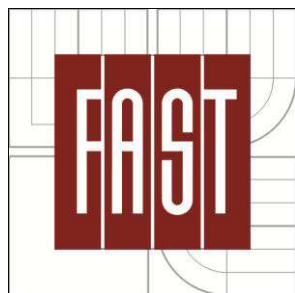


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

VYUŽITÍ ŠEDÝCH A DEŠŤOVÝCH VOD V BUDOVÁCH

THE USE GRAYWATER AND RAINWATER BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

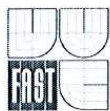
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL ÚTERSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR HLUŠTÍK

BRNO 2012



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 Michal Úterský
Název Využití šedých a dešťových vod v budovách
Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Hlušík
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2011
Datum odevzdání bakalářské práce 25. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Šrámková M., Wanner J.: Opětovné využití vyčištěné odpadní vody. Sborník konference Pitná voda 2010. ISBN 978-80-254-6854-8.
2. P. Hlavínek, J. Mičín, P. Prax: Příručka stokování a čištění, ISBN 80-86020-30-4, NOEL 2000, Brno 2001
3. Plotěný K.: Dělení vod, bílé a šedé vody – nové poznatky a možnosti využití. Sborník semináře Vodohospodářské chuťovky. 2011.
4. REE-HO Kim, Sangho Lee, Jinwoo Jeong, Jung-Hun Lee, Yeong-Kwan Kim: Reuse of greywater and rainwater using fiber filter media and metal membrane. Sborník konference „Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability, Korea.
5. Brewer D., Brown R., Stanfield G.: Rainwater and greywater in buildings. Technická zpráva a studie, TN červenec 2001

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

V rámci bakalářské práce bude řešena problematika produkce šedé vody a potřeby provozní vody, která vznikne vyčištěním šedých vod. Student v rámci bakalářského semináře vybere vhodný objekt pro využití šedé i dešťové vody, provede rozbor vody a navrhne bilanční řešení využití šedých a dešťových vod v rámci posuzovaného objektu.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



Ing. Petr Hlušík
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Úkolem této bakalářské práce je poukázat na možné využití šedých a dešťových vod v budovách. Hlavním cílem je úspora pitné vody pro konkrétní rodinný dům, zpětné využití vyčištěných šedých vod a dešťových vod v domácnosti a zpracování bilance produkce a spotřeby šedých vod a dešťových vod.

Klíčová slova

Šedé vody, dešťové vody, recyklace vody, úspora vody, technologie čištění

Abstract

The function of this bachelor thesis is to point out the possible usage of grey water and rainwater in buildings. The main aim is the saving of drinking water in particular family house, backward usage of cleaned grey water and rainwater in households and the processing of balance of production and consumption of grey water and rainwater.

Keywords

Grey water, rainwater, water recycling, water savings, cleaning technology

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

ÚTERSKÝ, Michal. *Využití šedých a dešťových vod v budovách*. Brno, 2011. 76 s., 4 s. příloh. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík.

Prohlášení:

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

V Brně dne 25. 5. 2012

.....

podpis autora

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Hlušítkovi za účinnou odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

OBSAH

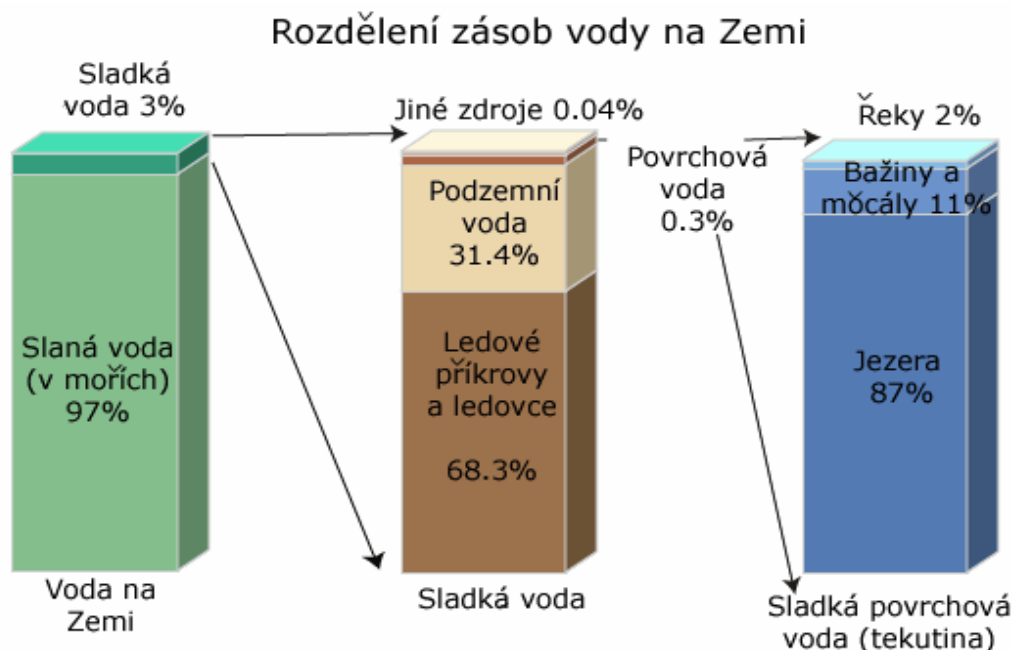
1 ÚVOD.....	9
1.1 VODA NA ZEMI	9
1.2 LEGISLATIVA S VODOHOSPODÁŘSKOU TÉMATIKOU.....	10
2 SPOTŘEBA VODY V ČR , EVROPĚ A VE SVĚTĚ.....	11
2.1 SPOTŘEBA VODY V ČR A EVROPĚ	11
2.2 SPOTŘEBA VODY VE SVĚTĚ.....	12
2.2.1 Trend spotřeby vody ve světě	12
2.2.2 Cena vody v České republice.....	12
2.3 ALTERNATIVA PITNÉ VODY	13
3 ŠEDÁ VODA.....	14
3.1 VZNIK ŠEDÉ VODY	14
3.2 KVALITA ŠEDÝCH VOD	16
3.3 ZAJIŠTĚNÍ KVALITY ŠEDÝCH VOD	17
3.3.1 Biologické systémy.....	19
3.3.2 Membránová filtrace.....	19
3.4 AKUMULACE ŠEDÉ VODY	21
3.5 AKUMULAČNÍ NÁDRŽE NA ŠEDOU VODU	22
3.5.1 Možnosti instalace	22
3.5.2 Domácí systémy na šedou vodu.....	23
3.5.3 Požadavky na kvalitu bílé vody	25
3.6 ZPĚTNÉ VYUŽITÍ ŠEDÉ VODY	26
3.7 RECYKLACE TEPLA Z ŠEDÝCH VOD V BUDOVÁCH.....	28
3.7.1 Lokální systémy.....	28
3.8 ZAŘÍZENÍ NA ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA Z ODPADNÍ VODY	29
3.8.1 Rekuperační výměník tepla na svodném potrubí.....	29
3.8.2 Centrální jímka šedé vody jako zdroj pro tepelné čerpadlo voda-voda	31
4 DEŠŤOVÁ VODA.....	32
4.1 VZNIK DEŠŤOVÝCH SRÁŽEK.....	32
4.2 KVALITA DEŠŤOVÝCH VOD.....	33
4.2.1 Mikrobiální kontaminace dešťové vody	33
4.2.2 Ověření mikrobiální kvality dešťové vody	34
4.3 ZAŘÍZENÍ NA AKUMULACI DEŠŤOVÝCH VOD.....	35
4.3.1 Popis funkce.....	35

4.4 ZÁSObNÍ NÁDRŽE.....	36
4.4.1 Plastové nádrže	36
4.4.2 Betonové nádrže	38
4.4.3 Sklolaminátové nádrže.....	38
4.5 ZPĚTNÉ VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ VODY.....	38
5 PRAKTICKÁ ČÁST	40
5.1 POPIS LOKALITY	40
5.2 ODBĚR VZORKŮ ŠEDÉ VODY.....	42
5.3 BILANCE ŠEDÝCH VOD.....	49
5.3.1 Zpracování dotazníků první bilance.....	50
5.3.2 Zpracování dotazníků druhé bilance.....	53
5.4 SHRnutí BILANCE ŠEDÉ VODY	58
5.4.1 Spotřeba pitné vody	59
5.4.2 Možná úspora pitné vody.....	59
5.4.3 Vstupní náklady pro využití šedé vody.....	59
5.5 ODBĚR VZORKŮ DEŠŤOVÉ VODY	60
5.6 BILANCE DEŠŤOVÝCH VOD	64
5.6.1 Tisková sestava kalkulátoru nakládání s dešťovou vodou	64
5.6.2 Vstupní náklady pro využití dešťové vody	65
5.7 SHRnutí BILANCE DEŠŤOVÉ VODY	65
5.8 BILANCE ÚSPORY PŘI RECYKLACI TEPLA Z ŠEDÝCH VOD.....	66
5.9 CELKOVÉ SHRnutí	67
6 ZÁVĚR	68
POUŽITÁ LITERATURA.....	69
SEZNAM TABULEK	71
SEZNAM OBRÁZKŮ	72
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	74
SEZNAM PŘÍLOH.....	75
SUMMARY	76

1 ÚVOD

1.1 VODA NA ZEMI

Veškerá voda na Zemi je z více než 97 % zastoupena vodou mořskou, tedy vodou slanou, která je pro pití a běžné použití lidské společnosti nepoužitelná. Ve zbylých 3 % zastoupených sladkou vodou je většina vázána v ledu na pólech a v ledovcích na horách. Volně použitelný díl veškeré vodní zásoby tj. řeky a jezera činí pouze 0,3 %.



Obr. 1 Rozdělení zásob vody na Zemi [18]

Voda je strategická surovina, bez které nedokáže žít člověk ani zvířata na Zemi. Při ztrátě zhruba 15 % vody lidské tělo kolabuje a při vyšší ztrátě vody nastává smrt. Voda je velice vzácná, a proto je důležité chránit její přirozené zdroje ať už podzemní, či povrchové. Důležitost významu vody podtrhuje i Evropská vodní charta, která byla vyhlášena 6. května 1968 ve Strasbourgu ve Francii. Charta obsahuje 12 bodů, které popisují význam vody, jak by měl člověk s vodou zacházet a jak ji chránit.

Připomenutí si významu vody na Zemi je určen od roku 1993 i den 22. březen, jako Světový den vody. Ten byl určen v Rio de Janeiru, v Brazílii.

V našich zeměpisných polohách nedostatkem vody netrpíme. Výjimkou mohou být letní dny, kdy vysychají koryta řek a ztenčují se zásoby podzemních vod. I při těchto výjimkách se nestává, že by byl akutní nedostatek pitné vody pro obyvatelstvo. Jsou ale pásma, kde se toto říci nedá a pitná voda je drahou a vzácnou surovinou. Jedná se zejména o oblasti pouští a stepí. V těchto oblastech lidé a zvířata nemohou vodou plýtvat a v rozvojových zemích vodu mnohdy neupravují ani na vodu pitnou. Znečištěná voda má neblahý vliv na zdraví lidí i zvířat. Narušeny jsou hygienické podmínky, ale také

estetické, kulturní a zdravotní. Voda je v těchto oblastech maximálně využívána pro každodenní úkony spojeny s potřebou vody. Nedochází k přílišnému plýtvání a lidé vodu v maximální možné míře využijí. Spotřeba vody v těchto oblastech je zlomkem toho, co spotřebují lidé například v Evropě a nebo Severní Americe. Je důležité, aby i lidé, kteří netrpí nedostatkem pitné vody vodou šetřili a využívali systémů, které šetří pitnou vodu. Může se jednat o využití dešťových vod, jako vody např. pro závlahu, ale také využití vyčištěných šedých vod jako nové technologie pro úsporu pitné vody.

1.2 LEGISLATIVA S VODOHOSPODÁŘSKOU TÉMATIKOU

V České republice platí velké množství zákonů a norem, které se zabývají vodohospodářskou tematikou. Žádná z těchto platných norem se však nezabývá šedými vodami, jejich vznikem a možným využitím. V zahraničí už ale mají příslušné normy, jako je např. BS 8525-1:2010. Pokud bychom chtěli vyhledat informace o šedých vodách musíme nahlédnout právě do této normy. Z českých zákonů a norem se dají využít například hygienické požadavky na vodu pro různé úkony aj.

V České republice:

- **Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu**
- Vyhláška MZe č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001
- **Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách**
- **Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví**
- Vyhláška MZdr č. 252/2004 Sb., o hygienických požadavcích na pitnou a teplou vodu a četnost s rozsah kontroly pitné vody.
- **ČSN EN 12056-1** Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 1: Všeobecné a funkční požadavky

V zahraničí:

- British Standard **BS 8525-1:2010**, Greywater systems
- Směrnice evropského parlamentu **2006/7/ES** o řízení jakosti vod ke koupání

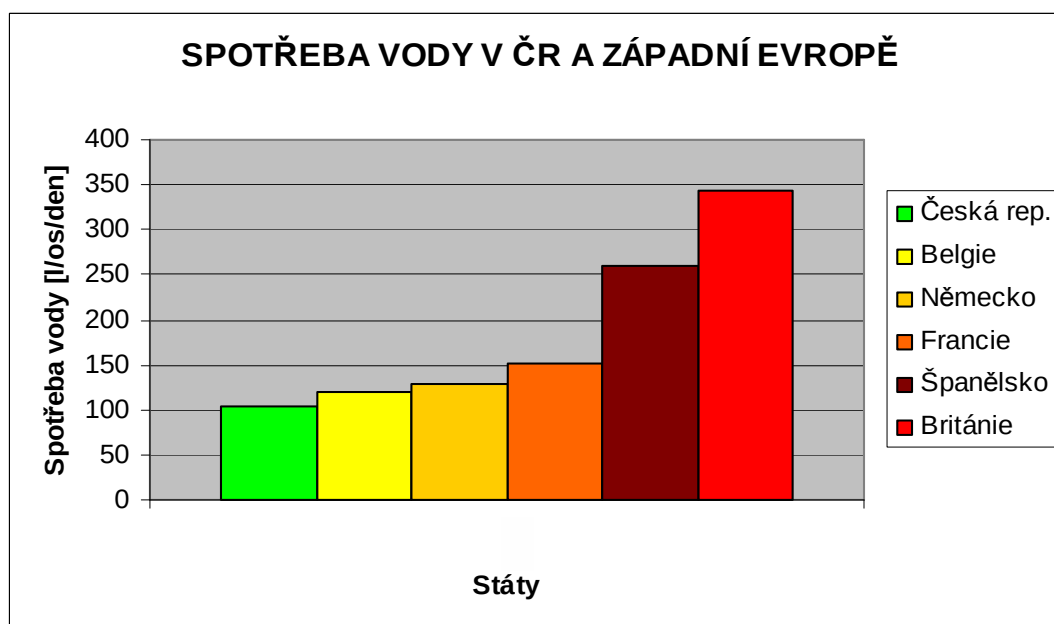
2 SPOTŘEBA VODY V ČR, EVROPĚ A VE SVĚTĚ

2.1 SPOTŘEBA VODY V ČR A EVROPĚ

Nedostatek pitné vody se stává globálním problémem lidské populace na Zemi. Dostupnost pitné vody, její čištění, úprava vody, která musí odpovídat hygienickým normám zvyšuje její cenu. Cena pitné vody se každým rokem zvyšuje z důvodu stále nákladnějších položek na její dostatečnou a hygienickou úpravu. Z těchto důvodů je proto nutné zamezit plýtvání pitnou vodou. V České republice činí průměrná spotřeba pitné vody na jednoho obyvatele okolo 100-110 litrů na osobu a den. Ve srovnání se spotřebou pitné vody v západní Evropě jsme pod evropským průměrem.

Spotřeba vody v ČR měla od roku 1989 výrazně klesající tendenci. Dnešní spotřeba v ČR představuje cca 60 % úrovně přelomu 80. a 90. let. V posledních letech u domácností spotřeba opět mírně stoupá. Děje se tak v důsledku napojování dalších odběratelů na vodovody. Odběry se ale dál snižují v průmyslu, kde se omezuje výroba a nové továrny jsou ve spotřebě vody maximálně úsporné. Podobný trend lze pozorovat například také v Polsku a na Slovensku. Za západní Evropou ČR – co se týče spotřeby – výrazně zaostává. [20]

Mezi evropskými zeměmi se vodou nejméně šetří ve Velké Británii. Zde činí denní spotřeba vody v přepočtu na obyvatele 343 l. Poměrně vysoká spotřeba je rovněž ve Španělsku, kde denně proteče 265 l vody na obyvatele. U následujících zemí – Francie, Portugalska, Maďarska či Finska – je již spotřeba poměrně vyrovnaná mezi 150 – 160 l. Na opačném pólu žebříčku spotřeby vody se kromě ČR a Slovenska, kde se spotřebuje 109 l na obyvatele, nacházejí převážně pobaltské státy. [20]



Obr. 2 Spotřeba vody v ČR a západní Evropě

2.2 SPOTŘEBA VODY VE SVĚTĚ

Ve světě patří mezi největší spotřebitele vody USA a Austrálie, nejméně vody v přepočtu na obyvatele zužitkují v Indii. Bohatší státy s deficitem vody řeší problém odsolováním mořské vody. Typickým příkladem je Kuvajt, který je na odsolenou mořskou vodu plně odkázán. V poslední době se řeší problém nedostatku vody její recyklací. Nejvíce zkušeností s touto technologií má Izrael. Recyklovaná voda se již běžně používá v USA, Británii, Austrálii a Singapuru. Uvedené technologie jsou sice v praxi realizovatelné, vyžadují však značné, zejména energetické a investiční náklady a vedou k výraznému zvýšení nákladů na zemědělskou produkci. [20]

2.2.1 Trend spotřeby vody ve světě

Podle světové rady pro vodu se odhaduje, že do roku 2015 vzroste počet obyvatel postižených nedostatkem vody na 3,5 miliardy. Spotřeba vody s přírůstkem světové populace paralelně vzrůstá. Od roku 1940 do roku 2006 se spotřeba vody na zemi zvýšila čtyřikrát. [20]

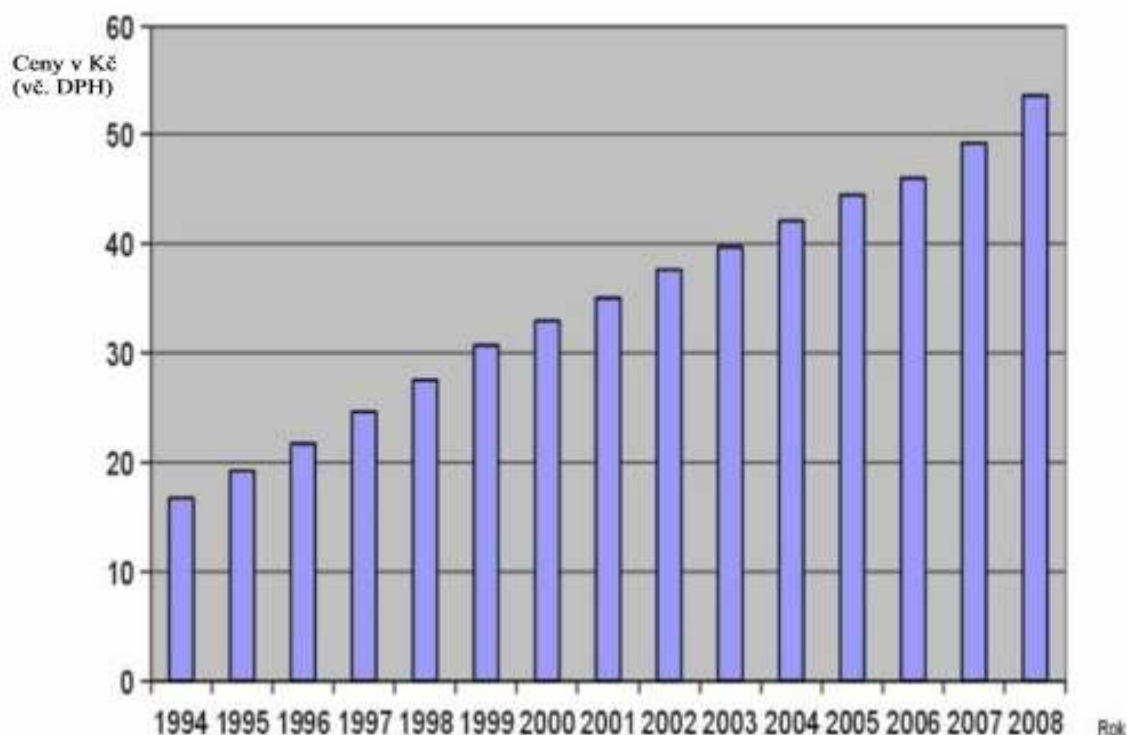
2.2.2 Cena vody v České republice

Nutno podotknout, že spotřeba pitné vody se v České republice stále snižuje a v některých oblastech i městech dosahuje hodnoty 80 litrů na osobu a den, což Světová zdravotnická organizace (World Health Organization) považuje za hygienické minimum. Ceny vody se v jednotlivých městech a obcích České republiky liší. V současné době se cena za 1m³ pohybuje v průměru okolo 64,59 Kč. Cena se dělí na dvě části, vodné a stočné. Vodné je platba za odebranou vodu a její distribuci (dodávku) a stočné je platba za odvedení odpadní vody a její čištění.

