ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

HOSPODAŘENÍ S VODOU V DOMĚ HER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval: **Bc. Petra Pavlová**

Vedoucí práce: **Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.**

2019/2020

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Pavlová Jméno: Petra Osobní číslo: 438943

Zadávající katedra: Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Hospodaření s vodou v Domě Her

Název diplomové práce anglicky: Water management in House of Games

Pokyny pro vypracování:
Teoretická část:
Analýza zpětného využití odpadních vod, vyhodnocení možného využití v zadané budově a schema koncepčního řešení.

Praktická část:
Projektová dokumentace vnitřního vodovodu v zadaném rozsahu včetně vybraného zpětného využití. Výpočet bilancí potřeby vody, potřeba tepla a návrh zařízení pro přípravu teplé vody, řešení geometrie rozvodu a ochrana před legionelou. Hydraulické výpočty a výkresová dokumentace (půdorysy, izometrie, popř. řezy, vybrané detaily rozvodu), technická zpráva s technickými podklady prvků a zařízení.

Seznam doporučené literatury:
Valášek a kol: Zdravotně-technické instalace Jaga 2001
Skripta: Kabele a kol. : Technická zařízení budov 1 ČVUT

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 26.2.2020 Termín odevzdání diplomové práce: 18.5.2020
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

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

V Praze, 18. 5. 2020 Pavlová

Chtěla bych poděkovat Ing. Stanislavu Frolíkovi, Ph.D. za jeho vedení, cenné rady a ochotu. Dále bych chtěla poděkovat své rodině, přátelům a mému drahému za veškerou pomoc a podporu a pak také koronaviru, který zpestřil můj poslední semestr a získal mi více času pro zpracování mé diplomové práce.

Anotace

Cílem této diplomové práce je návrh systému vnitřního vodovodu objektu Domu her s ohledem na hospodaření s vodou.

Práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou. Teoretická část je zaměřena na analýzu zpětného využití odpadních vod a vyhodnocení možného použití v zadané budově s návrhem koncepčního řešení. Praktická část pak zahrnuje projektovou dokumentaci vnitřního vodovodu se zpětným využitím odpadních vod v podrobnosti prováděcího projektu.

Klíčová slova

Hospodaření s vodou, zpětné využití odpadních vod, vnitřní vodovod

Annotation

This diploma thesis aims to design the system of indoor water distribution in House of Games with consideration of water management.

The thesis is divided into a theoretical and a practical part. The theoretical part is focused on analysis of reuse of wastewater and evaluation of possible usage in the assigned building and the design of conceptual solution. The practical part contains project documentation of the indoor water distribution with reuse of wastewater in details of the implementation project.

Keywords

Water management, wastewater reuse, water distribution

Obsah

1. Úvod 7
1.1. Voda a člověk 7
1.2. Voda na zemi 7
1.3. Současná situace 7
2. Spotřeba vody 9
2.1. Potřeba vody 10
2.2. Snižování spotřeby vody 10
3. Zdroje vody 14
4. Druhy odpadních vod 16
5. Zpětné využití odpadních vod 18
5.1. Šedé vody 18
5.1.1. Energie odpadních vod 20
5.2. Dešťové vody 20
6. Likvidace odpadních vod 22
6.1. Čistírna odpadních vod 22
6.2. Domovní čistírna odpadních vod 23
6.2.1. Energie odpadních vod 23
6.3. Žumpa 23
6.4. Septik 24
6.5. Kořenová čistírna odpadních vod 24
6.6. Vsak 25
7. Aplikace v projektu 26
7.1. Bilance 27
7.2. Vyhodnocení možného využití v projektu 30
7.3. Schéma koncepčního řešení 31
8. Závěr 32
9. Seznam literatury a podkladů 33
10. Seznam příloh 37

1. Úvod

Kapalná voda je jednou ze základních podmínek pro existenci života a s jako takovou s ní musíme zacházet, protože její nedostatek může vést k zániku mnohých organismů mezi něž patří i člověk.

1.1. Voda a člověk

Člověk je vodou tvořen asi z 55-60% a je tedy velmi důležitou složkou organismu. Zdravý jedinec bez vody vydrží 2-3 dny. Pro naše fungování je tedy klíčový dostatečný příjem tekutin, který se u dospělé osoby doporučuje 2-3 litry denně. [1]
Samotná konzumace vody zastupuje ale jen malé procento z celkové spotřeby pitné vody. Většina je jí v české republice využívána pro vaření, hygienu, splachování, nebo dokonce pro závlahu či napouštění bazénů.

1.2. Voda na zemi

Ačkoliv se na první pohled zdá, že pitné vody je na naší modré planetě dostatek, opak je pravdou. Z celkových asi 1,3 zeta litrů (aneb 1,3 triliardy litrů) je asi 0,12% použitelných pro spotřebu, průmysl a zemědělství a pouze 0,007% je vody pitné. [2]
Slanou vodu lze využít pouze za pomoci procesu odsolování, který je sice technicky zvládnutý, ale energeticky a současně i finančně náročný.
Nově se na UCEEBu (Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze) podařilo vyvinout systém S.A.W.E.R., který, pomocí adsorpce, ohřevu a kondenzace, získává vodu z vlhkosti venkovního vzduchu. [3]

1.3. Současná situace

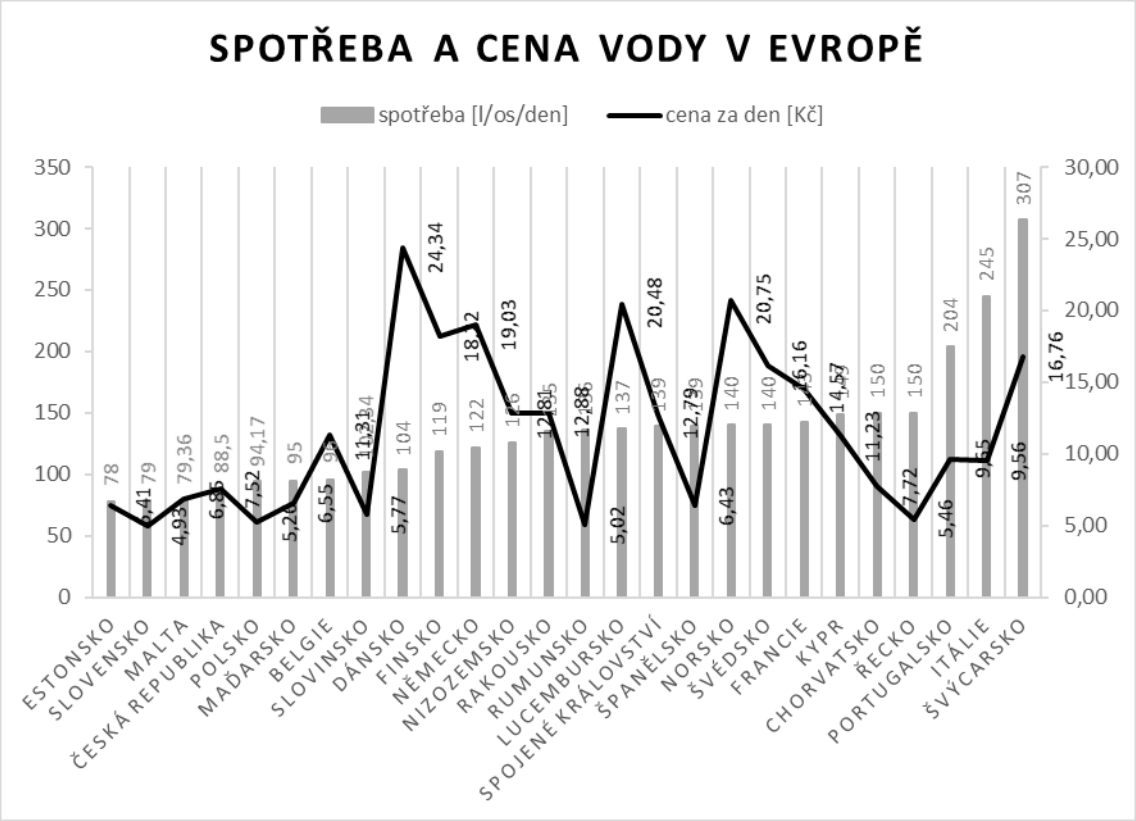
Narůstající počet obyvatel, rozvoj mnohých zemí a klimatické změny vedou k ztenčování zásob pitné vody. Globální oteplování vede k úbytku ledovců, jakožto rezervoárů sladké vody, vysychání vodních zdrojů a celé země se následně potýkají se stále častějšími obdobími sucha.

