odpady blíže neurčené

Města v České republice mají v kanalizačních řádech stanoven požadavek na obsah emulgovaných látek od 10 do 100 mg/l, přičemž tyto hodnoty by se přibližovaly realitě pouze v případě, kdy by se jednalo o nerozpuštěné, neemulgované formy. U dobře fungujících a udržovaných mechanických lapáků tuků jsou hodnoty na odtoku zpravidla kolem 200 mg/l. Na druhé straně požadavek na přísné hodnoty má své opodstatnění – nechceme, aby se zanášela kanalizace, a nechceme, aby se zhoršovala funkce čistírny odpadních vod. Zajímavostí je, že v ČR nemají velké ČOV, na rozdíl od Německa, na nátoky lapáky tuků.

Zvláštní důraz musíme dát na tuky emulgované, které jsou z odpadní vody nejhůř odstranitelné. Vznik těchto tuků začal teprve koncem 20. století. Emulgované tuky prochází přes klasický lapák tuků lapol a uvolňují se až v biologickém stupni čištění. Existují i případy kdy se tuk začal uvolňovat a hromadit až na přelivné hraně nátoky do dosazovací nádrže. Jedinou osvědčenou metodou je instalace zařízení pro stírání hladiny ve všech částech čistírny odpadní vody tedy i na aktivační nádrži a dosazovací nádrži. [16,22]

3.4 DOSAZOVACÍ NÁDRŽE

Mechanické čištění odpadních vod usazováním patří k nejrozšířenějším separačním procesům. Odstranění usaditelných a plovoucích látek, včetně tuků a pěn, chrání další čistírenské procesy, snižuje zbytkové znečištění a v neposlední řadě zlepšuje estetické vlastnosti odtoku z čistírny. Zbývající podíly plovoucích látek, tuků a pěny, které zůstávají na hladině nádrže, odstraňuje stírací zařízení. Separace tuhých částic je dána gravitací závislejší na velikosti a tvaru částice a hustotě kapaliny. Nerozpuštěné částice v odpadní vodě lze charakterizovat jako zrnité a vločkovité. Zrnité částice při usazování nemění svůj tvar, velikost a hmotnost a usazují se konstantní rychlostí. U vločkovitých částic, které se během sedimentace shlukují (koagulují), dochází ke změně velikosti a tvaru částic. Tyto vzniklé shluky částic pak obvykle sedimentují s rychlostí vyšší než jednotlivé částice. Při čištění odpadních vod na čistírnách do 2000 EO vzniká pouze sekundární kal případně kal chemický. Oba druhy kalů se k dalšímu zpracování přečerpávají do objektů kalového hospodářství. V technologicky zdůvodněných případech se ke zvýšení účinnosti usazování přidávají chemikálie podporující tvorbu usaditelných vloček. [16]

Rozdělení kalů

Podle místa vzniku nebo separace, dále podle procesu, kterým kal vznikl nebo prošel, ho označujeme. U čistíren do 2000 EO nejčastěji vznikají dva druhy kalů:

Aktivovaný kal

Aktivovaný kal vzniká jako biomasa při biologickém čištění a jeho vlastnosti jsou závislé na použité technologii v biologickém stupni. V aktivovaném kalu se bakterie vyskytují převážně ve formě zoogelů. Z bakterií se nejčastěji vyskytují rody *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Chromobacterium*, *Azotobacter*, *Micrococcus*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Mycobacterium* aj. Kromě různých druhů bakterií mohou být v aktivovaném kalu přítomny v menším množství také houby, plísně a kvasinky. Pravidelně bývají přítomny i bakterie nitrifikační *Nitrosomonas* a *Nitrobacter*. Rovněž jsou často přítomny různé vláknité mikroorganismy. Pokud tyto organismy z jakýchkoliv důvodů převládnu v aktivovaném kalu, způsobují značné technologické potíže, projevující se špatnými usazovacími a zahušťovacími vlastnostmi kalu. Obsah organických látek, stanovený jako ztráta žíháním se pohybuje v rozmezí 60 až 85 %, v závislosti na použité technologii čistírny odpadních vod. Aktivovaný kal se liší od většiny čistých kultur také tím, že je schopen oddělovat se od kapalné fáze prostou sedimentací. U nízko zatížené ČOV, bez primární sedimentace je produkce přebytečného kalu kolem 50 g na EO. [30]

Chemický kal

vzniká při srážení fosforu v odpadní vodě, podle místa aplikace srážedla je tento kal součástí primárního nebo sekundárního kalu. V případě, že ČOV má terciální stupeň čištění se srážením fosforu tak vzniká samostatný chemický kal a ten navyšuje celkovou produkci o zhruba 30 %. Uvedené druhy kalů se spojují a společně nebo separátně se zahušťují před dalším zpracováním. Takto spojený kal se nazývá surový kal. [31]

Odběr kalu

Přebytečný aktivovaný kal se vesměs odebírá z externí recirkulace kalu tj. mezi dosazovací nádrži a biologickým stupněm čištění. Odebírané množství by mělo odpovídat denní produkci kalu tak, aby nedocházelo ke změnám provozní koncentrace kalu v biologickém stupni. U větších ČOV je kal odebírán v průběhu dne automaticky semikontinuálně dle parametrů řídicího systému čistírny. U menších ČOV do cca 2 500 EO postačí obvykle odkalovat jednou za několik dní. Koncentrace přebytečného kalu se pohybuje v rozmezí 2,5 – 3,5 % sušiny. [31]

Zahušťování kalu

Zahušťování kalu je první etapou zpracování kalu v kalovém hospodářství ČOV, proto jeho provedení ovlivňuje veškeré další nakládání s kaly. V zásadě určuje investiční i provozní náklady kalového hospodářství (rozměry nádrží, energie na čerpání).

Při zahušťování dochází ke snížení objemového množství kalu tím, že se z něj odstraní část volné vody. Optimální obsah sušiny kalu po zahuštění se pohybuje mezi 5 – 6 %, kdy kal má ještě tekutou konzistenci, aby se dal čerpat k dalšímu zpracování.

Zahušťování lze provádět gravitačně nebo strojně. Mezi gravitační metody patří zahušťování sedimentačních nádržích a flotace, strojní zahušťování probíhá v zahušťovacích odstředivkách nebo rotačních, pásových, šnekových a štěrbinových zahušťovačích. Strojního zahušťování se využívá na větších čistírnách odpadních vod, na čistírnách odpadních vod do 2000EO se využívá zahuštění gravitační. [16]

Stabilizace kalu

Stupeň stabilizace kalu se chápe jako míra určitých jeho vlastností, vyjadřující vhodnost kalu pro daný způsob jeho využití. Pro posouzení stability kalu tedy neexistuje univerzální kritérium. Obecně lze říct, že ve stabilizovaném kalu již neprobíhají intenzivní biologické pochody, které by způsobovaly senzorické a hygienické problémy. Stabilizovaný kal je nepáchnoucí, hygienicky nezávadný kal, který lze snadno odvodnit. [26]

Aerobní stabilizace – stabilizace kalu probíhá v aerobních podmínkách prostřednictvím mikroorganismů, které rozkládají biologicky rozložitelné organické látky obsažené v surovém kalu. Organická hmota je oxidována na oxid uhličitý a vodu, Biomasa podléjící se na aerobní stabilizaci je v podstatě shodná s biomasou aktivačního procesu. [26]

Aerobní stabilizace se používá zejména na malých čistírnách, kde jsou provozovány nízkozatížené systémy aktivace. Může probíhat ve stejné nádrži jako aktivační proces, nebo se provádí v samostatných nádržích. Pokud aerobní stabilizace probíhá přímo v aktivační nádrži, nebývá do technologické linky ČOV zařazena primární usazovací nádrž a doba zdržení se podstatně zvýší (i na více než 25 dní). Nerozpuštěné látky se zachytávají až v aktivační nádrži. Oddělená aerobní stabilizace se provádí na větších ČOV pro stabilizaci přebytečného aktivovaného kalu nebo směsného kalu. [26]

Chemická stabilizace – spočívá ve zvýšení pH kalu na hodnotu alespoň 11,5, kdy dochází k ničení patogenních organismů (bakterií i virů), zatímco organické látky zůstanou nerozloženy. Destrukce virů je způsobena jednak přímým efektem pH, jednak uvolňováním

volného amoniaku při pH větším než 12. Zvýšení pH lze provést přidávkem zásady, nejčastěji oxidu vápenatého nebo hydroxidu vápenatého. Nádrže pro chemickou stabilizaci kalu bývají míchané. Podle toho, v jaké fázi zpracování se chemická stabilizace provádí, se rozlišuje chemická prestabilizace a poststabilizace. [26]

3.4.1 Návrhové parametry

Pro návrh kalového hospodářství je nezbytné provést odhad produkce kalu. Jako podklad je vhodné použít data z existujících ČOV. Dle americké asociace pro životní prostředí US-EPA je typická produkce 70 – 110 g NL na obyvatele a den. Množství vznikajícího kalu v jednotlivých procesech a jeho sušina po určitém časovém období jsou další údaje, které nám pomáhají reálně navrhovat a posuzovat procesy probíhající v čistírnách odpadních vod a vyvarovat se tak chyb vyplývajících z nevhodné velikosti jednotlivých prostorů. V níže uvedené tabulce 3.6 jsou uvedena množství kalů (podle Imhoffa), která vznikají v různých stádiích procesů mechanicko-biologického čištění. [22]

Hrubý odhad na základě počtu obyvatel a druhu čištění:

Tabulka 3.6 Vzniklý objem kalu podle druhu čištění

Stupeň čištění	Vzniklý objem kalu za den v l/EO
Mechanické čištění a vyhnívání - čerstvý kal	2,16
Mechanické čištění a aktivace a vyhnívání - přebytečný aktivovaný kal	4,43
Mechanické čištění a aktivace a vyhnívání - přebytečný a primární kal	1,87
Mechanické čištění a aktivace a vyhnívání - vyhnílý smíšený kal	0,79
Mechanické čištění a aktivace a vyhnívání - vyhnílý kal vysušený na vzduchu	0,23