„Během tří až pěti let by cena vodného a stočného měla dosáhnout úrovně 100 korun za m³, poté poroste pouze o inflaci, případně o nárůst dní a poplatků“, konstatoval František Barák, předseda představenstva SOVAK ČR (Sdružení vodovodů a kanalizací ČR), které je pořadatelem mezinárodní výstavy VODOVODY-KANALIZACE. [21]

Za vodu se v Česku platí stále výrazně méně než v západní Evropě. Asi 80 % nákladů tuzemských vodárenských společností se však již pohybuje na západní úrovni. Je však dobré mít na paměti, že ČR na rozdíl od jiných zemí stále naplňuje princip doporučený Světovou zdravotnickou organizací a Světovou bankou, který upozorňuje na to, že ceny vodného a stočného by měly zůstat sociálně únosné. V praxi to znamená, že výdaje

domácností za vodu nesmějí překračovat 2 procenta jejich hrubého příjmu.[20]



Obr. 3 Růst ceny vody v ČR za 1m³ [22]

Dostupnost pitné vody a dobrá kanalizační síť je jedním z hlavních faktorů zdraví národa. Na různé činnosti v domácnosti jsou kladeny rozdílné nároky na kvalitu vody. Pitná voda musí být použita tam, kde vodu používáme např. k vaření, mytí nádobí, pití a tělesné hygieně. Ostatní úkony spojeny se spotřebou vody nevyžadují, aby voda byla pitná. Zejména se jedná o splachování WC, praní prádla, zalévání zahrady, mytí automobilu aj. [23]

2.3 ALTERNATIVA PITNÉ VODY

Alternativou pitné vody je využití dalších zdrojů, jako jsou např. dešťové vody a nebo vody šedé. Šedé a dešťové vody se po nutné úpravě mohou využít jako voda provozní, na závlahy, a tím se přispívá k šetření pitné vody.

3 ŠEDÁ VODA

3.1 VZNIK ŠEDÉ VODY

V současné době v České republice neexistuje žádná jasná a jednotná definice pro šedé vody, protože neexistuje příslušná norma. Využít se může evropské normy 12056-1, která definuje šedé vody, jako mírně znečištěnou odpadní vodu, získanou ze sprchovacího koutu, vany, umyvadla, pračky a kuchyňského dřezu [3]. Voda z kuchyňského dřezu se příliš nedoporučuje, protože obsahuje značné množství tuků a organického odpadu v podobě zbytků jídla. Není však jasné řečeno, že se tato voda použít nemůže. Vycházet můžeme i z Britské normy BS 8525-1:2010, která podrobně popisuje šedé vody, jejich sběr, druhy systémů šedých vod a jak lze vypočítat množství vyprodukované šedé vody v domácnostech a spotřebu upravené šedé vody (bílé vody) ze vzorců.

Šedé vody se využívají ke snížení spotřeby pitné vody v budovách, a tím se přispívá k ochraně životního prostředí a ke snížení nákladů na spotřebu vody v domácnostech a firmách. Opětovné využití šedé vody má za důsledek dvojí využití vody. Produkuje se méně odpadu, což vede k dalším ekologickým a ekonomickým faktorům. Vzhledem k relativně nízkému znečištění šedé vody a malému úsilí k jejich vyčištění, jsou šedé vody užitečným prostředkem pro úsporu vody a velmi účinný způsob snižování finančních nákladů na pitnou vodu. [3]

Množství vyprodukované šedé vody lze vypočítat s pomocí tabulky s průměrnými hodnotami spotřeby pitné vody ze sprchy, vany, umyvadla, myčky a kuchyňského dřezu. Průměrné hodnoty vynásobíme počtem osob žijících v rodinném domě.

Tab. 1 Průměrná spotřeba pitné vody u jednotlivých zařízení a jejich cena [4]

Činnost	Spotřeba v litrech (přibližně)	Cena v Kč (přibližně)
Koupel ve vaně	100 – 150	6,8 – 10,2
Sprchování	30 – 80	2 – 5,4
Mytí nádobí v myčce	10 – 30	0,68 – 2
Mytí nádobí v dřezu	15 – 40	1 – 2,72
Mytí nádobí pod tekoucí vodou	20 – 70	1,36 – 4,75
Praní v pračce	40 – 90	2,72 – 6,11
Mytí rukou	3	0,20

Dalším způsobem pro výpočet množství vyprodukované šedé vody v rodinném domě může být použití vzorce, který je obsažen v normě BS 8525-1:2010. Vzorec je:

Produkce šedých vod v litrech: [l]

$$Y_G = n \left(\sum \left[\{S U_S\} + \{B U_b\} + \{(H_{wb} U_{hwb}) + F_{wb}\} + \left\{ \left(\frac{W}{L} \right) U_{wm} \right\} \right] \right)$$

Kde:

n= počet osob žijících v domě

S= průměrný průtok ze sprchy v litrech za minutu [l/min]

Us= typický koeficient spotřeby vody pro sprchy

B= objem vany k přepadu (bez osob) v litrech [l]

Ub= typický koeficient spotřeby pro vany

Hwb= průměrná hodnota průtoku z kohoutků v litrech za minutu [l/min]

Uhwb= typický koeficient spotřeby pro umyvadla

Fwb= stanoven tok z kohoutku při plnění tlakových nádob v litrech [l]

W= spotřeba vody pračky na prací cyklus v litrech [l]

L= maximální náplň prádla doporučená výrobcem v kilogramech [kg]

Uwm= typický koeficient spotřeby vody pro pračku

Kde:

S= 5 l/min pro nízký průtok nebo elektrickou sprchu, 12 l/min pro normální sprchu, 15 l/min vysoké průtoky sprchy

Us= 5,60 pouze pro sprchy, 4,37 tam, kde je i vana

Ub= 0,5 pouze pro koupelnu s vanou, 0,11 tam, kde je také sprcha

Hwb= 5 l/min až 15 l/min

Uhwb= 1,58

Fwb= 1,58 l na osobu za den

W= od 30 l do 60 l

L= od 4 kg do 10 kg

Uwm= 2,1

[1]

3.2 KVALITA ŠEDÝCH VOD

Chemicko-fyzikální vlastnosti šedých vod.

1) Teplota, pH

U komunálních vod se pH pohybuje v rozmezí 7 až 8, u vod šedých s podílem vod z praní je pH 9,3–10, u šedých vod z koupelen a kuchyní je pH 5–8,6, tedy spíše kyselé nebo mírně zásadité. Podobné hodnoty pH má i neseparovaná šedá voda.

Teplota šedých vod z praček kolísá mezi 28 až 32 °C, z van, sprch a umyvadel mezi 18 až 38 °C, neboť pro hygienické účely je používána teplá voda. Následkem vyšší teploty však dochází k rozvoji mikroorganismů. [2]

2) Zákal, plovoucí látky

Co se týká barvy a zákalu šedých vod, jsou tyto hodnoty o něco vyšší u vod z koupelen, než u vod z praček. Naopak šedé vody z praček vykazují vyšší množství plovoucích látek (např. vlákna) než vody z van, sprch a umyvadel (vlasy). Největší množství plovoucích látek lze zaznamenat u šedých vod z kuchyní a myček (viz tabulka 1). Je to tím, že se zde vyskytují zbytky jídla. Koloidy a plovoucí látky pak mohou být příčinou problémů při úpravě šedých vod. [2]

Tab. 2 Množství plovoucích látek v šedých vodách [2]

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky
Plovoucí látky [mg/l]	79–280	7–120	134–1 300

3) Chemická a biochemická spotřeba kyslíku

V tabulce č.2 jsou uvedeny hodnoty CHSK a BSK₅, jejichž poměr je zpravidla 4:1. To ukazuje na vyšší podíl hůře odbouratelných organických látek. V klasických komunálních vodách je poměr obvykle 2:1. [2]

Tab. 3 Hodnoty BSK₅ a CHSK v šedých vodách [2]

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky	Neseparovaná šedá voda
BSK ₅ [mg/l]	48–682	19–200	669–756	41–194
CHSK[mg/l]	375	64–8 000	26–1 600	495–623

Lze konstatovat, že nejméně zatížené jsou vody ze sprch a mytí. Vody z kuchyní jsou díky vyšším obsahům zbytků hodně zatížené. Na základě těchto poznatků lze pak šedou

vodu dělit na vhodnou pro recyklaci a podmíněně použitelnou pro recyklaci. Vhodná, tedy použitelná, je voda z umyvadel, van a sprch, podmíněně použitelná pak voda z kuchyňských dřezů a myček nádobí. Úpravou šedých vod vhodných k recyklaci lze získat kvalitní hygienicky nezávadnou užitkovou vodu. Taková voda je pak nazývána bílou vodou a nachází uplatnění při splachování toalet, zalévání či praní. Je to krok, který vede ke snížení spotřeby pitné vody k těmto účelům. [2]

Kvalita vody bude pravděpodobně kolísat podle toho, jak lidé různými způsoby používají vany a sprchy. Po použití povrchově aktivních látek tak šedé vody podléhají různé úrovni znečištění. Sledování kvality vody by mělo být provedeno před zahájením jakékoliv údržby. Pokud je to možné, měl by být systém šedých vod vypuštěn a propláchnut čistou vodou, aby se snížilo riziko kontaminace personálu, který údržbu zajišťuje. [2]

3.3 ZAJIŠTĚNÍ KVALITY ŠEDÝCH VOD

Na čištění šedé vody jsou různé technické postupy. Technologie se velmi liší ve své složitosti, velikosti, výkonu a kvalitě zpracování. Jsou zde zádržné systémy, fyzikální systémy, chemické systémy, biologické a bio-mechanické systémy. [1]

a) Systémy opakovaného použití (bez použité úpravy):

Tyto systémy používají jednoduché zařízení ke sběru šedých vod od spotřebitelů a dodávají ji přímo do místa použití, bez úpravy a s minimální nebo žádnou dobou zdržení, např. přepínací ventil. [1]

POZNÁMKA 1: Šedé vody bez jakéhokoli čištění je možné znovu použít za předpokladu, že není vyžadována delší doba zdržení. Pokud se kvalita neupravené šedé vody rychle zhorší, je třeba zadržené šedé vody v ideálním případě znovu využít, jakmile se ochladí.

POZNÁMKA 2: Kde není součástí systému žádná úprava šedé vody, jsou aplikace omezeny na podpovrchové zavlažování a bezpostřikové aplikace. [1]

b) Systémy s krátkou dobou zdržení:

Tyto systémy používají velmi jednoduchou úpravu nebo filtrační techniku, jako je stírání nečistot z povrchu zadržných šedých vod a je umožněno usazení částic na dně nádrže. Vyčištěné šedé vody by neměly být zadržovány po delší dobu, aby nevznikal zápach a problémy s kvalitou vody. [1]

c) Základní systémy fyzikální/chemické:

Tyto systémy využívají filtraci pro odstranění nečistot ze zadržených šedých vod ještě před akumulací, zatímco chemické dezinfekční přípravky (např. chlor nebo brom) jsou obvykle používány k zastavení růstu bakterií během akumulace. [1]

d) Biologické systémy:

Tyto systémy používají aerobní nebo anaerobní bakterie, které jsou schopny trávit jakýkoli nežádoucí organický materiál v zadržených šedých vodách. V případě aerobního čištění vod mohou být použity k provzdušňování vody dmychadla nebo vodní rostliny. [1]

e) Bio-mechanické systémy:

Tyto systémy jsou nejvyspělejší pro opětovné využívání šedých vod v domácnostech. Kombinují biologické a fyzikální čištění, např. odstranění organické hmoty mikrobiálními kulturami a pevných částic usazováním. Bakteriální aktivita v zadržených šedých vodách je podporována vháněním kyslíku. [1]

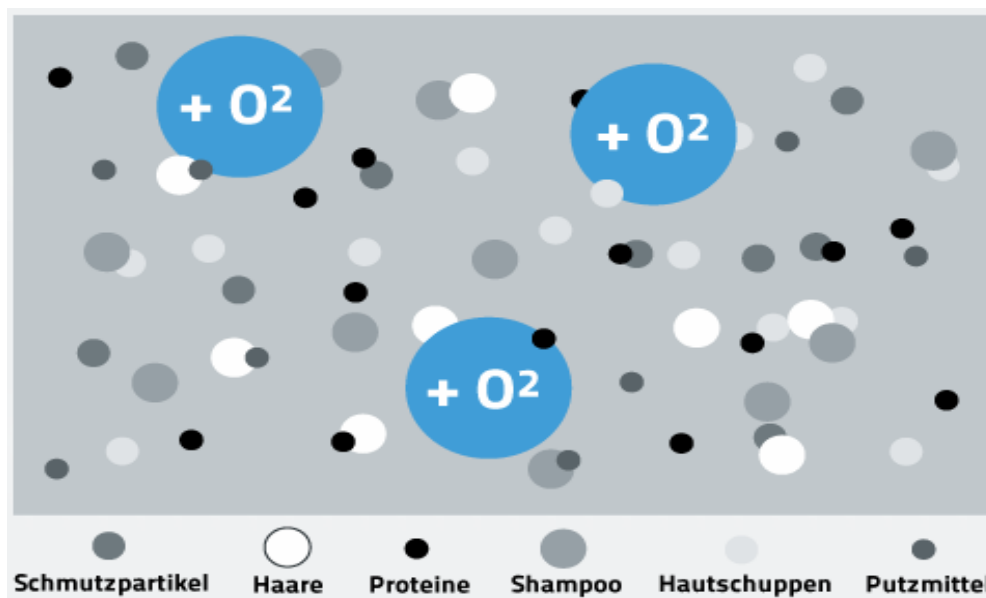
Srovnávací studie ukázaly, že vynikající čistící výkon má membránový bioreaktor (MBR), v současné době nejlepší technologie pro recyklaci šedé vody. Akumulační nádrže se systémy s technologií MBR mají navíc výhodu, že mají malé rozměry a zajišťují, že vlastnosti vyčištěné šedé vody odpovídají hygienickým požadavkům evropské směrnice.[3]

Čištění šedých vody pomocí technologie MBR: Membránový bioreaktor je určen pro čištění šedé vody ze sprch, van a umyvadel. Odpad z kuchyňského dřezu by měl být připojen na předúpravu kvůli obsahu tuků. Technologie zajišťuje bariérový efekt ponořené kazety s ultrafiltrační membránou o velikosti pórů 0.00005 mm. Bezpečně a úplně odstraňuje jakékoliv nečistoty, kompletní bakteriální a virové odstranění až na hodnotu 99,99%. Takto vyčištěná voda se doporučujeme pro opětovné využití například splachování toalet, čistící potřeby, mytí aut a zavlažování. [3]

Pro vyčištění šedých vod můžeme použít i kombinace mikroorganismů a následné oddělení membránovou filtrací. Systém iWater připravuje šedou vodu ve dvou krocích:

3.3.1 Biologické systémy

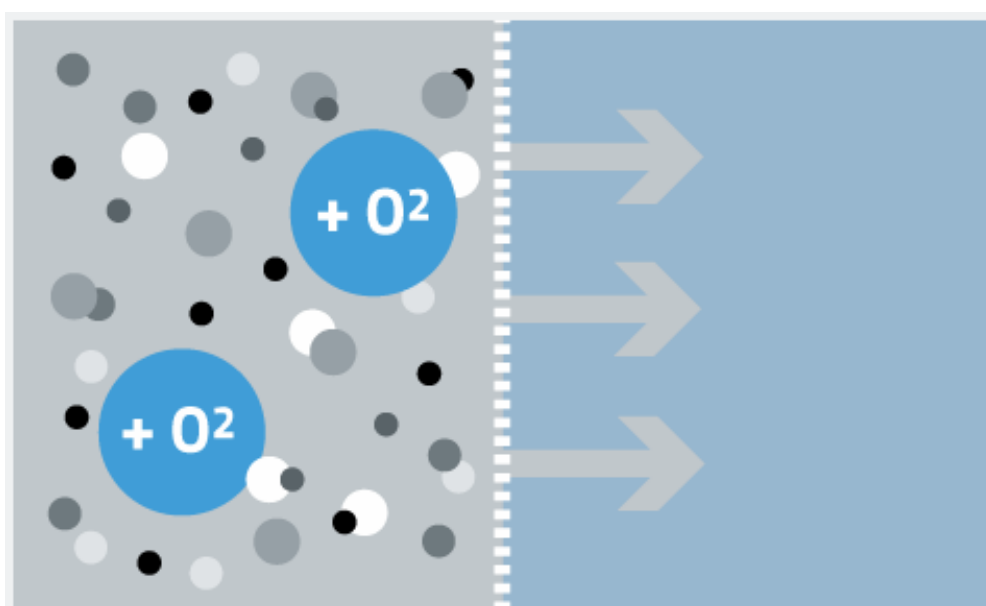
Biologické čištění pomocí obohacování šedé vody kyslíkem. Mikrobiologie se specifickými čistícími aerobními bakteriemi, které vybudují biologicky rozložitelných obsah. [13]



Obr. 4 Obohacování šedé vody kyslíkem [13]

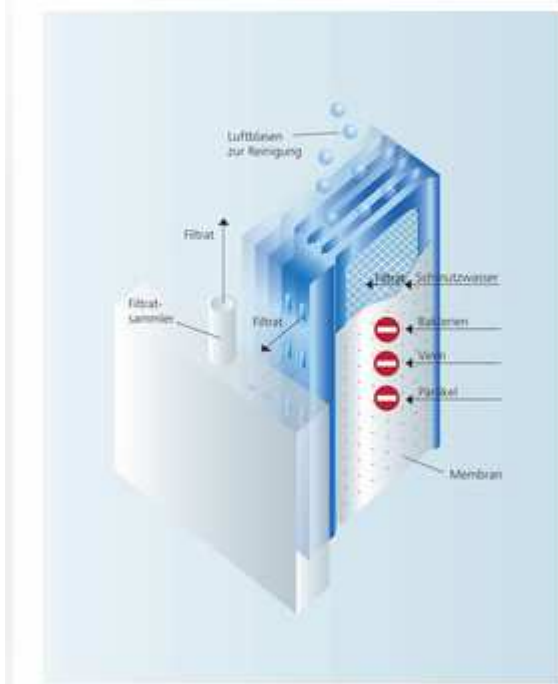
3.3.2 Membránová filtrace

Je oddělení mikrobiologicky vyčištěné vody pomocí procesu membránové filtrace vody. Viry, znečišťující látky a bakterie jsou odděleny. [13]



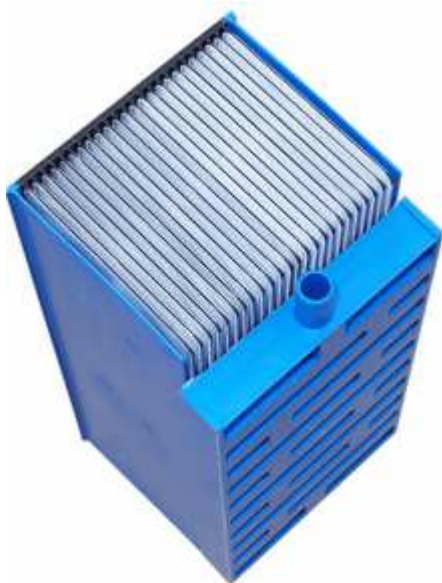
Obr. 5 Filtrace šedé vody přes membránu [13]

Membránová filtrace



Obr. 6 Membránová filtrace [15]

Membrána Mircro-Clear s velikostí pórů 0,00005 mm zaručuje úplné zadržení nečistot. Bakterie, které mají 0,001 mm nemohou přes membránu projít. MicroClear filtrační modul se skládá z 30 jednotlivých filtračních sáčků. Filtrační desky jsou vyrobeny z plastu. Spojení membrány a filtrační desky je pomocí speciálně vyvinutého a patentovaného laserového svařování. Pro kompletní filtr jsou jednotlivé sáčky naskládány, laserově svařeny a s filtrační vanou spojeny. [15]



Obr. 7 Membrána Mircro-Clear [15]



Obr. 8 Membrána Mircro-Clear [15]

Zamýšlené použití šedých vod by mělo být zváženo za účelem zjištění, zda je nutná filtrace nebo úprava a která metoda, např. fyzikální, chemická nebo biologická.