Pitná voda tekoucí z kohoutku je luxus, na který v mnoha případech lidé nedosáhnou nikdy v průběhu života. Společnost si tuto skutečnost nyní uvědomuje čím dál více a postupně směřuje k recyklaci vody v rámci jednotlivých budov či areálů.
V české republice jsou bohužel náklady za vodné a stočné mnohonásobně nižší, než ceny energií potřebné pro celkový chod objektu, proto nejsou tato technická opatření příliš lukrativní. Tuto skutečnost mělo na paměti Ministerstvo životního prostředí, když v roce 2017 spustilo program Dešťovka a tím, v rámci výstavby bytových a rodinných domů, podnítilo investory hospodařit s vodou šetrněji. Investoři ostatních objektů jsou motivováni předně dopadem na životní prostředí.

2. Spotřeba vody

Všeobecně ve světě platí, že spotřeba vody na obyvatele je přímo úměrná vyspělosti země. Spotřeba se tak pohybuje od jednotek litrů v nejméně rozvinutých zemích až po stovky litrů v těch nejrozvinutějších.

V rámci Evropy pak můžeme vidět, že nejvyšší spotřebu má Švýcarsko (300 l/os/den), Skandinávie, Německo a Rakousko se drží mezi 100 až 140 l/os/den a nejnižší spotřebu má Estonsko (78 l/os/den). Česká republika je na čtvrtém místě s 88,5 l/os/den. Jedná se o průměrné hodnoty spotřeby vody v občanské výstavbě.



Graf č.1: Spotřeba a cena vody v Evropě z roku 2018 [4]

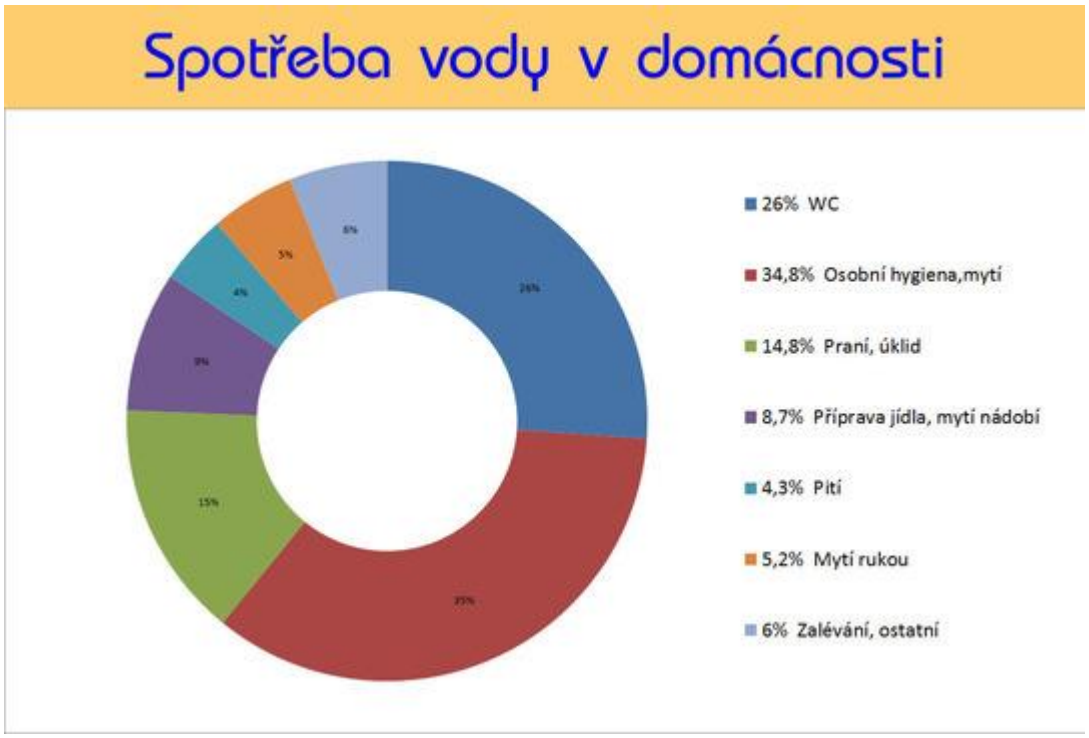
Dle měření je denní spotřeba vody v domácnostech v libereckém a ústeckém kraji cca 90 litrů na osobu. Pro Prahu je pak tohle číslo vyšší kolem 114 litrů. [5] [6]

Rozložení spotřeby pro jednotlivé sekce je pak velmi podobné. Z grafu č.2 je patrné, že největší vliv na spotřebu máme my uživatelé v rámci osobní hygieny.

2.1. Potřeba vody

Směrná potřeba vody je roční potřeba vody pro jednotlivé provozy a je dána Vyhláškou č. 120/2011 Sb. Z této potřeby vychází denní potřeba vody, která je 100 l/os/den v bytových fondech. Pro restauraci s výčepem a výdejem teplých i studených jídel je to pak 220 l/pracovník/den. [7]

Jako projekční pomůcka se pak též používá směrnice MVLH č. 9/73, která udává specifickou denní potřebu vody pro jednotlivé provozy. Specifická potřeba se udává na jednotku provozu např. na obyvatele, žáka či auto (umývání v auto myčce). [8]



Graf č.2: Spotřeba vody v domácnosti [5]

2.2. Snižování spotřeby vody

Při snižování spotřeby vody je důležitá nejenom aplikace úsporných opatření, ale také dobrá údržba zařizovacích předmětů a jejich napojení na vnitřní vodovod.

Vlivy v domácnosti

Již zmíněná údržba zařizovacích předmětů je velmi důležitá. Slabě kapající kohoutek představuje únik kolem 24 litrů za den, zatím co silně kapající kohoutek představuje únik kolem 54 litrů za den. Slabě protékající splachovač na WC pak již znamená únik 150 –

1000 litrů za den a silně protékající splachovač 1000 – 2000 litrů za den. Při zohlednění současných cen vody to znamená tisíce až desetitisíce korun, které doslova odtečou do odpadu. [9]

Dalším důležitým vlivem v rámci chodu domácnosti je pak samotné chování uživatelů. Vypnutí vody při čistění zubů, holení, či mytí rukou někteří stále nepovažují za samozřejmost. Stejně tak je vhodné zapínat pračku i myčku nádobí až ve chvíli, kdy jsou dostatečně naplněné, aby pracovaly s optimálním množstvím vody, či investovat do takových, které dokážou pracovat s různou úrovní naplnění. [10]

Zařizovací předměty a spotřebiče

Jelikož už i výrobci zařizovacích předmětů a spotřebičů mají úspory vody na paměti je dobré je využívat již při prvotních instalacích nebo v rámci rekonstrukcí.

U WC je vhodné využít dvojité nebo i trojité úrovně splachování se stop tlačítkem i optimalizací velikosti nádržky.

Nejmodernější myčky dokážou umýt nádobí s pouhými 10 litry na cyklus, což je dvacetkrát méně, než při průtokovém mytí v dřezu. [11]

Moderní pračky oproti tomu pracují s vážením prádla a následnou úpravou pracího režimu a jeho délky dle skutečného naplnění.

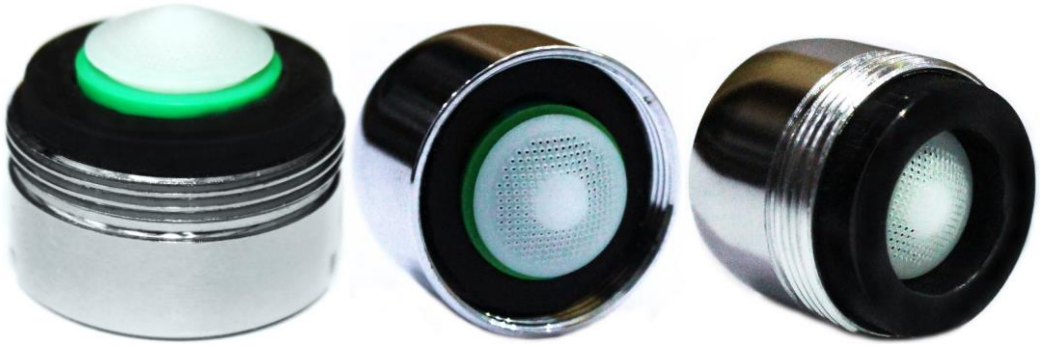
Armatury

Veškeré armatury musí splňovat především funkčnost, spolehlivost, zdravotní nezávadnost a trvanlivost. Úspornost se v tomto ohledu musí těmto vlastnostem podřadit.

