



Bakalářská práce

**Návrh technického a provozního řešení
využití dešťové a vyčištěné odpadní vody pro
závlahu přírodní zahrady u rodinného
domku.**

Šárka Bilinová

© 2021 ČZU v Praze



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Autorka práce: Šárka Bilinová
Studijní program: Environmentální vědy
Obor: Aplikovaná ekologie
Vedoucí práce: Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka
Garantující pracoviště: Katedra plánování krajiny a sídel
Jazyk práce: Čeština
- Název práce: **Návrh technického a provozního řešení využití dešťové a vyčištěné odpadní vody pro závlahu přírodní zahrady u rodinného domku.**
- Název anglicky: **Use of rain water and water treatment unit for irrigation, a case study.**
- Cíle práce: Vypracovat rešerši problematiky využití dešťové vody zachycené na pozemcích rodinných domků a z domovní ČOV (hydrologické, technologické stavební a legislativní aspekty). Zpracovat zjednodušený návrh řešení provozu (bilance závlahové vody, řešení přebytku/nedostatku).
- Metodika: Na příkladu rodinného domku navrhnete konkrétní řešení i ve variantách. Zjistíte možnosti využití dotačních titulů. Diskutujte návratnost investice. Šířeji zpracovanou rešerši pramenů použijte k argumentaci pro maximální využívání dešťových vod a DČOV v tomto typu bydlení.
- Doporučený rozsah práce: 30 stran + přílohy
- Klíčová slova: závlaha, odpadní vody, dešťová voda, zahrada
- Doporučené zdroje informací:
1. DAI, H T. *Vláhové režimy půd při lokalizovaných závlahách : doktorská dizertační práce*. Praha: ČZU-LF, 1996.
 2. HELBERG, T. -- VĚTVIČKA, V. -- BORSTELL, U. *Voda v zahradě*. Praha: Svojtka & Co., 1999. ISBN 80-7237-097-9.
 3. LEGÁT, V. -- TLAPÁK, V. -- TLAPÁK, V. -- ŠÁLEK, J. *Voda v zemědělské krajině*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1992. ISBN 80-209-0232-5.
 4. SIEGEL, S M. -- ŠKAPOVÁ, H. *Budiž voda : izraelské inspirace pro svět ohrožený nedostatkem vody*. Praha: Aligier s.r.o., 2016. ISBN 978-80-906420-0-3.
 5. ŠÁLEK, J. *Voda v domě a na chatě : využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.
- Předběžný termín obhajoby: 2020/21 LS - FŽP

Elektronicky schváleno: 15. 3. 2021
prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 15. 3. 2021
prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.
Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 27. 3. 2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé práce Dr. Ing. et Ing. Miroslavu Kravkovi a dále Ing. Radkovi Klíčovi za odborné vedení, přístup a cenné rady při zpracovávání práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou využití dešťové vody zachycené na pozemcích rodinných domů a z domovní ČOV na závlahu přírodní zahrady. Klade důraz na důležitost používání těchto systémů v návaznosti na globální změnu klimatu.

Praktická část obsahuje kompletní analýzu možnosti využití dešťové a vyčištěné odpadní vody pro konkrétní zájmové území.

Klíčová slova: závlahy, odpadní vody, dešťová voda, zahrada

Abstract

This Bachelor Thesis focuses on the utilisation of rainwater collected from the land of houses and water from domestic wastewater treatment plants for the purposes of irrigating gardens. It highlights the rising importance of utilising these systems with regard to global climate change. The practical part contains a complete analysis of the possibilities of using rainwater and water from wastewater treatment plant for a specific area of interest.

Key words: irrigation, wastewater, rainwater, garden

Obsah

1	ÚVOD	7
2	CÍL PRÁCE	8
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	9
3.1	Význam vody pro společnost	9
3.2	Zdroj vody	11
3.2.1	Dešťová voda	12
3.2.2	Odpadní voda	17
3.2.3	Podzemní voda	18
3.2.4	Povrchová voda	18
3.2.5	Vodovodní řád	18
3.3	Závlaha přírodní zahrady	18
3.4	Dotace	19
4	METODIKA	21
4.1	Zájmové území	21
4.1.1	Širší územní vztahy	21
4.1.2	Environmentální faktory	21
4.2	Vybraná zahrada k návrhu revitalizace	26
5	VÝPOČTY A VÝSLEDKY	27
5.1	Návrh opatření	27
5.1.1	Využití dešťové vody na závlahu	27
5.1.2	Využití odpadní vody z ČOV	32
5.1.3	Bilance závlahové vody	33
5.2	Požizovací náklady	38
6	DISKUZE A ZÁVĚR	39

1 Úvod

Téma práce se věnuje problematice nedostatku vody v krajině. Projevy změny klimatu jsou na území České republiky jasně patrné. Má to vliv na národní hospodářství, obyvatelstvo i ekosystémy. Roky 2014 a 2015 patřily k nejteplejším za dobu měření. Při zvýšení teploty dochází ke zvýšení výparu z půdy i rostlin. Tento jev vede společně se stagnací srážek k úbytku vody v krajině a vzniku sucha. Situace vyžaduje začít podnikat kroky vedoucí k zadržení vody v krajině, které odtok z krajiny zpomalí.

Místo toho, abychom plýtvali pitnou vodu tam, kam není přivedena za účelem konzumace (50% denní spotřeby vody, kterou využije člověk, by šlo nahradit vodou užitkovou), lze využít i jiný zdroj vody. V dnešní době existují dostupné technologie pro zpětné využití dešťové vody a vody odpadní.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bude bližší seznámení s možnostmi hospodaření s dešťovou a vyčištěnou vodou z čističky odpadních vod v domácnostech. Rešerše bude zaměřena na hydrologické, technologické stavební a legislativní aspekty této problematiky. Součástí práce bude i zjednodušený návrh závlahového systému pro přírodní zahradu včetně výpočtu bilance závlahové vody a řešení přebytku/ nedostatku.

3 Literární rešerše

3.1 Význam vody pro společnost

Voda jako základní přírodní, nenahraditelný zdroj je předpokladem veškerého organického života na Zemi. Je nepostradatelná především po stránce mechanické a anorganické. Velký význam má její koloběh v přírodě. Ve vědomí našich předků představovala voda denní životní nutnost, ale zároveň byla i předmětem jejich úcty a zbožňování pro svou nezměrnou sílu, která člověku sloužila i škodila. (TLAPÁK a kol, 1992)

Potřeba vody zasahuje do všech oblastí našeho života. Podmínkou vyrovnaného stavu vody v přírodě je její oběh. Působením tepla se voda vypařuje a přechází do ovzduší jako vodní pára. Kondenzací vodních par v ovzduší vznikají srážky různých skupenství (déšť, rosa, kroupy, sníh), které spadnou zpátky na Zem. Z tohoto množství se část vypaří, část vsákne do půdy a část odteče po povrchu. Určitý podíl vody využije vegetace, část vytvoří podpovrchové vody a zbytek odtéká formou povrchové vody. (TLAPÁK a kol, 1992)

Hospodaření s vodou v ČR

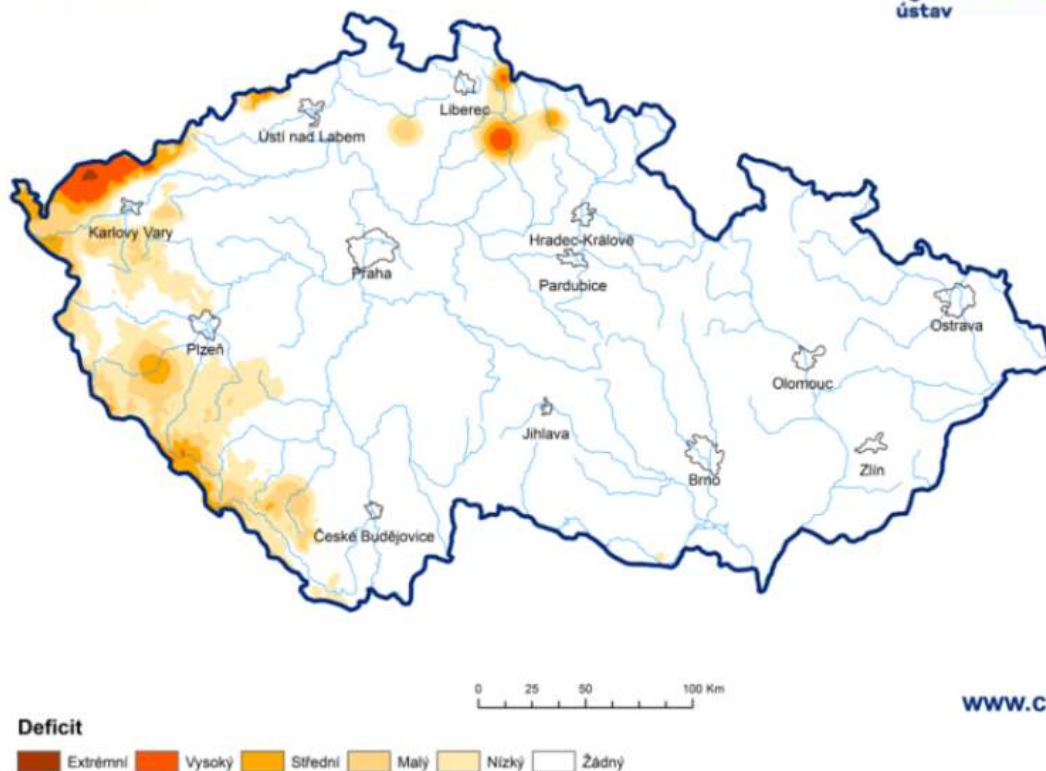
Česká republika má relativně malou zásobu vody, je to tím, že je na vrcholu zeměpisné výšky, tím pádem z našeho území vody pouze odtékají, téměř žádná k nám nepřitéká. Pokud se správně nehospodaří s vodou, vede to k tomu, že díky zhoršujícímu se klimatu vody stále ubývá.