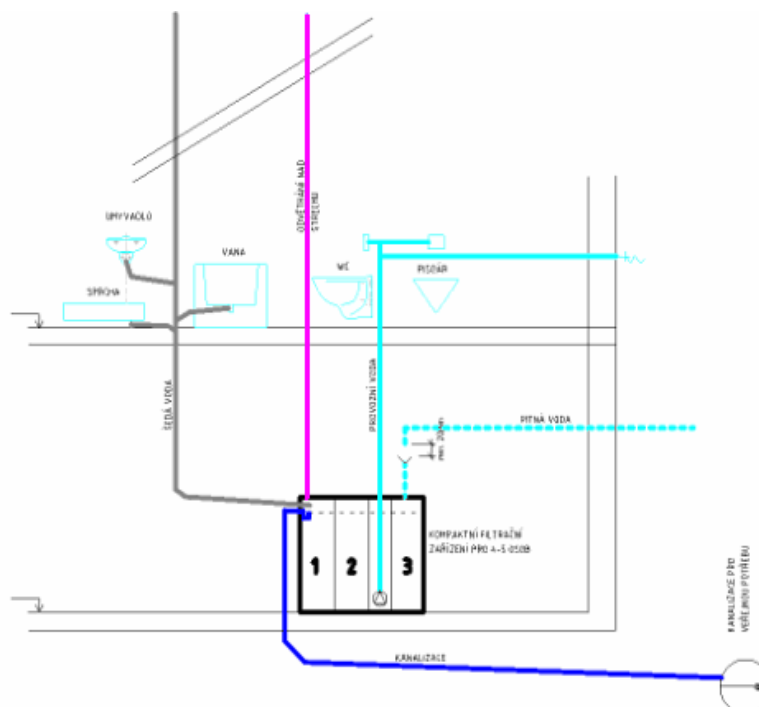
Šedé vody by měly být upravovány v míře potřebné pro splnění požadavků na kvalitu vody (hygienické důvody). Po volbě stupně filtrace nebo čištění, by měly být také zváženy aspekty udržitelnosti a dopad na životní prostředí s cílem určit nejvhodnější typ filtrace nebo úpravy. [1]

Typy filtrace nebo úpravy mohou zahrnovat jeden nebo více z následujících akcí:

- a) sedimentace / flotace, např. dosazovací nádrže
- b) filtrace velkých částic
- c) mechanicky jemná filtrace, např. membrány, biologické čištění, např. provzdušnění
- d) chemické ošetření / dezinfekce, např. chlórem
- e) dezinfekce ultrafialovým zářením (UV). [1]

3.4 AKUMULACE ŠEDÉ VODY

Předčištěná voda je akumulována v zásobníku. Šedou vodu je nutné uchovávat tak, aby nedocházelo k růstu mikroorganismů. Nejlepší varianta umístění zásobníku na šedou vodu je v zemi, kde je nízká teplota a málo světla. Z hygienických důvodů není vhodné akumulovat vodu v zásobníku příliš dlouho. Další, ale méně vhodnou variantou je umístění zásobníku v suterénu objektu, kde nesmí teplota překročit 17° C a je třeba co nejvíce zabránit vniknutí světla z důvodu pomalejšího růstu mikroorganismů. [5]



Obr. 9 Sestava zařízení na šedou vodu pro RD (4-5 osob) a instalaci v suterénu [5]
1- hrubá filtrace, 2 - biologicko-mechanické čištění, 3 - ultrafialové záření

Hrubou filtrací jsou odstraněny hrubé nečistoty jako vlasy a vlákna. Nečistoty jsou odváděny do kanalizace. Voda poté vstupuje do první fáze biologického čištění. Zde mikroorganismy za podpory kyslíku rozkládají nežádoucí bakterie. Po určitém časovém intervalu se tento proces opakuje. Dále se nechají částice sedimentovat a odvádějí se kanalizací pryč. V posledním kroku voda protéká UV lampou, která vodu dočistí. Takto upravená voda odpovídá kvalitě ke koupání. [5]

3.5 AKUMULAČNÍ NÁDRŽE NA ŠEDOU VODU

3.5.1 Možnosti instalace

Umístění akumulací čistící nádrže na šedou vodu může být uvnitř i venku objektu. Při instalaci v interiéru, obvykle v suterénu, garáži nebo servisních místnostech jsou polyethylenové kontejnery dodávány připravené a s veškerým vybavením. Mohou být tedy instalovány přímo na místě. Akumulace je složena v závislosti na vypočteném výkonu dvou až tří plastových nádrží. Obvykle se předpokládá zpracovací kapacita až na 1000 litrů za den. [14]

Venkovní instalace je také možná pro všechny velikosti systému. Opět je zde systém se dvěma až třemi polyethylenovými nádržemi, které jsou montovány přímo na místě. Řídicí systém je instalován v suterénu nebo v samostatné části technologie. Celý systém lze monitorovat a upravit řízení procesu. [14]

Vnitřní instalace: - všechny technologie umístěny na jednom místě,
- malé rozměry systému,
- snadná údržba,
- instalace bez zásahu do zdiva mimo potřeby,
- pouze nezbytné stavební práce.

Venkovní instalace: - šetří místo, protože nádrže leží mimo oblast domu,
- nízké tepelné ztráty instalací v zemi,
- lze umístit i velké systémy. [14]

3.5.2 Domácí systémy na šedou vodu



Obr. 10 Vnitřní systém iClear 200 S [14]

Systém pro instalaci v suterénu, integrovaný ve dvou kontejnerech z polyethylenu. Technologie čištění šedé vody probíhá mikrobiologicky a membránovou filtrací. Přívod vzduchu zajišťuje větrací deska, která dodává vzduch mikroorganismům. Filtrace je přes 30 jednotlivých filtračních desek. Membrána zachycuje bakterie velikosti nad 0,001 mm. Zařízení je tvořeno nádrží na 750 litrů pro biologické čištění a membránovou filtraci. Druhá o objemu 500 litrů slouží pro akumulaci vyčištěné vody. V nádrži je umístěno ponorné čerpadlo iDive, které má ochranné zařízení proti chodu na prázdko. [14]



Obr. 11 Vnitřní systém iClear 200 L [14]

Úprava až 200 litrů za den. Systém pro instalaci v suterénu, integrovaný ve dvou kontejnerech z polyethylenu. Rozměry: 170x150x70 cm. Technologie čištění modulu je mikrobiologické čištění a membránová filtrace. Větrací deska dodává vzduch mikroorganismům pro kontinuální čištění membrány a tím prodlužuje její životnost. Filtrační modul obsahuje 30 filtračních desek. Membrána zachycuje bakterie velikosti nad 0,001mm. Zařízení je včetně automatického čerpadla. [14]



System víceetupňové úpravy vody. Množství upravené vody činí až 500 litrů za den. Nádrže jsou z polyethylenu určené pro venkovní, podzemní umístění. Každý z kontejnerů má objem 900 litrů. Technologie čištění je biologické s membránovou filtrací. Přívod vzduchu zajišťuje větrací deska. Filtrační modul obsahuje 30 filtračních desek. Membrána zachycuje bakterie velikosti nad 0,001 mm. Zařízení je včetně automatického čerpadla. [14]

Obr. 12 Venkovní systém PowerClear 500 terra [14]



Kontejnerový systém z polyethylenu pro uložení do země s několika komorami. Nádrže jsou o objemu 1000 litrů. Mrazuvzdorná instalace, lze zpřístupnit pomocí šachty. Technologie modulu je mikrobiologické čištění s membránovou filtrací. Větrací deska dodává vzduch mikroorganismům pro kontinuální čištění membrány a tím prodlužuje její životnost. Nádrže obsahují snímače hladiny pro ovládání systému. Vzduchové čerpadlo je umístěno na stěně nádrže. V nádrži je umístěno ponorné čerpadlo iDive, které má ochranné zařízení proti chodu na prázdko. [14]

Obr. 13 Venkovní systém PowerClear 1000 terra [14]

3.5.3 Požadavky na kvalitu bílé vody

Současné vědecké studie ukázaly cíle jakosti vyčištěných šedých vod (bílé vody), pro bezproblémové použití. [12]

Splachování toalet: Hygienické požadavky na splachování toalet, jsou na základě směrnice EU o vodě ke koupání. Tím je zajištěno, že neexistuje žádné zdravotní riziko spojené s hygienou, kontaktem nebo požitím. Požadavky na kvalitu vody určenou pro splachování toalet jsou uvedeny v následující tabulce. [12]

Tab. 4 Požadavky na jakost vody pro splachování toalet [12]

Parametr	Provozní voda
BSK ₅	5 mg / l
NH ₄ -N	0,5 mg / l
NO ₃ -N	50 mg / l
NO ₂ -N	0,5 mg / l
Hodnota pH	6,5 až 9,5
Kyslíková saturace	50%
Celkem koliformní bakterie	<100/ml
Fekální koliformní bakterie	<10/ml
Pseudomonas aeruginosa	<1/ml

Zdroje: Evropská komise o vodě ke koupání směrnice 2006/7/ES

Praní prádla: Hygienické požadavky na praní prádla jsou opět stanoveny na základě směrnice EU o vodě ke koupání. Požadavky na kvalitu vody určenou pro praní prádla jsou uvedeny v následující tabulce. [12]

Tab. 5 Požadavky na kvalitu vody pro praní prádla [12]

Parametr	Provozní voda
BSK ₅	5 mg / l
NH ₄ -N	0,5 mg / l
NO ₃ -N	50 mg / l
NO ₂ -N	0,5 mg / l
Hodnota pH	6,5 až 9,5

Kyslíková saturace	50%
Celkem koliformní bakterie	<100/ml
Fekální koliformní bakterie	<10/ml
Pseudomonas aeruginosa	<1/ml

Zdroje: Evropská komise o vodě ke koupání směrnice 2006/7/ES

3.6 ZPĚTNÉ VYUŽITÍ ŠEDÉ VODY

Vyčištěná šedá voda (bílá voda) se dá využívat k účelům, kde nepotřebujeme pitnou vodu. Vzhledem k rostoucímu trendu ceny pitné vody se využití šedých vod stává ekonomicky výhodné. Bílou vodu můžeme využít například u splachování toalet, praní prádla, zavlažování zahrady, mytí automobilu, kropení chodníku, čištění podlah, aj.

Je doporučeno, aby zdržení vyčištěných šedých vod bylo minimalizováno na potřebnou dobu, než budou okamžitě využity. Obecně je považováno za dostatečné zdržení rovnající se spotřebě za jeden den.[1] To znamená, že vypočtená produkce šedé vody by se měla rovnat spotřebě šedé vody za jeden den.

Poptávka šedé vody v litrech:

$$C = n \left(\sum [\{ V_{WC} U_{sf} \} + \{ V_{FWC} U_{Ff} + V_{PWC} U_{Pf} \} + \left\{ \left(\frac{W}{L} U_{wm} R_{WM} \right) \right\}] \right)$$

Kde:

n= počet osob žijících v domě

V_{wc}= splachovací objem pro plné spláchnutí

U_{sf}= koeficient pro plné spláchnutí

V_{FWC}= objem plného spláchnutí pro dvojí splachování WC

U_{Ff}= koeficient plného spláchnutí pro dvojí splachování

V_{pwc}= část splachovacího objemu pro dvojí splachování WC

U_{pf}= koeficient částečného spláchnutí pro dvojí

W= spotřeba vody pračky na prací cyklus v litrech [l]

L= maximální suchá náplň doporučená výrobcem v kilogramech [kg]

U_{wm}= použití koeficientu

R_{WM}= podíl vody pro pračky, kde je využita užitková voda

Kde:

U_{sf}= 4,42

U_{Ff}= 1,46

$U_{pf} = 2,96$

$W = \text{od } 30 \text{ l do } 60 \text{ l}$

$L = \text{od } 4 \text{ kg do } 10 \text{ kg}$

$U_{wm} = 2,1$

$R_{WM} = 1$

[1]

Zavést systém využití šedých vod v budovách je vhodné nejen u budov nově vznikajících, ale také při rekonstrukci budov. Je však nutné spočítat si rentabilitu využití šedé vody v rámci konkrétní budovy. [2]

V současné době je využití šedých vod v naší republice teprve na samém počátku, zatímco v některých státech EU se touto problematikou již široce zabývají. Opětovné využívání šedých vod je dnes již technologicky možné a ekonomicky odůvodnitelné, zbývá jen vyjasnit všechny právní aspekty a zajistit přijatelnost takového využívání veřejností. [2]

Vzhledem k tomu, že šedá voda není vodou pitnou a nedá použít k pití a k úkonům, kde potřebujeme pitnou vodu např. vaření, osobní hygiena, měl by být zdroj šedé vody označen symbolem nepitné vody obr. č.14.



Obr. 14 Značení na místech používání nepitné vody [1]

3.7 RECYKLACE TEPLA Z ŠEDÝCH VOD V BUDOVÁCH

Odebírání tepla z odpadní vody můžeme provádět buď lokálně nebo centrálně. O volbě, kterou metodu použít rozhoduje průtok odpadní vody. Pro menší aplikace a rodinné domy je investičně zajímavější lokální rekuperace tepla, která reaguje na aktuální spotřebu. U větších aplikací je možno odpadní vodu akumulovat, odebrat z ní potřebné teplo a až po té jí vypustit do stokové sítě nebo na čistírnu odpadních vod. Teplota je různá a závislá na mnoha faktorech, jako je návštěvnost zařízení, směnovitost provozu atd. Přesto využití energie z těchto vod stojí za zvážení. Nejvhodnější se jeví individuální posouzení každého objektu. U rodinných domů se průměrný objem vyprodukované šedé vody pohybuje mezi 55 – 112 l/EO na den. Teplota vody je vyšší než teplota běžných komunálních vod. Pohybuje se mezi 18 – 35 °C. Pokud jsou tyto vody vypouštěny do stokové sítě mají pozitivní vliv na čistící proces na stávajících čistírnách odpadních vod, protože v zimě zlepšují čistící proces. Při dnešních cenách energií jsou provozovatelé nuceni snižovat provozní náklady a tím udržitelnost provozu. Recyklace tepla ze šedých vod je jedním ze způsobů jak snížit náklady na ohřev TUV (teplá užitková voda), provozní teplé vody, popřípadě na vytápění objektu. Ačkoliv je toto téma v ČR stále ještě na okraji pozornosti, jsou již realizovány první aplikace ať už na znovu využití vody nebo na rekuperaci tepla. [16]

3.7.1 Lokální systémy

Lokální systémy rekuperace tepla jsou založeny na principu odebírání tepla z odtékající vody, která předehřívá studenou vodu do sprch nebo jiných aplikací. Existují opět dva druhy aplikací, a to:

- předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu,
- předehřev studené vody do zásobníku TUV.

Obě řešení odebírání tepla jsou vhodná pro rodinné domy a menší provozy. [16]

Lokální systémy – předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu

Výhodou tohoto zapojení je, že předehříváme vodu vždy, když je spotřeba. Časová prodleva, od které je předehřívá voda k dispozici, je závislá na délce potrubí a umístění tepelného výměníku. Teplota předehřívá vody se pohybuje kolem 20 °C. Tuto vodu lze přímo napojit do okruhu sprch nebo umyvadel. Toto opatření má za následek snížení spotřeby teplé užitkové vody. Ve směšovací baterii tak smícháváme menší poměr teplé vody ku studené vodě. Tento systém má větší účinnost než předehřívá vody do zásobníku TUV, protože je umístěn blíže směšovací baterii a nedochází ke ztrátám. [16]



Výměníky jsou umístěny naležato pod každou ze sprch (sprchový kout se zvýší o 10 cm nahoru). Výhoda tohoto opatření spočívá v tom, že se stává aktivním v případě použití samotné sprchy. Při průtoku odpadní vody ze sprchy se předává teplo ve výměníku vodě studené, která nejdříve prochází tímto výměníkem a až poté do samotné směšovací sprchové baterie. Systém se stává aktivní již po 10 sekundách sprchování a garantovaný přehřev je z 10 °C na 20 °C. [17]

Obr. 15 Malý koupelnový výměník SAKAL [17]

Lokální systémy – přehřev studené vody do zásobníku TUV

Druhou možností je přehřátou vodu vést do zásobníku teplé užitkové vody, kde se pak dohřívá na příslušnou požadovanou teplotu. Tady se dá s výhodou použít stratifikace vody do zásobníku, to znamená teplotu odvádět do místa ve výměníku, které má příslušnou teplotu. Tento systém je investičně náročnější a má menší účinnost než výše popsaný systém. [16]

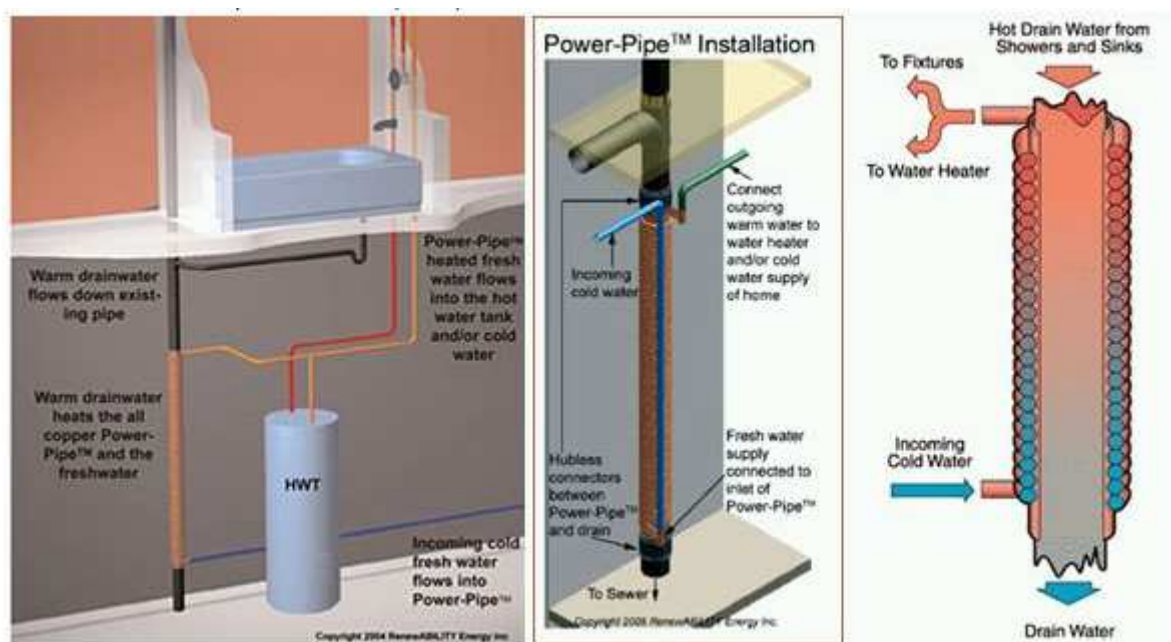
Lokální systémy jsou vhodnější pro rodinné domy, kde je průtok vody menší a zároveň investice jsou daleko menší než u centrálních systémů. Je to dáno jednoduchou konstrukcí těchto výměníků. U novostaveb je zabudování výměníků velice jednoduché i investičně zajímavější. Při návrhu používáme počítačové modelování, u kterého je možno dostatečně vyladit tvar a ideální velikost teplosměnné plochy. [16]

3.8 ZAŘÍZENÍ NA ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA Z ODPADNÍ VODY

3.8.1 Rekuperační výměník tepla na svodném potrubí

Toto opatření je založeno na principu zpětného získávání tepla z potrubí odpadní šedé vody. Odpadní svodné potrubí ze sprch, umyvadel, dřezů, myček a praček je obmotáno měděným výměníkem tepla do kterého vstupuje studená voda z řadu o teplotě cca 10 °C. Šedá voda, která má teplotu cca 30 °C, předá své teplo na vnitřním povrchu této vodě. Systémy zapojení jsou různé. V některých případech je tato přehřátá voda propojena s okruhem studené vody do sprch a umyvadel přes trojcestné ventily – ve směšovací baterii tak smícháváme menší poměr teplé vody ku studené. Druhá varianta je založena na principu přehřátí studené vody před samotným zásobníkem teplé vody. Tato varianta je však pravděpodobně méně účinná, protože nedochází k předání tepla z šedé vody do studené v době kdy ho potřebujeme a naopak. Rekuperační výměník tepla „DFX pipe“

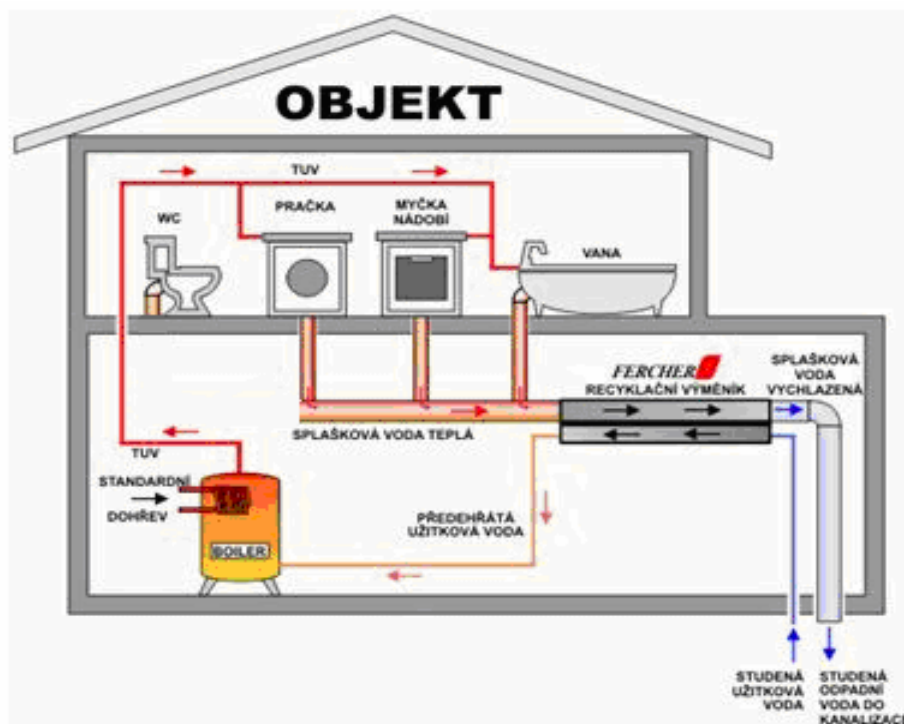
Lze umístit na každou ze svislých stoupaček šedé vody nebo v přízemí objektu svést všechny svody do jednoho a umístit DFX na ležaté potrubí. Tím je garantováno větší množství předané energie šedou vodou (větší četnost). Naopak se zvyšuje pravděpodobnost, že šedá voda bude ztrácet po své trase teplo a v suterénu nebude mít již garantovanou teplotu vody 30 °C. Tím se snižuje účinnost daného opatření. [17]



