

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování

Hospodaření s šedými a dešťovými vodami

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.
Diplomant: Bc. Michaela Kocourková

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Michaela Kocourková

Regionální environmentální správa

Název práce

Hospodaření s šedými a dešťovými vodami

Název anglicky

Management of gray water and rain water

Cíle práce

Cílem práce je rešerše literatury v oblasti využívání a úpravě vod šedých a vod dešťových. Na konkrétním objektu vyřešit hospodaření s dešťovými a šedými vodami.

Metodika

1. Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Popis řešené lokality
6. Návrh hospodaření s dešťovými vodami
7. Návrh hospodaření s šedými vodami
8. Investiční náklady
9. Diskuze
10. Závěr
11. Použité zdroje
12. Přílohy

Doporučený rozsah práce

60 stran a grafické přílohy

Klíčová slova

Dešťová voda, šedá voda, spotřeba vody,

Doporučené zdroje informací

BÖSE K. H., 1999: Dešťová voda pro zahradu a dům. HEL, Ostrava: 85s

HLAVÍNEK P., PRAX P., SKLENÁROVÁ T., DVOŘÁKOVÁ D., POLÁŠKOVÁ K., KUBÍK J., HLUŠTÍK P., BERÁNEK J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. ARDEC s.r.o., Brno: 164s

Legislativní podklady a normy

MATOS C., PEREIRA S., AMORIM E. V., BENTES I., BRIGA-Sá A., 2014: Wastewater and greywater reuse on irrigation in centralized and decentralized systems – An integrated approach on water quality, energy consumption and CO2 emissions. Science of The Total Environment, Volume 439, Pages 463-471.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 ZS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 29. 2. 2016

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 07. 08. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Hospodaření s šedými a dešťovými vodami“ vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím pouze zde uvedených podkladů a pramenů, které jsou v práci citovány a uvedeny v seznamu literatury.

V Praze dne

.....

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí diplomové práce Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za podporu, cenné rady, věcné připomínky a odborné vedení při psaní diplomové práce.

Abstrakt

Vývoj a pokrok lidské činnosti na Zemi je nezastavitelný, neměli bychom však zapomínat na přirozené přírodní procesy, které v přírodě probíhají bez ohledu na to, jak velký zásah do ní uděláme. Voda je jedním z hlavních strůjců života pro existenci živých organismů na naší planetě. Řadí se mezi nevyčerpatelné zdroje, ale i přesto jí bývá nedostatek, a to obzvláště vody pitné. Její spotřeba a nároky obyvatel na vodu se v posledních letech v souvislosti s rychlým rozvojem měst zvyšují a také zpřísňují.

Voda je nedílnou složkou a součástí pro život na Zemi, s urbanizací a antropogenní činností člověka je však stále více ovlivňován její proces v přírodě. Narušením koloběhu vody dochází k vyššímu výskytu povodní či období sucha, zhoršuje se kvalita vody v tocích. Hojnou urbanizací měst a obcí dochází ke zmenšení plochy pro možnost vsakování se dešťové vody do horninového podloží a snižuje se zásoba podzemní vody, která je nejvhodnějším zdrojem pitné vody. Přes všechny tyto procesy, kterými narušujeme přirozený koloběh vody, se neustále zvyšuje potřeba pitné vody v lidské populaci. Pro efektivní využití pitné vody, v případech, kde je nezbytně nutné její použití, se naskytá myšlenka, že ne všechny lidské činnosti nemusí nutně využívat jen vodu pitnou, ale mohou využít i vodu užitkovou. Zdrojem této užitkové vody může být voda dešťová nebo šedá voda.

Záměrem této úvahy je vyvolat diskusi ohledně zadržování dešťové vody, čištění šedé vody s možnostmi jejich využití. Dešťová voda doplňuje zdroje podzemních vod, stejně tak se nabízí možnost jejího využití namísto vody pitné v místě jejího dopadu. Pro nahrazení pitné vody v činnostech, kde není nezbytně nutná taková vysoká kvalita vody, můžeme použít i vodu šedou. Šedá voda je voda z koupelen, vykazuje malé množství znečištění, které je snadno odstranitelné, a proto je vhodná po přečištění například na splachování toalet. Momentální stav, kdy je používána pitná voda k naprosté většině lidských činností, se jeví jako velmi neúspěšný a neekologický. Využití dešťové a šedé vody je možností, jak ekologicky a šetrně přistupovat k přírodě a chránit zdroje pitné vody na Zemi i pro další generace.

Klíčová slova:

spotřeba vody, pitná voda, hospodaření s vodou, dešťová voda, šedá voda

Abstract

Evolution and advancements of human activity is unstoppable, still we should not forget about basic natural processes which proceed no matter how man can influence them. Water is one of the main constructors of life and is necessary for function of everything live on the planet Earth. It often is categorized among the inexhaustible resources, still there lacks enough drinkable water. It's consumption grows in recent years with fast development of cities.

It is the most important part of life on Earth and with urbanization and anthropogenic interference water is negatively affected and thus it's processes in nature. Interfering with water cycle makes for higher occurrences of droughts and floods, the quality of water streams suffers. Urban areas lack the surface where water could soak into the subsoil and underground water resources shrink. Through all these influences with which we affect natural water cycles the need for water and its consumption grows in our societies. For effective use of water comes up the idea of using not only the drinkable water but waste water and other types as well. Sources can be various, rain water, reused water.

The focal point of this thesis is to be the impetus of discussion concerning the use of rain water and directly cleaning and reusing the water which comes straight from our homes. Rain water fills up underground water resources and also could be used in place of potable water. Substituting the potable water in activities and industries where such a high quality water is not needed and could be easily replaced with grey water. Grey water, being the waste water that comes from our bathrooms, is easily cleaned and can be used for various necessities. Current state where the potable water is used in absolute majority of human life appears to be extremely wasteful and unecological. Use of grey water and rain water is a possibility of ecological and thrifty water management which could prevent environmental damages and save water resources for the next generations.

Key words

water use, drinking water, water management, rain water, grey water

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce a metodika	12
2.1	Cíle práce.....	12
2.2	Metodika.....	12
3	Dešťová voda	14
3.1	Vznik dešťové vody	14
3.2	Srážky na území České republiky	16
3.3	Znečištění a kvalita dešťové vody	18
4	Legislativa pro dešťovou vodu	19
5	Hospodaření s dešťovou vodou v urbanizovaném území	24
5.1	Možnosti využití dešťové vody	26
5.2	Infiltrace dešťové vody.....	27
5.2.1	Návrh vsakovacího zařízení.....	27
5.2.2	Povrchové vsakování	28
5.2.3	Podzemní vsakování	30
5.2.4	Kombinovaná vsakovací zařízení	32
5.3	Retence dešťové vody	34
5.3.1	Retenční nádrže	34
6	Šedé vody a legislativa šedých vod	36
7	Úprava šedých vod.....	38
7.1	Mechanická úprava.....	39
7.2	Chemická úprava	39
7.3	Fyzikální úprava	40
7.4	Biologická úprava.....	40
7.5	Přírodní postupy čištění.....	40
8	Možnosti využití šedých vod	41

8.1	Využití tepla z šedých vod	42
8.2	Využití šedých vod v České republice	44
9	Praktická část	45
9.1	Bilance dešťových vod v areálu kolejí ČZU	46
9.2	Využití šedé vody v areálu kolejí ČZU	55
9.3	Hospodaření s dešťovými a šedými vodami v budově koleje A	59
9.3.1	Návrh zařízení pro dešťové vody	59
9.3.2	Návrh zařízení pro šedé vody	64
9.3.3	Ekonomická rozvaha projektu	67
9.4	Výsledky	70
10	Diskuse	72
11	Závěr	75
12	Použitá literatura	77
13	Seznam obrázků	82
14	Seznam tabulek	83
15	Přílohy	84

1 Úvod

Hospodaření s vodou je důležité a aktuální téma současnosti. Přesto, že je voda řazena mezi nevyčerpatelné zdroje, nebývá jí často dostatek. Voda je charakteristickou surovinou pro život na Zemi. Její hlavní nedostatek je zvláště u vody pitné. Z důvodu trvale udržitelného rozvoje vyvstává myšlenka, zda by se nedala při některých lidských činnostech nahradit voda pitná za vodu užitkovou.

V minulosti, kdy města ještě nebyla tak industrializována a urbanizována, ale nejen města i okolní krajina, se dešťová voda přirozeně vsakovala do horninového prostředí přímo v místě jejího dopadu. Problémem současnosti jsou velké zastavěné plochy ve městech, kde dochází k nemožnosti infiltrace dešťové vody. Voda bez možnosti vsaku odtéká povrchovým odtokem do řek nebo na čistírny. Odvod dešťové vody má pak neblahý vliv na městskou zástavbu či zemědělské pozemky v okolí měst. Při povrchovém odtoku nastávají problémy z důvodu nedostatku vláhy, v zemědělství jsou narušené pozemky a dochází k erozi půdy. Snižuje se hladina podzemní vody, z důvodu zastavěných nepropustných ploch se dešťová voda nemůže infiltrovat do vody podzemí. Poklesem hladiny podzemní vody dochází ke zmenšení vlhkosti půdního profilu a nedostatkem vláhy nemají rostliny dostatečné množství vody pro svůj růst.

V urbanizovaném území je voda svedena do kanalizace, která je vedena na čistírnu nebo přímo do nejbližšího recipientu. V případě čistírny se navýší náklady na přečištěné splaškové vody naředené dešťovou vodou. Při odvodu dešťové vody do recipientu odchází veškeré znečištění ze silnic a střech přímo do vodních toků.

Tyto popsané problémy se dotýkají nás všech, řešení těchto problémů není lehké, ale i přesto se v předešlých letech, začalo uvažovat o hospodaření s dešťovou vodou. Myšlenka hospodaření s dešťovou vodou je založena na vsakování či jiném využití v místě jejího dopadu. Hledání řešení v zastavěném území je však mnohem složitější.

Další možná alternativa pro nahrazení pitné vody za vodu užitkovou je využití šedé vody. Šedá voda je mírně znečištěná odpadní voda ze sprch, umyvadel, praček, která by mohla být po přečištění použita například na

splachování záchodů a závlahu zeleně. Jedná se o činnosti, kde nedochází k přímému kontaktu člověka s užitkovou vodou.

Záměrem diplomové práce je poukázat na možné varianty, jak využít dešťové a šedé vody v případech, kde by mohla nahradit vodu pitnou. Hospodaření s šedou a dešťovou vodou je úsporné a ekologické přistupování k přírodě.

2 Cíle práce a metodika

2.1 Cíle práce

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické, rešeršní části, je popsána problematika dešťových a šedých vod, možnosti jejího využití a hospodaření, uzavírá jí zpřehlednění stávající legislativy týkající se šedých i dešťových vod.

Praktická část práce je rozdělena na tři dílčí části. První část je zaměřená na dešťovou vodu v areálu kolejí ČZU, druhá část práce pojednává o šedé vodě v areálu kolejí ČZU a ve třetí části bude navrženo konkrétní řešení pro využití dešťové a šedé vody pro budovu koleje A. Na konec budou zhodnoceny investiční náklady návrhu a doba návratnosti celé realizace.

Cílem práce je poukázat na různé možnosti využití šedých a dešťových vod a hospodaření s nimi. Důraz je kladen na systém nahrazování pitné vody při činnostech, kde může být využívána voda užitková.

2.2 Metodika

Teoretická část vychází z odborné literatury zabývající se hospodařením dešťové a šedé vody a ze stávající legislativy. Odborná literatura v tomto oboru není moc rozsáhlá, více informací se objevuje v odborných článcích či publikacích hlavně v případě šedých vod. Z tohoto důvodu je čerpáno z normy ČSN 75 6780, která je zatím neschválená a je ve fázi projednávání. Problematice šedých vod se věnuje také firma ASIO s.r.o., která vydává odborné publikace a i jejich internetové stránky byly častým zdrojem informací pro rešeršní část diplomové práce.

Stěžejními materiály pro vznik praktické části práce byla dokumentace kolejí České zemědělské univerzity v Praze (dále jen ČZU), poskytnutá rektorátem ČZU. K dispozici mi byly poskytnuty výkresy všech kolejí v areálu a celého komplexu ČZU. Další potřebné informace pro výpočty bilance dešťových vod a množství vyprodukované šedé vody jsem získala od vedoucí správy kolejí. Zdroje použité v praktické části jsou normy týkající se šedých a dešťových vod a

dále pak internetové zdroje pro zjištění aktuálních cen vodného a stočného. Cenné informace byly rovněž získány z katastru nemovitostí.

Praktická část diplomové práce je rozdělena na tři části. První část je věnována bilanci dešťových vod v areálu kolejí ČZU. Následuje finanční zhodnocení dešťové vody a možnost jejího využití na závlahu travního porostu v okolí kolejí. Ve druhé části je vypočítána pomocí normy ČSN 75 6780 produkce šedých vod ve všech budovách kolejí. Třetí část poskytuje detailnější popis koleje A, pro kterou byla navržena podzemní dešťová nádrž pro závlahu okolního travního porostu. Pro nově vybudovanou nádrž byl vyhotoven výkres. Dále bylo vypočteno množství produkce šedých vod doplněné o návrh nádrže na přečištění šedých vod. Vyhotovení výkresu s novými rozvody vnitřní kanalizace pro šedé vody a rozvody vnitřního vodovodu pro provozní vodu na splachování toalet uzavírá hlavní projekty této práce. Pro lepší přehlednost následuje vypracování výkresu s detailem koupelny s novými rozvody. Praktická část práce je zakončena výpočtem investičních nákladů a doby návratnosti celé realizace.

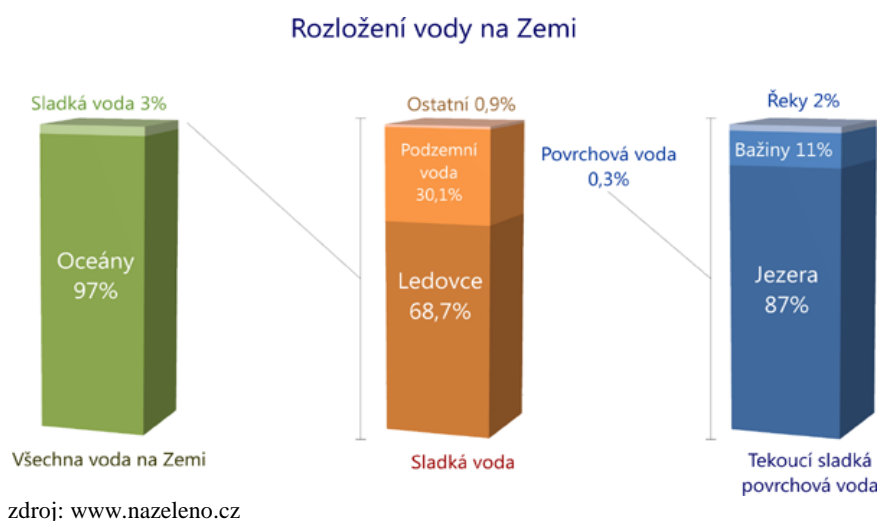
Oběh vody na Zemi vzniká tím, že se od zemského povrchu zvedá teplý vzduch, který obsahuje vodní páru, v atmosféře se ochladí a s klesající teplotou začíná kondenzovat. Kondenzace je proces nepostradatelný pro vznik oblaků. Ke kondenzaci většinou dochází, když je vzduch vodou nasycen maximálně. Zároveň s tím jsou v atmosféře částice, které jsou schopny vázat vodu. Například mikroskopická zrnka prachu nebo soli. Těmto částicám říkáme kondenzační jádra. V urbanizovaném území jsou kondenzačními jádry převážně prach a kouř. Až milion kondenzačních jader teprve vytváří dešťovou kapku, která svou vahou padá z oblaku, ve formě srážek. Při dopadu na zemský povrch se část srážek vsákne do země.

(Liu et. al., 2009)

Skoro 90 % vzdušné vlhkosti vzniká z oceánů, moří, jezer a řek, jen pouhých 10 % se uvolňuje transpirací rostlin. Celkový objem vypařené/zkondenzované vody je přibližně stejný s objemem vody dopadající na zemský povrch v podobě srážek a druhá část, která dopadá na nasycenou půdu nebo v urbanizovaném území, steče v podobě povrchového odtoku do potoků a následně do řek. Skoro třetina srážkových vod se dostává formou povrchového odtoku zpět do oceánů. Zbylé dvě třetiny dešťové vody se rozčlení mezi výpar, vsak do podzemních vod, pro potřebu rostlin a využití dešťové vody člověkem.

(Delpla et. al., 2009)

Obrázek č. 2. Rozložení vody na Zemi



3.2 Srážky na území České republiky

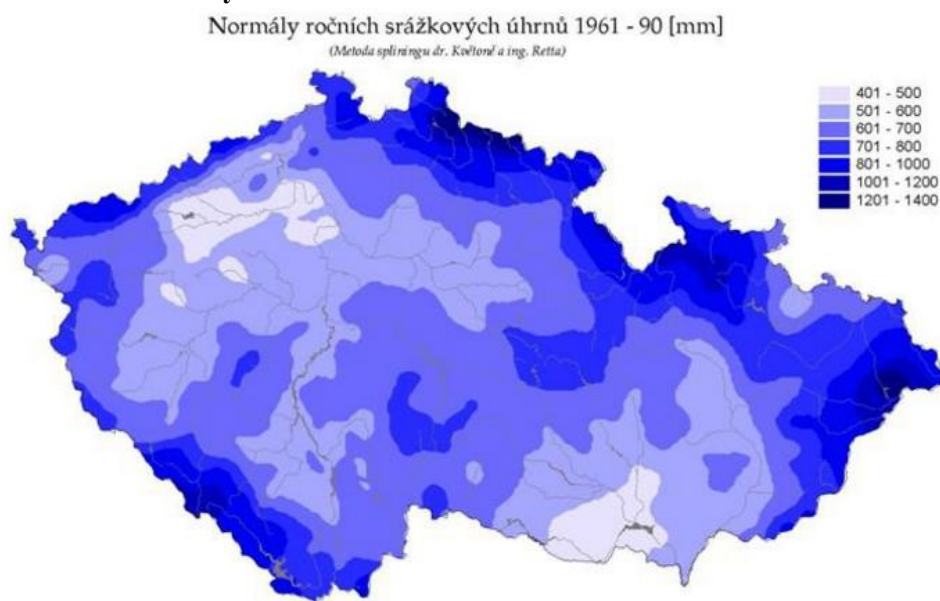
Rozdělení srážek může být odlišné. Srážky se dají dělit podle skupenství, v kterém dopadají na zem, tedy kapalném (déšť) a tuhém (sníh). Srážky však můžeme dělit i podle jejich pohybu atmosférou, na srážky horizontální a vertikální. Rozpoznáváme vertikální srážky např. mrholení, déšť se sněhem, sníh, kroupy, déšť. Horizontální srážky vznikají kondenzací vodní páry na studeném zemském povrchu. Jedná se o rosu, mlhu, jinovatku, námrazu, ledovku či náledí.

(Bednář, 2003)

Mapy prostorového rozložení srážkových úhrnů jsou váženým průměrem úhrnů měřených a vypočtených v letech 1961 – 2000. Váhovým koeficientem je koeficient determinance, který vyjadřuje vztah mezi srážkovými úhrny a nadmořskou výškou.