Od roku 2015 je Česká republika zasažena periodou sucha. Významný deficit srážek, který vznikl v průběhu roku 2015, byl místy prohlubován i v roce 2016 a 2017. Dalším srážkově chudým obdobím byl rok 2018. Ačkoliv se v uvedeném období vyskytovaly i periody, kdy srážkové úhrny odpovídaly normálu, nedošlo k obnovení normálního stavu oběhu vody ve všech jeho částech. (CRHOVÁ, ŠOPKO a kol, 2020)

Zranitelnost území ČR deficitem srážek za 6 měsíců je znázorněna na mapě 1 pomocí rozdílu srážek a evapotranspirace vztaženého k normálu. Deficit za 6 měsíců dobře vypovídá o nedostatku srážek především pro volně rostoucí rostliny a zemědělské plodiny, za 24 měsíců pro stromy a lesní porosty. (CHMI.CZ, 2021)

Deficit srážek za 6 měsíců

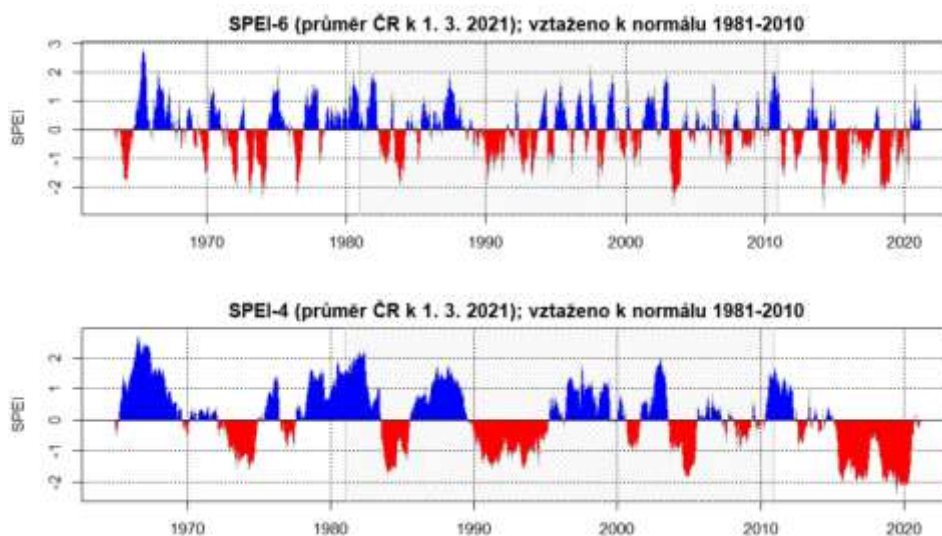
Stav k 1. 3. 2020



www.chmi.cz

Mapa 1: deficit srážek za 6 měsíců, zdroj: chmi.cz

V rámci EU se doporučuje pro posouzení závažnosti sucha (jak je sucho extrémní) využívat index SPEI, který se počítá jako rozdíl srážek a referenční evapotranspirace vztažený k normálu. Záporné hodnoty ukazují na nedostatek srážek, kladné na jejich nadbytek. Čím jsou hodnoty indexu nižší, tím je sucho větší. V grafu je zobrazen průběh SPEI indexu za 24 měsíců pro ČR za období od roku 1963 do současnosti, suchá období jsou vyznačena červeně. (CHMI.CZ, 2021)



Graf 1: Posouzení závažnosti sucha, zdroj: chmi.cz

V důsledku nepříznivého klimatu je téměř nemožné navrhnout zahradu tak, aby byla stoprocentně samostatná, a aby vyžila pouze ze srážek. Proto je vhodné rostlinám zajistit nějaký doplňkový zdroj vody v podobě závlahy.

Závlaha

Pod pojmem závlaha rozumíme meliorační opatření, kterým se uskutečňuje zavlažení půdy, porostu nebo přízemní vrstvy vzduchu, aby bylo možné dosáhnout optimálního výnosu v rostlinné výrobě. (VEVERKA, 2003)

Dostatek vody je pro rostliny významný faktor pro růst. Hlavním zdrojem půdní vláhly jsou srážky. Jak už bylo ale zmíněno, srážek je v našich podmínkách čím dál tím méně, je proto potřeba vodu doplnit umělou závlahou. (VEVERKA, 2003)

Druhy závlahy

Z účelového hlediska se rozlišuje závlaha: **Doplňková**, při které se doplňuje nedostatek vody v půdě podle vláhových potřeb pěstovaných plodin. **Hnojivá**, jež kromě vody dodává půdě také rostlinné živiny a **zvláštní**, při níž se sleduje kromě závlahy ještě jiný účel, a to klimatizační, protimrazový, očistný, ochranný aj. (JÚVA, 1981) Například **kapková závlaha**, kdy voda vytéká po malých dávkách přímo ke kořenům rostlin. Nedochází tak ke zbytečným ztrátám vody. (JÚVA, 1981)

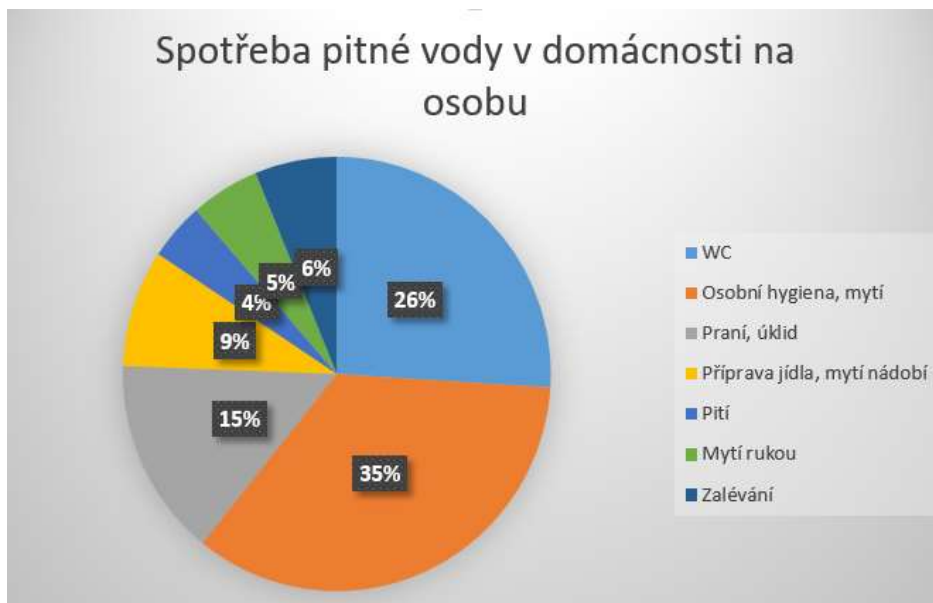
Závlahu je možno provozovat různými způsoby, které se liší v technickém a provozním uspořádání. Rozeznáváme **závlahu postřikem**. Jde o automatický rozstřikovač, který simuluje déšť a zavlažuje tak povrch. **Závlahu povrchovou**, při které se samospádem rozvádí voda a zavlažuje tak vegetační profil půdy podmokem, přeronom nebo výtopou a závlahu **podpovrchovou**, při níž se voda rozvádí v půdě krytým potrubím a dochází k zavlažování povrchu. (JÚVA, 1981)

3.2 Zdroj vody

Základním předpokladem pro vybudování jakéhokoliv funkčního závlahového systému je mít k dispozici nějaký zdroj vody. Dříve, když ještě nebyly vodovody, tak veškerým zdrojem pitné i užitkové vody byla studna. Dnes se dle statistických výpočtů spotřebuje nejvíce pitné vody při splachování toalet, koupáním ve vaně či sprchováním. Také více jak dvě třetiny zahrad jsou zavlažovány pitnou vodou z veřejné vodovodní sítě. (TŮMA, 2001) Spotřeba pitné vody v domácnosti viz graf 2.

Jsou tu ale i další možnosti, kde brát vodu. Například využívání vody dešťové, vody z potoka či zahradního jezírka. (TŮMA, 2001)

Dle dlouhodobého pokusu se zjistilo, že střecha rodinného domku s plochou 160 m² v místech s 800 mm srážek zachytí téměř 100 m³ vody. Statický výzkum čtyřlenné domácnosti v běžném rodinném domu ve střední Evropě ukázal, kolik ročně lze uspořit. Na osobu vychází denní spotřeba 150 litrů vody, což pro čtyři osoby ročně činí 220 m³. Z toho vyplývá, že tím, co naprší ročně na střechu uvedeného rodinného domku, by se při zachycení a správném využití dala pokrýt téměř polovina roční spotřeby užitkové vody, v deštivém roce i více. (TŮMA, 2001) Samozřejmě, že dešťová voda není vodou pitnou, ale pro rostliny je mnohem kvalitnější než voda z vodovodu.



Graf 2: Spotřeba vody v domácnosti na osobu, zdroj: asio.cz

3.2.1 Dešťová voda

Dešťovou vodou se rozumí výsledek kondenzace nebo desublimace vodní páry v ovzduší, na povrchu území, předmětu a rostlinného krytu. (TLAPÁK a kol, 1992)

Srážky se rozdělují na vertikální a horizontální:

- Vertikální srážky vznikají kondenzací ve volné atmosféře, ze které spadnou na zem v podobě deště, sněhu, krup nebo zmrzlého deště. (TLAPÁK a kol, 1992)
- Horizontální srážky vznikají kondenzací na zemském povrchu a náleží k nim rosa, jinovatka, námraza apod. (TLAPÁK a kol, 1992)

Povaha vertikálních srážek se posuzuje podle celkového úhrnu srážek, jejich intenzity a plochy, na kterou spadly. Abychom poznali příčiny a průběh odtoku, je zapotřebí znát charakter a průběh deště. (TLAPÁK a kol, 1992)

Podle původu rozeznáváme deště:

- Deště z tepla, které vznikají při výstupech vzdušných proudů a projevují se jako místní lijáky.
- Deště orografické, vyvolávané reliéfem terénu, zvláště horského, kde vystupují teplé vzduchové hmoty do vyšších poloh a tam se ochlazují až na kondenzační teplotu.
- Deště cyklonální, vznikající vlivem postupující tlakové deprese (cyklóny).

Dále, podle výšky spadlých srážek a doby jejich trvání, popřípadě intenzity, dělíme deště na normální a extrémní. (TLAPÁK a kol, 1992)

Pro výpočet odtokového množství jsou nejdůležitější dva typy dešťů, a to:

- Krátkodobé deště přívalové mají vysokou intenzitu, krátké trvání a omezený plošný rozsah.
- Dlouhodobé deště mají delší trvání, malou intenzitu, ale zasahují rozsáhlá území. (TLAPÁK a kol, 1992)

Kvalita dešťové vody

Při posuzování kvality atmosférických vod je nutné brát v úvahu, za jakých podmínek byly odebírány vzorky, zda jde o odběr celkové, mokré nebo suché deprese nebo o podkorunové srážky. (PITTER, 1999)

Základní chemické složení odpovídá z kvalitativního hlediska složení podzemních a povrchových vod, existují však rozdíly kvantitativní a rozdíly v poměrech jednotlivých složek. U srážek znečištěných lidskou činností se hodnota celkové mineralizace srážek může pohybovat až v několika desítkách mg l⁻¹. Z kationtů dominuje nejčastěji kation amonný, pořadí ostatních kationtů závisí na lokalitě a znečištění. (PITTER, 1999)

Čištění dešťové vody

Kvalita dešťové vody závisí na tom, kde se následně voda bude využívat. V případě, že půjde o činnosti jako zalévání či mytí automobilu, tak k procesu čištění postačí pouze síťový filtr, který se zbaví velkých částic jako například listů. Pro praní a splachování už je požadovaná vyšší kvalita vody, dešťová voda musí být pečlivěji filtrována.