Obr. 16 Aplikace GFX výměníků [17]



Obr. 17 Realizace výměníku v RD [17]



Obr. 18 Využití tepla z šedé odpadní vody systémem Fercher [17]

3.8.2 Centrální jímka šedé vody jako zdroj pro tepelné čerpadlo voda-voda

Pro dostatečně velký objekt, který bude produkovat velké množství odpadní „šedé“ vody je možno instalovat jímku na šedou vodu jako zdroj tepla pro tepelné čerpadlo. Jedním z úskalí tohoto opatření je, že nemůžeme splaškovou vodu ochladit pod bod mrazu. Pokud bychom nechali tepelnému čerpadlu odebírat teplo z „šedé“ vody bez kontroly teploty tak se může stát, že jímka zamrzne. Teplo s jímky se tedy odebírá jen při požadovaném průtoku a při požadované „cílové“ teplotě. Při překročení limitní teploty musíme tepelnému čerpadlu umožnit odebírat teplo z jiného zdroje (např. vrt). Popřípadě kombinovat tepelné čerpadlo s jiným zdrojem tepla. [17]

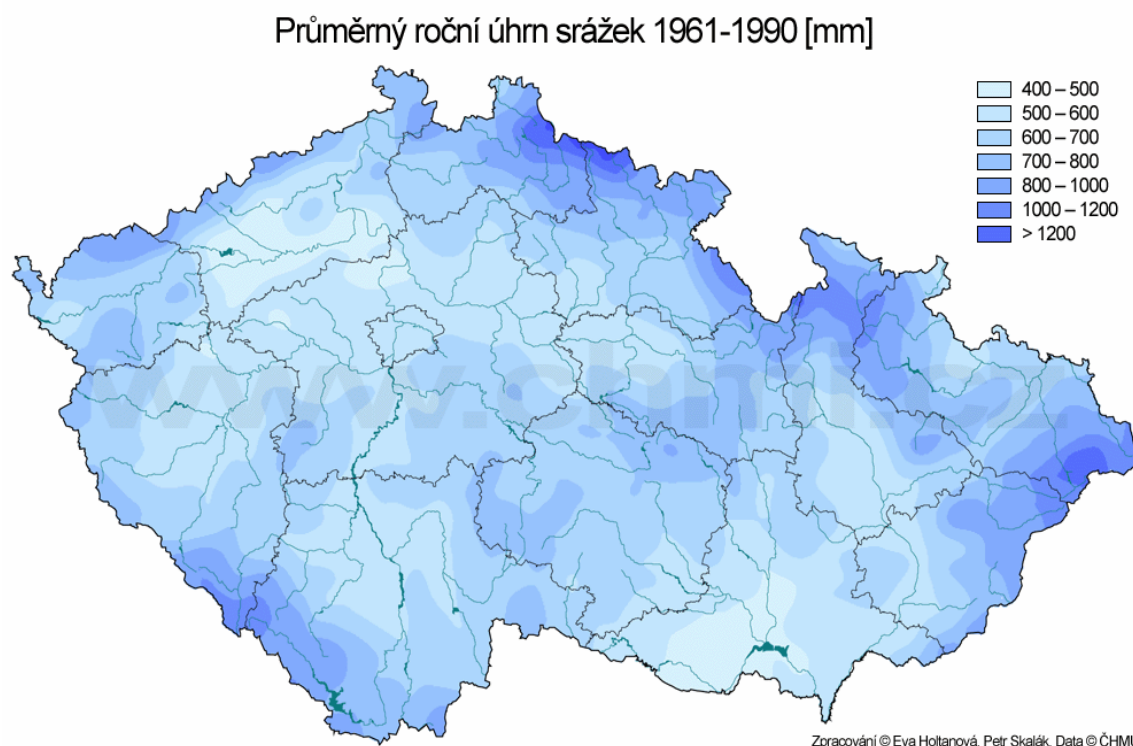


Obr. 19 Tepelné čerpadlo PZP typ voda - voda [17]

4 DEŠŤOVÁ VODA

4.1 VZNIK DEŠŤOVÝCH SRÁŽEK

Dešťové srážky jsou jedním z nejdůležitějších procesů na Zemi. Zajišťují plynulý hydrologický cyklus mezi pevninou a oceány. Odpařující se voda z oceánů, ale také z ostatních vodních ploch, z pevniny i z rostlin stoupá ve formě vodní páry s teplejším vzduchem, který je lehčí vzhůru. Samotný vzduch obsahuje prach, pyl, soli a jiné mikroskopické části, z nichž se stávají tzv. kondenzační jádra a molekuly vodní páry se na nich srážejí. V tropech se tak vytvářejí kapky vody a ve středních a vyšších zeměpisných šířkách vznikají krystalky ledu. Tyto krystalky se zvětšují, dokud je výstupný proud teplého vzduchu dokáže udržet. Z oblaku, který se kondenzací vodní páry z těchto krystalků vytváří, pak padají jako déšť. Vodní kapky mají průměr 0,5 – 7 mm a nejčastěji jsou ve velikosti 1 – 2 mm. Množství dešťových srážek se vyjadřuje v milimetrech, přičemž vrstva vody o tloušťce 1 mm na 1 m² odpovídá 1 litru vody. [6]



Obr. 20 Průměrný roční úhrn srážek v ČR [7]

Na mapce průměrných srážkových úhrnů můžeme vidět oblasti s častějšími úhrny srážek, ale také oblasti, které patří mezi nejsušší v České republice. Oblasti s častějším výskytem dešťů jsou zejména hornaté lokality, které jsou označeny tmavě modrou barvou. Patří zde Krkonoše, Jeseníky, Beskydy a Šumava. Intenzita srážkových úhrnů zde dosahuje i více jak 1200 mm za rok.

Oblasti s menším výskytem dešťů jsou například závětrné oblasti Krušných hor, ale také jižní Morava v okolí Brna. Zde intenzita srážkových úhrnů dosahuje hodnoty mezi 400-500 mm za rok.

4.2 KVALITA DEŠŤOVÝCH VOD

Dá se říci, že dešťová voda je relativně bez nečistot kromě těch, které déšť strhl z prostředí. Kvalita dešťové vody se může zhoršit při sběru, skladování a použití v domácnosti. Naváté nečistoty, listí, trus od ptáků, zvířat a hmyzu na sběrné ploše (střeše) dešťové vody mohou být zdrojem kontaminace. Tato znečištění mohou vést ke zdravotním rizikům od kontaminované vody. Je však možno toto riziko minimalizovat, a to dobře navrženými systémy využívání dešťové vody s čistým povodím a akumulací nádržemi, podporované dobrou hygienou v místě použití. Zatímco špatně navržené a řízené systémy mohou znamenat vysoké zdravotní riziko. [8]

4.2.1 Mikrobiální kontaminace dešťové vody

V dešťové vodě můžeme nalézt bakterie typu *Escherichia coli*, koliformní bakterie a enterokoky. Ty jsou docela běžné, zvláště ve vzorcích odebraných krátce po dešti. Dále to jsou: Patogeny, jako je *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Campylobacter*, *Vibrio*, *Salmonella*, *Shigella* a *Pseudomonas*.

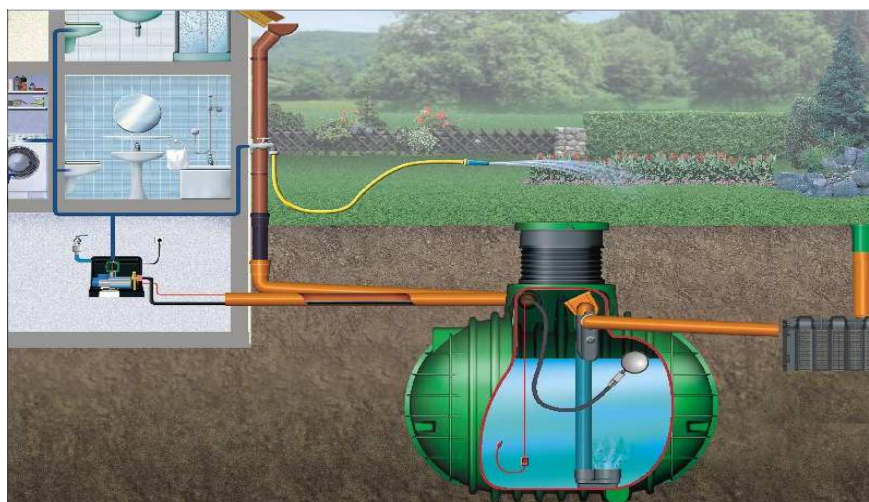
Vyšší koncentrace mikroorganismů se běžně vyskytují v první vlně dešťové vody a úroveň kontaminace se snižuje během trvání deště. Významné snížení mikrobiální kontaminace v období dešťů můžeme docílit umytí sběrné plochy čistou dešťovou vodou z akumulací nádrže. [8]

Dešťová voda je mírně kyselá s velmi nízkým obsahem rozpuštěných minerálních látek. Dešťová voda může rozpouštět těžké kovy a jiné nečistoty z materiálů, které jsou na povodí a ve skladovací nádrži. Ve většině případů jsou chemické koncentrace dešťové vody v přijatelných mezích, ale zvýšené množství zinku a olova jsou občas hlášeny. To by mohlo být z vyluhování kovových střeš, skladovacích nádrží nebo ze znečištění ovzduší. Dešťová voda nemá minerální látky jako jsou vápník a hořčík. Absence těchto minerálních látek znamená, že dešťová voda je měkká. [8]

Povodí a akumulací nádrže by měly být vhodné pro použití ve styku s pitnou vodou a neměly by být toxické pro člověka. Dešťová voda může být sbírána za použití střechy a dalšími nadzemními plochami. Střecha je spojena se žlaby a okapy, které dopravují dešťovou vodu do zásobníku. Kvalita dešťové vody je přímo úměrná čistotě povodí, okapů a skladovacích nádrží. [8]

Střešní plochy obsahují prach, organické hmoty, listy, ptačí a zvířecí výkaly, které mohou kontaminovat zadržené vody a způsobit nahromadění sedimentů v nádrži. Pravidelná čištění povodí ploch a okapů by měla být provedena, aby se minimalizovalo hromadění nečistot. Kovové mřížky nebo vstupní filtry by měly být umístěny nad horními svody, aby se zabránilo průchodu listů a jiných zbytků ze svodů do akumulace. Mřížky a filtry by měly být pravidelně čištěny, aby se zabránilo ucpání. První příval dešťové vody nese většinu znečištění do akumulace. Systém by měl být z tohoto důvodu schopen odklonit první kontaminovaný proud dešťové vody ze střechy. Některá zařízení a osvědčené postupy jsou k dispozici k odvrácení první dešťové vlny. Mohou to být např. automatická zařízení, která brání prvním 20-25 l nejznečištěnější dešťové vody vtoku do akumulace. Pokud nemáme automatické shromažďovače, jsou k dispozici ručně odnímatelné trubky, které mají stejný výsledek. [8]

I s těmito opatřeními v místě akumulace bude zásobník vyžadovat pravidelné čištění a odstranění usazenin. Dále mohou akumulární nádrže představovat hnízdiště komárů. Zásobník na dešťovou vodu by měl být chráněn proti vniknutí drobného hmyzu a také proti vniknutí slunečního záření, které by způsobovalo růst řas. Z toho důvodu je nejlépe nádrž umístit do země. [8]



Obr. 21 Monolitická plastová nádrž na akumulaci dešťové vody z PE [9]

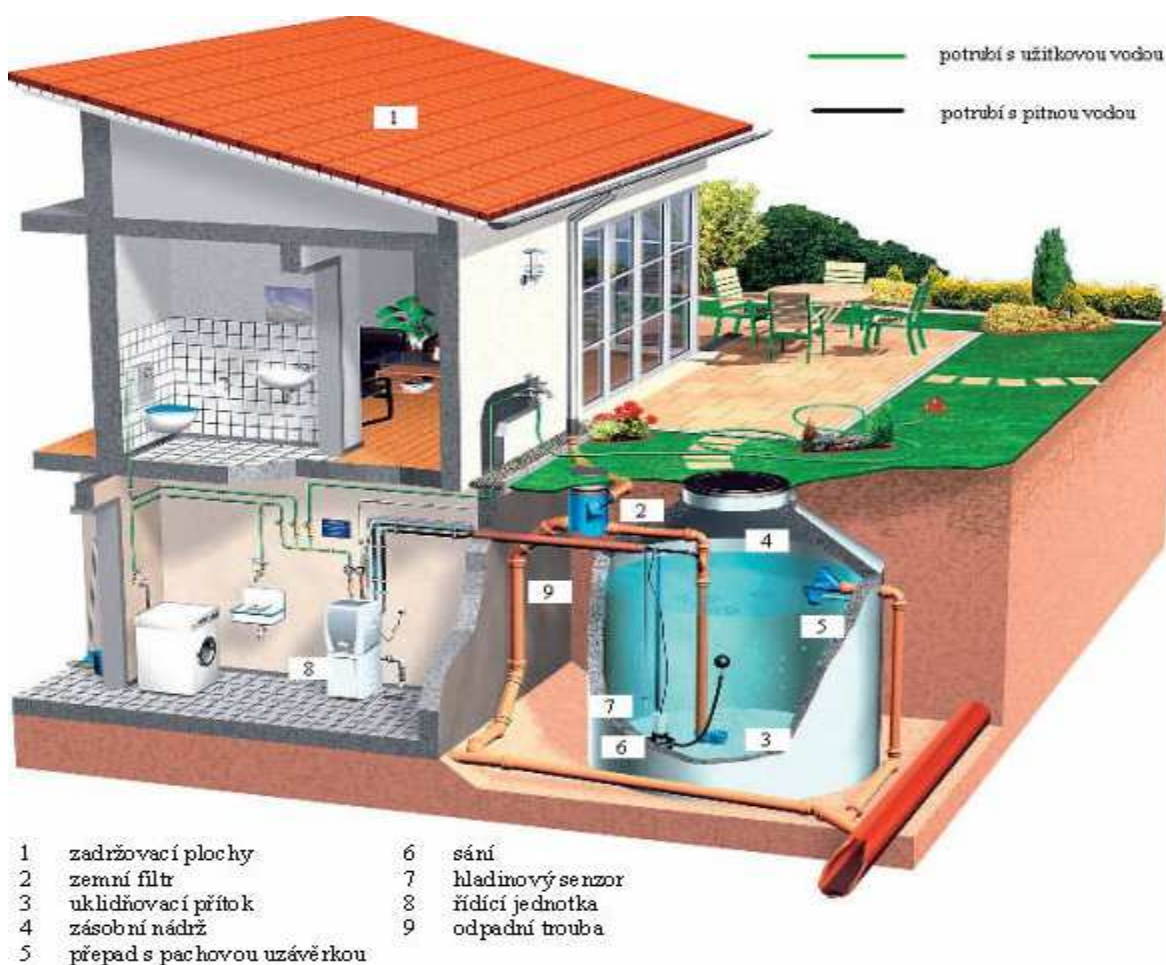
4.2.2 Ověření mikrobiální kvality dešťové vody

Mikrobiální kvalitu dešťové vody je třeba sledovat v rámci ověřování. Dešťová voda podobně jako všechny vody, by měla být vyšetřena na *Escherichia coli*, koliformní bakterie, enterokoky a *Pseudomonas aeruginosa*. Ověření by se mělo týkat také kovů olova, zinku a jiných těžkých kovů, pokud je dešťová voda v kontaktu s kovovými povrchy během odběru nebo skladování. [8]

4.3 ZAŘÍZENÍ NA AKUMULACI DEŠŤOVÝCH VOD

4.3.1 Popis funkce

Dešťová voda stékající ze střechy okapovými svody se přivádí sběrným potrubím do zemního filtru. Nečistoty se zbytkovou vodou se odvádějí potrubím do kanalizace nebo k zasakování. Přes nerezové síto filtru přepadá čistá voda, která se přivádí potrubím do nátokového hrdla nádrže ukončeného uklidňujícím prvkem, který zabraňuje víření spodního sedimentu v nádrži. Voda ze sifonového přepadu při přeplnění nádrže odtéká přes zpětnou klapku potrubím do kanalizace nebo do vhodného zasakovacího objektu. Odběr vody z nádrže sacím potrubím je zajištěn sací soupravou, která odebírá pouze čistou vodu pod horní hladinou v nádrži. Čerpací zařízení - vodárna je součástí automatické doplňovací jednotky s řídicí jednotkou, která v případě nedostatku dešťové vody v nádrži přepne pomocí hladinového spínače odbírání vody z vodovodního řadu při splnění normy ČSN EN 1717 (v systému není přímé propojení mezi rozvodem užitkové dešťové vody a rozvodem pitné vody). Z automatické doplňovací jednotky je voda potrubím výtaku dopravována k využití. [10]



Obr. 22 Příklad technického zařízení pro užívání dešťové vody [10]

4.4 ZÁSObNÍ NÁDRŽE

Zásobník může být nadzemní nebo podzemní. Velikost zásobníku se řídí velikostí střešní plochy nebo předpokládanou spotřebou dešťových vod (vždy se volí menší z obou velikostí). Nádrž je vybavena přítokem a bezpečnostním přepadem.

Materiálové provedení nádrže se odvíjí od její velikosti a umístění. Používají se nádrže:

- plastové
- betonové
- sklolaminátové [10]

Je-li k dispozici dostatek manipulačního prostoru, vycházejí cenově nejvýhodněji monolitické betonové jímky. Existují speciální válcové plastové jímky, které jsou již z výroby uzpůsobeny na instalaci filtračního systému a mají předpřipraveny všechny potřebné otvory. Do betonových a laminátových jímek je všechny prostupy nutno většinou dodělat při instalaci. [10]

4.4.1 Plastové nádrže

Plastové nádrže jsou vyráběné nejčastěji z polyethylénu, polypropylenu nebo pro umístění do země z plastu zesíleného skelnými vlákny. Výhodou těchto zásobníků je odolnost proti korozi, malá hmotnost, využití prostoru variabilním složením - uspořádáním, volba výšky nádrže podle výšky prostoru, jednoduchá montáž a údržba. Plastové nádrže mohou být bežešvé nebo svařované, válcové nebo pravoúhlé, samonosné, nebo určené k obetonování. Jímky se osazují na zhuťný štěrkový podklad (říční štěr - kačírky 16-32 mm) nebo se usazují na betonovou desku. V případě nebezpečí spodní nebo povrchové vody nebo usazení do snadno propustné zeminy se doporučuje jejich obetonování v síle 15 - 20 cm. [10] Plastových nádrží i výrobců je celá řada. Zde např:



Nádrž na dešťovou vodu COLUMBUS

Určena pro celoroční využívání dešťové vody ze střech 100 až 200 m² v domácnosti i v zahradě. Podzemní samonosné nádrže COLUMBUS® jsou monolitické konstrukce, vyrobené v rotačních formách z polyethylénu. Žebrová konstrukce bez jakýchkoliv svarů zaručuje statickou pevnost a těsnost, nádrže není třeba obetonovávat a s litinovým poklopem jsou pohyblivé osobními auty. Záruka 15 let. Objemy mohou být: 3700 l, 4500 l a 6500 l. [11]

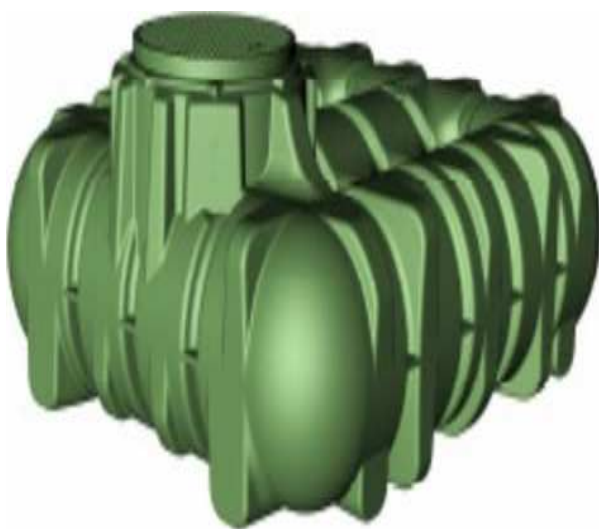
Obr. 23 Nádrž COLUMBUS [11]



Nádrž na dešťovou vodu CRISTALL

Určena pro využívání dešťové vody ze střech 50 až 100 m² v zahradě. Podzemní samonosné nádrže CRISTALL® jsou monolitické konstrukce a zaručují dokonalou statickou pevnost a těsnost, nádrže není třeba obetonovávat. Záruka 15 let. Objemy mohou být: 1600 l a 2650 l. [11]

Obr. 24 Nádrž CRISTALL [11]



Nádrž na dešťovou vodu LI-LO

Speciálně konstruovaná nádrž plochého tvaru určená k instalaci v problémových lokalitách, např. s vysokou hladinou spodní vody nebo se skalnatým podložím. Masivní konstrukce této samonosné nádrže na dešťovou vodu umožňuje velmi snadnou instalaci bez obetonování. V případě spodní vody je nutná instalace nádrže Li-Lo tak, aby její vrchní část byla min. 1 m pod povrchem země. Dodáváno ve velikostech 1600 l, 3000 l a 5000 l. [11]

Obr. 25 Nádrž LI-LO [11]



COLUMBUS-XL-nádrž, jímka, žumpa

Nádrž je využitelná nejen na dešťovou vodu, ale vzhledem ke svým rozměrům také jako jímka (žumpa) na odpadní vodu. K dispozici o objemech 8500 l a 10000 l. [11]

Obr. 26 Nádrž COLUMBUS-XL [11]

4.4.2 Betonové nádrže

Betonové nádrže mohou být prefabrikované a nebo vybetonovány přímo na místě. Jejich cena je nižší než u nádrží z plastů. Nevýhodou je ovšem nekompletní dodávka příslušenství a dodatečné sekání otvorů do nádrže, aby bylo možno vše propojit.