(Krejčí et. al., 2002)

Obrázek č. 3. Srážky na území ČR



zdroj: ČHMÚ

Česká republika má roční srážkový úhrn mezi 450-1500 mm. Srážkově nejchudší oblastí je dolní Poohří, Kladensko a Rakovnicko. Naopak Jizerského hory mají největší srážkový roční úhrn 1500 mm. Z geografického hlediska ukazuje výše zobrazená mapa výskyt dvou oblastí s nižším srážkovým úhrnem. Jedna oblast začíná v Podkrušnohoří, dále pokračuje do Polabí a Středních Čech. Oblast před Krušnými horami leží v takzvaném srážkovém stínu. Srážkový stín vzniká v závětrné

horské oblasti. V této oblasti je nejméně srážek. Druhá oblast s nižším srážkovým úhrnem je Jižní Morava, kde je sucho způsobeno spíše nadmořskou výškou. Nejvyšší srážkové úhrny jsou v pohraničí (Jizerské hory, Krkonoše, Šumava, Orlické hory, Beskydy), kde se oblačnost zachytí a spadne zde značně množství srážek. Nejvíce srážek v roce připadá většinou na červen a červenec, oproti tomu nejméně srážek se vyskytuje v lednu a únoru. V ročním úhrnu srážek připadá větší procento na léto a nejméně na zimu, nesmíme však opomenout fakt, že v letních měsících jde spíše o intenzivní srážky s krátkodobou frekvencí a v zimních měsících není intenzita srážek tak vysoká, ale dlouhodobá.

(Krejčí et. al., 2002)

3.3 Znečištění a kvalita dešťové vody

Kvalita dešťové vody je dobrá, můžeme ji srovnávat se skoro čistou vodou. Jak uvádí Krejčí a kol. ve své knize, dešťová voda se dá přirovnat k vodě destilované. Vzniká odpařováním ze zemského povrchu, při výparu však ještě váže na sebe CO₂ obsažený ve vzduchu. Jakost dešťové vody může být výrazně ovlivněna, když je vzduch znečištěný, jelikož už v atmosféře přichází do styku s různými chemickými látkami.

(Krejčí et. al., 2002)

Zachycená dešťová voda může vykazovat tři známky znečištění rozpuštěné a nerozpuštěné látky pohybující se v atmosféře a nahromaděné znečištění na povrchu země usazené během bezdeštného období.

(Krejčí et. al., 2002)

Znečištění atmosférických srážek dochází hlavně ve velkých městech a oblastech, kde je rozšířený průmysl. V průběhu deště dochází k čištění atmosféry, tedy i k vymývání látkového znečištění ve vzduchu. Z tohoto faktu můžeme usuzovat, že voda není čistý kondenzát, ale odráží se na podkladu zemského povrchu, tak i na antropogenním znečištění. Znečištění lidskou činností je převážně způsobeno dopravou a plyny z komínů. Chemická látka vypuštěná do ovzduší v místě vzniku se může projevit znečištěním atmosféry ve vzdálenějších oblastí, proto se projevuje znečištění dešťové vody nejen z lokálního zdroje znečištění. Kyseliny obsažené v zachycené dešťové vodě pocházejí především z antropogenní činnosti, zásadité látky vycházejí zejména z přirozeného prostředí. Při spalování fosilních paliv dochází k uvolňování sloučenin síry a dusíku, tyto sloučeniny jsou zdrojem kyselin, dalším zdrojem znečištění jsou výfukové plyny z motorových vozidel, které se dostanou do ovzduší.

(Matos et. al., 2014)

Velikost znečištění dešťových vod se určí podle velikosti dešťového odtoku, délky bezdeštného období, objemu a intenzity atmosférických srážek. Délka bezdeštného období je důležitá pro zjištění nahromaděného znečištění na povrchu. Objem srážkového odtoku je významný pro přesun rozpuštěných látek a intenzita srážek má vliv na přenos nerozpuštěných látek.

(Matos et. al., 2014)

4 Legislativa pro dešťovou vodu

Vodní zákon č. 254/2001 Sb.

Legislativa pro vodu, respektive vodní hospodářství, je zakotvena v zákoně č. 254/2001 Sb., o vodách. Zákon zvláště chrání povrchové a podzemní vody, stanovuje podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závisících suchozemských ekosystémů. Problematika dešťové vody v zákoně není příliš rozvedena, ukrývá se spíše ve větě: „vytváří podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha“. V zákoně není přímo uvedena kapitola, která by tuto oblast řešila. A nejednotný pohled v legislativě nepřispívá k porozumění dešťových vod a možnosti jejího využití.

(Zákon č. 254/2001Sb.)

Po přečtení zákona však vyplyne, že voda, která vznikne atmosférickými pochody, je chápána jako dešťová či srážková voda. Zákon upravuje právní vztahy jen u vody, která dopadne na zemský povrch. Pro vodu, která na zemský povrch nedopadne, žádný právní vztah v zákoně není. Například stavební zákon uvádí tuto vodu, která nedopadne na zemský povrch, jako dešťovou, oproti tomu zákon o kanalizacích a vodovodech ji zmiňuje jako srážkovou.

(Stránský et. al., 2008)

Stavební zákon č.183/2006 Sb.

V prováděcí vyhlášce týkající se stavebního zákona, je důležitý požadavek. Při vymezení stavebního pozemku musí být postupováno tak, aby bylo vyřešeno vsakování dešťové vody anebo její retence před tím, než bude svedena do vodního toku nebo kanalizace. (Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území.)

(Zákon č. 183/2006 Sb.)

Zákon o vodovodech a kanalizacích 274/2001 Sb.

Je to zákon, který řeší legislativu srážkových vod z pohledu odvodu dešťové vody kanalizací.

§ 2 odst. 2.

Kanalizace je provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující kanalizační stoky k odvádění odpadních vod a srážkových vod společně nebo odpadních vod samostatně a srážkových vod samostatně, kanalizační objekty, čistírny odpadních vod, jakož i stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizace. Odvádí-li se odpadní voda a srážková voda společně, jedná se o jednotnou kanalizaci a srážkové vody se vtokem do této kanalizace přímo nebo přípojkou stávají odpadními vodami. Odvádí-li se odpadní voda samostatně a srážková voda také samostatně, jedná se o oddílnou kanalizaci.

(Zákon č. 254/2001Sb.)

Prováděcí vyhláška č. 428/2001Sb k zákonu č. 274/2001Sb., o vodovodech a kanalizacích

Prováděcí vyhláška popisuje způsob výpočtu množství srážkových vod odváděných do kanalizace bez měření.

§ 31 odst. 1.

Množství srážkových vod odváděných do kanalizace bez měření se vypočte podle vzorce uvedeného v příloze č. 16 na základě dlouhodobého srážkového normálu v oblasti, ze které jsou srážkové vody odváděny do kanalizace, zjištěného u příslušné regionální pobočky Českého hydrometeorologického ústavu a podle druhu a velikosti ploch nemovitostí a příslušných odtokových součinitelů uvedených v příloze č. 16

(Zákon č. 274/2001Sb.)

Poplatek za odvod dešťových vod do jednotné kanalizace mají povinnost platit všichni majitelé nemovitostí, v nichž je prováděna podnikatelská činnost. Výjimku danou ze zákona mají plochy železnic, silnic, zoologické zahrady a nemovitosti určené k trvalému bydlení.

(Hlavínek et. al., 2007)

Rozsáhlá novelizace norem přinesla v roce 2012 vznik dvou nových norem v oblasti dešťové hospodaření.

(Stránský et. al., 2010)

TNV 759011 Hospodaření se srážkovými vodami

Norma řeší nakládání se srážkovými vodami zejména na pozemku stavby (decentrální způsob odvodnění), ale jsou uvedena i centrální opatření, která jsou řazena za opatření decentrální (řetězení do série) tak, aby byl vytvořen funkční systém přírodě blízkého odvodnění. V této normě jsou uvedena také opatření pro snížení (případně prevenci vzniku) srážkového odtoku.

(TNV 759011)

ČSN 759011 Vsakovací zařízení srážkových vod

Norma popisuje rozsah a způsoby provádění geologického průzkumu pro vsakování srážkových povrchových vod. Stanovuje omezující podmínky pro vsakování srážkových povrchových vod. Norma přináší základní přehled v současnosti používaných povrchových a podzemních vsakovacích zařízení. Norma uvádí postup a příklady výpočtů retenčních objemů vsakovacích zařízení se zabývá mírou bezpečnosti proti přeplnění vsakovacích zařízení a přetékání srážkových vod na povrch. Do normy jsou přiloženy aktualizované tabulky návrhových úhrnů srážek v České republice.

(ČSN 759010)

Technické normy byly dříve obecně závazné. V současnosti dle zákona 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky nejsou české technické normy obecně závazné. Postupovat dle ČSN však musíme, když tak stanoví některý právní předpis platný na území České republiky.

(Valášková, 2011)

Pro porovnání ve Švýcarsku je hlavní prioritou vsakování neznečištěné dešťové vody. Tuto prioritu mají zakotvenou přímo ve vodním zákoně.

(GSchG, 1991)

„Neznečištěná odpadní voda se má podle pokynů kantonálních úřadů nechat vsakovat. Pokud to místní poměry neumožňují, smí být s povolením kantonálních úřadů odvedena do povrchových vod. Přitom se mají udělat taková retenční opatření, aby voda při velkých objemech odtékala rovnoměrně“. „Znečištěnou odpadní vodu je nutno předčistit a do povrchových nebo podzemních vod smí být odváděna nebo vsakována jen s povolením kantonálních úřadů“.

(GSchG, 1991)

Rozlišení, zda jde o znečištěnou nebo neznečištěnou vodu, je upraveno v Nařízení na ochranu vod GSchV, 1998. Nařízení na ochranu vod také určuje oblasti ochrany podzemní vod v těchto lokalitách. Infiltrace dešťových vod je v těchto oblastech zakázána.

Dle Nařízení vlády jsou nástroji pro odvodnění obcí a plánování nakládání s dešťovou vodou Generální plány odvodnění (dále jen GEP), vytvoření takových dokumentů mají na starosti kantony. GEP určí lokality, z jejichž zastavěných nebo zpevněných ploch se má dešťový odtok odvádět odděleně od ostatních odpadních vod, oblasti, z nichž se mají neznečištěné odpadní vody vsakovat, a území, z nichž se mají neznečištěné odpadní vody odvádět do povrchových recipientů. Tyto informace pochází ze směrnice pro vytvoření GEP *Genereller Entwässerungsplan (GEP): Richtlinie für die Bearbeitung und Honorierung*.

(VSA, 1989), (GSchV, 1998)

Směrnice pro vsakování, retenci a odvádění dešťové vody v urbanizovaných oblastech (*Regenwasserentsorgung: Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten*) stanovuje priority při odvodu dešťové vody a určuje nejlepší dostupnou technologii, tzn. způsob nakládání s dešťovými vodami při zohlednění proveditelnosti, přípustnosti a finanční vhodnosti.

(VSA, 2002)

Odvod neznečištěných srážkových vod do kanalizace je ve Švýcarsku zpoplatněn v řadě obcí i pro rodinné domy. Výše poplatku se určuje podle velikosti a nepropustnosti plochy nebo podle velikosti pozemku vynásobené zónou, v které se pozemek nachází (např. střed města, průmyslová zóna, zóna zeleně). Poplatek je také snižován o určité procento, když alespoň 50% plochy není zpevněno (součinitel

odtoku je pak nižší než 0,5). Úleva na poplatku také vzniká, když je nepropustná plocha napojena na retenční prostory.

(BUWAL, 2003)

Česká republika nemá zatím hospodaření s dešťovou vodou tak propracované jako mají jiné státy, například Německo nebo Švýcarsko. Přísná legislativa těchto států nutí a zároveň motivuje obyvatele přemýšlet nad hospodařením s dešťovou vodou. V povědomí našich obyvatel je stále myšlenka, že stávající odvodňovací systém v České republice, který z větší části tvoří jednotná splašková kanalizace, je dostačující. S největší pravděpodobností by bylo vhodné, aby se zlepšil stav pro hospodaření s dešťovou vodou do budoucna i pro Českou republiku. Například změnou zákona č. 254/2001 Sb. a zpoplatněním odvodu dešťové vody nejen v podnikatelské činnosti, ale i pro rodinné domy.

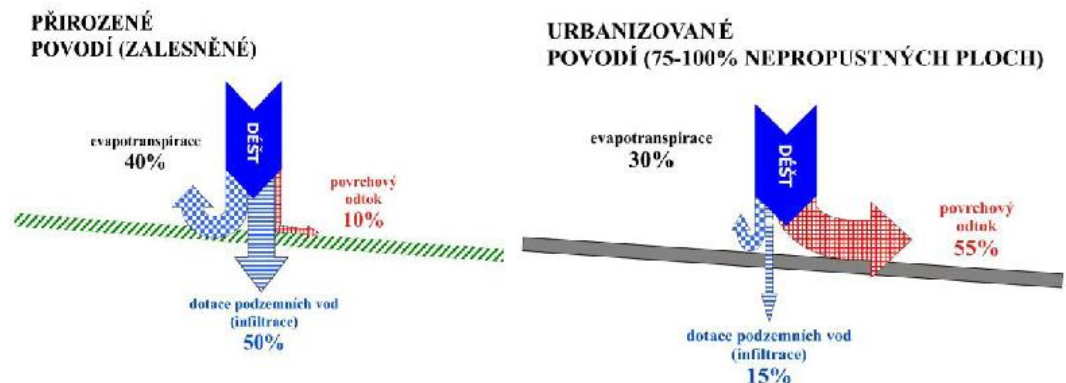
(Stránský a kol., 2008)

5 Hospodaření s dešťovou vodou v urbanizovaném území

Urbanizace zásadním významem ovlivňuje přirozený koloběh vody, jak z pohledu jejího množství, tak i kvality. V urbanizovaném území je velká část nepropustných ploch (střechy budov, komunikace). V městských centrech tyto plochy zabírají až 70 i více procent. Voda, která dopadá na nepropustný povrch, se nemůže infiltrovat do kolektoru podzemních vod. Oproti přírodním podmínkám dochází i ke snížení úrovně evapotranspirace (výparu). Převážná část z celkového množství dešťové vody, odtéče po zpevněném povrchu do dešťové vpusti nebo je stokovou sítí odvedena mimo urbanizované plochy.

(Hlavínek et. al., 2007)

Obrázek č. 4. Vsakování dešťové vody



zdroj: (Hlavínek et. al., 2007)

V oblastech s přirozeným vegetačním pokryvem se až 50 % objemu dešťové vody, infiltruje přes vegetační plochu do podzemních vod a zásobuje kolektory podzemních vod. Jenom 10 % odtéká povrchovým odtokem a 40 % se evapotranspirací (výpar) přirozeně dostane do koloběhu vody.

(Hlavínek et. al., 2009)

V urbanizovaném území se zvyšuje objem povrchového odtoku, ale zásadně i rychlost odtoku, která se potom projevuje nemožností transformace vrcholícího průtoku. Následkem vyššího objemu odtoku dešťové vody a její rychlosti dochází ke změně hydrologického systému ve vodním toku. Podstatné je to zejména v situacích, kde je větší urbanizovaná plocha, která leží blízko malého vodního toku. Nepředvídatelné zvýšení průtoku se může projevit častějšími lokálními povodněmi.

Nejen povodně negativně ovlivňují přeměnu koloběhu vody v důsledku urbanizace, dalším problémem je nedostatečná dotace podzemních vod, kdy se snižuje hladina podzemní vody. Zásadní problém nastává v období sucha, kdy by průtok ve vodním toku měl být podporován podzemní vodou. Narušováním přirozeného hydrologického cyklu je ohroženo životní prostředí.

(Hlavínek et. al., 2009)

5.1 Možnosti využití dešťové vody

Hospodaření s dešťovou vodou není v České republice ještě tak zažité jako v jiných státech Evropy. Lidé v České republice si zatím stále neuvědomují, že musí využít všechny možnosti pro nahrazení vody pitné k činnostem, kde by stačila voda užitková. Pomohlo by to ke zlepšení nejenom z hlediska ekonomického, ale i ekologického. (Hlavínek et. al., 2007)

Dešťová voda je v urbanizovaném území odvedena ze zpevněných nebo zastavěných ploch dešťovou kanalizací do řek a potoků. V horším případě je dešťová voda vmísena do jednotné kanalizace a se splašky odvedena na čistírnu odpadních vod. Zvyšuje se tak riziko záplav a zvedají se náklady na výstavbu větších průměrů odpadního potrubí. Zvyšování těchto nákladů se potom promítne do ceny vodného a stočného, a to jejím navýšením. Ani v jednom případě není dešťová voda nijak využita jako zásoba pro suché období. (Böse, 1999)

Voda je pokládána za obnovitelný zdroj, ovšem zásoby pitné vody se zmenšují. Právě neadekvátní využívání je hlavní příčinou nedostatku vody. Průměrná spotřeba pitné vody činí až 110 litrů na osobu. Jak uvádím v tabulce níže, až polovina z této spotřeby může být nahrazena alternativou v podobě užitkové vody, protože užitková voda nevyžaduje požadavky kvality pitné vody. Tabulka popisuje jaká je denní spotřeba pitné vody v domácnosti. Rozlišení, zda použít vodu pitnou, nebo použít vodu alternativní, se hodnotí podle toho, jestli s tou vodou přijde člověk přímo do styku. Spotřeba vody je závislá na počtu lidí v objektu a na velikosti objektu samotném. (Hlavínek et. al., 2007)

Tabulka č. 1. Spotřeba vody v domácnosti (Hlavínek a kol., 2007)

Činnost	Spotřeba vody (l/(osoba . den))
Nutné použití pitné vody	
Mytí nádobí	8
Vaření a pití	4
Osobní hygiena	46
Možnost použití alternativy	
Praní	16
Splachování WC	40
Zalévání květin	7
Údržba a ostatní	4

5.2 Infiltrace dešťové vody

V minulosti docházelo k vsakování vody přirozenou formou a docházelo tedy tím k doplňování podzemních vod normální cestou. Vlivem modernizace, spojené s urbanizací území, dochází k tomu, že se přírodní plochy zpevňují a voda se nemůže přirozeně infiltrovat, a doplňovat tak zásoby podzemní vody. Většina dešťové vody tak v lepším případě odteče do recipientů rovnou při dešti nebo po přečištění v čistírně odpadních vod. Tento způsob však není moc užitečný pro zadržení dešťové vody v území. Nastává jak problém snížení hladiny podzemní vod, tak i nedostatek vody povrchové v letním období, kdy je sucho. Z hlediska ekologického i vodohospodářského je prioritou, aby byla dešťová voda začleněna do přirozeného koloběhu vody v místě jejího dopadu. Infiltrace dešťové vody je řešením této situace, nelze ho však použít ve všech lokalitách. Je například zakázáno vsakování v ochranných pásmech vodních zdrojů nebo při nevhodném podloží u podzemních vod. Musí se dodržovat i určitá minimální vzdálenost od objektů, aby nedocházelo k podmáčení podloží objektu. Hydrologický průzkum je pro vsakování hlavním kritériem.

(Roccaro et. al., 2005; Holt et. al., 2006)

5.2.1 Návrh vsakovacího zařízení

Pro projektování vsakovacího zařízení a jeho výstavbu či provoz je důležité dodržovat předepsané zákony a nařízení pro ochranu vod a půdy. Mezi preventivní opatření v nařízení je například snížení uvolňovaných látek do srážkových vod při odtoku, úprava vod před jejich vsakováním, zamezení vsakování ze znečištěných ploch atd. Při navrhování vsakovacího zařízení je třeba se ujistit, zda není v oblasti nějaký možný zdroj znečištění. V místě plánovaného zasakování se nesmí nacházet žádná geologická zátěž. Důležitá je také kontrola materiálu vsakovacího zařízení, jelikož přijde do bezprostředního styku s vodou, která bude vsakována do vody podzemní a nesmí ji nijak negativně ovlivnit. Důležitá kritéria pro návrh vsakovacího zařízení tedy jsou látkové zatížení odtékajících srážkových vod a jejich množství, hydrogeologický průzkum daného podloží a dostatečný odstup od budov a nemovitostí.

