ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

ZPĚTNÉ VYUŽITÍ ODPADNÍCH VOD V HOTELU U STAVAŘE VE VSETÍNĚ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BARBORA ŽĎÁRSKÁ

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.**

LS 2016/2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Žďárská Jméno: Barbora Osobní číslo: 424564

Zadávající katedra: K125 - Technická zařízení budov

Studijní program: Architektura a stavitelství

Studijní obor: Architektura a stavitelství

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Zpětné využití odpadních vod v hotelu U Stavaře ve Vsetíně

Název bakalářské práce anglicky: Re-use of wastewater in the hotel "U Stavaře" in Vsetín

Pokyny pro vypracování:
Studie využití odpadních vod v řešeném hotelu - návrh možných variant, jejich vyhodnocení, závěr, výběr vhodné varianty pro řešený objekt.

Zpracování projektu vybrané varianty:
- projekt vodovodu a kanalizace zvolené varianty - půdorysy, svislé řezy, podélný řez, výpočty, technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:
prof. Ing. K.Kabele , CSc. a kol. : Energetické a ekologické systémy 1 - skripta ČVUT
Valášek, J. a kol. - Zdravotnětechnická zařízení budov, Jaga 2006, ISBN 80-88905-60-5.
ČSN 75 5409 Vnitřní vodovody. CNI 2013
ČSN 75 6760 vnitřní kanalizace. CNI 2014

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Zuzana Veverková, PhD.

Datum zadání bakalářské práce: 28.2.2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce" a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací".

2. 3. 2017
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

Praha – Dejvice, 24.5. 2017

Barbora Žďárská

PODĚKOVÁNÍ

Na čestném místě této práce bych ráda poděkovala za milý přístup své vedoucí BP Ing. Zuzaně Veverkové, Ph.D., která si na mě vždy našla čas a ochotně mi odpověděla na všechny mé otázky, ocenila nové nápady a měla pro mě vlídná slova podpory. Stejnou měrou bych ráda poděkovala svým rodičům, kteří mě po celou dobu studia podporují nejen materiálně, ale především psychicky. Vždy tu pro mě byli ať v dobách, kdy šlo vše jako po drátkách, tak v dobách, kdy nebylo na růžích ustláno. Bez nich bych tu nebyla a nepsala tuto práci. Poděkování patří i kamarádům, kteří byli ochotní odpovídat na záludné otázky a byli tu i ve chvílích, kdy jsem nevěděla jak dál. Dále bych ráda poděkovala vedení a zaměstnancům firmy Šetelík&Oliva, kteří mě během odborné praxe dokonale zaučili v oboru a odpověděli na nejeden z mých dotazů. V neposlední řadě bych ráda vyjádřila poděkování firmě ASIO, která má skvěle zpracované podklady, které jsou nevyčerpatelným zdrojem na téma šedých vod, ale také za jejich semináře, kdy probírají danou problematiku z mnoha úhlů pohledu a odpovídají na vznesené otázky. Jmenovitě za firmu děkuji Ing. Vladimíru Jirmovi a Ing. Karlu Plotěnému.

OBSAH

PROHLÁŠENÍ ... 3
PODĚKOVÁNÍ ... 4
ANOTACE ... 7
Klíčová slova ... 7
ABSTRACT ... 8
Key words ... 8
ÚVOD ... 9
1. ODPADNÍ VODY ... 10
1.1. ČISTOTA VODY – NÁKLADY A ENERGIE ... 10
1.2. VZNIK ODPADNÍCH VOD ... 10
1.3. DĚLENÍ ODADNÍCH VOD ... 11
1.3.1. VNITŘNÍ KANALIZACE PRO ODVÁDĚNÍ ŠEDÝCH VOD ... 12
1.3.2. VNITŘNÍ VODOVOD PROVOZNÍ VODY ... 13
1.4. ČIŠTĚNÍ ŠEDÉ VODY ... 13
1.4.1. ČIŠTĚNÍ ŠEDÉ VODY BEZ VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA ... 13
1.4.2. ČIŠTĚNÍ ŠEDÉ VODY S VYUŽITÍM ODPADNÍHO TEPLA ... 14
1.4.3. ČISTÍCÍ MECHANISMUS ŠEDÉ VODY ... 15
1.4.3.1. Filtr pevných částic ... 16
1.4.3.2. Bioreaktor + zásobníková nádoba ... 17
1.4.3.3. Membránová soustava s řídím systémem ... 18
1.4.3.4. Membránová patrona C-MEM ... 19
1.4.3.5. Nosiče biomasy ... 20
1.4.3.6. Dmychadlo ... 20
1.4.3.7. Řídící jednotka ... 21
1.5. PŘÍKLAD Z PRAXE ... 21
2. DEŠŤOVÉ VODY/SRÁŽKOVÉ VODY ... 22
2.1. HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVOU VODOU ... 22
2.1.1. ČIŠTĚNÍ A NÁSLEDNÉ VYUŽITÍ SRÁŽKOVÉ VODY ... 23
2.1.2. VSAKOVÁNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD ... 26
2.1.2.1. Drenáž ... 26
2.1.2.2. Vsakovací tunel ... 27
2.1.2.3. Vsakovací boxy ... 27
2.1.3. RETENČNÍ NÁDRŽ ... 28
3. NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT A JEJICH VYHODNOCENÍ – HOTEL U STAVAŘE, VSETÍN ... 29
3.1. POPIS OBJEKTU ... 29
3.2. NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT VYUŽITÍ ODPADNÍCH VOD ... 29
3.2.1. IDEA NÁVRHU ... 29
3.2.2. VÝVOJ KONCEPCE PROJEKTU S POSTUPEM PRÁCE ... 29

3.2.3. UVAŽOVANÉ VARIANTY A JEJICH VYHODNOCENÍ 30
4. ZÁVĚR 31
4.1. EKONOMICKÝ POHLED NA VÝSLEDNÉ ŘEŠENÍ 31
4.2. PROSTOROVÝ POHLED NA VÝSLEDNÉ ŘEŠENÍ 31
4.3. VLASTNÍ ZAUJATÉ STANOVISKO NA VÝSLEDNÉ ŘEŠENÍ 31
4.4. PROJEKT HOTELU U STAVAŘE VE VSETÍNĚ 32
5. POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE INFORMACÍ 33
6. SEZNAM PŘÍLOH 34

ANOTACE

Tato práce se zabývá problematikou odpadních vod z objektů a jejich znovuvyužitím společně s dešťovými vodami. Zkoumá podrobně princip a systém fungování čistících zařízení, jeho instalaci, prostorové náklady a umístění v objektu. Výsledkem by mělo být zhodnocení, zda je systém výhodný a za jakých podmínek.

Klíčová slova

šedá voda, čištění šedých vod, dešťové vody, využití dešťových vod

ABSTRACT

The thesis deals with waste water from buildings and their reuse together with rainwater. It scrutinizes the principle and the system of the functioning of a purification device, its installation, space demands and tis placement within the building. The aim is to determine whether the system is suitable and if so then under what circumstances.

Key words

greywather, purification of greywater, rainwater, use of rainwater

ÚVOD

Základní otázkou, která je zároveň náplní této práce, je, jak efektivně naložit s odpadními vodami, tak, abychom byli schopni šetřit pitnou vodu, kterou čerpáme, upravujeme a chemicky zabezpečujeme do stavu plnohodnotné zdravotně nezávadné potraviny. Avšak stejně kvalitní vodu používáme jako dopravní prostředek pro znečištění. V době, kdy dochází k přelidnění planety a v některých jejích částech jsou silně ohroženy zdroje vody, v době, kdy se mění klima a nejsme schopni odhadnout, jak suchá léta budou v místech, kde býval vody dostatek, si myslím, že je důležité zamyslet se nad znovuvyužitím málo znehodnocené vody nejen z hlediska ekonomického, ale především ekologického. Svou myšlenku hodlám aplikovat na projekt hotelu U Stavaře ve Vsetíně, kde se budu zabývat odpadními vodami této stavby, aplikací úsporných opatření v podobě opětovného použití tzv. šedých vod, za které v této práci budu považovat vody použité ke koupání, sprchování a po očistě těla v umyvadle. Ráda bych ověřila myšlenku, že úsporná opatření lze aplikovat, byť s většími prostorovými náklady a většími vstupními investicemi na objekt hotelu a uspořit tak 40–60 % pitné vody, která by byla jinak bez většího efektu použita ke splachování. Tato opatření by měla ihned po uvedení do provozu zmenšit spotřebu pitné vody. Úspora by měla být znatelná nejen na spotřebě vody, ale zároveň na poplatcích za ni. Ráda bych do řešení zapojila i srážkové vody ze střech objektu.

Ideálním výsledkem práce by mělo být sdělení, že do daného objektu jde bez větších dispozičních úprav umístit zařízení na čistění vody a jeho zapojení do oběhu, obecné rozebrání odpadních vod s možnostmi zpětného využití s případným přispěním vod srážkových.

1. ODPADNÍ VODY

Text této (první) kapitoly je kombinací více zdrojů uvedených v seznamu použité literatury. Jednotlivé části nebudou odkazovány, protože není zcela jasné kdy se jedná o interpretaci zdroje a kdy o vlastní myšlenku. V případě doslovné citace je na konci citace uveden zdroj v informativní podobě.

1.1. ČISTOTA VODY – NÁKLADY A ENERGIE

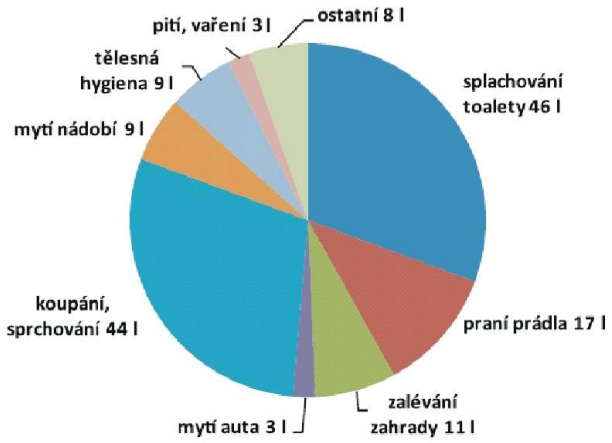
„Praxe moderních společností prokázala, že je nutné velmi důsledně pečovat o čistotu vod za vynaložení vysokých finančních výdajů. Pokud se tak neděje, dochází k jejich znečišťování, což nejrůznějším způsobem škodí lidské společnosti. Znečištěné vody se stávají zdrojem infekčních chorob, toxicity a příčinou otrav jak ve vodě žijících živočichů, tak potenciálně suchozemských živočichů včetně člověka. Vodu pak nelze používat v zemědělství a v některých průmyslových odvětvích (potravinářství).“ Strategie udržitelného rozvoje, Pavel Nováček, Peter Mederly a kolektiv, str. 47

Čištění a kvalita vody jsou přímo závislé na zdrojích energie.