Výpočet množství využitelné dešťové vody

Množství zachycené srážkové vody závisí především na celkovém ročním úhrnu srážek v dané oblasti. Dále závisí na ploše střechy či obecně ploše, ze které je voda zachytávána, na koeficientu odtoku a koeficientu účinnosti filtru mechanických nečistot. Na výpočet zachycené vody použijeme rovnici: (ASIO.CZ, 2018)

$$Q = j * P * f_s * f_f / 1000$$

J - množství srážek za rok [mm/rok]

P - využitelná plocha střechy [m²]

f_s - koeficient odtoku střechy dle Tab. 7 [-]

f_f - koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot [-]

Akumulace dešťové vody

Hrozící sucho vede k zamyšlení nad smysluplným hospodařením s dešťovou vodou. Je několik způsobů, jak můžeme vodu na zahradě zachytit.

Jednoduché zachycení do nádob

Dle Petra Pojara by se přinejmenším měla voda shromažďovat v sudech, barelech, nebo třeba v podzemní jímce. V jímce se navíc voda nekazí tak rychle.

Podzemní nádrž na dešťovou vodu

Použitím podzemní nádrže na dešťovou vodu se eliminuje mnoho rizik pro vodu, navýší se kapacita a ještě se ušetří místo na zahradě. Nádrž navíc umožňuje vodu využívat celoročně, protože se instaluje do nezámrazné hloubky. (DOSEDĚLOVÁ, 2016)

Dešťová zahrada

Dalším využitím dešťové vody je dešťová zahrada, která funguje na principu povrchového vsakování vody. (POJAR, 2019)

Jde o prohlubeň v zemi, kam stéká a je zadržována voda z okolí, například ze střech, trávníku, chodníků či jiných zpevněných ploch. Díky tomu se udržuje hladina podzemní vody, zároveň se zvyšuje vlhkost vzduchu na zahradě a v širším hledisku dochází i ke snížení povodňových rizik.

Rostliny, které se zde vysadí, musí být schopné snášet 2-4 denní zamokření. Volba závisí samozřejmě také na místních klimatických, půdních a geografických podmínkách. Je vhodné také doplnit zahradu o mulčovací kůru, která redukuje ztrátu vláhy z půdy a časem při svém rozkladu pomáhá obohacovat půdu o potřebné živiny. (SVOBODA, 2009)

Flexi tank

Vak z PE tkaniny, který slouží ke skladování dešťové vody. Přepadový ventil, který při naplnění vaku odvádí přebytečnou vodu ven.

Zachycením a využitím dešťové vody se nejenom šetří přírodní zdroje, ale také finance. Ročně může čtyřčlenná rodina ušetřit až 8 000 Kč. (GROWSHOP-VELKOVBCHOD.CZ, 2009)

Půda plná humusu

Dalším způsobem, jak účinně zadržet vodu v krajině, je kvalitní půda, která má sama o sobě schopnost zadržet velké množství vody. Dle Svobody tři litry kvalitní suché zeminy vsáknou jeden litr vody, což znamená, že 30 cm vysoká vrstva organicky bohaté půdy rozprostřená po zahradě v sobě například udrží tolik vody, jako má 7,5 cm hluboké jezero stejné rozlohy. (SVOBODA, 2009)

Zeleň

Čím více členitá zahrada, tím více vody. V prohlubních a členitém terénu najdeme mnohem více rosy. Rosa je pro rostliny v suchém období cenným zdrojem vláhy a umožňuje přežití rostlin bez naší dennodenní péče. (VLAŠÍNOVÁ A KOL, 2006) Rostlinami zastíněná půda je chladná a vypařování se sníží až o 60 %. Chladnější teplota u kořenů vede zároveň rostlinu k menšímu „pocení“, tedy transpiraci vlhkosti do ovzduší skrze listy. Cílem je kompletní pokrytí povrchu půdy rostlinami různých rostlinných pater. (SVOBODA, 2009)

Výpočet objemu akumulací nádrže

Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody

Objem nádrže V_P závisí na množství zachycené srážkové vody. Výpočet zohledňuje potřebnou zásobu vody na období přestávky mezi dešti, formou koeficientu a . (ASIO.CZ, 2018)

$$V_P = (V_{využ} / t) * a$$

$V_{využ}$ - množství odvedené srážkové vody [m^3/rok]

t – doba využívání vody

a - koeficient optimální velikosti (-), obvykle 20

Objem nádrže dle spotřeby

Objem vody na závlahu závisí především na velikosti zavlažované plochy a potřeby závlahové vody. (ASIO, 2018)

$$V_z = (A * q) / 1000$$

A – zavlažovaná plocha (m²)

q – specifická potřeba vody na závlahu (l/m²/rok)

Velikost nádrže V_v poté závisí na množství potřebné pro závlahu. Výpočet zohledňuje potřebnou zásobu vody na období přestávky mezi dešti, formou koeficientu a .

$$V_v = V_z / t * a$$

V_z - množství potřeby srážkové vody na závlahu za rok [m³ /rok]

a - koeficient optimální velikosti (obvykle 20) [-]

t – doba využívání vody

Potřebný objem nádrže

Pro návrh velikosti akumulární nádrže se vybere minimální objem V_N z vypočtených objemů V_v a V_p . (ASIO.CZ, 2018)

$$V_N = \min(V_v; V_p)$$

V_v - objem nádrže dle spotřeby [m³]

V_p - objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody [m³]

Technické zařízení na využití dešťových vod

Kompletní systém využití dešťových vod sestává z těchto zařízení: akumulární nádrže, čerpací zařízení, filtry, plovoucí soupravy, přepadové sifony, řídicí doplňovací jednotky, hladinové senzory, tvarovky na uklidnění přítoku a přívodní odběrné a odpadní potrubí. (Hlavínek, 2007)



1-zadržovací plochy, 2-zemní filtr, 3-uklidňovací přítok, 4-zásobní nádrž, 5-přepad s pachovou uzávěrkou, 6-sání, 7-hladinový senzor, 8-řídící jednotka, 9-odpadní trouba

Obrázek 1: Systém využití dešťových vod zdroj: Hlavínek (2007)

Čerpadla

Čerpadla dopravují kapalinu. Při práci se přeměňuje mechanická energie v energii kapalin potřebnou pro dopravu. Dle způsobu přeměny přiváděné mechanické energie se dělí na:

Hydrodynamické = kapalina získává energii v rotujícím oběžném kole.

Hydrostatické = kapalina získává energii přímo tlakem činné části. (VEVERKA, 2003) (HLAVÍNEK, 2007)

Filtrace

Chceme-li používat dešťovou vodu především na zahradě na zalévání nebo mytí automobilu, postačí systém nevyžadující žádnou zvláštní filtraci, je vhodné ale zabezpečit nádrž tak, aby do ní nebylo splavováno listí a další materiál.

V případě, že s vodou chceme následně například prát, bude potřeba, aby voda prošla filtrací. (HLAVÍNEK, 2007)

Při čišťení se uplatňují dva procesy, a to filtrace a sedimentace. Pro filtraci lze použít dva typy filtrů – interní nebo externí. Externí jsou samostatné filtrační šachty, které se napojují mezi okapový svod a jímku. Interní filtry jsou umístěny uvnitř nádrže. (HLAVÍNEK, 2007)

Akumulační nádrže

Zásobník může být buď nadzemní, nebo podzemní. Velikost nádrže se řídí velikostí střechy nebo předpokládanou spotřebou dešťových vod. (HLAVÍNEK, 2007)

Plovoucí sací soupravy

U klasické studny nebo klasické vodárny je voda čerpána sacím košem umístěným na dně studny nebo nádrže. Nevýhodou tohoto systému je, že společně s vodou jsou nasávány drobné nečistoty. Tato technologie zaručuje nasávání vody v hloubce cca 15 cm pod hladinou, kde žádné nečistoty nejsou. (HLAVÍNEK, 2007)

Přepadové sifony

Když dojde k přeplnění zásobníku, plovoucí vrstva nečistot odtéká přepadovým zápachovým uzávěrem. (HLAVÍNEK, 2007)

Řídící doplňovací jednotky

V případě nedostatku vody, řídicí jednotky doplňují zásobu pitné vody do nádrže. (HLAVÍNEK, 2007)

3.2.2 Odpadní voda

Odpadní, též splaškové vody, jsou znečištěny organickými i anorganickými látkami. Obsahují také značné množství mikroorganismů, které se společně s fekáliemi, popř. i jinou cestou, dostávají do odpadních vod.

Z hlediska domácností lze odpadní vodu rozdělit na šedou, hnědou a žlutou.

Šedá voda

Šedá voda je označení pro splaškovou odpadní vodu, neobsahující fekálie a moč. Vzniká tedy především používáním koupelen, umyvadel a praček. Čištěním vzniká voda bílá, kterou pak lze použít pro splachování toalety, závlahu zahrad, úklidu, či k dalším potřebám. (ASIO.CZ, 2013)

První pokusy o úpravu šedé vody byly zaznamenány už v 70. letech minulého století. Spočívaly převážně na principu hrubé filtrace nebo membránové filtrace, často byly doplněné desinfekcí. (PIDOU, 2006)

Čištění musí být přizpůsobené vlastnostem šedé vody. Díky specifickým vlastnostem, jako například proměnlivá teplota odtékající vody, jsou náročné na zpracování. Každá teplota totiž přináší jiná rizika znečištění. Poté je teprve možné použít určitý typ technologického zpracování. (ZELINKA & FORMÁNEK, 2005)

Hnědá voda

Hnědá voda je voda obsahující fekálie. Obsahuje především prvky jako uhlík, dusík, fosfor a draslík, ale také množství vápníku, hořčíku a železa. (VTEI.CZ, 2021)

Žlutá voda

Žlutá voda je voda obsahující moč. Skládá se z metabolického odpadu, rozpuštěných solí a dalších látek. Obsahuje prvky jako například dusík, fosfor a draslík. (VTEI.CZ, 2021)

Domácí čistírna odpadních vod

Čistírna pracuje na biologickém principu úpravy odpadních vod. Celý proces čištění probíhá v jedné nádrži, která je rozdělená na několik zón s odlišnými

technologickými provozy. Celý systém je založený na čištění biologickým kalem, kde zdrojem uhlíku pro procesy denitrifikace je samotné organické znečištění odpadní vody.