(ČSN 75 9010)

Zařízení pro vsakování se může dělit dle těchto kritérií:

- centrální nebo decentralizované vsakování,
- vymezení určité plochy,
- akumulační schopnost,
- způsob a rozložení hydraulického zatížení.

Retenční neboli jímací schopnost je znakem toho, že zařízení je schopno nahromadit a udržet dešťový odtok do té doby, než dojde k postupnému vsakování. Nároky na velikost plochy se různí, vyšší požadavky na plošné vsaky mají průlehy, kde jde o vsak přes půdu s vegetací. Opačně tomu je pak u podzemních zařízení, jako je například šachtové nebo rýhové vsakování, tam jsou pak nároky na plochu menší.

Pro ochranu spodních vod se více využívá právě těchto zařízení. Dle hydraulického zatížení se dá dělit vsakovací zařízení na nadzemní, centrální nebo decentralizované vsakovací zařízení. Vsakovací zařízení mohou být instalována i do území s různými sklony půdy. Na příkré ploše se zařízení staví kaskádovitě. Z bezpečnostních důvodů, kdyby byly vsakovací schopnosti zařízení nedostačující, musí být zařízení spojeno s regulovaným odtokem do kanalizace nebo do povrchových vod. Při návrhu vsakovacího zařízení na menší množství přítokové vody, než by ve skutečnosti mohl být, je nutné zhodnotit odlehčovací možnosti. Může se jednat například o vybudování příkopů či průlehu, kterými by byla přebytečná dešťová voda odvedena do recipientu.

(ČSN 75 9010)

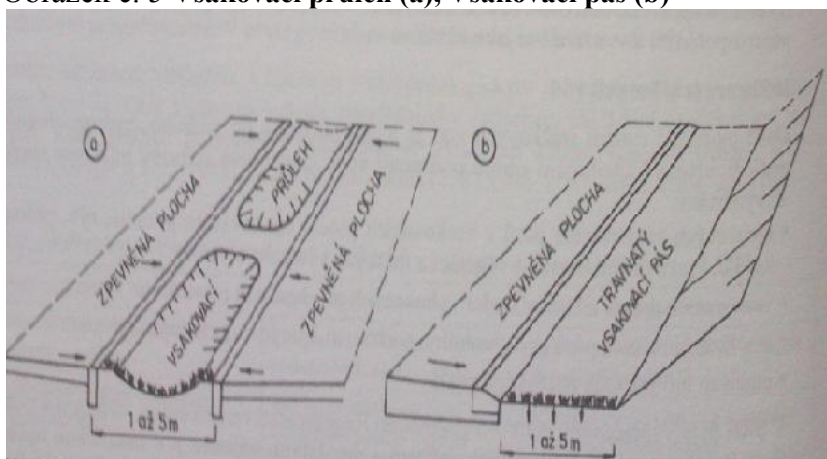
5.2.2 Povrchové vsakování

Povrchové vsakování se hodně podobá klasickému přirozenému vsaku a používá se v místech, kde není dostatek prostoru pro plošné vsakování. Jedná se o nepřírozenější způsob, jak se může dešťová voda dostat přes travnatou plochu do podzemního kolektoru a doplňovat zásoby podzemní vody. Předností travnatých ploch je, že vsak prostupuje přes vegetační pokryv půdy, a tím dochází i k přečištění, než se vsákne do podzemí. Výhodou povrchových vsakovacích zařízení je jejich snadná kontrola, obnova filtrační vrstvy a snadné odstranění nahromaděných splavenin. Travnaté plochy mají vyšší retenční a odpařovací schopnost. Jak je uvedeno v normě TNV 75 9011, při návrhu průlehu se doporučuje hloubka

maximálně 30 cm, pokud je na pozemku dostatečně velká travnatá plocha. Podle geologického poměru v terénu se navrhne následné podloží na vsakovaném pozemku, doporučuje se cca desetimetrovou vrstvu ornice osadit geotextilií a pod tuto vrstvu vložit ještě desetimetrovou vrstvu štěrkopísku. Ve strmých terénech se při použití povrchového vsakování doporučuje oddělovat vsakovací nádrže nebo příkopy zemními hrázkami. Ve svažitém terénu i na rovných plochách by měly být přítoky vody vedeny rovnou do vsakovacích zařízení, aby se mohla vyloučit možnost vzniku soustředěného odtoku, který vyvolává erozi svahů.

(Strnadová, 2006)

Obrázek č. 5 Vsakovací průleh (a), Vsakovací pás (b)



zdroj: (Stránský D., et. al.,2010)

Plošné vsakování je velice podobné povrchovému vsakování, vlastně dochází k povrchovému vsakování na rozsáhlejší ploše. Jelikož je plocha vsakovacího zařízení velká, navrhuje se jen malá hloubka, do které je uloženo vsakovací zařízení. Půdní vrstvy pro plošné vsakování jsou:

- vrchní travnatá plocha s organickými látkami, s vyšší četností rostlinných kořenů a půdních organismů,
- střední vrstva - půdní vrstva s nižším zastoupením půdních organismů a rostlinných kořenů,
- spodní vrstva – neztvrdlá nebo trochu ztvrdlá hornina.

Využití plošného vsakování jde jen na těchto plochách: travnaté plochy, zatravněné - štěrkové plochy, plochy, kde jsou použity zatravnovací tvárnice nebo propustné dláždění či propustný asfalt nebo beton.

(Vítek, 2008)

Výhodou zatravnovacích tvárnic je dobrý čistící výkon vody, která se přes tvárnici vsakuje do podloží. Tvárnice jsou vyrobené z betonu nebo plastu. Využití zatravnovacích tvárnic je například vhodné pro prostory určené k parkování, dále se využívají jako zpevněná komunikace u obytných budov či garáží.

Propustná dlažba neboli betonová dlažba s drenážními spárami je dlažba, která spárami propouští vodu do podloží. Tento typ vsakovacího zařízení je velice účinný přes svůj velký vsakovací výkon.

Velikost propustnosti v betonu či asfaltu je zapříčiněna objemem pórů. V těchto materiálech se objem pórů pohybuje okolo 20 % povrchu. Pórovitost materiálu je způsobena přidáním více hrubozrnných částí do směsi při výrobě materiálu. Propustný beton či asfalt se musí umísťovat na pískový podsyp, který zachycuje dešťovou vodu. Využívá se na cyklostezky, chodníky či parkoviště.

(Stránský et. al., 2010)

5.2.3 Podzemní vsakování

Podzemní vsakovací zařízení jsou uměle vybudované prostory v podzemí, které jsou stále sdružované se zařízením na retenci dešťové vody. Podzemní vsakovací zařízení se využívá v prostorech, kde není dostatek místa například pro povrchové vsakování. Při instalaci podpovrchového vsakování musí být odstraněna povrchová část půdního horizontu a dešťový odtok je rovnou zaústěn do spodních vrstev půdy. Tyto spodní půdní horizonty nemají skoro žádný humus a mají mnohem menší možnost zachytit látkové znečištění, které by se mohlo dostat rovnou do kolektoru podzemní vody. Z tohoto důvodu je na zvážení, zda dle jakosti vsakované dešťové vody zařadit či nezařadit před srážkový odtok předčištění dešťových vod, aby se nezvýšilo riziko kontaminace podzemní vody.

Vsakování s podzemní infiltrací vody rozdělujeme na prostory vyplněné štěrkem, bloky, tunelovým systémem a vsakovacími šachtami.

(Hlavínek et. al., 2007)

U rýhového vsakování dešťový odtok může být sveden povrchově či podpovrchově, při podpovrchovém vsakování je rýha vyplněná štěrkem nebo jiným pórovitým materiálem. V místě rýhy se dešťový odtok hromadí a podle propustnosti materiálu se infiltuje do okolní zeminy. Hloubka rýhy se odvíjí dle hloubky

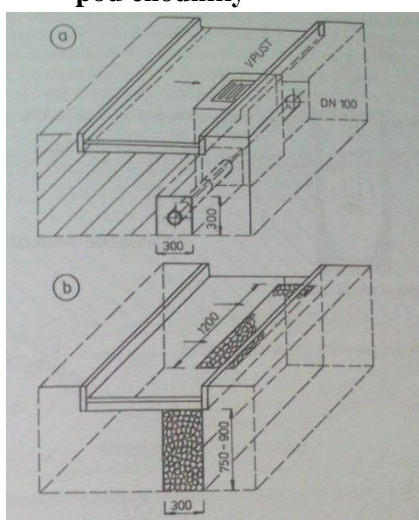
podzemní vody, rýha však musí být navrhnutá tak, aby po celé její délce docházelo k rovnoměrnému zasakování dešťové vody do podzemí. Jako čistící prvek se doporučuje zařadit do vsakovacího zařízení lapače nečistot nebo filtry, které zabraňují vniknutí hrubých nečistot z důvodu znečištění srážkové vody. Lapače nečistot nebo filtry, které také zabraňují trvalému omezení funkce rýhy. Pro kontrolu funkčnosti vsakovacího zařízení je dobré vytvořit na zařízení revizní šachty.

(Kabelková et. al., 2009)

Potrubní vsakování je vsakování zabudované do vrstvy štěrku (nebo jiného pórovitého materiálu schopného zadržovat vodu). Do této vrstvy je uloženo perforované potrubí, v kterém je veden srážkový odtok. Celé toto potrubí je zakryto stejným materiálem, jaký je ve spodní vrstvě. Kapacita vsakovacího zařízení je závislá na průměru a délce potrubí, také na zrnitosti zásypového materiálu. Odtok je rovnou odveden do spodních podzemních vrstev, z tohoto důvodu musí být instalováno čistící zařízení. Za vhodné čistící zařízení je považován usazovací prostor. Revizní šachty se budují po 50 - 80 m od sebe, aby nedocházelo k mísení půdy se štěrkovou vrstvou, zabaluje se perforované potrubí do filtrační tkaniny, nebo se štěrk rozdělí podle velikosti zrna. Potrubí by mělo mít větrací otvory.

(Hlavínek, 20010a)

Obrázek č. 6 **Uspořádání vsakovacích (a) trubních drenů, (b) štěrkových pásů pod chodníky**



zdroj: (Stránský et. al., 2010)

Šachtové vsakování se používá k bodovému vsaku s podzemní retencí vody. Vsakovací zařízení je tvořeno nejčastěji z betonových nebo plastových skruží, které se staví na sebe, hloubka pak tedy převažuje nad půdorysným rozměrem. Voda je do nádrže přiváděna na dno šachty potrubím. V horní části šachty musí být vybudované

svislé potrubí pro odvod vzduchu, v případě přeplnění šachty odvádí toto potrubí vodu a slouží jako bezpečnostní prvek. Na dno šachty se doporučuje použít, vrstvu minimálně cca 30 cm štěrku a na ni umístit geotextílii. Vsakovací zařízení šachtového typu nemá samo o sobě žádné čistící účinky. V případě, kdy se jedná o dešťové vody s vysokým stupněm znečištění, by mělo být zařazeno zařízení na přečištění dešťové vody, aby nedošlo ke kontaminaci podzemní vody.

(Hlavínek, 20010a)

Vsakování pomocí podzemních prostorů je další z možností zachycení vody. Jedná se o podzemní prostor, který je vyplněný štěrkem nebo plastovými bloky. Podzemní prostor vyplněný štěrkem je vytvořen štěrkovým polštářem, do kterého se vsakují drenážní trubky. Pro kontrolu zařízení jsou vytvořeny revizní šachty. Podzemní prostor vyplněný plastovými bloky.

Podzemní prostor vyplněný plastovými bloky, plastové bloky jsou převážně vytvořené z plastových krychlí, které se mohou skládat do různých tvarů, většinou však do obdélníku různého rozměru. Vytvořený blok je zabalen do geotextilie. Dešťová voda je do plastového bloku přiváděna přilehlou šachtou, ve které je v horní části vybudovaný bezpečnostní přepad. Ten je podle normy ČSN 752410 pro podzemní nádrže povinný. Voda se pomocí podzemního vsakovacího zařízení může primárně infiltrovat dnem, ale případně i bočními otvory do horninového prostředí.

(Hlavínek, 20010a)

5.2.4 Kombinovaná vsakovací zařízení

Vsakovací zařízení kombinovaného typu může z hlediska hospodaření s dešťovou vodou plnit více funkcí, například funkci retenční, estetickou nebo užitnou. Tyto činnosti se mohou navzájem doplňovat.

(Holt et.al., 2006)

Vsakovací jezírko, které je vybudováno tak, aby hladina jezírka byla jen 1 m nade dnem. Nad touto trvalou hladinou vody vznikne retenční prostor pro akumulaci vody v době přívalových dešťů. Spodní část břehů jezírka se doporučuje vytvořit z jílovitých materiálů a břehy nad stálou hladinou zhotovit z propustného materiálu, který by dokázal vsakovat přebytečnou vodu do okolního horninového prostředí. Pro

lepší kvalitu vody se doporučuje navrhnout do vsakovacího zařízení systém pro cirkulaci dešťové vody v jezírku.

(Stránský et. al., 2006)

Kombinovaná vsakovací zařízení mohou být různých variant, které jsem již uváděla výše v předešlých odstavcích. Jednou z nich může být kombinace vsakovacího průlehu se vsakovací rýhou. Toto vsakovací zařízení se využívá v oblastech s nízkou propustností podloží. Jelikož je infiltrace do horninového prostředí horší, měl by mít vsakovací průleh vybudovaný odtok v případě nasycení podloží dešťovou vodou.

(Hlavínek et. al., 2009)

5.3 Retence dešťové vody

V současnosti, kdy se stále více příroda přetváří buď v podobě urbanizace a rozvoji měst nebo výstavbou důležitých komunikačních cest doplněnou o různé další antropogenní činnosti, nesmíme zapomenout, kam je odváděna dešťová voda. Ze zastavěných a nepropustných ploch je dešťová voda svedena do kanalizace, či přilehlých vodních toků. V případě vodních toků může potom docházet k častějším záplavám a při odvodu dešťové vody do kanalizace nastává problém s naředěním splašek a zbytečnému zvýšení objemu odpadní vody. Jedná-li se o jednotnou splaškovou kanalizaci. Při oddílné kanalizaci je dešťová voda odváděna vlastním potrubím, konečné vyústění má však do recipientu.

Vybudováním retenčního zařízení pro zadržování dešťové vody se může těmto negativním vlivům předcházet.

(Čermáková, 2009)

5.3.1 Retenční nádrže

Hlavní úlohou retenčních nádrží je akumulovat větší množství dešťové vody při přívalových srážkách, aby nedocházelo k záplavám, a zajistit tak ochranu při srážkovém odtoku, a zachycovat smyvy. Před návrhem a možným vybudováním retenční nádrže musí být důkladně zpracovány průzkumové práce.

Ochranné retenční nádrže dále dělíme na:

- suché retenční nádrže,
- retenční nádrže s přesně vymezeným ochranným prostorem, protierozní nádrže,
- dešťové nádrže,
- infiltrační výtopové nádrže,
- nárazové nádrže,
- retenční kanál.

Suchá retenční nádrž má ochranný prostor, který je určený pro snižování kulminačního povodňového průtoku a k zadržení povodňových odtoků. Dno nádrže může být využito k zemědělským či lesnickým účelům (např. rychle rostoucí dřeviny či louky).

(Hlavínek et. al., 2007; Mířková, 2009a)

Retenční nádrže s přesně vymezeným ochranným prostorem, jak už název napovídá, nádrže, kde je přesně určený ochranný prostor, kterým se změní průběh povodňové vlny. Po odeznění povodňové vlny dojde k vedenému vyprázdnění nádrže po hladinu zásobního prostoru.

Protierozní nádrže se budují k ochraně životního prostředí a k zamezení špatného vlivu odtékající dešťové či povrchové vody. Protierozní nádrže chrání okolní prostředí před vodní erozí a zachycují splaveniny při odtoku, čímž se zlepšuje kvalita odtékající vody z nádrže.

Dešťové nádrže slouží zejména ke krátkodobému zadržení dešťové vody, jejímu přečištění a následnému dalšímu využití. Využití může být třeba v podobě závlahy v okolí nádrže nebo infiltrace do podzemních vod. Při nadbytku dešťové vody, která se nedá dále využít je regulovaně, voda vypouštěna do vodního toku.

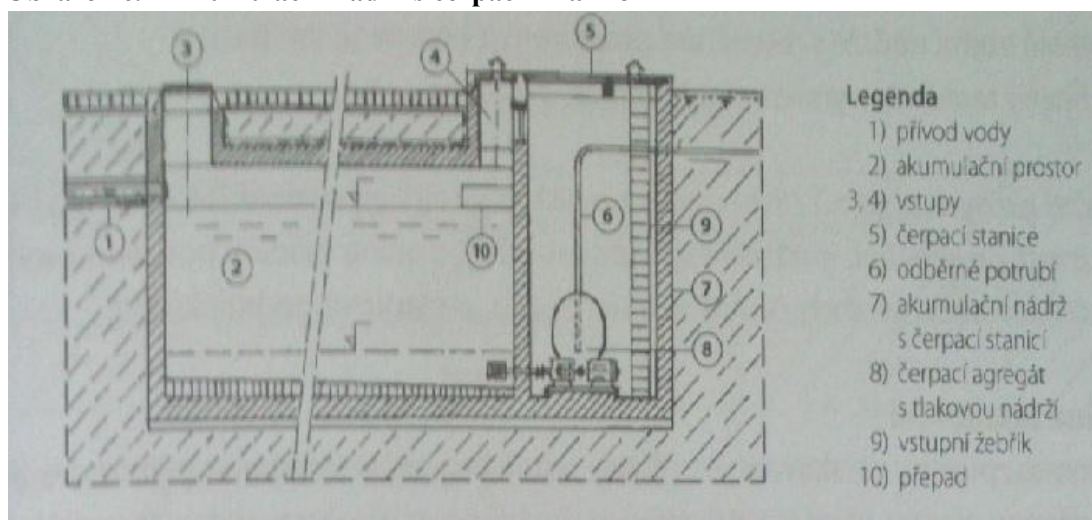
Infiltrační výtopové zdrže se využívají pro krátkodobé zdržení přebytku přitékající vody. Zadržaná voda se využívá k zavlažení luk, údolních řek a lužních lesů.

Nárazové nádrže mají hlavní úkol ve vyrovnávání nárazových průtoků ve vzdálenějších profilech.

Retenční kanál má velkou akumulaci schopnost z důvodu velkých profilů stok zajištěním přepadové hrany. Při aplikaci retenčního kanálu je důležité, posoudit maximální hladinu vzduť, jelikož při podcenění tohoto kroku může dojít k ohrožení budov.

(Hlavínek et. al., 2007; Mífková, 2009a)

Obrázek č. 7 Akumulační nádrž s čerpacím zařízením



zdroj: (Stránský et. al., 2010)

6 Šedé vody a legislativa šedých vod

V současné době v ČR zatím neexistuje žádná jasná a jednotná definice pro šedé vody. V návrhu je norma ČSN 75 6780 s názvem: „Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích“, která ale ještě nebyla schválena. Můžeme tedy využít evropskou normu EN 12056-1, která definuje šedé vody, jako mírně znečištěnou odpadní vodu, získanou ze sprchovacího koutu, vany, umyvadla, pračky a kuchyňského dřezu. Voda z kuchyňského dřezu se příliš nedoporučuje, protože obsahuje značné množství tuků a organického odpadu v podobě zbytků jídla. Není však jasně řečeno, že se tato voda použít nemůže. Vycházet můžeme i z britské normy BS 8525-1:2010, která podrobně popisuje šedé vody, jejich sběr, druhy systémů šedých vod, způsob výpočtu množství vyprodukované šedé vody v domácnostech a vypočítání spotřeby upravené šedé vody ze vzorců.