„Snížení nákladů za energii se v současné době stává hlavní prioritou pro provozovatele vodohospodářských a čistírenských infrastruktur. Pokles růstu ekonomiky, vzrůstající cena a spotřeba energie a stále přísnější nároky na kvalitu vyčištěné odpadní vody jsou jedny z hlavních faktorů vedoucích k tlaku na energetickou optimalizaci … Zatímco jinde je normální v zemích s nedostatkem vody vyčištěnou odpadní vodu recyklovat a zároveň optimalizovat spotřebu energie s využitím alternativních zdrojů energie, u nás panuje poměrně konzervativní přístup. … Spotřeba energie patří mezi významné provozní náklady na čistírnách odpadních vod a tvoří cca 15-30 % nákladů na větších čistírnách a 30-40 % na menších čistírnách.“ Kolektiv autorů, časopis Vodní hospodářství, vydání 02/2012, článek Energetický potenciál odpadních vod, str. 42

Vzhledem k rostoucím cenám nejen za vodu, ale i za energie, je znovuvyužitím odpadních vod v objektu cestou k šetření nejen vodou, ale i energií velkých čistírenských zařízení.

1.2. VZNIK ODPADNÍCH VOD



Obr.1 – Průměrná spotřeba vody v domácnosti

Voda je chemická sloučenina vodíku a kyslíku a tvoří základní biogenní látku na Zemi. Je nezbytná k životu, a proto je nutno s ní zacházet s rozumem, zvláště pak, pokud existují místa na Zemi, kde je vody nedostatek.

Zákon 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví stanovuje, že „pitnou vodou“ je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě

jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami, a to bez ohledu na její původ a způsob dodání. Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví.

Ve většině domácností je prioritně ke všem činnostem užívaná voda pitná, ale jen několik procent jí je opravdu vypito a použito v místech, kde je pitná voda nezbytností – např. při vaření, mytí nádobí, či koupeli.

Při koupeli v průměrně velké vaně spotřebujeme najednou 150 l vody (při průměrné 10 min sprše se spotřeba vody pohybuje kolem 50 % oproti koupeli ve vaně), která po mírném znečištění odteče do kanalizace bez většího užitku. Tato voda je znečištěna pouze saponáty a drobnými mechanickými nečistotami jako jsou např. vlasy, částečky kůže atd. Stejně mírně znehodnocená pitná voda nám vzniká po omytí těla či pouze rukou v umyvadle.

Odpadní vody, které vznikají v kuchyňských provozech, ať už z domácností, jídelen či restaurací, nejsou příliš vhodné pro jejich zpětné použití, protože obsahují částečky jídla a tuky – těžko odstranitelné látky. Lze je využít, ovšem znamená to vyšší provozní náklady na zařízení, častější čištění a náročnější údržbu. Méně vhodné jsou i vody vznikající po vyprání prádla, kde je obsaženo vysoké procento pracích látek.

Po spláchnutí toalety a pánských pisoárů vzniká odpadní voda, která je nevhodná pro domácí přečištění a druhotné požití v objektu, a právě tuto vodu je možno nahradit tzv. „šedou vodou“ – voda ze sprch a koupelen, která je naopak pro domácí přečištění ideální.

Zvýšená produkce šedých vod je zejména v hotelích, bazénech, saunách, restauracích a podobných zařízeních občanské vybavenosti, kde se pohybuje větší množství lidí či se tam pravidelně scházejí. Rozsah spotřeby je dán vybavením hotelu, zejména přítomností wellness centra, sauny, bazénu a způsobu udržování kuchyně.

1.3. DĚLENÍ ODADNÍCH VOD

Zaměříme-li se na objekt hotelu, pak nám vznikají tyto druhy odpadních vod:

- hnědá voda – fekálie
- žlutá voda – moč
- černá voda – mix hnědé a žluté vody
- šedá voda

Chceme-li se zabývat recyklací hnědých a žlutých vod, musíme provést opatření, která povedou k odloučení těchto vod od zbylých odpadních splaškových vod, v první řadě např. samostatný okruh pro pánské pisoáry, jsou-li naistalovány, tak i pro dámské pisoáry. Dále můžeme použít bezvodé zařizovací předměty a sbírat čistou moč. Tu lze využít např. k hnojení, což není v našich zemích typické a rozšířené řešení vzhledem k tomu, že se lidské fekálie snažíme urychleně odklízet z našeho pozemku buďto zcela pryč splaškovou kanalizací nebo do septiku a „dělat, že se nás to netýká“. Použitím bezvodých zařizovacích předmětů šetříme 100 % vody ke splachování.

Budeme-li se zabývat recyklací hnědé vody, máme dvě možnosti. Buďto užijeme ke splachování vodu, kterou následně pročistíme a oddělíme od ní fekálie do samostatné jímky, která bude v pravidelných intervalech vyvážena nebo užijeme suchý záchod. V dnešní době nabízí trh velké množství produktů přes chemické záchody až po typy, kde se „výtvory“ zasypávají pilinami. Toto řešení je ideální např. do chatařských oblastí, kde není možnost napojení se na veřejnou kanalizaci nebo do objektů, které jsou

využívány pouze sezóně či nejsou napojeny na veřejný vodovod – čerpají vodu z vlastních zdrojů.

Šedá voda, která dostala svoje pojmenování na základě nezaměnitelné barvy, vzniká především jako produkt sprchování a osobní hygieny člověka. Má největší potenciál a možnosti k domácímu čištění a znovupoužití. Její výhoda pro opětovné využití spočívá v tom, že jsou minimálně znečištěny a jejich úprava není zas tak náročná, navíc lze využít tepla, které je v nich obsaženo. Po vyčištění šedé vody vznikne tzv. „bílá voda“, kterou lze využívat jako vodu provozní. U šedých vod se pH liší podle způsobu vzniku. U komunálních vod se pH pohybuje v rozmezí 7-8. Zejména vody z praní jsou zásadité (pH=9-10), oproti tomu vody z klasických kuchyní jsou spíše kyselejší. V pojednání jsou uvažovány vzhledem k povaze objektu pouze vody vznikající osobní hygienou, jejichž znečištění je převážně z mýdel a šamponů. Teplota odpadních šedých vod se pohybuje v rozmezí 18–38 ˚C, neboť pro hygienické účely se užívá teplá voda. *(hodnoty Teplota a pH přejaty z článku www.asio.cz – Znovuvyužití šedých vod a dešťových vod v budovách ze dne 12.7.2012, použito dne 19.3.2017)*

Zdroje šedé vody (1 EO)		
Průměrná doba sprchování	8	min
Průtok vody	10	l/min
Sprcha	1,25	prům. počet za den
Použití umyvadla	3	osoba/den
Praní	57	l/prací dávka
Praní	0,33	dávka/osoba/den
Celkový průtok sprchy	95	l/den
Celkové množství z umyvadel	11	l/den
Celkové množství z praní	18,5	l/den
Celková spotřeba vody	125	l/den

Tab. 1 - Předpokládaný objem šedé vody pro jednotlivé činnosti

1.3.1. VNITŘNÍ KANALIZACE PRO ODVÁDĚNÍ ŠEDÝCH VOD

„Pro vnitřní kanalizaci platí ČSN EN 12056 (pro kanalizaci uvnitř budov) a ČSN 756760 (pro kanalizaci v rámci nemovitosti, tedy i vně budov). V ČSN EN 12056-2 je na oddělení šedé a černé vody pamatováno v systému vnitřní kanalizace č.VI. Tento systém předpokládá použití dvou splaškových odpadních potrubí, kdy jedno odpadní potrubí odvádí černou vodu ze záchodových mís a pisoárů a druhé odpadní potrubí odvádí šedou vodu ze všech ostatních zařizovacích předmětů. Vnitřní kanalizace pro odvádění šedých vod i přebytečné vody z jímky musí být větrána. Rovněž všechny jímky (nádrže) musí být odvětrány.“ Kolektiv autorů, časopis Vodní hospodářství, vydání 02/2012, článek Šedé vody – možnosti jejich energetického potenciálu a způsoby jejich čištění a znovupoužití, str. 62

1.3.2. VNITŘNÍ VODOVOD PROVOZNÍ VODY

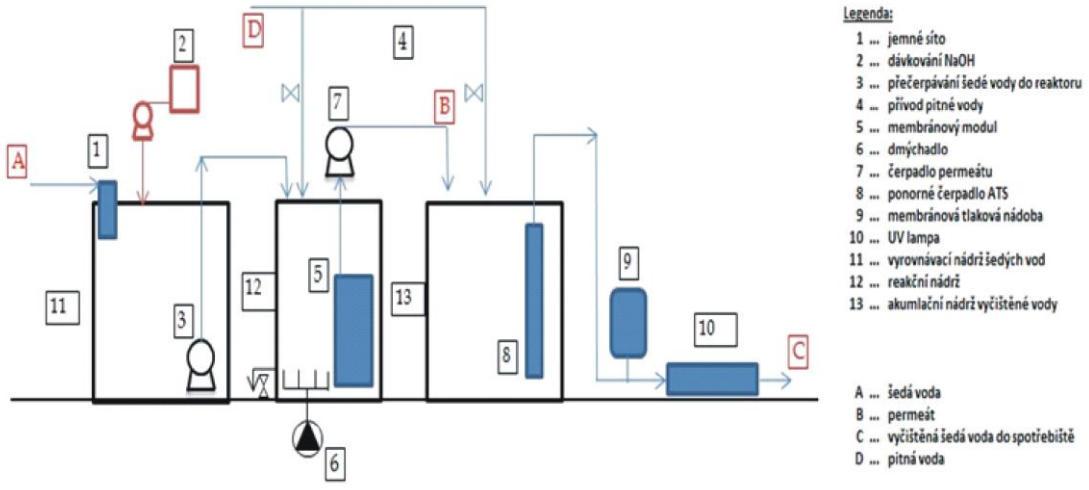
„Provozní voda, která vznikla úpravou šedé vody, se nazývá voda bílá. Jedná se o vodu nepitnou. Vodovod provozní vody slouží k rozvodu této vody k výtokovým armaturám a splachovačům a navrhuje se, provádí a zkouší podle ČSN EN 806 a ČSN 73 6660. Důležité je označení potrubí a armatur, zejména výtokových, určených pro provozní (nepitnou) vodu, na což upozorňuje ČSN EN 806-4. V ČSN EN 806-2 jsou uvedeny zásady pro toto označení a symbol pro nepitnou vodu. Místa použití systému šedých vod by měla být jasně označena nápisem „Nepitná voda“ nebo zákazovou značkou tak, aby uživatelé a personál údržby si byli vědomi, že zde není pitná voda.

Potrubí pro rozvod provozní vody nesmí být přímo spojováno s potrubím pitné vody. Při řešení doplňování systému využité šedé vody pitnou vodou je třeba vodovod pitné vody chránit proti možnému zpětnému průtoku nepitné (provozní vody) podle ČSN EN 1717.“ Kolektiv autorů, časopis Vodní hospodářství, vydání 02/2012, článek Šedé vody – možnosti jejich energetického potenciálu a způsoby jejich čištění a znovupoužití, str. 62

1.4. ČIŠTĚNÍ ŠEDÉ VODY

Čištění šedé vody bude popsáno a demonstrováno na výrobcích firmy ASIO, které jsou navrženy i v projektové dokumentaci řešeného objektu hotelu U Stavaře ve Vsetíně.