4.4.3 Sklolaminátové nádrže

Sklolaminátové nádrže nejsou příliš časté a nevýhodou je opět, jako u betonových dodatečná tvorba otvorů pro správnou funkci nádrže a propojení zařízení.

4.5 ZPĚTNÉ VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ VODY

Při praní prádla, splachování, zalévání či údržbě, lze s výhodou využít vodu srážkovou, což v souhrnu činí přibližně **50 % spotřeby vody** jednoho obyvatele za den, kde není nutné používat pitnou vodu. [23]

Dešťová voda oproti vodě z vodovodu je mnohem měkkší a lze ji využívat pro všechny činnosti v domě, které nevyžadují hygienicky nezávadnou pitnou vodu.

Užitková voda se odpradávná používá na praní prádla. Díky měkké vodě spotřebujeme i méně pracího prášku. Ušetříme také za změkčovačla a nemusíme se obávat vodního kamene. Výrobce praček Miele dokonce vytvořil programy, které kombinují pitnou a užitkovou vodu. Pro počáteční prací cykly je využívána užitková voda a teprve v závěrečném cyklu je prádlo vymácháno ve vodě pitné. Úspory se tak mimo spotřebu vody dotýkají ještě snížené spotřeby pracích prostředků a snížení opotřebení pračky. [23]

Voda z vodovodu obsahuje vyšší podíl solí vápníku a hořčíku, které způsobují různé stupně tvrdosti vody, které se posuzují dle stupnice.

Tab. 6 Stupnice tvrdosti vody [23]

Stupnice tvrdosti vody	obsah solí Mg a Ca v [mmol/l]
velmi měkká	0 – 0,7 mmol/l
měkká	0,7 – 1,3 mmol/l
středně tvrdá	1,3 – 2,1 mmol/l
dosti tvrdá	2,1 – 3,2 mmol/l
tvrdá	3,2 – 5,3 mmol/l
velmi tvrdá	>5,3 mmol/l

Obsah solí způsobujících tvrdost vody, tedy solí vápníku a hořčíku se měří v mmol/l. Můžeme se ale setkat s jednotkou tzv. stupeň německý: °N. Pro přepočítání z mmol/l na °N: 1 mmol/l = 5,6°. [23]

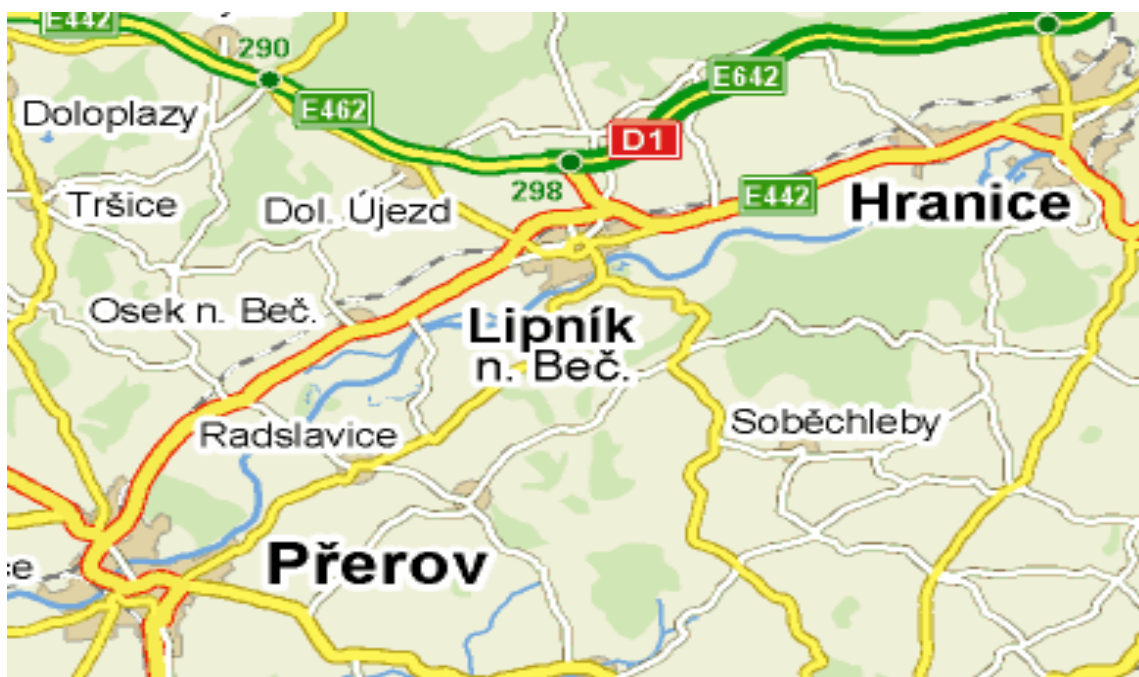
- Splachování toalety se společně s osobní hygienou podílí na největší spotřebě vody v domácnosti. Splachování toalet nevyžaduje vodu vysoké kvality, proto je dešťová voda vhodnější než voda pitná, čímž lze dosáhnout výrazných úspor. Splachováním toalety měkkou vodou nedochází k usazování vodního kamene.
- Užitkovou vodu využijeme v technickém zázemí - mytí aut, úklid, čištění.
- Zalévání zahrady, trávníků - Vegetaci prospívá zalévání dešťovou vodou více, než pitnou vodou. Měkká voda neobsahuje soli, minerální látky a chlór, které vegetaci neprospívají. Některé rostliny, aby neuhynuly, nesmíme zalévat pitnou vodou vůbec, například azalky, rododendrony, kanadské borůvky. [23]

5 PRAKTICKÁ ČÁST

5.1 POPIS LOKALITY

Praktická část bakalářské práce spočívala v odebrání vzorků šedé a dešťové vody, zpracování bilance spotřeby a produkce šedé a dešťové vody a v neposlední řadě stanovení možné úspory, při využití dostupných systémů. Současně se nechal zpracovat i rozbor vzorků ve Zdravotním ústavu se sídlem v Brně.

Vzorky šedé a dešťové vody byly odebrány v rodinném domě. Rodinný dům se nachází na ulici Smetanova v obci Lipník nad Bečvou, Olomoucký kraj.



Obr. 27 Lokalizace obce

Rodinný dům má půdorysnou obytnou plochu $94,6 \text{ m}^2$ v přízemí a $94,6 \text{ m}^2$ v prvním patře. Objekt je částečně podsklepen o ploše $18,2 \text{ m}^2$.

Stav počtu osob v rodinném domě se liší během týdne. Dvě osoby obývají dům stále a dvě další pouze o víkendu. To je dáno dojížděním za prací a školou na pracovní dny v týdnu.

Plocha střechy, která by se dala využít pro sběr dešťové vody je 89 m^2 s využitím střechy garáže a zahradních domků. Zájmový objekt je napojen na jednotnou stokovou soustavu, která je vedena středem komunikace před domem. Část dešťové vody stéká přímo do ulice, část do kanalizace v pozemku domu, kde jsou napojeny i odpady. Provozovatelem vodovodu a kanalizace je společnost VaK Přerov, a.s. Cenu pitné vody tvoří 39 Kč za vodné a 28 Kč za stočné. Celkem tedy 67 Kč za 1 m^3 vody. Průměrný úhrn

srážek je 550 mm/rok, nadmořská výška 233–246 m n.m. Objekt je vytápěn průtočným plynovým kotlem Viessmann, přičemž kotel slouží i pro ohřev pitné vody.



Obr. 28 Objekt, kde byly odebrány vzorky

Plánovaná úspora pitné vody je především z finančních důvodů. Cena pitné vody se každoročně zvyšuje, a to nepříznivě ovlivňuje rodinný rozpočet. Spotřeba pitné vody se dá omezit šetřením a instalováním šetřících zařízení. Za zmínku stojí dělené nádrže pro splachování toalety nebo úsporné baterie a perlátory. Bakalářská práce se zaměřuje i na využití šedých a dešťových vod, které také mohou přinést úsporu pitné vody. Nevýhodou ale mohou být vyšší náklady na pořízení těchto zařízení.

5.2 ODBĚR VZORKŮ ŠEDÉ VODY

Pro odběr vzorků šedé vody byly použity skleněné nádoby o objemu 500 ml, ze Zdravotního ústavu se sídlem v Brně. Na odběr vzorků byla dodána sterilní nádoba pro mikrobiologickou analýzu a nesterilní nádoba pro chemický rozbor.

Odběr vzorku byl proveden tak, že byl vytvořen reprezentativní vzorek šedých vod od umyvadla, vany, sprchy, pračky a kuchyňského dřezu. Množství šedé vody bylo spočítáno dle jednotlivých spotřeb vody u těchto zařízení. Množství spotřeby vody bylo bráno v úvahu za plného stavu osob v rodinném domě tj. 4 osoby. Předpoklad byl u každé osoby osobní hygiena, praní většího množství prádla a umytí nádobí v kuchyňském dřezu od všech osob. Napočítané hodnoty viz. tabulka:

Tab. 7 Vypočtené hodnoty odebraného množství šedé vody z jednotlivých zařízení

Zařízení	litry	suma l	Zastoupení v %	Přepočet na 500 ml
4x umyvadlo	3	12	2,84	14,22
2x vana	100	200	47,39	236,97
2x sprcha	50	100	23,70	118,48
2x pračka	40	80	18,96	94,79
2x kuchyňský dřez	15	30	7,11	35,55
SUMA:		422 l	100%	500 ml

Pro přesný odběr vypočteného množství šedé vody byly použity sterilní nádobky o objemu 50 ml, 200 ml a injekční stříkačka o objemu 10 ml, zakoupené v lékárně. Veškeré odběry byly vyfotografovány.

Při plnění nádob bylo dbáno na to, aby nádobka pro mikrobiologickou analýzu měla vzduchovou mezeru 4-5 cm od hrdla a nádobka pro chemický rozbor byla naplněna až po okraj s vytěsněním vzduchu. Čas odebrání, místo odebrání a typ vzorku byl zapsán do průvodky vzorků, která byla součástí odběrných nádob.



Obr. 29 Sterilní a nesterilní skleněné nádoby pro odběr vzorků šedé a dešťové vody

Sterilní nádoby byly opatřeny hliníkovou fólií. Sterilizace je provedena thiosíranem sodným.



Obr. 30 Sterilní nádoby zakoupené v lékárně pro přesný odběr jednotlivých vzorků

Nádoby byly ošetřeny sterilizační dávkou minimálně 25kGy.

První vzorek šedé vody byl odebrán z pračky. Výpustní hadici jsem odpojil a při vypouštění pračky jsem zachytil vypouštěnou vodu do sterilní nádoby.



Obr. 31 Odebrání vypouštěné vody z pračky do sterilní nádoby



Obr. 32 Odebrání vypouštěné vody z pračky do sterilní nádoby

Přesné odebrání vypočteného množství pomocí sterilní injekční stříkačky.



Obr. 33 Odebrání vzorku šedé vody z kuchyňského dřezu



Obr. 34 Odebrání vzorku šedé vody z umyvadla



Obr. 35 Odebrání vzorku šedé vody z vany



Obr. 36 Odebrání vzorku šedé vody ze sprchovacího koutu



Obr. 37 Naplněné odběrné láhve s reprezentativním vzorkem šedé vody

Láhev se vzorkem pro mikrobiologickou analýzu má vzduchovou mezeru dle risku 4-5cm od okraje hrdla. Láhev se vzorkem pro chemický rozbor je plně naplněna bez vzduchové mezery.

Dle pokynů obdržené ze Zdravotního ústavu musely být vzorky udržované při teplotě 4-5 °C (ledničková hodnota) a stáří vzorku pro analýzu nesmělo být delší než 24 hodin. Z těchto důvodů byly vzorky nashromážděny v neděli 6. 11. 2011 odpoledne cca ve 13.00 hodin. Vzorky byly nabrány v co nejkratším čase. Časový interval od nabrání prvního vzorku po nabrání posledního vzorku dosáhl hodnoty cca 10 min.

Převoz vzorků do Brna byl uskutečněn v polystyrenové přepravní tašce s chladícími kostkami pro zajištění chladného prostředí během převozu. Při příjezdu do Brna byly vzorky umístěny do lednice. Předání vzorků na analýzu do Zdravotního ústavu se sídlem v Brně se uskutečnilo následující den v pondělí 7. 11. 2011 v 10.00 hodin. Byla tedy dodržena 24 hodinová lhůta pro přepravu vzorku. Vzorky byly přineseny v přepravní tašce s chladícími kostkami pro dodržení předepsané převozní teploty.

Výsledky zpracované do odborného protokolu byly vyzvednuty osobně.



Obr. 38 Přeprava vzorků v polystyrenové přepravní tašce s chladicími kostkami

V protokolu, který byl zhotoven ze vzorků, jenž byly zachyceny v rodinném domě jsou hodnoty výsledkem reprezentativního vzorku. Reprezentativní vzorek byl udělán proto, že v akumulacím zařízení se všechny zdroje šedé vody smíchají.

Naměřené hodnoty ze Zdravotního ústavu se sídlem v Brně, zapsané do protokolu jsou tyto:

Tab. 8 Výsledky rozboru šedé vody

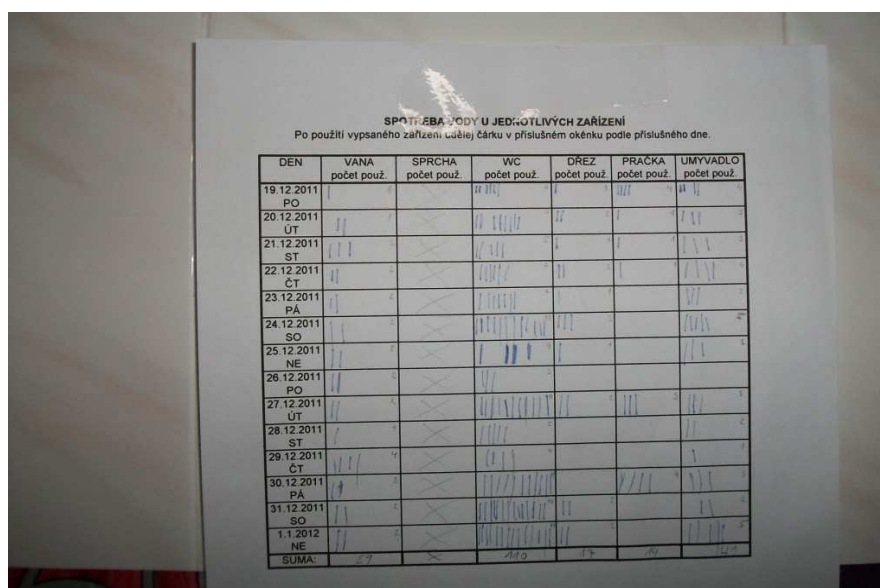
Výsledky zkoušení - chemické vyšetření					
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	TYP	Použitá metoda	Nejistota
BSK ₅	420	mg/l	A	SOP BM 005.01 (ČSN EN 1899-1,2)	±10%
dusík celkový	9,0	mg/l	A	SOP BM 006.03 (ČSN EN ISO 11905-1)	±8%
fosfor celkový	0,50	mg/l	A	SOP BM 007 (ČSN EN ISO 6878)	±8%
CHSK-Cr	865	mg/l	A	SOP BM 015 (ČSN ISO 6060)	±8%
NL (105°C)	146	mg/l	A	SOP BM 025 (ČSN EN 872)	±11%
pH	6,77		A	SOP BM 033 (ČSN ISO 10523)	±4%
tenzidy anionaktivní	12	mg/l	A	SOP BM 041 (ČSN EN 903)	±12%
teplota vzorku	19,8	°C	A	SOP BM 042 (ČSN 75 7342)	±10%
zákal	190	ZF(t)	A	SOP BM 044 (ČSN EN ISO 7027)	±8%

Výsledky zkoušení - mikrobiologické vyšetření					
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	TYP	Použitá metoda	Nejistota
Escherichia coli	2	KTJ/100ml	A	SOP BM 900 (ČSN EN ISO 9308-1)	37 %
enterokoky	10	KTJ/ml	A	SOP BM 907 (AHEM č. 7/2001)	27%
koliformní bakterie	0	KTJ/100ml	A	SOP BM 900 (ČSN EN ISO 9308-1)	-
Pseudomonas aeruginosa	0	KTJ/g	N	SOP BM 910 (ČSN EN 12780)	-

5.3 BILANCE ŠEDÝCH VOD

První bilance produkce a spotřeby šedé vody byla naměřena s pomocí obyvatel domu během vánočních svátků od 19. 12. 2011 do 1. 1. 2012. Během těchto 14 dnů se v dotazníku zaznamenávalo použití vypsanych zařízení. Bilance měla určit množství šedých vod při plném stavu osob žijících v rodinném domě. Použití vypsaneho zařízení bylo zaznamenáno čárkou do příslušného okénka dle příslušného dne.

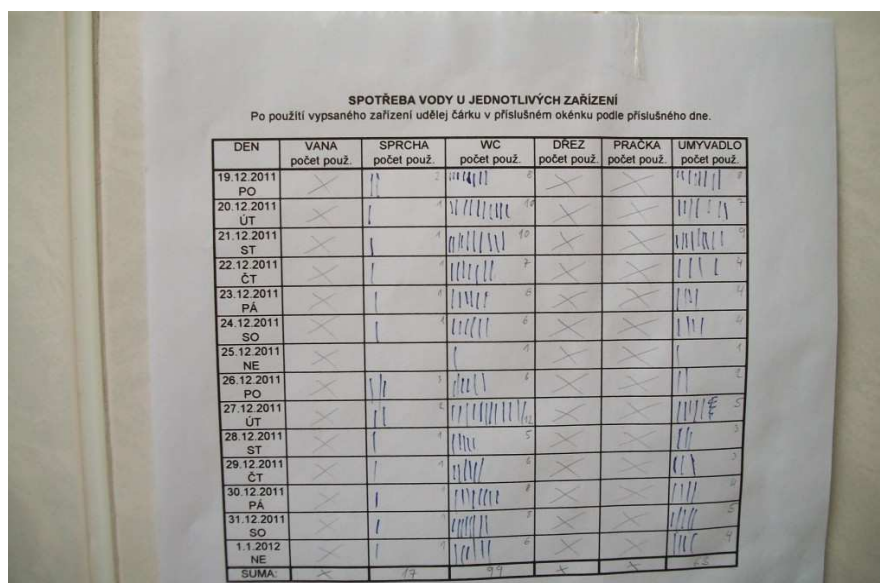
V rodinném domě se nacházejí 2 koupelny. První koupelna je v přízemí a je zde vana, toaleta, umyvadlo a pračka. Na dotazníku je uveden i kuchyňský dřez z kuchyně, která je ve vedlejší místnosti. Druhá koupelna je v prvním patře a je zde sprchový kout, toaleta a umyvadlo. Dotazníky byly vyplněny dva. V obou koupelnách byl umístěný samostatný dotazník.



SPOTŘEBA VODY U JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ
Po použití vypsaneho zařízení udělejte čárku v příslušném okénku podle příslušného dne.

DEN	VANA počet použ.	SPRCHA počet použ.	WC počet použ.	DŘEZ počet použ.	PRAČKA počet použ.	UMYVADLO počet použ.
19.12.2011 PO						
20.12.2011 ÚT						
21.12.2011 ST						
22.12.2011 ČT						
23.12.2011 PÁ						
24.12.2011 SO						
25.12.2011 NE						
26.12.2011 PO						
27.12.2011 ÚT						
28.12.2011 ST						
29.12.2011 ČT						
30.12.2011 PÁ						
31.12.2011 SO						
1.1.2012 NE						
SUMA	22		140	14	0	12

Obr. 39 Dotazník spotřeby vody u jednotlivých zařízení v přízemí



SPOTŘEBA VODY U JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ
Po použití vypsaneho zařízení udělejte čárku v příslušném okénku podle příslušného dne.