(Maimon et. al.,2014)

Šedé vody se využívají ke snížení spotřeby pitné vody v budovách, a tím se přispívá k ochraně životního prostředí a ke snížení nákladů na spotřebu vody v domácnostech a firmách. Opětovné využití šedé vody má v důsledku dvojí využití. Vzhledem k relativně nízkému znečištění šedé vody a malému úsilí k jejímu vyčištění, jsou šedé vody užitečným prostředkem pro úsporu vody a velmi účinným způsobem, jak snížit finanční náklady na pitnou vodu.

(Holt et. al., 2006)

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

(ČSN 75 6780)

Tabulka č. 2 Produkce šedé vody v různých budovách

Druh budovy	Vybavení	Měrná jednotka	Produkce šedé vody
			l/den
Bytový dům, rodinný dům	Koupelny	obyvatel	31
	Kuchyně	obyvatel	11
	Praní	obyvatel	15
Internát	Sprchy, koupelny	lůžko	90
Hotel	Koupelny se sprchou	lůžko	90
	Koupelny s vanou	lůžko	150 ¹⁾
	Prádelna	lůžko	14
Administrativní budova	Umyvadla	osoba	12
	Čajové kuchyňky	osoba	5
	Sprchy	osoba	2 ²⁾
Maloobchodní prodejny - personál	Umyvadla	osoba	12
	Sprchy	osoba	2 ²⁾
Maloobchodní prodejny – zákazníci (návštěvníci)	Umyvadla	osoba	3 ³⁾

zdroj: ČSN 756780

V zásadě platí, že jako první krok je nutné definovat, k čemu má být vyčištěná voda použita. Poté se posoudí všechna možná zdravotní rizika a stanoví se hygienické cíle, které mají jak podobu definovaných požadavků na kvalitu vyčištěné vody, tak i požadavků na účinnost úpravy vody a ověřování její účinnosti.

(Reichman et. al., 2013)

Hospodaření se šedou vodou není v České republice moc využívané. Zatím ani stávající legislativa, která řeší šedé vody, nemá dostatečnou ucelenou podobu. Problém, který brání schválení normy pro hospodaření se šedou vodou, je hygienické posouzení při recyklaci šedých vod. Předpis hygienického posouzení, který je v normě uveden, je podle hygieniků nedostatečný.

(Kožišek F., 2012)

Šedá voda je v odborných literaturách popisovaná jako mírně znečištěná, nemůžeme jí však označit jako odpadní vodu bez fekálií a moče. Ukazatele toho znečištění se běžně v těchto vodách objevují. Ke kontaminaci šedé vody s fekálními patogeny dochází například při sprchování pokáleného kojence a nemusí to být jen kojeneček. Dalším příkladem je při praní špinavých plén či oblečení s tímto typem znečištění. Při navrhování zařízení pro přečištění šedých vod by se na tuto skutečnost nemělo zapomenout a nastavit úpravu šedé vody tak, aby se dosáhlo minimálního organického znečištění a dezinfekce.

(Turner et. al., 2013)

7 Úprava šedých vod

Na čistírnu určenou pro čištění šedých vod musí být přiváděny pouze šedé vody. Čistírna je sestavena dle typu šedé vody, tzn. místo, odkud je znečištěná voda přivedena do nádrže. Například při natékající vodě z kuchyňského dřezu je důležité zohlednit, že voda může obsahovat emulgované a neemulgované tuky a zbytky potravin. Přečištění z tohoto typu vod je pak mnohem náročnější než u ostatních šedých vod. Dále se technologie čištění plánuje dle pozdějšího použití bílé vody (přečištěná šedá voda) a také podle nároku na jakost bílé vody. Způsobem čištění šedých vod se výrazně liší tedy i čistírny, mohou být navrženy dle různé složitosti či velikosti, výkonu a kvality čištění.

(Plotěný et. al., 2013)

Níže uvádím přehled důležitých konstrukčních a provozních zásad při návrhu čistírny šedých vod, které jsou uvedené v ještě zatím neschválené normě ČSN 75 6780.

- nádrž, v které se akumulují šedé vody, by měla být umístěna v zemi nebo v suterénu budovy, musí být chráněna před slunečním světlem,
- akumulace šedé vody v nádrži by neměla z hygienických důvodů být delší jak 1 den (24 h),
- u sestavy čistírny na čištění šedých vod musí mít navržen obtok celé čistící jednotky do kanalizace,
- v zařízení na akumulaci a úpravu šedých vod musí být zavedeno větrací potrubí.

(ČSN 75 6780)

Čistící technologie se dělí podle typu procesu čištění:

- mechanická úprava,
- chemická úprava,
- fyzikální úprava,
- biologické čištění,
- přírodní způsoby čištění.

7.1 Mechanická úprava

Základními čistícími procesy při mechanické úpravě šedých vod jsou sedimentace a filtrace. Dalšími doporučenými objekty mechanického čištění jsou sedimentační nádrže a česle s doporučenou velikostí průlin nebo rotačních a spádových sít 0,2 - 3 mm. Postupuje se dle následujícího postupu čištění. Například pro zachycení vlasů musí být velikost průlin 0,2 - 0,5 mm. Při nátoku šedých vod z kuchyňského dřezu je dobré do technologické linky zařadit lapák tuků. Objekty mechanického čištění se projektují na maximální hodinovou produkci šedých vod. Mechanická úprava šedých vod se využívá jen v případě, že vyhovuje jednoduchá úprava. Ve většině případů se mechanická úprava využívá jako předčištění před dalšími stupni čištění.

(ČSN 75 6780)

7.2 Chemická úprava

Mezi čistící systémy vybudované pro chemickou úpravu šedých vod řadíme postupy založené na koagulaci a elektrokoagulaci. Další chemickou úpravou je fotokatalýza nebo oxidační procesy využívající OH radikály.

V případě koagulace se do odpadní šedé vody dávkuje koagulant na bázi železa či hliníku, kdy následujícím působením dochází ke koagulaci a flokulaci. Nakonec dojde k separaci vysrážených látek. Koagulace se využívá při čištění šedé vody z prádelen.

Elektrokoagulace funguje na podobném principu jako koagulace, vlivem anodového rozpouštění železitých nebo hlinitých elektrod za přívodu elektrického proudu dochází ke koagulačnímu účinku.

Fotokatalýzou se rozkládají látky za pomoci fotokatalyzátoru. Tento způsob čištění se využívá při akumulaci šedé vody z prádelen, kde se vyskytuje znečištěné prádlo ropnými látkami.

Pokročilé oxidační procesy vznikají při přímé oxidaci organických látek za pomoci vznikajících OH radikálů. Používá se například reakce peroxidu a UV záření či na peroxidu a ozonu a dalších jiných možných kombinací. Takovýto proces čištění je například schopen odstranit velkou část těžko rozložitelných kosmetických přípravků.

(ČSN 75 6780)

7.3 Fyzikální úprava

Fyzikální úpravy jsou založené na principu filtrace, takzvané adsorpce nerozpuštěných látek na filtračním pískovém loži. Filtrační materiál se může lišit. Příklad je křemičitý písek, granulované aktivní uhlí nebo antracit. Zvolení je závislé na složení šedé vody. Membránová filtrace je založena na technologii velikosti pórů v membráně, které zachycují částice o určité velikosti. Membrány jsou rozděleny dle velikosti odseparovaných částic na mikrofiltraci, ultrafiltraci, nanofiltraci a reverzní osmózu. Nejpoužívanějším typem je mikrofiltrace a ultrafiltrace. Při vyšším stupni filtrace se znatelně zvyšují finanční náklady na pořízení čistícího zařízení. Důležitou předností membránové technologie je vysoká spolehlivost při provozu a její nenáročnost na prostor. Nevýhody spočívají ve vyšších pořizovacích nákladech a v častém zanášení membrán při provozu.

(ČSN 75 6780)

7.4 Biologická úprava

Základem biologického čištění šedé vody je aerobní provzdušňování aktivního kalu v nádrži. Aktivní kal je produkován směsnou kulturou mikroorganismů, jejichž zásluhou dochází k procesu čištění. Biologické úpravy se dělí na biofilmové reaktory, aktivační nádrže, membránové bioreaktory, biologické provzdušňovací filtry. Podstatou celé biologické úpravy šedé vody je aktivovaný kal. Ten vznikne při provzdušňování směsné kultury s odpadní vodou. Biologická úprava šedých vod se doporučuje v objektech, kde je vysoká produkce šedých vod. Biologické čištění má vysokou účinnost pro odstranění značného stupně znečištění.

(ČSN 75 6780)

7.5 Přírodní postupy čištění

Přírodní postupy čištění jsou alternativním způsobem čištění šedých vod v přírodě. Mezi tento typ čištění řadíme mokřady, kořenové čistírny a rákosové pole. Čistící biologické procesy probíhají díky rostlinám a biofilmu, který se vytvoří na povrchu filtračního lože nebo se může jednat o kombinaci těchto dvou čistících procesů. Výhodou přírodního způsobu čištění je oproti předešlým typům estetický přínos, který však vyžaduje vyšší nároky na prostor.

(ČSN 75 6780 ; Šálek et. al., 2006)

8 Možnosti využití šedých vod

Velkým nedostatkem při možnostech využití šedých vod je neexistující definice šedých vod a její legislativní rámec v podobě platné normy. Můžeme tedy nahlížet na šedou vodu jako na mírně znečištěnou odpadní vodu ze sprchového koutu, vany, umyvadla, pračky či kuchyňského dřezu, jak to uvádí evropská norma EN 12056. (Kožíšek, 2012)

Využívání šedých vod k dalšímu použití značně přispívá ke snížení spotřeby vody pitné. Jelikož se nejedná o moc znečištěnou odpadní vodu, její přečištění není příliš náročné. Využití šedých vod je vhodné nejen z ekonomického hlediska pro snížení spotřeby pitné vody, ale i z ekologického hlediska. V každé domácnosti se průměrně vyprodukuje až 35 % šedé vody. (Raclavský et. al., 2011)

Šedé vody se však dají využívat i v administrativních budovách, hotelech, nemocnicích a školách. V těchto objektech je vysoká produkce šedé vody, která by mohla být využívána na splachování WC či na závlahu v okolí objektu. V případě nedostatku šedé vody lze doplnit dešťovou vodou například ze střech zmiňovaných budov. Náklady vynaložené pro využití šedých vod jsou v těchto budovách vyšší, ale jejich návratnost je rychlejší. (Raclavský et. al., 2011)

Velkým problémem této technologie je společenská akceptovatelnost. Veřejné mínění není tomuto postupu využití šedých vod moc nakloněno. Zásadním problémem je nedůvěra společnosti ve spolehlivost čištění šedých vod. Z tohoto důvodu má větší potenciál využívání šedých vod tam, kde člověk nepřichází do přímého styku s bílou vodou, (tedy z již přečištěnou šedou vodou). Jedná se o splachování toalet či závlahu rostlin. (Kožíšek, 2012)

Znovuvyužívání šedých vod má své kladné i záporné stránky. Velkým negativem této nové koncepce je nepřipravenost z pohledu legislativního, který by udával jasné normy v oblasti této nové technologie. Osvěta obyvatelstva pro možnosti využívání šedých vod by mohla pomoci k jinému náhledu na recyklaci šedé vody. Po přijetí možnosti využívání šedých vod dochází ke zlepšení ekologického hlediska, jelikož se pitná voda nahrazuje vodou užitkovou.

(Raclavský et. al., 2011)

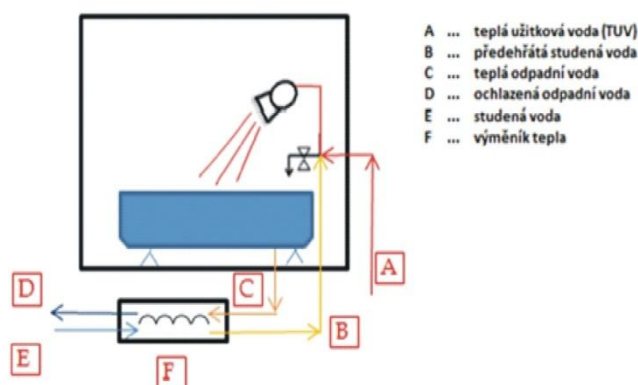
8.1 Využití tepla z šedých vod

Při odvádění šedých vod je vhodné energetické optimalizování. Jedná se o ekonomicky a technicky vhodné objekty na možnost využití tepla z šedých vod. Teplota šedé vody může být rozdílná dle následujících ovlivňujících faktorů, jako je například frekvence návštěv v zařízení či směnost provozu. Z těchto důvodů je dobré posuzovat každý objekt individuálně. Větší ekonomické zhodnocení bude na místech, kde je větší produkce odpadních šedých vod s vyšší teplotou. Například jimi jsou hotely, nemocnice, internáty, bazény a wellness zařízení. Odebrané teplo ze šedých vod může být využito pro ohřev užitkové vody nebo pro vytápění daného objektu. (Plotěný et. al., 2013)

Odběr tepla z šedé odpadní vody může být prováděn dvěma způsoby lokálně nebo centrálně. Hlavním faktorem pro zvolení správného systému odebírání tepla je průtok odpadních šedých vod. Pro menší zařízení a rodinné domy je finančně vhodnější lokální rekuperace tepla, která se projeví na aktuální spotřebě. Lokální systém lze ještě dále dělit dle předehřevu studené vody pro okamžitou spotřebu nebo na předehřev studené vody do zásobníku teplé užitkové vody. Jak je uvedeno na obrázku č. 8 voda se předehřeje vždy, když je její spotřeba. Teplota vody se pohybuje okolo 20°C. Smísením menšího podílu teplé a většího podílu studené vody ve směšovací baterii dochází ke snížení spotřeby teplé užitkové vody.

(Plotěný et. al., 2013)

Obrázek č. 8 Zapojení lokálního systému – předehřev vody pro okamžitou spotřebu



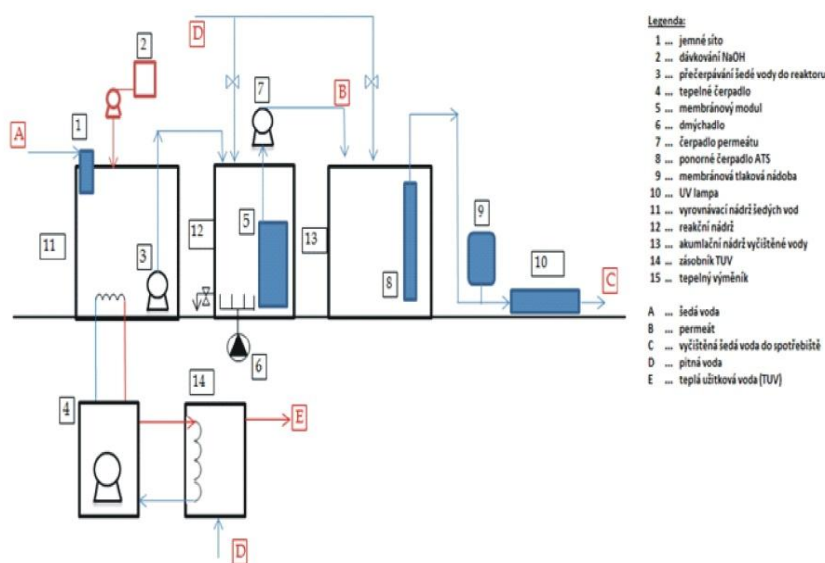
zdroj: ASIO, 2015

Přehřev studené vody v zásobníku užitkové vody funguje na následujícím principu. Přehřátá voda je přiváděna do zásobníku teplé užitkové vody, kde je dle požadavků dohřívána na určitou teplotu. (Raclavský et. al., 2011)

V případě většího objektu je vhodnější využívat centrální systém, jelikož objekty produkují vyšší množství šedých vod, avšak mají nestabilní přítok. Nashromážděná šedá voda se hromadí v akumulční jímce, která slouží jako primární zdroj tepla v okruhu tepelného čerpadla. Jak je uvedeno na obrázku č. 9, jde o komplexní jednotku, která čistí šedé vody a současně odebírá teplo. Výhodou celé konstrukce jsou nízké investiční náklady na tepelný výměník. Problém může nastat v zimních měsících, kdy hrozí zamrznutí jímky. Teplo z jímky je odebíráno pouze při požadovaném průtoku a teplotě šedých vod. Doporučuje se použít tepelné čerpadlo i s chladicím režimem, které se dá využít i v letních měsících.

(Plotěný et. al., 2013)

Obrázek č. 9. Zapojení centrálního systému do zařízení na čištění šedých vod



zdroj: ASIO, 2015

Umístěním tepelného výměníku ve vyrovnávací nádrži, jak je zobrazeno na obrázku č. 9., lze získat dostatečné potřebné teplo pro přímý přehřev teplé užitkové vody. Další z možností je použití tepelného čerpadla, které zvýší tepelné parametry vody na potřebnou teplotu cca 55 - 65 °C a teplá užitková voda může také potom sloužit jako zdroj topného systému. Ohřev vody na ještě vyšší teploty se z ekonomického hlediska nedoporučuje.

(Plotěný et. al., 2013)

8.2 Využití šedých vod v České republice

První návrh recyklace šedých vod v České republice byl proveden v hotelu Mosaic House v Praze, který byl otevřen v červnu 2010. Při přestavbě řadového funkcionalistického domu poblíž Karlova náměstí, bylo hlavním cílem vytvořit ekologický provoz budoucího hotelu. Kromě kvalitního zateplení a odhlučnění domu hotel ještě využívá rekuperaci tepla a především hospodaří s šedou vodou. Hotel získal ocenění BREEAM, které je to zkratkou pro Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Ocenění vyzdvihuje nejlepší postupy v oblasti navrhování budov s důrazem na trvalou udržitelnost.

Hotel využívá podobné systémy, jaké jsou uvedené výše. To znamená, že voda ze sprch a umyvadel je odváděna přes filtr, který zachytí hrubé nečistoty, do filtračních nádrží. Nádrže jsou umístěny v suterénu hotelu. V prvních dvou spojených nádržích dochází k základnímu stupni biologického čištění. Ve třetím tanku se už šedá voda jen dočišťuje. Všechny tři nádrže fungují aerobně a musí do nich být přiveden vzduch z dmychadel. Do čtvrté nádrže je vedena šedá voda potrubím s UV lampou, jež funguje jako hygienické zaopatření čištěné vody. Ve čtvrté nádrži je už vyčištěná bílá voda. K této poslední nádrži je ještě vybudován přívod pitné vody z důvodu nedostatku bílé vody.