1.4.1. ČIŠTĚNÍ ŠEDÉ VODY BEZ VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA

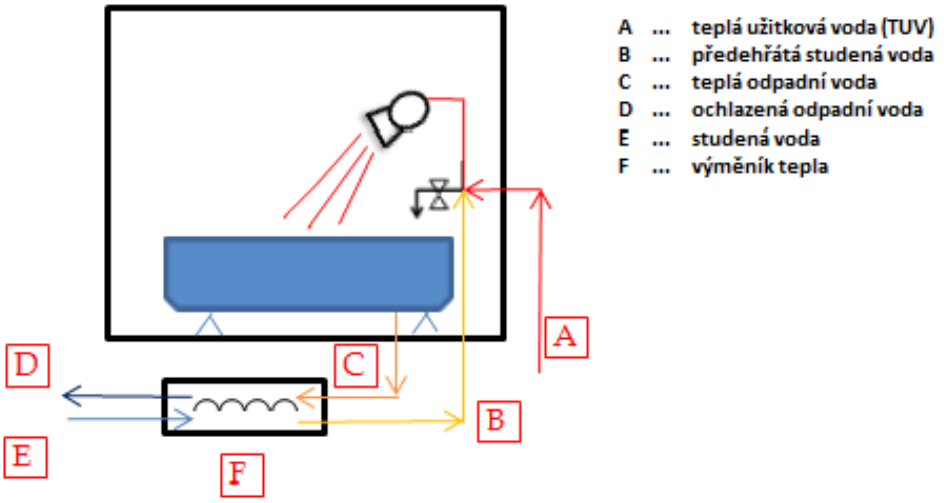


Obr.2 – Schéma uspořádání zařízení na čištění šedých vod – bez rekuperace tepla

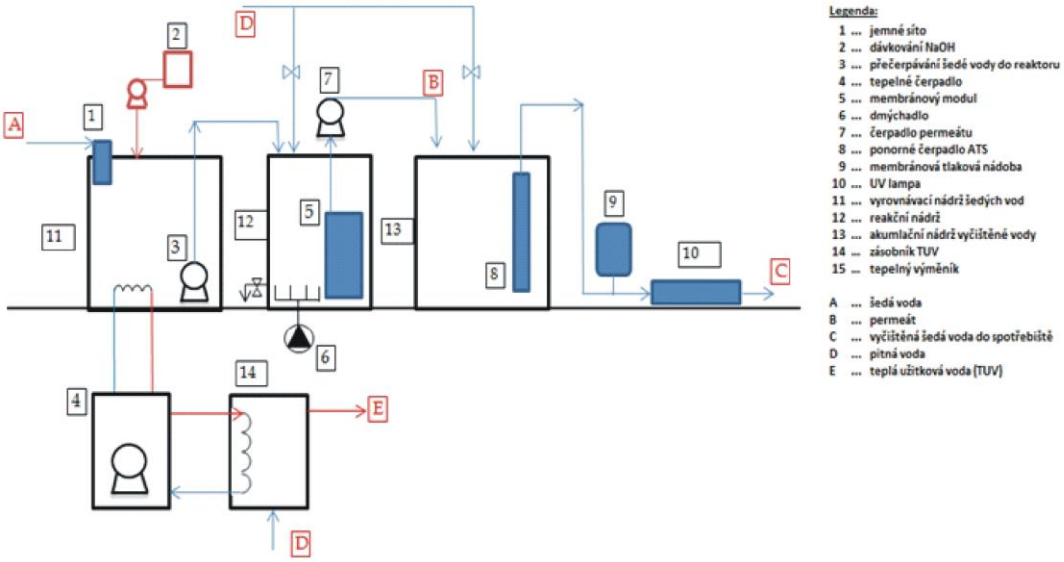
„V minulosti se často používaly i přírodní způsoby – usazování a filtrace na půdním filtru. Tyto metody se používají i dnes, ale většinou jen u chat apod. Pro větší objekty je standardem biologické čištění, separace nerozpuštěných látek a jejich hygienické zabezpečení V minulosti to byly spíše extenzivnější postupy – aktivace s plovoucím nosičem a písková filtrace. Dnes už většina výrobců nabízí biologický reaktor s membránovou separací – VIZ schéma výše – a to z důvodu nižších prostorových nároků (úspora plochy až 50 % plochy). Někdy je součástí i hygienické

zabezpečení, i když membrány samy o sobě tuto schopnost již mají.“ (článek www.asio.cz – Znovuvyužití šedých a dešťových vod v budovách, 19.3.2017)

1.4.2. ČIŠTĚNÍ ŠEDÉ VODY S VYUŽITÍM ODPADNÍHO TEPLA



Obr.3 - Lokální rekuperace tepla z šedých vod



Obr.4 - Schéma uspořádání zařízení na čištění šedých vod se zpětnou centrální rekuperací tepla

„Dalším aspektem využití odpadních šedých vod, který nemůžeme pominout, je značný tepelný potenciál, obsažený v šedých vodách. Její využití se přímo nabízí. Důvody jsou hned dva – je v nich obsaženo více tepla než v jiných vodách a jsou relativně čisté. Minimalizuje se tak největší problém v této oblasti, a to usazování nečistot na výměnících.

Teplota šedé vody je různá a závislá na mnoha faktorech, jako je návštěvnost zařízení, typ směnného provozu atd. Z tohoto důvodu je důležité individuální posouzení každého objektu. Z těchto důvodů bude ekonomické hledisko lepší tam, kde je vyšší produkce odpadních vod a kde se vypouští voda s vyšší teplotou. Obnova tepla ze

šedých vod je jedním ze způsobů, jak snížit náklady na ohřev teplé TUV (teplé užitkové vody), popřípadě na vytápění objektu.

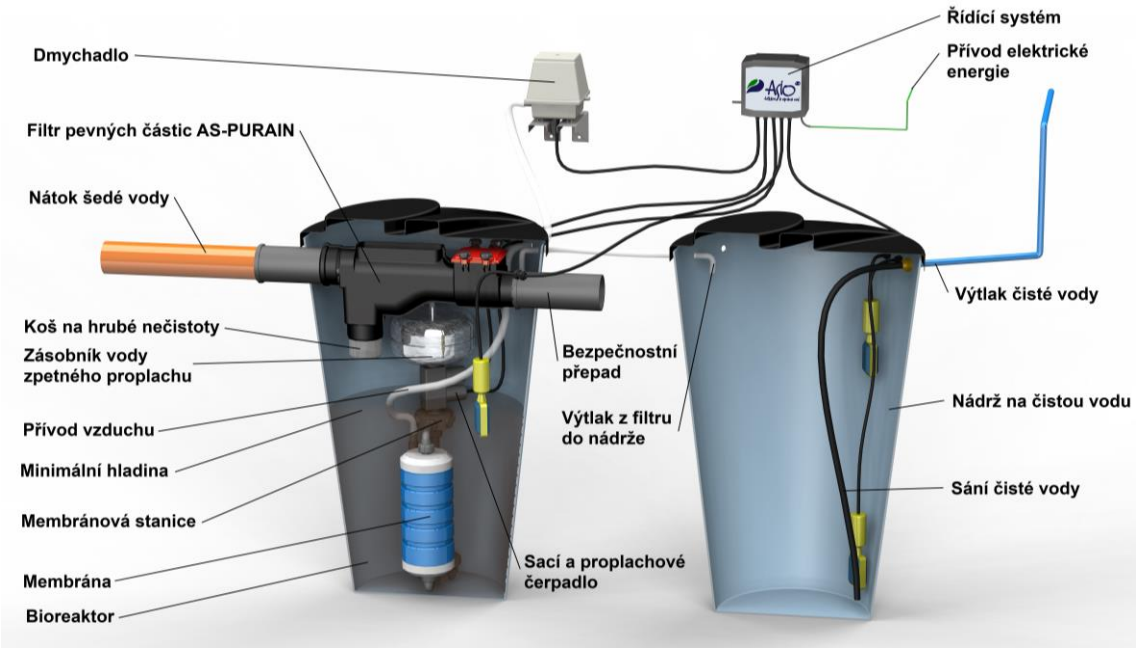
Spotřeba energie na ohřev teplé užitkové vody (TUV), která tvoří velkou část šedých vod, tvoří dnes přibližně 25 % celkových nákladů na energie v objektech a 25-75 % v domácnostech, které vložíme do ohřátí TUV (čím kvalitnější je dům např. pasivní, tím je poměr potřeby tepla pro ohřev TUV vyšší).“ (článek www.asio.cz – Energie šedých vod, 19.5.2017)

Rozhodující řešení bude záviset na typu objektu, kde má být zařízení naistalováno. Lokální rekuperace tepla je vhodná pro menší objekty typu rodinný dům, kde není průtok odpadních vod příliš velký a teplo přichází nárazově, ne v pravidelných delších intervalech. Centrální rekuperace je naopak vhodná pro objekty většího rozsahu s vyšší spotřebou teplé vody. Do systému se připojí tepelné čerpadlo, které akumuluje teplou vodu v zásobníku. Ta může být následně dohřáta na požadovanou teplotu pro vytápění či využita znovu jako teplá voda k osobní hygieně.

Obr. 5 – AS SPRCHA pro lokální rekuperaci tepla z šedé vody

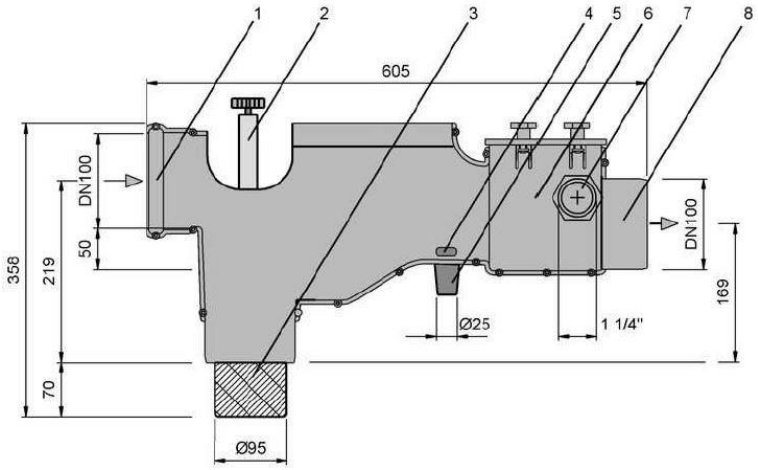
1.4.3. ČISTÍCÍ MECHANISMUS ŠEDÉ VODY

Principem čištění jsou dvě spojené nádoby – bioreaktor a nádrž na čistou vodu. Odpadní voda natéká přes filtr mechanických nečistot do reakční nádrže – bioreaktoru, kde se voda biologicky čistí. V reakční nádrži je osazen membránový modul. Nad membránovým modulem je umístěno čerpadlo, které pod tlakem odsává vodu přes membrány a odvádí již vyčištěnou vodu do akumulační nádrže vyčištěné vody. Voda z akumulační nádrže je čerpána do systému rozvodu vody. Reakční nádoba je opatřena havarijním přepadem, který je napojen na kanalizaci. Je využívám k proplachu filtru pevných částic. Systém je možno doplňovat zdrojem pitné vody, kdyby došlo k vyčerpání zásoby vyčištěné vody připravené k znovuvyužití.



