



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

ALTERNATIVNÍ SYSTÉMY LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD

ALTERNATIVE WASTEWATER DISPOSAL SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Žagan

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.

BRNO 2021



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
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Marek Žagan
Název	Alternativní systémy likvidace odpadních vod
Vedoucí práce	doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Wastewater Technology Fact Sheet : Sewers, Pressure. In MEYERS, F.E. [online]. Niskayuna, NY : EPA U.S., 9/2002. <http://nepis.epa.gov/epa/832-pf-02-006>
- [2] STRÁNSKÝ, D., et al. Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2012-11-25]. <http://opzp.cz>
- [3] HLAVÍNEK, Petr. MIČÍN, Jan. PRAX, Petr. Příručka stokování a čištění, NOEL 2000, 2001, 251 s., ISBN 80-86020-30-4.
- [4] Krejčí a kol.: Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup, ISBN 80-86020-39-8, NOEL 2000, Brno 2002.
- [5] Související normy a legislativní podklady.
- [6] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing.
- [7] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení dle pokynu vedoucího diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem bakalářské práce je definovat alternativní možnosti odstranění a likvidace fekálního znečištění (př. pomocí dešťové a užitkové vody, chemické záchody, suché záchody, podtlakové systémy a další). Navržené možnosti řešení budou zaměřeny na samostatné objekty nebo objekty v decentralizované rozptýlené zástavbě. Student se zaměří nejen na transport vzniklého znečištění, ale i jeho likvidaci a návrhové parametry. V rámci práce student zpracuje rešerši problematiky a v praktické části práce zpracuje jednoduchý návrh vybraného řešení pro vytipovanou lokalitu.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Úkolem bakalářské práce je definovat varianty alternativních možností likvidace odpadních vod v decentralizovaném systému. Úvodní část práce představuje odpadní vody, jejich složení, ukazatele znečištění a následné rozdělení. V hlavní části jsou uvedeny alternativní, klasické a speciální typy toalet, způsob jejich transportu, likvidace odpadních vod a především jejich výhody či nevýhody při častém používání. Závěr teoretické části se zabývá parametry odpadních vod a obecnými návrhovými parametry alternativních i klasických systémů toalet.

Ve druhé části bakalářské práce je využit a navržen jeden z alternativních systémů toalet v podobě kompostovací toalety pro zvolený rekreační objekt v Bělé, části obce Mírová pod Kozákovem.

KLÍČOVÁ SLOVA

odpadní voda, decentralizovaný systém, suchá toaleta, kompostovací toaleta, návrhové parametry

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis is to identify alternative options for wastewater disposal in a decentralized system. The introductory part of the work presents wastewater, its composition, pollution indicators and subsequent distribution. The main part introduces alternative, classic and special types of toilets, the method of their transport, wastewater disposal and particularly their main advantages and disadvantages in frequent use. The conclusion of the theoretical part deals with the parameters of wastewater and proposed general parameters of alternative and conventional toilet systems.

The second part of the bachelor's thesis applies and suggests one of the alternative toilet systems in the form of a composting toilet for a selected recreational facility in Bělá, part of the village of Mírová pod Kozákovem.

KEYWORDS

wastewater, decentralized system, dry toilet, composting toilet, design parameters

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Marek Žagan *Alternativní systémy likvidace odpadních vod*. Brno, 2021. 77 s., 2 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního
hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Alternativní systémy likvidace odpadních vod* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 13. 5. 2021

Marek Žagan
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Alternativní systémy likvidace odpadních vod* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 5. 2021

Marek Žagan
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto poděkuji vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Petru Hluštíkovi, Ph.D., za jeho cenné rady, informace a věnovaný čas. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu.

OBSAH

ÚVOD	11
1 LEGISLATIVA	12
1.1 Zákony	12
1.2 Vyhlášky	12
1.3 Normy	13
2 CHARAKTERISTIKA ODPADNÍCH VOD	14
2.1 Rozbor odpadních vod	14
2.1.1 Fyzikální rozbor odpadních vod.....	14
2.1.2 Chemický rozbor odpadních vod.....	15
2.1.3 Bakteriologický rozbor odpadních vod	15
2.2 Znečištění odpadních vod	15
2.3 Ukazatele organického znečištění.....	17
2.3.1 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK _n).....	17
2.3.2 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)	18
2.3.3 Organický uhlík (TOC)	18
2.4 Ostatní organické látky	18
2.4.1 Sacharidy a další organické bezdusíkaté látky	18
2.4.2 Lipidy	19
2.4.3 Tenzidy	19
2.4.4 Léčiva a komplexotvorné látky	19
2.5 Ukazatele anorganického znečištění	20
2.5.1 Nerozpuštěné látky	20
2.5.2 Rozpuštěné látky	20
2.6 Komunální odpadní vody.....	20
2.6.1 Rozdělení komunální odpadní vody	21
2.6.2 Černá voda.....	21
2.6.3 Žlutá voda.....	21
2.6.4 Hnědá voda.....	22
2.6.5 Šedá voda.....	22
3 ZPŮSOBY ODVODNĚNÍ URBANIZOVANÉHO ÚZEMÍ	24
3.1 Srovnání systémů.....	24

3.2	Centralizovaný systém.....	25
3.3	Decentralizovaný systém	25
4	ALTERNATIVNÍ ZPŮSOBY ODSTRANĚNÍ A LIKVIDACE FEKÁLNÍHO ZNEČIŠTĚNÍ.....	26
4.1	Suchý záchod	26
4.1.1	Kompostovací toaleta	26
4.1.2	Vermifiltrová toaleta	30
4.1.3	Suchá toaleta odvádějící moč	31
4.1.4	Toaleta na bázi kontejnerů.....	32
4.1.5	Kbelíková toaleta.....	33
4.1.6	Polní latrína	34
4.1.7	Arborloo	36
4.1.8	Spalovací toaleta.....	37
4.1.9	Mrazící toaleta	38
4.1.10	Chemická toaleta	39
4.2	Klasické toalety.....	40
4.3	Speciální druhy alternativních toalet	42
4.3.1	Vakuová toaleta	42
4.3.2	Univerzální systém nakládání s odpady (UWMS)	44
5	NÁVRHOVÉ PARAMETRY.....	45
5.1	Likvidace odpadních vod.....	46
5.1.1	Ukazatele a emisní standard přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných do vod povrchových.....	46
5.1.2	Ukazatele a emisní standardy přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných do vod podzemních	47
5.1.3	Alternativní způsoby likvidace.....	48
5.2	Parametry pro návrh alternativního typu toalety:	48
5.3	Parametry pro příslušenství toalet ve vnitřních prostorách budov	50
6	NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO ALTERNATIVNÍ LIKVIDACI ODPADNÍCH VOD VE VYBRANÉ LOKALITĚ.....	53
6.1	Popis lokality	53
6.2	Aktuální způsob likvidace odpadních vod.....	53
6.3	Návrh zařízení.....	55
6.3.1	Návrhové parametry kompostovací toalety.....	55

6.3.2 Popis navržené kompostovací toalety	58
ZÁVĚR	60
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	61
SEZNAM TABULEK.....	72
SEZNAM OBRÁZKŮ	73
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	74
SEZNAM PŘÍLOH.....	76
SUMMARY	77

ÚVOD

Obsahem této bakalářské práce je problematika likvidace odpadních vod pomocí alternativních způsobů. Znečištění vody představuje významnou hrozbu pro životní prostředí a samotný život. Třetině žijící populace chybí přístup k čisté pitné vodě. Kvůli její kontaminaci pak populace trpí chorobami přenášenými vodou. Doprava odpadních vod nemusí být vždy možná pomocí tradičního způsobu odkanalizování, ať už z důvodu technického, nebo ekonomického, proto je nutné využít alternativní způsob. Dalším a hlavním úkolem je vyřešit likvidaci odpadních vod, kterou někdy nelze řešit tradičními způsoby. Proto je cílem této práce uvést varianty alternativních způsobů likvidace odpadních vod, speciálních druhů, dále jejich dopravu, výhody a nevýhody použití a stanovit návrhové parametry. Na základě získaných potřebných podkladů je navrženo zařízení pro alternativní likvidaci odpadních vod v podobě kompostovací toalety.

1 LEGISLATIVA

1.1 Zákony

- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- Zákon č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- Zákon č. 76/2006 Sb., kterým se mění zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony
- Zákon č. 275/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů a zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech
- Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., v platném znění – přípustné znečištění odpadních vod do vod povrchových
- Nařízení vlády č. 57/2016 Sb. – přípustné znečištění odpadních vod do vod podzemních

1.2 Vyhlášky

- Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích
- Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

- Vyhláška č. 195/2003 Sb., kterou se mění vyhláška č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu
- Vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva

1.3 Normy

- ČSN 75 6402 Norma pro čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel
- ČSN 75 6401 Norma pro čistírny odpadních vod pro více než 500 ekvivalentních obyvatel
- ČSN EN 12056-3 Vnitřní kanalizace, odvádění dešťových vod ze střech
- ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích
- ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace
- ČSN EN 14055+A1 91 4640 Nádržkové splachovače pro záchodové mísy a pisoáry

2 CHARAKTERISTIKA ODPADNÍCH VOD

Vodu, která již byla použita a z hlediska svých vlastností (fyzikální, chemické) nevyhovuje svému původnímu účelu, a člověk se jí proto následně zbavuje, je možné označit jako vodu odpadní. Odpadní vody jsou odváděny kanalizací a následně zpracovány (čištěny) v čistírnách odpadních vod (ČOV), odkud jsou odváděny do přírodních vodních útvarů (recipientů). Při čištění odpadních vod bychom měli klást důraz na to, abychom dosáhli původního stavu, kdy vyčištěná voda je svými vlastnostmi srovnatelná s kvalitou v recipientu [2].

Dělení odpadních vod dle původu:

- splaškové;
- průmyslové;
- infekční;
- ze zemědělství a zemědělské výroby;
- dešťové (povrchové nebo smíšené);
- ostatní odpadní vody [1].

2.1 Rozbor odpadních vod

Při rozborech odpadních vod se zjišťují jejich fyzikální, chemické a bakteriologické vlastnosti [11].

2.1.1 Fyzikální rozbor odpadních vod

V rámci tohoto rozboru zjišťujeme fyzikální vlastnosti odpadních vod.

Fyzikální vlastnosti:

- teplota odpadních vod i ovzduší (jedná se o velmi důležitý parametr, především pro biologické čištění odpadních vod);
- barva (čerstvé běžné splašky jsou šedé barvy, zahnívající splašky jsou barvy tmavé až černé);
- zákal, popř. průhlednost (odpovídá stupni znečištění);

- zápach (zápach se projevuje pouze u usazujícího kalu z odpadních vod, odpadní vody ponechané delší dobu páchnou po sirovodíku);
- specifická váha a elektrická vodivost (množství nečistot v odpadních vodách souvisí se specifickou vahou, podle stupně elektrické vodivosti lze usuzovat na obsah solí) [11].

2.1.2 Chemický rozbor odpadních vod

Při chemickém rozboru odpadních vod zjišťujeme chemické vlastnosti odpadních vod.

Chemické vlastnosti:

- hodnota pH (městské odpadní vody mají $\text{pH} = 7-7,6$, které je vyhovující biologickým procesům);
- množství nečistot (všech znečišťujících látek, látek rozptýlených a plovoucích, látek rozpuštěných);
- biochemická spotřeba kyslíku (BSK);
- chemická spotřeba kyslíku (CHSK);
- fosfor;
- dusíkaté sloučeniny;
- stanovení obsahu tuků;
- alkalita (kyselinová neutralizační kapacita);
- acidita (zásadová neutralizační kapacita);
- chloridy a sulfidy [10, 11].

2.1.3 Bakteriologický rozbor odpadních vod

Při bakteriologickém rozboru zjišťujeme množství bakterií v odpadních vodách a provádí se zároveň kvalitativní zkouška.

2.2 Znečištění odpadních vod

Znečištění odpadních vod je závislé na dané lokaci odkanalizování a typu občanské technické vybavenosti. Znečišťující látky se rozdělují na látky organické a anorganické. Oba tyto typy látek lze následně rozdělit na látky rozpuštěné a nerozpuštěné [8].

Pro stanovení znečištění se využívají kvalitativní a především kvantitativní analytické rozborů. Cílem kvalitativních rozborů je zjistit, jaké znečišťující látky se nachází v konkrétním vzorku odpadní vody. Oproti tomu kvantitativní rozbor zjišťuje množství látek v příslušném vzorku. Množství znečištění určené daným ukazatelem je vyznačováno nejčastěji jako hmotnostní koncentrace (v kg/m^3 , g/l , mg/l) nebo látková koncentrace (mol/l , mmol/l) [2].

Ukazatele sloužící k nejobecnějšímu popisu charakteru znečištění

Tyto dané ukazatele se využívají pro základní popis charakteru znečištění. S jejich pomocí je možno rozlišit látky rozpuštěné od nerozpuštěných a také organické látky od anorganických [2, 8].

Koncentrace veškerých látek (VL) v g/l ukazuje obecně celkové znečištění odpadní vody rozpuštěnými i nerozpuštěnými látkami, aniž by rozlišovala, zda se jedná o látky organické, či anorganické [2].

Koncentraci rozpuštěných látek (RL) v g/l zjistíme stejným způsobem jako koncentraci veškerých látek s tím rozdílem, že z homogenizovaného vzorku jsou před analýzou odstraněny nerozpuštěné látky [2].

Koncentrace nerozpuštěných látek (NL) je dána rozdílem koncentrací veškerých látek a látek rozpuštěných. Toto stanovení je velmi důležité především při vyhodnocení vlastností kalů [2].

Dle emisních standardů ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod, uvedených v NV č. 401/2015 Sb., můžeme mezi hlavní ukazatele znečištění zařadit BSK_5 , CHSK_{Cr} , P_{celk} , N_{celk} , N-NH_4 , NL [3].