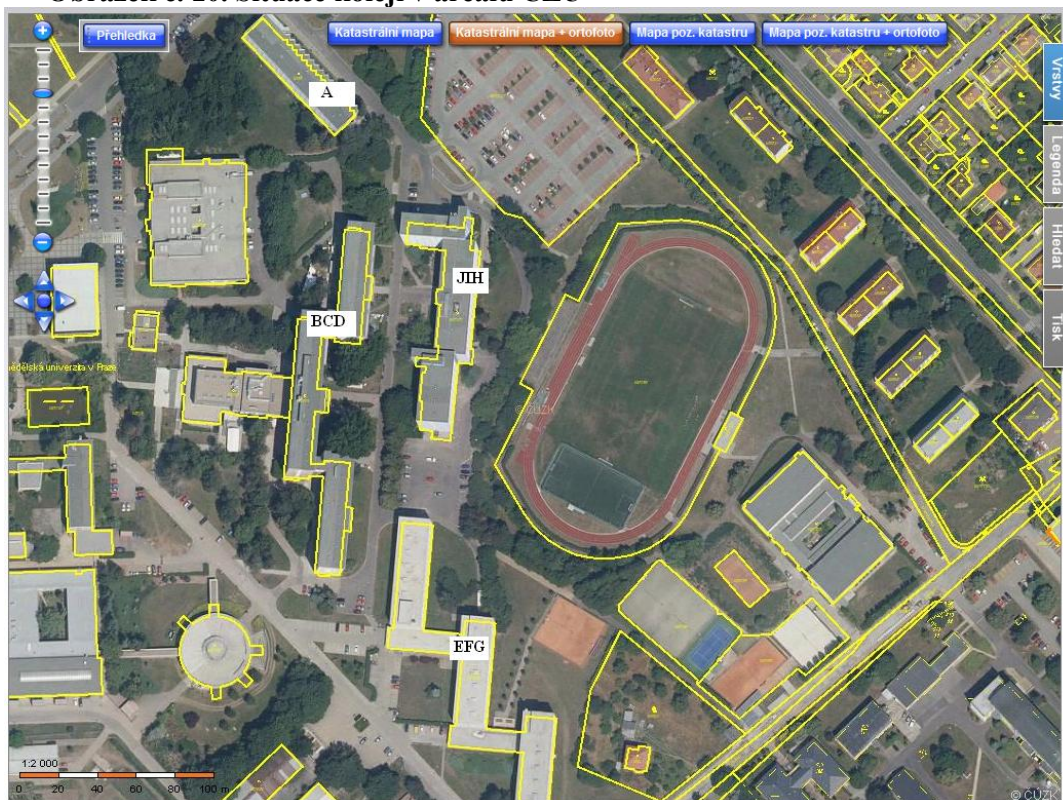
9 Praktická část

Hospodaření s dešťovými a šedými vodami pro areál kolejí ČZU

V komplexu ČZU se nachází ubytovací zařízení pro studenty, tzv. koleje, které jsou po dobu výuky a zkoušek zcela obsazeny. Přes prázdniny, kdy je většina studentů pryč, je možnost pronajmutí pokojů turistům, ale i studentům, kteří zde chtějí zůstat i přes prázdniny. Budovy kolejí jsou označeny: kolej A, kolej BCD, kolej EFG, kolej JIH. Celková kapacita kolejí je 1147 pokojů a 2419 lůžek. V blízkosti kolejí jsou vybudována parkoviště. Celý areál oplývá dostatkem zeleně v podobě trávníků a stromů. Za budovami kolejí je oválné hřiště pro různé sportovní aktivity, poblíž tohoto hřiště se ještě nachází tenisový kurt.

Celková rozloha areálu je 76 676 m², na této ploše jsou tři typy ploch: budovy, zpevněné plochy a zeleň, jak je vidět na obrázku.

Obrázek č. 10. Situace kolejí v areálu ČZU



zdroj: nahlizenidokn.czuk.cz

Praktická část diplomové práce je rozdělena na tři části. V první části je vypočtena bilance dešťových vod a možnosti využití dešťové vody pro areál kolejí, ve druhé části práce se pojednává o využití šedých vod pro všechny koleje v areálu a ve třetí části je navržené konkrétní využití dešťových i šedých vod pro kolej A.

9.1 Bilance dešťových vod v areálu kolejí ČZU

Výpočet množství srážkových vod

Srážková voda odváděná do jednotné kanalizace

Odvádění srážkových vod z ploch těchto nemovitostí do jednotné kanalizace je zpoplatněno a ustanoveno v § 19 zákona 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu v platném znění.

Není-li množství srážkových vod odváděných do jednotné kanalizace přímo přípojkou nebo přes uliční vpust měřeno, vypočte se toto množství způsobem, který stanoví prováděcí právní předpis.

(Zákon č. 274/2001 Sb.)

Způsob, kterým se vypočítá množství srážkových vod odvedených do kanalizace bez měření, upravuje § 31 prováděcí vyhlášky č. 428/2001 Sb., k zákonu č.274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu. Dle prováděcí vyhlášky č. 428/2001 Sb., lze dle přílohy č. 16 vypočítat množství srážkových vod odváděných do kanalizace.

V tabulce níže uvedené jsou vypsány druhy ploch A, B, C. Plochy jsou takto rozděleny z důvodu odlišné propustnosti srážkové vody do půdy, s tím souvisí také odtokový součinitel, který je pro každý typ plochy jiný.

Plocha A – těžce propustné zpevněné plochy, zastavěné plochy (střechy, parkoviště). V případě možnosti odtoku do kanalizace je odtokový součinitel: 0,9.

Plocha B – propustné zpevněné plochy, např. upravené zpevněné plochy, dlažby se širšími spárami. V případě možnosti odtoku do kanalizace je odtokový součinitel 0,4.

Plocha C – plochy kryté vegetací, zatravněné plochy, např. sady, hřiště, zahrady. V případě možnosti odtoku do kanalizace je odtokový součinitel 0,05.

V tabulce je také uveden dlouhodobý srážkový normál. Tím se rozumí průměr ročních srážek v dané oblasti za třicetiletí, v současné době se za třicetiletí počítá - 1961 až 1990. Tato hodnota se pak používá třicet let, tedy do roku 2020. Jedná se o normu světové meteorologické organizace.

(Vyhláška č. 274/2001Sb.)

Hodnoty dosažené v tabulce byly měřeny přes webový portál katastrálního úřadu (nahlizenidokn.czuk.cz) v aplikaci Marushka.

Tabulka č. 3 Bilance dešťové vody v areálu kolejí

druh plochy	plocha m ²	odtokový součinitel	redukováná plocha m ²
A	21450	0,9	19305
B	7320	0,4	2928
C	47906	0,05	2395
Součet redukováných ploch:			24628
Dlouhodobý srážkový normál: 590 mm/rok			

zdroj: vyhláška č. 428/2001Sb.

Množství odvedených dešťových vod

$$Q = \sum_{i=1}^n SR * DSU$$

$$Q = 24628 * 0,590$$

$$Q = 14530,52 \text{ m}^3$$

kde: SR součet redukováných ploch

DSU dlouhodobý srážkový normál

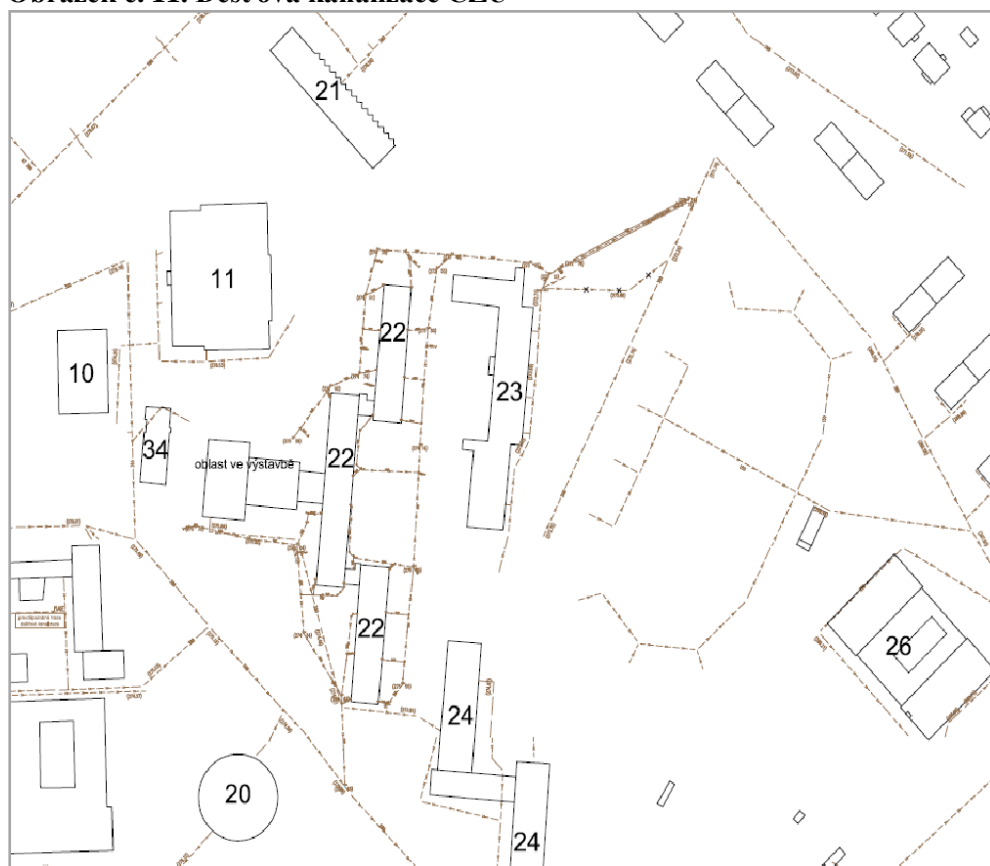
Pomocí těchto výpočtů bylo zjištěno množství odvedených dešťových vod do kanalizace, což činí 14 530,52 m³/rok. Pro přesnou kalkulaci ceny za odvod dešťových vod do jednotné kanalizace byl využit webový portál Pražských vodovodů a kanalizací (www.pvk.cz). Aktuální cena stočného byla k 1. 4. 2016 38,43 Kč za m³. Roční celková cena pro areál kolejí za odvod dešťových vod do jednotné kanalizace činí **558 408 Kč**.

Srážková voda odváděná do dešťové kanalizace

Z výše uvedených výpočtů je zřejmé celkové množství dešťové vody pro areál kolejí. ČZU má vybudovanou dešťovou kanalizaci v celém komplexu, dešťová voda je poté, co dopadne na povrch, potrubím odvedena do Vltavy. ČZU má uzavřenou úmluvu s Pražskými vodovody a kanalizacemi a z těchto důvodů má udělenou výjimku a nemusí platit za odvod dešťové vody.

Na níže uvedeném obrázku je vyznačená dešťová kanalizace v roce 2009 v areálu ČZU s výřezem na část, kde se nacházejí koleje. Budovy jsou očíslovány takto, kolej A má číslo 21, kolej BCD číslo 22, kolej JIH číslo 23, kolej EFG číslo 24.

Obrázek č. 11. Dešťová kanalizace ČZU



zdroj: rektorát čzu

Dešťová voda pro zavlažování

Dešťová voda, která dopadne na střechy kolejí, se dá dále zužítkovat pro závlahu trávníku a zeleně v blízkosti kolejí. Pro výpočet možnosti zavlažování je nutné znát měsíční srážkové úhrny a objem srážek, které dopadnou na střechy budov. V uvedené tabulce je vypočten roční objem srážek spadlých na střechy kolejí.

Tabulka č. 4 Dlouhodobý srážkový normál pro Prahu [mm]

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
25	2	36	33	121	27	94	64	85	51	18	31

zdroj: ČHMÚ

Tabulka č. 5 Roční objem srážek spadlý na budovy

	Budova	kolej A	kolej BCD	kolej EFG	kolej JIH
	Plocha (m ²)	1008,5	2855,4	3349,9	2152,7
Měsíc	Měsíční úhrn srážek (mm)	Objem srážek spadlý na budovy (m ³)			
leden	25	25,2	71,4	83,7	53,8
únor	2	2	5,7	6,7	4,3
březen	36	36,3	102,8	120,6	77,5
duben	33	33,3	94,2	110,5	71
květen	121	122	345,5	405,3	260,5
červen	27	27,2	77,1	90,4	58,1
červenec	94	94,8	268,4	314,9	202,4
srpen	64	64,5	182,7	214,4	137,8
září	85	85,7	242,7	284,7	183
říjen	51	51,4	145,6	170,8	109,8
listopad	18	18,2	51,4	60,3	38,7
prosinec	31	31,3	88,5	103,8	66,7
Celkem	578	591,9	1676	1966,1	1263,6

Travní porost se zelení tvoří podstatnou část v areálu kolejí. Travní porost se rozprostírá společně s nepravidelně vysázenými stromy na 47 906m². Pro závlahu této zeleně bude použita zachycená voda ze střech. Budov kolejí.

Podle skript Cvičení z meliorací (Kuklík et. al., 1988) je rozdělena vláhová potřeba pro travní porost do jednotlivých měsíců ve vegetačním období. Travní porost má vegetační období, a tedy i největší vláhovou potřebu, od dubna do října.

Vláhová potřeba travního porostu dle ČSN 75 0434 je $4\,500\text{ m}^3/(\text{ha}.\text{rok})$. Plocha zeleně je $47\,906\text{m}^2$, do celkové plochy travního porostu byly započítány i stromy, které mají vláhovou potřebu $3\,800\text{ m}^3/(\text{ha}.\text{rok})$. Výpočet byl proveden jen na travní porost.

Tabulka č. 6 Množství vody na závlahu travního porostu

Vegetační období	Srážky [mm]	Srážky na plochu [m^3]	Vláhová potřeba na plochu [$\text{m}^3/\text{měsíc}$]	Množství vody na závlahu [m^3]
duben	33	1 581	1 617	-36
květen	121	5 797	5 927	-130
červen	27	1 293	1 322	-29
červenec	94	4 503	4 605	-102
srpen	64	3 066	3 134	-68
září	85	4 072	4 186	-114
říjen	51	2 443	2 498	-55
Celkem	475	22 755	23 289	-534

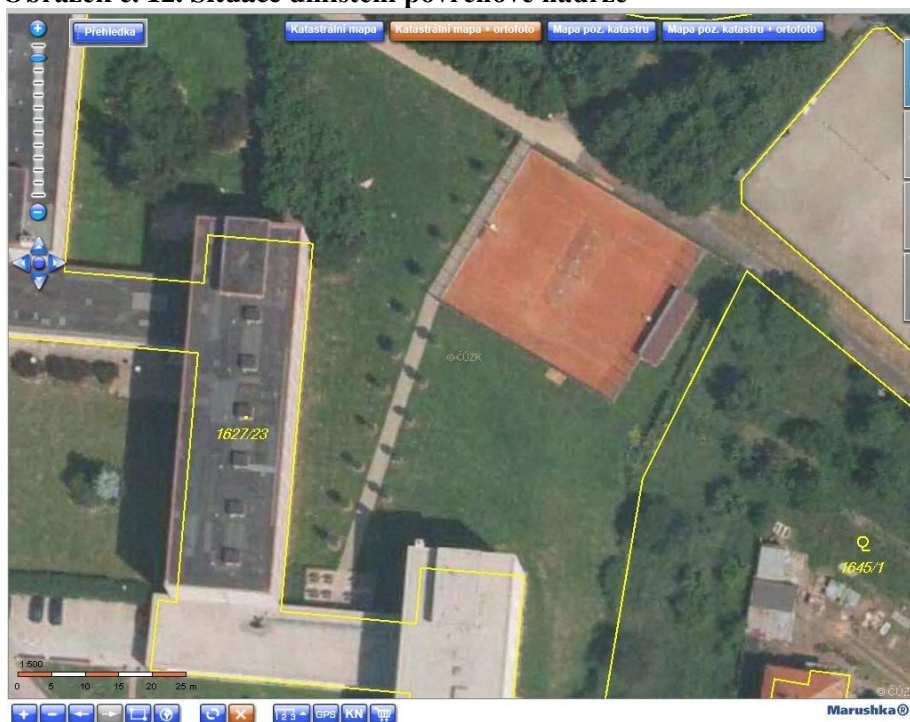
V tabulce je zaznamenáno, kolik srážek spadne na plochu travního porostu a kolik je ještě potřeba doplnit vody. Celkem dopadne na plochu travního porostu $22\,755\text{ m}^3$ vody, i přes toto množství je nutné dodat celkově 534m^3 vody, aby byla naplněna kapacita závlahy travního porostu.

Návrh retenční nádrže na dešťovou vodu

a) Povrchová retenční nádrž

Nádrž na zadržování dešťové vody ze střech kolejí navrhuji umístit dle vrstevnic v nejnižším místě areálu kolejí, tedy mezi budovou koleje EFG, její dolní částí a tenisovým kurtem, jak je vidět na obrázku.

Obrázek č. 12. Situace umístění povrchové nádrže



zdroj: Aplikace Marushka (nahliznidokn.czuk.cz)

Navrhovaná povrchová nádrž bude o rozměrech 20 m x 20 m x 1,5 m, a tedy její celkový objem je 600 m³. Objem srážek přivedených do nádrže je vyšší než celková kapacita nádrže. Z tohoto důvodu bude v nádrži nainstalováno čerpadlo, které se bude spouštět v určitém časovém intervalu celý den. Jak je uvedeno v tabulce č. 7, interval 12 x denně znamená, že je 1 hodinu čerpána voda z nádrže 1 hodinu je pauza při průtoku 0,5l /s, v případě intervalu 10 x denně je čerpána voda 1 hodinu a 1,4 hodiny je pauza mezi čerpáním při stejném průtoku. Pro případ, že by v nádrži nebylo dostatečné množství dešťové vody, bude v nádrži nainstalované čidlo pro minimální hladinu, která bude 10 cm. Při nedostatku vody, nebude čerpadlo spuštěno. Hodnoty uvedené v tabulce jsou vypočítané dle dlouhodobého srážkového normálu, z bezpečnostního hlediska, bude v nádrži vybudován bezpečnostní přepad přímo do dešťové kanalizace, aby nedošlo k přeplnění nádrže.

Tabulka č. 7 Povrchová retenční nádrž

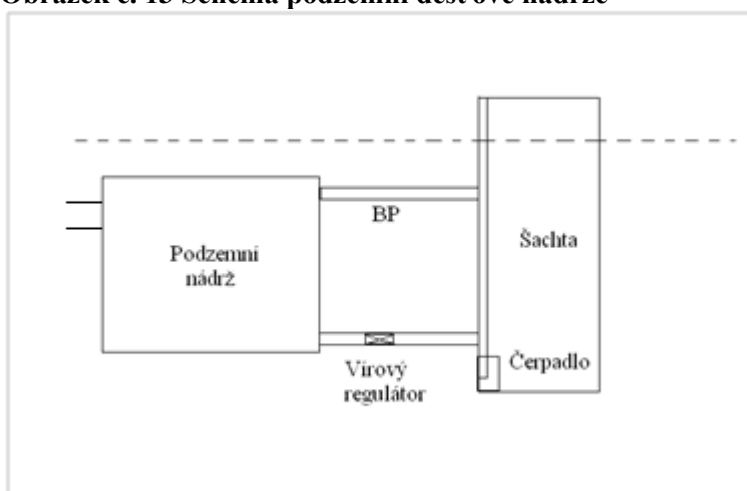
Povrchová nádrž	Přítok [m³]	Množství dešťové vody za měsíc[m³]	Řízený odtok [m³]	Zůstatek dešťové vody [m³]	Četnost čerpání
březen	337,2	337,2	0	337,2	
duben	309	646,2	540	106,2	10x denně
květen	1 133,3	1 239,5	669,6	569,9	12x denně
červen	252,8	822,7	648	174,7	12x denně
červenec	880,5	1 055,2	669,6	385,6	12x denně
srpen	599,4	985	669,6	315,4	12x denně
září	796,1	1 111,5	648	463,5	12x denně
říjen	477,6	941,1	669,6	271,5	12x denně

Vláhová potřeba travního porostu je nutná od dubna do října. Voda naakumulovaná v povrchové nádrži bude napojena na závlahový systém v areálu kolejí. Dešťová voda může být do nádrže odváděna i v době, kdy není využita na závlahu. Z estetického hlediska, by byla lepší varianta, nechat povrchovou nádrž naplněnou i v době, kdy není využita dešťová voda na závlahu.

b) Podzemní dešťové nádrže

Podzemní dešťové nádrže jsou založeny na principu, kdy každá kolej má vybudovanou svou vlastní podzemní nádrž na dešťovou vodu, k níž je ještě připojena šachta, Tam je umístěno čerpadlo na odčerpávání dešťové vody pro závlahu. (viz příloha č. 1) Do šachty je také veden z nádrže bezpečnostní přepad, který je podle ČSN 752410 povinný pro každou podzemní nádrž. Vybudováním šachty k podzemní nádrži získáme lepší přístup k čerpadlu při jeho kontrole nebo poruše.