Obr. 6 – Systém pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP

1.4.3.1. Filtr pevných částic



Obr. 7 – Filtr pevných částic

1 – Připojovací hrdlo/Přítok
2 – Držák vyjímatelného sítového držáku
3 – Sítový filtr
4 – Sběrač přetékající vody
5 – Sací ventil s napojením na hadici
6 – Zpětný ventil
7 – Napojení čerpadla přebytečného kalu
8 -Odtok/Bezpečnostní přepad

Hrubé nečistoty jsou zachyceny na vyjímatelném sítovém filtru. Integrovaný zpětný ventil zabraňuje zpětnému toku vody, zabraňuje vniknutí malých zvířat z kanalizace do nádrže. Při každém větším zatížení – větším průtoku – jsou automaticky odtahovány sedimenty ze dna nádrže přes sací ventil filtru. Pokud je průtok ještě větší a sací ventil nestačí odtahovat přitékající vodu, voda přepadává do integrovaného sběrače a tím čistí plovoucí nečistoty (pěna, oleje apod.) z hladiny. Další výhodou je možnost připojení čerpadla kalu. Toto umožňuje v nastavených intervalech odtah přebytečného kalu přímo do kanalizace. Vyjímatelný sítový filtr je dle potřeby nutno čistit a proplachovat, aby byla zajištěna správná funkce systému. Interval nelze stanovit univerzálně. Nutno ho vypozorovat na základě intenzity užívání a množství nečistot.

1.4.3.2. Bioreaktor + zásobníková nádoba

Bioreaktor a zásobníková nádoba jsou nádrže o stejném objemu. Dimenzují se na základě produkce šedé vody užívání objektu. Z bioreaktoru je voda čerpadlem dopravována do zásobníkové nádoby.

Díky tvaru nádrží je umožněna instalace obou nádrží uvnitř objektu. Jsou-li nádrže větší a jejich umístění není možné uvnitř objektu, lze tyto nádrže umístit vně objektu. Je však nutno zachovat je přístupné z důvodu čistění a kontroly membránového systému.

Chceme-li zvýšit kvalitu uložení vyčištěné vody, umístíme nádrž vně objektu, aby byla zajištěna co možná nejmenší výchylka teplot působících na nádobu. Toto řešení je výhodné, chceme-li vodu využívat k zálivce či pro mytí aut.

Výpočet pro dimenzi nádrží – vypočtenou množství vody ze spláchnutí toalet a pisoárů, uvažováno 75 % vytížení objektu

Splachovací objem	Počet použití během dne	Počet měrných jednotek	Vypočtený objem v l/den
q_o	p	n	Q
6	1	68	408
3	2	48	288
1,5	2	48	144
		$Q_{WC=}$	**840**

Tab. 2 – POTŘEBA ŠEDÉ VODY – Dimenze velikosti nádrže vzhledem k potřebě šedé vody. Uvažováno pouze s vodou potřebnou ke spláchnutí toalet a pisoárů. Hodnoty dosazeny na základě počítané obsazenosti hotelu 75 % a s úvahou standartního provozu, který je klidný, pouze v době oběda a večeří se vychýlí z normálu, díky restauraci.

Tab.1 - stanovení potřeby šedé vody dle funkce

Druh budovy	Vybavení	Produkce šedé vody		Výpočet
		Měrná jednotka	Produkce šedé vody na měrnou jednotku a den	Počet měrných jednotek
			q_{prod} (l/den)	n_{mj}
Hotel	Koupelny se sprchou	lůžko	90	13
	Koupelny s vanou[1)]	lůžko	150	2
	Prádelna	lůžko	14	0
Administrativní budova	Umyvadla	osoba	12	20
	Čajové kuchyňky	osoba	5	0
	Sprchy[2)]	osoba	2	0
[1)] Nutno uvážit, zda nebudou vany používány jako sprchy.				
[2)] Příležitostné sprchy.				
[3)] Pokud jsou v budově záchody pro zákazníky.				

Tab.2 - stanovení potřeby šedé vody dle druhu činnosti

Druh činnosti	Produkce šedé vody pro příslušnou činnost	Výpočet – počet činností stejného druhu prováděných během dne
	$q_{č}$ (l)	$n_{č}$
Mytí rukou[1)]	3	100
Mytí těla v umyvadle	15	30
Sprchování (běžná sprcha)[1)]	45	13
Koupel ve vaně	120	2
[1)] Platí pro běžné výtokové armatury. U výtokových armatur se samočinným uzavíráním se produkce šedé vody může stanovit podle počtu otevření při jedné činnosti, průtoku výtokovou armaturou (podle údajů výrobce armatury) a doby výtoku po jednom otevření.		

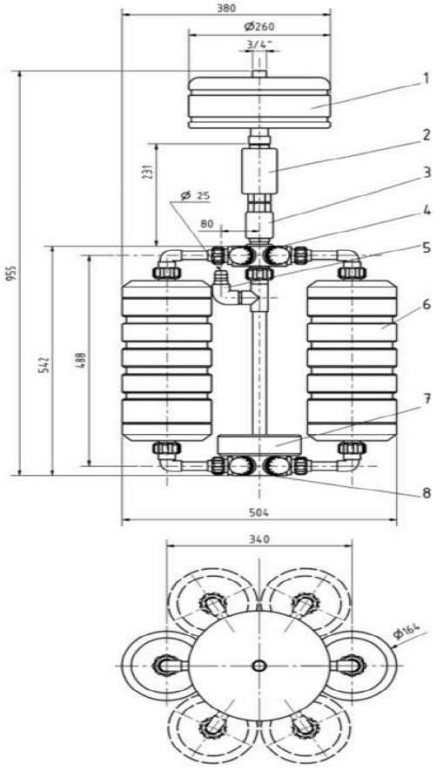
Vypočtená produkce šedé vody součtovou metodou:

$Q_{prod,sm}$	3285	l/den

Tab. 3 – Výpočet produkce šedé vody pomocí součtové metody

Z výpočtů vyplývá, že produkce šedé vody v hotelu je skoro čtyř-násobná oproti potřebě. Z čísel je jasné, že jsme schopni ušetřit veškerou odebranou vodu z vodovodního řádu na splachování a nahradit ji recyklovanou vodou. Technologie by měla mít díky svému fungování a nárokům na údržbu návratnost přibližně 10 let. Poté by měla začít šetřit naše peněženky. Budeme-li uvažovat návrhovou životnost budov 50 let, tak 4/5 své životnosti budova šetří vodu.

1.4.3.3. Membránová soustava s řídím systémem



Obr. 8 – Membránový systém
1 – Zásobní nádrž poplachové vody
2 – Čerpadlo proplachu
3 – Čerpadlo permeátu
4 – Sběrný port permeátu
5 – Připojení tlakového vzduchu
6 – Membránové patrony
7 – Závaží
8 – Rozdělovací port provzdušňování

„Membránová stanice může být osazena maximálně 6 membránovými patronami. Stanice je umístěna vertikálně v biologickém reaktoru (nádrži) a je k ní připojena hadice na odtah permeátu (vyčištěné provozní vody). V závislosti na počtu membrán je stanice osazena závažím, aby zůstala stabilní i během provzdušňování. Symetrické umístění patron zaručuje rovnoměrný odtah vyčištěné vody čerpadlem do nádrže vyčištěné provozní vody. Maximální čerpaná

výška je 3 m, aby byl zajištěn odpovídající čerpací tlak. Membrána/y jsou automaticky čištěny (ze zásobní nádrže poplachové vody umístěné nad čerpadlem) v pravidelných intervalech k zajištění stálého průtoku a delší životnosti membrán. Kromě čištění zpětným proplachem, je membrána pravidelně oplachována vzduchem, aby se uvolnily vlákna z vkladů. Za tímto účelem je membrána napojena na zdroj tlakového vzduchu (dmychadlo umístěné vně nádrže). Vzduch je rovnoměrně rozdělen pod všechny membrány. Zároveň je tímto způsobem dodáván potřebný kyslík pro biologické procesy. Pro větší čistírny je možno zapojit několik stanic paralelně vedle sebe." (AS-QW/AQUALOOP – Projekční a instalační podklady, str. 30)

1.4.3.4. Membránová patrona C-MEM

Speciální organická vlákna jsou využívány pro filtraci pomocí patentově chráněné technologie C-MEM. Základním principem je filtrace přes dutá porézní vlákna s mikropóry. Vlákna mají vnější průměr menší než 1 mm. Jedná se o stovky vláken, které jsou svázány dohromady a vytváří dostatečnou plochu s tím pádem dostatečný průtok. Patrona má připojení na obvod vyčištěné vody (permeátu), na přívod tlakového vzduchu, který zajišťuje čištění membrán.

VÝHODY MEMBRÁNOVÉHO SYSTÉMU:

- vlákna jsou uložena kazetě, tím je zajištěna jejich ochrana před mechanickým poškozením
- každá patrona má filtrační plochu 6 m^2 – malé prostorové nároky
- odstraňuje až 99,99 % bakterií a 99,7 % procent virů, velikost pórů je 0,1 až 0,3 mikronu
- při filtraci pomocí C-MEM nevznikají další vedlejší produkty
- v jednom kroku filtrace se oddělí jak nerozpuštěné látky, tak i viry a bakterie
- životnost modulu je až 10 let, záleží na zatížení, moduly jsou snadno vyměnitelné
- membránová vlákna jsou hydrofilní, vysušením membrány nedojde k jejímu poškození
- speciální přísady zabraňují růstu mikroorganismů
- membrána je odolná proti kyselinám, zásadám a detergentům obsahujícím chlor
- proplachovací tlak 3 bary
- více jak 10letá praxe s užíváním
- difuzor vytváří vzduchové bubliny, které čistí jednotlivá vlákna a vytváří efekt víření
- není nutná kontinuální dodávka vzduchu; vzduch je užíván efektně jak k provzdušnění, tak i k aeraci[1], tím se šetří energie
- patrona umožňuje čištění membrány i chemickými prostředky bez ovlivnění biologických procesů
- velice kvalitní vyčištěná voda (bez bakterií a kalu)
- velice stabilní provoz nezávislý na průběhu zatížení

[1] Aerace – provzdušňování vody: slouží k promíchávání vodního sloupce v nádrži, kdy je mísena voda z horní vrstvy a spodní vrstvy nade dnem; očekávaným výsledkem je rychlejší odbourávání látek rozpuštěných ve vodě

NEVÝHODY MEMBRÁNOVÉHO SYSTÉMU:

- vyšší potřeba elektrické energie
- znečištění membrány zvyšuje potřebný filtrační tlak
- dochází k ucpání membrán (olej, tuky, …)
- omezená možnost zpětného proplachu u deskových membrán
- čištění membrán pomocí chemikálií a s tím spojené větší náklady na údržbu
- nízká životnost

Všechny tyto nevýhody se dají odstranit pomocí novějších technologických postupů výroby membrán, kvalitnějším předčištěním, udržováním správného množství kalu a to tak, aby mohly být tyto technologie využité v široké škále aplikací.