Množství různých kalů podle Imhoffa [22]

Vedlejší výpočty neuvedeny v ČSN:

Výpočet stárí kalu:

$$\Theta_x = W_s / V_{kal} \quad (3.7)$$

Kde: W_s ... objem kalu v aktivační nádrži [kg]

V_{kal} ... produkce kalu empiricky podle Hunklera [kg/d]

Výpočet produkce kalu podle Hunklera:

$$V_{kal} = 1,2 \cdot B_x^{(0,23)} \cdot (E_{BSK5-AN} / 100) \cdot S_{dpAN} \quad (3.8)$$

Kde: B_x ... zatížení kalu [kg/kg/d]

$E_{BSK5-AN}$... účinnost aktivační nádrže [%]

S_{dpAN} ... zatížení aktivační nádrže [kg/d]

Výpočet koncentrace kalu:

$$X = B_v / B_x \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (3.9)$$

Kde: B_v ... objemové zatížení aktivace [kg/m³/d]

B_x ... zatížení kalu [kg/kg/d]

Výpočet objemu kalu v aktivační nádrži:

$$W_s = S_{dpAN} / B_x \text{ [kg]} \quad (3.10)$$

Kde: S_{dpAN} ... zatížení aktivační nádrže [kg/d]

B_x ... zatížení kalu [kg/kg/d]

Pro přesné vyjádření produkce kalu podle ČSN se využívá těchto rovnic:

V systému s aktivovaným kalem je možno produkci spočítat podle kinetiky růstu biomasy. Obecná rovnice pro růst biomasy je:

$$P_x = Y_{obs} * S_r \quad (3.11)$$

Kde: P_x ... produkce biomasy za den (kg sušiny/den)

Y_{obs} ... růstový koeficient aktivovaného kalu (kg sušiny/kg BSK₅ odbouraného)

S_r ... odbourání substrátu (kg BSK₅ odbouraného/den)

$$Y_{obs} = 0,6 * (NL / BSK_5 + 1) - (0,0432 * F) / \Theta_x + 0,08F \text{ [kg/kg]} \quad (3.12)$$

Kde: NL / BSK_5 ... poměr koncentrací na přítoku do aktivace

F ... $1,072^{(T-15)}$ teplotní koeficient (3.13)

T ... teplota odpadní vody [°C]

Θ_x ... stáří kalu [s]

Finální produkce kalu se pak vypočte podle vzorce (3.12)

$$V = P_x / X \text{ [m}^3\text{/d]} \quad (3.14)$$

Kde: P_x ... produkce biomasy za den (kg sušiny/den)

X ... koncentrace kalu [kg/m³]

3.4.2 Likvidace a skladování

Zacházení s kalem je dáno vyhláškou.

- zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech, (§32)

- vyhláška č. 382/2001 Sb. o podmínkách použití kalů na zemědělské půdě

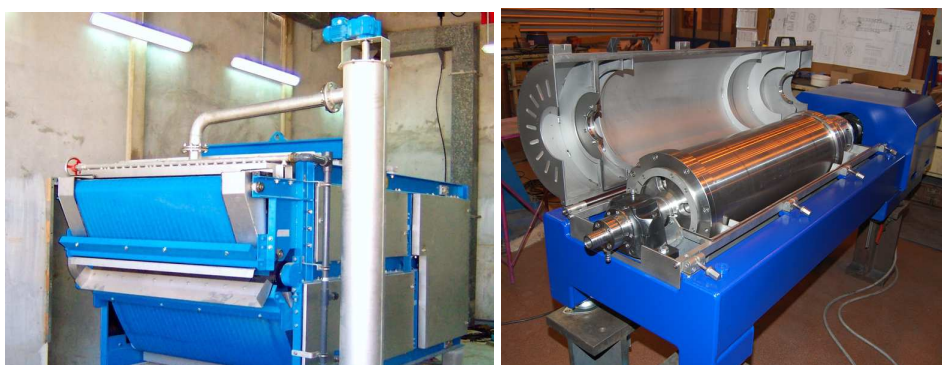
- vyhláška č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu

- vyhláška č. 341/2008 Sb. o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady

Odvodňování kalu

Při odvodňování kalu dochází k dalšímu odstranění vody na úroveň tuhé rypatelné konzistence. S tímto kalem lze zacházet jako se zeminou. Sušina odvodněného kalu se pohybuje od 20 – 30 %, s přidavkem vápna až přes 40 %. Dobře stabilizovaný kal je nepáchnoucí tmavá až černá hmota (od sulfidu železnatého).

Lepší odvoditelnost kalu se dříve dosahovala přidavkem solí železa, hliníku, často v kombinaci s vápnem. Takový kal byl však těžký, měl zvýšenou solnost, působil korozivně. V současné době se už prakticky ve všech případech používají organické flokulanty. Výhodou jsou malé dávky, vysoká účinnost a snadnější manipulace. [32]



Obrázek 3.20 (vlevo) Sítopásový lis [20]

Obrázek 3.21 (vpravo) Dekantační odstředivka [22]

K mechanickému odvodňování se používají:

- 1) Pásové lisy – kal je odvodňován mezi dvěma nekonečnými filtračními pásy (obrázek 3.20). Pak se kal smíchá s flokulantem a směs se dostává na povrch filtračního pásu, kde se odděluje velká část vody. Pak je kal vtěsnán do klínového prostoru mezi dvěma pásy, kde se stlačováním vytváří kalový koláč. Ten je vtlačován mezi kladky a je z něj vytlačována další voda. Na výslednou sušinu až 40 % stačí přírůdek 100 - 150 g flokulantu /m³.
- 2) Kalolisy – zvané také tlakové komorové lisy jsou filtrační zařízení pracující na tlakovém principu. Kal je po smíchání s flokulantem čerpán do komor lisu, kde je voda pod tlakem 1 - 2 MPa filtrována přes filtrační plachetku v rámu. Po několikahodinové filtraci je z lisu odstraněn kalový koláč. Nevýhodou kalolisu je přerušovaný provoz, náročná obsluha a vysoké investiční náklady.
- 3) Vakuová filtrace – nejběžnější je bubnový filtr. Je to buben, jehož plášť je tvořen z děrovaného plechu. Je umístěn ve žlabu s kalem a na povrchu má jemnou filtrační tkaninu.

Na tkanině se zachytí kal, uvnitř bubnu je vakuum, do kterého se odsává voda. Na konci je z bubnu odstraněn kalový koláč.

4) Dekantační odstředivky – jsou používány k zahuštění kalu i k odvodnění (obrázek 3.21). Je to jediné zařízení, kde může dojít k odvodnění i bez flokulantu. Kal se dávkuje do tělesa odstředivky v hlavní ose. Kal se usazuje na vnitřních stěnách rotačního bubnu a zahuštěný kal je pak šnekem uvnitř bubnu vynášen ven.

5) Přirozený způsob odvodňování – kalová pole a laguny

Kalové laguny jsou plochy, kde náпустná výška je 0,7 – 1,5 m. Odvodňovací cyklus je obvykle 1 rok, urychlí se odváděním kalové vody z povrchu. Těží se nakladačem nebo bagrem. [32]

6) Mobilní

Mobilní odvodňovací zařízení sestává z nosného podvozku, ke kterému je napevno přimontována například dekantální odstředivka. Pro snadnou manipulaci s odvodněným kalem jsou tato mobilní zařízení vybavena výklopným šnekovým dopravníkem. Další součástí je kalové podávací čerpadlo, chemické hospodářství a rozvaděč s řídicím systémem. Příkon zařízení bývá v rozmezí 6,5–11 kW, což umožňuje napojení na standardní elektrické rozvody ČOV. V některých případech sestava zahrnuje také dieselový agregát generující v případě nutnosti elektrický proud. Výkon mobilního zařízení je velice flexibilní a je možné ho přizpůsobit téměř pro jakoukoliv potřebu provozovatele. Díky umístění strojní technologie pro odvodňování kalů do nákladních automobilů, různých podvozků a návěsů, je možné optimálně řešit odvodnění kalů pro ČOV s kapacitou 1 500 – 3 000 EO, kde nejsou k dispozici stacionární odstředivky. Výhodou tohoto řešení je snížení investičních nákladů díky možnosti využití jednoho zařízení pro více ČOV. Mobilní odstředivka je taktéž vhodné řešení v rámci regionálního hospodaření s odpadními vodami (svazky obcí). [33]

Hygienizace kalu

Za hygienizovaný kal se pokládá kal, který prošel takovou úpravou, že počty indikátorů patogenních mikroorganismů byly sníženy na požadovanou hodnotu. Stabilizace a hygienizace může, ale nemusí probíhat současně tou samou technologií. Pro využívání kalu musí být kal stabilizovaný a hygienizovaný, přitom stupeň stabilizace není závislý na stupni hygienizace. Ve většině států EU včetně ČR se jako indikátory hygienických vlastností využívají Termotolerantní koliformní bakterie, Enterokoky a *Salmonella*. Pro bezpečnou aplikaci kalů do půdy jsou stanoveny závazné normy udávající množství mikroorganismů

v jednom gramu sušina kalu. Podle celkového obsahu potenciálně patogenních mikroorganismů rozděluje se kal do dvou tříd A a B, u nás třída I. a II. Obecně k hygienizaci kalů lze použít všech metod při kterých dochází k usmrcování mikroorganismů. Pro hygienizaci kalu se vyžaduje úplné sušení. V tomto případě je kal vysušen na sušinu 90 – 95 %. Sušením kalů se získá nejen jeho hygienické zabezpečení, ale i dlouhodobá skladovatelnost. Sušením lze získat kal kategorie I. jehož přípustné množství mikroorganismů můžeme vidět v tabulce 3.7. [31]

Tabulka 3.7 Mikrobiologická kritéria pro použití kalů na zemědělské půdě (KTJ – kolonie tvořící jednotku) [31]

Kategorie kalů	Přípustné množství mikroorganismů (KTJ) v 1 g sušiny aplikovaných kalů		
	Termotolerantní Koliformní bakterie	Enterokoky	Salmonella sp.
I.	$< 10^3$	$< 10^3$	Negativní nález
II.	$10^3 - 10^6$	$10^3 - 10^6$	Nestanovuje se

Kategorie I – kaly, které je možno obecně aplikovat na půdy využívané v zemědělství při dodržení ostatních ustanovení vyhlášky č. 382/2001 Sb. v pozdějším znění

Kategorie II – kaly, které je možno aplikovat na zemědělské půdy určené k pěstování technických plodin a na půdy, na kterých se nejméně 3 roky po použití čistírenských kalů nebude pěstovat polní zelenina a intenzivně plodící ovocná výsadba, a při dodržení zásad ochrany zdraví při práci a ostatních ustanovení vyhlášky č. 382/2001 Sb. [31]

Druhy hygienizace

Při procesech na ČOV, ačkoli nejsou primárně na hygienizaci zaměřeny. Probíhají většinou při vysoké teplotě nebo za vysokého pH.