Tabulka č. 1: Střední hodnoty koeficientů látkového znečištění v městské odpadní vodě

Indikátor množství odpadní vody	Střední hodnota 150–200 l na obyvatele a den
Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)	120–150 g/obyv./den
Celkový organický uhlík (TOC)	40–50 g/obyv./den
Rozpuštěný organický uhlík (DOC)	15–20 g/obyv./den
Biochemická spotřeba kyslíku (BSK ₅)	45–55 g/obyv./den
Celkový dusík	11–14 g/obyv./den
Amonné ionty (NH ₄ -N)	7–10 g/obyv./den
Celkový fosfor	2–2,5 g/obyv./den
Měď (Cu)	5–50 µg/obyv./den
Olovo (Pb)	10–50 µg/obyv./den
Zinek (Zn)	20–150 µg/obyv./den
Chrom (Cr)	5–50 µg/obyv./den
Nikl (Ni)	5–50 µg/obyv./den
Kadmium (Cd)	0,5–3 µg/obyv./den

(Zdroj: [9])

2.3 Ukazatele organického znečištění

Zásadní význam pro kvantifikaci znečištění odpadní vody má stanovení koncentrace organických látek. Tyto látky podléhají v přírodních vodách biochemickému rozkladu, který může vést k důležitým změnám v obsahu kyslíku ve vodě v důsledku jeho spotřeby aerobními mikroorganismy zodpovědnými za rozklad těchto látek [2].

2.3.1 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK_n)

Je vyjádřena množstvím kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemických pochodech na rozklad organických látek přítomných ve vodě za aerobních podmínek. Hodnota BSK se udává v mg/l. Vzhledem k tomu, že jsou organické látky jednou z hlavních znečišťujících složek vody, patří BSK mezi důležité ukazatele čistoty či znečištění vody. Organické látky, které jsou stanovené jako BSK, hrají zásadní roli při odčerpávání rozpuštěného kyslíku z vody. Protože určujeme spotřebu kyslíku živými mikroorganismy, vypovídá hodnota BSK mnoho o výskytu biologicky rozložitelných

látek v testovaném vzorku. Dolní index, který se nachází za symbolem BSK, vyjadřuje délku testu ve dnech. Nejčastější je však provádění po dobu pěti dnů [2].

2.3.2 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)

Vyjadřuje množství organických látek obsažených ve vodě, které jsou chemicky oxidovatelné (a tedy mohou v podmínkách panujících v přírodních vodách spotřebovávat rozpuštěný kyslík) [2].

Určuje se obvykle tak, že organické látky ve vzorku jsou oxidovány dichromanem draselným, popř. manganistanem draselným (CHSK_{Cr} , resp. CHSK_{Mn}) a následně je změřena koncentrace produktů, reakce, případně koncentrace zbývajících oxidačního činidla. Z množství spotřebovaného oxidačního činidla se následně vypočte teoretické množství kyslíku potřebné pro oxidaci organických látek přítomných v dané vodě [2].

Hodnota CHSK je vyšší než hodnota BSK_5 . Tento fakt je dán především tím, že zatímco při stanovení BSK určujeme v podstatě jen množství biologicky rozložitelných organických látek, při stanovení CHSK stanovujeme také organické látky, které jsou těžce biologicky rozložitelné. Účinnost oxidace pomocí silných oxidačních činidel je vždy vyšší než účinnost oxidace probíhající v důsledku činnosti mikroorganismů [2].

2.3.3 Organický uhlík (TOC)

Vyjadřuje celkový obsah organických látek ve vodách. Vyjadřuje se v mg/l nebo kg/den [2].

2.4 Ostatní organické látky

Mezi ostatní organické látky splaškových odpadních vod se řadí sacharidy, lipidy, tenzidy a léčiva.

2.4.1 Sacharidy a další organické bezdusíkaté látky

Jde o nejvíce zastoupené organické sloučeniny v kapalně fázi u splaškových vod. Sacharidy mohou tvořit až 50 % organického dusíku. V tuhé fázi splaškových vod byly

zjištěny polysacharidy (celulóza, hemicelulóza, pektiny, škrob a produkty jejich rozkladu) [1].

2.4.2 Lipidy

Jedná se o látky hydrofobního charakteru, které jsou slabě rozpustné ve vodě a rozpustné v organických rozpouštědlech. Nejznámější lipidy jsou vosky, steroidy, tuky a fosfolipidy [1].

2.4.3 Tenzidy

Díky vynikající sorpční schopnosti jsou obsaženy jak v kapalně, tak i v tuhé fázi odpadních vod. Způsobují pění a koncentrace bývá obvykle v rozmezí 2–15 mg/l [1].

2.4.4 Léčiva a komplexotvorné látky

Léčivá látka je definována jako složka léčivého přípravku. Jedná se obvykle o čisté chemické látky s jasně definovanou strukturou, ale může to být i velmi složitá směs chemických substancí. Léčivé látky mohou být syntetického nebo přírodního původu. V České republice se léčivům věnuje zákon č. 378/2007 Sb. [84].

Tabulka č. 2: Orientační hodnoty specifické produkce znečištění v g/den na 1 obyvatele

Látky	Minerální	Organické	Veškeré	BSK ₅	CHSK _{cr}	TOC	N _{celk}	P _{celk}
Nerozpuštěné								
Usaditelné	10	30	40	20	40		1	0,2
Neusaditelné	5	10	15	10	20		-	-
Rozpuštěné	75	50	125	30	60		10	2,3
	90	90	180	60	120	37	11	2,5
Dle ATV	obsah sušiny 70 g/obyv./den			60	120		11	2,5

(Zdroj: [1])

2.5 Ukazatele anorganického znečištění

Ukazatele anorganického znečištění rozlišujeme na látky nerozpuštěné a rozpuštěné, kterým budeme věnovat pozornost v následujících podkapitolách.

2.5.1 Nerozpuštěné látky

Jsou tvořeny částicemi písku, prachu, popílku, posypového materiálu atd. Do dešťových vod se dostávají převážně splachem z povrchu vozovek (z nezpevněných částí komunikací, uvolňováním ze vzorku znečištěných pneumatik atd.) nebo přímo z atmosféry. Voda, která je odváděna ze střech, je znečištěna různými částicemi, v nichž jsou z velké části zastoupeny těžké kovy [1].

2.5.2 Rozpuštěné látky

Rozpuštěné látky jsou tvořeny kovy, sírany, chloridy, sloučeninami dusíku apod. Obsah a zastoupení jednotlivých kovů v dešťové vodě závisí převážně na materiálu střech [1].

Těžké kovy jsou charakterizovány měrnou hmotností vyšší než $5\ 000\ \text{kg/m}^3$ a schopností tvořit velmi málo rozpustných sraženin v přítomnosti sulfidů. Mezi toxické kovy patří zejména Hg, Cd, Pb, As a další [1].

2.6 Komunální odpadní vody

Komunální odpadní vody vznikají z každodenní lidské činnosti, tudíž pochází např. z domácností, školských zařízení, státních úřadů, od živnostníků a podobně. Splašky mají obdobné složení. Jednotné kanalizace vyjma splašků obsahují také oplachové vody či dešťové vody. Tyto vody upravují městské čistírny odpadních vod. Množství znečištění, které je přiváděno na městskou čistírnu odpadních vod, se vyjadřuje jako takzvaný počet ekvivalentních obyvatel [7].

2.6.1 Rozdělení komunální odpadní vody

Komunální odpadní vody se rozdělují na černou a šedou vodu, které budou zvlášť rozebrány v dalších kapitolách. Černá voda se dále ještě dělí na žlutou (moč) a hnědou vodu (fekálie) [8].

Tabulka č. 3: Zastoupení jednotlivých živin v jednotlivých druzích vod

Prvky	Produkce [kg/obyv./rok]	Šedé vody [%]	Žluté vody [%]	Hnědé vody [%]
N	3,2–5	3–8	80–87	7–13
P	0,48–0,75	10–28	35–55	25–40
K	0,33–1,8	13–34	54–60	12–27

(Zdroj: [8])

2.6.2 Černá voda

Běžným odváděním odpadních vod z toalet (tzn. hnědých a žlutých vod současně) získáváme vody černé. Jestliže dokážeme černé vody zadržovat oddělené od ostatních (budou tedy velice málo zředěné), dokážeme je přeměnit na přírodní hnojivo, kterým nahradíme syntetické produkty. Některé projekty v zemědělství zabývající se hnojením řešily separaci černých vod [8].

2.6.3 Žlutá voda

Žlutá voda, tedy moč, se skládá z vodného roztoku metabolických odpadů, hlavně močoviny, rozpuštěných solí, chloridu sodného a dalších organických látek. Obsahuje nutrienty, jedná se zejména o dusík (N), fosfor (P) a draslík (K), dále síru (S), bór (B) a další prvky. Skutečný obsah nutrientů se liší v závislosti na stravě. Moč je většinou dobře vyváženým hnojivem s podobným poměrem hlavních živin jako průmyslově vyráběné hnojivo NPK. Pro hnojení se ji doporučuje ředit v poměru 1 : 8 s vodou. Jeden člověk vyprodukuje ročně přibližně 500 l moči [8].

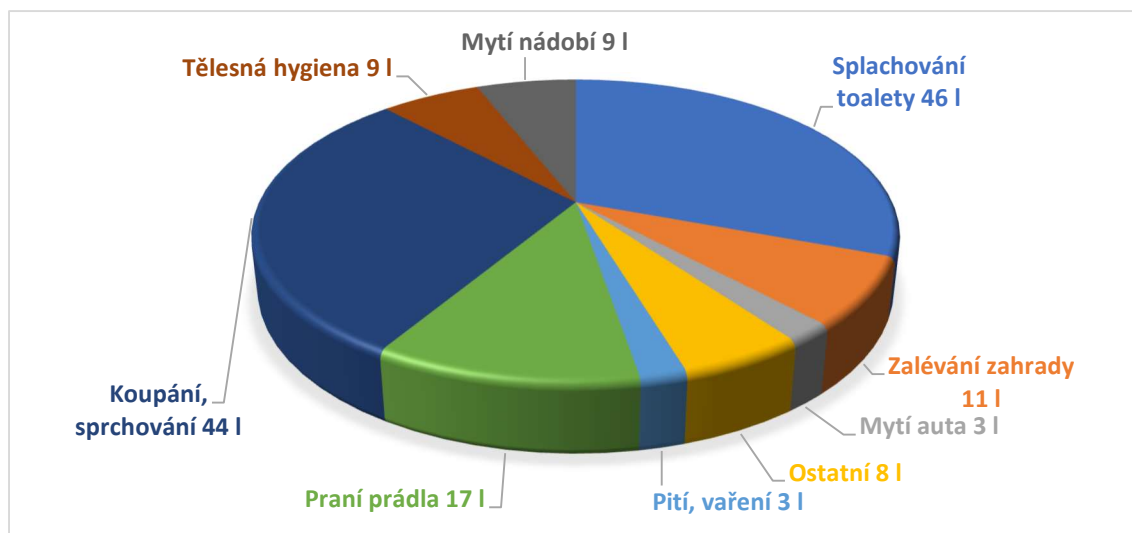
2.6.4 Hnědá voda

Hnědými vodami se rozumějí fekálie, které obsahují především uhlík (C), méně dusíku (N), fosfor (P) a draslík (K), ale také větší množství vápníku, hořčíku a železa. Jeden člověk vyprodukuje ročně kolem 50 l fekálií [8].

2.6.5 Šedá voda

Šedou vodou nazýváme podle normy EN 12056 (Vnitřní kanalizace) splaškové odpadní vody neobsahující fekálie a moč, které odtékají z umyvadel, van, sprch nebo dřezů. Šedou vodu, zejména z koupelen, je možné po upravení využít jako vodu provozní (tzv. bílou vodu), tuto vodu lze použít pro splachování toalet, pisoárů či k zalévání zahrad. Nejvýznamnější znečištění šedých vod způsobují přípravky s čisticími vlastnostmi, např. z pracích prášků, šamponů, mýdel, zubních past a podobně. Odpadní vody z kuchyňských umyvadel a z drtičů odpadu jsou občas vyjímány ze zdrojů šedé vody, protože mívají vysokou koncentraci znečištění [8].

Na obrázku č. 1 máme vyobrazenou průměrnou spotřebu šedé vody v domácnosti, ze které vychází, že největší spotřeba šedé vody v domácnosti pochází ze splachování toalet (46 l).



Obrázek č. 1: Průměrná spotřeba šedé vody v domácnosti
(Zdroj: [14])

V tabulce č. 4 máme uvedené hodnoty chemicko-fyzikálních ukazatelů pro jednotlivé spotřebiče v domácnosti.

Tabulka č. 4: Ukazatele kvality šedé vody

Chemicko-fyzikální ukazatel	Jednotka	Pračky	Vany, sprchy a umyvadla	Kuchyně, myčky	Neseparovaná šedá voda
Teplota	°C	28–32	18–38	-	-
Plovoucí látky	mg/l	79–280	7–120	134–1 300	-
BSK ₅	mg/l	48–682	19–200	669–756	41–194
CHSK _{cr}	mg/l	375	64–8 000	26–1 600	495–623
pH	-	9,3–10	5–8,6	6,3–7,4	6,1–8,4

(Zdroj: [9])

3 ZPŮSOBY ODVODNĚNÍ URBANIZOVANÉHO ÚZEMÍ

V posledních letech se ve vyspělých zemích světa mění pohled na odvodňování urbanizovaných území. Změnu v přístupu ke srážkové vodě vyvolalo několik skutečností, které není možné vyřešit způsoby, jež se v odvodňování měst a obcí doposud využívají. Nejúčinnější metodou vystihující nový pojem – hospodaření s dešťovou vodou – je takzvaný decentralizovaný systém odvodnění, jehož základním kritériem je princip udržitelného rozvoje [4].

3.1 Srovnání systémů

Při řešení dané lokality je důležité zvážit navržené varianty řešení s propočtem investičních i provozních nákladů a také nákladů na odpisy. Dále je třeba zvážit celkový efekt daných řešení. Hlavní rozdíl mezi decentralizovanými a centralizovanými systémy je ve struktuře dopravy [12, 13].

Tabulka č. 5: Srovnání základních aspektů systémů

Centralizovaný systém	<ul style="list-style-type: none">• hlavní kostru kanalizace je nutné vybudovat v průběhu jedné investiční akce;• větší čistírny odpadních vod bývají ve většinou zárukou lepší kvality čištění odpadních vod, neboť se provoz daří lépe kontrolovat a řídit;• v případě jednotné kanalizace je proces čištění nepříznivě ovlivňován dešťovou vodou;• náklady na centrální čistírnu odpadních vod a její provoz jsou nižší
Decentralizovaný systém	<ul style="list-style-type: none">• náklady na výstavbu kanalizace jsou nižší;• území není třeba řešit jako celek, ale lze přistupovat ke každé části jednotlivě;• v případě malých čistíren odpadních vod a domovních čistíren odpadních vod dochází v některých případech k nesprávnému provozování a zanedbání technické kontroly;• pro obce je přijatelnější systém decentralizovaného odvádění dešťových vod pomocí retence a následného zasakování;• náklady na vybudování částí decentralizovaného systému jsou vyšší;• vodohospodářský orgán považuje vyčištěné vody stále za odpadní, a proto může nastat problém s jejich odváděním.