CHEMICKÉ ČIŠTĚNÍ SE ZPĚTNÝM CHODEM

Kyselé čištění: 2 % kyselina citronová (pH 2)
Alkalické čištění: 0,25 % NaOCl (při Ph 10-11)

Čištění může probíhat 1x týdně až 1x ročně. Záleží na vytížení membrán a kvalitě vody a hrubého čištění přicházející vody.

1.4.3.5. Nosiče biomasy

Obr. 9 – Technik přidává do bioreaktoru nosiče biomasy.

Po hrubé filtraci je voda přímo směřována do membránového reaktoru. Kontinuální biodegradace pomocí bakterií je prováděna v provzdušněném fluidním lóži. Několik týdnů po uvedení do provozu, se biomasa usadí na nosičích. Jedná se o speciální tvarové částice s velkou plochou k usazování. Vzduch potřebný pro optimální zásobování kyslíkem je dodáván přes membránovou jednotku. Tato ověřená technologie je dlouhodobě používána u malých čistíren odpadních vod. Nosiče plavou nebo jsou udržovány ve vznosu pomocí vháněného vzduchu. Automaticky se zbavují přebytečné biomasy, která je buď přímo odtahována čerpadlem přebytečného kalu, nebo řízeně odplavována přetečením.

1.4.3.6. Dmychadlo

Dmychadlo vhání kyslík do bioreaktoru, který je zároveň veden pod membránovou stanici, kde průchodem kolem membrán čistí membrány od usazenin. Každá kazeta/patrona spotřebuje přibližně 30 l vzduchu za minutu. Díky dmychadlu jsme schopni vyčistit vodu do tak vysoké kvality a udržet membrány po dobu přibližně 10 let v provozu.

1.4.3.7. Řídící jednotka

Každá stanice/sestava má svou řídcí jednotku. Provoz celé čistírny je plně automatický a lze ho individuálně nastavit dle potřeb uživatele. Jednotlivé provozní stavy je možno sledovat na LCD monitoru a případně je upravit.

VÝHODY ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY:

- jednotka reaguje na počet vestavěných membránových systému a přiměřeně dělí výkon a množství čerpané vody mezi ně, čímž šetří čerpadlo a prodlužuje životnost jak jeho, tak membrán
- v pravidelných intervalech zapíná proplachovací mód
- hlídá hladinu kalu a reguluje ji jeho odčerpáváním, čím zjednodušuje systém a náročnost údržby
- v případě rovnosti, nebo vyšší spotřeby šedé vody, než je její produkce je jednotka schopna přiměřeně doplňovat nádobu s vyčištěnou vodou pitnou vodou z vodovodního řadu
- lze nastavit režim pro dovolenou či plánovanou odstávku vody
- možnost propojit s řídícím systémem celé budovy → tzv. „inteligentní budovy“
- v případě zájmu uživatele lze nastavit přídavné napájení domácích vodních děl jako např. jezírka

1.5. PŘÍKLAD Z PRAXE

Příklad využití odpadních vod v praxi lze najít např. v karlovarském bazénovém centru u KV Arény. Zde se využívá odpadní voda z bazénů, která je vedena ke sprchám v šatnách. U sprch se nachází štítek s nápisem: Recyklovaná voda. Návštěvníci mají ovšem na výběr, ne všechny sprchy jsou napojeny na zdroj recyklované vody. Díky nízké chloraci bazénové vody stačí vodu pouze přečistit od mechanických nečistot (vlasy, částečky kůže, náplasti apod.) a je možno ji pustit do oběhu umýváren.

Jediné, na co jsem nedostala odpověď od technika bazénového centra je, jak je řešen problém moči v bazénové vodě, když je po přečištění posílána rovnou do sprch.

Zajímavostí bylo využití několika způsobu pročišťování vody v bazénových okruzích. Spolu s filtry a filtracemi je zde využito UV-záření, a to v pročišťování vody do dětských bazénů, kde je voda teplejší a její čištění je tudíž složitější. [2]

[2] Informace získány při návštěvě bazénového centra a po prohlídce s nejmenovaným technikem bazénového centra.

2. DEŠŤOVÉ VODY/SRÁŽKOVÉ VODY

Text této (druhé) kapitoly je kombinací více zdrojů uvedených v seznamu použité literatury. Jednotlivé části nebudou odkazovány, protože není zcela jasné kdy se jedná o interpretaci zdroje a kdy o vlastní myšlenku. V případě doslovné citace je na konci citace uveden zdroj v informativní podobě.

Srážkovou vodu, lidově řečeno „dešťovku“, využívají lidé od pradávna jako výpomoc především na zavlažování. Často je domáckým způsobem zadržována i dnes. I na většině zahrádek, u chat a zahradních domků vidíme sud, plastový barel či jinou alternativu nádoby se svodem ze střechy na dešťovou vodu. Ovšem v dnešní době není již tato voda využívána pouze k zavlažování, ale také například k mytí aut či k praní, protože díky nižšímu obsahu minerálů je potřeba k praní v dešťové vodě méně pracích prostředků.

Téma využití dešťových vod je poslední dobou čím dál aktuálnější vzhledem k měnícímu se klimatu, kdy dochází k přesunu vody po planetě nejen vlivem globálního oteplování. Oblasti, kde bylo dříve vody dostatek jsou nyní postiženy suchem. V posledních letech si můžeme všimnout dvou extrémů – extrémní deště způsobující lokální záplavy a odplavování tak orné půdy střídají dlouho trvající sucha. Vlivem hospodaření člověka v přírodě dochází k poklesu hladin podzemní vody. Jedním z faktorů je malé procento vsakování dešťových vod a jejich svádění do dešťové kanalizace, což má za následek odvodňování oblastí.

Využití dešťových vod považují mnozí lidé za ideální řešení především z pohledu zdraví. Určité procento respondentů zastává názor, že neexistuje čistější voda, co se týče reziduí /léků, hormonů či jiných složitých organických látek) a podporují myšlenku nahrazení pitné vody pročištěnou vodou dešťovou.

Nevýhodou srážkových vod je jejich vydatnost a přísun. Nejsme schopni odhadnout kdy a jak vydatně bude pršet a zda nám naakumulovaná voda pokryje spotřebu v období mezi dešti. Ovšem oproti pitné vodě z vodovodního řadu má jednu nesrovnatelnou výhodu v podobě stočného, proto se systémy s dešťovou vodou volí jako druhotné a jsou-li prioritní, jsou vždy napojeny na vodovodní řad, aby bylo možno systém doplnit.

2.1. HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVOU VODOU

Konkrétní řešení pro dešťovou vodu bude jiné u rodinných domů, jiné u průmyslových či zemědělských objektů. Princip zpracování je však vždy stejný. Krom obyčejného vypuštění srážkové vody do kanalizace existují obecně 3 způsoby jejího zpracování:

- akumulace a využití
- vsakování
- retenční nádrž

Využití srážkových vod nabývá na významu, a to hlavně díky kvalitě technologií, které jsou schopny uvést vodu do stavu zdravotně nezávadného (dle české legislativy nelze z dešťové vody doma vyrobit vodu pitnou, ale pouze zdravotně nezávadnou).

Většina lidí však využívá dešťovou vodu převážně na zahradě k účelům zavlažování, ke sprchování v podobě jednoduchých zahradních sprch což je často spojeno se solárním ohřevem této vody většinou v podobě černě natřené akumulační nádrže/zahradního bojleru. Další využití je např. v podobě doplňování vody do menších

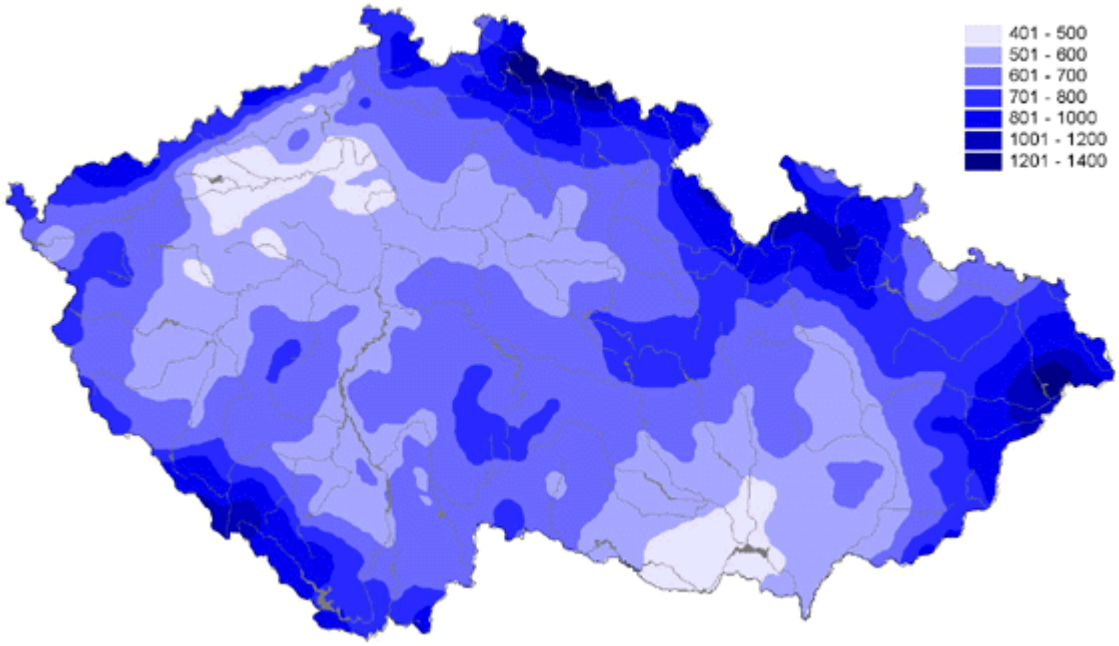
zahradních vodních děl v podobě jezírek či umělých potůčků skrze pozemek nebo také jako zdroj vody pro mytí vozového parku.