3.2.3 Podzemní voda

Podle zákona č. 320/2002 Sb., zákona o vodách: „... podzemními (podpovrchovými) vodami se rozumějí vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem, v pásmu nasycení v přímém styku s horninami: za podzemní vody se považují též vody protékající drenážními systémy a vody ve studnách.“

Velmi důležitou vlastností podpovrchových vod je jejich tvrdost, a to uhličitánová, která je způsobena bikarbonáty vápníku a hořčíku. Teplota podpovrchových vod je obvykle nižší než povrchová a u půdních vod v průběhu dne kolísá, zatímco u hlubších vod je stálá a odpovídá průměrné roční teplotě na povrchu. (KULHAVÝ, 2008)

3.2.4 Povrchová voda

Povrchová voda odtékající z povodí hydrografickou sítí pochází z deště, ze sněhu, z výtoků podzemních vod nebo z ledovců. (TLAPÁK a kol, 1992)

3.2.5 Vodovodní řád

Voda z vodovodního řádu je voda pitná, která je určena k pití, vaření, atd. Hygienické požadavky na kvalitu pitné vody se stanovují na základě hygienických limitů mikrobiologických, fyzikálních, biologických, chemických a organoleptických ukazatelů.

3.3 Závlaha přírodní zahrady

Přírodní zahrada je stavěna na přirozených přírodních podmínkách. Zahrady se navrhují tak, aby byly ve všech ohledech co nejvíce soběstačné a pomoc od člověka téměř nepotřebovaly. Přítomnost vody je ale nevyzpytatelná. I přes snahu vybavit zahradu na nepříznivé podmínky sucha (tvorbou kvalitní půdy, členitostí zeleně nebo třeba výběrem vhodné vegetace), je téměř vždy nutno alespoň některé části zavlažovat doplňkovou vodou.

Přírodní zahrada

Základním principem přírodní zahrady je zkoumání, poznávání, pozorování a vědění. Proto by se ekologicky smýšlející zahradník měl snažit o pochopení základních přírodních procesů a jevů. Důvodů, proč bychom se všichni měli zajímat a snažit o vytvoření přírodní zahrady, je mnoho. Využíváním přirozených přírodních principů se dopracujeme ke zdravé, krásné a pro životní prostředí užitečné zahradě. Z pohledu pěstitele má tento způsob zahradničení výhodu v mnohem menší pracnosti, časové a finanční náročnosti. (BRUCHTER, 2012)

Přírodní zahrada je plná života ve všech formách a druzích biotopů, je to zdroj všeho potřebného pro rozmanité kultury živočichů a rostlin, nic není přebytečné, každý uschlý lístek se znovu zužitkuje. (SVOBODA, 2004) Příroda je matka živitelka, nejenom že svými plody naplní potřeby člověka, ale i s naprostou lehkostí živí hmyz,

ptáky, plazy a zvěř, sklízí, zásobuje, recykluje, zavlažuje, čistí vzduch, obohacuje půdu, poskytuje obydlí, je krásná a voní. Všechno dělá automaticky, lidskou úlohou je pouze přírodu pochopit a podpořit tok její energie svou fantazií a vhodnými metodami na zahrádce. Klíčem k úspěchu je vytvořit design, který respektuje přírodní zákony, a přitom i nás lidi svou hojností snadno uživí. Při tvorbě přírodní zahrady se využívají především obnovitelné zdroje. Je vhodné používat pórovité propustné materiály, jimiž voda může vsakovat do půdy, zatímco pevné plochy by ji zbytečně odváděly pryč. (PTÁČKOVÁ, 2005)

3.4 Dotace

O dotaci na dešťovou vodu může požádat každý majitel domu, podmínkou je, že sám zaplatí minimálně polovinu nákladů. S padesátiprocentní dotací se mu podle odhadů ministerstva životního prostředí vynaložené peníze vrátí nejpozději za deset let.

PROGRAM: Dešťovka

Dešťovka je dotační program Ministerstva životního prostředí a Státního fondu životního prostředí ČR na podporu udržitelného hospodaření s vodou v domácnostech, vyhlášený v rámci Národního programu Životní prostředí.

Cílem programu je motivovat vlastníky a stavebníky rodinných a bytových domů v celé ČR k udržitelnému a efektivnímu hospodaření s vodou a snížit tak množství odebírané pitné vody z povrchových a podzemních zdrojů.

Z dotace lze pokrýt až 50 procent výdajů na pořízení některého ze tří typů systémů:

- zachytávání srážkové vody na zalévání zahrady
 - akumulaci srážkové vody pro splachování WC a zálivku
 - využívání vyčištěné odpadní vody jako vody užitkové.
- (SFZP.CZ, 2019)

PROGRAM: Podpora využití srážkových vod

Základním účelem vyhlášeného programu je motivovat vlastníky a stavebníky obytných domů, nacházejících se na území města Brna, k udržitelnému a efektivnímu hospodaření s vodou a snížit tak množství odebírané pitné vody z povrchových a podzemních zdrojů. (BRNO.CZ, 2019)

Dotace jsou poskytovány na jednotlivé již realizované projekty týkající se hospodaření se srážkovou vodou ve variantách podporovaných MŽP, respektive Fondem. Jde o varianty:

- akumulace srážkové vody pro splachování WC a zálivku zahrady
 - využití přečištěné odpadní vody s možným využitím srážkové vody
- (BRNO.CZ, 2019)

PROGRAM: Dotace na čističku odpadních vod

Výzva je zaměřena na podporu realizace soustav individuálních čistíren odpadních vod v podobě DČOV do kapacity 50 EO, pro budovy využívané k trvalému rodinnému bydlení (zejména rodinné a bytové domy) a budovy ve vlastnictví dané obce, které nejsou užívány za účelem dosahování zisku, v oblastech, kde není z technického či

ekonomického hlediska možné připojit nemovitosti ke stokové síti zakončené ČOV. (DOTACNI.INFO, 2019)

V rámci této Výzvy jsou podporována opatření zaměřená na pořízení soustavy DČOV, které odpovídají požadavkům dle Přílohy č. 1 tab. 1c nařízení vlády č. 401/2015 Sb. (kategorie III výrobku označovaného CE) v případě vypouštění odpadních vod do vod povrchových, případně požadavkům dle nařízení vlády č. 57/2016 Sb. v případě vypouštění odpadních vod do vod podzemních. (DOTACNI.INFO, 2019)

PROGRAM: Poskytování dotací z rozpočtu obce Nedrahovice na výstavby domovních čistíren odpadních vod

Program umožňuje zřízení domovní čističky odpadních vod tam, kde nelze vybudovat centrální splaškovou kanalizaci. Program podporuje řádné nakládání s odpadními vodami ve jmenovaných místních částech obce Nedrahovice - Nedrahovice, Radeč, Bor, Kamenice, Trkov, Nedrahovické Podhájí, Rudolec, Úklid.

Výše dotace se pohybuje kolem 40 000 Kč. (NEDRAHOVICE.CZ, 2020)

4 Metodika

4.1 Zájmové území

4.1.1 Širší územní vztahy

Zvolená zahrada pro rekultivaci se nachází na jihu Středočeského kraje ve vesnici Nedrahovické Podhájí, která je částí obce Nedrahovice v okrese Příbram. Správní území obce je rozděleno do osmi místních částí - Bor, Kamenice, Nedrahovice, Rudolec, Trkov a Úklid. Nedrahovice se skládají z pěti katastrálních částí: Bor u Sedlčan, Kamenice u Nedrahovic, Nedrahovice, Nedrahovické Podhájí a Radeč u Nedrahovic. V roce 2014 zde žilo 451 obyvatel, v následujících letech číslo stále klesá. Tato postupující tendence ubývání obyvatel ohrožuje rozvoj území. Obec se proto snaží o zastavení této tendence například tím, že vytváří adekvátní nabídky pracovních příležitostí, snaží se o zkvalitnění technické infrastruktury a služeb občanské vybavenosti.

Velké množství půdy je využito k zemědělské produkci. Zemědělství je hlavní dominantou této oblasti. Zemědělské subjekty se zaměřují převážně na rostlinnou výrobu, jako například na řepku, pšenici, kukuřici, žito, ječmen a brambory. Je zde také hodně chovatelů dobytka, kteří produkují seno a senáž na zatravněných plochách. Někteří chovatelé se také zabývají produkcí mléka.

Celkem se na území Nedrahovického Podhájí vyskytuje 19 domů, mimo pár celoročně obydlených staveb je zde hodně chalup a hospodářských budov. Většina z nich je spíše staršího charakteru. Centrem vesnice je malá náves, na které je zvonička. Není zde žádný obchod, či jiné služby. Přirozeným centrem pro obyvatele jsou sedm kilometrů vzdálené Sedlčany. Do vesnice vede pouze jedna slepá silnice III. třídy. Z tohoto důvodu zde není zátěž provozem. Nejbližší autobusová zastávka je v přilehlé vesnici Kamenice.

V okolí je velké množství zelených ploch. Je zde hodně luk, zemědělských oblastí s přirozenou vegetací, jehličnaté i listnaté lesy. Konkrétně se v okolí vyskytují dřeviny jako: *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Larix decidua*, *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Betula pendula*, *Acer pseudoplatanus*, *Alnus glutinosa*, *Salix caprea*, *Tilia cordata*, *Malus baccata*, *Prunus cerasus*.

4.1.2 Environmentální faktory

Hydrologie

Nejbližší vodní tok se nachází půl kilometru od zájmového území a nazývá se potok Slabá. Tento potůček je pravým odtokem většího potoku, který se nazývá Sedlecký a patří do povodí řeky Vltavy.