DEN	VANA počet použ.	SPRCHA počet použ.	WC počet použ.	DŘEZ počet použ.	PRAČKA počet použ.	UMYVADLO počet použ.
19.12.2011 PO						
20.12.2011 ÚT						
21.12.2011 ST						
22.12.2011 ČT						
23.12.2011 PÁ						
24.12.2011 SO						
25.12.2011 NE						
26.12.2011 PO						
27.12.2011 ÚT						
28.12.2011 ST						
29.12.2011 ČT						
30.12.2011 PÁ						
31.12.2011 SO						
1.1.2012 NE						
SUMA		14	99	4	0	55

Obr. 40 Dotazník spotřeby vody u jednotlivých zařízení v prvním patře

5.3.1 Zpracování dotazníků první bilance

Sumy jednotlivých použití na dotaznících byly sečteny a vyhodnoceny. Veškeré další hodnoty se průměrovaly na 4 osoby žijící v rodinném domě.

Tab. 9 Zpracování obou dotazníků od 19. 12. 2011 do 1. 1. 2012

SPOTŘEBA VODY U JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ						
Po použití vypsání zařízení udělej čárku v příslušném okénku podle příslušného dne.						
DEN	VANA počet použ.	SPRCHA počet použ.	WC počet použ.	DŘEZ počet použ.	PRAČKA počet použ.	UMYVADLO počet použ.
19.12.2011 PO	1	2	14	1	4	12
20.12.2011 ÚT	2	1	18	2	1	10
21.12.2011 ST	3	1	15	1	1	12
22.12.2011 ČT	2	1	13	2	1	8
23.12.2011 PÁ	2	1	13	1	0	7
24.12.2011 SO	2	1	18	3	0	9
25.12.2011 NE	2	0	5	1	0	4
26.12.2011 PO	2	3	9	0	0	2
27.12.2011 ÚT	2	2	23	2	3	8
28.12.2011 ST	1	1	10	0	0	5
29.12.2011 ČT	4	1	10	0	0	4
30.12.2011 PÁ	2	1	19	0	4	7
31.12.2011 SO	2	1	22	2	0	7
1.1.2012 NE	2	1	20	2	0	9
SUMA:	29	17	209	17	14	104
PRŮMĚR NA 1 DEN	2,1	1,2	14,9	1,2	1,0	7,4
PRŮMĚR NA 1 osobu			3,7			1,9

K uvedeným zařízením byly brány v úvahu průměrné spotřeby vody dle tabulky č.2: Průměrná spotřeba pitné vody u jednotlivých zařízení a jejich cena.

Hodnoty jsou: vana 100 l, sprcha 50 l, toaleta 10 l, kuchyňský dřez 15 l, pračka 40 l a umyvadlo 3 l. Vynásobením počtu použití zařízení a množstvím průměrné spotřeby vody byly získány hodnoty uvedeny v tabulce č.10 a č.11

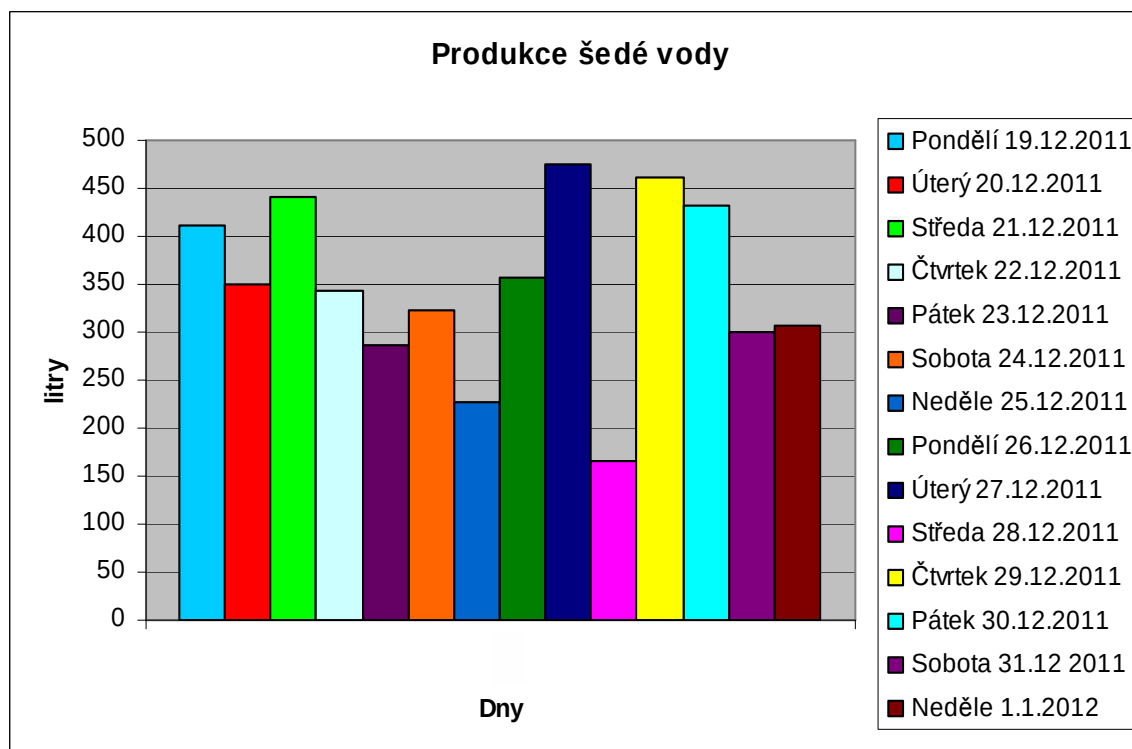
Vypočtené hodnoty v tabulce č.10 značně kolísají. Kolísavost je ovlivněna především použitím vany a sprchového koutu, které jsou největšími zdroji šedých vod. Průměrná produkce šedých vod během vánočních svátků činila **348 litrů** za den. V tabulce jsou vynásobeny hodnoty použití a zařízení, které produkují šedé vody. Jedná se o vanu, sprchový kout, kuchyňský dřez, umyvadlo a pračku.

Tab. 10 Vypočtené hodnoty produkce šedé vody z jednotlivých zařízení 19. 12.-1. 1.

PRODUKCE ŠEDÉ VODY V JEDNOTLIVÝCH DNECH

DEN	19.12. PO	20.12. ÚT	21.12. ST	22.12. ČT	23.12. PÁ	24.12. SO	25.12. NE	Průměr na den
LITRY	411	350	441	344	286	322	227	340

26.12. PO	27.12. ÚT	28.12. ST	29.12. ČT	30.12. PÁ	31.12. SO	1.1. NE	Průměr na den
356	474	165	462	431	301	307	357



Obr. 41 Produkce šedé vody během měřených dní 19. 12.-1. 1.

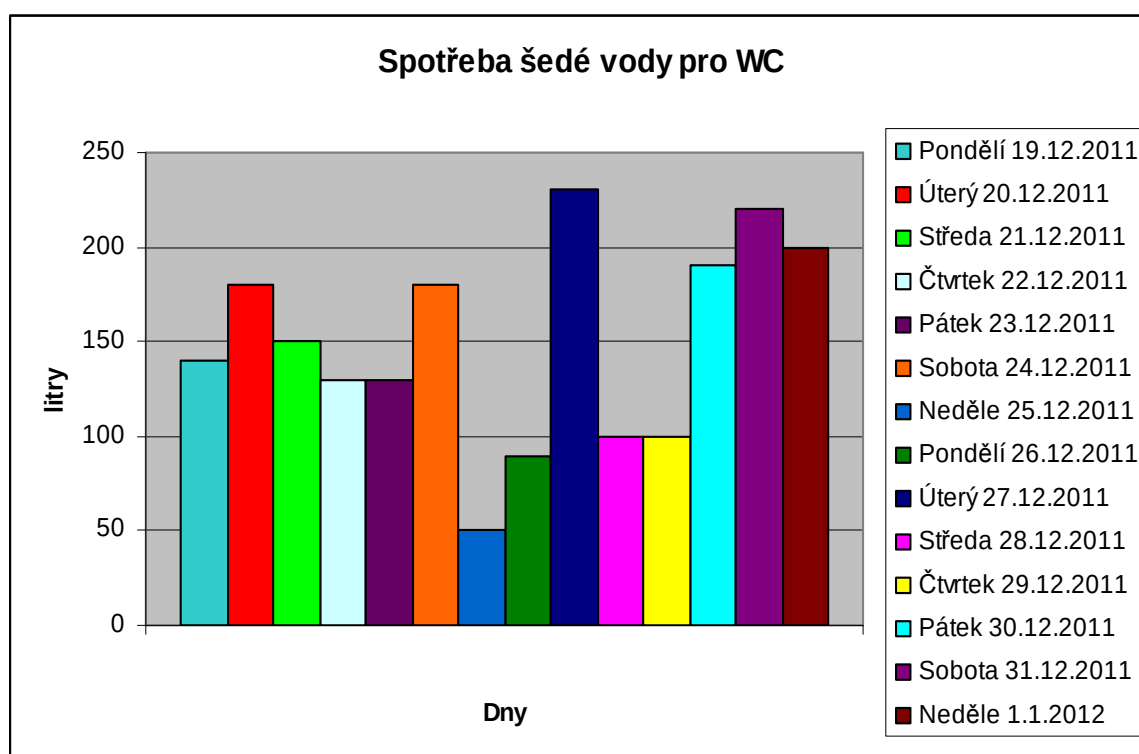
V tabulce č.11 jsou hodnoty pouze od použití toalety. Jedná se tedy o možnou spotřebu šedých vod. Hodnoty byly získány vynásobením počtu použití a průměrné spotřeby vody u toalety, která činí 10 l. Průměrná spotřeba šedých vod na splachování by byla **149 litrů** za den.

Tab. 11 Vypočtené hodnoty spotřeby šedé vody na splachování toalety 19. 12.-1. 1.

SPOTŘEBA ŠEDÉ VODY V JEDNOTLIVÝCH DNECH

DEN	19.12. PO	20.12. ÚT	21.12. ST	22.12. ČT	23.12. PÁ	24.12. SO	25.12. NE	Průměr na den
LITRY	140	180	150	130	130	180	50	137

26.12. PO	27.12. ÚT	28.12. ST	29.12. ČT	30.12. PÁ	31.12. SO	1.1. NE	Průměr na den
90	230	100	100	190	220	200	161



Obr. 42 Spotřeba šedé vody během měřených dní 19. 12.-1. 1.

Naměřené hodnoty ve dnech 25. 12. 2011 až 26. 12. 2011 jsou ovlivněny návštěvou rodiny. Je tedy zaznamenáno pouze dopoledne 25. 12. zhruba do 11.00 hodin a večerní hodiny 26. 12. zhruba od 18.00 hodin.

5.3.2 Zpracování dotazníků druhé bilance

Druhá bilance byla naměřena od 13. 2. 2012 do 11. 3. 2012, celkem tedy 28 dní. Bilance byla naměřena proto, aby byla zachycena delší doba a aby se zaznamenaly i dny, kdy nejsou všechny osoby v domě. Měření bylo zaznamenáváno opět v obou koupelnách do připravených dotazníků. Zaznamenání probíhalo po 14 dnech. Z toho důvodu jsou dotazníky dva. První dotazník měsíční bilance byl naměřen od 13. 2. do 26. 2. 2012.

Tab. 12 Zpracování obou dotazníků od 13. 2. 2012 do 26. 2. 2012

SPOTŘEBA VODY U JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ						
Po použití vypsání zařízení udělej čárku v příslušném okénku podle příslušného dne.						
DEN	VANA počet použ.	SPRCHA počet použ.	WC počet použ.	DŘEZ počet použ.	PRAČKA počet použ.	UMYVADLO počet použ.
13.2.2012 PO	1	1	6	0	1	5
14.2.2012 ÚT	1	1	6	0	1	4
15.2.2012 ST	2	0	4	0	0	2
16.2.2012 ČT	1	1	4	1	0	3
17.2.2012 PÁ	2	1	7	1	0	3
18.2.2012 SO	2	1	10	2	3	5
19.2.2012 NE	2	1	8	2	0	4
20.2.2012 PO	2	1	5	1	0	4
21.2.2012 ÚT	2	0	3	0	0	3
22.2.2012 ST	2	0	4	1	0	2
23.2.2012 ČT	2	0	5	0	0	2
24.2.2012 PÁ	2	2	14	1	3	7
25.2.2012 SO	1	2	12	2	0	5
26.2.2012 NE	2	0	11	2	0	8
SUMA:	24	11	99	13	8	57

PRŮMĚR NA 1 DEN	1,7	0,8	7,1	0,9	0,6	4,1
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

PRŮMĚR NA 1 osobu			1,8			1,0
----------------------	--	--	-----	--	--	-----

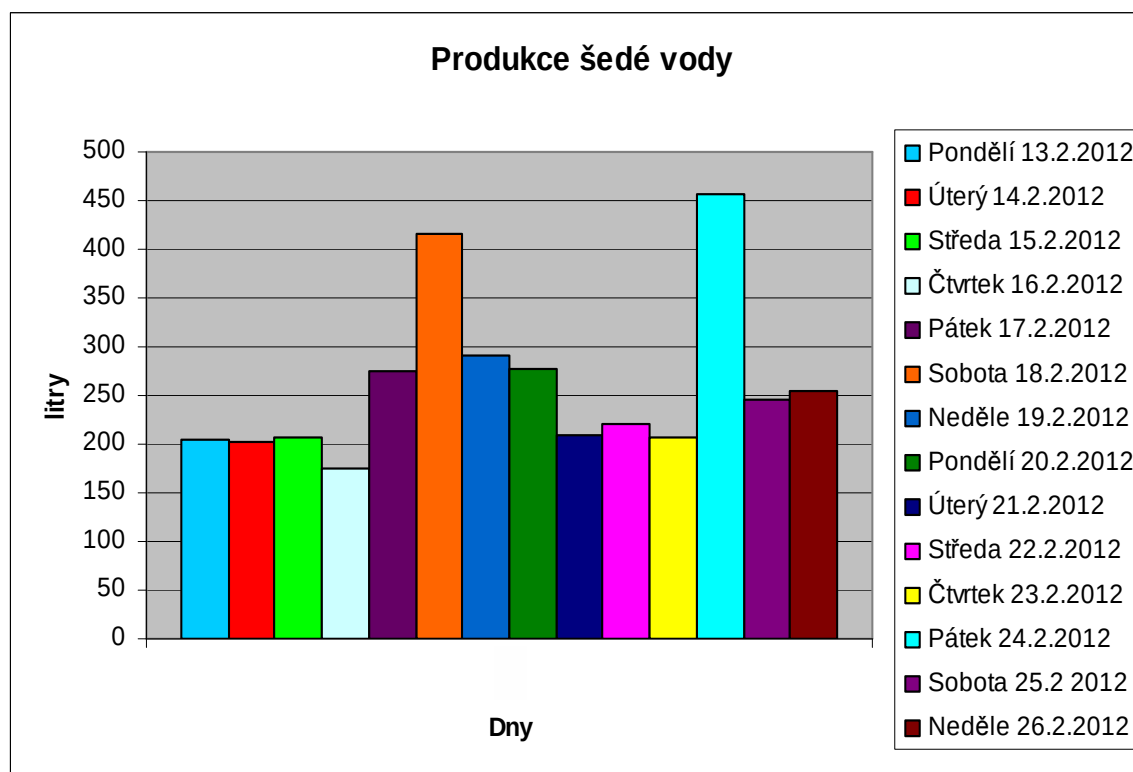
Průměrná produkce šedých vod během prvních 14 dní normálního pracovního měsíce činila **260 litrů** za den. V tabulce č.13 jsou vynásobeny hodnoty použití a zařízení, které produkují šedé vody. Jedná se o vanu, sprchový kout, kuchyňský dřez, umyvadlo a pračku.

Tab. 13 Vypočtené hodnoty produkce šedé vody z jednotlivých zařízení 13. 2.-26. 2.

PRODUKCE ŠEDÉ VODY V JEDNOTLIVÝCH DNECH

DEN	13.2. PO	14.2. ÚT	15.2. ST	16.2. ČT	17.2. PÁ	18.2. SO	19.2. NE	Průměr na den
LITRY	205	202	206	174	274	415	292	253

20.2. PO	21.2. ÚT	22.2. ST	23.2. ČT	24.2. PÁ	25.2. SO	26.2. NE	Průměr na den
277	209	221	206	456	245	254	267



Obr. 43 Produkce šedé vody během měřených dní 13. 2.-26. 2.

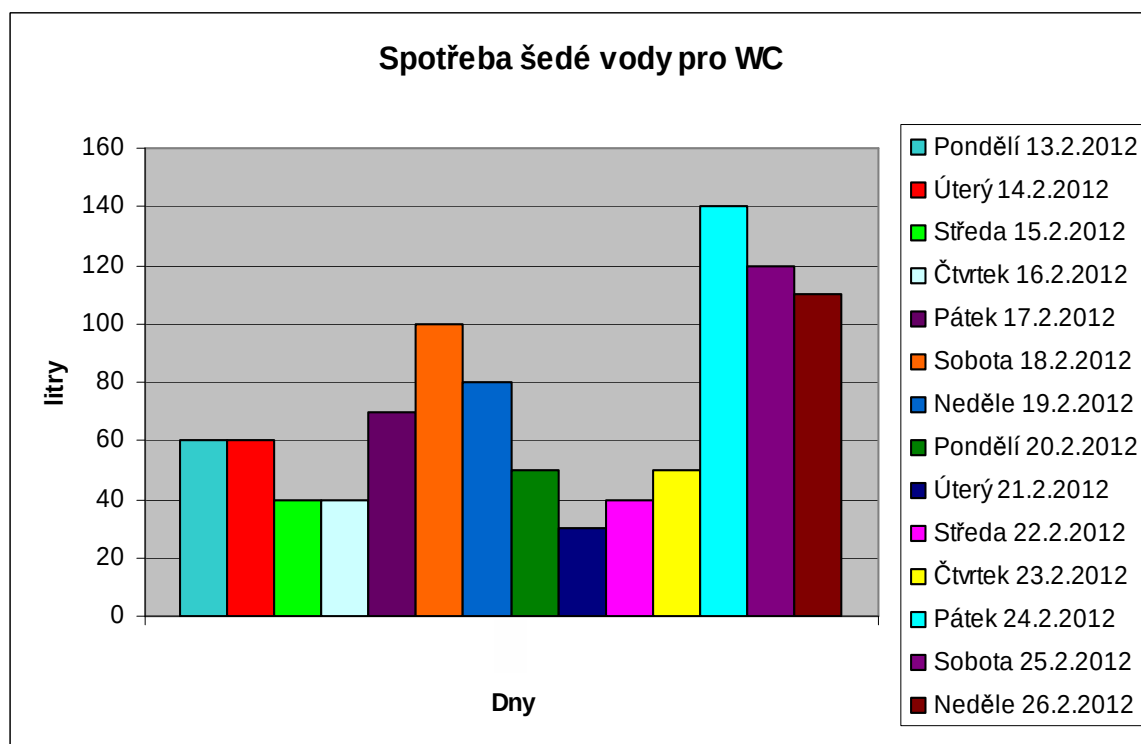
V tabulce č.14 jsou hodnoty pouze od použití toalety. Jedná se tedy o možnou spotřebu šedých vod. Průměrná spotřeba šedých vod během prvních 14 dní na splachování by byla **71 litrů** za den.

Tab. 14 Vypočtené hodnoty spotřeby šedé vody na splachování toalety 13. 2.-26. 2.

SPOTŘEBA ŠEDÉ VODY V JEDNOTLIVÝCH DNECH

DEN	13.2. PO	14.2. ÚT	15.2. ST	16.2. ČT	17.2. PÁ	18.2. SO	19.2. NE	Průměr na den
LITRY	60	60	40	40	70	100	80	64

20.2. PO	21.2. ÚT	22.2. ST	23.2. ČT	24.2. PÁ	25.2. SO	26.2. NE	Průměr na den
50	30	40	50	140	120	110	77



Obr. 44 Spotřeba šedé vody během měřených dní 13. 2.-26. 2.

Z grafu je patrné, že maxima využití šedé vody jsou o víkendech, kdy jsou všechny osoby přítomny v domě.

Druhý dotazník měsíční bilance produkce a spotřeby šedé vody by naměřen od 27. 2. do 11. 3. 2012.