(Zdroj: [5, 6])

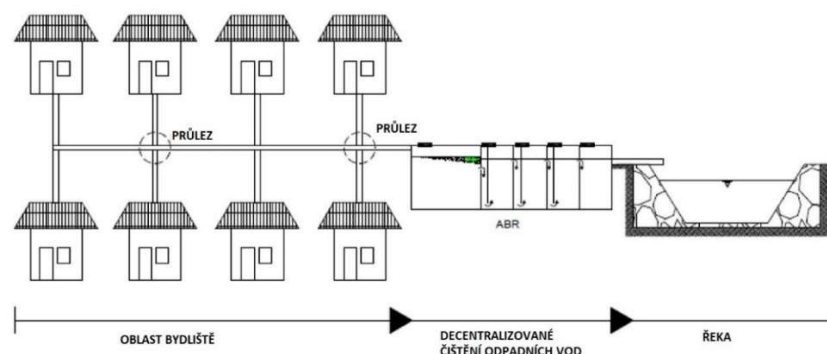
3.2 Centralizovaný systém

Centralizované systémy odpadních vod jsou nejrozšířenější převážně v dobře vyvinutém městském prostředí. Představují nejstarší přístup k řešení problémů spojených s odpadními vodami. Náklady na kanalizaci jsou výrazně vyšší než náklady na vybudování samotné čistírny odpadních vod [62].

3.3 Decentralizovaný systém

Asi polovina světové populace v současné době žije ve venkovských oblastech. V Evropské unii žije téměř 30 % z celkové populace bývalých zemí střední a východní Evropy (42 milionů lidí) v osadách s méně než 2 000 obyvateli, zatímco v západní části je to méně než 20 %. Velká část této populace stále čeká na řádné sanitační systémy nebo se snaží zlepšit účinnost stávajících systémů a zvýšit ochranu životního prostředí a obnovu zdrojů. Ve většině případů by centralizované systémy odvádění venkovských komunit nebo příměstských oblastí v zemích s nízkými příjmy vedly k dlouhodobé dluhové zátěži pro obyvatelstvo, proto se volba decentralizovaného systému jeví jako logické řešení tohoto problému. Tato zařízení lze totiž obvykle budovat tak, aby splňovala aktuální potřeby, a podle potřeby je lze rozšířit [12, 13].

Decentralizovaný systém pro nakládání s odpadními vodami může zahrnovat jeden nebo několik typů čištění odpadních vod, ale je důležité, aby všechny součásti systému měly centralizovaný program správy a řízení. Systém je tedy založen na principu odvedení, čištění, likvidace a opětovného použití odpadní vody v blízkosti místa vzniku nebo v blízkosti pro skupinu domů, je-li to výhodné [15, 63].



Obrázek č. 2: Grafické zobrazení decentralizovaného systému čištění odpadní vody
(Zdroj: [16])

4 ALTERNATIVNÍ ZPŮSOBY ODSTRANĚNÍ A LIKVIDACE FEKÁLNÍHO ZNEČIŠTĚNÍ

4.1 Suchý záchod

Suchý záchod vypadá jako běžný záchod, ale k jeho využití není zapotřebí kanalizace ani vody. Tato moderní eko toaleta se nesplachuje a ušetří až třetinu vody v domácnosti. Tuhé exkrementy jsou uvnitř separovány od moči a nevzniká nepříjemný zápach. Nutností je tuhý obsah vynést jednou za čas na kompost [17].

Dělení suchých záchodů:

- kompostovací toaleta;
- suchá toaleta odvádějící moč;
- toalety na bázi kontejnerů;
- kyblíkový záchod;
- polní latrína;
- arborloo;
- spalovací toaleta;
- chemická toaleta [18, 19].

4.1.1 Kompostovací toaleta

Tento typ toalety se využívá převážně ve venkovských oblastech, v oblastech s nedostatkem vody, dále tam, kde chybí vhodné zásobování vody, kanalizace a čištění odpadních vod, toaleta se tedy používá za pomoci přírodního řešení, ale s použitím nových technologií a materiálů. Kompostovací toalety nevyžadují téměř žádnou vodu, a proto je možné odpojit toaletu od infrastruktury pro zásobování vodou i odpadních vod. Takové úspory vody a odpadních vod mohou být významné, protože splachovací voda představuje nejvyšší procento spotřeby vody nejen v domácnostech (27 %), ale také v kancelářích (51 %), školách (60 %) a v hotelech (33 %) [18, 20, 87].

Kompostovací toaleta se využívá k likvidaci exkrementů a moči, vzniká biologický proces zvaný kompostování. Proces kompostování vede k rozkladu organické hmoty

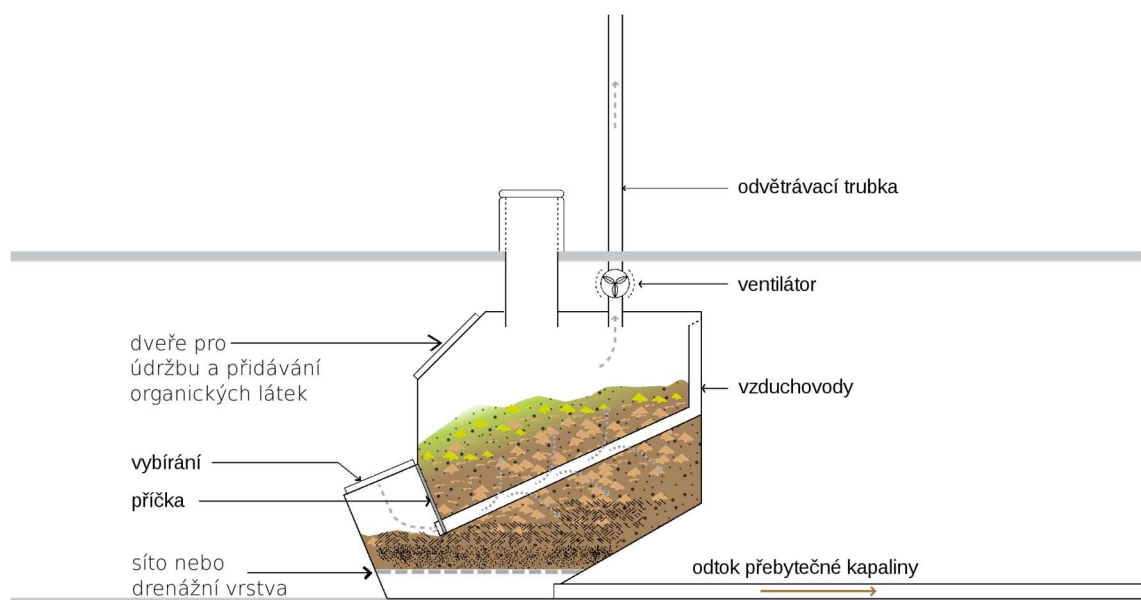
a přeměňuje exkrementy na materiál podobný kompostu. K procesu kompostování je tedy nutné přidávat přísady bohaté na množství uhlíku, což jsou např. listy, piliny či popel. Kompostování provádí mikroorganismy, které fungují za aerobních podmínek. Kompostovací komora je navržena tak, aby přeměňovala výkaly a organické látky na kompost. Kompost je stabilní, neškodný produkt, s nímž lze bezpečně manipulovat a používat jej jako kondicionér půdy [18, 22–24, 87].

Složení kompostovací toalety:

- místo k sezení;
- sběrná/kompostovací jednotka [18].

Složení kompostovací jednotky:

- skladovací nebo kompostovací komora;
- ventilační jednotka (zajišťuje, aby proces degradace toalety byl převážně aerobní a aby odvětrávala zápachající plyny);
- systém odlučování výluhu nebo systém odvádění moči k odstranění přebytečné kapaliny;
- přístupová dvířka pro těžbu kompostu [18, 87].



Obrázek č. 3: Schéma pomalé kompostovací toalety
(Zdroj: [18])



Obrázek č. 4: Kompostovací toaleta
(Zdroj: [38])

Rozdíly kompostovacích toalet

Kompostovací toalety se převážně liší počtem kompostovacích komor, odnímatelnou komorou, systémem odvádění moči, aktivním mícháním či provzdušňováním [25].

Pomalé kompostovací toalety

Velké množství kompostovacích toalet využívá pomalé kompostování. Tento druh kompostování je také známý jako „kompostování za studena“. Časem se v nádrži vytváří hromada kompostu. Pomalé kompostování se obecně odehrává za teplot nižších, než je tělesná teplota člověka, tedy 37 °C. Tento způsob odstraní většinu choroboplodných organismů v řádu měsíců a nakonec by měl eliminovat všechny lidské patogeny. Kompostování při nízkých teplotách vytváří užitečný doplněk půdy v podobě kompostu, který je používán v zahradnictví, pro okrasné zahrady a sady [26, 27, 87].



Obrázek č. 5: Vnější kompostovací komora z kompostovací toalety u domu ve Francii
(Zdroj: [28])

Aktivní kompostéry

„Samostatné“ kompostovací toalety kompostují v kontejneru uvnitř toaletní jednotky. Některé tyto jednotky používají ventilátory pro provzdušňování a volitelně topné prvky, aby udržovaly optimální teplotu, k urychlení procesu kompostování a odpaření moči a další vlhkosti. Po každém použití toalety je vyžadováno přidat malé množství absorpčního uhlíkového materiálu (neošetřené piliny, drcené kusy listí, popel, speciální kompostovací přípravky), aby se vytvořily vzduchové kapsy, které slouží k podpoře aerobního zpracování, absorpci kapaliny a vytvoření bariéry proti zápachu [59, 87].

Výhody:

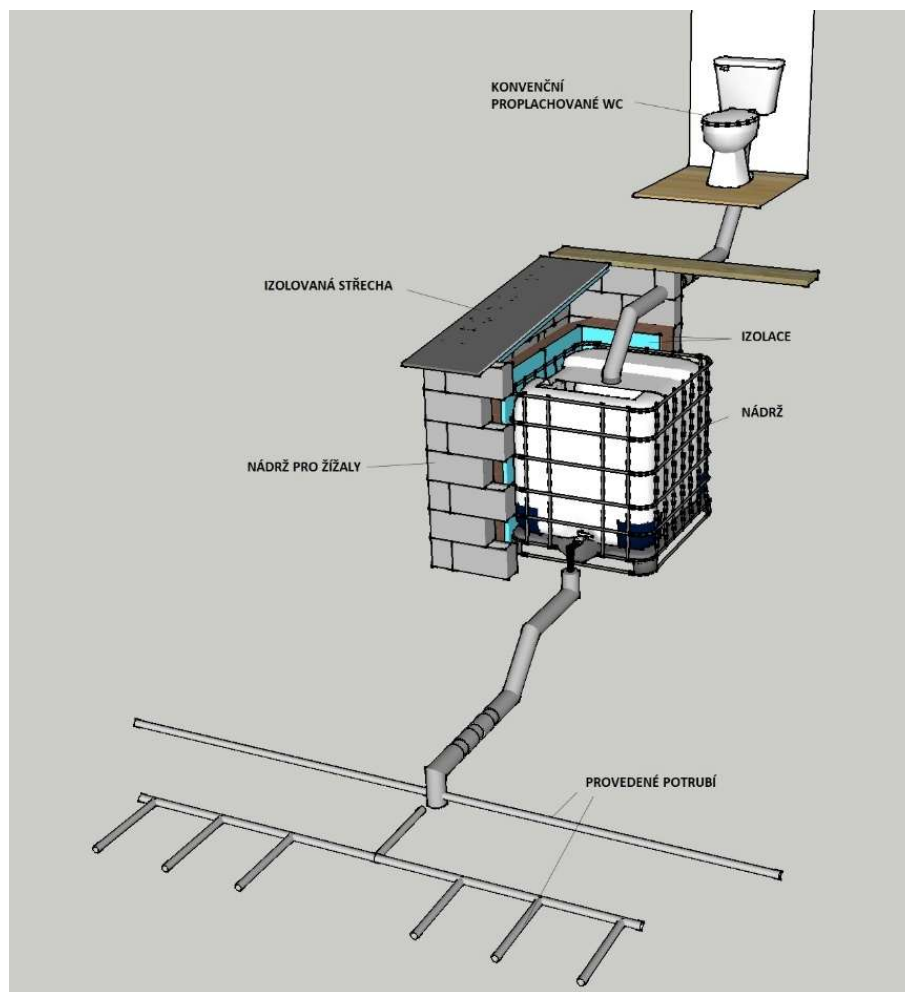
- kompostovací toaletní systémy nevyžadují vodu pro splachování, čímž se sníží spotřeba vody v domácnosti;
- vhodné pro nové výstavby, které jsou na vzdálených místech;
- možnost použití výkalů pro kompostování;
- kompostovací toaleta může přijímat i kuchyňský odpad;
- není třeba velkého prostoru pro instalaci toalety;
- oddělení tuhé části výkalů od moči, což zamezuje tvorbě zápachu [60, 87].

Nevýhody:

- větší potřeba udržitelnosti oproti klasickým toaletám;
- omezená kapacita sběrné nádrže;
- některé typy kompostovacích toalet potřebují přísun elektrické energie;
- vyšší cena [60, 87].

4.1.2 Vermifiltrová toaleta

Konstrukce této toalety je velmi jednoduchá, skládá se z izolované nádrže, jež obsahuje žížaly a „zelený filtr“ nebo prostor pro odtok, který umožňuje následné čištění vody a její návrat do přírody. Pevné látky se hromadí na povrchu filtračního lože, zatímco kapalina odtéká přes filtrační médium a je vypouštěna z reaktoru. Pevné látky jsou následně aerobně štěpeny na humus pomocí bakterií a žížal, čímž se snižuje objem organického materiálu [29].



Obrázek č. 6: Schéma vermifiltrované toalety
(Zdroj: [30])

Na obrázku č. 7 je vyobrazena výstavba vermifiltrované toalety.



Obrázek č. 7: Výstavba vermifiltrované toalety
(toilet – toaleta, worm bin – nádrž s žížalami, green filter bed – zelené filtrační lože)
(Zdroj: [70])

Výhody:

- menší zápach;
- centralizovaný sběr;
- nízké náklady na provoz a údržbu;
- likvidace výkalů na místě;
- žížaly snižují hmotnost materiálu [60].