Blízko Nedrahovického Podhájí se nachází několik vodních ploch, a to Velký Rovinský rybník, Nový rybník, Zámecký rybník, Plužinec a Trkovské jezero. (NEDRAHOVICE.CZ, 2015)

Řešení pitné vody

V obci Nedrahovice jsou dvě možnosti řešení pitné vody v domácnostech. První z nich jsou domácí studny, které však nemusí splňovat hygienické podmínky, mohou totiž obsahovat dusičnany, či mikrobiologický obsah. Druhá varianta je napojení na vodovod, který vede z blízké obce Jesenice. (NEDRAHOVICE.CZ, 2015)

Kanalizace

Na území obce Nedrahovice není zatím vybudována žádná splašková kanalizace, ale je zahájeno řešení této otázky. Nyní zde funguje systém gravitační kanalizace. V okolních obcích se tento problém řeší formou pevných jímek, nebo domovních čistíren odpadních vod. Obec zatím bohužel neposkytuje na ČOV žádné příspěvky. (NEDRAHOVICE.CZ, 2015)

Životní prostředí

Co se týče ovzduší, tak to je díky velkému množství zeleně a minimálnímu průmyslu téměř panenské. Avšak složení vody zde představuje problém, vyskytuje se v ní mnoho dusičnanů, občas i mikrobiologický materiál. Kvalita půdy také není vysoká, na území se převážně vyskytuje nekvalitní písčité půda s nízkou bonitou. Je zde vysoká erozní činnost, problém pak představují pravidelné přívalové srážky, které odplavují nejúrodnější půdy z povrchů polí. Přívalové srážky nejvíce sužují území Trkova a Kamenice, kde teče řeka Slabá. Jsou zde tedy časté povodně, na které se obyvatelé Nedrahovic připravují tím, že vyklízejí škarpy a krajnice silnic, aby co nejvíce vody steklo do škarp a následně do dešťové kanalizace a nezůstávalo na cestě. Dále vysazují různé plodiny, které vsáknou co nejvíce vody. (NEDRAHOVICE.CZ, 2015)

Vegetační stupeň

Vegetační stupně vyjadřují souvislost sledu rozdílů vegetace se sledem rozdílů výškového a expozičního klimatu. Území České republiky je členěno do 8 vegetačních stupňů, nazvaných podle hlavních dřevin přírodních lesních geobiocenóz: dubový vegetační stupeň, bukodubový vegetační stupeň (s kontinentální variantou), dubobukový vegetační stupeň (s kontinentální variantou), bukový vegetační stupeň (s kontinentální variantou), jedlobukový vegetační stupeň, smrkojedlobukový vegetační stupeň, smrkový vegetační stupeň a klečový vegetační stupeň. (CULEK, 2013).

Oblast Nedrahovicko patří do bukového vegetačního stupně. Ten je charakteristický druhy středoevropského listnatého lesa. Převládá zde zemědělsko-lesní krajina s charakteristickým střídáním převážně jehličnatých lesů, polí, luk a pastvin, často se zachovanou soustavou liniových společenstev. Právě v tomto stupni jsou nejčastější oblasti harmonické kulturní krajiny. Místa jsou zachována i souvislé lesní komplexy. Souvislá plocha polních pozemků je obvykle menší než v nižších vegetačních stupních; jedná se o bramborářský výrobní typ. Z obilnin kromě pšenice je zde častěji pěstováno žito a oves; začíná zde pěstování lnu. V sadech převažují třešně, švestky a jabloně, končí zde pěstování hrušní. (MUNI.CZ, 2010)

Orná půda zaujímá pouze 25,8%, nadprůměrný je naopak podíl luk a pastvin (16,9 %). Zahrady a sady zaujímají 2,7 %, podíl lesů je již mírně nad celostátním průměrem (37,0 %). Zastoupení trvalých vegetačních formací je tedy podstatně vyšší než v nižších vegetačních stupních; přesahuje 55 %. Vodní plochy zabírají asi 2,2 % a sídel je již proti nižším vegetačním stupňům výrazně méně - 2,7 %. Současná hustota obyvatel je v oblasti 4. vegetačního stupně už podprůměrná (70 obyvatel na km²). (MUNI.CZ, 2010)

Živočišná složka přírodních lesních společenstev:

Typicky se vyskytují druhy vázané na buk - tesařík bukový (*Cerambyxscopoli*), červec bukový (*Cryptococcusfagisuga*), skákač bukový (*Rhynchaenusfagi*) štětkonoš ořechový (*Dasychirapudibunda*) plodomorka buková (*Contariniafagi*) a píďalka buková (*Mikiolafagi*). (MUNI.CZ, 2010)

Přírodní stav biocenóz:

V původní skladbě převládá buk, méně dub, dále jedle, habr, lípa, javor a další dřeviny. Převážná většina území z původní přirozené skladby buku (45 %) a dubu (38 %) byla přeměněna na monokultury smrku a borovice. (MUNI.CZ, 2010)

Přírodě blízká nelesní vegetace:

V břehových porostech převládají dřeviny přirozené dřevinné skladby. Vyskytují se liniová dřevinná společenstva a skupiny dřevin s převahou olše lepkavé, střemchy (*Prunus padus*) a keřových vrb (*Salixaurita*, *Salixcinerea*, *Salixpurpurea*). Na rašelinných půdách i vrby pětimužné (*Salixpentandra*). Hráze rybníků jsou zpevněny alejemi mohutných starých dubů letních.

Na suchých oligotrofních půdách (písky) se vyvinula vegetace svazu *Violioncaninae*, která na nejsušších (resp. nejkyselejších) stanovištích přechází až do vegetace podhorských vřesovišť svazu *Genistion*. Vzácně sem ještě vystupuje zapojená vegetace písčín (*Plantagini-Festucionovinae*) a její výskyt v tomto stupni končí. Narušované písky hostí vegetaci *Thero-Airion* a *Corynephorioncanescentis*, jejichž výskyt v tomto stupni taktéž končí.

Na loukách jsou v mezofilních a mezotrofních podmínkách porosty svazu *Arrhenatherion*. Na pastvinách se v podmínkách mezotrofních vyvíjí vegetace svazu *Cynosurion*, v podmínkách oligotrofních opět *Violioncaninae*. (CULEK, 2013).

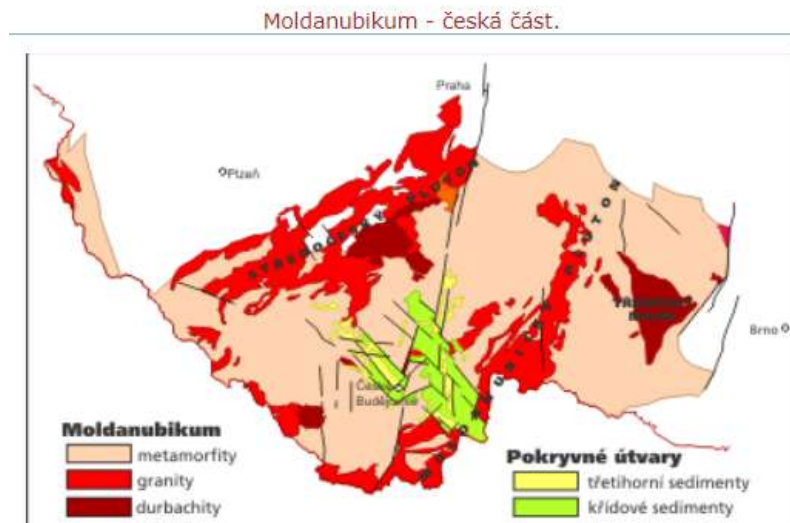
Geomorfologické členění

Zájmové území spadá pod provincii Česká vysočina, subprovincii Českomoravská soustava, oblasti Středočeská pahorkatina, celku Benešovská pahorkatina a podcelku Březinská pahorkatina. Konkrétněji pak samotné Nedrahovické Podhájí leží na okrsku Sedlčanská pahorkatina a podokrsku Vysokochlumecká pahorkatina. (GEOMORFOLOGICKA-CESKOSLOVENSKA.BLUEFILE.CZ, 2018)

Geologická stavba

Z hlediska geologické stavby leží zájmové území na regionální jednotce, tvořící jižní část Českého masívu, oblasti moldanubika. V rámci moldanubika lze zájmové území zařadit do dílčí jednotky Středočeského plutonu.

Středočeský pluton se rozkládá mezi Říčany u Prahy, Klatovy a Táborem. Je zhruba trojúhelníkového tvaru a leží mezi moldanubikem na JV a Barrandienem na SZ. Zahrnuje kyselé až ultrabazické plutonity; převládající horninou je granodiorit. V nadloží plutonu jsou místy zachovány zbytky jeho pláště. S intruzí plutonu je úzce spjat vznik četných žil magmatitů velmi pestrého složení i vznik rudních ložisek. Středočeský pluton je v podstatě variského stáří (svrchní devon - spodní karbon). (PETRÁNEK, 2007)



Mapa 2: Moldanubikum, zdroj: geology.cz

Půdní podmínky

Dle půdní mapy je na celém území Nedrahovického Podhájí dominantní jeden typ půdy, a to kambizemě kyselé. Kambizemě jsou převážně písčitohlinité až hlinité.

Půda je vzdušná, záhřevná, velmi čistá, snadno a kdykoliv zpracovatelná. Umožňuje brzy z jara sázet a sít. Špatně však poutá vláhu. Obsah humusu a živin snadno uniká do spodiny, neboť je velké půdní částice nemohou poutat.

Těmto půdám je nutné stále dodávat humus. Hnojit častěji a v malých dávkách, v době sucha intenzivně zavlažovat a zhutňovat zavážkou těžké jílovité zeminy.

Lehké půdy jsou vhodné na pěstování zeleniny. Z ovocných stromů se v lehkých půdách daří broskvoni, třešni a višni. (KELIWOOD, 2010)



Mapa 3: Půdní mapa, zdroj: geology.cz

Biogeografický region

Bioregion vymezuje identickou vegetační stupňovitost. Na území se vyskytují charakteristické rysy, dané zvláštnostmi postglaciální geneze flóry a fauny. (MUNI.CZ, 2010)

Nedrahovické Podhájí leží ve Slapském bioregionu, který se rozkládá na ploše o velikosti 1716 km².