Obrázek č. 13 Schéma podzemní dešťové nádrže



Pro vybudování podzemní nádrže navrhuji zvolit infiltrační systémy ACO Stormbrixx od firmy ACO. ACO Stormbrixx je modulární infiltrační systém vyrobený ze syntetického materiálu polypropylenu a je tvořen základními bloky (Obrázek č. 14), které se pomocí inteligentního „click“ systému pokládají na sebe.

Obrázek č. 14 Základní blok ACO Stormbrixx



zdroj: firma ACO

Při instalaci systému ACO Stormbrixx musí být stavební podklad urovnaný a dobře zhutněný. Při sestavování systému vrstvíme základní bloky zaklapnuté do sebe, ale maximálně do třívrstvé konstrukce. Dále pak konstrukci opatříme bočními a horními kryty, pro zcelení bloků použijeme spojovací konektory.

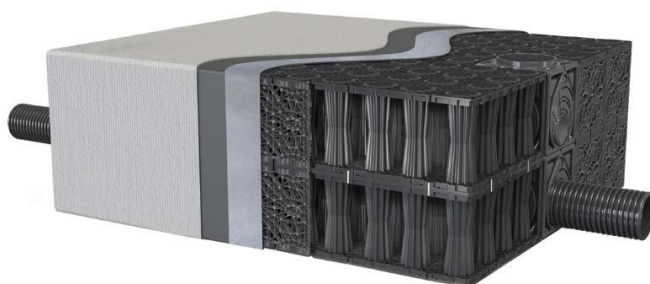
Obrázek č. 15 Boční stěna, horní kryt, spojovací konektor



zdroj: firma ACO

V případě retenčního systému je nutné modulární infiltrační systém ACO Stormbrixx opatřit vnější geotextílií, dále pak těsnicí vrstvou a ještě vnitřní geotextílií. Celý sestavený systém bude v těchto vrstvách obalen, aby nedocházelo k propustnosti dešťové vody.

Obrázek č. 16 Retenční nádrž



zdroj: firma ACO

V potrubí mezi podzemní dešťovou nádrží a šachtou je vírový regulátor, který reguluje odtok z nádrže. Vírový regulátor je nízký válec z ocelového plechu, do jehož boku vede vtoková trubka, uprostřed dna je umístěn výtokový otvor. Zavzdušňovací trubice se nalézá ve středu víka. Přitékající voda kruhově proudí a tvoří okolo výtokového otvoru výtokový prstenec, jehož průřezová plocha je jeho vlastní škrťací složka. Přednostmi vírového regulátoru jsou minimální požadavky na údržbu a fakt, že nevyžaduje cizí energii. Vírové regulátory vyrábí například firma Prostředí a fluidní technika s.r.o. (<http://www.pft-uft.cz/>).

Šachta připojená k nádrži má systém instalace jiný, polypropylenové válce se na sebe našroubují. V šachtě bude umístěno čerpadlo pro přečerpávání vody do povrchové nádrže. Tyto nádrže budou pro všechny koleje stejné.

9.2 Využití šedé vody v areálu kolejí ČZU

Záměrem této varianty je výpočet produkce šedých vod v budovách kolejí ČZU. S vypočítaným množstvím vyprodukované šedé vody bude dále počítáno na splachování toalet v budovách kolejí ČZU.

Koleje ČZU mají k dispozici čtyři budovy, ve kterých ubytovávají studenty nebo i hosty. Koleje mají označení kolej A, kolej BCD, kolej EFG, kolej JIH

Ubytování pro studenty

Kolej A

Budova kolej A je umístěna v blízkosti chodníku vedoucího od autobusové zastávky směrem k budovám fakult. Budova leží na ploše 1 008,5 m² má čtyři podlaží, suterén, přízemí, první patro a druhé patro. Na koleji jsou dvoulůžkové pokoje koncipované formou buňky 2+2 s vlastním sociálním zařízením (sprchový kout, toaleta). Kolej je vybavena posilovnou, prádelnou a sušárnou. Celková kapacita pro studenty je 58 pokojů a 116 lůžek. Celková kapacita pro zaměstnance je 20 pokojů a 40 lůžek.

Obrázek č. 17 Kolej A



zdroj: kam.czu.cz



Koleje BCD

Budova kolej BCD je rozdělena na dílčí objekty, které jsou ale souvisle propojené, jsou jimi budovy s popisem kolej B, kolej C, kolej D. Celková rozloha budovy je 2 856 m², kolej má 6 podlaží - suterén, přízemí a 4 nadzemní patra. Kolej má více kategorií pokojů:

- dvoulůžkové pokoje s vlastním sociálním zařízením (sprchový kout, toaleta) kapacita těchto pokojů je 109 pokojů a 218 lůžek,
- třílůžkové pokoje s vlastním sociálním zařízením (sprchový kout, toaleta) kapacita je 88 pokojů a 264 lůžek,

- dvoulůžkové pokoje se sociálním zařízením na patře, kapacita je 178 pokojů a 356 lůžek,
- čtyřlůžkové pokoje se sociálním zařízením na patře, kapacita je 14 pokojů a 56 lůžek.)

Obrázek č. 18 Kolej BCD



zdroj: kam.czu.cz

Koleje EFG

Kolej EFG je rozdělena stejně jako kolej BCD na dílčí budovy, které jsou na sebe souvisle napojené. Budova má vstupy s popisem kolej E, kolej F, kolej G. Celková rozloha budovy je 3 350m², kolej má přízemí a 4 nadzemní podlaží. Kategorie pokojů:

- dvoulůžkové pokoje formou buňky 2+2 s vlastní sociálním zařízením (sprchový kout, toaleta), kapacita 368 pokojů a 740 lůžek
- jednolůžkové pokoje s vlastním sociálním zařízením, kapacita 4 pokoje a 4 lůžka.

Obrázek č. 19 Kolej EFG



zdroj: kam.czu.cz

Koleje JIH

Kolej JIH je naproti budovám kolejí BCD. Budova koleje je o rozloze 2 153 m² má přízemí a 5 nadzemních podlaží. Kategorie pokojů jsou podobné jako na ostatních kolejích. Dvoulůžkové a třílůžkové s celkovou kapacitou 439 lůžek.

Stanovení produkce šedých vod v budovách kolejí

Pro výpočet produkce šedých vod byl použit následující vzorec z prozatím neschválené normy ČSN 75 6780.

$$Q_{prod} = \sum_{i=1}^m q_{prod} \cdot n_{mj}$$

q_{prod} je produkce šedé vody na měrnou jednotku a den [l/den]

n_{mj} počet měrných jednotek stejného druhu

m počet druhů měrných jednotek

Tabulka č. 8 Produkce šedé vody v budovách

Druh budovy	Vybavení	Měrná jednotka	Produkce šedé vody na měrnou jednotku [l/den]
Internát	koupelny se sprchou	lůžko	90

zdroj:ČSN 756780

Stanovení potřeby šedé vody

Dle tabulky uvedené v normě ČSN 75 6780 v příloze A jsem odečetla hodnoty pro výpočet potřeby šedé vody.

Tabulka č. 9 Počty použití záchodových a pisoárových mís jednou osobou během dne

Druh mísy a pohlaví uživatelů	Počet použití jednou osobou během dne podle druhu budovy
	Studentské koleje
Záchodové mísy pro muže bez pisoárů	4,42
Záchodové mísy pro ženy	4,42

zdroj:ČSN 756780

Při výpočtech potřeby šedé vody jsem vzala v potaz fakt, že koleje jsou umístěné blízko fakult a studenti se mnohou na kolejích zdržovat častěji. Proto jsem volila při výpočtu hodnotu počtu použití jednou osobou během dne hodnotu 5 a ne 4,42 jak je uvedeno v normě.

Tabulka č. 10 Výpočet produkce a potřeby šedé vody

	Obsazení kolejí ¹	Maximální obsazenost [lůžka]	Procentuální obsazenost kolejí	Produkce šedé vody l/den	Potřeba šedé vody l/den	Přebytek šedé vody l/den
kolej A	136	175	77,71	12 240	680	11 560
kolej BCD	878	918	95,64	79 020	4 390	74 630
kolej EFG	737	769	95,84	66 330	3 685	62 645
kolej JIH	441	557	79,17	39 690	2 205	37 485
Celkem	2 192	2 419	90,62	197 280	10 960	186 320

¹ Obsazenost kolejí ke dni 24. 11. 2015

V tabulce je uveden i přebytek šedých vod, který je i přes použití šedé vody pro splachování toalet. Přebytek šedé vody by mohl být využit na závlahu okolní zeleně areálu kolejí ČZU. V tomto případě nebude dále šedá voda využita, jelikož voda na doplňkovou závlahu bude zužitkována z dešťové nádrže.

9.3 Hospodaření s dešťovými a šedými vodami v budově koleje A

Kolej A, která byla vybrána na poukázání možnosti využití dešťové a šedé vody, je nejmenší kolejí v areálu ČZU. Kolej má plochu střechy o rozloze 1 008,5 m² a ve výše uvedené tabulce č. 5 *Roční objem srážek spadlých na budovy*, je objem dešťové vody 591 m³ za rok. S dešťovou vodou, která dopadne na střechu koleje, bude dále počítáno na závlahu travního porostu v areálu ČZU. Nebude však využit celý roční objem, jelikož závlaha travního porostu je jen v období od dubna do října.

Šedé vody v budově koleje budou využity na splachování toalet v celé budově. Pro tuto možnost je nutné stanovit, zda produkce šedé vody za den v budově koleje je dostatečná. Další důležitou hodnotou pro využití šedých vod je potřeba provozní vody za den. V budově je 70 umyvadel a 59 sprch a přečištěná šedá voda bude rozvedena do 62 WC. Pro realizaci projektu je potřeba stanovit tyto zásadní hodnoty a navrhnout vnitřní kanalizaci na šedé vody a technologii čištění šedých vod a také vnitřní vodovod provozní vody.

9.3.1 Návrh zařízení pro dešťové vody

Dešťová voda ze střechy budovy koleje je v současnosti svedena do potrubí dešťové kanalizace. Pro využití dešťové vody bude v nejnižším místě, kde jsou svedené dešťové svody ze střechy, přerušené potrubí, které pokračuje do dešťové kanalizace a dešťová voda bude přečerpávána do podzemní retenční nádrže za budovou koleje. Dešťová voda, která se v podzemní nádrži začne akumulovat, bude využita na závlahu trávníku.

Navrhovaná nádrž na akumulaci dešťové vody bude umístěna za budovou koleje A. Pro lepší zajištění kvality dešťové vody bude umístěna v podzemí, kde nedochází k tvorbě sinic a zákalu akumulované dešťové vody. Podzemní nádrž bude lepší i z estetického hlediska, ale také pro úsporu místa. Nádrž bude sestavena z komponentů firmy Aco. Aco Stormbrixx jsou komponenty pro infiltrační a retenční systémy na zachycení dešťové vody.

Níže uvedená tabulka ukazuje výpočet množství dešťové vody za měsíc. Závlaha travního porostu je v období od dubna do října. V tabulce je uvedený i březen, kdy se voda akumuluje v nádrži a může se využít pro závlahu už v měsíci dubnu. Maximální možná délka zdržení dešťové vody v nádrži je jeden měsíc.

Tabulka č. 11 Bilance dešťové vody v podzemní nádrži

KOLEJ A	Přítok [m ³]	Množství dešťové vody za měsíc [m ³]	Řízený odtok [m ³]	Zůstatek [m ³]	Četnost čerpání
březen	36,3	36,3	0	36,3	
duben	33,3	69,6	54	15,6	1x denně
květen	122	137,6	111,6	26	2x denně
červen	27	53		53	
červenec	94,8	147,8	111,6	36,2	2x denně
srpen	64,5	100,7	55,8	44,9	1x denně
září	85,7	130,6	108	22,6	2x denně
říjen	51,4	74	55,8	18,2	1x denně

Četnost čerpání:

Odtok čerpadla je 1,8 m³/h

Čerpání 1x denně znamená 1h čerpání a 23h pauza

Čerpání 2x denně znamená 1h čerpání (2x) a 11h pauza (2x)

Výpočet a návrh vhodného čerpadla pro dešťovou nádrž

Průtočné množství se vypočítá dle vzorce (ČSN 75 6760)

$$Q = \psi * r * A$$

$$Q = 1 * 0,025 * 1008,5$$

$$Q = 25,21 \text{ l/s}$$

kde: ψ odtokový součinitel

r intenzita deště [l/s. m²]

A půdorysný průmět odvodňované plochy [m²]

Vypočtené množství dešťové vody, které bude potrubím svedeno do nádrže, se rovná množství, které bude z nádrže čerpáno.

$$Q = Q_{\check{c}}$$

$$Q_{\check{c}} = S * v$$

$$S = \frac{\pi * d^2}{4}$$

kde: S = kruhový průřez

v = rychlost proudění

kde: d = průměr potrubí

$$d = \sqrt{\frac{Q_{\check{c}} * 4}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{0,02521 * 4}{3,14 * 1}} = 0,179\text{m} = \text{DN } 200$$

Rychlost v potrubí pro návrh trubky DN 200

$$S = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3,14 * 0,2^2}{4} = 0,0314\text{m}^2$$

$$v = \frac{Q_{\check{c}}}{S} = \frac{0,02521}{0,0314} = 0,803\text{m/s}$$

Výpočet hloubky čerpání

$$H_{\check{c}} = H_g + h_z + 5$$

H_g gravitační hloubka

h_z ztráty hloubky v potrubí

$$h_z = \lambda * \frac{l}{d} * \frac{v^2}{2g}$$

λ součinitel tření v plastovém potrubí

l délka potrubí d průměr potrubí

v rychlost v potrubí g gravitační zrychlení

$$h_z = 0,014 * \frac{30}{0,2} * \frac{0,803^2}{2 * 9,81}$$

$$h_z = 4,9437$$

$$H_{\check{c}} = H_g + h_z + 5$$

$$H_{\check{c}} = 3,5 + 4,94 + 5$$

$$H_{\check{c}} = 13,44 \text{ m}$$

Čerpadlo bude umístěné v revizní šachtě, která je součástí podzemní nádrže. Dle vypočteného čerpaného množství 25,21 l/s s čerpanou výškou 13,44 m jsem navrhla vhodné čerpadlo EVAK EUS -5.10. Jedná se o kompaktní drenážní kalové čerpadlo od firmy Sigmont Praha s.r.o., (Příloha č 1).

Tabulka pro výpočet vláhové potřeby travního porostu v přilehlém okolí koleje A je vložena v příloze č. 2. Podle webového portálu nahlizenidokn.czuk.cz, jsem vyměřila přilehlou plochu travního porostu na plochu 8 423 m². V tabulce je uvedené množství dešťové vody svedené ze střechy budovy koleje. Po porovnání množství dešťové vody, která je určena na doplňkovou závlahu s množstvím dešťové

vody, která bude přivedena do nádrže, bylo zjištěno, že dešťové vody v nádrži je více, než je potřeba na doplňkovou závlahu.

Jelikož je doplňková vláhová potřeba v blízkém okolí koleje A minimální, bude nashromážděná dešťová voda přečerpávána do vzdálenější nádrže. Tato nádrž bude napojena na závlahový systém, který se postará o zavlažování větší plochy travního porostu v prostoru kolejí ČZU.

Návrh podzemní nádrže

Podzemní nádrž na dešťovou vodu bude sestavena z komponentů firmy Aco Stormbrixx. (viz obrázek č. 11) Retenční systém je tvořen základními bloky, které se pomocí inteligentního „click“ systému pokládají na cihelnou vazbu, a tím vytvoří pevnost celého systému. Složení základních bloků může být maximálně do hloubky 3 vrstev.

Podle rozměru základního bloku jsem navrhla rozměry nádrže 6 m x 5,4 m x 1,83 m. Objem nádrže bude 59 m³. Prostor možný pro zaplnění vodou je podle pokynů výrobce jen 95 % retenčního prostoru. Využitelný prostor nádrže tedy bude 56m³.

Pro sestavení nádrže pro retenci dešťové vody bude potřeba 270 ks základního bloku, 152 bočních krytů, které se umístí po obvodu nádrže a 90 ks horního krytů na horní vrstvu nádrže. Sestavená nádrž se musí obalit geotextilií pro vnitřní ochranu, těsnicí vrstvou a geotextilií pro vnější ochranu. Dle ČSN 752410 musí mít podzemní nádrž vybudovaný bezpečnostní přepad. V tomto případě bude bezpečnostní přepad vyústěn zpět do dešťové kanalizace. Vedle nádrže na dešťovou vodu bude instalovaná revizní šachta. Šachta bude napojena z nádrže přes adaptér pro připojení potrubí. V potrubí mezi šachtou a nádrží bude instalován vírový regulátor, který reguluje přítok dešťové vody z nádrže do šachty. V šachtě bude umístěné čerpadlo, které bude vytlačovat dešťovou vodu ven do nádrže pro závlahu travního porostu.

Nádrž bude umístěna v 3,5 m hluboké stavební jámě, kde podklad musí být zhutněný, rovný a nosný. Při uložení retenční podzemní dešťové nádrže počítáme s tím, že hladina podzemní v této lokalitě není vysoká. Přesná výška hladiny podzemní vody se zjistí geologickým průzkumem.

V návrhu na umístění podzemní nádrže by neměl být opomenutý úhel vnitřního tření zeminy, který určuje minimální vzdálenost nádrže od budovy. S touto vzdáleností se počítá, aby nebyla narušena statika přilehlé budovy. Úhel zeminy se určuje, podle horninového složení půdy, v tomto případě je úhel 30°. V případě budovy koleje A je minimální odstup podzemní nádrže od budovy dle úhlu vnitřního tření zeminy 2,6 m.

9.3.2 Návrh zařízení pro šedé vody

Navržený systém pro recyklaci šedých vod ze sprch a umyvadel bude využit na splachování toalet v budově koleje A. Separovaná šedá voda se bude odváděna ze sprch a umyvadel v budově koleje. Jedná se celkem o 70 umyvadel a 59 sprch. Provozní voda, bude po přečištění rozvedena do nádržek 62 WC.

Pro odvod separované dešťové vody bude vybudována nová vnitřní kanalizace, která bude ústít do úpravny na přečištění šedých vod. Z úpravny bude vybudovaný vnitřní vodovod, kterým bude pomocí čerpadla, rozvádět provozní vodu do splachovacích nádržek WC.