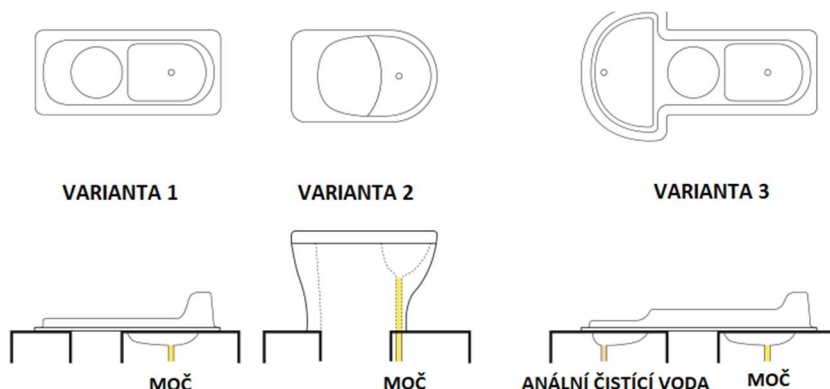
Nevýhody:

- náchylnost na amoniak, což může zapříčinit úmrtí žížal;
- vysoké nároky na teplé prostředí [60, 61].

4.1.3 Suchá toaleta odvádějící moč

Toaleta funguje způsobem, kdy se moč shromažďuje a odvádí z přední části toalety, zatímco výkaly padají skrz velký žlab (otvor) v zadní části. V závislosti na technologii

sběru a skladování či zpracování, které následují, by měl být po vyprázdnění přidán do stejného otvoru sušící materiál, jako je vápno, popel nebo zemina [18, 87].



Obrázek č. 8: Schéma toalety odvádějící moč
(Zdroj: [18])

Výhody:

- nevyžaduje stálý zdroj vod;
- žádné skutečné problémy s pachy a vektory (mouchy), pokud jsou využívány a udržovány správně;
- lze je postavit a opravit pomocí místně dostupných materiálů;
- nízké kapitálové a provozní náklady;
- vhodné pro všechny typy uživatelů [18].

Nevýhody:

- prefabrikované modely nejsou všude k dispozici;
- vyžaduje správné školení a přijetí;
- je náchylný k ucpání výkaly;
- hromada výkalů je viditelná [18].

4.1.4 Toaleta na bázi kontejnerů

V toaletách probíhá sanace na základě kontejnerů, které se označují sanitačním systémem, kde toalety shromažďují lidské výkaly v uzavíratelných a vyjímatelných kontejnerech. Tyto kontejnery jsou přepravovány do zařízení na zpracování [31].

Toalety na bázi kontejnerů se obvykle využívají v prostředí s nízkými příjmy, kde není možné nebo vhodné použít nebo postavit kanalizační systémy. Patří sem hustě osídlené

městské čtvrti, neformální osady, oblasti s vysokými hladinami podzemní vody nebo oblasti, kde hrozí časté záplavy [31].

Tento typ hygieny zahrnuje komerční službu, která poskytuje určité typy přenosných toalet a při vyzvednutí plných kontejnerů dodává prázdné kontejnery. Následně tato služba likviduje nebo znovu využívá shromážděné výkaly. Náklady na sběr a likvidaci výkalů hradí obvykle uživatel. Klíčovou výhodou sanitárních systémů založených na kontejnerech je jejich relativně nízká cena. Proces navíc zajišťuje, že nedochází ke kontaktu člověka s výkaly. Objemy kontejnerů se pohybují od 5 litrů až do 208 litrů. Po naplnění kontejneru dochází k jeho transportu do zařízení, kde je odpad odstraněn nebo upraven, a poté může docházet k jeho opětovnému použití [32, 33].



Obrázek č. 9: Schéma toalety na bázi kontejnerů
(Zdroj: [36])

Výhody:

- nízká cena;
- žádná spotřeba vody;
- nedochází ke kontaktu člověka s výkaly;
- uzavřené nádoby lze přepravovat bez úniku do životního prostředí [57].

Nevýhody:

- nutnost výměny kontejnerů [57].

4.1.5 Kbelíková toaleta

Je to jednoduchá varianta suchých toalet, přičemž kbelík se používá pro sběr výkalů. Moč i výkaly se shromažďují společně ve stejném kyblíku, což vede k výskytu zápachu.

Využívá se převážně tam, kde lidé nemají přístup k lepší hygieně, zejména v městských oblastech s nízkými příjmy rozvojových zemí, kde je tento způsob lepší než otevřená defekace [35].

Kbelíkové toalety jsou historicky běžné v chladném podnebí, kde může být instalace tekoucí vody obtížná a nákladná a může být vystavena prasknutí potrubí kvůli mrazu, například na Aljašce a ve venkovských oblastech Kanady a Ruska. Kbelíková toaleta může být rozšířena o další kbelík pro separaci moči a exkrementů [36].



Obrázek č. 10: Kbelíková toaleta
(Zdroj: [37])

4.1.6 Polní latrína

Od roku 2013 využívá latríny odhadem 1,77 miliardy lidí, většinou v rozvojových zemích (jako např. jižní Asie a subsaharská Afrika) [43].

Polní latrína je také známá jako jámová toaleta, slouží k shromažďování lidských výkalů v jámě, která je umístěna v zemi. Moč a výkaly vstupují do jámy skrz padací otvor, který může být pro pohodlí upraven záchodovým sedátkem [39].

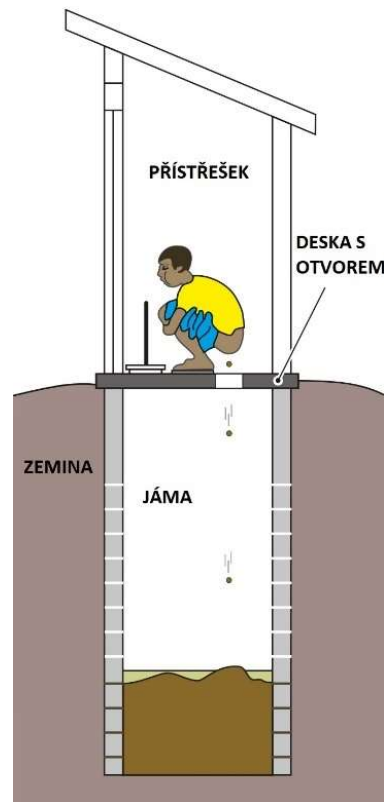
Latríny mohou fungovat bez vody (suchá toaleta) nebo mohou být opatřeny uzávěrem vody. Pokud jsou latríny správně postaveny a udržovány, mohou snížit šíření nemocí. Latríny by měly být stavěny v blízkosti obydlí z důvodu snadného přístupu a zápachu a minimálně 10 m od studní a povrchových vod, aby se snížilo riziko znečištění podzemních vod. Dále by mělo být zabráněno přístupu světla, aby se zamezilo přístupu much. Z tohoto důvodu se využívají víka k zakrytí otvoru [18, 40, 41].

Při naplnění jámy se postupuje dvěma způsoby, buď se jáma zasype, anebo dochází k jejímu vyprázdňení pomocí lopat nebo ručně poháněných čerpadel či motorových čerpadel namontovaných na vakuový vozík, který nese skladovací nádrž. Exkrementy, které jsou vyprázdňeny, se často vypouští do životního prostředí [44].

Složení polní latríny:

- díra v zemi;
- betonová deska nebo podlaha s malým otvorem (otvor by měl být menší než 25 cm z důvodu zabránění pádu dětí);
- přístřešek [18].

Složení polní latríny je také vyobrazeno na schématu níže.



Obrázek č. 11: Schéma polní latríny s přístřeškem
(Zdroj: [42])

Výhody:

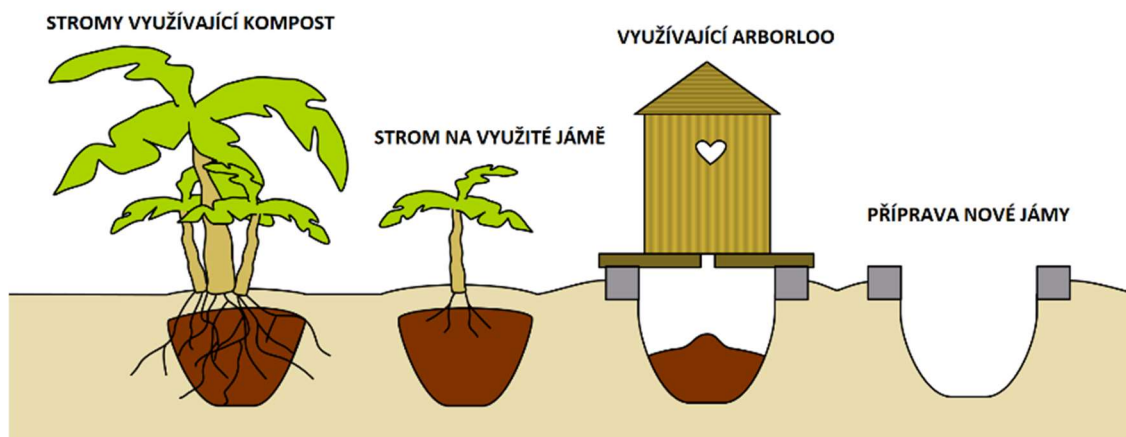
- jednoduchá montáž;
- finančně dostupné;
- nízké náklady na údržbu [18].

Nevýhody:

- možné znečištění podzemních vod patogeny a dusičnany;
- zápach;
- riziko ohrožení veřejného zdraví při nesprávném provedení;
- výskyt much;
- vyprazdňování se většinou provádí nebezpečným způsobem [18].

4.1.7 Arborloo

Arborloo je velmi jednoduchý typ kompostovací toalety, která slouží ke shromáždění výkalů v mělké jámě. Tento druh toalety se opět využívá ve venkovských oblastech rozvojových zemí (např. Zimbabwe). Toaleta je složena z nástavby a jámy, která by měla být vysoko nad hladinou podzemní vody z důvodu kontaminace. Po každém použití by se měla do jámy také přidat část vytěžené zeminy k potlačení zápachu. Po naplnění jámy dojde k jejímu zakopání pomocí zeminy a ponechání ke kompostování (viz obrázek 12) [45, 87].



Obrázek č. 12: Schéma toalety Arborloo
(Zdroj: [45])

Výhody:

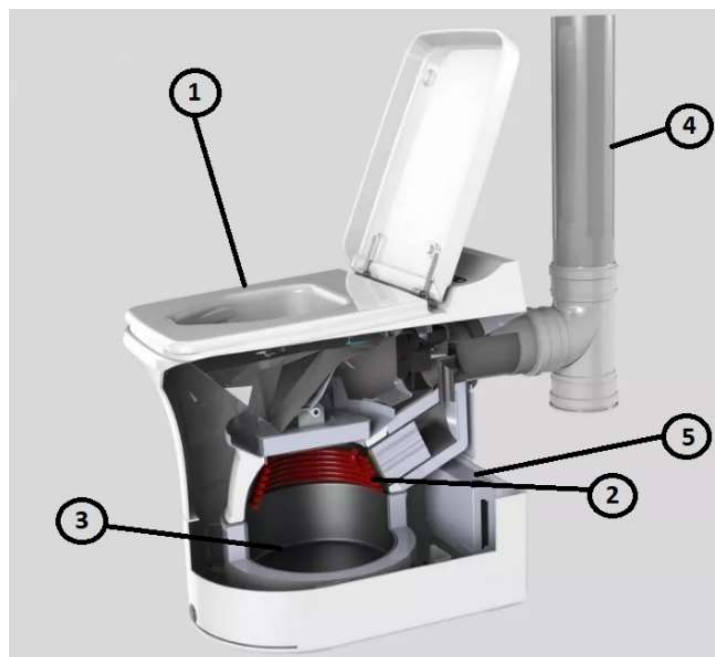
- jednoduchá technika;
- nízké náklady;
- nízké riziko přenosu patogenů;
- funkčnost jako hnojivo [58, 87].

Nevýhody:

- po naplnění jámy je nutné vykopat novou jámu;
- zakrytí jámy nebo výsadba stromů nevyloučí riziko kontaminace podzemní vody [58, 87].

4.1.8 Spalovací toaleta

Tento typ toalety se využívá v případech, kdy není možné napojení na stokovou síť či vybudování septiku by bylo nákladné nebo neproveditelné. Tato toaleta pracuje na způsobu, že po shromáždění výkalů dojde k jejich spalování pomocí topného tělesa. Ze spálených výkalů vzniká následně popel bez patogenů. Před využitím toalety se vkládá sáček, který shromažďuje výkaly. Po použití toalety se stlačí páčka, díky níž sáček spadne do spalovací komory a následně se spálí. V komoře se nachází také filtr, který odstraňuje pachy a následně je odvádí komínem, viz obrázek 13 [46].



Obrázek č. 13: Schéma spalovací toalety

(1 – záchodová mísa, 2 – topné zařízení, 3 – vyprazdňovací mísa, 4 – kouřovod, 5 – přívod vzduchu)
(Zdroj: [48])

Tyto toalety jsou napájeny pomocí elektřiny, plynu a dalších energií. Nutné je zajistit odvod kouře prostřednictvím kouřovodu. Některé typy těchto toalet dokážou spalovat i šedou vodu ze sprch a umyvadel [46].

Výhody:

- není spotřeba vody;
- prostorově úsporný;
- přenosná toaleta;
- relativně bez zápachu;
- snadné vyprázdnění;
- lze využít v nevytápěných prostorách [47].

Nevýhody:

- vyšší cena;
- vyšší spotřeba energie;
- nutnost odvodu kouřovodem;
- proces spalování ničí živiny v odpadu [47].

4.1.9 Mrazící toaleta

Jedná se o druh suché toalety, která využívá elektřinu k zmražení výkalů. Zmražení probíhá za teploty $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výkaly během krátké chvíle zmrznou a zastaví se veškerá mikrobiální aktivita. K fungování není zapotřebí vody, potrubí, ventilace nebo chemikálií. Skládá se z toaletní mísy s mrazuvzdorným kbelíkem a plastovým sáčkem, který leží uvnitř. Odpad lze kompostovat. Tento typ toalety je přesuvný [49, 86].



Obrázek č. 14: Mrazící toaleta
(Zdroj: [68])

Výhody:

- bez nutnosti vody;
- rychlá likvidace exkrementů a moči;
- bez nutnosti chemikálií;
- bez zápachu;
- možnost kompostování odpadu;
- snadná údržba [49, 86].