Klimatické charakteristiky

Dle nejčastěji používané klasifikace podnebí v České republice, Quittovy klimatické klasifikace, spadá zájmového území obce do klimatické oblasti MT₁₀. Tato mírně teplá klimatická oblast se vyznačuje dlouhým létem, které je teplé a mírně suché, přechodné období je krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky. (MORAVSKE-KARPATY.CZ)

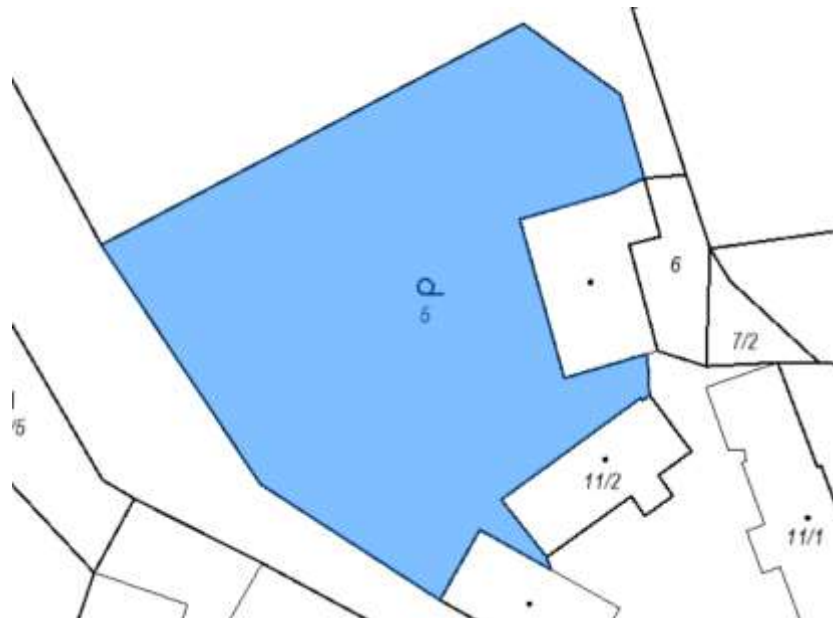
Charakteristika klimatické oblasti MT10

Charakteristika	MT10
Počet letních dnů	40 - 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	140 - 160
Počet mrazových dnů	110 - 130
Počet ledových dnů	30 - 40
Průměrná teplota v lednu [°C]	-2 - (-3)
Průměrná teplota v červenci [°C]	17 - 18
Průměrná teplota v dubnu [°C]	7 - 8
Průměrná teplota v říjnu [°C]	7 - 8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	100 - 120
Srážkový úhm ve vegetačním období [mm]	400 - 450
Srážkový úhm v zimním období [mm]	200 - 250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50 - 60
Počet zamračených dnů	120 - 150
Počet jasných dnů	40 - 50

Tabulka 1: Charakteristika klimatické oblasti MT10, zdroj: moravske-karpaty.cz

4.2 Vybraná zahrada k návrhu revitalizace

Zahrada s parcelním číslem 5 leží na začátku obce Nedrahovické Podhájí. Sousedí s parcelou 271/4, která je vedena jako trvalý travní porost a s parcelou s číslem 6, která patří do ostatní plochy.



Obrázek 2: Vybraná parcela, zdroj: cuzk.cz

5 Výpočty a výsledky

5.1 Návrh opatření

Zahrada s rodinným domem, ve kterém bydlí čtyřčlenná rodina, leží v klidné vesnici uprostřed luk a lesů. Výměra zahrady je 1674 m² a je ve svažitém terénu. Ze severu s ní sousedí rozlehlá louka a výhled do přírody. Zbylé tři strany jsou situované do obydlené části vesnice. Ze zahrady je z levé strany vidět jednoduchý, nijak výrazný, šedivý domek s otevřenou zahradou, na které rostou dva velké javory mléč (*Acer platanoides*).

Na první pohled si lze na zahradě všimnout velké staré stodoly, která leží naproti hlavní bráně. V horní polovině zahrady je malý ovocný sad. Na pravé straně od sadu, vedle dřevníku je menší výběh pro ovce. Jelikož ovce měly doteď volný přístup na celou zahradu a konzumovaly vše od kůry stromů k trávniku i ovocným keřům, zahrada nyní působí holým, neudržovaným dojmem. Aktuální stav pozemku viz příloha 1.

Rodina má v plánu přeměnit zahradu na přírodní typ zahrady viz příloha 2 a chce navrhnout závlahový systém na některé části zahrady, které se bez závlahy neobejdou.

Na závlahu bude navržen takový systém, který bude využívat zachycenou dešťovou vodu, a v případě nedostatku i vodu z ČOV.

5.1.1 Využití dešťové vody na závlahu

Zahrada bude z velké části stavěna tak, aby byla zcela nezávislá na doplňkové vodě, a to například zadržováním vody v kvalitní půdě, členitostí zeleně nebo třeba výběrem vhodné vegetace. V některých částech ale bude závlaha nutná, a to v zeleninovo-ovocných záhonech a v části s ovocnými keři. V zahradě bude navržen závlahový systém.

Voda bude sváděna ze dvou střech s celkovou plochou 320 m² do podzemní dešťové nádrže.

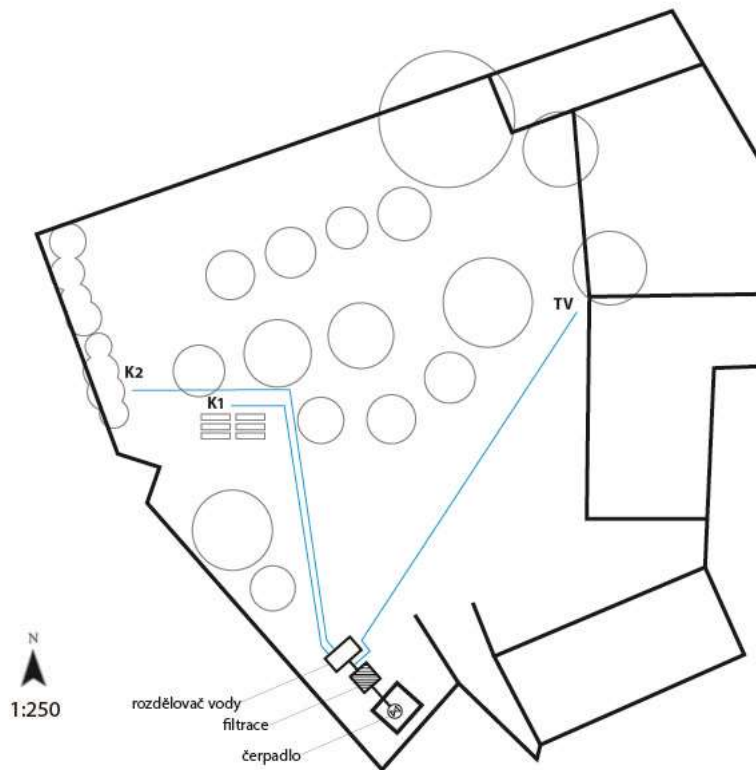
Výpočet vláhové potřeby

Při navrhování závlahy se nejdříve provede vyšetření potřeby závlahové vody. Závlahový systém bude rozdělen do třech větví, viz obrázek 3. První (K1) bude svedena k šesti zeleninovo-ovocným záhonům, kde bude pomocí kapek zavlažovat rostliny. Ve třech záhonech, kde budou takové plodiny, které potřebují vodu méně, jako třeba jahodník či mrkev, poteče voda z kapkovače (obrázek 4). Zbylé záhony, kde bude vysázena například cibule, salát nebo hrách budou zavlažovány pomocí kapkovacích bodců (obrázek 5), které dodají přesné množství vody přímo do kořenové zóny rostlin. Druhá větev (K2) povede k ovocným keřům a bude zavlažovat opět pomocí kapkovače. Poslední větev bude sloužit jako trvalá voda (TV), se kterou se budou napájet domácí zvířata.

Spotřeba vody je také ovlivněna rovnoměrností dodávky vody na zavlažované plochy. Při návrhu závlahových systémů je nutno dodržet daná pravidla rozmístování jednotlivých závlahových prvků (postřikovačů, kapkovacích hadic, mikropostřikovačů

apod.) tak, aby rovnoměrnost byla co nejvyšší. (ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, 2016)

Je nutné mít na paměti, že množství přiváděné vody nikdy nebude stoprocentní. Vždy dojde k nějakým vodním ztrátám v podobě výparu, průsaku či neužitečnému odtoku. (HRŮŽA, 1956) Tyto ztráty je potřeba minimalizovat, aby vodou nebylo plýtváno.



Obrázek 3: Návrh závlahového systému, zdroj: vlastní

Závlaha jednotlivých zón

Záhony (K1)

Na obrázku 4 je CCS-B model kapkovače s průtokem 0 - 2,1 l/hod. Délka hadice dohromady na všechny tři záhony bude 21 m. Na jeden metr jsou 3 závlahové otvory.

Množství vody: $2,1 \times 21 \times 3 = 132 \text{ l/h}$

Množství vody bude možno regulovat v závislosti na druhu rostlin.



Obrázek 4: Kapkovač, zdroj: irimon.cz

Mini bubbler s průtokem 0 – 130 l/hod. Bodce je doporučeno dávat 0,5 m od sebe. Záhony jsou tři, s délkou 3 m a šířkou 1 m. Závlaha bude navržena ve dvou řadách. Na každý záhon bude tedy použito 12 mini bubblerů, dohromady na všechny tři záhony bude poté použito 36 kusů.

Výpočet množství vody: $36 \times 130 = 4680 \text{ l/h}$

Opět lze množství vody regulovat v závislosti na rostlinách.



Obrázek 5: Mini bubbler, zdroj: závlahy-eshop.cz

Celková spotřeba závlahové vody na záhony (K1):

$$K1 = 130 + 4680 = 4810 \text{ l/h}$$

Dohromady se v sekci K1 spotřebuje **4810 l/h** vody.

Ovocné stromy (K2)

Na závlahu ovocných stromů použijeme opět kapkovače s průtokem 0 - 2,1 l/hod. Délka hadice bude 30 m. Na jeden metr budou 3 závlahové otvory.

Výpočet množství vody: $30 \times 3 \times 2,1 = 190 \text{ l/hod}$

V sekci K2 se spotřebuje **190 l/hod** vody.

Denní spotřeba vody

Při výpočtu denní spotřeby vody musíme vzít v potaz, jak často bude závlaha spínat. Záhony budou zavlažovány jedenkrát denně na pět minut a ovocné stromy jedenkrát denně na třicet minut.

Výpočet:

$$K1 / 60 \times 5 = 400 \text{ l/den}$$

$$K2 / 2 = 95 \text{ l/den}$$

$$\text{Denní spotřeba: } 400 + 95 = 495 \text{ l/den}$$

Odhadovaná maximální denní spotřeba vody je **495 l/den**.

Výpočet množství využitelné dešťové vody

Objem množství využitelných srážek za rok pro dané území je závislé na srážkových datech Českého hydrometeorologického ústavu. Hodnota dlouhodobého srážkového normálu (*j*) během vegetačního období (tzn. duben-říjen) pro rok 2020 byla

spočtena na 475 mm. Střecha s velikostí (P) 320 m² s koeficientem odtoku (f_s) zvoleným na základě tabulky 3. Koeficient účinnosti filtru (f_f) mechanických nečistot udává výrobce filtru. Zvolený filtr AS-PURAIN od firmy ASIO má koeficient roven hodnotě 0,98. (ASIO.CZ, 2018)

$$Q = j * P * f_s * f_f / 1000$$

$$Q = 475 * 320 * 0,75 * 0,98 / 1000$$

$$V_{využ.} = 114 \text{ m}^3$$

Množství celkové využitelné srážkové vody je **114 m³** za vegetačního období.

$$Q = j * P * f_s * f_f / 1000$$

$$Q = 154 * 320 * 0,75 * 0,98 / 1000$$

$$V_{využ.} = 36 \text{ m}^3$$

Množství celkové srážkové vody je **36 m³** za zimní období.