Jedná se o:

- Aerobní stabilizace
- Aerobní termofilní stabilizace
- Chemická stabilizace
- Odvodňování na kalových polích
- Termické sušení
- Kompostování
- Spalování

Metody hygienizace zaměřené přímo na zneškodnění patogenů fyzikální:

- Teplotou (Pasterizace alespoň 30 minut při teplotě 65-70 °C a musí být v kombinaci se stabilizací kalu)

Chemické metody využívají účinků silných oxidačních činidel, jako je chlor, ozon, formaldehyd nebo fenol. [26]

Konečné způsoby zpracování kalu jsou následující:

skládkování kalu

spalování kalu

zakomponování kalu do stavebních materiálů

kompostování

použití jako hnojivo

Skládkování kalu – podmínkou je dostatečné odvodnění (min. 20 %, v Německu až 45 %) a hygienizace většinou vápnem (obrázek 3.23). Vhodné je skládkování spolu s domovním odpadem. Důležitý je obsah termotolerantních koliformních bakterií. Skládky vyžadují vodné výluhy.

Spalování kalu – je vhodné pro kaly s vyšším obsahem organické hmoty, která shoří. Používá se pro kaly obsahující oleje nebo toxické organické látky. Výhodná je také minimalizace objemu na zbytek popela, který už lze sládkovat. Při vysoké teplotě se zničí patogeny a rozloží se i organické látky. Problémem je kvalita exhalátů (emise). Ve spalovnách musí být na tento druh odpadu připraveni a provoz musí mít odpovídající filtry na odcházející plynné složky. Spalování probíhá obvykle spolu s jiným odpadem, např. komunálním.

Zakomponování kalu do stavebních materiálů – důležité je, aby se přidávkem kalů ke stavebním materiálům nezměnily jeho vlastnosti. Proto se jedná většinou o malé přídatky. Kaly se někdy pálí spolu s cementářskou směsí, kdy se organika rozloží a zbývající anorganický zbytek neovlivní vlastnosti cementářské hmoty.

Kompostování – při rozkladu organické hmoty se mění kal (hlavně jeho organická část) na humózní hmotu (obrázek 3.22). Ke kalu z ČOV se přidává organická hmota ve formě kůry, odřezků dřeva, pilin apod. Proces kompostování probíhá při obsahu vody v kalu kolem 50 %. Mikrobiální procesy uvolňují teplo a teplota materiálu při kompostování je až 60 °C i víc.

Dochází k usmrcení patogenů (už za 3 dny při teplotě nad 35 °C). Doba kompostování se pohybuje mezi 15 až 45 dny. Následně se nechá kal ještě asi měsíc stabilizovat. Takto vyrobené průmyslové komposty musí mít dodrženu koncentraci těžkých kovů. Používají se rekultivacím některých ploch a hlavně skládek odpadů.

Použití jako hnojivo – je velmi málo využíváné. Vzhledem k poměrně vysokým obsahům biogenních prvků hlavně dusíku a fosforu je tento materiál výborným hnojivem. Ale vzhledem k poměrně velkým rizikům vnosu termotolerantních koliformních bakterií do půdy, příp. škodlivin musí být dodržován zvláštní režim. Půda, na kterou se kal aplikuje musí být kontrolována na obsah termotolerantních koliformních bakterií, jsou kontrolovány i patogeny v kalu, který musí být předem hygienizován (termicky nebo chemicky). Pravidelné kontroly jsou poměrně nákladná záležitost a dále musí být dodržena podmínka zapracování kalu do půdy do 24 hodin. [32]



Obrázek 3.22 (vlevo) Kompostování kalů [35]

Obrázek 3.23 (vpravo) Skládání kalů [36]

Vedlejší produkty stabilizace kalu

Kalová voda se odděluje od stabilizovaného kalu na konci procesu při zahušťování a odvodňování stabilizovaného kalu. Snadnost oddělení kalové vody závisí na správné funkci zahušťovací nádrže. Množství a kvalita kalové vody závisí na kvalitě a koncentraci surového kalu. Množství kalové vody se pohybuje od 0,1 – 0,4 % množství čištěné vody. Nejrozšířenější způsob likvidace je řízené vrácení před aktivační nádrž.

U malých čistíren odpadních vod se kal nesladuje, ale převládá v určitých intervalech na větší čistírny, které disponují technologiemi na úpravu kalů, popřípadě se upravuje pomocí mobilních zařízení a následně se likvidují či využívají dál. U větších čistíren, které disponují technologiemi k zpracování kalu se kal v určitých intervalech likviduje či využívá podle složení kalu. [32]

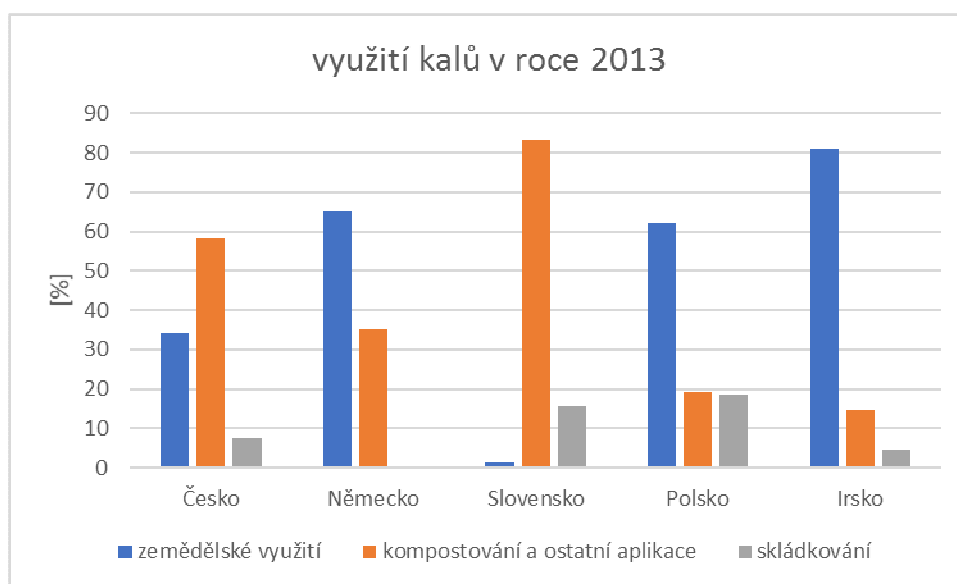
3.4.3 Závěr

Podle zahraniční literatury je uváděna produkce kalu v rozmezí 70-100 g sušiny/osobu/den. Toto množství značně závisí na technologickém vybavení čistírny. Například u malé čistírny, která pracuje na principu septiku a anaerobního filtru, je množství kalu 27-39 g sušiny/osobu/den, kdežto u komunální čistírny odpadních vod už je množství dvakrát větší a to 60-80 g sušiny/osobu/den. [34]

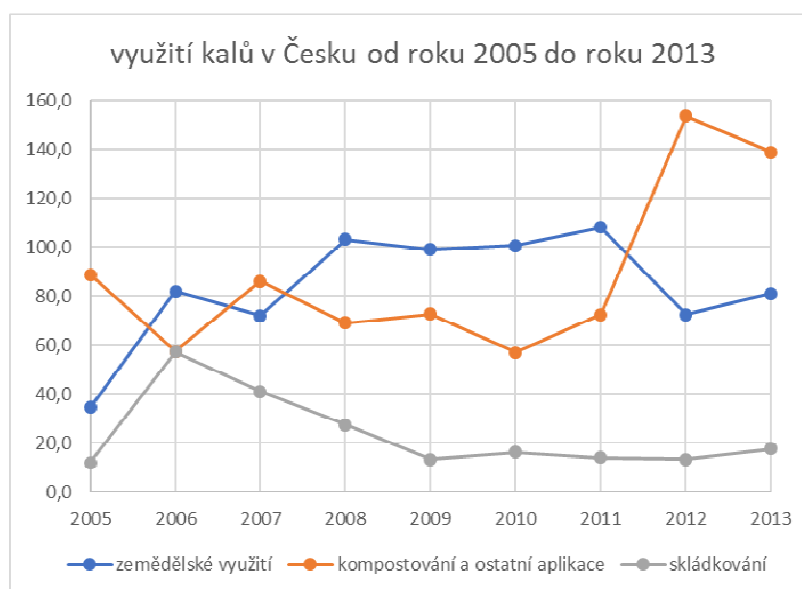
Podle jednoduchého výpočtu, který vychází z vydělení celkové hmotnosti kalu počtem obyvatel, vychází pro Česko průměr 65 g/osobu/rok (tabulka 3.8), což odpovídá dolní hranici uvedeného rozmezí. Podle grafu (obrázek 3.25), který ukazuje využití kalu od roku 2005 se kal nejvíce využíval pro zemědělství, ale od roku 2011 se začal více využívat ke kompostování. Využití kalů se stát od státu liší (obrázek 3.24), například Německo od roku 2010 má nulové hodnoty u skládkování kalů, což je skvělý výsledek, který můžeme vidět jen u pár evropských států.