Regulační armatury

Mezi regulační armatury řadíme takové, co regulují tok, což jsou především perlátory, regulátory, ekologické kartuše a popřípadě i stop ventily.

Perlátor je nástavec na baterii, který mísí vodu se vzduchem a tím zajišťuje intenzivnější proud při stejné spotřebě vody. Úspora vody a energie je pak 20 – 40%. [12]



Obr č.1: Perlátory WATERSAWERS [13]

Další možností je omezovač průtoku vody, který omezí průtok bez ohledu na tlak. Uživatel tak nepocítí snížený komfort.

Ekologické kartuše mají na rozdíl od běžných dvě polohy ovládání průtoku a tím dokáží snížit spotřebu vody až o polovinu. [14]

Také existují samostatné stop ventily, které se vkládají mezi sprchovou hadici a její baterii. Tento ventil umožní jednoduché vypnutí vody ve chvíli, kdy se člověk mydlí, či šamponuje, bez nutnosti následovného nastavování správné teploty či průtoku. Toto tlačítko slouží pouze pro dočasné vypnutí a v mnoha případech nevypne proud vody úplně, ale pouze ho utlumí na minimum. [15]

Obr č.2: Ruční sprcha Olsen Spa Venus 622031 se „STOP“ tlačítkem [16]

Výtokové armatury

Mezi výtokové armatury patří baterie umyvadlové, sprchové, vanové či kuchyňské. Při návrhu těchto opatření je třeba dbát na kategorii speciálních vodovodních baterií pro handicapované, které mají náročnější požadavky (ovladatelnost i ze sedu).

Pákové baterie jsou tím nejzákladnějším, co v tomto ohledu lze pořídit. Nahrazují tak klasické kohoutkové baterie a usnadňují manipulaci, která může být v mnoha případech klíčová.
Velmi výhodně jsou pak (především z hlediska hygieny) bezdotykové baterie, které fungují na principu senzoru pohybu. Po spuštění uvolní jen předem stanové množství vody o stanovené teplotě a posléze se vypnou. Tyto baterie umožňují buď teplotu regulovat nebo uzamknout a předejít tak plýtvání energií. Toto řešení je vhodné především pro veřejné budovy, kde je hrozba zapomenutého otevřeného kohoutku řádově vyšší. [12]

Rozvody teplé vody

Úsporu vody můžeme také zajistit správným návrhem rozvodů teplé vody a to především vzdáleností výtokové baterie od zdroje teplé vody. Základem je zajistit, aby nejpozději po 30s začala z kohoutku vytékat voda o teplotě 50 – 55°C. Tato skutečnost je stanovena v normě ČSN EN 806-2 a je proto důvodem, proč se dlouhé rozvody opatřují cirkulačním potrubím. Délky potrubí bez cirkulace nemají být příliš dlouhé. Tato délka se určuje dle vodního objemu od odbočky z trasy potrubí s cirkulací a je 2l při napojení výtokových armatur umyvadel a dřezů a 3l při na pojení výtokových armatur van, sprch, velkokuchyňských dřezů a výlevek.
V rámci bytů a bytových domů je klíčové rozmístění bytových vodoměrů, které nelze umístit na potrubí opatřené cirkulací. [17]

3. Zdroje vody

Vodní zdroj je jsou především povrchové (řeky, potoky, jezera a vodní nádrže) či podpovrchové (studny, vrty a prameniště). Vždy je nutno je upravit na kvality pitné vody před zprostředkováním odběrateli. Ten má často možnost využívat buď vodovodní síť, nebo lokální zdroj, popřípadě kombinaci obojího (za předpokladu nepropojení zdrojů).

Obr č.3: Vodní nádrž Fláje

Vodovodní řad

Nejběžnějším způsobem získávání pitné vody pro objekt je napojení na vodovodní přípojku provozovanou některou z vodárenských společností. Tento způsob je běžný v městské zástavbě a je klasickým řešením ve všech místech, kde se vodovodní řad nachází.

Studny

Druhým nejčastějším způsobem získávání pitné vody pro objekty jsou studny. Vždy musí být umístěny tak, aby nemohlo dojít ke znečistění vody. Současně se musí brát ohled na poměry podzemní vody v okolí. Pro stavbu studny je nutné mít povolení od vodoprávního úřadu. [18] [19]

Kopané studny (šachtové)

Kopané studny jsou prováděny do menších hloubek (8 m) a jsou vhodné pro čerpání nižšího množství vody. Je proto důležitá výška podzemní vody, která by měla na dně studny tvořit hladinu ve výšce alespoň 2 metry. Studny mají průměr běžně od 0,8m do 1,5m. [20]

Vrtané studny

Pro větší hloubky spodní vody jsou vhodné studny vrtané. Samotný vrt má velmi malý průměr (stovky milimetrů) a v horní části je obvykle zakončen šachtou, kde lze umístit čerpací stanici. Vrt je možné provádět ve všech typech hornin.

Povrchové vody

Pokud to okolnosti dovolují, nabízí se odebírání pitné vody z vod povrchových (řek, jezer, potoků). Pro závlahu je toto možné (pokud není vodoprávním úřadem stanoveno jinak), bez povolení. Pro odebírání vody pro domácnost je již nutná úprava vody a je tedy potřeba povolení vodoprávního úřadu. [19]

Dešťové vody

Zachycování dešťové vody a její následné použití po závlahu je zcela běžným jevem ve většině obcí se zástavbou tvořenou rodinnými domy. V dnešní době se ale, v rámci hospodaření s vodou, začíná objevovat potřeba využití dešťové vody i uvnitř objektů. Tento zdroj je ovšem velmi nestálý a nepředvídatelný a je tedy obvykle zapotřebí užití i záložního zdroje, který bude funkční v případě nedostatku srážek.

Cisterny

V případě výpadku vodovodní sítě se v postižených oblastech zavádí zásobování cisternami. Toto zásobování má jen dočasný charakter a použití tohoto způsobu jakožto hlavního zdroje pitné vody je nevhodné.

4. Druhy odpadních vod

Odpadní vody jsou vody jakkoliv znečištěné. Druh znečistění určuje jakým způsobem vodu z objektu odvést a jak jí vyčistit. Dělí se pak na vody splaškové, dešťové, podzemní, průmyslové a infekční. [18]

Splaškové odpadní vody

Splaškové odpadní vody vznikají lidskou činností (splašky z kuchyní, koupelen, atd.) a jsou dále děleny dle způsobu znečištění. [18]

Šedé vody

Šedé vody jsou vody, které vznikají v kuchyních, při praní prádla, mytí nádobí či mytí rukou (vody z umyvadel). Neobsahují fekálie ani moč.

Černé vody

Černé vody vznikají primárně na WC a obsahují jak fekálie, tak moč.

Hnědé vody

Hnědé vody jsou vody, které obsahují pouze fekálie. Vznikají při použití speciálně řešených WC, které dokáží oddělit moč a výkaly.

Žluté vody

Žluté vody jsou vody s obsahem moči. Vznikají v buď již zmíněných speciálních WC, či v pisoárech.

Dešťové vody

Za dešťové vody považujeme srážkové vody ze staveb, které jsou obvykle svedeny buď do akumulační nádoby, do dešťové kanalizace a nebo do jednotné kanalizace. [19]
Dle zákona o vodovodech a kanalizacích za srážkové vody rovněž považovat povrchové vody vzniklé odtokem srážkových vod, které dopadli na pozemek. [20]

Podzemní

Za podzemní odpadní vody považujeme vody z drenáží a jiných podzemních odvodňovacích zařízení. [18]

Průmyslová odpadní voda

Průmyslové odpadní vody jsou vody znečištěné průmyslovou, či zemědělskou výrobou a vody z technologických procesů. Je s nimi tedy potřeba nakládat dle způsobu znečištění a v některých případech nemohou být odváděny stokovou sítí. [18]

Infekční vody

Infekční vody jsou vody z laboratoří a infekčních oddělení nemocnic, které mohou být znečištěny choroboplodnými zárodky. Před vypouštěním do stokové sítě je nutné provést zvláštní opatření, aby se zamezilo kontaminaci sítě a ohrožení pracovníků správce sítě. [18]

5. Zpětné využití odpadních vod

Základem hospodaření s vodou je kromě omezení její spotřeby také její recyklace – tedy zpětné využití. Způsob a provedení závisí na typu odpadní vody a jejím znečištění.