Nevýhody:

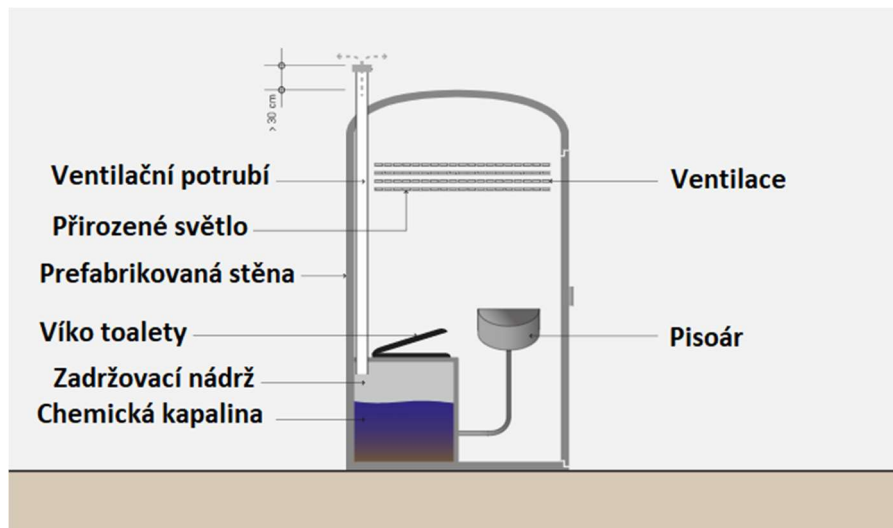
- vyšší cena;
- potřeba plastového sáčku;
- nutnost připojení na elektřinu [49, 86].

4.1.10 Chemická toaleta

Chemická toaleta je využívána k shromažďování lidských výkalů ve sběrné nádrži a následnému použití chemikálií k minimalizaci pachů. Toaleta se skládá ze dvou nádrží, z nichž větší je na odpadní vodu a menší na vodu čistou. Z tohoto důvodu vyplývá, že není napojena na otvor v zemi, septik ani do kanalizace [50, 51].

Tento typ toalety se využívá jako dočasné řešení např. na stavbách, při velkých shromážděních či na hudebních festivalech, jednodušší typ této toalety je využíván v karavanech [50].

Přenosné chemické toalety obvykle používají směs několika různých chemikálií v zadržovací nádrži. Přidává se modré barvivo, které skrývá obsah nádrže před uživatelem. Jakmile je uloženo dostatečné množství moči nebo výkalů, dostává celková směs zelenou barvu, což znamená plnou nádrž. K regulaci zápachu se využívají biocidy, případně jako mírnější formy se používá ethanol a kvartérní amoniové sloučeniny [51].



Obrázek č. 15: Schéma chemické toalety
(Zdroj: [53])

Výhody:

- přenosnost toalety;
- plnohodnotná toaleta v místech, kde chybí napojení vodou;
- bez nutnosti vody [52].

Nevýhody:

- nutnost náplní z důvodu eliminace zápachu;
- bez přístupnosti pro vozíčkáře;
- nutnost specifického toaletního papíru, který se rozloží;
- vysoká cena [52].

4.2 Klasické toalety

Klasické toalety nebo takzvaně toalety splachovací využívají vodu ke splachování výkalů či moči. Většina moderních toalet je určena rovněž k likvidaci toaletního papíru [18].

Toaleta je zapuštěna do vodovodní instalace a má tvar S, U, J nebo P nazývaný jako lapač. Lapač slouží k tomu, aby se voda shromažďovala v záchodové míse a zároveň zadržovala odpad, těsnila proti škodlivým kanalizačním plynům. Jakmile je voda spláchnuta, míří do kanalizace [18, 64].

Druhy splachovacích médií:

- pitná voda;
- dešťová voda;
- šedá voda [18].

Druhy splachovacích systémů toalet:

- gravitační splachování;
- asistované tlakové splachování;
- duální splachovací systém;
- dvojitý cyklón [65].



Obrázek č. 16: Schéma splachovací toalety
(Zdroj: [18])



Obrázek č. 17: Splachovací toaleta
(Zdroj: [71])

Výhody:

- výkaly uživatele jsou vyprázdněny před dalším použitím;
- při správném používání nejsou žádné problémy se zápachy;
- vhodné pro všechny typy uživatelů (sedící, stojící apod.) [18].

Nevýhody:

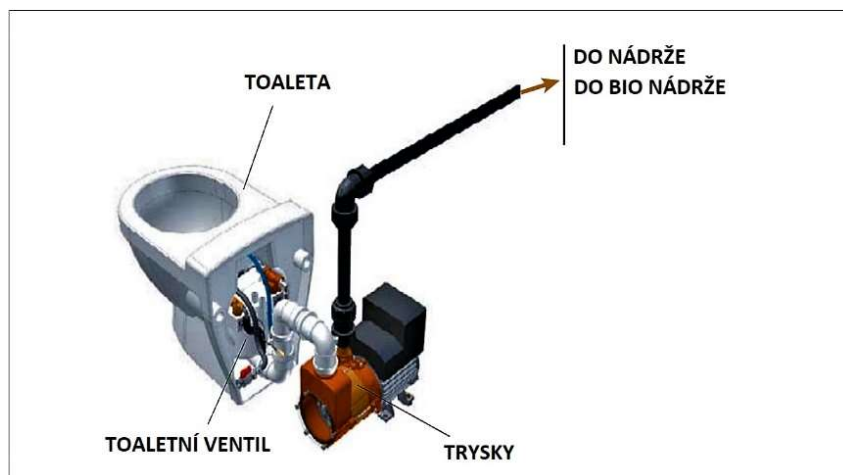
- vysoké provozní náklady (závisí na ceně vody);
- vyžaduje stálý zdroj vody;
- nelze postavit nebo opravit s lokálně dostupnými materiály [18].

4.3 Speciální druhy alternativních toalet

Tyto typy toalet se vyskytují ojediněle nebo jsou určeny pro speciální druhy využití.

4.3.1 Vakuová toaleta

Vakuové toalety jsou splachovací toalety, které využívají odsávání k odstranění výkalů a moči, což vede k minimální potřebě vody (0,5 až 1,5 litru). Vakuové toalety poskytují stejnou úroveň pohodlí jako tradiční splachovací toalety a pomáhají šetřit náklady díky minimalizovanému množství splachovací vody. Vzhledem k tomu, že odpadní voda má vysoký obsah organické hmoty, jsou vakuové toalety speciálně upraveny pro použití v kombinaci se samostatnou úpravou šedé a černé vody nebo aerobní digesce za účelem výroby bioplynu. Vakuové toaletní systémy jsou použitelné ve velkých i malých budovách, vlacích, lodích a letadlech [26, 54, 55].



Obrázek č. 18: Schéma vakuové toalety
(Zdroj: [56])



Obrázek č. 19: Vakuová toaleta ve vlaku
(Zdroj: [69])

Výhody:

- velká úspora energie;
- žádné usazeniny na toaletě;
- velmi hygienické;
- flexibilní a pohodlné;
- žádné usazeniny v potrubí;
- bez zápachu;
- flexibilní použitelnost [26, 54, 55].

Nevýhody:

- relativně vysoké investiční náklady;
- závisí na napájení elektrické energie;
- hrubý materiál může vést k zablokování systému sběru;
- potřebná vakuová stanice;
- musí být dodržováno domácí servisní připojení a vakuová stanice [26, 54, 55].

4.3.2 Univerzální systém nakládání s odpady (UWMS)

Tento systém je druhem toalety, který se využívá ve vesmírných stanicích. Jelikož na oběžné dráze není gravitace, využívají vesmírné toalety k odvádění moči a výkalů z těla proudění vzduchu. Vzduch posílá obě substance do patřičných kontejnerů. V systému UWMS je automatické spuštění proudění vzduchu při zvednutí víka toalety, které následně pomáhá při snižování zápachu [66].

Posádka využívá speciálně tvarovaný trychtýř a hadici na močení a sedátko určené pro defekaci. Toaleta má také speciální opěrky nohou a držadel na ruce, které mají zabránit vznášení během užívání toalety. Toaleta je vyobrazena na obrázku č. 20 [66].



Obrázek č. 20: Schéma toalety UWMS
(Zdroj: [67])

5 NÁVRHOVÉ PARAMETRY

V této kapitole si přiblížíme parametry pro znečištění odpadních vod a jejich potřebnou úpravu před opětovným využitím.

Před opětovným využitím šedých vod je nutná úprava, aby nevzniklo žádné riziko ohrožení zdraví člověka. Tato úprava se provádí buď pomocí metody fyzikálně-chemické, nebo biologické. Fyzikálně-chemická metoda čištění využívá mikrofiltraci a ultrafiltraci (což jsou například pískové filtry a membrány), které se zbavují znečištění optickými látkami a na konci se dezinfikují UV zářením. Naopak biologická metoda funguje na způsobu rozkladu pomocí mikroorganismů nebo biologických filtrů [76].

Upravená šedá voda se nazývá tzv. bílá voda. Její orientační hodnoty pro bakteriologické monitorování bílé vody jsou uvedeny v tabulce č. 6 [77].

Tabulka č. 6: Hodnoty šedé vody před a po úpravě

Složení	Surová šedá voda	Upravená voda (průměrné hodnoty dle NSF 350)
NI _{celk} (ppm)	80–160	< 10
CHSK (ppm)	130–180	< 10
zákal (NTU)	50–100	< 2
<i>E. coli</i>	100–1 000	< 2,2

(Zdroj: [83])

Tabulka č. 7: Orientační hodnoty pro bakteriologické monitorování bílé vody

Parametr	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace		
	Tlakové mytí, zahradní rozstřikovač, mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad	Praní
<i>E. coli</i> Počet/100 ml	Nezjišťuje se	250	250	Nezjišťuje se
Střevní enterokoky Počet/100 ml	Nezjišťuje se	100	100	Nezjišťuje se
<i>L. pneumophila</i> Počet/100 ml	10	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat
Koliformní bakterie Počet/100 ml	10	1 000	1 000	10

(Zdroj: [77])

Hodnoty látkového zatížení se udávají pro oblast s vyšší vybaveností (tabulka č. 8), proto pro méně vybavené oblasti jde použít redukce těchto hodnot o 30 %, případně maximálně o 50 % [82].

Tabulka č. 8: Průměrné hodnoty látkového zatížení

Specifická produkce znečištění s_0	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N _c	P _c
[g/os/den]					
Původní normová hodnota	60	120	55	11	2,5

(Zdroj: [82])

5.1 Likvidace odpadních vod

Vyčištěné vody, které vypouštíme z domovních čistíren odpadních vod, jsou stále vody odpadní. Tyto vody můžeme vypouštět buď do vod povrchových, či podzemních (nebo pokud je v blízkosti kanalizace, tak i do ní) [78].

Jestliže odpadní vodu vypouštíme do povrchových či podzemních vod, je nutné povolení od vodoprávního úřadu, jelikož s těmito vodami nakládáme. Naopak pokud odpadní vodu vypouštíme do kanalizace, řídíme se kanalizačním řádem [78].

Jestliže nelze využít výše zmíněných metod likvidace odpadních vod, je nutno využít alternativní způsoby likvidace odpadních vod.

5.1.1 Ukazatele a emisní standard přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných do vod povrchových

Limity pro vypouštění do povrchových vod stanoví nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech [78].

Při vypouštění do povrchových vod posuzuje úředník zařazení čističky do kategorií dle minimální účinnosti zjištěné při certifikaci (viz tabulka č. 9).

Tabulka č. 9: Tabulka minimální účinnosti domovní ČOV

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 %

(Zdroj: [78])

- **Kategorie I.** – domácí čističky určené pro obvyklé vypouštění do povrchových vod [78].
- **Kategorie II.** – domácí čističky s vyšší účinností odstranění uhlíkatého znečištění a se stabilní nitrifikací. Musí mít větší objem aktivace nebo například nosič biomasy [78].
- **Kategorie III.** – pro lokality s využíváním povrchových vod pro vodárenské účely. Nejčastěji jsou to čističky II. kategorie doplněné například o membránovou filtraci, chemické srážení, filtraci (pískový filtr, zemní filtr), sorpci a podobně. Tyto čističky musí být vybaveny odděleným prostorem pro akumulaci kalu [78].

5.1.2 Ukazatele a emisní standardy přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných do vod podzemních

Tyto ukazatele vyplývají z nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.

Při povolování vypouštění odpadních vod z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci stanoví vodoprávní úřad přípustné hodnoty znečištění do výše emisních standardů uvedených v tabulce č. 10 k tomuto nařízení [73].

Tabulka č. 10: Ukazatele a emisní standardy pro odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci

Velikostní kategorie (EO)*	"m" [mg/l]				
	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	NL	N _{celk}
< 10	150	40	20	30	x
X.50	150	40	x	30	30
> 50	130	30	x	30	20

(Zdroj: [72])

Pokud je k čištění odpadních vod použito zařízení pro čištění odpadních vod ohlašované podle § 15a vodního zákona, musí spadat pod klasifikaci výrobku označeného CE (certifikace) stanovenou v tabulce č. 11 k tomuto nařízení [74].

Tabulka č. 11: Klasifikace výrobku označovaného CE

Klasifikace výrobku	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N _{celk}	P _{celk}
	(%)	(%)	(%)	(%)
Domovní čistírna odpadních vod	90	95	50	40

(Zdroj: [75])

5.1.3 Alternativní způsoby likvidace

Pro alternativní likvidaci odpadních vod využíváme jednotlivé typy suchých toalet, u kterých se dají exkrementy dále využít v podobě kompostu. Likvidace moči probíhá obdobným způsobem např. pomocí odvětrávaných nádob, do kterých se přidává alkalický materiál (např. hašené vápno, popel ze spáleného dřeva), který má pH vyšší než 10. Po jednom měsíci v nádobě vzniká kompost, který lze využít v zahradnictví [88].

5.2 Parametry pro návrh alternativního typu toalety:

Produkce moči a exkrementů

Produkce moči a exkrementů se uvádí průměrně v rozmezí 1,5–2 l/os./den pro moč a exkrementy 400 g/os./den [91].

Objem nádrže pro výkaly a moč

Nádrže pro alternativní toalety se dělí na malé a velké. Malá nádrž má rozmezí 10–20 l a velká nádrž má objem 70 a více litrů [93].

Splachovací médium

Jako splachovací médium se využívá dešťová voda nebo voda šedá. Obě média se používají v minimálním množství nebo žádném.

Doba zdržení

Doba zdržení se u různých typů alternativních toalet mění, jelikož je závislá na počtu uživatelů a na objemu nádrže.

Počet uživatelů

Počet uživatelů je hlavním aspektem pro návrh toalety.

Doba využívání toalet

Doba využívání toalet je důležitým aspektem pro výběr typu toalety z důvodu provozních nákladů.