Tab. 15 Zpracování obou dotazníků od 27. 2. 2012 do 11. 3. 2012

SPOTŘEBA VODY U JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ						
Po použití vypsání zařízení udělej čárku v příslušném okénku podle příslušného dne.						
DEN	VANA počet použ.	SPRCHA počet použ.	WC počet použ.	DŘEZ počet použ.	PRAČKA počet použ.	UMYVADLO počet použ.
27.2.2012 PO	1	0	6	1	0	2
28.2.2012 ÚT	1	0	3	1	2	1
29.2.2012 ST	1	1	3	0	0	2
1.3.2012 ČT	1	0	2	1	0	1
2.3.2012 PÁ	2	2	12	0	2	5
3.3.2012 SO	1	2	15	2	2	5
4.3.2012 NE	2	0	11	2	0	7
5.3.2012 PO	2	0	6	1	3	5
6.3.2012 ÚT	1	0	4	1	2	3
7.3.2012 ST	1	1	4	0	0	3
8.3.2012 ČT	1	0	4	1	0	3
9.3.2012 PÁ	1	2	9	1	1	3
10.3.2012 SO	2	2	25	1	1	10
11.3.2012 NE	2	1	21	2	0	7
SUMA:	19	11	125	14	13	57

PRŮMĚR NA 1 DEN	1,4	0,8	8,9	1,0	0,9	4,1
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

PRŮMĚR NA 1 osobu			2,2			1,0
----------------------	--	--	-----	--	--	-----

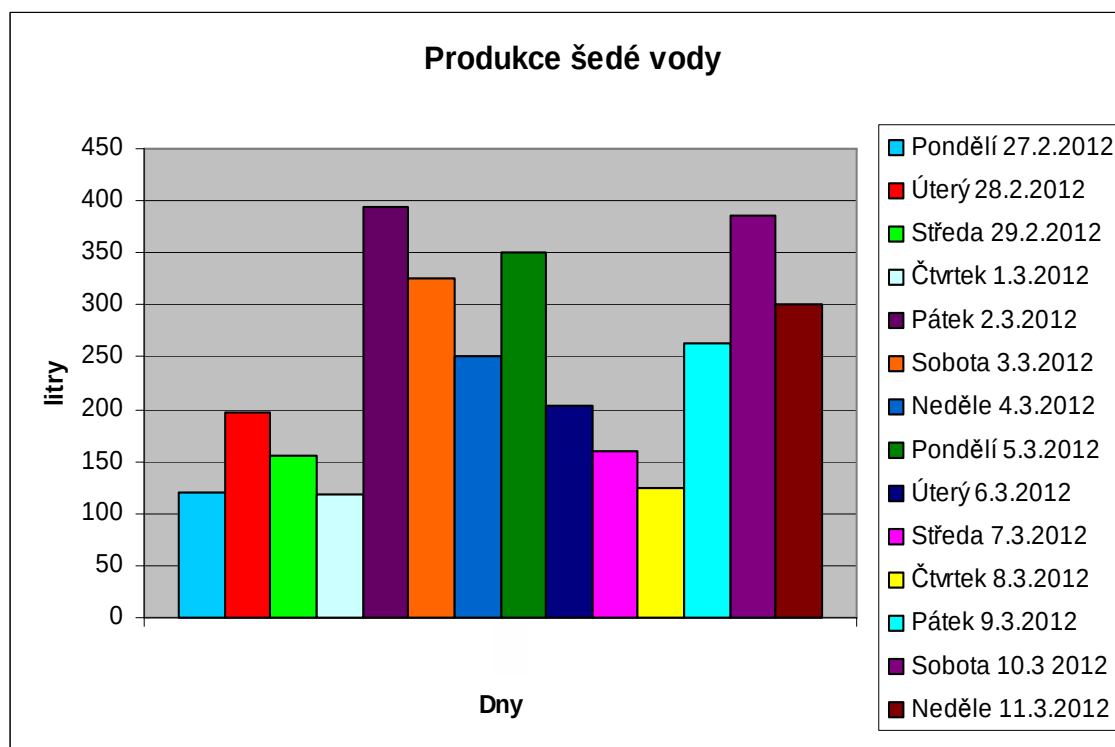
Průměrná produkce šedých vod během druhých 14 dní normálního pracovního měsíce činila **239 litrů** za den. V tabulce č.16 jsou vynásobeny hodnoty použití a zařízení, které produkují šedé vody. Jedná se o vanu, sprchový kout, kuchyňský dřez, umyvadlo a pračku.

Tab. 16 Vypočtené hodnoty produkce šedé vody z jednotlivých zařízení 27. 2.-11. 3.

PRODUKCE ŠEDÉ VODY V JEDNOTLIVÝCH DNECH

DEN	27.2. PO	28.2. ÚT	29.2. ST	1.3. ČT	2.3. PÁ	3.3. SO	4.3. NE	Průměr na den
LITRY	121	198	156	118	395	325	251	223

5.3. PO	6.3. ÚT	7.3. ST	8.3. ČT	9.3. PÁ	10.3. SO	11.3. NE	Průměr na den
350	204	159	124	264	385	301	255



Obr. 45 Produkce šedé vody během měřených dní 27. 2.-11. 3.

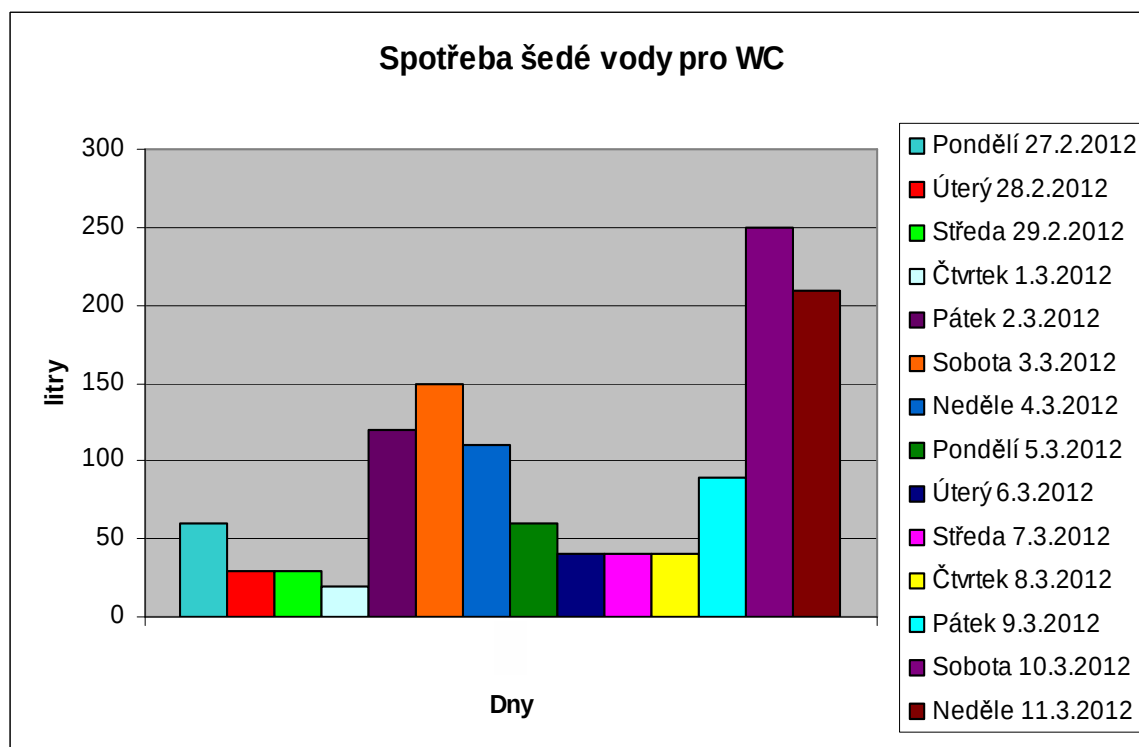
V tabulce č.17 jsou hodnoty pouze od použití toalety. Jedná se tedy o možnou spotřebu šedých vod. Průměrná spotřeba šedých vod během druhých 14 dní na splachování by byla **89 litrů** za den.

Tab. 17 Vypočtené hodnoty spotřeby šedé vody na splachování toalety 27. 2.-11. 3.

SPOTŘEBA ŠEDÉ VODY V JEDNOTLIVÝCH DNECH

DEN	27.2. PO	28.2. ÚT	29.2. ST	1.3. ČT	2.3. PÁ	3.3. SO	4.3. NE	Průměr na den
LITRY	60	30	30	20	120	150	110	74

5.3. PO	6.3. ÚT	7.3. ST	8.3. ČT	9.3. PÁ	10.3. SO	11.3. NE	Průměr na den
60	40	40	40	90	250	210	104



Obr. 46 Spotřeba šedé vody během měřených dní 27. 2.-11. 3.

5.4 SHRUTÍ BILANCE ŠEDÉ VODY

Z hodnot, které byly naměřeny vyplývá, že produkce šedých vod je vyšší, než možná spotřeba pouze na splachování toalety. Proto by bylo vhodné využívat vyčištěnou šedou vodu například i k zavlažování zahrady, mytí automobilu a mytí zpevněných ploch.

5.4.1 Spotřeba pitné vody

Spotřeba pitné vody během vánočních svátků dosáhla průměrné hodnoty 495 l/den, cca 124 l/os/den. Cena vody v regionu je 67 Kč za 1m³. **496 l x 14 dní = 6930 l = 6,930 m³ x 67 Kč = 464 Kč.**

Spotřeba pitné vody u měsíční bilance se je **329,5 l/den x 28 měřených dní = 9226 l = 9,226 m³ x 67 Kč = 618 Kč.**

5.4.2 Možná úspora pitné vody

Možná peněžní úspora během vánočních svátků by byla: **149 l (průměr za den, splachování toalety) x 14 dní = 2086 l = 2,086 m³ x 67 Kč (cena vody) = 140 Kč.**

Peněžní úspora během měsíční bilance je o něco menší. Je to z důvodu menší intenzity použití zařízení. Možná úspora během prvních 14 dní by byla: **71 l (průměr za den, splachování toalety) x 14 dní = 994 l = 0,994 m³ x 67 Kč (cena vody) = 67 Kč.**

Peněžní úspora během druhých 14 dní by byla: **89 l (průměr za den, splachování toalety) x 14 dní = 1246 l = 1,246 m³ x 67 Kč = 83,5 Kč.**

Celková měsíční úspora za pitnou vodu by tedy činila **67 + 83,5 = 150,5 Kč.** Pokud bychom brali v úvahu, že tato částka bude ušetřena každý měsíc, ušetříme zhruba 1.806 Kč za rok. Skutečná úspora bude ovšem vyšší z důvodu např. svátků a prázdnin, kdy dům obývá více lidí.

5.4.3 Vstupní náklady pro využití šedé vody

Ke vstupním nákladům patří pořízení akumulární nádrže na šedé vody a instalace rozvodné sítě po domě. Částka za instalaci rozvodné sítě je individuální, protože záleží na umístění jednotlivých místností v domě a také zda se jedná o budoucí novostavbu a nebo je dům již postavený. Další náklady jsou spojeny se strojním zařízením např. čerpadlo. Finanční úspora, která je vypočtena výše, je pro aktuální stav ceny vody. Pokud bychom chtěli přesněji vypočítat návratnost daného zařízení, museli bychom počítat s inflací a zvýšením cen pitné vody do budoucna.

5.5 ODBĚR VZORKŮ DEŠŤOVÉ VODY

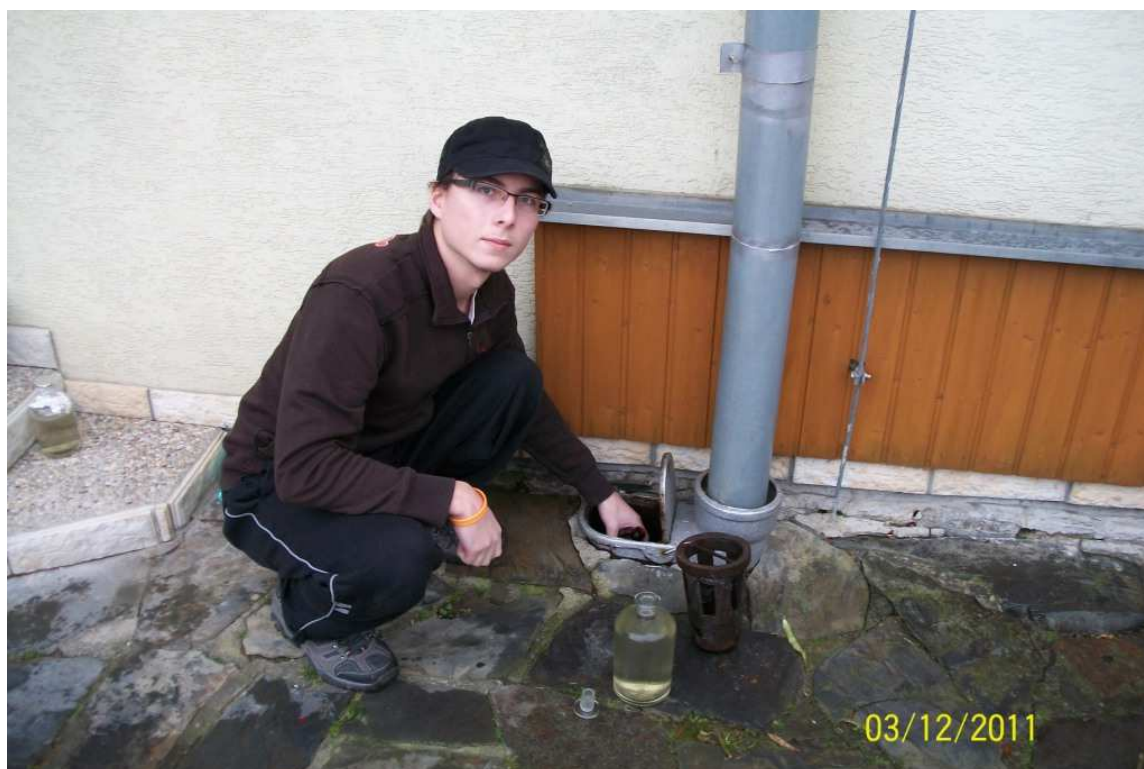
Pro odběr vzorků dešťové vody byly použity skleněné nádoby o objemu 500 ml a 1000 ml, které byly vyzvednuty ve Zdravotním ústavu se sídlem v Brně. Vzorek dešťové vody pro mikrobiologickou analýzu byl zachycen do sterilní nádoby o objemu 500 ml. Vzorek pro chemický rozbor byl zachycen do nesterilní nádoby o objemu 1000 ml.

Odběr vzorků byl proveden tak, že se otevřel litinový čistící kus na svodu dešťové vody do kanalizace. Protékané množství dešťové vody bylo odebráno pomocí sterilních nádobek o objemu 200 ml zakoupené v lékárně. Nádoba o objemu 500 ml pro mikrobiologickou analýzu nebyla naplněna úplně, ale byla nechána 4 cm mezera od okraje hrdla. Nádoba pro chemický rozbor o objemu 1000 ml byla naplněna zcela až po okraj.

Odběr dešťové vody byl provázen malou komplikací a sice, že měsíc listopad, kdy měl být odběr proveden byl z hlediska statistik nejsušší za posledních cca 200 let. Nádobka, která byla ošetřena sterilizací měla lhůtu 3 týdny. Poté už by sterilizace nebyla dostatečná. Nádobky jsem tedy jezdil pravidelně měnit za nové s dostatečným ošetřením. Dešťové srážky se podařilo odebrat až 3. 12. 2011 okolo 14:00 hodiny odpoledne.



Obr. 47 Příprava na odběr vzorku dešťové vody



Obr. 48 Plnění nádoby o objemu 1000 ml pro chemický rozbor



Obr. 49 Plnění nádoby o objemu 500 ml pro mikrobiologickou analýzu



Obr. 50 Naplněné skleněné nádoby dešťovou vodou

Nádoba se vzorkem pro mikrobiologickou analýzu má vzduchovou mezeru 4 cm od okraje hrdla dle pokynů ze Zdravotního ústavu se sídlem v Brně.



Obr. 51 Zapečetění vzorku pro mikrobiologickou analýzu hliníkovou fólií

Výsledky zpracované do odborného protokolu byly vyzvednuty osobně. Protokol viz. příloha.



Obr. 52 Přeprava vzorků v polystyrenové přepravní tašce s chladicími kostkami

Převoz vzorků do Brna byl opět uskutečněn v polystyrenové přepravní tašce s chladicími kostkami pro zajištění chladného prostředí během převozu. Při příjezdu do Brna byly vzorky umístěny do lednice. Předání vzorků na analýzu do Zdravotního ústavu se sídlem v Brně bylo uskutečněno následující den v pondělí 5. 12. 2011 v 9.00 hodin. Vzorky byly doneseny v přepravní tašce s chladicími kostkami pro dodržení předepsané převozní teploty.

V protokolu, který byl zhotoven ze vzorků, které byly zachyceny ze střechy rodinném domu jsou následující hodnoty tyto:

Tab. 18 Výsledky rozboru dešťové vody

Výsledky zkoušení - chemické vyšetření					
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	TYP	Použitá metoda	Nejistota
BSK5	31	mg/l	A	SOP BM 005.01 (ČSN EN 1899-1,2)	±10%
dusík celkový	7,0	mg/l	A	SOP BM 006.03 (ČSN EN ISO 11905-1)	±8%
fosfor celkový	<0,05	mg/l	A	SOP BM 007 (ČSN EN ISO 6878)	-
CHSK-Cr	75	mg/l	A	SOP BM 015 (ČSN ISO 6060)	±8%
pH	5,67		A	SOP BM 033 (ČSN ISO 10523)	±4%

Výsledky zkoušení - mikrobiologické vyšetření					
Ukazatel	Hodnota	Jednotka	TYP	Použitá metoda	Nejistota
Escherichia coli	0	KTJ/100ml	A	SOP BM 900 (ČSN EN ISO 9308-1)	-
enterokoky	3	KTJ/100ml	A	SOP BM 906 (ČSN EN ISO 7899-2)	27 %
koliformní bakterie	5	KTJ/100ml	A	SOP BM 900 (ČSN EN ISO 9308-1)	37 %
Pseudomonas aeruginosa	0	KTJ/100ml	A	SOP BM 909 (ČSN EN ISO 16266)	-

Z protokolu, který byl vyhodnocen ve Zdravotním ústavu se sídlem v Brně je možno vyčíst přítomnost enterokoků a koliformních bakterií ve zkoumané dešťové vodě. To může být způsobeno organickým znečištěním ve formě výkalů od ptáků a dalších zvířat. Hodnoty mohou být zvýšeny důsledkem velkého sucha v měsíci listopad, kdy více jak měsíc nepršelo. Po prvním dešti se všechny nashromážděné nečistoty na střeše smyly a tím může být způsobena vyšší koncentrace. Hodnoty BSK₅ a CHSK-Cr jsou nízké a dešťové vodě odpovídají.

5.6 BILANCE DEŠŤOVÝCH VOD

Pro bilanci dešťových vod byl využit kalkulátor nakládání s dešťovou vodou, který je dostupný na internetových stránkách firmy Glynwed. Kalkulátor pomocí zadaných údajů sám vypočítá dostupné množství dešťové vody a také roční spotřebu. Z těchto údajů i sám navrhne vhodnou akumulční nádrž.

5.6.1 Tisková sestava kalkulátoru nakládání s dešťovou vodou

Tab. 19 Výpočet produkce, spotřeby a objemu dešťové vody [19]

Volba nakládání s vodou: chci vodu akumulovat				
Volba využití akumulované vody: chci vodu využívat i v domě pro WC, praní apod.				
Roční srážkový úhrn: 550 mm				
Množství dešťové vody:				
		Záchytná plocha A [m ²]	Odtokový součinitel	
Odvodňovaná plocha střechy		89	0,9	
Roční dostupné množství dešťové vody:		44	m ³	
Provozní potřeba vody:				
Využití vody	Provozní potřeba [l/den/osobu]	Počet osob	Období [dní/rok]	Provozní potřeba [l/rok]
WC	30	4	365	43800
Využití vody	Velikost zahrady [m ²]	Potřeba vody [l/m ²]	Provozní potřeba [l/rok]	
Závlaha zahrady	204,4	80	16352	
Ostatní odběr vody:		0	[l/rok]	
Celková roční spotřeba vody:		60152	[l/rok]	
Celková roční spotřeba vody:		60	[m ³]	

Akumulační objem:		
Akumulační objem = $m^3/\text{rok} \cdot 0,06 =$	3,0	m^3
Doporučená velikost akumulační nádrže:	3,5	m^3
Přebytečnou vodu odvádět do kanalizace.		

5.6.2 Vstupní náklady pro využití dešťové vody

Využití srážek s sebou nese nutné vstupní náklady, které nejsou zanedbatelné a závisí na záměru jejího využití, výběru technologie a systému pro akumulaci vody. Chceme-li používat dešťovou vodu především na zahradě na zalévání a mytí automobilu, postačí jednoduchý systém skládající se z akumulační nádrže, čerpadla a případně z elektronické řídicí jednotky. Tento systém nevyžaduje žádnou zvláštní filtraci vody, je vhodné pouze zabezpečit, aby do akumulační nádrže nebylo splavováno listí a další větší nečistoty, které by nádrž zanášely. V případě "plnohodnotného" využívání dešťové vody pro domácí potřeby je třeba zajistit, aby voda tekla v každém případě, a to i tehdy, když je akumulační jímka prázdná. [23]

Měli bychom tedy v první řadě promyslet, zda bude možné využít tuto vodu i pro běžný provoz v domácnosti a do jaké míry. Kritériem pro výpočet návratnosti investice je průměrné množství srážek v oblasti, kde se nemovitost nachází a v neposlední řadě plocha nemovitosti, ze které bude voda sváděna. Tyto parametry určí velikost, objem nádrže a její cenu. Pro výpočet návratnosti investice to však není jediná vstupní cena, musíme k ní připočítat cenu za dopravu nádrže, její usazení, instalaci nádrže, filtry, zapojení armatur, čerpadel a příslušenství do systému domu. Nyní už vám jen stačí porovnat předpokládané množství takto získané dešťové vody a ušetřené množství pitné vody, přesněji její cenu. [23]

5.7 SHRUTÍ BILANCE DEŠŤOVÝCH VOD

Podobně jako u šedé vody, tak i zde u dešťové je největší úspora pitné vody ve využití splachování toalety dešťovou vodou. Nezanedbatelná úspora pitné vody je také v zavlažování zahrady, kde jsem uvažoval $80 \text{ l/m}^2/\text{rok}$.