5.1. Šedé vody

Šedé vody lze rozdělit dle míry znečištění. Vody z van, sprch a umyvadel jsou považovány za vhodné, zatím co vody z kuchyní a myček jen za podmíněně použitelné. Při čištění vod se zohledňuje řada faktorů udávající hodnocení kvality vody. Mezi tyto patří chemická spotřeba kyslíku (CHSK), biologická spotřeba kyslíku (BSK_5), celkový organický uhlík (TOC), spektrální koeficient absorpce 245nm, kyslík, pH, zákal, těžké kovy, hygienické identifikátory (bakterie, celkové koliformní bakterie, fekální koliformní bakterie a Escherichia coli, střevní enterokoky, Pseudomonas aeruginosa), viry (hepatitida A, Norwalk virus) a prvoci (Amoebiasis, Giardia, hlísti). [21]

Technologie čištění

V případě přímého použití lze šedé vody využívat bez předčištění. Je ale potřeba vody využít do 24 hodin, než dojde k bakteriálnímu růstu. Toto řešení se příliš nedoporučuje. Další možností je pouhá filtrace, kde je opět vhodné vodu spotřebovat do 24 hodin, kvůli vyšším hodnotám BSK_5 (biologický ukazatel znečištění).

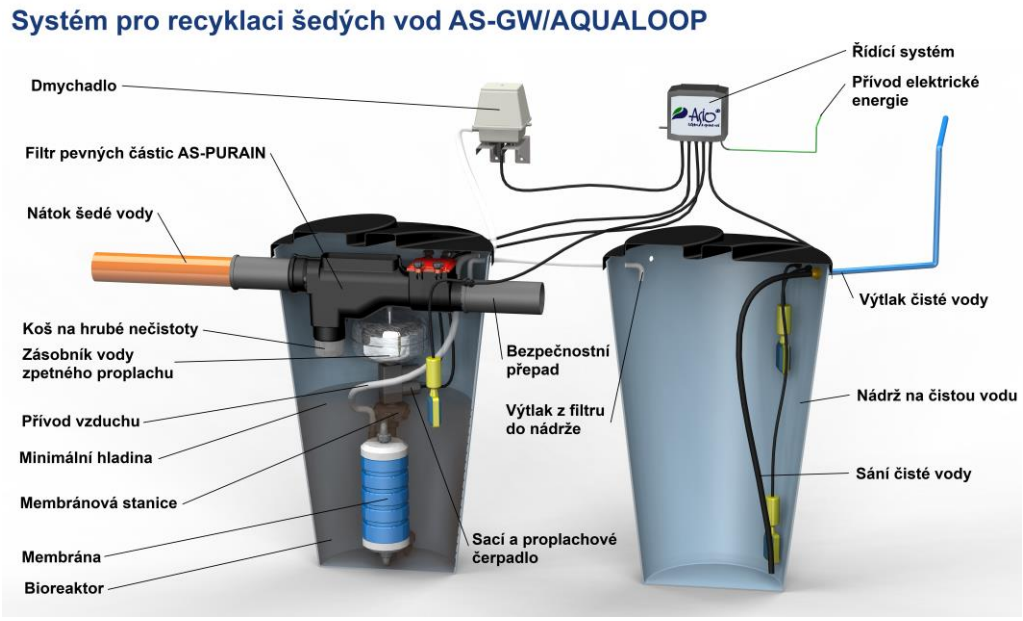
Do systému s filtrem pak lze zařadit také dezinfekci, kde, při kontrole hodnot BSK_5, lze již vyčištěnou vodu skladovat. Obvykle se pro dezinfekci používají chlor, ozon či jejich kombinace. Je ale třeba dávat pozor na dávkování, abychom měli jistotu, že se bakterie nezačnou množit. [22]

Technologicky nejnáročnější, ale zároveň nejdůkladnější, je biologické čištění s filtrací, kde se nejběžněji používají membránové bioreaktory (MBR), což je zařízení které kombinuje proces bioreakce a membránové separace v jednom celku. [23]

„Odpadní voda natéká přes filtr mechanických nečistot do vyrovnávací nádrže. Tato nádrž má funkci zachytit nerovnoměrnost vypouštění – akumulaci. Z vyrovnávací nádrže je voda čerpána čerpadlem do aktivační nádrže. V reakční nádrži se voda biologicky čistí. V aktivační nádrži je osazen membránový modul. V jeho spodní části se nachází aerační systém, který slouží ke vhánění kyslíku do aktivační nádrže a k čištění membrán.

Nad membránovým modulem je umístěno čerpadlo, které pod tlakem odsává vodu přes filtrační membrány a odvádí již vyčištěnou vodu do akumulační nádrže vyčištěné vody. Voda z akumulační nádrže je čerpána pomocí automatické tlakové stanice s membránovou tlakovou nádobou do systému rozvodu provozní vody. Za čerpací stanicí je umístěna membránová tlaková nádoba. Jako poslední je zařazena UV lampa sloužící k dezinfekci vody. Všechny nádrže jsou opatřeny havarijním přepadem a možností doplňování pitnou vodou do akumulační nádrže vyčištěné vody v případě nedostatku šedých vod.“ [24]

Vyčištěné šedé vodě se říká bílá voda a má parametry srovnatelné s vodou dešťovou.



Obr č.4: Systém pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP [25]

Rozvody

Při využívání bílé (užitkové) vody je nutné provést dvojité rozvody. Není v žádném případě možné připustit smísení bílé a pitné vody – tedy potenciální kontaminaci pitné vody v řadu a současně je zakázáno propojit dva zdroje vody. [25]

V případě použití technologie s dopouštěním pitné vody do akumulační nádrže je možné využít pouze jeden rozvod, kde některé zařizovací předměty budou napojeny na pitnou vodu a jiné na bílou vodu. Je možné využít buď volného výtoku, či speciálních provozních a monitorovacích jednotek, které samy kontrolují stav hladiny v nádrži.

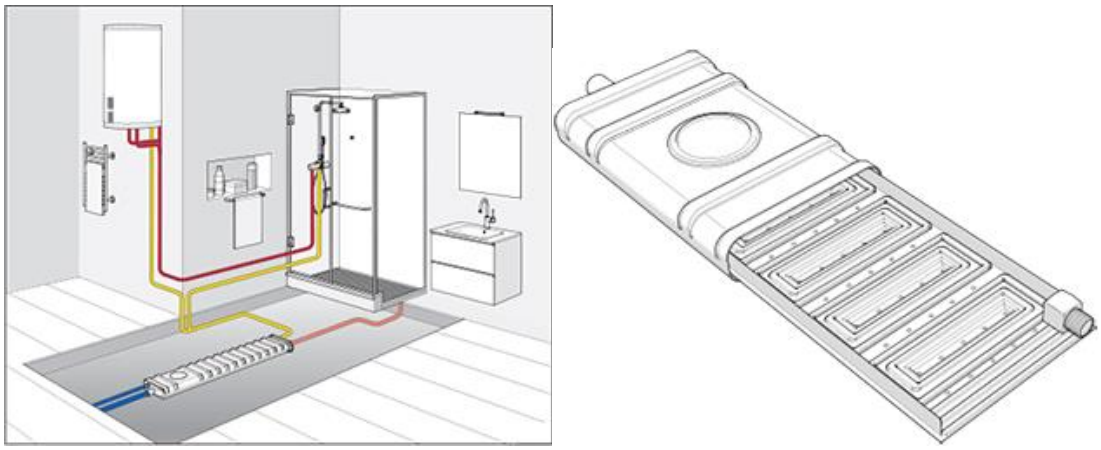
5.1.1. Energie odpadních vod

Šedé vody mají velký energetický potenciál, což je dáno jejich povahou – ve většině případů vznikají mísením studené a teplé vody. Je tedy vhodné toto teplo opětovně využívat a to buď předehřevem teplé vody, ohřevem studené vody nebo kombinací obojího. Výběr varianty závisí na průtoku odpadní vody. [24]

Lokální odběr

Lokální odběr je, jak název naznačuje, odběr tepla přímo v místě vzniku a současně i jeho využití v tom samém místě. Tento způsob odběru tepla je vhodný pro menší objekty, jako jsou rodinné domy.