2.1.1. ČIŠTĚNÍ A NÁSLEDNÉ VYUŽITÍ SRÁŽKOVÉ VODY

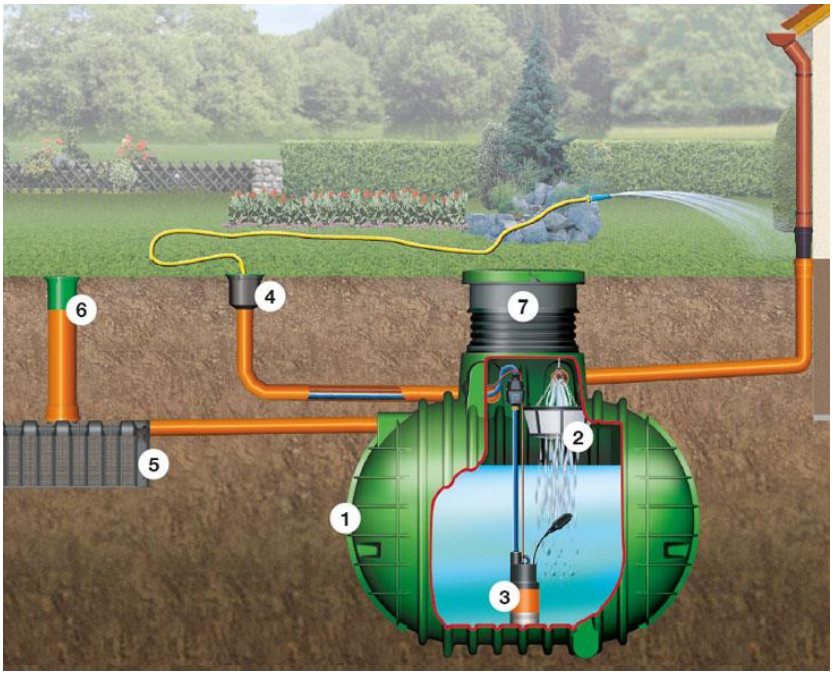
Rozhodneme-li se vodu akumulovat existují dva druhy nádob. Plastové nádoby, které se dle pokynů výrobce umístí na pozemek a mají takřka neomezenou životnost, jsou vhodné spíše pro menší objekty typu rodinný dům. Vždy je nutno zvážit, jakými tlaky bude nádoba zatěžována a také je nutno brát v úvahu hladinu podzemní vody. Podmínkou je také umístění nádoby na pozemku. Většina těchto řešení neumožňuje umístění nádoby pod pojezdovou nebo parkovací plochu. Takové řešení musí být řešeno individuálně a vyžaduje vyšší vstupní náklady. Pro rodinný dům se pohybuje velikost nádrže mezi 3 až 4 m^3.

Pro větší objekty jsou ve větší míře navrhovány nádrže betonové. Velikost je nutno vypočíst. Hlavní fakta pro výpočet jsou:

- oblast, ve které se nádrž nachází vzhledem ke srážkovým úhrnům a vydatnosti dešťů dané lokality
- funkce, ke kterým bude voda využívána
- počet osob, které budou vodu využívat, je-li voda vedena do objektu např. k účelům splachování toalet a pisoárů



Obr. 10 – Mapa srážkových úhrnů České republiky



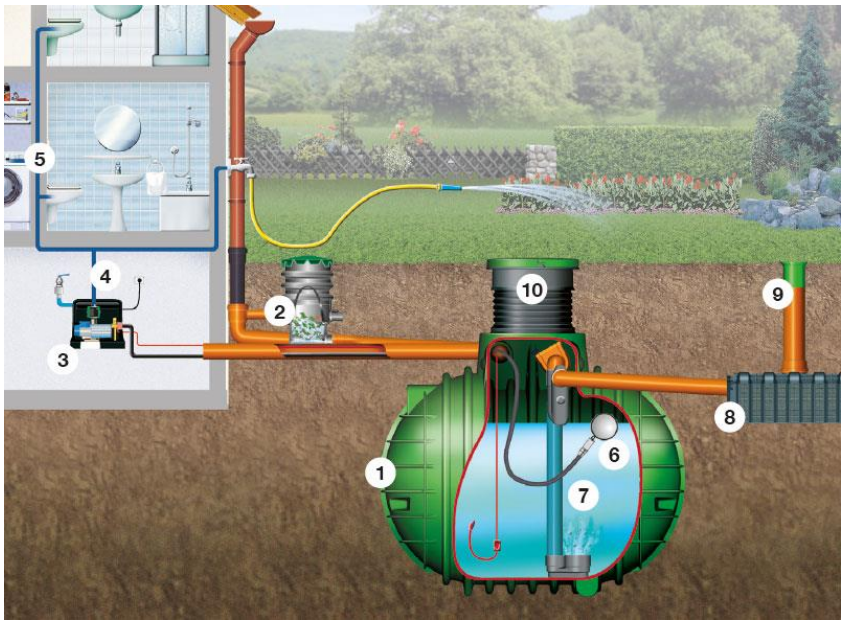
Obr. 11 – Sestava pro využívání dešťové vody na zahradě
1 – Nádrž na dešťovou vodu
2 – Filtrační koš
3 – Ponorné čerpadlo
4 – Šachta rozvodu vody
5 – Vsakovací tunel
6 – Kontrolní závěr
7 – Šachtová kopule

Zde je princip fungování čištění dešťové vody demonstrován na plastové nádrži u rodinného domu. Dešťové svody jsou svedeny do akumulační nádrže. Přiváděná voda se mechanicky pročistí na vyjímatelném filtračním koši a steče do nádrže kde čeká na své využití. Ponorným čerpadlem je čerpána ke spotřebiteli – zde například k zahradní hadici určené k zavlažování.

Všechny akumulační nádrže musí být opatřeny bezpečnostním přepadem, aby nedošlo k jejich vyplavení. Tyto přepady mohou být napojeny buďto na vsakovací zařízení nebo přímo na dešťovou kanalizaci.

Zařízení funguje celoročně a jedinou údržbu vyžaduje filtrační koš, který je nutno dle potřeby čistit od naplavenin např. listí. Jednou ročně se doporučuje kontrola hladiny kalu.

Vzhledem k tomu, že je nádoba umístěna venku v nezámrzné hloubce, dochází k minimálnímu kolísání okolních teplot, což přispívá ke kvalitě vody, která nemá sklony ke kvašení a jinému znehodnocování.



Obr. 12 – Sestava pro využití dešťové vody v domě
1 – Nádrž na dešťovou vodu
2 – Filtrační šachta
3 – Čerpadlo
4 – Tlaková nádoba s řídící jednotkou a napojením na vodovodní řad
6 – Plovoucí sání
7 – Klidný nátok
8 – Vsakovací tunel
9 – Kontrolní závěr
10 – Šachtová kopule

Na obrázku č.12 je ukázka kombinovaného využití dešťové vody nejen pro potřeby zahrady, ale i ke splachování toalet v domě. Tento systém vyžaduje napojení na zdroj vody, tedy na vodovodní řad.

Řídící jednotka hlídá hladinu dešťové vody v nádrži a v případě nízké hladiny doplní oběh vodou z řadu. Dále zajišťuje rozvod vody po objektu k daným zařizovacím předmětům. [3]

Tato řešení se často realizují ve Středomoří, kde je sladké vody nedostatek např. pro závlahu parků či jiné zeleně.

VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ VODY JAKO VODY PITNÉ

„Využití srážkové vody jako vody pitné je další možnost, jak se zcela zbavit závislosti na veřejném vodovodu. V současnosti používané klasické řešení spočívá v tom, že se přímo pod příslušné výtokové ventily nainstaluje zařízení, které zabezpečí jakost pitné vody – doporučuje se zahrnout pod-dřezovou reverzní osmózu spojenou s UV lampou a mechanickou filtrací.

Na letošním veletrhu IFAT[4] byla prezentována další revoluční novinka týkající se přístupu ke srážkovým vodám – a sice upravit veškerou srážkovou vodu na pitnou vodu (pomocí membránové filtrace a UV filtru) a pitnou vodu veřejného vodovodu (nebo dováženou pitnou vodu) používat jen jako doplněk v době, kdy je srážkové nedostatek. Při hodnocení tohoto řešení se ekonomika výrazně mění, i když využití bude ekonomické zase hlavně v případech, kdy pitné vody z veřejného vodovodu nebo studny bude nedostatek.“ (článek www.asio.cz – Využití srážkových vod – Evergreeny a novinky, 21.5.2017)

Jediné, co brání tomuto řešení je česká legislativa, která nepřipouští výrobu pitné vody doma – připouští pouze výrobu zdravotně nezávadné vody. Pokud má zákazník zájem o využití zdravotně nezávadné vody, musí mít ovšem zajištěn přísun pitné vody do míst, kde je její využití nezbytné – příkladem může být mytí nádobí. Může být umyto ve zdravotně nezávadné vodě, ovšem finální oplach musí být proveden vodou pitnou, což znamená náročnější konstrukční provedení. Při technologiích, které jsou v dnešní době dostupné už zbývá jen příznivější legislativa a řešení úpravy vody nestojí nic v cestě. Jedinou otázkou zůstává, zda bude u veřejnosti o toto řešení zájem vzhledem k cenám vody, které se různí kraj od kraje. V Praze vycházel m^3 k 1.1.2017 vodné+stočné+15 % DPH na 85,42 Kč což je ve srovnání s karlovarským krajem, kdy se cena pohybuje kolem 73,85 Kč rozdíl kolem 10 Kč. Obecně se ceny vody pohybují v takových intervalech, které lidi nemotivují k razantním úsporám a investicím do zařízení na zpracování dešťové vody, jejich návratnost se pohybuje kolem 10 let. Můžeme tedy říct. že motivací k využití srážkových vod jsou nižší poplatky za odvod dešťové vody kanalizací (především v pohledu firem), menší zátěž životního prostředí, ekologičtější chování a zálivková voda bez poplatků.

[3] poznámka autora: Dešťová voda v projektu je určena k zavlažování pozemku. Přebytečná voda je odvedena do potoka. Splachování toalet a pisoárů je řešeno vyčištěnou šedou vodou, kterou objekt produkuje dostatek a není tak nutno systém doplňovat srážkovými vodami.

[4] článek je z roku 2016

	1/2 spotřeby rodinného domu	Splachování toalet v bytovém domě
Účel	praní, splachování - 4 osoby	splachování - 50 osob
Cena	100.000 Kč	300.000 Kč
Plocha střechy	min. 120 m^2	min. 400 m2
Realizace	14 dní	30 dní
Provozní náklady	150 Kč/rok	2.000 Kč
Návratnost	**13 let**	**11 let**
Životnost	30 lez	30 et

Tab. 4 – Modelové situace s kalkulací provozních nákladů a návratností při využití zatížení pro hospodaření s dešťovými vodami

2.1.2. VSAKOVÁNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD

Pokud není zájem na využití srážkových vod a zároveň oblast umožňuje vsakování podzemních vod, je dobré tuto možnost využít. Odvod dešťových vod z oblastí je problém dnešní doby. Dochází k odvodňování půdy, poklesu hladiny podzemních vod a změně základových poměrů, což může vést až k poklesu základových konstrukcí objektu.