Tabulka 3.8 Přepočtená produkce kalu v jednotlivých státech

Země	tun kalu za rok	počet obyvatel	produkce kalu g sušiny/os/den
Česko	250000	10520000	65
Německo	1900000	80620000	65
Slovensko	58000	5414000	29
Polsko	520000	38530000	37
Irsko	80000	4595000	48



Obrázek 3.24 Srovnání využití kalů v jednotlivých státech v roce 2013



Obrázek 3.25 Využití kalů od roku 2005 do roku 2013

3.5 KRITICKÉ ZHODNOCENÍ REŠERŠE

Problematika odpadů a převážně kalů je v dnešní době aktuální téma s odsouhlaseným zákonem, který zakazuje skládkování od roku 2024. Převážná část odpadů z procesu čištění odpadních vod je likvidována právě pomocí skládkování, proto se budeme muset zaměřit na alternativní metody likvidace, popřípadě recyklace těchto odpadů. U shrabků a písku lze problém řešit pomocí pračky písku, separátoru písku, pračkou shrabků, lisem na shrabky

s následnou hygienizací, díky které se odstraní organické znečištění a převážná část vody. Takto upravené shrabky se dají spalovat, kompostovat. Písek díky úpravě lze kompostovat. Náklady na tato zařízení jsou velké, bude potřeba docílit, aby alespoň centrální ČOV tato zařízení měly a malé ČOV zde tento odpad mohly svážet. Dalším problémem je také přijetí návrhu kalové vyhlášky. Její zásluhou dojde k citelnému zpřísnění podmínek skladování i dočasného uložení kalů před jejich použitím. Toto zpřísnění by dle mého názoru mohlo mít za následek znemožnění či výrazné zkomplikování a zdražení nakládání s kalem formou použití na zemědělské půdě. Od 1. 1. 2019 bude možné aplikovat na zemědělské půdy pouze kal kategorie I. Tím pádem bude nutné vyřešit co s kalem kategorie II. Další problematikou je také současný stav kanalizační sítě. U převážné většiny je stav stokové sítě na hranici životnosti, což zásadně ovlivňuje množství odpadu zachyceného na ČOV.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část se zaměřuje na vyhodnocení a porovnání množství odpadu z provozu čistíren odpadních vod v Jihomoravském kraji. Všechny tyto čistírny odpadních vod spadají pod Vodovody a kanalizace Hodonín. Jedná se o čistírny s počtem ekvivalentních obyvatel do 2000. Ve všech obcích je jednotná stoková síť, která odvádí veškerou odpadní vodu společnou trubní sítí na čistírnu odpadních vod. Převážná většina kanalizací je vybudována z betonu DN 300 - 1200. Kanalizace byla položena v 50. až 70. letech 20. století a její převážná část je na hranici životnosti a vyžaduje rekonstrukci.

4.1 POPIS JEDNOTLIVÝCH OBCÍ

V následujících kapitolách je uveden základní popis obcí a výpočet odpadů vznikajících na jednotlivých objektech. Při výpočtu množství shrabků a písků bylo použito hodnot uvedených v kapitolách 3.1.1 a 3.2.1 tyto hodnoty jsou uvedeny v ČSN a uvádí rozsah produkce odpadu v kg/EO/rok v případě shrabků u písku v m³/EO/d. U výpočtu kalu už bylo za potřebí použití několika vztahů. Všechny vzorce jsou rozepsány v kapitole 3.4.1. Vzorový výpočet kalu budu pouze u obce A. U dalších obcí budou pouze výsledky z těchto výpočtů.

4.1.1 Obec A

V obci A leží v Jihomoravském kraji, v průměrné nadmořské výšce 260 m n. m. Žije zde podle dostupných údajů 448 obyvatel.

- Počet EO: 498
- Produkce odpadních vod: 121 m³/d
- Významní producenti: bez producentů
- Druh kanalizace: jednotná kanalizace vybudována z betonových trub DN 300, 400, 500 celkové délky 3,4 km
- Stavebně technický stav: hranice životnosti
- Česle: Huber s dopravníkem, LP: Huber se separací, Dn: OMS Walter

Vypočítané množství odpadu:

Tabulka 4.1 Vypočtené množství shrabků obce A

Produkováná hmotnost shrabků za rok dle ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO [t/rok]	Naměřená produkce shrabků [t/rok]	Produkce shrabků [kg/EO/rok]
Dolní hranice (4 kg/EO/rok)	1,99	3,18	6,39
Horní hranice (8 kg/EO/rok)	3,98		

Tabulka 4.2 Vypočtené množství písku obce A

Produkováná hmotnost písku za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO [t/rok]	Naměřená produkce písku [t/rok]	Produkce písku [m ³ /EO/rok]
Dolní hranice (14.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	4,07	3,71	12,80.10 ⁻⁶
Horní hranice (30.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	8,72		

Tabulka 4.3 Produkce nerozpuštěných látek obce A

Celkové znečištění NL za den	4	[kg/den]
Produkce NL na EO za den	7,07	[g/EO/d]

Výpočet produkce přebytečného kalu:

Tabulka 4.4 Vzorový výpočet přebytečného kalu

Obec A	Naměřené a vypočtené hodnoty	Jednotky	Použité vzorce
EO	498	[-]	
Yobs	0,62	[-]	(3.12)
NL	29,00	[mg/l]	
BSK ₅	35,00	[mg/l]	
NL/BSK ₅	0,83	[-]	
T	12,10	[°C]	
F	0,82	[-]	(3.13)
Θ _x	119,94	[den]	(3.7)
BV	0,04	[kg.m-3.d-1]	
Bx	0,02	[kg.kg-1.d-1]	
E _{BSK5-AN}	85,43	[%]	
V _{kal}	1,77	[kg/den]	(3.8)
W _s	211,75	[kg]	(3.10)
Q ₂₄	121,00	[m ³ /d]	
S _{dpAN}	4,24	[kg/den]	
Co	0,04	[kg/m ³]	
S _{dp1}	0,62	[kg/den]	
C1	0,01	[kg/m ³]	
Px	2,24	[kg/den]	(3.11)
Sr	3,62	[kg/den]	
X	1,85	[kg/m ³]	(3.9)
V	1,21	[m ³ /d]	(3.14)
V	441,28	[m ³ /rok]	
Produkce kalu v m ³	0,89	[m ³ /EO/rok]	
Produkce kalu v kg	0,0045	[kg/EO/d]	

4.1.2 Obec B

Obec B se nachází v Jihomoravském kraji na hranicích se Slovenskem, v průměrné nadmořské výšce 180 m n. m. V obci žije podle dostupných údajů 1 150 obyvatel.

- Počet EO: 1192
- Produkce odpadních vod: 135 m³/d
- Významní producenti: bez producentů
- Druh kanalizace: jednotná kanalizace vybudována z betonových a železobetonových trub o profilech DN 300, 400, 800 a 1200 celkové délky 4,5 km
- Stavebně technický stav: nutnost částečné rekonstrukce
- Česle: pouze hrubé, LP: Fontana vertikální ø800 + mamutka, Dn: obdélníková samostatná

Vypočítané množství odpadu:

Tabulka 4.5 Vypočtené množství shrabků obce B

Produkovaná hmotnost shrabků za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO [t/rok]	Naměřená produkce shrabků [t/rok]	Produkce shrabků [kg/EO/rok]
Dolní hranice (4 kg/EO)	4,77	3,27	2,74
Horní hranice (8 kg/EO)	9,54		

Tabulka 4.6 Vypočtené množství písku obce B

Produkovaná hmotnost písku za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO [t/rok]	Naměřená produkce písku [t/rok]	Produkce písku [m ³ /EO/rok]
Dolní hranice (14.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	9,75	4,40	6,30.10 ⁻⁶
Horní hranice (30.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	20,88		

Tabulka 4.7 Produkce kalu obce B

Produkce kalu	3227,68	[m ³ /rok]
Produkce na EO v m ³	2,71	[m ³ /EO/rok]
Produkce kalu	34,00	[kg/den]
Produkce na EO v kg	0,0285	[kg/EO/d]

Tabulka 4.8 Produkce nerozpuštěných látek obce B

Celkové znečištění NL za den	35,09	[kg/den]
Produkce NL na EO za den	29,44	[g/EO/d]

4.1.3 Obec C

Obec C se nachází v Jihomoravském kraji, v okrese Hodonín, v chráněné krajinné oblasti Bílé Karpaty v nadmořské výšce 207 m n. m. V obci žije podle dostupných údajů 920 obyvatel.

- Počet EO: 1679
- Produkce odpadních vod: 116 m³/d
- Významní producenti: bez producentů
- Druh kanalizace: jednotná kanalizace vybudována z betonových a kameninových trub o profilu DN 300, 400 a 500 celkové délky 7,6 km
- Stavebně technický stav: hranice životnosti
- Česle: pouze hrubé, LP: Fontana vertikální ø800 + mamutka, Dn: obdélníková samostatná

Vypočítané množství odpadu:

Tabulka 4.9 Vypočtené množství shrabků obce C

Produkováná hmotnost shrabků za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO [t/rok]	Naměřená produkce shrabků [t/rok]	Produkce shrabků [kg/EO/rok]
Dolní hranice (4 kg/EO)	6,72	3,48	2,07
Horní hranice (8 kg/EO)	13,43		

Tabulka 4.10 Vypočtené množství písku obce C

Produkováná hmotnost písku za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO [t/rok]	Naměřená produkce písku [t/rok]	Produkce písku [m ³ /EO/rok]
Dolní hranice (14.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	13,73	3,13	3,20.10 ⁻⁶
Horní hranice (30.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	29,42		

Tabulka 4.11 Produkce kalu obce C

Produkce kalu	1489,24	[m ³ /rok]
Produkce na EO v m ³	0,89	[m ³ /EO/rok]
Produkce kalu	18,13	[kg/den]
Produkce na EO v kg	0,0108	[kg/EO/d]

Tabulka 4.12 Produkce nerozpuštěných látek obce C

Celkové znečištění NL za den	12,75	[kg/den]
Produkce NL na EO za den	7,59	[g/EO/d]

4.1.4 Obec D

Obec D se nachází v Jihomoravském kraji, v průměrné nadmořské výšce 227 m n. m. V obci D žije podle dostupných údajů 648 obyvatel.