Pro tuto variantu odběru se využívají spirálové výměníky kolem odpadních trubek, horizontální a vertikální trubkové výměníky malé velikosti. [27] [28]



Obr č.5: Schéma možného zapojení lokálního odběru a výměník [28]

Centrální odběr

Centrální odběr zahrnuje shromažďování teplé šedé odpadní vody v nádrži a následné předání tepla buď pro předehřev TV či pro předehřev topné vody. Lze zapojit i tepelné čerpadlo voda/voda, které dokáže předat energii o vyšším potenciálu a tím zajistit ohřev na požadované teploty a ne pouze předehřev. [24]

5.2. Dešťové vody

Dešťové vody vznikají při dopadu srážek na zpevněné plochy – především střechy objektů. Dešťová voda je bez dalších úprav vhodná pro zalévání, splachování a praní prádla. Je měkká, protože neměla šanci vstřebat minerály při vsaku do podloží, a je

proto velmi vhodná na praní, kde snižuje spotřebu pracích přípravků a nezanáší spotřebiče a potrubí v takové míře jako voda tvrdá.
V současné době je stále probíhá dotační program Dešťovka zaměřený na využívání dešťových, ale i šedých vod. [29]

Technologie čištění

Dešťová voda vzniká vypařováním a následnou kondenzací v atmosféře. Nese tedy pouze znečištění z atmosféry jako smogové částice. Všeobecně je toto znečištění malé a má tak parametry srovnatelné s pitnou vodou. Čištění se tedy provádí filtrací ideálně se samočistícími filtry, kde dochází k minimální údržbě. [30]
Další nepostradatelnou částí technologie je akumulační nádrž, která, jak název napovídá, akumuluje dešťovou vodu pro další použití.
Poslední nepostradatelnou součástí technologie je instalace čerpadla pro vytvoření dostatečného tlaku ve vodovodní soustavě a jejímu chodu.
Je možné též použít kompaktní úpravny vody, které v sobě zahrnují další technologie (odstraňování kontaminantů, UV lampy).

Rozvody

Stejně jako u šedých vod platí zákaz propojení dvou zdrojů vody a je tedy nutné instalovat dvojí rozvody nebo doplňování pitnou vodou přímo do nádrže, buď volným výtokem nebo osazením provozních a monitorovacích jednotek.

Obr č.6: Provozní a monitorovací jednotka AS-RAINMASTER favorit [31]

6. Likvidace odpadních vod

Vzniklé odpadní vody je před navrácením vody do oběhu potřeba zlikvidovat, aneb vyčistit. Způsob likvidace odpadních vod závisí převážně na podmínkách a možnostech v okolí stavby. Ve všech případech musí být kontrolovatelná kvalita vypouštěné vody.

6.1. Čistírna odpadních vod

V případě existence stokové sítě je vhodné ji využít a připojit se. V mnoha případech správce sítě ani nepovolí jiné řešení. Pro odvod odpadních vod existují převážně dva typy stokových sítí – jednotná a oddílná kanalizace.

Jednotná kanalizace je v dnešní době již zastaralé řešení a užívá se převážně v zástavbě, kde by byl přechod na oddílnou kanalizaci velmi komplikovaný. Jedná se o systém kanalizace, ve kterém do čistírny odpadních vod přitéká jak dešťová, tak splašková odpadní voda a ČOV tím pádem hrozí přetížení při přívalových srážkách a současně je nadbytečně čištěna dešťová voda.

Oddílná kanalizace oproti jednotné rozděluje splaškovou a dešťovou odpadní vodu. Dešťová je pak vypouštěna obvykle do povrchových vod mimo ČOV a splašková je v ČOV čištěna a následně taktéž vypouštěna do povrchových vod.

Technologie čištění

ČOV pracuje v několika stupních čistění. Prvním je hrubé předčištění, kde se na hrubých česlích zachycují největší a nečistoty, a sedimentace částic v lapácích štěrku a písku. Následuje mechanické čištění v usazovacích nádržích, kde dochází k separaci jemného nerozpuštěného znečištění. Pak přichází na řadu biologický stupeň čištění odstraňující organické znečištění. Tato fáze probíhá v aktivačních nádržích (aerobní či anoxické uspořádání). Pomocí aktivovaného kalu nastává proces nitrifikace a denitrifikace, kde dochází k odstranění dusíku z odpadní vody. V této části je třeba dávat pozor na zajištění vhodných podmínek pro mikroorganismy, bez kterých proces nelze provést. Dále voda putuje do usazovacích nádrží, kde chemickým procesem dochází k srážení fosforu do vloček a jejich sedimentaci. Z těchto nádrží již vytéká vyčištěná voda do potoků a řek. [32]

6.2. Domovní čistírna odpadních vod

Domovní čistírny odpadních vod je vhodné využívat v místech, kde není přístup ke stokové síti a neplánuje se ani její výstavba. Rozhodnutí o umístění DČOV je v rukou vodoprávního úřadu.

DČOV jsou obvykle dodávány jako kompletní výrobky, které je pouze třeba řádně, dle pokynů výrobce, osadit a udržovat. Je upřednostňován rovnoměrný nátok odpadní vody.

Vyčištěné vody lze vypouštět do povrchových vod, či zasakovat do vod pozemních.

Technologie čištění

DČOV má obvykle tři komory. V první dochází k rozmělnění a zachycení hrubých nečistot, homogenizaci a denitrifikaci. Ve druhé pak k biologickému čištění za pomocí aktivovaného kalu a k oddělení vyčištěné vody od kalu. Třetí komora slouží jako kalojem. Většina biologických čistíren obsahuje také pískový filtr sloužící k dodatečnému dočištění vody. [33]

Kromě biologických čistíren existují také membránové, kde voda nejprve nateče do usazovacího prostoru, kde se zbavuje mechanických plovoucích a usaditelných látek, které se dále podrobí anaerobnímu rozkladu. Dále voda natéká do aktivačního prostoru osazeného membránovým modulem. [34]

Další možností jsou anaerobní čistírny, které nevyžadují přísun kyslíku a jsou tedy méně náchylné na výkyvy přítoku. [35]

6.2.1. Energie odpadních vod

Stejně jako u šedých odpadních vod je i u splaškových odpadních vod jistý tepelný potenciál. Teplo je možné odebírat buď na odtoku z objektu, v kanalizační síti či v rámci ČOV nebo za ní. V tomto případě je na místě užití tepelného čerpadla. [36]

6.3. Žumpa

Žumpy jsou jednokomorové podzemní akumulační nádrže s vyspádovaným dnem sloužící k zadržování odpadních vod. Je nutné je pravidelně vyvážet a jejich obsah je přesouván do ČOV, kde je následně vyčištěn. [18]

Jde o velmi zastaralé řešení a v dnešní době se jejich navrhování nedoporučuje.

6.4. Septik

Septik označuje technicky nejjednodušší zařízení pro čištění odpadních vod, které využívá mechanického i biologického čistění.

Technologie čištění

Septik se skládá z dvou až tří komor s vodotěsnou úpravou, kde jsou dělící stěny opatřeny otvory v různých výškách. Tato výška se volí tak, aby se nahromaděný kal u dna či na hladině nedostal do další komory. [18]

Poslední komora musí být před vypuštěním do recipientu či vsaku, opatřena ještě dalším stupněm čištění. Jedná se buď o kořenovou čistírnu nebo pískový filtr, jinak musí být voda jímána a odvážena k dalšímu vyčištění.

6.5. Kořenová čistírna odpadních vod

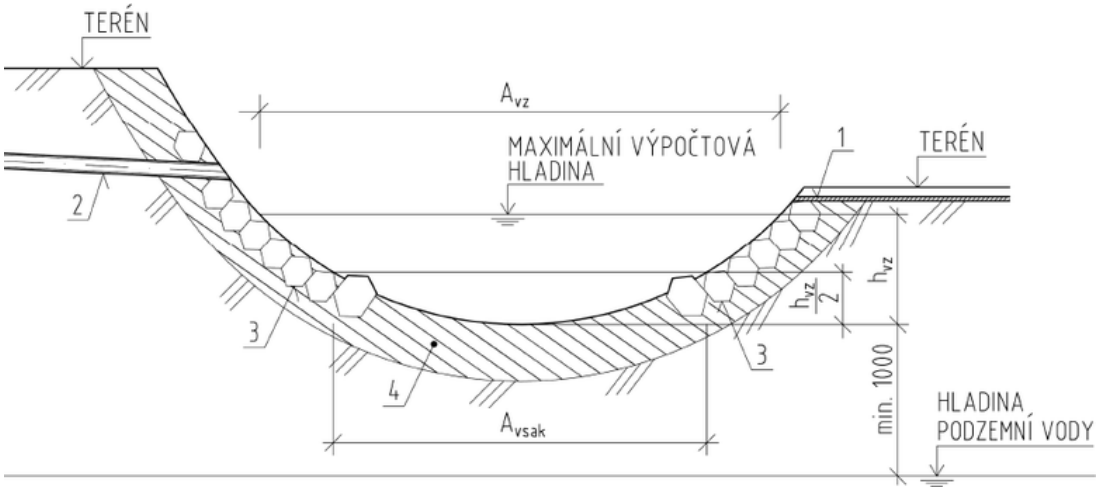
Kořenové čistírny fungují na principu jako přírodní mokřady, kde dochází k samočistícím procesům. Do čistírny přitéká předčištěná voda z DČOV, či septiku a za pomocí kořenového filtru naplněného kamínky, s bakteriemi na povrchu, zajišťují čistící proces. Osazené rostliny mají pouze doplňkové funkce – odsávání živin, dodávání kyslíku, nosič bakterií a, v zimě, tepelná izolace. Usiluje se o rovnoměrné rozdělení vody po povrchu filtru. [37]