Provozní náklady

Náklady jsou odvozeny od vyprazdňování a případné likvidace exkrementů. Při použití chemických přípravků je nutno počítat s jejich pořizovacími náklady. V případě tablet náklady činí kolem 25 Kč/ks. Druhým způsobem je přidávání chemie do nádrže splachovače, jejíž cena se pohybuje od 300 Kč za 2,5 l.

Možnost dalšího využití toalet

Tento parametr platí např. pro kompostovací toalety, kde pomocí exkrementů lze vyrobit kvalitní humus, který jde dále využít. Kvalita humusu se určuje dle vysoké výměnné kapacity pro živiny (dusík, vápník, hořčík, draslík), viz zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, a vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva.

5.3 Parametry pro příslušenství toalet ve vnitřních prostorách budov

V této kapitole si blíže probereme parametry toalet, které se využívají ve vnitřních prostorách budov, jako jsou např. bytové domy, rodinné domy apod.

Pro všechny splachovače používané v ČR platí od května 2016 norma ČSN EN 14055+A1 91 4640 Nádržkové splachovače pro záchodové mísy a pisoáry. Všechny nové splachovače by měly odpovídat uvedené normě [79].

Dělení splachovačů dle třídy:

- **třída 1** – splachovače se jmenovitým splachovacím objemem do 4, 5, 6, 7 nebo 9 l;
- **třída 2** – splachovače se jmenovitým splachovacím objemem 6 litrů nebo s dvojitým spláchnutím, kdy se kombinuje maximální spláchnutí 6 l a redukované ne větší než dvě třetiny maximálního spláchnutí;
- **třída 3** – splachovače třídy 1 určené pro pisoáry [79].

Dělení dle splachovacích objemů pro záchodové a pisoárové mísy:

Nejpoužívanějším spláchnutím u záchodové mísy je 6 l pro velké spláchnutí a 3 l pro malé spláchnutí (zvýrazněno tučně v tabulce č. 12).

Tabulka č. 12: Splachovací objemy pro záchodové a pisoárové mísy

Zařizovací předmět	Splachovací objem q_o [l]	
	Velké spláchnutí	Malé spláchnutí
Záchodová mísa	4	2
	4,5	3
	6	3
	8	-
	9	3
	10	3
Pisoárová mísa bez odsávání	0,75–1,5	-
Pisoárová mísa s odsáváním	2–4	-

(Zdroj: [77])

Připojovací potrubí a jeho parametry

Připojovací potrubí je potrubí, které vede mezi zařizovacím předmětem, podlahovou vpustí a splaškovým potrubím nebo mezi odpadním či svodným potrubím [80].

Světlost potrubí

Světlost potrubí vyplývá z normy ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace a pohybuje se v rozmezí od DN 70 do DN 100 (DN 125), viz tabulka č. 13 [80].

Tabulka č. 13: Světlost připojovacího potrubí

Splaškové odpadní potrubí, které odvádí odpadní vody	Nejmenší jmenovitá světlost
	DN
Od pisoárů	70
Od van	70
Od dřezů z bytových kuchyní	70
Od záchodových mís	100
S obsahem tuků od velkokuchyňských zařízení	100

(Zdroj: [80])

Spád potrubí

Aby byl zajištěn odtok v potrubí, musí být potrubí v jistém sklonu, aby voda odtékala. Sklony jsou uvedeny v tabulce č. 14 [81].

Tabulka č. 14: Sklony připojovacího potrubí

Minimální sklon potrubí [%]	Doporučený sklon potrubí [%]
3	5

(Zdroj: [81])

Spádová výška nesmí přesáhnout 1 m u potrubí DN 70. U potrubí DN 100 nesmí přesáhnout 2 m [80].

Délka potrubí

Délka potrubí závisí na místních podmínkách a měla by být provedena v co nejkratší délce. Délky a počet kolen jsou uvedeny v tabulce č. 15 [81].

Tabulka č. 15: Délka potrubí a počet kolen

Nevětrané připojovací potrubí	Mezní hodnoty	
	maximální	doporučené
Délka potrubí [m]	6	4
Počet kolen s úhlem nad 67 °	3	1

(Zdroj: [81])

Svislé potrubí – „stoupačky“

Svislé potrubí je nejčastěji vedeno ve stěně nebo u větších objektů v instalační šachtě. V rámci materiálů je nejvíce používaným materiálem polyvinylchlorid (PVC), polypropylen (PP) a polyethylen (PE). Světlost potrubí se nejčastěji používá v rozmezí DN 100 až DN 125.

6 NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO ALTERNATIVNÍ LIKVIDACI ODPADNÍCH VOD VE VYBRANÉ LOKALITĚ

V této praktické části budeme navrhovat jednoduché zařízení pro alternativní likvidaci odpadních vod ve zvolené lokalitě.

6.1 Popis lokality

Rekreační objekt, pro který budeme navrhovat zařízení, se nachází ve vesnici Bělá, jež je částí obce Mírová pod Kozákovem. Vesnice se nachází v okrese Semily, který leží v Libereckém kraji. Obec Bělá má dle katastrální mapy rozlohu 6,38 km² a trvale zde žije 222 obyvatel. Ve vesnici se nenachází kanalizační stoka, proto je nutné k likvidaci odpadních vod využít jiné varianty [92].



Obrázek č. 21: Situace zvolené lokality
(Zdroj: [85])

6.2 Aktuální způsob likvidace odpadních vod

Aktuálně se k likvidaci odpadních vod využívá klasická splachovací toaleta s duálním splachovacím objemem 3 a 6 l. Jako splachovací médium se v období jara a léta využívá dešťová voda a v zimním období se používá pitná voda z vodovodního řadu. Pro odtok slouží potrubí DN 100, které spojuje toaletu s biologickým septikem.

Biologický septik je obdélníkového tvaru a skládá se ze tří komor s celkovým objemem 7 600 l. V první komoře dochází ke shromažďování exkrementů u dna. Následně odpadní voda putuje do druhé části septiku skrz otvor v oddělovací stěně. Z druhé komory septiku voda protéká pod nosnou stěnou, která odděluje druhou a třetí komoru. V třetí komoře voda přepadá přes přepad ze septiku potrubím PE DN 100 do komory se štěrkopískovým filtrem, odkud voda po vyčištění teče potrubím PE DN 100 do blízkého potoka. Pro snížení zápachu a rychlejší rozklad kalu se využívají tablety WC-NET aktivátor septiků.

Na fotkách níže máme vyobrazenou toaletu a poklop od septiku, který slouží k vybírání kalu. Schéma biologického septiku se nachází v příloze č. 1.



Obrázek č. 22: Toaleta v rekreačním objektu
(Zdroj: autor)



Obrázek č. 23: Poklop od biologického septiku
(Zdroj: autor)

6.3 Návrh zařízení

Pro alternativní likvidaci odpadních vod navrhujeme kompostovací toaletu. Při návrhu kompostovací toalety byla čerpána inspirace z dosud získaných informací a schématu v kapitole 5.1.1.

6.3.1 Návrhové parametry kompostovací toalety

Před návrhem kompostovací toalety je nutné stanovit návrhové parametry.

Výpočet objemu moči

- Doba využití $t = 186$ dní
- Počet uživatelů = 2 osoby
- Průměrná produkce moči $V = 2$ l/os./den

$$\text{Objem moči celkem} = t * V * \text{počet uživatelů}$$

$$\text{Objem moči celkem} = 186 * 2 * 2 = 744 \text{ l}$$

Celkový objem moči za dobu využívání je 744 l.

Výpočet hmotnosti a objemu exkrementů

- Doba využití $t = 186$ dní
- Počet uživatelů = 2 osoby
- Průměrná produkce exkrementů $m = 400$ g/den
- Měrná hmotnost exkrementu $\rho = 1\,000$ kg/m³

$$\text{Hmotnost exkrementů celkem} = t * m * \text{počet uživatelů}$$

$$\text{Hmotnost exkrementů celkem} = 186 * 400 * 2 = 148\,800 \text{ g}$$

Celkové množství exkrementů za dobu využívání je 148,8 kg.

$$\text{Objem exkrementů celkem} = m/\rho$$

$$\text{Objem exkrementů celkem} = \frac{148,8}{1\,000} = 0,1488 \text{ m}^3$$

Celkový objem exkrementů za dobu užívání je 0,1488 m³, tudíž 148,8 l.

Objem sběrné nádrže

Při návrhu objemu sběrné nádrže se braly v úvahu hodnoty objemu moči a exkrementů. Objem nádrže byl tedy navržen na 345 l.

Doba zdržení

Doba zdržení má dvě varianty. První varianta doby zdržení je uvažována na 5–8 týdnů, kdy se kompost dá použít jako krycí zemina, která není rostlinám nebezpečná. Druhá varianta doby zdržení se uvažuje jako 1 rok, kdy se zemina přetvoří na kvalitní kompost, který se dá použít v zahradnictví. Kvalitou kompostu se zabývá vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva.

Stavební náklady

Za stavební náklady se považují náklady potřebné k výstavbě kompostovací toalety. Jejich odhadovaná výše je 25 345 Kč (tabulka č. 16). Práce nejsou v ceně zahrnuty, jelikož se realizace předpokládá svépomocí.

Tabulka č. 16: Stavební náklady

Položka	Plocha [m²]	Kč/m²	Délka [m]	Ks	Kč/kus- (m³)	Cena [Kč]
Smrkové palubky tl. 18 mm	14,20	319	-	-	-	4 530
Dveře ze smrkového dřeva	-	-	-	1	1 500	1 500
Smrkové palubky tl. 32 mm	2,00	576	-	-	-	1 400
Voděodolná překližka	4,10	540	-	-	-	2 210
PVC potrubí s víkem DN 100	-	-	1	1	150	150
PVC potrubí DN 60	-	-	3	1	655	655
Stříška na potrubí	-	-	-	1	380	380
SeparáčnÍ prkénko na WC	-	-	-	1	3 700	3 700
Krytina	2,90	200	-	-	-	580
HDPE Kanistr 25 l	-	-	-	1	110	110
Dřevěné sloupky 120x120mm	-	-	2,5	4	980	3920
Ocelové trny	-	-	-	4	150	600
Epoxidový nátěr	-	-	-	1	170	170
Vodotěsný nátěr	-	-	-	1	120	120
Podkladní betonová mazanina	1,12	-	0,1	-	2050	250
Betonové základy	0,02	-	0,8	-	2050	150
Dřevěná střešní vaznice 80x120mm	-	-	2,5	2	650	1300
Dřevěný podlahový trámek 100x100mm	-	-	1,5	4	405	1620
Doprava	-	-	-	-	2000	2000
Celková cena						25 345

(Zdroj: vlastní zpracování)

Provozní náklady

Do provozních nákladů se promítne zásypový kypřicí materiál o objemu 85 l a hašené vápno o hmotnosti 10 kg [89, 90]. Množství obou položek bylo vypočítáno na základě doby využití toalety. Jako dostupnější alternativu zásypového materiálu lze použít piliny, kusy listí či popel. Skladování materiálu bude ve vyhrazených prostorách.

Tabulka č. 17: Provozní náklady za využívané období

Položka	Kč/kus	Ks	Kč
Zásypový kypřicí materiál 85 l	850	7	5 950
Hašené vápno 10 kg	185	2	370
Celková cena			6 320

(Zdroj: vlastní zpracování)

6.3.2 Popis navržené kompostovací toalety

Kompostovací toaleta je zhotovena jako samostatný stavební objekt, který je ukotven do betonových základů pomocí ocelových trnů. Toaleta je navržena pro dva uživatele, kteří ji budou využívat v období jara a léta. Ochranné pásmo je navrženo na 5 m od obytných objektů.

Objekt je vyroben z dřevěných smrkových palubek, nosných dřevěných sloupků a je opatřený ochranným nátěrem. Separální prkénko kompostovací toalety je hotový výrobek, který odděluje exkrementy a moč. Po každém použití toalety se skrze PVC potrubí přidává kypřicí materiál, který pomáhá k rozkladu exkrementů na použitelný kompost. Sběrná nádrž je navržena na objem 345 l. Doba zdržení se předpokládá na 1 rok, kdy vyzrálý kompost dozraje a bude se moct použít v zahradnictví. Splachovací médium se neuvažuje. Likvidace moči bude probíhat tak, že po odvedení moči a naplnění kanystru bude jeho obsah naléván do odvětrávané kompostovací nádoby na moč, která bude naplněna materiálem s pH vyšším než 10 (popel ze spalování dřeva, hašené vápno). Doba zdržení v nádobě je jeden měsíc, kdy následně vznikne suchý prášek, který se dá využít jako kompost. Pro likvidaci moči budou využívány dvě takovéto nádoby [88]. Větrání sběrné nádrže je zajištěno pomocí PVC potrubí DN60 v zadní části objektu s vyústěním nad střechu objektu. Prostor toalety je odvětráván otvorem v zádni stěně objektu pod střechou. Údržba toalety se bude provádět 1x ročně, případně dle potřeby.

Orientační cena výstavby toalety bude činit 25 345 Kč. Provozní náklady za jedno využívané období budou činit 6 320 Kč.

Provizorní schéma kompostovací toalety se nachází v příloze č. 2. Pro její plnohodnotné využití jsou potřebné drobné úpravy.

Výhody

- toaleta bez nutné speciální údržby;
- možné využití kompostu z exkrementů i moči;
- separace moči od exkrementů;
- nulové náklady na spotřebu vody;
- nulové náklady za stočné a vodné;
- šetrné k životnímu prostředí;
- nedochází k znečištění potoka.

Nevýhody

- vyšší provozní náklady;
- nutnost použití kypřicího materiálu;
- při nesprávném používání toalety vznik nepříjemného zápachu;
- nutnost odvětrání nádrže;
- přímý kontakt při vyprazdňování nádrže.

Shrnutí práce

Při porovnání nově navržené kompostovací toalety a původního typu klasické toalety, která se aktuálně využívá, se dospělo k závěru, že pořizovací náklady jsou velmi podobné. Naopak ze srovnání provozních nákladů vyplývá, že i kdyby se klasická toaleta používala na splachování pitnou vodou, cena za dobu používání (186 dní) činí pouze 250 Kč, což je mnohem výhodnější než provozní náklady za kompostovací toaletu, které jsou 6 320 Kč během stejné doby používání. Kompostovací toaleta se navrhovala jako alternativa pro likvidaci odpadních vod v decentralizovaném systému, jelikož menší obce nejsou schopny pokrýt náklady na výstavbu nové kanalizační stoky. Z tohoto důvodu je patrné, že alternativní typy toalet budou mít pořizovací a provozní náklady větší než klasické typy toalet, které jsou napojeny na kanalizační stoku. Bakalářská práce byla zaměřena právě na užití alternativních typů suchých toalet v decentralizovaném systému, mezi které lze zařadit kompostovací toalety. Vzhledem k typu rekreačního objektu se kompostovací toaleta jevila jako nejpříhodnější alternativa.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo představit typy a vlastnosti odpadních vod s možnostmi alternativních způsobů likvidace odpadních vod a s využitím pro danou lokalitu. V úvodní části práce je zmíněna základní legislativa týkající se dané problematiky. Následně byla stanovena základní charakteristika odpadních vod a jejich rozdělení dle místa původu. Dále následovaly rozborů odpadních vod dle jejich vlastností a ukazatelů znečištění. Důležité bylo představení jak centralizovaného, tak i hlavně decentralizovaného systému, kterým se problematika zabývá.