- Počet EO: 732
- Produkce odpadních vod: 130 m³/d
- Významní producenti: bez producentů
- Druh kanalizace: jednotná kanalizace vybudována z betonových a železobetonových trub o profilu DN 300, 500 a 600 celkové délky 3,9 km
- Stavebně technický stav: nutnost částečné rekonstrukce
- Česle: česlicový koš + jemné Fontana, LP: není, Dn: kruhová samostatná

Vypočítané množství odpadu:

Tabulka 4.13 Vypočtené množství shrabků obce D

Produkovaná hmotnost shrabků za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO v t/rok	Naměřená produkce shrabků [t/rok]	Produkce shrabků [kg/EO/rok]
Dolní hranice (4 kg/EO)	2,93	5,32	7,27
Horní hranice (8 kg/EO)	5,86		

Tabulka 4.14 Vypočtené množství písku obce D

Produkovaná hmotnost písku za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO [t/rok]	Naměřená produkce písku [t/rok]	Produkce písku [m ³ /EO/rok]
Dolní hranice (14.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	5,98	0,00	0,00
Horní hranice (30.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	12,82		

Tabulka 4.15 Produkce kalu obce D

Produkce kalu	1496,48	[m ³ /rok]
Produkce na EO v m ³	2,04	[m ³ /EO/rok]
Produkce kalu	14,67	[kg/den]
Produkce na EO v kg	0,0200	[kg/EO/d]

Tabulka 4.16 Produkce nerozpuštěných látek obce D

Celkové znečištění NL za den	19,78	[kg/den]
Produkce NL na EO za den	27,03	[g/EO/d]

4.1.5 Obec E

Obec E se nachází v Jihomoravském kraji, v průměrné nadmořské výšce 185 m n. m. V obci žije celkem podle dostupných údajů 1 235 obyvatel.

- Počet EO: 1295
- Produkce odpadních vod: 234 m³/d
- Významní producenti: bez producentů
- Druh kanalizace: jednotná kanalizace vybudována z betonových a železobetonových trub DN 300 - 1200 celkové délky 9,9 km
- Stavebně technický stav: relativně dobrý
- Česle: česlicový koš + jemné Fontána, LP: Fontana vertikální ø800 + Fontana separátor, Dn: OMS Walter

Vypočítané množství odpadu:

Tabulka 4.17 Vypočtené množství shrabků obce E

Produkovaná hmotnost shrabků za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO v t/rok	Naměřená produkce shrabků [t/rok]	Produkce shrabků [kg/EO/rok]
Dolní hranice (4 kg/EO)	5,18	5,27	4,07
Horní hranice (8 kg/EO)	10,36		

Tabulka 4.18 Vypočtené množství písku obce E

Produkovaná hmotnost písku za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO [t/rok]	Naměřená produkce písku [t/rok]	Produkce písku [m ³ /EO/rok]
Dolní hranice (14.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	10,59	4,40	5,80.10 ⁻⁶
Horní hranice (30.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	22,69		

Tabulka 4.19 Produkce kalu obce E

Produkce kalu	2379,30	[m ³ /rok]
Produkce na EO v m ³	1,84	[m ³ /EO/rok]
Produkce kalu	24,56	[kg/den]
Produkce na EO v kg	0,0190	[kg/EO/d]

Tabulka 4.20 Produkce nerozpuštěných látek obce E

Celkové znečištění NL za den	34,12	[kg/den]
Produkce NL na EO za den	26,35	[g/EO/d]

4.1.6 Obec F

Obec F se nachází v Jihomoravském kraji, v průměrné nadmořské výšce 218 m n.m. V obci žije celkem podle dostupných údajů 1 245 obyvatel.

- Počet EO: 1312
- Produkce odpadních vod: 234 m³/d
- Významní producenti: bez producentů
- Druh kanalizace: jednotná kanalizace vybudována z betonových trub o profilu DN 300, 400, 500, 600 a 800 celkové délky 11,3 km
- Stavebně technický stav: nevyhovující
- Česle: česlicový koš + jemné Fontana, LP: není, Dn: kruhová samostatná

Vypočítané množství odpadu:

Tabulka 4.21 Vypočtené množství shrabků obce F

Produkovaná hmotnost shrabků za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO v t/rok	Naměřená produkce shrabků [t/rok]	Produkce shrabků [kg/EO/rok]
Dolní hranice (4 kg/EO)	5,25	8,52	6,49
Horní hranice (8 kg/EO)	10,50		

Tabulka 4.22 Vypočtené množství písku obce F

Produkovaná hmotnost písku za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO [t/rok]	Naměřená produkce písku [t/rok]	Produkce písku [m ³ /EO/rok]
Dolní hranice (14.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	10,73	2,00	2,60.10 ⁻⁶
Horní hranice (30.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	22,99		

Tabulka 4.23 Produkce kalu obce F

Produkce kalu	5289,38	[m ³ /rok]
Produkce na EO v m ³	4,03	[m ³ /EO/rok]
Produkce kalu	56,69	[kg/den]
Produkce na EO v kg	0,0432	[kg/EO/d]

Tabulka 4.24 Produkce nerozpuštěných látek obce F

Celkové znečištění NL za den	61,97	[kg/den]
Produkce NL na EO za den	47,23	[g/EO/d]

4.1.7 Obec G

Obec G se nachází v Jihomoravském kraji, v průměrné nadmořské výšce 238 m n.m. Obec G má v současné době 716 obyvatel.

- Počet EO: 749
- Produkce odpadních vod: 108 m³/d
- Významní producenti: bez producentů
- Druh kanalizace: jednotná kanalizace vybudována z betonových trub DN 300 až 600 celkové délky 5,5 km
- Stavebně technický stav: nevyhovující
- Česle: česlicový koš + síto Fontána, LP: Fontana vertikální ø800 + Fontana separátor, Dn: kruhová samostatná

Vypočítané množství odpadu:

Tabulka 4.25 Vypočtené množství shrabků obce G

Produkováná hmotnost shrabků za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO v t/rok	Naměřená produkce shrabků [t/rok]	Produkce shrabků [kg/EO/rok]
Dolní hranice (4 kg/EO)	3,00	5,38	7,18
Horní hranice (8 kg/EO)	5,99		

Tabulka 4.26 Vypočtené množství písku obce G

Produkováná hmotnost písku za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO [t/rok]	Naměřená produkce písku [t/rok]	Produkce písku [m ³ /EO/rok]
Dolní hranice (14.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	6,12	0,00	0,00
Horní hranice (30.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	13,12		

Tabulka 4.27 Produkce kalu obce G

Produkce kalu	880,93	[m ³ /rok]
Produkce na EO v m ³	1,18	[m ³ /EO/rok]
Produkce kalu	12,70	[kg/den]
Produkce na EO v kg	0,0170	[kg/EO/d]

Tabulka 4.28 Produkce nerozpuštěných látek obce G

Celkové znečištění NL za den	17,46	[kg/den]
Produkce NL na EO za den	23,31	[g/EO/d]

4.1.8 Obec H

Obec H se nachází v průměrné nadmořské výšce 257 m n. m. V obci H žije podle dostupných údajů 714 obyvatel.

- Počet EO: 723
- Produkce odpadních vod: 301 m³/d
- Významní producenti: bez producentů
- Druh kanalizace: jednotná kanalizace vybudována z betonových trub DN 300 až 700 celkové délky 3,2 km
- stavebně technický stav: dobrý
- Česle: Huber s dopravníkem, LP: Huber se separací, Dn: OMS Walter

Vypočítané množství odpadu:

Tabulka 4.29 Vypočtené množství shrabků obce H

Produkovaná hmotnost shrabků za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO v t/rok	Naměřená produkce shrabků [t/rok]	Produkce shrabků [kg/EO/rok]
Dolní hranice (4 kg/EO)	2,89	4,39	6,07
Horní hranice (8 kg/EO)	5,78		

Tabulka 4.30 Vypočtené množství písku obce H

Produkovaná hmotnost písku za rok dle. ČSN	Vypočtená produkce dle normy a počtu EO [t/rok]	Naměřená produkce písku [t/rok]	Produkce písku [m ³ /EO/rok]
Dolní hranice (14.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	5,91	8,13	19,00.10 ⁻⁶
Horní hranice (30.10 ⁻⁶ m ³ /EO/d)	12,67		

Tabulka 4.31 Produkce kalu obce H

Produkce kalu	2559,64	[m ³ /rok]
Produkce na EO v m ³	3,54	[m ³ /EO/rok]
Produkce kalu	25,84	[kg/den]
Produkce na EO v kg	0,0357	[kg/EO/d]

Tabulka 4.32 Produkce nerozpuštěných látek obce H

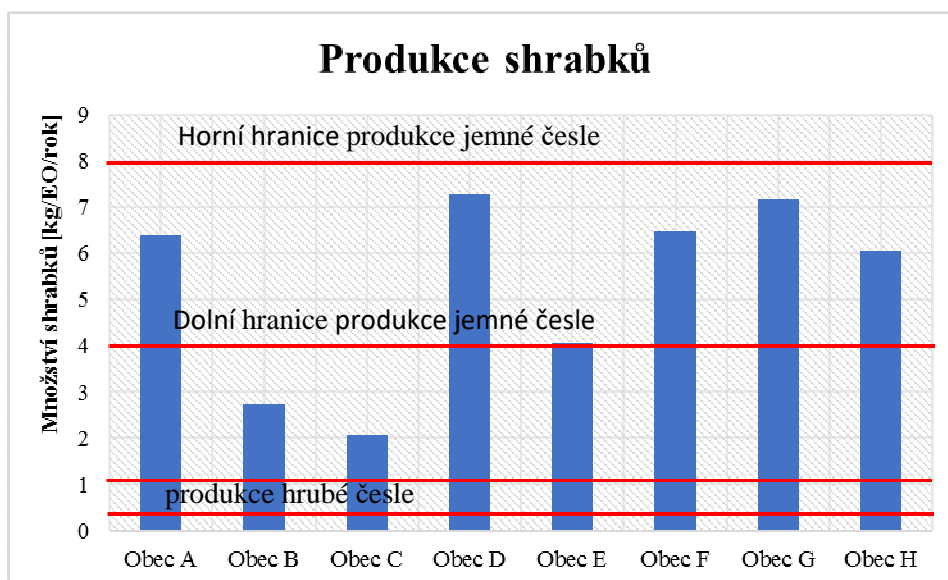
Celkové znečištění NL za den	39,46	[kg/den]
Produkce NL na EO za den	54,57	[g/EO/d]

4.2 SHRUTÍ

Následující kapitola obsahuje závěrečné porovnání jednotlivých obcí Jihomoravského kraje. Množství vzniklého odpadu bylo zpracováno do grafů a porovnáno s hranicemi produkce, které jsou udávány v ČSN.