Obr č.7: Kořenová čistička odpadních vod [37]

6.6. Vsak

Možnost vsakování jak dešťových, tak vyčištěných odpadních vod závisí na hydrogeologickém profilu okolí stavby. Vsak je všeobecně vhodný pro navýšení hladin podzemních vod.

Vsakování lze provádět ve variantě podzemní, či nadzemní. Podzemní varianta spočívá ve využití vsakovacích bloků, tunelů, či drenážních trubek uložených ve štěrkovém loži, zatímco nadzemní varianta zahrnuje vsakovací příkopy a nádrže.



Obr č.8: Povrchový vsakovací příkop [38]

Přítok do vsaku by měl být opatřen zařízením proti zpětnému toku, aby nedošlo k vyplavení objektu a ve vhodných případech také přepadem do kanalizace.

7. Aplikace v projektu

Postup

V první fázi projektu je třeba sestavit bilanci vod v objektu - počty zařizovacích předmětů, počty zaměstnanců a návštěvníků a místní srážky. Následuje vyhodnocení způsobu hospodaření s vodou a návrh jeho koncepčního řešení.

Poté lze vytvořit projektovou dokumentaci v návaznosti na navržené koncepční řešení.

O projektu

Objekt se nachází na úpatí Doubravské hory ve městě Teplice na severozápadě České republiky v městské části Panorama. Dům her Panorama je situován na východní hranici pozemku, v sousedství doubravského lesoparku.

Objekt v sobě, celkem ve třech patrech, skloubí dětské herny s bowlingem, kulečníkem, klubem, občerstvením a vyhlídkové terasy s panoramatem Teplic a Krušných hor.

Nosná konstrukce je řešená jako ocelová kombinovaná v 1NP se zděnou. Stropní konstrukce jsou železobetonové monolitické v kombinaci s panely Spiroll. Střecha je z části řešena jako zelená.

V provozu je celkem 11 sociálních zařízení (3 krát ženy, 3 krát muži, 2 krát hendikepovaní, 1 klienti a 2krát zaměstnanci), 4 úklidové komory, zázemí pro zaměstnance se sprchami, gastro provoz (4 barové výdeje a kuchyň s navazujícími prostory).

7.1. Bilance

Potřeba vody

Objekt využívá vodu především na vaření a k hygieně zaměstnanců a návštěvníků. Dále pak také pro úklid a, pokud okolnosti dovolují, k závlaze zelených ploch.

V objektu se počítá s dvaceti zaměstnanci v různých směnách a s šesti malými myčkami nádobí a jednou velkou myčkou nádobí.

Směrná čísla roční potřeby vody:

Provoz	Směrné číslo roční spotřeby vody [m^3]	Počet	Celkem [m^3]
Výčep, podávání studených jídel a teplých jídel	80	20	1600
Mytí skla bez trvalého průtoku nebo myčka skla za jednu směnu	60	8	480
Celkem			2080

Tab č.1: Roční potřeba vody [7]

Do bilance je ještě třeba započítat vodu pro úklid ploch. Průměrná spotřeba je zde 0,3 l/m^2.den při ploše čištěných ploch 2025 m^2. Tato spotřeba odpovídá celkem 222 m^3 za rok. [39]

Pro závlahu pozemku je uvažována minimální spotřeba 80 l/m^2.rok, kterou lze zvyšovat či snižovat dle vydatnosti srážek. Plocha zeleně je uvažována 1191 m^2, což znamená roční potřebu vody na závlahu 95 m^3. [39]

Pro další výpočty budeme uvažovat s roční potřebou vody 2400 m^3.

Potřeba užitkové vody

Dále je důležité zjistit pro kolik objemu z potřeby vody je možno užít vyčištěných šedých, či dešťových vod.

Užitkovou vodu lze využít pro splachování WC a pisoárů, úklid a závlahu zeleně na pozemku.

Pro výpočty se uvažuje dvacet zaměstnanců – deset mužů a deset žen, a tři sta návštěvníků – sto padesát mužů a sto padesát žen. Uklízená plocha je 2025 m^2 s užitím teplé pitné vody. Zavlažovaná plocha je 1191 m^2 a uvažujeme s nejnižší intenzitou závlahy. Ta se může měnit dle srážkových podmínek.

Pro odhad objemu užitkové vody byl využit výpočet z tzb-info.cz viz příloha 1: Potřeba užitkové vody - výpočet [39]

Potřeba užitkové vody byla stanovena na 601 m^3/rok.

Produkce šedých vod

Produkce šedých vod závisí na obsazenosti a vytíženosti objektu. Pro zaměstnance byla odborným odhadem stanovena obsazenost 20 osob a pro návštěvníky celkem 300 osob. Pro výpočet produkce šedých vod součtovou metodou byla použita data od firmy ASIO TECH, spol. s r. o. viz příloha 2: Produkce šedé vody – výpočet [40]

Celková produkce šedé vody byla stanovena na 431 m^3 za rok.

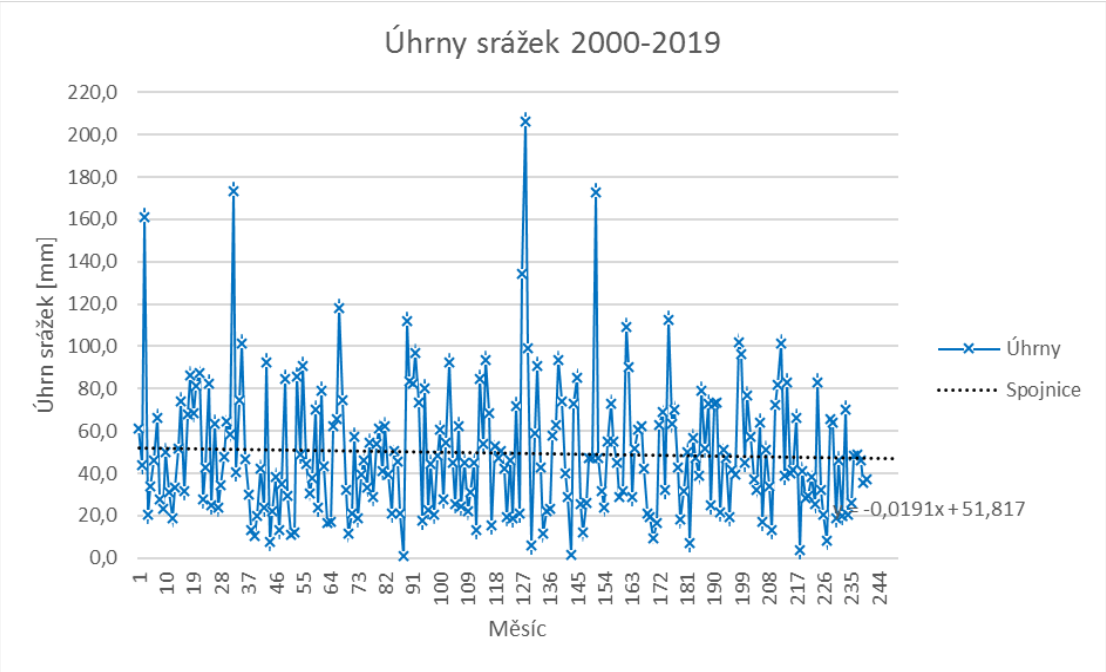
Produkce dešťových vod

Množství získatelných dešťových vod je základním parametrem při rozhodování o jejich využití. Pro jejich výpočet je klíčová intenzita srážek, rozloha zpevněných ploch a odtokové poměry povrchů.