Peněžní úspora pitné vody za rok je tedy: **44 m^3 (roční dostupné množství dešťové vody) = $44 \text{ m}^3 \times 67 \text{ Kč cen vody} = 2.948 \text{ Kč/rok}$.**

5.8 BILANCE ÚSPORY PŘI RECYKLACI TEPLA Z ŠEDÝCH VOD

Při instalaci lokálního systému, který předeheřívá vodu, pro okamžitou spotřebu se dá uspořit až 40% nákladů na ohřev vody. Spotřeba spočívá v nižší spotřebě plynu, či elektrické energie na ohřev. Zařízení SAKAL, které využívá teplou odtékající vodu pro ohřev studené vody z vodovodního řadu stojí 6.120 Kč. Návratnost tohoto zařízení je dána četností použití sprchovacího zařízení. Běžná návratnost pro rodinný dům bývá okolo 3 let. U plynového průtokového ohříváče bývá úspora 0,8 – 1,0 kWh. 1m³ zemního plynu, což představuje 10,55 kWh. Cena 1m³ zemního plynu se v ČR průměrně pohybuje okolo 17 Kč.

Roční spotřeba plynu v zájmovém rodinném domě činí 1839,6 m³. Z toho vyplývá, že se náklady na vytápění a ohřev vody pohybují okolo 31.273 Kč. Pokud by úspora opravdu byla 1,0 kWh, ušetřili bychom na ohřev studené vody ročně 2.986,5 Kč. Návratnost je tedy možná do dvou let. Návratnost by byla při předpokladu, že by se všechny osoby v domě sprchovaly. V zájmovém rodinném domě se sprchují pouze 2 osoby a proto návratnost zařízení i s možným nárůstem ceny za plyn odhaduji skutečně na 3-4 roky.

Výpočet úspory:

10,55 kWh – úspora 1 kWh = 9,55 kWh

9,55 kWh = 0,0955%

0,0955 * 31.273 Kč = 2.986,5 Kč.

Zařízení SAKAL nepotřebuje ke svému chodu žádnou elektrickou energii, ani žádnou nákladnou údržbu. Čištění se provádí 1x za 5 let pomocí bakterií, které vyžírají nánosy na trubkách od mýdla, šampónů a jiných přípravků.

V České republice se toto zařízení příliš neprodává. Veliký zájem je především v severských zemích, jako je např. Norsko.

Pokud bychom ohřívali vodu elektrickou energií v boileru, byla by úspora vypočtená od výrobce tato:

Uvažovaná spotřeba elektrické energie pro osobní hygienu u 4 členné domácnosti je 9,8 kWh/den.

- úspora 40% = 3,92 kWh
- 4,64 Kč/kWh (záleží na tarifu)
- 300 dní/rok (uvažujeme, že 65 dní naší koupelnu nevyužíváme)
- úspora 5.457 Kč/rok = 12 měsíců = 455 Kč/měsíc
- NÁVRATNOST cca 1 rok a 1 měsíc.

5.9 CELKOVÉ SHRUTÍ

ŠEDÉ VODY:

- Vzhledem k malé úspoře jsem došel k závěru, že se zařízení na čištění šedé vody pro RD **nevyplatí**. Finanční náročnost pořízení je dána cenou nádrží na akumulaci šedých vod, které bývají zpravidla plastové. Další položkou je technologie čištění šedých vod a čerpadlo. Nezanedbatelnou položkou jsou také rozvody po domě. Ty jsou závislé na tom, zda se dům staví nový a nebo je stávající. U již stávajícího domu se náklady zvyšují kvůli stavebnímu zásahu a následným opravám.

DEŠŤOVÉ VODY:

- Nádrž na akumulaci dešťové vody z PE + příslušenství (filtr, čerpadlo) se dá pořídit do ceny cca 30.000 Kč. Odhadovaná částka může být i mnohem vyšší, a to při využití systémů od specializovaných firem (až 55.000 Kč), ale také podstatně nižší při vybetonování nádrže přímo na místě s veškerými pracemi svépomocí (cca 10.000 Kč). Největší položkou je nádrž, která může být plastová, betonová nebo sklolaminátová. Významnou položkou jsou také rozvody, které stejně jako u šedých vod závisí na skutečnosti, zda se dům staví nový nebo je dům již postaven.
- Návratnost zařízení je velmi těžké odhadnout. V úvahu musíme vzít roční dostupné množství dešťové vody, které je v našem případě 44 m^3 a při nynějších cenách za pitnou vodu je možná úspora až 2.948 Kč/rok. Předpokládáme, že cena pitné vody se bude dále zvyšovat, a proto i roční úspora bude vyšší. To nám poskytne rychlejší návratnost investice. Odhadovaná návratnost s investicí 30.000 Kč je cca 10 let. Životnost nádrže by měla být bez větších problémů 20 let. V tomto případě se zařízení na akumulaci dešťové vody **vyplatí**.
Odhadovaná návratnost s investicí 55.000 Kč je cca 19 let. V tomto případě se investice prakticky **nevyplatí**.
Odhadovaná návratnost s investicí 10.000 Kč je cca 3,5 let. Investice se **vyplatí** s nejvýraznější úsporou. Nevýhodou je však velký objem vlastní práce, která spočívá i ve vybetonování nádrže.

RECYKLACE TEPLA Z ŠEDÝCH VOD:

- U zařízení SAKAL, které předeřhřívá studenou pitvou vodu z vodovodního řádu odtékanou teplou šedou vodou se dá říci, že se **vyplatí**. Zařízení je velice jednoduché, nenáročné s pořizovací cenou 6.120 Kč. Odhadovaná návratnost zařízení pro RD je v našem případě 3-4 roky. Zařízení díky své nenáročnosti a jednoduchému principu má životnost až 40 let.

6 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá trendem spotřeby pitné vody v České republice, Evropě a ve světě. Je uveden i trend zvyšující se ceny za pitnou vodu, který se každoročně zvyšuje. Dále se bakalářská práce zabývá alternativami úspory pitné vody, které spočívají ve využití šedých a dešťových vod v rodinném domě obývaný čtyřmi osobami. Vypsány jsou i akumulční nádrže pro šedé a dešťové vody, jejich tvary, velikosti a materiály. Uvedeny jsou i možnosti využití tepla z šedých vod, kterými se dá ušetřit energie na ohřev pitné vody.

Dosažené cíle bakalářské práce jsou ve vyhodnocení možné peněžní úspory pitné vody, při využití systému šedých nebo dešťových vod v rodinném domě. Jednotlivé úspory jsou vypočteny pro různé druhy systémů, a to jak od specializovaných firem, tak od vlastní výroby. Peněžní úspora je vyhodnocena i pro využití tepla z šedých vod pro přehřev pitné vody z vodovodního řadu.

Bakalářská práce obsahuje celkové shrnutí, zda se tyto systémy vyplatí pro rodinný dům obydlený čtyřmi osobami a jakou mají dané systémy teoretickou návratnost.

Přínos bakalářské práce je ve zjištění chemického a mikrobiologického znečištění v šedých a dešťových vodách. K tomuto účelu byly odebrány vzorky z určeného objektu. Vzorky byly vyhodnoceny do protokolu ve Zdravotním ústavu se sídlem v Brně. Protokoly obsahují koncentrace látek a organismů, které se v těchto vodách vyskytují a poskytují nám představu o druhu znečištění v těchto vodách. Další přínos této práce je ve vyhodnocení bilance možné produkce a spotřeby šedé a dešťové vody. Bilance šedých vod byla zaznamenána v dotaznících do kterých byly zapisovány počty použití jednotlivých zařízení a to slouží k určení četnosti použití během dnů v týdnu. Dotazníky byly zpracovány a vyhodnoceny do tabulek a grafů, které slouží pro přehlednou ilustraci možné spotřeby a produkce šedé vody. Dále se z dotazníků na šedou vodu dá vyčíst průměrná spotřeba pitné vody na jednoho obyvatele za den. Hodnota průměrné spotřeby pitné vody na jednoho obyvatele se dá využít pro další výpočty spojené s vodohospodářskou problematikou. Pro bilanci dešťových vod byl použit dotazník od specializované firmy na systémy pro využití dešťových vod. Do dotazníku se vyplnily potřebné údaje a program sám navrhl potřebnou nádrž pro akumulaci a její příslušenství.

Dalším vhodným pokračováním v problematice využití šedých a dešťových vod v budovách by mohl být návrh technologické linky čištění šedých a dešťových vod, zjištění informací o dostupných systémech čištění, jejich výhody a nevýhody, investiční náklady a jiné.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] British Standard BS 8525-1:2010. Greywater systems – Part 1: Code of practice. UK: BSI, 2010, 47 s.
- [2] BIELA, Renata. *Kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti* [online]. 5.12.2011 [cit. 2011-12-20]. Voda.tzb-info.cz. Dostupné z WWW: <<http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>>.
- [3] *Grauwasser* [online]. 2011 [cit. 2011-12-20]. Ewu-aqua.de. Dostupné z WWW: <<http://www.ewu-aqua.de/de/grauwasser.html>>.
- [4] *Spotreba-vody-v-domacnosti-tipy-jak-setrit* [online]. 15. 11. 2010 [cit. 2011-12-20]. Cenyenergie.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.cenyenergie.cz/voda/clanky-2/spotreba-vody-v-domacnosti-tipy-jak-setrit.aspx>>.
- [5] OŠLEJŠKOVÁ, Monika. *Seda-voda-ve-zdravotni-technice* [online]. 31.1.2011 [cit. 2011-12-20]. Voda.tzb-info.cz. Dostupné z WWW: <<http://voda.tzb-info.cz/7110-seda-voda-ve-zdravotni-technice>>.
- [6] *Zakladni-informace-o-vzniku-deste* [online]. 28. 6. 2009 [cit. 2011-12-20]. Zmeny-klimatu.blog.cz. Dostupné z WWW: <<http://zmeny-klimatu.blog.cz/0906/zakladni-informace-o-vzniku-deste>>.
- [7] HOLTANOVÁ, Eva ; SKALÁK, Petr. *Dlouhodobý-úhrn-srážek* [online]. 1990 [cit. 2011-12-20]. Portal.chmi.cz. Dostupné z WWW: <<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/sra6190.gif>>.
- [8] *Water_sanitation_health/rainwater* [online]. 2010 [cit. 2011-12-20]. Who.int. Dostupné z WWW: <http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/rainwater.pdf>.
- [9] *Vodni-hospodarstvi* [online]. 2011 [cit. 2011-12-20]. Glynwed.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.glynwed.cz/cs/vodni-hospodarstvi/>>.
- [10] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Vyuzivani-destove-vody* [online]. 12.3.2007 [cit. 2011-12-20]. Tzb-info.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>>.
- [11] *Nadrze-jimky-zasobniky-na-destovou-vodu*. *Glynwed.cz* [online]. 29.9.2011 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.glynwed.cz/cs/vodni-hospodarstvi/nadrze-jimky-zasobniky-na-destovou-vodu/>
- [12] *Qualitaetsanforderungen*. *Ewu-aqua.de* [online]. 2011 [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: <http://www.ewu-aqua.de/de/grauwasser/grauwasser-informationen/qualitaetsanforderungen.html>

- [13] Funktion-grauwasseranlage. *Ewu-aqua.de* [online]. 2011 [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: <http://www.ewu-aqua.de/de/grauwasser/funktion-grauwasseranlage.html>
- [14] Grauwasser/produkte. *Ewu-aqua.de* [online]. 2011 [cit. 2012-02-01]. Dostupné z: <http://www.ewu-aqua.de/de/grauwasser/produkte.html>
- [15] Produkte/filter-membran. *Ewu-aqua.de* [online]. 2011 [cit. 2012-02-01]. Dostupné z: <http://www.ewu-aqua.de/de/grauwasser/produkte/filter-membran.html>
- [16] 61.recyklace-tepla-v-budovach-sede-vody. *Asio.cz* [online]. 27.1.2012 [cit. 2012-02-01]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/61.recyklace-tepla-v-budovach-sede-vody>
- [17] 52-zpetne-ziskavani-tepla-z-odpadni-vody. *Panelovedomy.ekowatt.cz* [online]. 18. Leden 2010 [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/52-zpetne-ziskavani-tepla-z-odpadni-vody>
- [18] Edu/watercycleczech.html. *Ga.water.usgs.gov* [online]. 05-Apr-2011 [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleczech.html>
- [19] Kalkulátor velikosti nádrže. *www.glynwed.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.glynwed.cz/cs/vodni-hospodarstvi/nadrze-jimky-zasobniky-na-destovou-vodu/kalkulator-velikosti-nadrze.html>
- [20] Nejvice-vody-spotrebuji-v-usa-nejvice-zaplati-v-dansku. *Vodarenstvi.cz* [online]. 4.12. [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <http://www.vodarenstvi.cz/clanky/nejvice-vody-spotrebuji-v-usa-nejvice-zaplati-v-dansku>
- [21] Spotřeba-vody-v-cesku-je-proti-svetu-pomerne-nizka. *Tzb-info.cz* [online]. 26.5.2010 [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/106184-spotreba-vody-v-cesku-je-proti-svetu-pomerne-nizka>
- [22] Spotřeba vody. *Homen.vsb.cz* [online]. prosinec 2010 [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/spv.html
- [23] RYŠKOVÁ, Lucie a Renata VESPALCOVÁ. Jak ušetřit za vodné a stočné? Řešením je dešťová voda. *Usporim.cz* [online]. 13. 01. 2011 [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <http://www.usporim.cz/jak-usetrit-za-vodne-a-stocne-resenim-je-destova-voda-423.html>

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Průměrná spotřeba pitné vody u jednotlivých zařízení a jejich cena	14
Tab. 2 Množství plovoucích látek v šedých vodách.....	16
Tab. 3 Hodnoty BSK ₅ a CHSK v šedých vodách	16
Tab. 4 Požadavky na jakost vody pro splachování toalet.....	25
Tab. 5 Požadavky na kvalitu vody pro praní prádla	25
Tab. 6 Stupnice tvrdosti vody	39
Tab. 7 Vypočtené hodnoty odebraného množství šedé vody z jednotlivých zařízení.....	42
Tab. 8 Výsledky rozboru šedé vody	48
Tab. 9 Zpracování obou dotazníků od 19. 12. 2011 do 1. 1. 2012	50
Tab. 10 Vypočtené hodnoty produkce šedé vody z jednotlivých zařízení 19. 12.-1. 1.....	51
Tab. 11 Vypočtené hodnoty spotřeby šedé vody na splachování toalety 19. 12.-1. 1.	52
Tab. 12 Zpracování obou dotazníků od 13. 2. 2012 do 26. 2. 2012	53
Tab. 13 Vypočtené hodnoty produkce šedé vody z jednotlivých zařízení 13. 2.-26. 2.....	54
Tab. 14 Vypočtené hodnoty spotřeby šedé vody na splachování toalety 13. 2.-26. 2.	55
Tab. 15 Zpracování obou dotazníků od 27. 2. 2012 do 11. 3. 2012	56
Tab. 16 Vypočtené hodnoty produkce šedé vody z jednotlivých zařízení 27. 2.-11. 3.....	57
Tab. 17 Vypočtené hodnoty spotřeby šedé vody na splachování toalety 27. 2.-11. 3.	58
Tab. 18 Výsledky rozboru dešťové vody	63
Tab. 19 Výpočet produkce, spotřeby a objemu dešťové vody	64

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rozdělení zásob vody na Zemi	9
Obr. 2 Spotřeba vody v ČR a západní Evropě.....	11
Obr. 3 Růst ceny vody v ČR za 1m ³	13
Obr. 4 Obohacování šedé vody kyslíkem	19
Obr. 5 Filtrace šedé vody přes membránu	19
Obr. 6 Membránová filtrace	20
Obr. 7 Membrána Mircro-Clear Obr. 8 Membrána Mircro-Clear	20
Obr. 9 Sestava zařízení na šedou vodu pro RD (4-5 osob) a instalaci v suterénu.....	21
Obr. 10 Vnitřní systém iClear 200 S	23
Obr. 11 Vnitřní systém iClear 200 L	23
Obr. 12 Venkovní systém PowerClear 500 terra	24
Obr. 13 Venkovní systém PowerClear 1000 terra	24
Obr. 14 Značení na místech používání nepitné vody	27
Obr. 15 Malý koupelnový výměník SAKAL	29
Obr. 16 Aplikace GFX výměníků	30
Obr. 17 Realizace výměníku v RD	30
Obr. 18 Využití tepla z šedé odpadní vody systémem Fercher	31
Obr. 19 Tepelné čerpadlo PZP typ voda - voda	31
Obr. 20 Průměrný roční úhrn srážek v ČR	32
Obr. 21 Monolitická plastová nádrž na akumulaci dešťové vody z PE	34
Obr. 22 Příklad technického zařízení pro užívání dešťové vody	35
Obr. 23 Nádrž COLUMBUS	36
Obr. 24 Nádrž CRISTALL	37
Obr. 25 Nádrž LI-LO.....	37
Obr. 26 Nádrž COLUMBUS-XL	38
Obr. 27 Lokalizace obce	40
Obr. 28 Objekt, kde byly odebrány vzorky	41
Obr. 29 Sterilní a nesterilní skleněné nádoby pro odběr vzorků šedé a dešťové vody	43
Obr. 30 Sterilní nádobky zakoupené v lékárně pro přesný odběr jednotlivých vzorků	43
Obr. 31 Odebrání vypouštěné vody z pračky do sterilní nádoby	44
Obr. 32 Odebrání vypouštěné vody z pračky do sterilní nádoby	44
Obr. 33 Odebrání vzorku šedé vody z kuchyňského dřezu	45

Obr. 34 Odebrání vzorku šedé vody z umyvadla	45
Obr. 35 Odebrání vzorku šedé vody z vany	46
Obr. 36 Odebrání vzorku šedé vody ze sprchovacího koutu	46
Obr. 37 Naplnění odběrné láhve s reprezentativním vzorkem šedé vody	47
Obr. 38 Přeprava vzorků v polystyrenové přepravní tašce s chladicími kostkami.....	48
Obr. 39 Dotazník spotřeby vody u jednotlivých zařízení v přízemí.....	49
Obr. 40 Dotazník spotřeby vody u jednotlivých zařízení v prvním patře	49
Obr. 41 Produkce šedé vody během měřených dní 19. 12.-1. 1.	51
Obr. 42 Spotřeba šedé vody během měřených dní 19. 12.-1. 1.	52
Obr. 43 Produkce šedé vody během měřených dní 13. 2.-26. 2.	54
Obr. 44 Spotřeba šedé vody během měřených dní 13. 2.-26. 2.	55
Obr. 45 Produkce šedé vody během měřených dní 27. 2.-11. 3.	57
Obr. 46 Spotřeba šedé vody během měřených dní 27. 2.-11. 3.	58
Obr. 47 Příprava na odběr vzorku dešťové vody.....	60
Obr. 48 Plnění nádoby o objemu 1000 ml pro chemický rozbor	61
Obr. 49 Plnění nádoby o objemu 500 ml pro mikrobiologickou analýzu	61
Obr. 50 Naplnění skleněné nádoby dešťovou vodou.....	62
Obr. 51 Zapečetění vzorku pro mikrobiologickou analýzu hliníkovou fólií.....	62
Obr. 52 Přeprava vzorků v polystyrenové přepravní tašce s chladicími kostkami.....	63

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

BSK₅= biochemická spotřeba kyslíku za pět dní [mg/l]

CHSK= chemická spotřeba kyslíku [mg/l]

NL= nerozpuštěné látky

MBR= membránový bioreaktor

PE= polyethylen

PVC= polyvinylchlorid

TUV= teplá užitková voda

EO= ekvivalentní obyvatelé

RD= rodinný dům

EU= Evropská unie

ČR= Česká republika

SEZNAM PŘÍLOH

- 1) PROTOKOL č. 8310/2011
- 2) PROTOKOL č. 8866/2011

SUMMARY

This bachelor thesis is focused on tendency of consumption of drinking water in the Czech Republic, Europe and in the world. It also considers alternative savings of drinking water which are based on usage of grey water and rainwater. Possibilities of usage of heat produced by grey waters are presented, because it could be a way of energy saving for heating of drinking water.

Achieved aims of this bachelor thesis are in analyzing possible money savings of drinking water while using grey water and rainwater system in building. Money savings are analyzed also for usage of heat from grey water for preheating of drinking water from water system.

The bachelor thesis includes also the total summary if these systems are worth using in a family house inhabited by four people.

The contribution of the bachelor thesis is in samples of grey water and rainwater from specified object. These samples were analyzed in the protocol of Health Institute situated in Brno. These protocols include the concentration of substances which occur in this water. Another contribution of this thesis is analysis of balance of possible production and consumption of grey water or rainwater. Numbers of usage of individual devices are noted in executed questionnaires and this makes for assessment of frequency of usage during the weekdays. The average consumption of drinking water for one inhabitant of the house for a day is also apparent in these questionnaires.

Appropriate continuation in issue of usage of grey water and rainwater in buildings could be a design of technological unit for cleaning of grey water and rainwater.