4.2.1 Shrabky

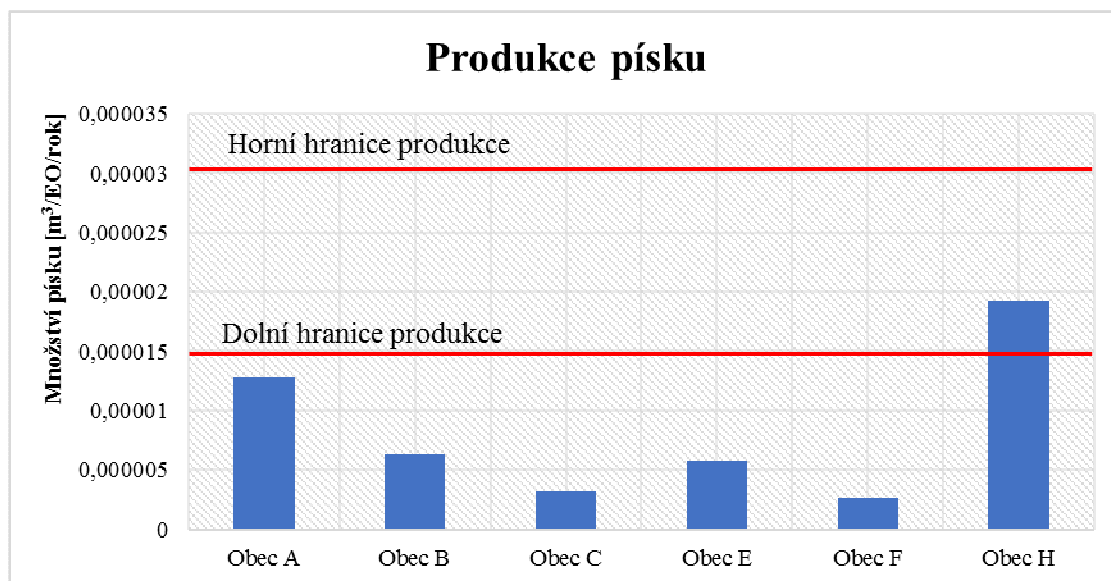
Prvním objektem na čistírně odpadních vod jsou česle. Zde vzniká odpad ve formě shrabků. Množství shrabků se nejčastěji udává v m^3/m^3 to je poměr množství shrabků ku množství odpadní vody, dále se udává v $\text{m}^3/\text{EO}/\text{rok}$, popřípadě $\text{kg}/\text{EO}/\text{rok}$. Celkové množství je ovlivněno mnoha faktory jako jsou typ stokové sítě, šířka průlin česlí, maximální průtok přes česle, stav stokové sítě a mnoho dalších faktorů. Z tohoto důvodu vyšly vypočtené hodnoty hodně odlišné. U obce C s nejnižší hodnotou 2,07 $\text{kg}/\text{EO}/\text{rok}$ a nejvyšší 7,27 $\text{kg}/\text{EO}/\text{rok}$ u obce D. Z osmi obcí se šest obcí vešlo do intervalu 4-8 $\text{kg}/\text{EO}/\text{rok}$, což je interval pro čistírny s jemnými česlemi a dvě obce, které mají pouze hrubé česle, byly pod touto hranicí, kde by měla být produkce 0,2-1 $\text{kg}/\text{EO}/\text{rok}$. Na obrázku 4.1 můžeme jasně vidět, že u obce B a obce C jsou na ČOV pouze česle hrubé, které mají větší průliny než česle jemné a díky tomu se zachytí mnohem méně shrabků.



Obrázek 4.1 Produkce shrabků jednotlivých obcí

4.2.2 Písek

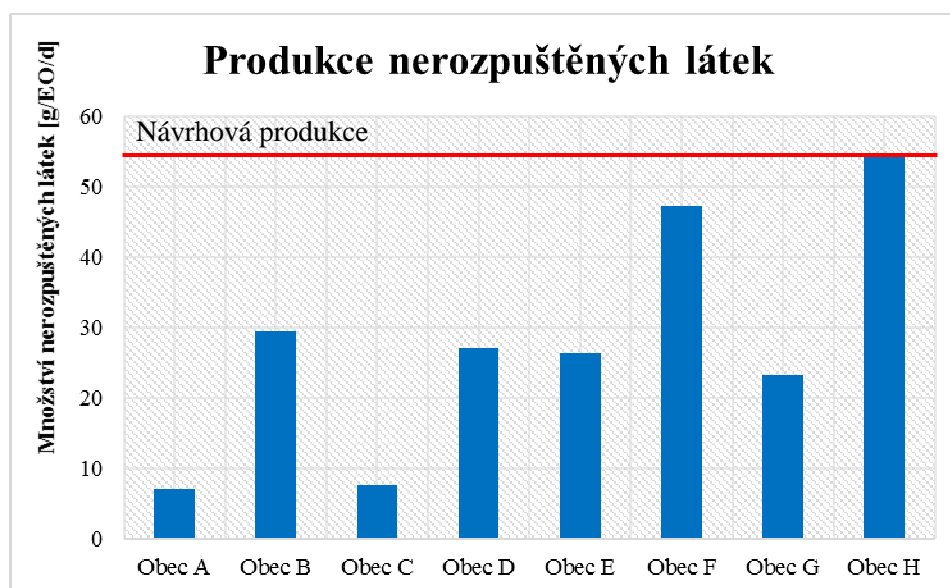
Jako druhý objekt na čistírně odpadních vod je lapák písku. Zde vzniká odpad ve formě písku. Množství písku se nejčastěji udává v $\text{m}^3/\text{EO}/\text{den}$. Celkové množství písku je ovlivněno mnoha faktory jako jsou typ stokové sítě, roční období, počet srážek, stav stokové sítě a další. Množství písku bylo pouze u jedné obce v rozmezí uvedeném v ČSN. Dvě obce a to obec D a obec G nemají lapák písku. Pět obcí bylo pod dolní hranicí produkce písku. To bylo nejspíše způsobeno velmi špatným stavem kanalizačního systému a nízkými úhrny srážek v tomto období.



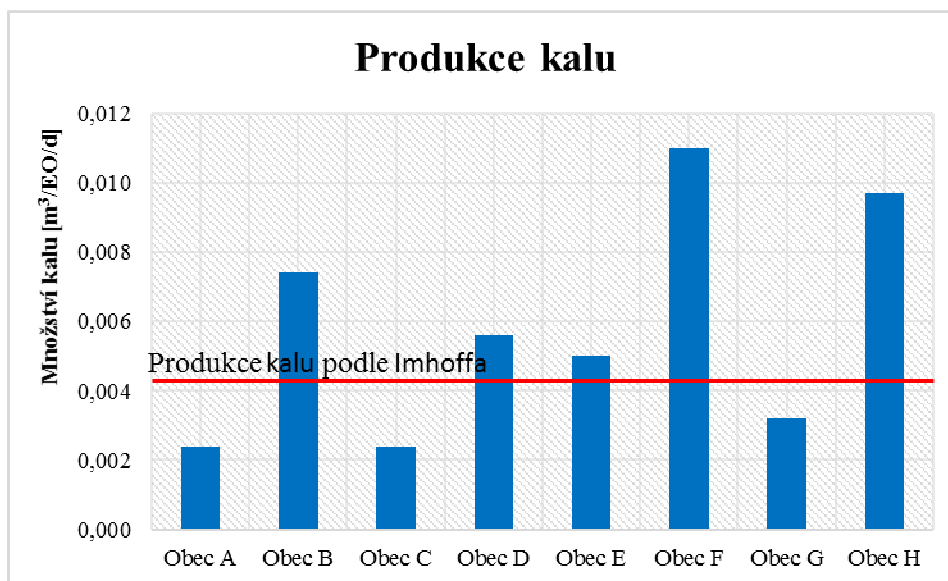
Obrázek 4.2 Produkce písku jednotlivých obcí

4.2.3 Kal a nerozpuštěné látky

Jako poslední odpad vznikající na čistírně odpadních vod je kal, který vzniká v aktivační a dosazovací nádrži. Jeho množství je ovlivněno především koncentrací BSK₅ a NL v surové vodě a také typem čistírny odpadních vod. Množství kalu se udává v m³/EO/d a nerozpuštěné látky v g/EO/d. Množství nerozpuštěných látek bylo u všech obcí pod návrhovou hranicí 55 g/EO/d. Pouze jedna obec odpovídala návrhové hranici. Průměrné množství nerozpuštěných látek se pohybovalo okolo 28 g/EO/d. U kalu byla většina čistíren odpadní vod nad limitem, který je dle Imhoffa 0,00443 m³/EO/d. Průměrná hodnota ze všech obcí byla 0,0058 m³/EO/d, což je zapříčiněno špatným stavem kanalizace. Díky špatnému stavu kanalizace je odpadní voda navýšena velkým podílem vod balastních a to vede ke zvýšené produkci kalu.