Technologie čištění šedých vod

Přivedená odpadní šedá voda, natéká přes mechanický filtr nečistot do reakční nádrže, ve které dochází k biologickému čištění. V reakční nádrži je instalován membránový modul. Ve spodní části membránového modulu je osazen aerační systém, nad membránovým modulem je umístěné čerpadlo. Čerpadlo odsává pod tlakem odpadní vodu přes membrány a odvádí ji již vyčištěnou do vedlejší akumulární nádrže pro vyčištěnou vodu. Provozní voda je z akumulární nádrže čerpána do systému rozvodů provozní vody, na splachování toalet. Akumulační i reakční nádrž je vybavena bezpečnostním přepadem, který je v případě havárie napojen na splaškovou kanalizaci. Systém je možné v případě nedostatku šedé vody doplňovat vodou pitnou. (Asio spol. s.r.o.)

Obrázek č. 20 Čištění šedých vod



zdroj: ASIO, 2015

Pro navržení vhodného systému na recyklaci šedé vody je nutné stanovit produkci šedé vody v objektu za den a stanovení potřeby šedé vody za den.

Stanovení produkce šedé vody

Pro návrh nádrže na šedou vodu je potřeba znát maximální denní produkce šedé vody. Hodnota produkce šedé vody byla určena na základě vzorce z normy ČSN 75 6780. Při výpočtech stanovení produkce šedé vody bylo počítáno s maximálním obsazením koleje.

Objem vyprodukované šedé vody dle činnosti prováděné během dne

$$q_{prod} = \sum_{i=1}^j q_{\zeta,i} \cdot n_{\zeta,i}$$

kde q_{ζ} produkce šedé vody pro příslušnou činnost [l]

n_{ζ} počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne

j počet druhů činnosti prováděných během dne.

Tabulka č. 12 Produkce šedé vody dle činnosti prováděné během dne

Druh činnosti	Produkce šedé vody pro příslušnou činnost	Výpočet - činností stejného druhu prováděných během dne	Denní množství vyprodukované šedé vody
	q_{ζ} [l]	n_{ζ}	q_{prod} [l]
Mytí rukou ¹	3	1 400	4 200
Mytí těla v umyvadle	15	15	225
Sprchování ¹	45	160	7 200
Celkové množství denní produkce šedé vody			11 625

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.

Při výpočtu jsem pracovala s faktem, že každý si umyje ruce minimálně po každém použití toalety, průměrná hodnota je dle normy ČSN 75 6780 určena na 4,42 / den. Koleje jsou však blízko fakult, tedy uvažuji, že toaleta bude použita alespoň 5 krát za den. Dále jsem započítala tři další úkony mytí rukou během dne. Produkce šedé vody jen z mytí rukou tedy v tomto případě činní 4200 l za den.

Stanovení potřeby provozní vody

Provozní voda bude v budově využívána pouze na splachování toalet. Mohla by být využívána také na úklid objektu nebo na závlahu travního porostu, ovšem z hygienického hlediska je lepší na úklid využít vodu pitnou. Pro zavlažování zeleně je již navržena varianta, která počítá s využitím dešťové vody. Další důležitou hodnotou pro návrh zařízení na úpravu šedé vody je průměrná denní potřeba provozní vody. Pro stanovení této hodnoty byla použita norma ČSN 75 6780.

Specifická potřeba vody pro splachování záchodových mís (q_{wc}), v l/(osoba za den) se stanoví podle vztahu:

$$Q_{wc} = q_0 \cdot p \cdot n$$

kde: q_0 splachovací objem podle navržených splachovačů nebo orientačně dle tabulky,

p počet použití jednou osobou během dne,

n počet měrných jednotek (počet osob, obyvatel, lůžek).

Tabulka č 13 Potřeba provozní vody

Splachovací objem	Počet použití během dne	Počet měrných jednotek	Potřeba provozní vody
q_0 [l]	p	n	q_{wc} [l]
6	2	175	2 100
3	3	175	1 575
Celková potřeba provozní vody			3 675

Při výpočtu potřeby provozní vody na splachování toalet jsem určila splachovací objem dle tabulky A. 2 v normě ČSN 75 6780. Nejčastější používané splachovací objemy záchodových mís se pohybují v rozmezí 3 až 6 litrů za spláchnutí. S hodnotou 6 litrů se počítá v tzv. velkém spláchnutí, na tzv. malé spláchnutí je potřeba poloviční množství vody, tedy 3 l. Na koleji jsou toalety s možností fázovaného splachování.

Při porovnání denní produkce a denní potřebou vody je zřejmé, že produkce převyšuje o 7950 litrů potřebu šedé vody. Přebytek šedé vody nebude dále využíván a bude bezpečnostním přepadem odtékat do kanalizace.

9.3.3 Ekonomická rozvaha projektu

Využití dešťové vody na závlahu

Pro realizaci zařízení na využívání dešťové vody na závlahu, je potřeba provést výkop, do kterého bude uložena retenční nádrž s příslušenstvím. Cena výkopu se dle ceníku firmy Osma s.r.o. pohybuje za 1m³ vytěžené zeminy okolo 900 Kč. Nádrž je složena z komponentů firmy Aco. Pro složení dešťové retenční nádrže od firmy Aco systému Stormbrixx, je potřeba 270 ks základního bloku, 152 bočních krytů, 90 ks horních krytů. Celá sestavená nádrž musí být obalena vnitřní a vnější geotextilií a těsnicí vrstvou. Na dešťovou retenční nádrž bude přes adaptér potrubí připojena šachta, kde bude umístěné čerpadlo od firmy Sigmont Praha s.r.o., pro výtlač vody z nádrže. Do pořizovací ceny budou zahrnuty i náklady spojené s vytvořením potrubí, jeho příslušenstvím k retenční dešťové nádrži a potrubí pro bezpečnostní přepad, který bude ústít zpět do dešťové nádrže.

Tabulka č. 14 Náklady na realizaci využití dešťové vody

Položka	Jednotka	Potřebné množství	Jednotková cena (Kč)	Cena celkem (Kč)
Výkop nádrže	m ³	70	900	63 000
Základní blok	ks	270	1 300	351 000
Boční kryt	ks	152	330	50 160
Horní kryt	ks	90	150	13 500
Geotextílie	m ²	345	200	69 000
Šachta	ks	1	17 250	17 250
Čerpadlo	ks	1	5 490	5 490
Potrubí	m	20	200	4 000
				573 400

Pro zjištění návratnosti investice je nutné vypočítat roční náklady na vodu, která by byla využita na závlahu travního porostu, a stočné ze srážek. Uvedené potřebné množství vody na závlahu je určeno z přilehlého okolí koleje A o rozloze 8 423 m². Je počítáno s vodným a stočným pro rok 2016 od společnosti Pražské vodovody a kanalizace, a.s.

Tabulka č. 15 Cena vody na zalévání a stočné ze srážek

Položka	Jednotka	Potřebné množství	Jednotková cena (Kč)	Cena celkem (Kč)
Voda na zalévání	m ³	94,07	46,75	4397,77
Stočné ze srážek	m ³	97,3	38,43	3739,24
				8137,01

Návratnost investice je odhadována na necelých 71 let. Za velké finanční zatížení lze považovat značně vysokou pořizovací cenu retenční nádrže. V areálu kolejí se rozkládá velká plocha travního porostu. Nabízí se tedy, aby naakumulovaná dešťová voda byla využita na závlahu této plochy areálu kolejí (nebo alespoň její části), a tím by se snížila i doba návratnosti investic.

Z předešlých výpočtů vláhové potřeby, které jsem počítala v kapitole 9.1 *Bilance dešťových vod v areálu kolejí ČZU*, jsem vytvořila tabulku (viz. Příloha č. 4). V tabulce zjišťuji, zda by naakumulovaná voda v podzemní nádrži pro kolej A stačila na závlahu celého areálu kolejí o rozloze 47 906 m². Výsledkem výpočtů je, že naakumulovaná voda stačí na závlahu celého areálu.

Při uskutečnění závlahy celého areálu kolejí dešťovou vodou z podzemní nádrže nedojde k navýšení vstupních investic, jelikož nádrž na dešťovou vodu, která je značným finančním zatížením celé realizace, zůstane stejná jako v předešlém případě. Navýšení, které se však na nákladech projektu projeví, se promítne do potřeby většího množství potrubí pro rozvod dešťové vody po areálu. V příloze č. 5 je uvedena cena vody na zalévání a stočné ze srážek pro celý areál, které je nutné znát pro výpočet návratnosti investice.

Návratnost investice v případě závlahy celého areálu, bez započítání dalších nákladů na potrubí, je 12,5 roku. Přibližná hodnota návratnosti s dodatečnými náklady se může pohybovat okolo 15 let.

Využití šedé vody v budově koleje A

Investice pro projekt recyklace šedých vod v budově koleje A je složena z nově navržených rozvodů vnitřní kanalizace a nově navrženého vnitřního vodovodu pro rozvod provozní vody a technologické úpravy šedých vod. Cena potrubí je určena dle ceníku firmy Plastmont Bureš s.r.o.

Cena úpravy šedých vod od firmy Asio, spol. s.r.o. byla stanovena po konzultaci s odborným konzultantem této firmy. Ceník pro typ úpravy AS – GW/Siclaro – 5 není volně přístupný na internetu.

Tabulka č. 16 Náklady na realizaci využití šedé vody v budově koleje A

Položka	Cena (Kč)
Vnitřní kanalizace	145 750
Vnitřní vodovod provozní vody	173 250
Úprava šedé vody	2 250 000
Cena celkem	2 569 000

Pro zjištění návratnosti vložených investic je nutné vypočítat cenu vody, která by byla použita na splachování toalet.

Tabulka č. 17 Cena za provozní vodu za rok

Položka	Jednotka	Potřebné množství	Jednotková cena (Kč)	Cena celkem (Kč)
Vodné	m ³	3675	46,75	171 806,25
Stočné	m ³	3675	38,43	141 230,25
				313 036,50

Návratnost investice pro využití šedých vod v budově koleje A je stanovena na necelých 8,5 roku. Při výpočtu návratnosti investice není počítáno s provozními náklady v průběhu provozu využívání šedých vod. Z tohoto důvodu je patrné, že návratnost investice nejspíš ještě vzroste.

9.4 Výsledky

Bilance dešťových vod v areálu kolejí ČZU poukázala na různé možnosti využití dešťové vody.

V případě, že dešťová voda bude odvedena do kanalizace. Musí ČZU odvod dešťové vody podle zákona 274/2001 Sb., zaplatit. V případě areálu kolejí ČZU poplatek činí 558 408 Kč.

Další možností, kterou využívá i ČZU je dešťová kanalizace, která odvádí dešťovou vodu kanalizační potrubím do Vltavy.

Varianta, která bude akumulovat dešťovou vodu v areálu ČZU je při vybudování povrchové nádrže mezi kolejí EFG a tenisovým kurtem, v nejnižším místě areálu kolejí. Dešťová voda naakumulovaná v nádrži bude čerpána v časových intervalech do závlahového systému, který bude zavlažovat travní porost v areálu. Z dalších navazujících výpočtů je však zřejmé, že množství svedené vody v nádrži je mnohem větší, než je vláhová potřeba travního porostu v areálu kolejí. Z tohoto důvodu může být využití dešťové vody ve větším rozsahu.

Podzemní nádrže na retenci dešťové vody jsou další z možností využití dešťové vody v areálu kolejí. Každá budova koleje by měla vybudovanou svou vlastní podzemní nádrž na dešťové vody. V příloze č. 1 je uvedena bilance dešťové vody v podzemní nádrži pro každou kolej v areálu a možnosti čerpání dešťové vody.

Alternativa při nahrazování pitné vody, při činnosti, kdy není až tak nutná kvalita pitné vody, může být i v šedé vodě. Šedá voda je voda svedená z umyvadel a sprch, která je po přečištění opět využita na splachování toalet. Tato varianta je vypočítána podle normy ČSN 75 6780 na produkci šedých vod ve všech budovách kolejí ČZU. V tabulce č. 10 je uveden výpočet produkce a potřeby šedé vody pro všechny koleje. Z této tabulky je zřejmé, že produkce šedé vody značně převyšuje potřebu šedé vody. Přebytečná přečištěná voda, může být využita k dalším účelům.

Konkrétní řešení využití šedých a dešťových vod jsem navrhla pro kolej A. Dešťová voda bude svedená do vybudované podzemní nádrže za budovou koleje A, kde bude podle možností čerpadlem přečerpávaná do závlahového systému v areálu kolejí ČZU. Finanční náklady vynaložené na vybudování nádrže a jejího nutného příslušenství jsou 573 400 Kč. Návratnost investice je v případě využití dešťové

vody v blízkém okolí koleje 71 let. V případě využití dešťové vody na závlahu celého areálu by byla návratnost investice jen okolo 15 let.

Při návrhu využití šedých vod v budově koleje A musely být navrhnuté nové rozvody pro svod šedých vod do akumulární jímky a rozvody provozní vody na splachování toalet. Pro přečištění šedých vod jsem vybrala čisticí technologii od firmy ASIO, spol. s.r.o.. Produkce šedé vody je dostačující pro využití na splachování toalet. Finanční náklady celé realizace jsou 2 569 000 Kč. Finanční návratnost celé realizace je za 8,5 roku.

10 Diskuse

Hospodaření s dešťovými a šedými vodami je rozšířené v České republice teprve posledních pár let. Proto je toto téma pro širokou veřejnost ještě velkou neznámou. Významným posunem v hospodaření s dešťovou vodou jsou dvě nově vzniklé normy - ČSN 75 90 10 *Vsakovací zařízení srážkových vod* (2012) a TNV 75 9011, která řeší hospodaření se srážkovými vodami (2013). Rozšíření výše popsaného postupu využití šedých vod brání absence platné právní normy v České republice. Norma, která pojednává o využití šedých vod, je ve fázi projednávání. (ČSN 75 6780)

Další pokrok, který pomůže návratu dešťové vody do přirozeného koloběhu vody je ustanoven v zákoně č. 183/2006 Sb.

Při vymezování nového stavebního pozemku musí být postupováno tak, aby bylo vyřešeno vsakování dešťové vody anebo její retence před tím, než bude svedena do vodního toku nebo kanalizace. (Prováděcí vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území) (zákon č. 183/2006 Sb.)

V zahraničí, například v Německu či Švýcarsku, mají problematiku hospodaření s dešťovými vodami vyspělejší, jelikož se tímto tématem zabývají již delší dobu a jejich právní předpisy jsou v tomto případě přísnější. Uvedme příklad vodního zákona *GSchG(1991, ve znění 2006): Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer. Der Schweizerische Bundesrat,*

V České republice jsou k myšlence využívání a hospodaření s dešťovou vodou nejvíce motivovány hlavně subjekty, které podle prováděcí vyhlášky č. 428/2001 Sb. k zákonu č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích musí platit za odvod dešťové vody.

Jak cituje vyhlášku zákona ve své knize Hlavínek et. al., „Poplatek za odvod dešťových vod do jednotné kanalizace mají povinnost platit všichni majitelé nemovitostí, v nichž je prováděna podnikatelská činnost. Výjimku danou ze zákona mají plochy železnic, silnic, zoologické zahrady a také nemovitosti určené k trvalému bydlení“.

(Hlavínek et. al., 2007)

Hlavní problém tkví ve využití dešťové vody ve městech, kde není dostatek místa pro retenci nebo infiltraci dešťové vody z důvodu velkého množství zpevněných a nepropustných ploch. I přes tyto problémy se dají najít kompromisy, v podobě ozeleněných střech, jak uvádí ve své knize Čermáková s Mužíkovou, další možností je například vybudování potrubních drenů, uložených v zemině, pro vsakování dešťové vody, instalované pod chodníky.

Problémem návrhu hospodaření s dešťovou vodou je vysoká vstupní investice a velmi nízká návratnost, hlavně u subjektů nemovitostí, které nemají povinnost platit za odvod dešťových vod.

Většina autorů odborné literatury tohoto tématu je toho názoru, že by se mělo platit za odvod dešťových vod do kanalizace. Jak už jsem uváděla výše, za odvod dešťové vody musí platit jen některé právní subjekty. Ostatní majitelé nemovitostí nejsou motivováni k využívání srážkových vod, jelikož poplatky platit nemusí.

(Hlavínek et. al., 2009)

Osobně se také přikláním k této myšlence. Pokud nebude zaveden poplatek za odvod dešťové vody pro další subjekty, například rodinné domy a ostatní stavby, nebude do té doby existovat žádný účinný nástroj, jak přimět společnost přemýšlet o využití dešťové vody a k šetrnějším zacházení s vodou.

Závažným problémem při schvalování normy ČSN 75 6780 s názvem: „Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích“ bylo hygienické zabezpečení šedých vod.

Evropská norma EN 12056-1, která definuje šedé vody, jako mírně znečištěnou odpadní vodu, získanou ze sprchovacího koutu, vany, umyvadla, pračky a kuchyňského dřezu.

Opačný pohled na šedou vodu má však autor článku v časopise SOVAK (Kožíšek, 2012) který uvádí: „Šedou vodu z van a sprch není možné označit jako „komunální vodu bez fekálií a moče“. Tato voda běžně obsahuje jak indikátory fekálního znečištění, tak i fekální patogeny samotné. Když myjeme pod sprchou pokáleného kojence, odchází zbytky fekálií i moče do šedé vody – a nemusí se jednat jen o kojence. Proto nelze na tyto vody nahlížet jako na sice na pohled „trochu špinavé“, ale v podstatě zdravotně závadné.

Pro stanovení a posouzení zdravotních rizik je nutné znát účel, ke kterému bude přečištěná šedá voda využita a podle toho se stanoví hygienické cíle.

(Kožíšek, 2012)

Nejen nepřípravenost normy pro využívání šedých vod stojí v cestě nahrazení pitné vody za tuto alternativu v činnostech, kde není kvalita pitné vody vyžadována. Veřejné mínění o znovu využití šedé vody se neseťkává s pozitivními reakcemi. Veřejnost prozatím není připravena na tuto alternativu, ať už na splachování toalet či závlahu. Hlavní nedůvěra v tento systém tkví ze strachu z nemocí či zápachu a přímého kontaktu se šedou vodou.

Vysoká pořizovací cena může rovněž odrazovat od myšlenky využití šedých vod. Velkou nevýhodou využívání přečištěné šedé vody při splachování toalet patří v nutnosti vybudování nové vnitřní kanalizace, nových rozvodů provozní vody a v docela vysoké pořizovací ceně čistírny šedých vod. Myslím si tedy, že větší úspěch se zavedením tohoto systému budou mít buď novostavby, nebo budovy s vysokou produkcí a spotřebou provozní vody, jako jsou například hotely, koleje, nemocnice, bazény, relaxační centra atd. V těchto budovách se předpokládá vyšší návratnost vložených vstupních investic pro vybudování systému na využití šedých vod.

Jestliže budou dodržovány postupy a doporučené normy, je dle mého názoru strach veřejnosti z využívání šedých vod neopodstatněný. Alespoň určitě v případě využití přečištěné vody na splachování toalet, kde nedochází k přímému kontaktu člověka s touto vodou.

11 Závěr

Částečné cíle práce, jakými jsou přehled stávající legislativy v oboru dešťových a šedých vod, poukázání na možnost využití jako alternativy pitné vody, vysvětlení možností hospodaření s dešťovou a šedou vodou, návrhy řešení pro využívání těchto vod v budovách, jsou splněny v kapitolách 1 - 8. Rešeršní část, která popisuje téma hospodaření s šedými a dešťovými vodami, byla sestavena s pomocí odborné literatury.