Součástí práce jsou alternativní systémy likvidace odpadních vod, kde byly uvedeny suché toalety. Zmíněným suchým toaletám je věnována kapitola 5, ve které jsou uvedeny jednotlivé druhy suchých záchodů s jejich výhodami i nevýhodami při používání. Nejvyužívanějším zástupcem suchých toalet byla kompostovací toaleta, které byla věnována největší pozornost. V další kapitole byly uvedeny klasické toalety a varianty speciálních druhů toalet, jež mají své využití jen ojediněle a pro speciální účely.

V následující části byly uvedeny návrhové parametry odpadních vod, konkrétně šedých vod, a návrhové parametry pro alternativní typy toalet či toalet ve vnitřních prostorách budov. U šedých vod bylo nutné stanovit možnosti vyčištění před opětovným použitím a jejich vlastnosti před a po úpravě. Návrhové parametry alternativních toalet byly stanoveny obecnou formou, jelikož se pro každý typ toalety liší. Poslední část rešerše se zabývá vlastnostmi a parametry toalet ve vnitřních prostorách budov.

Praktická část spočívala v návrhu alternativního typu toalety pro danou lokalitu. Jako typ alternativní toalety byla navržena kompostovací toaleta. Tento typ toalety byl vybrán z důvodu umístění rekreačního objektu ve venkovské lokalitě bez kanalizační stoky a také možného využití vyprodukovaného kompostu. Toaleta bude na rekreačním objektu sloužit jako druhý způsob likvidace odpadních vod, a to převážně v jarních a letních měsících. Srovnání původní likvidace odpadních vod pomocí klasické toalety spolu se septikem a nové likvidace pomocí kompostovací toalety ukázalo, že kompostovací toaleta je provozně dražší než aktuální způsob likvidace fekálního znečištění, tj. použití klasické toalety na splachování, ale naopak šetrnější k životnímu prostředí.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, 2001. ISBN 80-860-2030-4.
- [2] ŠVEHLA, Pavel, Pavel TLUSTOŠ a Jiří BALÍK. *Odpadní vody*. 2., přepracované vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, katedra agrochemie a výživy rostlin, 2007. ISBN 978-80-213-1716-1.
- [3] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech ze dne 30. 12. 2015.
- [4] VÍTEK, Jiří. Odvodňování urbanizovaných území podle principů udržitelného rozvoje. *Urbanismus a územní rozvoj*. Brno: Ústav územního rozvoje. 2018, (4), 15. ISSN 1212-0855.
- [5] HLAVÍNEK, Petr. *Možnosti čištění odpadních vod z malých sídel a obcí: sborník přednášek*. Brno: NOEL 2000, 1997. ISBN 80-86020-16-9.
- [6] Počty obyvatel v obcích. *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. Praha, 2016 [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/statistiky-pocty-obyvatel-v-obcich.aspx>
- [7] Komunální odpadní voda. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, strana naposledy edit. 2020-03-24 [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Odpadn%C3%AD_voda
- [8] BERÁNKOVÁ, Martina. Odpadní voda – odpad nebo poklad? *TZB-info* [online]. 2017 [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16057-odpadni-voda-odpad-nebo-poklad>
- [9] BIELA, Renata, 2011. Kvalita šedých vod a možnost jejich využití. *TZB-info* [online]. 2011 [cit. 2021-02-08] Dostupné také z: <https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>
- [10] THACKER, Jonathan, Doug CARLTON, Zacariah HILDENBRAND, Akinde KADJO a Kevin SCHUG. Chemical Analysis of Wastewater from Unconventional Drilling Operations. *Water* [online]. 2015, 7(12), 1568–1579 [cit. 2021-04-29]. ISSN 2073-4441. Dostupné z: doi:10.3390/w7041568

- [11] ŠTÍCHA, Václav a kol. *Odvodnění měst, kanalizace a čistírny*. 2. vydání. Praha: SNTL, 1959.
- [12] PARKINSON, Jonathan a Kevin TAYLER. Decentralized wastewater management in peri-urban areas in low-income countries. *Wastewater management* [online]. 2003, 75–90 [cit. 2021-04-29]. Dostupné z: <https://www.ircwash.org/resources/decentralized-wastewater-management-peri-urban-areas-low-income-countries>
- [13] CAPODAGLIO, A. G., A. CALLEGARI, D. CECCONET a D. MOLOGNONI. Sustainability of decentralized wastewater treatment technologies. *Water Practice and Technology* [online]. 2017, **12**(2), 463–477 [cit. 2021-04-29]. ISSN 1751-231X. Dostupné z: doi:10.2166/wpt.2017.055
- [14] Čistírny šedých vod AS-GW/AQUALOOP. *Asio* [online]. Brno [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-gw-aqualoop>
- [15] ŠÁLEK, Jan. *Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.
- [16] YULISTYORINI, Anie, Miller CAMARGO-VALERO, Sukarni SUKARNI, Nugroho SURYOPUTRO, Mujiyono MUJIYONO, Hadi SANTOSO a Endang TRI RAHAYU. Performance of Anaerobic Baffled Reactor for Decentralized Wastewater Treatment in Urban Malang, Indonesia. *Processes* [online]. 2019, **7**(4) [cit. 2021-04-29]. ISSN 2227-9717. Dostupné z: doi:10.3390/pr7040184
- [17] DAVIDOVÁ, Markéta. Toaleta, co se nesplachuje a nezapáchá. Nadchne ekologa, ušetří peníze. *Idnes* [online]. 2014 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/bydleni/koupelna/separacni-a-kompostovaci-toaleta.A140414_123613_koupelna_rez
- [18] TILLEY, Elizabeth, Lukas ULRICH, Christoph LÜTHI, Philippe REYMOND a Christian ZURBRÜGG. *Compendium of Sanitation Systems and Technologies* [online]. 2nd revised edition. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, 2014 [cit. 2021-04-28]. ISBN 978-3-906484-57-0. Dostupné z: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TILLEY%20et%20al%202014%20Compendium%20of%20Sanitation%20Systems%20and%20Technologies%20-%202nd%20Revised%20Edition.pdf

- [19] SHAW, R., ed. *A Collection of Contemporary Toilet Designs* [online]. WEDC, Loughborough University, 2014 [cit. 2021-4-29]. ISBN 978-1-84380-155-9. Dostupné z: <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/1993>
- [20] CHIRVIJ, Anand K. a Apul S. DEFNE. Composting toilets as a sustainable alternative to urban sanitation – A review. *Waste Management* [online]. 2014, (2), 329–343 [cit. 2021-02-15]. ISSN 0956-053X. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.10.006>
- [21] HUDEC, Mojmir. *Pasivní rodinný dům: proč a jak stavět* [online]. Praha: Grada, 2008 [cit. 2021-05-12]. ISBN 978-80-247-2555-0. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:14b6f990-7eab-11e3-b80c-005056827e51?page=uuid:0348b080-8c4e-11e3-8031-001018b5eb5c&fulltext=kompstovac%C3%AD%20toaleta>
- [22] HILL, Geoffrey B., Susan A. BALDWIN a Björn VINNERÅS. Composting toilets a misnomer: Excessive ammonia from urine inhibits microbial activity yet is insufficient in sanitizing the end-product. *Journal of Environmental Management* [online]. 2013, **119**, 29–35 [cit. 2021-4-29]. ISSN 0301-4797. Dostupné z: doi:[10.1016/j.jenvman.2012.12.046](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.12.046)
- [23] JENKINS, Joseph. *The Humanure Handbook – A Guide to Composting Human Manure* [online]. 3rd ed. Chelsea Green Publishing, 2005 [cit. 2021-04-29]. ISBN 978-0-9644258-3-5. Dostupné z: http://skrconline.net/content/images/stories/documents/Humanure_Handbook_all.pdf
- [24] EPA. *Water Efficiency Technology Fact Sheet Composting Toilets* [online]. Washington: United States Environmental Protection Agency, 1999 [cit. 2021-04-29]. EPA/832-F-99-066. Dostupné z: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/comp.pdf>
- [25] BERGER, Wolfgang. *Technology review of composting toilets - Basic overview of composting toilets (with or without urine diversion)* [online]. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany, 2011 [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/878>

- [26] WHO. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater – Volume 4* [online]. 4th. Geneva, 2006 [cit. 2021-03-02]. ISBN 92-4-154685-9. Dostupné z: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gsuweg4/en/
- [27] JENKINS, Joseph. *Lidský hnůj: Návod na kompostování lidského hnoje* [online]. 3rd ed. Grove City, USA: Chelsea Green Publishing, 2005 [cit. 2021-02-15]. ISBN 978-0-9644258-3-5. Dostupné z: http://www.ekozahrady.com/lidsky_hnuj.pdf
- [28] LE DOUARIN, Eduard. Local de compostage / composting unit. *Flickr* [online]. 2010 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/gzecosan/6150163178/>
- [29] FURLONG, C., W. T. GIBSON, M. R. TEMPLETON a kol. The development of an onsite sanitation system based on vermifiltration: the ‘Tiger Toilet’. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* [online]. 2015, 5(4), 608–613 [cit. 2021-05-12]. ISSN 2043-9083. Dostupné z: doi:10.2166/washdev.2015.167
- [30] Vermicomposting Toilets: Design and construction. *Vermicomposting Toilets* [online]. [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <http://www.vermicompostingtoilets.net/design-construction/>
- [31] TILMANS, Sebastien, Kory RUSSEL, Rachel SKLAR, Leah PAGE, Sasha KRAMER a Jennifer DAVIS. Container-based sanitation: assessing costs and effectiveness of excreta management in Cap Haitien, Haiti. *Environment and Urbanization* [online]. 2015, 27(1), 89–104 [cit. 2021-04-28]. ISSN 0956-2478. Dostupné z: doi:10.1177/0956247815572746
- [32] SHEPARD, J., C. STEVENS a G. MIKHAEL. *The world can’t wait for sewers – Advancing container-based sanitation businesses as a viable answer to the global sanitation crisis* [online]. WSUP, 2017 [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/2756>
- [33] Evaluating the Potential of Container-Based Sanitation. *The World Bank* [online]. Washington, 2019 [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/3603>
- [34] Container Based Toilets Sanivation. *Jing.fm* [online]. [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: https://www.jing.fm/iclip/iRwbTJi_container-based-toilets-sanivation/

- [35] Sanitation: Facts, Figures, Resources. *The World Bank* [online]. 2014 [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20151029092146/http://www.worldbank.org/en/topic/sanitation/brief/sanitation-facts-figures-resources>
- [36] DEMER, Lisa. For one Western Alaska village, honey buckets are gradually going away. *Anchorage Daily News* [online]. 2015 [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.adn.com/rural-alaska/article/one-western-alaska-village-honey-buckets-gradually-going-away/2015/03/22/>
- [37] Minus Quantity-Elemental Thunder Down Under Portable Toilet Bucket with lid quantityPlus Quantity. *Outback Adventures* [online]. [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.outbackadventures.net.au/product/elemental-thunder-down-under-portable-toilet/>
- [38] Kompostovací toaleta. *Veronice centrum Hostětín* [online]. [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://hostetin.veronica.cz/fotogalerie/kompostovaci-toaleta>
- [39] Pit latrine. *World Health Organization* [online]. [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: https://www.who.int/water_sanitation_health/emergencies/fs3_1/en/
- [40] *Pit latrine. In: Health Library for Disasters* [online]. [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: <http://helid.digicollection.org/en/d/Js13461e/3.4.html>
- [41] WEBBER, Roger. *Communicable Disease Epidemiology and Control: A Global Perspective* [online]. 2nd edition. CABI Publishing, 1996, s. 52 [cit. 2021-02-23]. ISBN 978-0-851990743. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=wEn7dvwNRW4C&pg=PA52&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [42] REED, Brian a Ken CHATTERTON, SHAW, Rod, ed. *Latrine slabs: an engineer's guide* [online]. WEDC, Loughborough University, 2012 [cit. 2021-04-28]. ISBN 978-1-84380-143-6. Dostupné z: <https://wedc-knowledge.lboro.ac.uk/resources/booklets/G005-Latrine-slabs-online.pdf>
- [43] GRAHAM, Jay P. a Matthew L. POLIZZOTTO. Pit Latrines and Their Impacts on Groundwater Quality: A Systematic Review. *Environmental Health Perspectives* [online]. 2013, **121**(5), 521–530 [cit. 2021-04-28]. ISSN 0091-6765. Dostupné z: doi:10.1289/ehp.1206028
- [44] STILL, D., K. FOXON a M. O'RIORDAN. *Tackling the challenges of full pit latrines* [online]. WRC Report No. 1745/1/12, Water Research Commission, South

- Africa, 2012 [cit. 2021-04-28]. ISBN 978-1-4312-0291-1. Dostupné z: <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/1712>
- [45] MORGAN, Peter. *Toilets That Make Compost* [online]. Stockholm: Stockholm Environment Institute, 2008 [cit. 2021-03-01]. ISBN 978-9-197-60222-8. Dostupné z: http://www.ecosanres.org/pdf_files/ToiletsThatMakeCompost.pdf
- [46] *Incinolet: Incinerating toilet* [online]. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://incinolet.com/>
- [47] Water Efficiency Technology Fact Sheet Incinerating Toilets. *United States Environmental Protection Agency* [online]. Washington, 1999, 1–5 [cit. 2021-03-01]. ISBN EPA 832-F-99-072. Dostupné z: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/incinera.pdf>
- [48] ALTER, Lloyd. The Hot Poop on the Cinderella Incinerating Toilet. *Treehugger Sustainability for All* [online]. 2021 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.treehugger.com/hot-poop-cinderella-incinerating-toilet-4858783>
- [49] [49] VIKSTRÖM, Satu. Kakalle pakastimeen, jäätynyt jätös ei haise. *Wayback Machine* [online]. Etelä-Suomen Sanomat, 2015, s. 1 [cit. 2021-3-1]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20171214152722/http://www.ess.fi/teemat/koti/2015/05/13/kakalle-pakastimeen-jaatynyt-jatos-ei-haise>
- [50] DREDE, J. L. What Is a Chemical Toilet? *Wisegeek* [online]. 2021 [cit. 2021-3-1]. Dostupné z: <https://www.wisegeek.com/what-is-a-chemical-toilet.htm>
- [51] SDS for Product: DEEP BLUE Portable Toilet Additive, All Fragrances. *Nilodor* [online]. 2017 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20181202200221/http://www.nilodormsds.com/msds/pdf/msds_id/726
- [52] CHVOSTOVÁ, Lenka. Jaké WC na zahradu: Nabízí se klasika i moderní řešení. *Abeceda zahrady a bydlení* [online]. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://abecedazahrady.dama.cz/clanek/jake-wc-na-zahradu-nabizi-se-klasika-i-moderni-reseni>
- [53] Chemical Toilet. *ECompendium of Sanitation Technologies in Emergencies* [online]. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.emersan-compendium.org/en/technologies/technology/chemical-toilet>