Obrázek 4.3 Produkce nerozpuštěných látek jednotlivých obcí



Obrázek 4.4 Produkce kalu jednotlivých obcí

4.2.4 Závěr

Všechny čistírny odpadních vod u kterých byl proveden výpočet množství odpadů splňují emisní standardy uvedené v nařízení vlády č. 61/2003 Sb. Z grafů vyplynulo, že každá čistírna odpadních vod je zcela odlišná, což zapříčiňuje volba technologie jednotlivých objektů a také mnoho dalších faktorů, jako jsou typ a stav kanalizační sítě, poloha čistírny odpadních vod, klima daného území, charakter produkované odpadní vody, délka stokové soustavy, úhrny srážek v dané lokalitě, rozložení producentů odpadní vody a dalšími faktory. Na závěr si dovoluji uvést tabulku (tabulka 4.33), ve které jsou všechny hodnoty přehledně porovnány.

Tabulka 4.33 Závěrečné srovnání

	Produkce dle ČSN	Vypočtené rozpětí u obcí	Jednotka
Shrabky	4,00-8,00	2,07-7,27	kg/EO/rok
Písek	$14,00 \cdot 10^{-6}$ - $30,00 \cdot 10^{-6}$	$2,61 \cdot 10^{-6}$ - $19,25 \cdot 10^{-6}$	m³/EO/rok
Nerozpuštěné látky	55,00	7,07-54,57	g/EO/d
Kal	$44,30 \cdot 10^{-4}$	$24,00 \cdot 10^{-4}$ - $110,00 \cdot 10^{-4}$	m³/EO/d

U ČOV do 2000 EO se převážná většina odpadu převáží k dalšímu zpracování na větší ČOV tzv. obecní. Náklady na pořízení zařízení pro likvidaci odpadu jsou vysoké a malým ČOV by se nevyplatily.

V současné době se odpady z čištění odpadní vody zpracovávají třemi základními způsoby:

Likvidace: u obcí je likvidace prováděna pomocí spalování, jedná se o efektivní způsob likvidace odpadu. Tento způsob likvidace lze využít u kalů a shrabků. U obou z uvedených odpadů je nutnost úpravy a to odvodnění, stabilizace a hygienizace.

Kompostování: u obcí se kompostování využívá u písku a kalu. U obou odpadů hrají hlavní roli mikrobiologická kritéria, která určují vhodnost tohoto odpadu. Oba výše uvedené odpady je potřeba odvodnit a hygienizovat.

Skládkování: Skládkování je vhodné pro všechny druhy odpadu z procesu čištění odpadních vod (shrabky, písek, kal) pokud nespĺňují podmínky pro šetrnější likvidaci.

5 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala množstvím odpadu z procesu čištění odpadních vod. Úkolem bylo popsat jednotlivé odpady, zařadit je do katalogu odpadů, popsat jejich charakteristiku a následnou likvidaci. V praktické části byl proveden přepočet vzniklého odpadu z jednotlivých obcí a srovnání s hodnotami uvedenými v ČSN.

V první části rešerše byly popsány způsoby čištění odpadních vod v závislosti na velikosti zdroje znečištění, dle platné legislativy. Čistírny odpadních vod pro malé zdroje znečištění spadají do kategorie od 5 do 50 EO, často jsou nazývány domovní čistírny odpadních vod, další kategorie jsou čistírny od 50 do 500 EO, které mají charakter kontejnerových nebo balených čistíren odpadních vod a poslední kategorie 500 až 2000 EO, která už je pojímána jako komunální čistírna odpadních vod.

V druhé části byly rozebrány jednotlivé objekty na čistírně odpadních vod. Jako první objekt byly popsány česle. Popis se skládá z obecného popisu objektu, jeho návrhových parametrů, popisem likvidace a skladování vzniklého odpadu a krátkým závěrem. Stejným způsobem byly popsány následující objekty lapák písku a štěrku, lapák tuků a dosazovací nádrž.

Praktická část se již zabývá krátkým popisem obcí z Jihomoravského kraje. Všechny porovnávané obce mají čistírny odpadních vod do 2000 EO. U obcí byly vypsány základní údaje jako jsou nadmořská výška, počet obyvatel, počet ekvivalentních obyvatel, produkce odpadních vod, výpis významných producentů, druh a délka kanalizace, stav kanalizace a v neposlední řadě vybavení jednotlivých čistíren odpadních vod, což úzce souvisí s produkcí odpadu. Výpočet byl proveden pro následující odpady: shrabky, písek, nerozpuštěné látky a kal. Vypočtené hodnoty byly následně srovnány s hodnotami návrhovými, které jsou uvedeny v ČSN. V závěru praktické části jsou obecně popsány jednotlivé odpady, které se porovnávaly. Výsledky výpočtu jsou zpracovány do grafů, kde jsou uvedeny produkce jednotlivých obcí tyto produkce následně srovnány a vyhodnoceny.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Odbor ochrany vod Ministerstva životního prostředí, Ing. Veronika Jáglová a Mgr. Martin Šnajdr. Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 ekvivalentních obyvatel: METODICKÁ PŘÍRUČKA. 2009.
- [2] *Domovnicisticka* [online]. 2013 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://domovnicisticka.cz/>
- [3] SOJKA, Jan. *Malé čistírny odpadních vod*. 2. aktualizované vydání. Lidická 9, 60200 Brno: EBRA, 2004, 98 s. ISBN 80-86517-80-2
- [4] *Micro 25 čistírna odpadních vod* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: http://rekonstrukce-cov.cz/1170-home_default/micro-25-cistirna-odpadnich-vod.jpg
- [5] *Domovní čistírna odpadních vod MICROCLAR* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.usbf.cz/foto/microclar/MICROCLAR%20AT6%20v%20provozu.JPG>
- [6] Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. In: 2015, 401/2015 Sb.
- [7] *Zemní filtr* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.hydroclar.cz/wp-content/uploads/2010/02/1-ZEMN%C3%8D-filtr-plast-%C4%8CB-prospekt.pdf>
- [8] Balená čistírna odpadních vod Stainless Cleaner SC 75 - 150 [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.metalman.cz/images/cz.package2.02.jpg>
- [9] *Aquatech čistírny odpadních vod* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.aquatech.cz/cistirny-odpadnich-vod.html>
- [10] *Biodisková čistírna odpadních vod* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <https://www.kingspanenviro.com/images/default-source/UK-2016/klargester/product-details/biodisc-commercial---hero-cutaway.jpg?sfvrsn=2>
- [11] *Kontejnerová čistírna pro 250-500 ekvivalentních obyvatel* [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.hellstein.cz/kontejnerova-cistirna-250-500-eo>
- [12] REJCHRT, Pavel. *Membránové technologie – zlom v pojetí čistíren odpadních vod nebo greenwashing*. Brno, 2012. *Bakalářská Práce. MASARYKOVA UNIVERZITA. Vedoucí práce Mgr. Bohuslav Binka, Ph.D.*
- [13] *Čistička* [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.cisticka.info/potrebuji-chci-cisticku/jak-funguje-mechanicka-cisticka-odpadnich-vod/>
- [14] *Studijní opora rozdělení čistíren odpadních vod* [online]. Mendelova univerzita v Brně [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: http://www.is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=2187
- [15] *Čistírna odpadních vod Troubky* [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.vakprerov.cz/files/vak/big/covtr.jpg>
- [16] PYTL, Vladimír. *Příručka pro provozovatele čistírny odpadních vod*. Líbeznice u Prahy: Medim, 2004. ISBN 80-239-2528-8.

- [17] METCALF & EDDY a INC. REV. BY GEORGE TCHOBANOGLOUS . Wastewater engineering: treatment and reuse. Internat. ed., 4. ed. New York [u.a.]: McGraw-Hill, 2004. ISBN 007124140X.
- [18] *Fontanar výrobce vybavení pro čistírny odpadních vod* [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.fontanar.cz/>
- [19] MACKENZIE L. DAVIS. *Water and wastewater engineering design principles and practice*. [Professional ed.]. New York: McGraw-Hill, 2010. ISBN 9780071713856.
- [20] *HUBER výrobce vybavení pro čistírny odpadních vod* [online]. Brno, 2017 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.hubercs.cz/cz.html>
- [21] *Česle pásové* [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.in-eko.cz/cesle-pasove>
- [22] *ASIO inženýrsko-dodavatelská společnost, čištění a úprava vod* [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/>
- [23] ČSN 75 6402 Malé čistírny odpadních vod. 1992.
- [24] *Wastewater Treatment Manuals - Preliminary Treatment* [online]. Ardavan, Wexford, Ireland: Environmental Protection Agency, 1995 [cit. 2017-04-05]. ISBN 1-899965-22-X. Dostupné z: https://www.epa.ie/pubs/advice/water/wastewater/EPA_water_treatment_manual_preliminary.pdf
- [25] *ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016 [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/2016-2017/pvh2/COV.pdf>
- [26] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Průručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, c2001. ISBN 80-86020-30-4.
- [27] ENVI-PUR výrobce zařízení v oblastech čištění a úpravy vody [online]. Praha [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.envi-pur.cz/cz/>
- [28] HLAVÍNEK, P., HLAVÁČEK, J. et al.: *Čištění odpadních vod. NOEL2000, Brno, 1996, 196 s., ISBN 80-86020-0-2*.
- [29] *Návrh metodik pro vodoprávní řízení lapáky tuků* [online]. Ing. Karel Plotěný, 2004 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2018-navrh-metodik-pro-vodopravni-rizeni-lapaky-tuku>
- [30] Multimediální učební texty zaměřené na problematiku zpracování kalů: Ing. Barbora Lyčková, Ph.D., prof. Ing. Peter Fečko, CSc., doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová [online]. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Bara/charakter.html>
- [31] *Optimalizace nakládání s kaly z komunálních čistíren odpadních vod: Oddíl I Analytická část*. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/\\$FILE/OODP-Oddil_I_1_Analyticka%20cast-20160810.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/$FILE/OODP-Oddil_I_1_Analyticka%20cast-20160810.pdf): ECO trend Research centre, 2015.