Obecně mám tři možnosti, jak vodu zasakovat:

- drenáž - „trativod“
- vsakovací tunely
- vsakovací boxy

2.1.2.1. Drenáž

„U malých objektů (např. u rodinných domů) jsou pro vsakování oblíbeným řešením tzv. trativody, které při vhodně zvolených materiálech mohou být funkční prakticky neomezeně. Při jejich výstavbě je důležité dodržet určité zásady, drenážní potrubí by mělo být dvouplášťové a přístup pro revizi, případné čištění zajistí drenážní šachty. … Pro větší objekty se využívá trativodů ve větším provedení – štěrková žebra s drenáží min. DN 250.“ (článek www.tzbinfo.cz - Co s dešťovou vodou, 21.5.2017)

Obr. 13 – Trativod – vsakovací dren

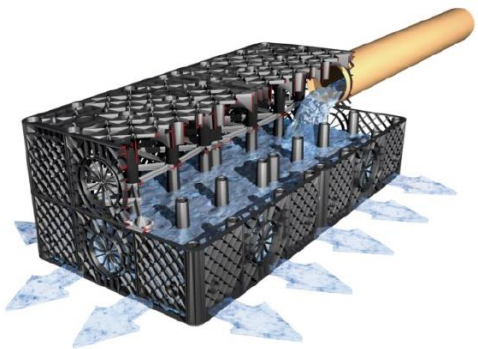
2.1.2.2. Vsakovací tunel

Obr. 14 – Vsakovací tunel se zobrazeným principem fungování

Využívá se u budov, kde by vsakovací kapacita drenáže – trativodů byla nedostatečná.

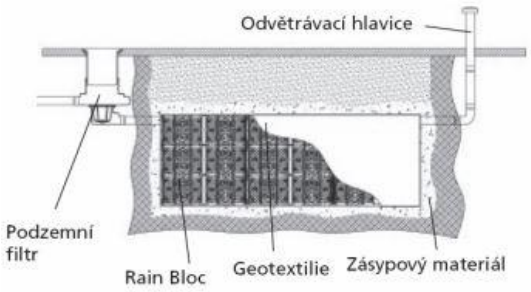
„Vsakovací tunely se osazují do řad na štěrkový podsyp. Vrchní strana tunelu se zabalí do geotextilie a po připojení na vedení vody se do výše 150 mm nad tunely zasypou štěrkem a následně zeminou. Vrstvu zeminy je dobré od vrstvy štěrku izolovat geotextilií. Do připraveného otvoru v horní stěně tunelu je možné vložit revizní trubku nebo koncové odvzdušnění. Na rozdíl od klasických štěrkových drenáží s absorbční schopností 30–35 % dosahuje absorbční schopnost tunelů až 95 %. Tři drenážní tunely nahradí cca 3 m^3 klasické štěrkové drenáže nebo 111 m drenážního potrubí DN 100, což umožňuje snížit objem nutných zemních prací až o 75 %. Nezanedbatelná je též úspora času, potřebného na vybudování drenážního systému a podstatně nižší dopravní náklady.“ (článek www.belis.cz – Vsakovací tunely, 21.5.2017)

2.1.2.3. Vsakovací boxy



Obr. 15 – Vsakovací tunel se zobrazeným principem fungování

Vsakovací boxy tvoří otevřený vsakovací systém, z něhož lze jednoduše vytvořit libovolně velký podzemní prostor. Díky jednoduché konstrukci a snadnému způsobu montáže, kdy jednotlivé dílce skládáme vedle sebe jde montáž velice rychle. Při správném provedení a dimenzi krycí vrstvy je tento systém schopný přenést velká zatížení – např. sloužit jako pojezdová plocha těžké techniky.



↑Obr.16 – Schéma konstrukčního řešení uložení vsakovacích boxů
←Obr. 17 – Ukázka montáže vsakovacích boxů

2.1.3. RETENČNÍ NÁDRŽ

Pokud není zájem na využití dešťových vod a zároveň nejsou dobré vsakovací podmínky přistupuje se k řešení zpracování srážkových vod retenční nádrží. Ta zajišťuje regulovaný odtok srážkové vody do kanalizace a je tak součástí opatření proti zahlcení kanalizačního systému.

Nádrž funguje na principu vany, která se plní a regulovaným odtokem dle zvolené velikosti vírového ventilu odpouští vodu do kanalizace. Samotná nádrž může být provedena jako akumulační, tzn. obalená hydroizolační fólií, nebo jako vsakovací s využitím alespoň omezených možností vsaku nebo pouze pro zpomalení odtoku.

Materiálově můžeme využít kombinaci všech uvedených způsobů pro práci s dešťovou vodou přes plastové nádoby, vsakovací boxy obalené hydroizolační fólií, až po betonové nádrže. Výhodou retenčních nádrží je, že jsme schopni před jejich nátok uložit lapač ropných látek a odvádět tak vodu z parkovišť do okolí, a ne nutně pouze do kanalizace.

Výpočet velikosti retenční nádrže je závislý na velikosti odvodňované plochy, rychlosti dovoleného odtoku, vydatnosti dešťů v dané oblasti a také na jak velký déšť bude nádrž dimenzována. Většina nádrží v České republice se dimenzuje na 5-10letý déšť, ale jsou i výjimky s dimenzí na 50 letý déšť.

3. NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT A JEJICH VYHODNOCENÍ – HOTEL U STAVAŘE, VSETÍN

3.1. POPIS OBJEKTU

Veškeré výše zpracované teoretické podklady byly přípravou pro aplikaci na projekt hotelu U stavaře, který se nachází ve Vsetíně, ulice 4. května 353. Stavba prošla revitalizací bývalého provozního objektu, která započala v roce 2007, ovšem z finančních důvodů byla pozastavena. Znovuobnovena byla v roce 2015, kdy došlo i k změně konceptu. Původní návrh s čistě kancelářskou budovou byl pozměněn na projekt hotelu s tím, že kancelářím bylo ponecháno 3.NP. Objekt tak nemá čistě jen jednu funkci a je schopný sloužit k více účelům pro širší spektrum uživatelů.

V přízemí stavby (1.NP) se nachází jeden pokoj pro hosty hotelu, zázemí pro zaměstnance a restaurace, jejíž kapacita je 36 míst. Druhé nadzemní podlaží (2.NP) slouží k ubytování návštěvníků. Hotel má celkovou kapacitu 19 lůžek. Není zde řešen bezbariérový přístup ani speciální pokoj pro handicapované upoutané na invalidní vozík. V posledním nadzemním podlaží (3.NP) se nachází prostor kanceláří s celkovou kapacitou 20 pracovních míst.

Pod hotelem se nachází vedení plynovodu. Vzhledem k ochranným pásmům plynovodu a kanalizace byla navržena přeložka plynovodu.

3.2. NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT VYUŽITÍ ODPADNÍCH VOD

3.2.1. IDEA NÁVRHU

Prvotní myšlenka byla využití veškerých odpadních vod z hotelu včetně vod dešťových. Chtěla jsem ověřit fakt, že tyto systémy je možno nainstalovat kamkoli. Budou efektivní a samotné fungování objektu je tak schopné šetřit nejen energie, ale i peníze majitele. K zapracování dešťové vody do celkového konceptu mě vedl fakt, že se mění klimatické podmínky a v některých oblastech, jak již bylo zmíněno v kapitole srážkových vod, ubývá zásoba podzemních vod a nastávají tak období sucha.

3.2.2. VÝVOJ KONCEPCE PROJEKTU S POSTUPEM PRÁCE

V počátku projektu jsem uvažovala o využití veškerých odpadních vod. Záměrem bylo oddělit šedou vodu od splaškové kanalizace, pročistit ji pomocí membránové čistící soustavy a znovu použít v objektu ke splachování toalet a pisoárů. Provedla jsem patřičné výpočty, které jsou podrobněji řešeny v kapitole 1.4.3.2. Bioreaktor + zásobníková nádoba na str. 17. Z výpočtů vyplynulo, že provoz hotelu produkuje dostatečné množství šedé odpadní vody, která přibližně čtyř-násobně převyšuje spotřebu provozní vody k splachování. Musela jsem přehodnotit využití dešťových srážkových vod, protože by v tomto případě neměli své uplatnění v objektu. Rozhodla jsem se tedy srážkové vody akumulovat a využívat pouze k závlaze přilehlého pozemku objektu a využít ji též k doplňování vody do zahradní fontány. Uvažovala jsem i nad

využitím pro mytí aut, ovšem vzhledem k faktu, že déšť nelze objednat, jsem tuto variantu zavrhla.

V průběhu projektu se měnilo i situační řešení. Původním záměrem bylo umístění všech nádob do zadní části pozemku, kde by byly v těsné blízkosti jak nádoba pro čistění a akumulaci šedých vod, tak nádoba pro srážkovou vodu. Po vykreslení svodného potrubí a podélných řezů jsem musela přehodnotit umístění nádrží. Vzhledem k hloubce, v jaké se nalézala kanalizace šedé vody, byla zřízena nádrž na akumulaci šedé vody, odkud je čerpána do bioreaktoru, kde se skrze membránové patrony čistí a akumuluje v zásobníkové nádobě. Bioreaktor i zásobníková nádoba jsou umístěny v objektu, v prostoru kolárny, protože by se svými rozměry nevešly do technické místnosti. Rozměry nádob jsou 700 mm spodní podstava, 2100 mm horní obvod nádoby a 1300 mm výška.

3.2.3. UVAŽOVANÉ VARIANTY A JEJICH VYHODNOCENÍ

První variantou bylo využití šedých vod společně s dešťovými vodami na splachování. Byli k tomu navrženy a výše popsány systémy membránového čištění a akumulační nádrž pro srážkové vody. Tato varianta byla z mého pohledu nejzajímavějším řešením. Nejvýrazněji by dle prvních odhadů ovlivnila spotřebu vody. Byla zavržena na základě výpočtů a muselo být navrženo alternativní řešení.

Druhá varianta, která byla i následně zvolena jako řešení, je využití vod jednotlivě. U této varianty dojde k větší úspoře vody, protože odpadní recyklované vody nebudou využity pouze k splachování, ale i k závlaze. Tato možnost nebyla v první variantě uvažována. Původní systémy a instalace byly zachovány změnilo se pouze dispoziční uspořádání, které je podrobně rozkresleno v přiložené dokumentaci.

4. ZÁVĚR

Ve shrnutí výsledků práce budu postupovat v několika krocích a postupně nabídnu pohled z ekonomického hlediska, z prostorového hlediska a následně bych ráda vyjádřila svůj názor a dojmy z nabídnutého řešení nejen z obecného hlediska, ale v ohledu na tento konkrétní projekt hotelu.

4.1. EKONOMICKÝ POHLED NA VÝSLEDNÉ ŘEŠENÍ

Přínos obou technologií, jak pro čištění šedé vody, tak pro čištění dešťové vody mají jedno velké společné plus, a to je ekologie. Obě šetří spotřebu pitné vody a snižují produkci vod odpadních. Provozní náklady se u obou technologií více či méně rovnají, liší se pouze s velikostí objektu, ve kterém jsou aplikovány. Vstupní náklady jsou však rozdílné. Vzhledem k umisťování zásobníkové nádrže vně objektu je nutno k pořizovací ceně připočíst položku zemních prací, která se ovšem může promítnout i do nákladů na čištění šedé vody, pokud budou i tyto nádoby umístěny vně objektu. Tato varianta by ovšem potřebovala posouzení výrobce vzhledem k nutnosti přístupu k čistícímu mechanismu. Čím se technologie liší, jsou doby návratnosti. Dešťová voda se málokdy s návratností dostane pod 10 let. U šedé vody je uváděná návratnost ve většině případů do 10 let.