Místní srážky

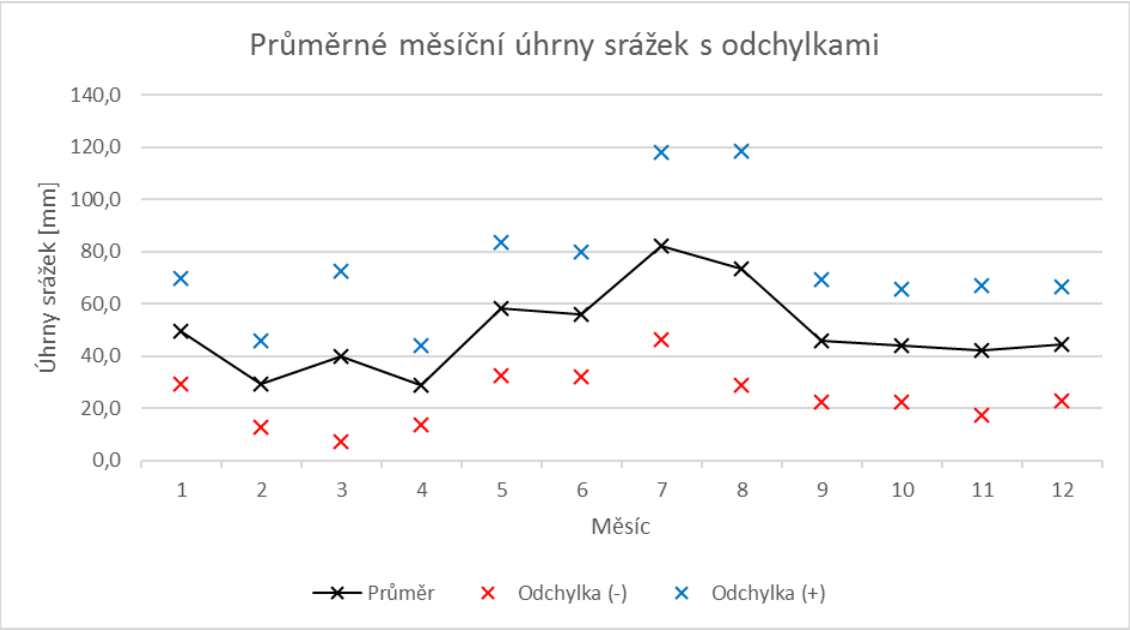
Produkce dešťových vod závisí na množství srážek v dané lokalitě. Pro náš případ byla vybrána meteorologická stanice Teplice (236 m n. m.) a měsíční úhrny srážek za posledních 20 let. Viz příloha 3: Měsíční a roční úhrny srážek, stanice Teplice, 2000 – 2019

Dle průměrných ročních úhrnů byli definovány suché a mokré roky, kde suché jsou roky s ročním úhrnem do 594 mm a mokré s úhrnem nad 594 mm. Podle této definice byly roky 2018 a 2019 suché. Úhrny srážek mají mírně klesající tendenci, proto budou pro výpočty využity podprůměrné hodnoty.



Graf 3: Měsíční a roční úhrny srážek, stanice Teplice, 2000 – 2019

Z dat byla vypočtena směrodatná odchylka 106 mm. Pro výpočet produkce dešťových vod bude tedy použita hodnota ročního úhrnu srážek 488,1 mm – hodnota průměru s odečtenou směrodatnou odchylkou.



Graf 4: Průměrné měsíční úhrny srážek se směrodatnými odchylkami

Výpočet

Typ	Plocha [m2]	Součinitel odtoku	Srážky [mm]	Celkem [m^3]
Zelená střecha	635,40	0,15	488,1	46,520
Ostatní střecha 1-5 %	722,01	1	488,1	352,413
Ostatní střecha > 5%	213,95	1	488,1	104,429
Celkem				503,362

Se započtením účinnosti filtru dešťových vod (98%) je během roku k dispozici celkem 493 m^3 dešťové vody. [41]

7.2. Vyhodnocení možného využití v projektu

Výsledné bilance

Potřeba vody	2400 m^3/rok
Potřeba užitkové vody	601 m^3/rok
Šedé odpadní vody	431 m^3/rok
Dešťové vody	493 m^3/rok

Možné využití

Celkem lze užitkovou vodu nahradit až 600 m^3 ročně. Pro její produkci bude předně využívána voda šedá vzhledem k nevyzpytatelnosti srážek. Srážková voda pak bude využívána v případě její dostatečné produkce, v opačném případě se nedostatek užitkové vody nahradí vodou pitnou.

7.3. Schéma koncepčního řešení

Náš objekt získává vodu dvěma způsoby, a to z vodovodního řadu a zadržováním dešťové vody.

Studená pitná voda je přivedena k zařizovacím předmětům (umyvadla, sprchy) a do gastro provozů. Dále bude přivedena do nepřímo ohřívaného zásobníku, kde bude ohřívána na teplou vodu. Před napojením do objektu bude studená voda odbočkou přivedena do akumulační nádrže, kde bude (pomocí řízení, přes volný výtok) doplňovat zásoby užitkové vody v případě nedostatku vyčištěné šedé vody a vody dešťové.

Teplá voda bude ze zásobníku přivedena k zařizovacím předmětům (umyvadla, sprchy), do gastro provozů a k výlevkám.

Dešťová voda bude svedena přes filtr do retenční nádrže odkud bude (pomocí řízení, přes volný výtok) doplňovat zásoby užitkové vody v případě nedostatku šedých vod. Retenční nádrž bude opatřena přepadem do vsakovacího zařízení. Vše bude opatřeno bezpečnostními přepady do splaškové kanalizace.

Šedá odpadní voda ze zařizovacích předmětů (umyvadla, sprchy) bude svedena do čistící nádrže, kde bude vyčištěna na kvality užitkové vody a následně přečerpána do akumulační nádrže.

Akumulační nádrž bude napojena na zařizovací předměty (výlevky, WC, pisoáry, nezámrzné armatury pro zálivku) a bude opatřena bezpečnostním přepadem do splaškové kanalizace. Výlevky budou mít oddělené armatury pro teplou a studenou vodu.

Odpadní voda z gastro provozů bude svedena tukovou kanalizací do lapače tuků a následně do splaškové kanalizace.

Odpadní voda ze zařizovacích předmětů (výlevky, WC, pisoáry) bude svedena do splaškové kanalizace.

Blokové schéma koncepčního řešení viz Příloha 4: Blokové schéma koncepčního řešení hospodaření s vodou.

8. Závěr

Hospodaření s vodou je v dnešní době důležitou oblastí zájmu, která snižuje dopady jak na přírodu, tak, v případě některých aplikací, také na naše finance. Aplikace úsporných opatření lze doporučit plošně avšak aplikace systémů musí být pečlivě zváženy, jak z hlediska technologického, tak z hlediska finančního. Pro celé systémy je třeba znát nejen konkrétní požadavky investora, ale také lokální poměry daného místa, bez kterých je aplikace pouhým odhadem.

9. Seznam literatury a podkladů

[1] *Hydratace a voda v lidském těle: Voda je základem našeho těla!* InBody: See What You're Made of [online]. Brno: MedSystem, 2018, 3. 4. 2018 [cit. 2020-03-15].
Dostupné z: https://www.inbody.cz/blog/844-hydratace-a-voda-v-lidskem-tele

[2] *Voda na Zemi: Kolik jí máme na naší planetě a kolik z toho je pitná voda?* Hydrotech [online]. Modřice: hydrotech, 2018, 20.7.2018 [cit. 2020-03-15].
Dostupné z: https://www.hydrotech-group.com/cz/blog/voda-na-zemi-kolko-jej-na-planete-mame-a-ake-mnozstvo-z-toho-tvori-pitna-voda

[3] *Systém S.A.W.E.R.: Solar Air Water Earth Resource*. Univerzitní censtrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze [online]. Buštěhrad: ČVUT v Praze, 2014, 2019 [cit. 2020-03-15].
Dostupné z: https://www.uceeb.cz/projekty/system-sawer

[4] *Report on the governance of water services in Europe* [online]. Brusel: EurEau, 2020 [cit. 2020-03-15].
Dostupné z: http://www.eureau.org/resources/publications/150-report-on-the-governance-of-water-services-in-europe/file

[5] *Spotřeba vody. Severočeské vodovody a kanalizace a.s.* [online]. Teplice: SčVK, 2020, 2019 [cit. 2020-03-15].
Dostupné z: https://www.scvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/

[6] *Spotřeba vody. Pražské vodovody a kanalizace, a.s.* [online]. Praha 10: PVK, 2020, 2020 [cit. 2020-03-15].
Dostupné z: https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/

[7] *Vyhláška č. 120/2011 Sb.* Vyhláška, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů, Praha, 2011

[8] *Směrnice MVLH č. 9/73.* Pro výpočet potřeby vody při navrhování vodovodních a kanalizačních zařízení a posuzování vydatnosti vodních zdrojů, Praha, 1973

[9] Kolik stojí případný únik vody. *MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.* [online]. Olomouc: MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, 2019 [cit. 2020-03-16].
Dostupné z: https://www.smv.cz/zakaznici/mereni-spotreby-a-odecty/jak-setrit-vodou2/kolik-stoji-pripadny-unik-vody/

[10] Jak na úsporu energií v domácnosti jednoduše a bez obětí. 1. díl: Životodárná voda. *Econea blog: pro všechny každodenní hrdiny* [online]. Praha: econea, 2018, 1. 8. 2018 [cit. 2020-03-16].