Množství celkové využitelné srážkové vody za rok je 150 m³.

dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm]													
Kraj	Měsíc												ROK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Praha a Středočeský kraj	12	64	45	21	64	120	40	99	64	67	16	17	629

Tabulka 2: Dlouhodobý srážkový normál 1961-1990, zdroj: chmi.cz

Tvar střechy	Střešní krytina	Koeficient odtoku střechy (f_s)	Vlastnosti z hlediska znečištění
plochá	asfalt s násypem křemíku	0,6	velmi vhodná
	plast	0,7	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,7	vhodná
	ozelenění	0,2	méně vhodná
šikmá	pálené tašky	0,75	velmi vhodná
	betonové tašky	0,75	velmi vhodná
	břidlice	0,75	velmi vhodná
	šindel	0,6	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,8	vhodná
	plast	0,8	velmi vhodná
	ozelenění	0,25	méně vhodná
	osinkocement	-	nevhodná

Tabulka 3: Koeficient odtoku střechy, zdroj: asio.cz

Akumulační nádrž

Objem nádrže dle množství spotřebované vody:

Bere se v úvahu, že závlaha bude probíhat pouze ve vegetačním období. (ASIO.CZ, 2018)

$$V_P = (V_{využ.} / t) * a$$

$$V_P = (114 / 214) * 20$$

$$V_P = 10,65 \text{ m}^3$$

Objem nádrže dne množství spotřebované vody je **10,6 m³**.

Objem nádrže dle spotřeby:

Bere se v úvahu, že denní závlaha na 1 m vyjde maximálně na 2 l, roční spotřeba vody na jeden metr přijde tedy na 730 l. Plocha pro závlahu je 130 m². (ASIO.CZ, 2018)

$$V_z = (A * q) / 1000$$
$$V_z = 130 * 730 / 1000$$
$$V_z = 94,9 \text{ m}^3.$$

Objem nádrže dle spotřeby je **94,9 m³**.

Bere se v úvahu, že závlaha bude probíhat pouze ve vegetačním období (t=214).

$$V_v = V_z / t * a$$
$$V_v = 94,9 / 214 * 20$$
$$V_v = 8,9 \text{ m}^3$$

Výsledný návrh

Pro návrh velikosti akumulární nádrže se vybere minimální objem VN z vypočtených objemů VV a VP. (ASIO.CZ, 2018)

$$V_N = \text{MIN}(V_v; V_p)$$
$$V_N = \text{MIN}(8,9; 10,65)$$
$$V_N = 8,9 \text{ m}^3$$

Vhodná objem nádrže **8,9 m³**

Je nutné posoudit, zda je v souladu plánovaná spotřeba a množství využitelné srážkové vody. Je tomu tak v případě, že se hodnoty Vv a Vp neliší o více než 20 %. (ASIO.CZ, 2018)

$$\text{ABS}(V_v - V_p) / V_N \leq 0,2$$
$$(8,9 - 10,65) / 8,9 \leq 0,2$$
$$0,19 \leq 0,2$$

Dle výpočtu je množství zachycené dešťové vody a množství vody na závlahu v souladu.

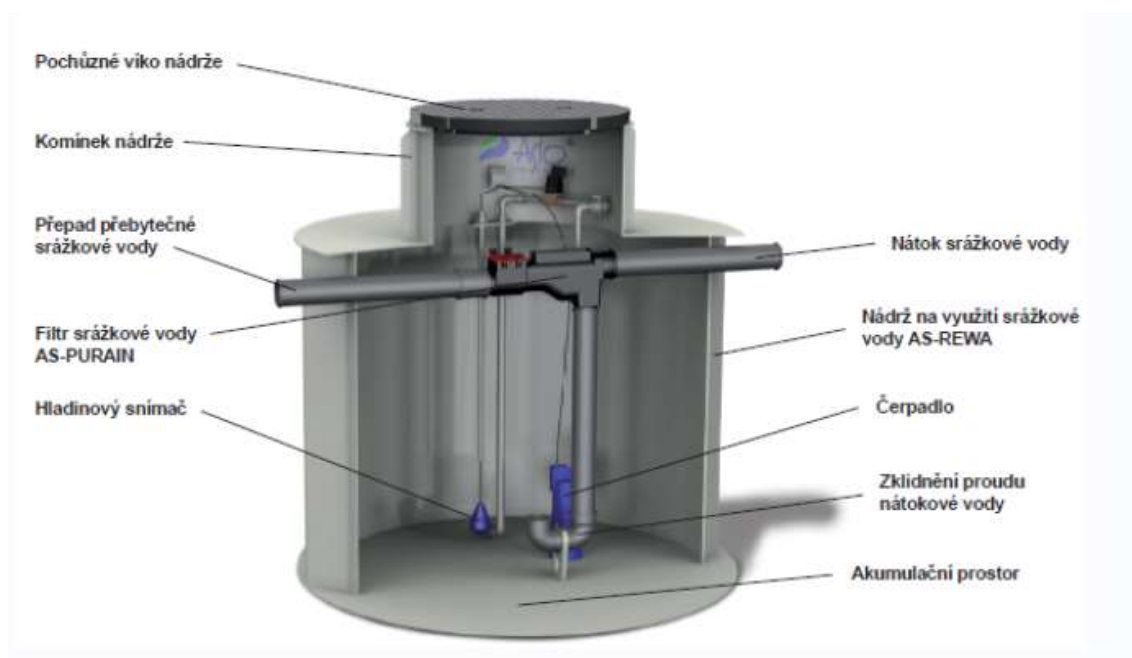
Výběr nádrže

Akumulární nádrž AS-REWA Kombi 9 m³

Jedná se o komplexně vystrojenou nádrž na vodu pro zachycení a využití dešťové vody. V jednom celku zajišťuje filtraci srážkové vody, její akumulaci, čerpání do rozvodu a doplňování pitné vody do systému v případě nedostatku srážek. (ASIO.CZ, 2021)

Nádrž AS-REWA Kombi je vybavena mechanickým filtrem AS-PURAIN (bez zpětné klapky), ponorným tlakovým čerpadlem pro distribuci dešťové vody a systémem pro přepojení na pitnou vodu v případě, že je v nádrži nedostatek vody dešťové. Automatické přepojení zajišťuje hladinový snímač, elektromagnetický ventil a řídicí jednotka, která v případě potřeby doplňuje vodu do nádrže a zároveň řídí čerpadlo pro

využití dešťové vody. Systém dopouštění pitnou vodou splňuje požadavky dle ČSN EN 1717 a ČSN 75 5409. (ASIO.CZ, 2021)



Obrázek 6: Akumulační nádrž AS-REWA Kombi 6 000 l, zdroj: asio.cz

K nádrži je vhodné dokoupit zasakovací zařízení, které slouží k zasakování vody z přeplněné nádrže.

5.1.2 Využití odpadní vody z ČOV

Na pozemku bude navržena čistička odpadních vod BC BioCleaner BASIC1 viz obrázek 7, která vyčistí cca 0,6 m³ odpadní vody za den, tzn. cca 20 m³ za měsíc. BC BioCleaner čistí odpadní vody z koupelen, sociálních zařízení, kuchyní, automatických praček nebo myček nádobí. (ENVI-PUR.CZ)



Obrázek 7: BC BioCleaner BASIC, zdroj: envi-pur.cz

5.1.3 Bilance závlahové vody

Údaje:

*Měsíční potřeba vody na závlahu: cca 15 000 l (495 * 30)*

Průměrné měsíční množství zachycené srážkové vody za vegetační období: cca 16 000 l (114 000 / 7)

Průměrné měsíční množství zachycené srážkové vody za zimní období: 7 200 l (36 000 / 5)

*Měsíční množství vyčištěné odpadní vody z ČOV: 20 000 l (0,6 * 30)*

Výpočet přebytku/nadbytku vody na závlahu za vegetační období:

Pro výpočet spotřeby vody na závlahu odečteme potřebné množství závlahové vody od množství zachycené vody srážkové.

$$16\ 000 - 15\ 000 = 1\ 000\ l$$

Průměr měsíční zbylé dešťové vody ve vegetačním období je **1000 l**.

Výpočet celkového měsíčního nadbytku vody:

Ve vegetačním období:

$$1\ 000 + 20\ 000 = 21\ 000\ l/měsíc$$

Celkové množství zbylé průměrné měsíční dešťové vody za vegetační období a množství vyčištěné odpadní vody z ČOV je **21 000 l** za měsíc.

V zimním období:

$$7\ 200 + 20\ 000 = 27\ 200\ l/měsíc$$

Celkové množství průměrné měsíční vody za zimní období a vyčištěné odpadní vody z ČOV je **27 200 l** za měsíc.

Možnosti řešení nadbytku závlahové vody

Lepším řešením, než vodu odvádět do kanalizace, je pokusit se ji na pozemku zadržet. Retencí a regulací odtoku zamezujeme přetěžování kanalizačních sítí. Zároveň i zmírňujeme negativní vliv hydraulického stresu na vodní toky. Vsakováním vody doplňujeme zásoby podzemní vody, které se stále zmenšují.

Výpočet velikosti vsakovacího zařízení

Do vsakovacího zařízení bude dle legislativních podmínek zaústěn přes zemní filtr přepad z ČOV.

V případě, kdy chceme zasakovat vodu z ČOV do vod podzemních, je nejdříve nutné provést hydrogeologický posudek, kvůli ohroženosti jakosti podzemních vod. (ENVIWEB.CZ, 2006)

Vhodná velikost vsakovacího zařízení se vypočítá dle ČSN 75 9010 podle vzorečku:

$$A_{vsak} = (Q_{vsak} * f) / k_v$$

Q_{vsak} - přítok vody ($m^3 * s^{-1}$)

k_v - koeficient vsaku ($m * s^{-1}$)

f - součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se $f \geq 2$)

Do vsakovacího jezírka poteče $0,6 \text{ m}^3/\text{d} = 6,94 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$. Dle půdní mapy je na celém území Nedrahovického Podhájí dominantní jeden typ půdy, a to kambizemě kyselá. Kambizemě jsou převážně písčitohlinité až hlinité (KELIWOOD, 2010), koeficient vsaku viz tabulka 4 bude 10^{-6} . Součinitel bezpečnosti vsaku vyjadřuje bezpečnost a předpokládané změny vsakovací schopnosti horninového prostředí po určitém čase provozu vsakovacího zařízení. (ČSN 75 9010, 2012)

$$A_{zk} = (0,0000069 \times 2) / 0,000001$$

$$A_{zk} = 13,8 \text{ m}^2$$

Vhodná velikost vsakovacího jezírka je **13,8 m²**.

Rozměry dna vycházejí na cca 3,5 * 4 m.