Z důvodu návratnosti a vstupních nákladů se jeví jako ekonomičtější čištění šedých vod, čemuž hraje do karet i fakt, že ceny za m^3 pitné vody v České republice nejsou tak horentní, aby lidi motivovali k využití vod srážkových.

4.2. PROSTOROVÝ POHLED NA VÝSLEDNÉ ŘEŠENÍ

Z prostorového hlediska jednoznačně vychází lépe technologie pro čištění dešťové vody. Pro instalaci nádrží na čištění šedé vody je objekt nutno připravit. Za nevýhodu této technologie považuji především fakt, že se do objektu špatně doplňuje. Přidávat druhé rozvody do zabydleného a plně funkčního řešení je finančně dost náročné, nemluvě o proveditelnosti. Jak uvádí sami výrobci, systém je vhodný do novostaveb a celkových rekonstrukcí. Tato situace nemůže nastat u vod dešťových, rozhodneme-li se je využívat pouze pro zahradní účely. Budeme-li chtít využívat dešťovou vodu, jako vodu provozní v domě, narazíme však na stejný problém jako u dodatečné instalace vod šedých.

Další velkou nevýhodou při snaze využít recyklované šedé vody či provozní vodu ze srážkové vody je fakt, že musíme v domě zavést dvojí rozvody kanalizace a vodovodního potrubí, což je nejen prostorově náročnější, ale také dražší a zvyšuje to vstupní pořizovací náklady.

4.3. VLASTNÍ ZAUJATÉ STANOVISKO NA VÝSLEDNÉ ŘEŠENÍ

Osobně bych se při stavbě domu jistě zamyslela nad využitím odpadních vod. Systémy obou technologií mne zaujaly a vidím v nich velký potenciál do budoucna kdy bude vody ubývat, avšak její spotřeba nebude klesat. Při rozhodování, kterou technologií instalovat, volila bych obě s časovým odstupem. Jako první bych zvolila instalaci zařízení na čištění šedých vod, protože po jejím nainstalování a uvedení do provozu již nenásledují žádné zásahy do bydlení a vodu bych využila k splachování toalet a

případných pisoárů v domě. Zařízení na čištění dešťových vod bych s odstupem času a znovu-našetření financí instalovala na zahradu a využívala vodu k závlaze a venkovní potřebě. Čemu bych se vyhnula je rozvádění dešťové vody po domě vzhledem k údržbě zařizovacích předmětů. Jsou známy případy, kdy i při pečlivé údržbě a čištění zdravotně-technických instalací docházelo k jejich zašednutí při užívání dešťové vody. Stojím si za názorem, že dešťová voda je venkovní záležitost a venku by i měla zůstat.

4.4. PROJEKT HOTELU U STAVAŘE VE VSETÍNĚ

V projektu hotelu U Stavaře jsou nainstalovány obě technologie, ovšem jejich využití není kombinované, a to především z důvodu pokrytí spotřeby provozní vody produkovanou vodou šedou, po vyčištění tzv. bílou vodou.

Zařízení na čištění šedých vod je instalováno místo místnosti pro kola a ze zásobníkových nádrží je čerpána voda pro splachování toalet a pisoárů. Vzhledem k rozsahu objektu je produkce šedých vod natolik vysoká, že několika násobně pokryje spotřebu a není proto nutné ji doplňovat vodou srážkovou. Předpokládám, že nebude nutné doplnění ani z vodovodního řádu, bude-li hotel fungovat dle modelového systému, podle kterého bylo vše dimenzováno, tj. 75 % obsazenost hotelu a 50 % obsazenost restaurace v době obědů a večeří, provoz kanceláří byl uvažován na 100 %. Vzhledem k čtyř-násobně vyšší produkci šedé vody oproti spotřebě nepředpokládám kolaps systému ani při plném 100 % vytížení objektu. Díky přestavbě bývalého provozního objektu je v hotelu dostatek prostoru pro instalaci systému, ovšem přijdeme o prostor kolárny.

Za nevýhodu projektu považuji fakt, že v objektu nejsou zbudovány předstěny a vše je zasekáváno do příček. V případě instalace zařízení výrazně bych doporučila dispoziční změny a doplnění předstěn pro vedení těchto rozvodů, aby nedocházelo k dalšímu oslabování konstrukcí.

V projektu je svodné potrubí obou kanalizací uloženo v úrovni základových konstrukcí. Dalším možným řešením dané situace by bylo vedení svodného potrubí splaškové kanalizace na úrovni základů, kde by došlo k polovičnímu omezení či narušení základových konstrukcí. Svodné potrubí kanalizace šedých vod bych umístila do podhledu 1.NP. Zde by bylo nutné uvažovat co možná nejkratší vedení potrubí s ohledem na spád a pokles trubek. Podhled by při správném navržení spádu měl být dostačující. Umístění obou svodných potrubí do podhledu by nebylo možné z důvodu křížení, které by zde bylo neproveditelné. Tato varianta by i ulehčila v řešení křížení potrubí v úrovni základů, a především by omezila množství prostupů a uskočení v základových konstrukcích.

V ohledu na vysokou produkci šedých vod a pokrytí spotřeby jsem nenašla jiné využití pro srážkové vody než doplňování venkovní fontány a pro závlahu přilehlého pozemku. Přebytek je přes bezpečnostní přepad odveden do nedalekého potoka. Voda by se dala využít například pro praní, ale vnášet do objektu třetí rozvody vody nepovažuji za dobré řešení. Akumulační nádrž je umístěna v rohu pozemku kousek od dětského hřiště. Vzhledem k volbě plastové nádoby není instalace náročná. Z celé nádoby je vidět pouze revizní poklop, který nekazí dojem z pozemku.

5. POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE INFORMACÍ

[1] Obr. 1 - http://www.asio.cz/cz/110.znovuvyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach, ke dni 19.5.2017

[2] Obr.2 - http://www.asio.cz/cz/110.znovuvyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach, ke dni 19.5. 2017

[3] Obr. 3-4 - http://www.asio.cz/cz/energie-sedych-vod, ke dni 19.5.2017

[4] Obr. 5 - http://www.asio.cz/cz/vymenik-do-koupelny-as-sprcha, ke dni 19.5.2017

[5] Obr. 6 - http://www.asio.cz/cz/as-gw-aqualoop, ke dni 20.5.2017

[6] Obr. 7-9 – AS-GW/AQUQLOOP – Projekční a instalační podklady, http://www.asio.cz/cz/materialy-as-gw-aqualoop, ke dni 20.5.2017

[7] Obr. 10 – http://www.destova-voda.cz/kalkulator-velikosti-nadrze.html, ke dni 20.5.2017

[8] Obr. 11-12 – http://www.destova-voda.cz/sestavy.html, ke dni 21.5.2017

[9] Obr. 13 – http://www.cistastudna.cz/?p=205, ke dni 21.5.2017

[10] Obr. 14 – http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/4349-co-s-destovou-vodou, ke dni 21.5.2017

[11] Obr. 14-15 – Návod pro montáž a údržbu vsakovacího bloku Garantia Rain Bloc, https://www.rainshop.cz/fotky60307/fotov/_ps_33Rain_Bloc_montazni_navod.pdf, ke dni 21.5.2017

[12] Tab.1 – http://www.asio.cz/cz/538.recyklace-sede-vody-nevyuzity-zdroj-uvnitr-budovy, ke dni 20.5.2017

[13] Tab.2 + Tab. 3 – excel Stanovení produkce šedé vody, http://www.asio.cz/cz/stanoveni-produkce-sede-vody, ke dni 20.5.2017

[14] Tab.4 – http://www.asio.cz/cz/565.vyuziti-srazkovych-vod-evergreeny-a-novinky, ke dni 21.5.2017

[15] NOVÁČEK, Pavel a Peter MEDERLY a kolektiv. Strategie udržitelného rozvoje. 1. vydání. Nakladatelství G plus G. ISBN 80-901896-2-6

[16] Ing. Marek Holba, Ph.D., Ing. Adam Bartoník, Ing. Ondřej Škorvan, Ing. Petr Horák, Ph.D., Ing. Marcela Počinková, Ph.D., In. Karel Plotěný. 02/2017. Vodní hospodářství – Energetický potenciál odpadních vod, str. 42–48

[17] zákon 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví

[18] Ing. Adam Bartoník (autor pro korespondenci), Ing Marek Holba, Ph.D., Ing. Marek Holba, Ph.D., Ing. Jakub Vrána, Ph.D., Ing. Monika Ošlejšková,In. Karel Plotěný. 02/2017. Vodní hospodářství – Šedé vody – možnosti jejich energetického potenciálu a způsoby jejich čištění a znovuvyužití, str. 60–65

[19] Pražské vodovody a kanalizace, oficiální webové stránky, http://www.pvk.cz/vse-o-vode/cena-vodneho-a-stocneho/, kde dni 21.5.2017

[20] http://www.asio.cz/cz/110.znovuvyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach, ke dni 19.5.2017

[21] http://www.asio.cz/cz/energie-sedych-vod, ke dni 19.5.2017

[22] QW/AQUALOOP – Projekční a instalační podklady, ke stažení na http://www.asio.cz/cz/materialy-as-gw-aqualoop, ke dni 20.5.2017

[23] http://www.asio.cz/cz/565.vyuziti-srazkovych-vod-evergreeny-a-novinky, ke dni 19.5.2017

[24] Bc. Lukáš Mudroch, 12.9.2007, článek: Co s dešťovou vodou, http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/4349-co-s-destovou-vodou, ke dni 19.5.2017

[25] http://www.belis.cz/vsakovaci-tunely [1], ke dni 19.5.2017

6. SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy tvoří projektová dokumentace k projektu hotelu U Stavaře ve Vsetíně.

SEZNAM DOKUMENTACE		
KANALIZACE		
00	Technická zpráva	M 1:50
01	Situace	M 1:500
02	Kanalizace - svodné potrubí	M 1:50
03	Kanalizace - půdorys 1.NP	M 1:50
04	Kanalizace - půdorys 2.NP	M 1:50
05	Kanalizace - půdorys 3.NP	M 1:50
06	Kanalizace - pohled na střechu	M 1:50
07	Kanalizace - splašková - svislé řezy	M 1:50
08	Kanalizace - šedá voda - svislé řezy	M 1:50
09	Kanalizace - splašková - podélný řez	M 1:50
10	Kanalizace - šedá voda - podélný řez	M 1:50
11	Kanalizace - detail - retenční nádrž	M 1:20
12	Kanalizace - detail - češtění šedé vody	M 1:20
13	Kanalizace - detail - revizní šachta	M 1:20
VODOVOD		
14	Vodovod - půdorys 1.NP	M 1:50
15	Vodovod - půdorys 2.NP	M 1:50
16	Vodovod - půdorys 3.NP	M 1:50
17	Vodovod - Axonometrie	M 1:100
18	Vodovod - Axonometrie 1.NP	M 1:50
19	Vodovod - Axonometrie 2.NP	M 1:70
20	Vodovod - Axonometrie 3.NP	M 1:50
21	Vodovod - detail - vodoměrná sestava	M 1:20/25