- [54] STAUFFER, Beat. Vacuum Toilet. *Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox* [online]. [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://sswm.info/water-nutrient-cycle/water-use/hardwares/toilet-systems/vacuum-toilet>
- [55] JENSSEN, Petter D., James M. GREATORIX a W. S. WARNER. *Sustainable Wastewater Management in Urban Areas* [online]. Hannover, 2004 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/JENSSEN%20et%20al%202004.%20Sustainable%20Wastewater%20Management%20in%20Urban%20Areas.pdf
- [56] Vacuum Toilet manual. *JETS* [online]. 2005, s. 4 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: doi:E-04-VODS4
- [57] GILBERT, Alan. *Rental housing: An essential option for the urban poor in developing countries*. [online]. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2003 [cit. 2021-05-12]. ISBN 9211316871. Dostupné z: <http://www.iut.nu/wp-content/uploads/2017/03/Rental-Housing-An-essential-option-for-the-urban-poor-in-developing-countries-2003.pdf>
- [58] HEBERT, Paul. *Rapid Assessment of CRS Experience With Arborloos in East Africa* [online]. Baltimore: Catholic Relief Services, 2010 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.crs.org/sites/default/files/tools-research/rapid-assessment-of-crs-experience-with-arborloos-in-east-africa.pdf>
- [59] BOSQUE, Sydney. The Complete Guide to Active Compost. *Thriving Yard* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://thrivingyard.com/active-composting/>
- [60] HILL, Geoffrey B. a Susan A. BALDWIN. Vermicomposting toilets, an alternative to latrine style microbial composting toilets, prove far superior in mass reduction, pathogen destruction, compost quality, and operational cost. *Waste Management* [online]. 2012, **32**(10), 1811–1820 [cit. 2021-03-10]. ISSN 0956-053X. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.04.023>
- [61] ZAJONC, Ivo. *Chov žížal a výroba vermikompostu*. Povoda: Animapress, 1992. ISBN 80-85567-07-5
- [62] HOPKINS, John N. *The Cloaca Maxima and the Monumental Manipulation of Water in Archaic Rome* [online]. 2007, (4), 1–15 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <http://www3.iath.virginia.edu/waters/Journal4Hopkins.pdf>

- [63] Strategies for Rural Development in Areas with Limited Public Infrastructure: Alternative Septic Systems: What is a decentralized waste water system? *GROWashington-Aroostook* [online]. 2012 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <http://gro-wa.org/decentralized-ww-system.htm#.YEjIm51KhPY>
- [64] KAGAN, Mya. Where Does the Water Go When I Flush the Toilet? *World Heritage Encyclopedia* [online]. 2011 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <http://cdn-cache.worldheritage.org/articles/Toilet>
- [65] Types of Toilet Flushing Systems. *South West Plumbing* [online]. [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.southwestplumbing.biz/2017/05/types-of-toilet-flushing-systems/>
- [66] MATHEWSON, Samantha. NASA's new \$23 million space toilet is ready for launch. *Space.com* [online]. 2020 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.space.com/nasa-space-toilet-ready-for-launch>
- [67] Universal Waste Management System. *NASA* [online]. [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/7TJJbZFZLWFNrUrrPedfKn.jpg>
- [68] Icelett – Freezing Toilet. *Toilet Revolution* [online]. [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.toiletrevolution.com/wp-content/uploads/Biolan-Icelett-Open.jpg?v=928568b84963>
- [69] Podtlakový systém WC EVAC. *Vagony* [online]. [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.vagony.cz/technika/wc.html>
- [70] HOWARD, Wendy. How to Make a Vermicomposting Flush Toilet. *Permaculture* [online]. 2014 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.permaculture.co.uk/readers-solutions/how-make-vermicomposting-flush-toilet>
- [71] WC – toaleta – záchod se splachovací nádržkou EAGO. *Pantuma* [online]. [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://pantuma.cz/produkt/wc-toaleta-zachod-s-splachovaci-nadrzkou-eago-wa101sp-69x375x785cm/>
- [72] Nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních ze dne 19. 2. 2016.

- [73] § 1 odst. 1 nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních ze dne 19. 2. 2016.
- [74] § 3 odst. 6 nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních ze dne 19. 2. 2016.
- [75] Nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních ze dne 19. 2. 2016.
- [76] ŽABIČKA, Zdeněk, ed. Zpětné využívání odpadních vod v domech pro bydlení. *TZB.info* [online]. 2013 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/11202-zpetne-vyuzivani-odpadnich-vod-v-domech-pro-bydleni>
- [77] PLOTĚNÝ, Karel. <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>. *TZB.info* [online]. 2013 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>
- [78] Domácí čistička odpadních vod okem přísného úředníka. *Nech to plavat* [online]. 2016 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://www.cisteniodpadnichvod.cz/domaci-cisticka-odpadnich-vod-okem-prisneho-urednika/>
- [79] DŘEVOJÁNKOVÁ, Zdenka. Úspora vody při splachování WC. *TZB.info* [online]. 2017 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/koupelny-a-wc/16489-uspora-vody-pri-splachovani-wc>
- [80] VRÁNA, Jakub. Revize ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace. *TZB.info* [online]. 2014 [cit. 2021-04-70]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/11106-revize-csn-75-6760-vnitri-kanalizace-i>
- [81] DUFKA, Jaroslav. Vnitřní kanalizace: přípojovací potrubí. *ESTAV.cz* [online]. 2020 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/8048.vnitri-kanalizace-pripojovaci-potrubí>
- [82] HLUŠTÍK, Petr. Optimalizace návrhových parametrů ČOV v obcích do 2000 EO Optimization design parameters for assessment of WWTP in cities up to 2000 EO. *TZB.info* [online]. 2019 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://voda.tzb->

info.cz/likvidace-odpadnich-vod/18593-optimalizace-navrhovych-parametru-cov-v-obcich-do-2000-eo

- [83] Recyklace šedé vody – Nevyužitý zdroj uvnitř budovy. *Asio* [online]. 2016 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/538.recyklace-sede-vody-nevyuzity-zdroj-uvnitř-budovy>
- [84] § 2 odst. 4 písm. a) zákona č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech) ze dne 31. 12. 2007.
- [85] Bělá – Mírová pod Kozákovem. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.1826991&y=50.5966307&z=16&source=ward&id=6687>
- [86] Separett FREEZE 2000 Mrazící toaleta, 230V. *Europe Yurt point* [online]. [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.ecofactory.cz/p/258/separett-freeze-2000-mrazici-toaleta-230v>
- [87] BERGER, Wolfgang. *Technology review of composting toilets - Basic overview of composting toilets (with or without urine diversion)* [online]. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany, 2011 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/878>
- [88] SIMHA, Prithvi, Christopher BUCKLEY a Jenna SENEAL. We developed a simple process to recycle urine. Here's how it's done. *The Conversation* [online]. 2020 [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: <https://theconversation.com/we-developed-a-simple-process-to-recycle-urine-heres-how-its-done-150309>
- [89] Biolan, Zásypový kypřicí materiál – 85L. *Zemito* [online]. [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: <https://www.zemito.cz/kompostovaci-separacni-toalety/biolan--zasypovy-kyprici-material-85l-2/>
- [90] Čerták hašené vápno na bílení, 10 kg. *Balshop* [online]. [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: https://www.balshop.cz/certak-hasene-vapno-na-bileni-10-kg/?gclid=CjwKCAjwv_iEBhASEiwARoemvIQGcCOIPCILwQRugiqqCAg8uSNKLzHmv5-wKgD9TfGuq0zx8Us7xoCWQgQAvD_BwE
- [91] FRANCEYS, R. A guide to the development of on-site sanitation [online]. Geneva: World Health Organization, 1992 [cit. 2021-5-24]. ISBN 9241544430. Dostupné z: <http://helid.digicollection.org/en/d/Jh0210e/3.1.1.html>

- [92] Informace o obci. Mírová pod Kozákovem [online]. [cit. 2021-5-24]. Dostupné z:
<https://www.mirova.cz/obec-7/informace-o-obci/>
- [93] Kompostovací toalety. Kompostuj.cz [online]. [cit. 2021-5-24]. Dostupné z:
<https://www.kompostuj.cz/vime-jak/kompostovaci-toalety/>

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Střední hodnoty koeficientů látkového znečištění v městské odpadní vodě	17
Tabulka č. 2: Orientační hodnoty specifické produkce znečištění v g/den na 1 obyvatele	19
Tabulka č. 3: Zastoupení jednotlivých živin v jednotlivých druzích vod.....	21
Tabulka č. 4: Ukazatele kvality šedé vody	23
Tabulka č. 5: Srovnání základních aspektů systémů	24
Tabulka č. 6: Hodnoty šedé vody před a po úpravě.....	45
Tabulka č. 7: Orientační hodnoty pro bakteriologické monitorování bílé vody.....	45
Tabulka č. 8: Průměrné hodnoty látkového zatížení.....	46
Tabulka č. 9: Tabulka minimální účinnosti domovní ČOV.....	47
Tabulka č. 10: Ukazatele a emisní standardy pro odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci.....	48
Tabulka č. 11: Klasifikace výrobku označovaného CE.....	48
Tabulka č. 12: Splachovací objemy pro záchodové a pisoárové mísy	50
Tabulka č. 13: Světlost přípojovacího potrubí.....	51
Tabulka č. 14: Sklony přípojovacího potrubí	51
Tabulka č. 15: Délka potrubí a počet kolen	52
Tabulka č. 16: Stavební náklady	57
Tabulka č. 17: Provozní náklady za využívané období	58

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Průměrná spotřeba šedé vody v domácnosti	22
Obrázek č. 2: Grafické zobrazení decentralizovaného systému čištění odpadní vody ...	25
Obrázek č. 3: Schéma pomalé kompostovací toalety	27
Obrázek č. 4: Kompostovací toaleta	28
Obrázek č. 5: Vnější kompostovací komora z kompostovací toalety u domu ve Francii	29
Obrázek č. 6: Schéma vermifiltrované toalety.....	30
Obrázek č. 7: Výstavba vermifiltrované toalety	31
Obrázek č. 8: Schéma toalety odvádějící moč	32
Obrázek č. 9: Schéma toalety na bázi kontejnerů	33
Obrázek č. 10: Kbelíková toaleta.....	34
Obrázek č. 11: Schéma polní latríny s přístřeškem	35
Obrázek č. 12: Schéma toalety Arborloo	36
Obrázek č. 13: Schéma spalovací toalety	37
Obrázek č. 14: Mrazicí toaleta.....	38
Obrázek č. 15: Schéma chemické toalety	40
Obrázek č. 16: Schéma splachovací toalety.....	41
Obrázek č. 17: Splachovací toaleta.....	41
Obrázek č. 18: Schéma vakuové toalety	43
Obrázek č. 19: Vakuová toaleta ve vlaku	43
Obrázek č. 20: Schéma toalety UWMS	44
Obrázek č. 21: Situace zvolené lokality.....	53
Obrázek č. 22: Toaleta v rekreačním objektu	54
Obrázek č. 23: Poklop od biologického septiku	55

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

As	Arsen
BSK _n	Biochemická spotřeba kyslíku
Cd	Kadmium
Cr	Chrom
Cu	Měď
ČOV	Čistírna odpadních vod
DN	Jmenovitá světlost [mm]
DOC	Rozpuštěný organický uhlík
EO	Ekvivalentní obyvatel
Hg	Rtuť
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
CHSK _{Cr}	Dichroman draselný
CHSK _{Mn}	Manganistan draselný
K	Draslík
N	Dusík
N _{celk}	Dusík celkový
NH ₄ -N	Amonné ionty
Ni	Nikl
NL	Nerozpuštěné látky
N-NH ₄	Amoniakální dusík
NPK	Průmyslové hnojivo
P	Fosfor
Pb	Olovo
P _{celk}	Fosfor celkový

pH	Potenciál vodíku
RL	Rozpuštěné látky
So	Specifická produkce znečištění
TOC	Celkový organický uhlík
VL	Veškeré látky
Zn	Zinek

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Situace a řez tříkomorového biologického septiku M 1 : 25

Příloha č. 2: Schéma kompostovací toalety

SUMMARY

The aim of the bachelor thesis is to identify alternative options for wastewater disposal in a decentralized system, as well as its transport, disposal and design parameters.

The first part of the work is focused on legislation concerning wastewater, biological waste and design parameters for toilets and their accessories. The next chapter deals with wastewater, types of its analysis and indicators of water pollution. The distribution of municipal wastewater and their quality is presented as well. Moreover, differences between centralized and decentralized system are described. As we deal specifically with the decentralized system in the work, it is given more attention to it. Subsequently, the work concerns individual variants of alternative toilet systems, their transport, wastewater disposal, and their main advantages and disadvantages in use are listed. For comparison, classic toilet systems and special types of toilets are introduced, along with their advantages and disadvantages. The theoretical part also contains the basic parameters of wastewater pollution and their values. Lastly, the design parameters of alternative types of toilets and also toilets in the interior of buildings and their accessories are presented.

The practical part of the bachelor's thesis uses the knowledge from the theoretical part regarding the design of an alternative type of toilet. The composting toilet is intended for a selected recreational facility in the settlement of Bělá – part of the village of Mírová pod Kozákovem. The design of the toilet was based on the amount of urine and excrement corresponding to the period of use of the toilet, and thanks to these findings, the volume of the collection tank was established as well. In the final phase of the paper, the necessary costs for the construction and operation of the composting toilet were quantified, which were the main factor for the assessment with the current method of wastewater disposal in the selected locality.