- [32] *Skripta Technologie vody* [online]. Univerzita Palackého v Olomouci: RNDr. Marcela Česalová [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: chemikalie.upol.cz/skripta/tv/7.doc
- [33] *Odvodňování kalů pomocí mobilních dekantačních odstředivek* [online]. Ing. Jan Kobera Alfa Laval spol. s r.o. [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.alfalaval.cz/globalassets/documents/about-us/czech/mobilni-odvodovani-kal.pdf>
- [34] SPERLING, Marcos von. *Sludge treatment and disposal*. London :. IWA Publishing, : 2007. ISBN 184339166x.
- [35] *Kompostování kalů* [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.setra-cr.cz/likvidace-kalu-z-cov-komposty-substraty>
- [36] *Skládování kalů* [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <https://www.kauzasever.cz/wp-content/uploads/2015/12/kaly.jpg>

SEZNAM TABULEK

Tabulka 2.1 Minimální přípustná účinnost čištění stanovena při certifikaci domovní ČOV dle NV č. 23/2011 [6].....	15
Tabulka 2.2 Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod podle NV č. 401/2015 Sb. [6].....	17
Tabulka 2.3 Minimální přípustná účinnost čištění vypouštěných odpadních vod podle NV č. 401/2015 Sb. [6].....	17
Tabulka 3.1 Vybrané parametry česlí dle ČSN 7564017 [22].....	25
Obrázek 3.13 Množství shrabků v závislosti na velikosti průlin [17] a Tabulka 3.2 Množství, obsah vlhkosti, objemová hmotnost shrabků v závislosti na velikosti průlin [17]	30
Tabulka 3.3 Průměrné množství shrabů u vybraných čistíren v USA [17].....	30
Tabulka 3.4 Průměrné množství písku na obyvatele [28].....	33
Tabulka 3.5 Průměrné množství písku u vybraných čistíren v USA [17].....	35
Tabulka 3.6 Vzniklý objem kalu podle druhu čištění	41
Tabulka 3.7 Mikrobiologická kritéria pro použití kalů na zemědělské půdě (KTJ – kolonie tvořící jednotku) [31]	45
Tabulka 3.8 Přepočtená produkce kalu v jednotlivých státech	48
Tabulka 4.1 Vypočtené množství shrabků obce A.....	51
Tabulka 4.2 Vypočtené množství písku obce A.....	52
Tabulka 4.3 Produkce nerozpuštěných látek obce A	52
Tabulka 4.4 Vzorový výpočet přebytečného kalu.....	52
Tabulka 4.5 Vypočtené množství shrabků obce B.....	53
Tabulka 4.6 Vypočtené množství písku obce B.....	53
Tabulka 4.7 Produkce kalu obce B.....	53
Tabulka 4.8 Produkce nerozpuštěných látek obce B.....	53
Tabulka 4.9 Vypočtené množství shrabků obce C.....	54
Tabulka 4.10 Vypočtené množství písku obce C.....	54
Tabulka 4.11 Produkce kalu obce C.....	54
Tabulka 4.12 Produkce nerozpuštěných látek obce C.....	54
Tabulka 4.13 Vypočtené množství shrabků obce D.....	55
Tabulka 4.14 Vypočtené množství písku obce D.....	55
Tabulka 4.15 Produkce kalu obce D	55
Tabulka 4.16 Produkce nerozpuštěných látek obce D	55
Tabulka 4.17 Vypočtené množství shrabků obce E.....	56
Tabulka 4.18 Vypočtené množství písku obce E.....	56
Tabulka 4.19 Produkce kalu obce E.....	56

Tabulka 4.20 Produkce nerozpuštěných látek obce E.....	56
Tabulka 4.21 Vypočtené množství shrabků obce F	57
Tabulka 4.22 Vypočtené množství písku obce F	57
Tabulka 4.23 Produkce kalu obce F	57
Tabulka 4.24 Produkce nerozpuštěných látek obce F	57
Tabulka 4.25 Vypočtené množství shrabků obce G.....	58
Tabulka 4.26 Vypočtené množství písku obce G.....	58
Tabulka 4.27 Produkce kalu obce G	58
Tabulka 4.28 Produkce nerozpuštěných látek obce G	58
Tabulka 4.29 Vypočtené množství shrabků obce H.....	59
Tabulka 4.30 Vypočtené množství písku obce H.....	59
Tabulka 4.31 Produkce kalu obce H	59
Tabulka 4.32 Produkce nerozpuštěných látek obce H	59
Tabulka 4.33 Závěrečné srovnání	62

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1, 2.2 Domovní čistírna [4,5].....	14
Obrázek 2.3 Kombinace septiku a zemního filtru [7]	16
Obrázek 2.4 Balená čistírna odpadních vod [8]	18
Obrázek 2.5 Balená čistírna odpadních vod s rotujícími biodisky [10].....	19
Obrázek 2.6 Kontejnerová čistírna pro 250-500 EO [11]	20
Obrázek 2.7 Čistírna odpadních vod Troubky [15].....	22
Obrázek 3.1 (vlevo) Samočistící hrubé česle [18]	23
Obrázek 3.2 (vpravo) Ručně stírané česle s hrablem [18]	23
Obrázek 3.3 (vlevo) Jemné bubnové síto [20]	24
Obrázek 3.4 (vpravo) Pásové česle [21].....	24
Obrázek 3.5, 3.6 Shrabky z česlí [18]	26
Obrázek 3.7, 3.8 Pytel na shrabky v porovnání s kovovým kontejnerem [20]	28
Obrázek 3.9, 3.10 Pračka shrabků [18]	28
Obrázek 3.11, 3.12 Lis na shrabky napojený přímo na česlích [20]	29
Obrázek 3.13 Množství shrabků v závislosti na velikosti průlin [17] a Tabulka 3.2 Množství, obsah vlhkosti, objemová hmotnost shrabků v závislosti na velikosti průlin [17]	30
Obrázek 3.14 (vlevo) Kompaktní zařízení pro separaci písku [20]	31
Obrázek 3.15 (vpravo) Vertikální víroví lapák písku [20].....	31
Obrázek 3.16, 3.17 Mechanicky vyklížený lapák šterku [27].....	32
3.18 Separátor písku [18]	34
3.19 Pračka písku v kombinaci se separátorem [18].....	34
Obrázek 3.20 (vlevo) Sítopásový lis [20].....	43
Obrázek 3.21 (vpravo) Dekantační odstředivka [22]	43
Obrázek 3.22 (vlevo) Kompostování kalů [35].....	47
Obrázek 3.23 (vpravo) Skládání kalů [36]	47
Obrázek 3.24 Srovnání využití kalů v jednotlivých státech v roce 2013	49
Obrázek 3.25 Využití kalů od roku 2005 do roku 2013	49
Obrázek 4.1 Produkce shrabků jednotlivých obcí.....	60
Obrázek 4.2 Produkce písku jednotlivých obcí.....	61
Obrázek 4.3 Produkce nerozpuštěných látek jednotlivých obcí	61
Obrázek 4.4 Produkce kalu jednotlivých obcí	62

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

EO ... ekvivalentní obyvatel

ČOV ... čistírna odpadních vod OV ... odpadní voda

BSK₅ ... biochemická spotřeba kyslíku (pětidenní)

CHSK_{Cr} ... chemická spotřeba kyslíku

NL ... nerozpuštěné látky

N-NH₄ ... amoniakální dusík

Ncelk ... celkový dusík

Pcelk ... celkový fosfor

ČSN ... česká státní norma

NV ... nařízení vlády

CE ... výrobek splňující legislativní požadavky Evropské unie

EU ... Evropská unie

DČOV ... domovní čistírna odpadních vod

Ca(OH)₂ ... hydroxid vápenatý

EL ... emulgované látky

DN ... světlost potrubí

LP ... lapák písku

Dn ... dosazovací nádrž

SUMMARY

This Bachelor's thesis dealt with the amount of waste produced by the process of sewage treatment. The main goal was to describe all the individual types of waste, categorize them to the catalogue of waste, describe their characteristics and their subsequent disposal. In the practical part the exact amount of the produced waste from the individual municipalities was calculated and the values were compared with the ones introduced by ČSN.

The theoretical part was divided into two parts. The first part described the methods of the sewage treatment depending on the size of the contamination according to valid legislation. The sewage treatment plants for the small sized sources of contamination belong to the category from 5 to 50 equivalent inhabitants also referred to as domestic sewage treatment plants, another category is from 50 to 500 equivalent inhabitants which have the characteristics of the container or packaged sewage treatment plants and the last category is from 500 up to 2.000 equivalent inhabitants. At this number the sewage treatment plant is also known as municipal.

In the second part there were all the individual objects within the sewage treatment plant described. The first object for the description was the screens. It was described generally, then it described the design parameters, its disposal and the storage of the produced waste and then the conclusion of this part was made. Then all the other objects were described the same way as the screens including the sand and gravel chamber, the grease separator and the sedimentation tank.

The practical part dealt with a short characterisation of the municipalities of the South Moravian region. All the municipalities which were characterised have the sewage treatment plants with the size of up to 2.000 equivalent inhabitants. All the basic details were included such as height above the sea level, population, the number, equivalent inhabitants, the production of sewage, the list of all the important producers, the type and the length of the sewerage and its condition and at last but not least the equipment for the following types of waste: screenings, sand, insoluble substances and sludge. The calculated values were subsequently compared to the values introduced by ČSN. The conclusion of the practical part included the general description of all the individual wastes which were compared. The results of the calculation are in graphic illustrations where all the productions of all the municipalities are then compared and evaluated.