Dílčími cíli v praktické části diplomové práce je vypracování bilance dešťové vody v areálu kolejí ČZU. V této bilanci dešťových vod jsem uvedla, jaké jsou možnosti hospodaření s dešťovou vodou na tomto pozemku. Bylo zjištěno, že při odvodu dešťové vody do kanalizace bude poplatek za odvod činit 558 408 Kč. Další z možností je napojení areálu kolejí ČZU na dešťovou kanalizaci, která odvede dešťovou vodu do Vltavy a dešťová voda nebude využita v místě dopadu. Další možností pro hospodaření s dešťovou vodou je vybudování povrchové nádrže na pozemcích blízko kolejí. Z důvodu úspory plochy v areálu a z velké odvodňovací plochy střech a následného velkého objemu dešťové vody bych posledně zmíněnou variantu nevolila. Vhodnějšími se pak jeví podzemní nádrže vybudované pro každou kolej zvlášť. Pro každou tuto nádrž jsem vypočetla bilanci dešťové vody v nádrži.

Dalším dílčím cílem praktické části bylo stanovení produkce šedé vody ve všech kolejích. Při výpočtu denní produkce a potřeby šedých vod jsem zjistila, že produkce šedých vod je dostačující a každá kolej má přebytek šedých vod, které mohou být dále využity.

Hlavním cílem diplomové práce bylo navrhnout systém hospodaření s šedými a dešťovými vodami v budově koleje A. Řešením je využít dešťovou vodu, která je svedena ze střechy koleje do podzemní nádrže vybudované za budovou koleje. Tato nádrž by byla dle návrhu použita na závlahu travního porostu v okolí koleje. Při zhodnocení vstupních investic navrženého projektu s využitím dešťových vod jsem došla k závěru, že pokud bude dešťová voda využita v přílehlém okolí koleje (plocha 8 423 m²) návratnost investice vyjde na 71 let. Naakumulovaná dešťová voda vystačí na závlahu celého areálu (plocha 47 906 m²). Výpočet návratnosti investic této varianty se pohybuje okolo 12,5 roku. V pořizovacích nákladech, však není započten systém závlahy pro celý areál. Z tohoto důvodu se návratnost investice zvýší.

Recyklace šedých vod je navržena pro budovu koleje A. Využití šedých vod je řešeno z návrhu nového vnitřního vodovodu, nově navržené vnitřní kanalizace, akumulčních jímek a technologie úpravy šedých vod. Navržený systém bude odvádět šedou vodu ze sprch a umyvadel vnitřní kanalizací do akumulční jímky. Pro přečištění šedé vody po úpravě ji přečerpá do druhé akumulční jímky. Z této jímky bude provozní voda pomocí čerpadla odváděna do splachovacích nádržek toalet. Návratnost investic projektu využití šedých vod v budově koleje A je stanovena na 8,5 roku.

Při vypracovávání návrhu na vybudování podzemní dešťové nádrže i návrhu na využití šedých vod na koleji A jsem zjistila, že u obou variant je přebytek jak dešťové vody v nádrži, tak i šedé vody v budově koleje. Z tohoto důvodu bych volila hospodaření jen s jednou variantou. Jelikož přebytečná šedá voda by mohla být po přečištění dále použita na doplňkovou závlahu travního porostu v areálu kolejí.

Po zhodnocení všech uvedených variant jsem z ekonomického a ekologického hlediska doporučila využití šedé vody v budově koleje A i přesto, že vybudování systému na využití šedé vody vyžaduje značné stavební úpravy. Návratnost investic však není tak dlouhá. V areálu ČZU je pro dešťové vody vybudovaná dešťová kanalizace. I když to neřeší využití dešťové vody, je to stále lepší varianta než odvádět dešťové vody do kanalizace.

Využití dešťové a šedé vody je jedna z možností, jak ekologicky a šetrně přistupovat k přírodě a chránit zdroje vzácné pitné vody i pro další generace.

12 Použitá literatura

Knihy a články:

BEDNÁŘ J., 2003: Meteorologie: Úvod do studia dějů v zemské atmosféře. Portál, Praha: 224 s.

BÖSE K. H., 1999: Dešťová voda pro zahradu a dům. HEL, Ostrava: 85 s.

ČERMÁKOVÁ B., MUŽÍKOVÁ R., 2009: Ozeleněné střechy. Grada Publishing, Praha: 248 s.

DELPLA I., JUNG A.-V., BAURES E., CLEMENT M., THOMAS O., 2009: Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. Environment International, Volume 35, Issues 8, Pages 1225-1233.

HLAVÍNEK P., 2010a: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území: Využití dešťové vody. Výstavby 1/2010: 28-30.

HLAVÍNEK P., STRÁNSKÝ D., 2009: Sborník odborného semináře, Hospodaření s dešťovou vodou ve městech a obcích. ARDEC s.r.o., Brno: 105 s.

HLAVÍNEK P., PRAX P., SKLENÁROVÁ T., DVOŘÁKOVÁ D., POLÁŠKOVÁ K., KUBÍK J., HLUŠTÍK P., BERÁNEK J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec s.r.o., Brno: 164s.

HOLT P., JAMES E., 2006: Waste water reuse in the Urban Environment: selection of technologies .Armineh Mardirossian, Issues 1, 80 pages.

KABELKOVÁ I., DOLEŽALOVÁ A., 2009: Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku: praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování. Ústav pro ekopolitiku o.p.s., Praha: 48 s.

KOŽÍŠEK F., 2012: Šedé vody z pohledu hygienika a legislativy. SOVAK, Ročník 21, číslo 2, Praha: str. 14-15.

KREJČÍ V., HLA VÍNEK P., ZEMAN E., 2002: Odvodnění urbanizovaných území: koncepční přístu . NOEL 2000 s.r.o., Brno: 562s.

KUKLÍK V., KŘOVÁK F., 1988: Cvičení z meliorací. Vysoká škola zemědělská Praha, Praha: 214 s.

LIU S., BUTLER D., MEMONB F. A., MAKROPOLUS C., AVERY L., JEFFERSON B., 2009: Impacts of residence time during storage on potential of water saving for grey water recycling system. *Water Research*, Volume 44, Issues 1, Pages 267- 277.

MAIMON A., FRIEDLER E., GROSS A., 2014: Parameter saffecting grey water quality and its safety for reuse. *Science of The Total Environment*, Volume 487, Pages 20-25.

MATOS C., PEREIRA S., AMORIM E. V., BENTES I., BRIGA-SÁ A., 2014: Waste water and grey water reuse on irrigation in centralized and decentralized systems — Anintegratedapproach on water quality, energy consumption and CO2 emissions. *Science of The Total Environment*, Volume 493, Pages 463- 71.

PLOTĚNÝ K., PÍREK O., 2013: ASIO sborník jaro 2013, Srážkové a šedé vody...aneb,, colors of water“. ASIO, spol. s.r.o., Brno.

RACLAVSKÝ J., BIELA R., HLUŠTÍK P., RAČEK J., 2011: Využití šedých a dešťových vod v budovách – projekt TAČR. In *16. mezinárodní konference Sanhyga Piešťany 2011*. TZB SvF STU Bratislava, 2011, str. 97-100.

REICHMAN S. M., WIGHTWICK A. M., 2013: Impacts of standard and ‘low environmenta limpact’ grey water irrigation on soil and plant nutrients and ecology. *Applied SoilEcology*, Volume 72, Pages 195-202.

ROCCARO P., MANCINI G., VAGLIASINDI F. G. A., 2005: Water intended for human consumption- Part I: Compliance with European water quality standards. *Desalination*, Volume 176, Issues 1-3, Pages 1-11.

STRÁNSKÝ D., BAREŠ V., VÍTEK J., PLOTĚNÝ K., PÍREK O., KUK R., KABELKOVÁ I., 2010: Účel a zásady hospodaření s dešťovou vodou. ČVUT v Praze, Praha: 41 s.

STRNADOVÁ V., Nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaných povodích. Aquion, Praha: 41 s.

ŠÁLEK J., KRIŠKA M., PÍREK O., PLOTĚNÝ K., ROZKOŠNÝ M., ŽÁKOVÁ Z., 2012: Voda v domě a na chatě, Využití srážkových a odpadních vod. Gradal Publising, a.s., Praha: 145 s.

ŠÁLEK J., TLAPÁK V., 2006: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. ČKAIT s.r.o., Praha: 283 s.

TURNER R. D. R., WILL G. D., DAWES L. A., GARDNER E. A., LYONS D.J., 2013: Phosphorus as a limiting factor on sustainable grey water irrigation. Science of The Total Environment, Volume 456-457, Pages 287-298.

Zákony a vyhlášky:

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, v platném znění.

Zákon č. 274/2001Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, v platném znění.

Prováděcí vyhláška č. 428/2001 Sb., k zákonu č. 274/2001Sb., o vodovodech a kanalizacích.

GSchG(1991, ve znění 2006): Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer. Der Schweizerische Bundesrat.

GSchV(1998, ve znění 2006): Gewässerschutzverordnung. Der Schweizerische Bundesrat.

VSA (2002): Regenwasserentsorgung: Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten.

BUWAL (2003): Regenwasserrichtignutzen. Möglichkeiten und Grenzen, mit Tipps und Checkliste.

Technické předpisy a normy:

ČSN 75 0434 – Meliorace. Potřeba vody pro doplňkovou závlahu, 1994.

ČSN 75 678 – Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích (norma není schválena, je v návrhu projednání), 2012.

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod, 2012.

ČSN 759011 Hospodaření se srážkovými vodami, 2013.

Internetové zdroje:

ACO Stavební prvky spol. s.r.o., 2015: Drenážní a infiltrační systémy. Jihlava, online: <http://www.stormbrixx.cz/6-retencni-a-vsakovaci-systemy.html>, cit. 28. 10. 2016.

ASIO spol. s.r.o., 2011-2016: Šedé vody. Asio čištění a úprava vod, Brno, online: <http://www.asio.cz/cz/as-gw-aqualoop>, cit. 19. 10. 2016.

ASIO spol. s.r.o., 2011-2016: Možnosti využití energie z odpadních vod, Asio čištění a úprava vod, Brno, online: <http://www.asio.cz/cz/238.moznosti-vyuziti-energie-z-odpadnich-vod>. cit. 11. 9. 2016.

ASIO spol. s.r.o., 2011-2016: Energie šedých vod, Asio čištění a úprava vod, Brno, online: <http://www.asio.cz/cz/energie-sedych-vod>, cit. 22. 9. 2016.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE, 2016: Ubytování pro studenty a hosty. Praha, online <https://www.kam.czu.cz/cs/r-8586-ubytovani>, cit. 10. 2. 2016.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2016: Srážky na území ČR. Praha, online: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>, cit. 6. 4. 2016.

ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ, 2004-2016: Nahlížení do katastrálního území, Praha - Suchdol. Praha, online: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=729981&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>, cit. 12. 11. 2016.

LG STAVBY s.r.o., 2012: Ceník prací. Praha, online: www.lgstavby.cz/index.php?modul=cenik, cit. 20. 10. 2016.

MIFKOVÁ T., 2009a: Likvidace odpadních vod: Retence dešťových vod I. Vysoké učení technické v Brně, Brno, online: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/6053-retence-destovych-vod-i>, cit 7. 2. 2016.

NAZELENO. CZ, 2015: Rozložení vody na zemi. Praha, online: <http://www.nazeleno.cz/technologie-1/odsolovani-vody-destilace-vymrazovani-kompresie-a-dalsi.aspx>, cit. 22. 11. 2015.

PLASMONT BUREŠ s.r.o. 2007: Aktuální ceník nabízeného zboží. Praha, online: <http://www.plasmont.cz/cenik.htm>, cit. 18. 11. 2016.

PRAŽSKÉ VODOVODY A KANALIZACE a.s., 2016: Cena vodného a stočného pro rok 2016, Praha, online: <http://www.pvk.cz/vse-o-vode/cena-vodneho-a-stocneho/> cit. 5. 11. 2016.

PROSTŘEDÍ A FLUIDNÍ TECHNIKA s.r.o., 2002-2015: Vírový regulátor FluidVortex, Praha, online: <http://www.pft-uft.cz/nabidka/fluidvortex.php>, cit. 19. 3. 2016.

SIGMOUNT PRAHA s.r.o., 2016: Drenážní kalová čerpadla EVAK EUS, Praha, online: <http://www.sigmontpraha.cz/prodej-cerpadel/drenazni-kalova-cerpadla-eus>, cit. 28. 4. 2016.

STRÁNSKÝ D., KABELKOVÁ I., VÍTEK J., SUCHÁNEK M., 2008: Koncepce hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích. JV PROJEKT VH s.r.o., online: <http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/12008-10-02JVPVH.pdf>, cit. 10. 2. 2016.

STRÁNSKÝ D., KABELKOVÁ I., VÍTEK J., SUCHÁNEK M., 2008: Cesta od likvidace k hospodaření se srážkovými vodami v ČR – současný stav. JV PROJEKT VH s.r.o., online: <http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/12010-10-02JVPVH.pdf>, cit. 12. 2. 2016.

WAWIN OSMA, s.r.o. 2010: Ceník. Kostelec nad Labem, online: <http://www.kanalizacezplastu.cz/cenik> cit 11. 10. 2016.

13 Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Koloběh vody

Obrázek č. 2 Rozdělení vody na Zemi

Obrázek č. 3 Srážky na území ČR

Obrázek č. 4 Vsakování dešťové vody

Obrázek č. 5 Vsakovací průlehy (a), Vsakovací pás (b)

Obrázek č. 6 Uspořádání vsakovacích (a) trubních drenů, (b) stěrkových pásů pod chodníky

Obrázek č. 7 Akumulační nádrž s čerpacím zařízením

Obrázek č. 8 Zapojení lokálního systému – předeřev vody pro okamžitou spotřebu

Obrázek č. 9 Zapojení centrálního systému do zařízení na čištění šedých vod

Obrázek č. 10 Situace kolejí v areálu ČZU

Obrázek č. 11 Dešťová kanalizace ČZU

Obrázek č. 12 Situace umístění povrchové nádrže

Obrázek č. 13 Schéma podzemní dešťové nádrže

Obrázek č. 14 Základní blok ACO Stormbrixx

Obrázek č. 15 Boční stěna, horní kryt, spojovací konektor

Obrázek č. 16 Retenční nádrž

Obrázek č. 17 Kolej A

Obrázek č. 18 Kolej BCD

Obrázek č. 19 Kolej EFG

Obrázek č. 20 Čištění šedých vod

14 Seznam tabulek

- Tabulka č. 1 Spotřeba vody v domácnosti
- Tabulka č. 2 Produkce šedé vody v různých budovách
- Tabulka č. 3 Bilance dešťové vody v areálu kolejí
- Tabulka č. 4 Dlouhodobý srážkový normál
- Tabulka č. 5 Roční objem srážek spadlých na budovy
- Tabulka č. 6 Množství vody na závlahu travního porostu
- Tabulka č. 7 Povrchová retenční nádrž
- Tabulka č. 8 Produkce šedé vody v budovách
- Tabulka č. 9 Počty použití záchodových a pisoárových mís jednou osobou během dne
- Tabulka č. 10 Výpočet produkce a potřeby šedé vody
- Tabulka č. 11 Bilance dešťové vody v podzemní nádrži
- Tabulka č. 12 Produkce šedé vody dle činnosti prováděné během dne
- Tabulka č. 13 Potřeba provozní vody
- Tabulka č. 14 Výpočet nákladů na realizaci využití dešťové vody
- Tabulka č. 15 Cena vody na zalévání a stočné ze srážek
- Tabulka č. 16 Náklady na realizaci využití šedé vody
- Tabulka č. 17 Cena za provozní vodu za rok

15 Přílohy

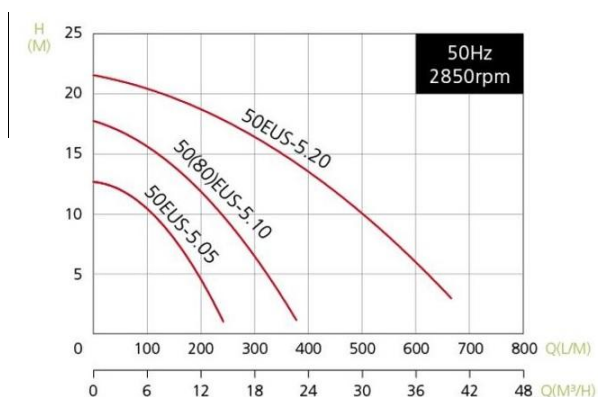
Příloha č. 1 Bilance dešťových vod v podzemních nádržích budov kolejí ČZU

KOLEJ BCD	Přítok [m ³]	Množství dešťové vody za měsíc[m ³]	Řízený odtok [m ³]	Zůstatek [m ³]	Četnost čerpání
březen	102,8	102,8	0	102,8	
duben	94,2	197	108	89	2x denně
květen	345,5	434,5	334,8	99,7	6x denně
červen	77,1	176,8	108	68,8	2x denně
červenec	268,4	337,2	223,2	114	4x denně
srpen	182,7	296,7	223,2	73,5	4x denně
září	242,7	316,2	216	100,2	4x denně
říjen	145,6	245,8	223,2	22,6	4xdenně

KOLEJ EFG	Přítok [m ³]	Množství dešťové vody za měsíc[m ³]	Řízený odtok [m ³]	Zůstatek [m ³]	Četnost čerpání
březen	120,6	120,6	0	120,6	
duben	110,5	231,1	216	15,1	4x denně
květen	405,3	420,4	223,2	197,2	4x denně
červen	90,4	287,6	216	71,6	4x denně
červenec	314,9	386,5	334,8	51,7	4x denně
srpen	214,4	266,1	223,2	42,9	4x denně
září	284,7	327,6	216	111,6	4x denně
říjen	170,8	282,4	223,2	59,2	4x denně

KOLEJ JIH	Přítok [m ³]	Množství dešťové vody za měsíc[m ³]	Řízený odtok [m ³]	Zůstatek dešťové vody [m ³]	Četnost čerpání
březen	77,5	77,5	0	77,5	
duben	71	148,5	108	40,5	2x denně
květen	260,5	301	223,2	77,8	4x denně
červen	58,1	135,9	108	27,9	2x denně
červenec	202,4	230,3	111,6	118,7	2x denně
srpen	137,8	256,5	223,2	33,3	4x denně
září	183	216,3	108	108,3	2x denně
říjen	109,8	218,1	111,6	106,5	2x denně

Příloha č. 2 Čerpadlo EVAK EUS -5.10



Příloha č. 3 Bilance dešťové vody v podzemní nádrži pro kolej A a potřebné závlahy přilehlého okolí koleje A

Vegetační období	Množství dešťové vody za měsíc [m ³]	Množství vody na závlahu [m ³]	Přebytek dešťové vody [m ³]
duben	69,6	6,69	62,91
květen	137,6	22,39	115,21
červen	53	4,85	48,15
červenec	147,8	18,24	129,56
srpen	100,7	12,35	88,35
září	130,6	19,93	110,67
říjen	74	9,63	64,37
Celkem	713,3	94,08	619,22

Příloha č. 4 Bilance dešťové vody v podzemní nádrži pro Kolej A a potřebné závlahy v areálu kolejí

Vegetační období	Množství dešťové vody za měsíc [m ³]	Množství vody na závlahu [m ³]	Přebytek dešťové vody [m ³]
duben	69,6	36	33,6
květen	137,6	130	7,6
červen	53	29	24
červenec	147,8	102	45,8
srpen	100,7	68	32,7
září	130,6	114	16,6
říjen	74	55	19
Celkem	713,3	534	179,3

Příloha č. 5 Cena vody na zalévání a stočné ze srážek pro celý areál

Položka	Jednotka	Potřebné množství	Jednotková cena (Kč)	Cena celkem (Kč)
Voda na zalévání	m ³	534	46,75	24 964,50
Stočné ze srážek	m ³	534	38,43	20 521,62
				45 486,12