Dostupné z: https://www.econea.cz/blog/jak-na-usporu-energii-v-domacnosti-1-dil-voda/

[11] Kolik vody spotřebujete a kde všude se dá ušetřit. *IDNES.cz: zpravodajství* [online]. Praha: MAFRA, 2020, 1. 4. 2008 [cit. 2020-03-16].
Dostupné z: https://www.idnes.cz/finance/financni-radce/kolik-vody-spotrebujete-a-kde-vsude-se-da-usetrit.A080331_012434_viteze_hla

[12] Úsporné vodovodní baterie ušetří i tisíce korun ročně. *Bydlení pro každého: koupelny & WC* [online]. Petřvald: Bydlení pro každého, 2015, 26.02.2015 [cit. 2020-03-16].
Dostupné z: https://koupelny-wc.bydleniprokazdeho.cz/koupelny-a-wc/usporne-vodovodni-baterie-usetri-i-tisice-korun-rocne.php

[13] Šetřiče na vodovodní baterie. In: *WATERSAWERS: český výrobce světových šetřičů vody* [online]. Brno: watersawers, 2018 [cit. 2020-03-16].
Dostupné z: https://www.watersavers.eu/setrice/vlastnosti/

[14] Jak šetřit vodou. *Novaservis: quality and design* [online]. Brno: NOVASERVIS spol s r. o. [cit. 2020-03-16].
Dostupné z: https://www.novaservis.cz/jak-setrit-vodou/

[15] Ruční sprcha Siko chrom SIKOBSRSFS. *Siko* [online]. Čimelice: SIKO KOUPELNY, 31. 5. 2019 [cit. 2020-03-16].
Dostupné z: https://www.siko.cz/rucni-sprcha-siko-chrom-sikobsrsfs/p/SIKOBSRSFS#informace-o-produktu

[16] Ruční sprcha Olsen Spa Venus 622031 se "STOP" tlačítkem. In: *Koupelny-SEN* [online]. Praha: koupelny SEN, 2020 [cit. 2020-03-16].
Dostupné z: https://www.koupelny-sen.cz/rucni-sprcha-venus-622031

[17] *ČSN EN 806-2.* Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě - Část 2: Navrhování, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005

[18] *KABELE, Karel.* Energetické a ekologické systémy 1: zdravotní technika, vytápění. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03327-9.

[19] *Zákon č. 254/2001 Sb.* Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), 2002

[20] Kopané studny (Šachtové). *STUDNAŘSKÉ PRÁCE* [online]. Sokoleč: STUDNAŘSKÉ PRÁCE [cit. 2020-03-17].
Dostupné z: http://www.studnarskeprace.cz/kopane-studny-sachtove/

[20] *Zákon č. 274/2001 Sb.*, Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), 2002

[21] Projekční a instalační podklady: AS-GW/AQUALOOP. *ASIO: čištění a úprava vod* [online]. Brno: ASIO TECH, spol. s r.o., 2013 [cit. 2020-05-04].
Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/materialy-as-gw-aqualoop

[22] Recyklace šedé vody: nevyužitý zdroj uvnitř budovy. *Voda v domě* [online]. Brno: ASIO NEW, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-03-19].
Dostupné z: https://www.vodavdome.cz/recyklace-sede-vody-nevyuzity-zdroj-uvnitr-budovy/

[23] MBR: membránový bioreaktor. *CZEMP* [online]. Česká Lípa: Česká membránová platforma, 2018 [cit. 2020-03-19].
Dostupné z: http://www.czemp.cz/cs/seznam-membranovych-procesu/mbr-membranovy-bioreaktor

[24] ENERGIE ŠEDÝCH VOD: REKUPERACE ŠEDÝCH VOD. *ASIO: čištění a úprava vod* [online]. Brno: ASIO TECH, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-03-19].
Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/energie-sedych-vod

[25] ČISTÍRNY ŠEDÝCH VOD AS-GW/AQUALOOP. In: *ASIO: čištění a úprava vod* [online]. Brno: ASIO TECH, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-03-19].
Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/as-gw-aqualoop

[26] *ČSN EN 1717.* Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2002

[27] ENERGIE A OZE. In: *ASIO: čištění a úprava vod* [online]. Brno: ASIO TECH, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-03-19].
Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/energie-a-oze

[28] ECOSHOWER. *aliaxis* [online]. Bologna: REDI, 2020 [cit. 2020-03-20].
Dostupné z: https://redi.it/prodotti/divisioni/energy/ecoshower/

[29] Dešťovka [online]. Praha: Anylopex plus, 2020 [cit. 2020-03-20].
Dostupné z: https://www.destovka.eu/

[30] Jak funguje samočistící filtr AS-PURAIN. In: *ASIO: čištění a úprava vod* [online]. Brno: ASIO TECH, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-03-20].
Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/jak-funguje-samocistici-filtr-as-purain

[31] Provozní a monitorovací jednotka AS-RAINMASTER favorit. In: *ASIO: čištění a úprava vod* [online]. Brno: ASIO TECH, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-03-20].
Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/as-rainmaster-favorit

[32] Technologie čistíren odpadních vod. *SmVaK: Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s.* [online]. Ostrava: Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava, 2020 [cit. 2020-03-20].
Dostupné z: http://www.smvak.cz/technologie-cistiren-odpadnich-vod

[33] Domovní a kontejnerové čistírny odpadních vod TOPAS. *TOPOL WATER* [online]. Čáslav: TopolWater, 2020 [cit. 2020-03-20].
Dostupné z: https://www.topolwater.com/domovni-cov-popis.htm

[34] Čistírna (čistička) odpadních vod - popis technologie. *Voda v domě* [online]. Brno: ASIO NEW, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-03-19].
Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/as-variocomp-k-ultra

[35] Technologie domovních ČOV s ohledem příjemce odpadních vod. *Voda v domě* [online]. Brno: ASIO NEW, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-03-19].
Dostupné z: https://www.vodavdome.cz/zdroje-a-prijemci-odpadnich-vod-a-technologie-domovnich-cov/

[36] Energie odpadních vod z ČOV. *Voda v domě* [online]. Brno: ASIO NEW, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-03-19].
Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/energie-odpadnich-vod-z-cov

[37] Kořenová čistička: funkce. *Kořenovky* [online]. Praha: Filipendula, 2020 [cit. 2020-03-20].
Dostupné z: http://www.korenova-cisticka.cz/o-korenovkach/fungovani/Korenova-cisticka%E2%80%93korenova-cistirna%E2%80%93funkce.html

[38] *ČSN 75 9010*. Vsakovací zařízení srážkových vod. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

[39] Využití šedých a dešťových vod v budovách. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, 2020 [cit. 2020-04-20].
Dostupné z: https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach

[40] Stanovení produkce šedé vody. *Voda v domě* [online]. Brno: ASIO NEW, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-03-23].
Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/stanoveni-produkce-sede-vody

[41] Filtr na dešťovou vodu AS-PURAIN. In: *ASIO: čištění a úprava vod* [online]. Brno: ASIO TECH, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-04-20].
Dostupné z: https://www.asio.cz/cz/as-purain

10. Seznam příloh

Příloha 1: Potřeba užitkové vody - výpočet

Příloha 2: Produkce šedé vody - výpočet

Příloha 3: Měsíční a roční úhrny srážek, stanice Teplice, 2000 – 2019

Příloha 4: Blokové schéma koncepčního řešení hospodaření s vodou