Druh zeminy	Koeficient vsaku k_v [m/s^{-1}]	Relativní propustnost zeminy	Vhodnost zeminy pro vsakování
Jíly s nízkou a střední plasticitou, jíly a hlíny s vysokou až extrémně vysokou plasticitou	$< 10^{-10}$	velmi nepropustná	nevhodná
Hlíny štěrkovité, jíly štěrkovité a písčité, hlíny s nízkou a střední plasticitou	10^{-8} až 10^{-10}	nepropustná	nevhodná
Hlíny písčité, písky hlinité a jílovité, štěrky hlinité a jílovité	10^{-6} až 10^{-8}	málo propustná	nevhodná
Písky a štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy (5 % až 15 %)	10^{-4} až 10^{-6}	propustná	vhodná
Písky a štěrky dobře i špatně zrněné, tj. čisté písky a štěrky, písčité štěrky, písky a štěrky s velmi malou příměsí jemnozrnných zemin (< 5 %)	$> 10^{-4}$	velmi propustná	vhodná pouze s filtrací ve vsakovacím zařízení

Tabulka 4: Koeficienty vsaku některých zemin, zdroj: Vrána, 2020

Doba vsakování

Výpočet času, za který se $0,6 \text{ m}^3$ vsákne do 1 m^2 , propustnost zeminy je 10^{-6} .

$$0,6 / 10^{-6} = 600\,000 \text{ s} = 166,7 \text{ hod}$$

PLOCHA	ČAS
1 m ²	166.7 hod
2 m ²	83.3 hod
10 m ²	8.3 hod
13.8 m ²	12.1 hod

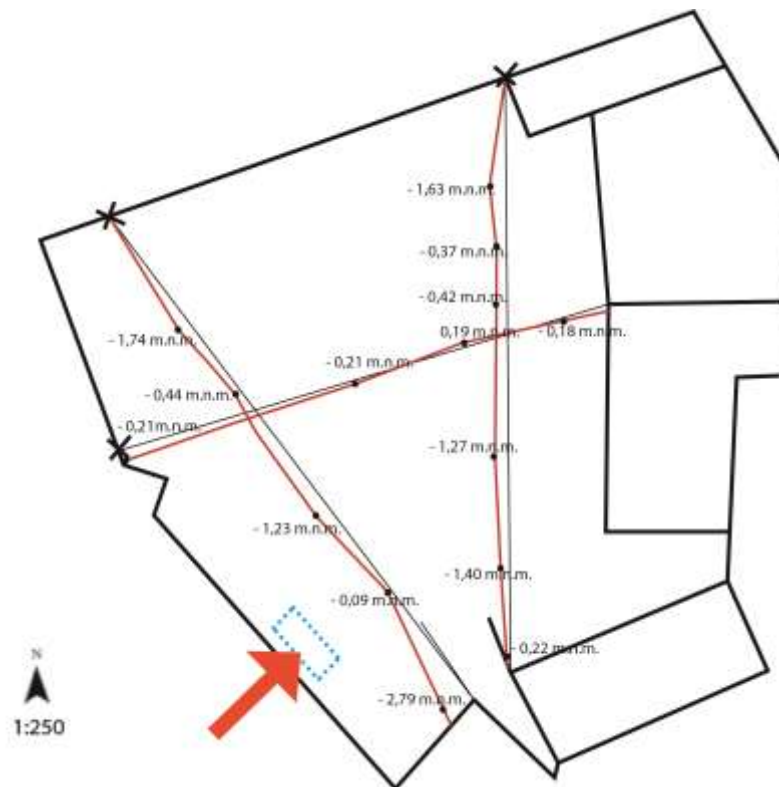
Tabulka 5: Výpočet doby vsakování, zdroj: vlastní

$0,6 \text{ m}^3$ vody se na ploše $13,8 \text{ m}^2$ vsákne za **12,1 hod**.

Vsakovací jezírko

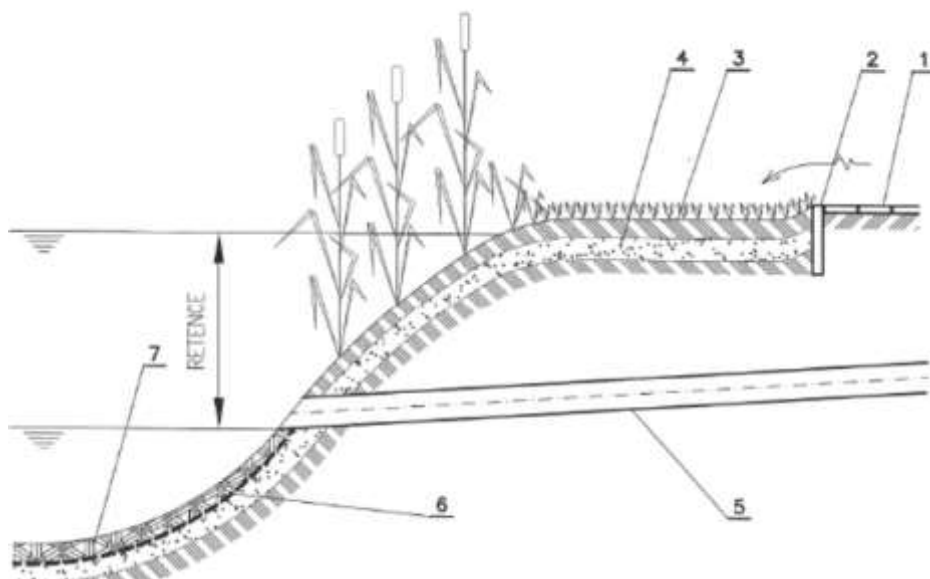
Vsakovací nádrž se zpravidla navrhuje jako zatravněná, může být ale využito i jiného vegetačního doprovodu, například okrasných nebo vlhkomilných rostlin.

Výhodou tohoto typu opatření je, že neodvodňuje okolní území, ale naopak pomáhá zadržet vodu ve svrchních vrstvách horninového prostředí. Může mít funkci i jako estetickou či užitnou v podobě koupacího jezírka. Vhodné místo na vybudování vsakovacího jezírka je tam, kde se voda drží přirozeně a po dešti se shromažďuje. Vzhledem ke svažitosti zahrady (obrázek 8), bude nejvhodnější místo pro jezírko v dolní části parcely. (VRÁNA, 2020)



Obrázek 8: Svažitost terénu, zdroj: vlastní

Jezírka se navrhují tak, že se hladina vody udržuje asi 1 m nade dnem jezírka. Břehy a dno by mělo být do této úrovně nepropustné. Nad trvalou hladinou se vytvoří akumulací prostor pro zachycení přívalových dešťů. Břehy nad úrovní trvalé hladiny se provedou z propustných hornin a zadržaná voda se postupně vsákne do okolní zeminy. (VRÁNA, 2020)



Obrázek 9: Vrstvy vsakovacího jezírka, zdroj: Vrána, 2020

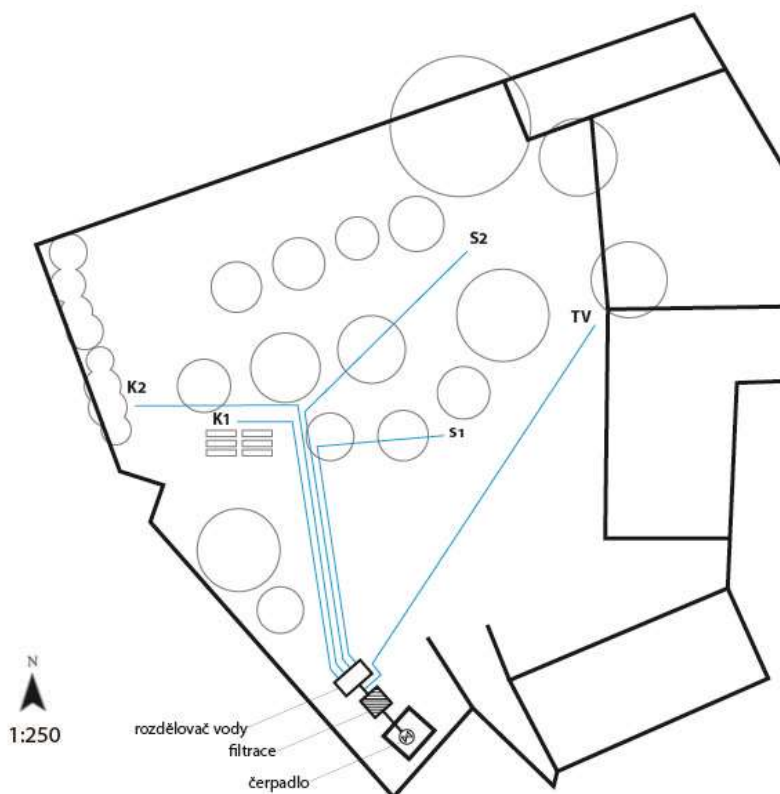


Obrázek 10: Vsakovací jezírko, zdroj: Vrána, 2020

Plošné vsakování

Případně je ještě druhá varianta a to využití vody z ČOV k závlaze větší plochy, například trávníku.

Řešením by byly další dvě větve závlahy (S1, S2) viz obrázek 11, které by v případě nadbytku zavlažovaly trávník.



Obrázek 11: Možný návrh závlahy v případě nadbytku vody, zdroj: vlastní

Na závlahu trávníku jsou ideální postřikovače viz obrázek 12.



Obrázek 12: Postřikovač, zdroj: cestakbydleni.cz

Možnosti řešení nedostatku závlahové vody

Může se stát, že závlahové vody bude v některých měsících nedostatek, v tomto případě má přírodní zahrada výhodu, že díky svým zadržovacím schopnostem dokáže vydržet mnohem déle bez vody než intenzivní typ zahrady.

V období dlouhodobého sucha je ale doplňková voda potřeba. V tomto případě by se nabízela možnost využití vyčištěné odpadní vody z čističky odpadních vod. Pro zavlažování záhonů s rostlinami určenými ke konzumaci je ale potřeba, aby voda prošla nejdříve desinfekčním modulem, který vyčištěnou vodu pomocí UV lampy zbaví zbytkových mikroorganismů.

Poté připadá v úvahu ještě jedna možnost vodního zdroje, a to voda pitná. Existuje zařízení k doplňování retenčních nádrží, viz obrázek 13, které při nedostatku srážek a poklesu hladiny pro nastavenou úroveň doplňuje přes elektromagnetický ventil vodu z rozvodu pitné vody.



Obrázek 13: Zařízení na doplňování nádrže, zdroj: eshop.destovka.eu

5.2 Pořizovací náklady

Čistička odpadních vod:

Pořizovací náklady domovní čistírny BC BioCleaner BASIC	
Projektová dokumentace	5 000 Kč
Stavební povolení	600 Kč
BC BioCleaner BASIC	40 855 Kč
Příslušenství (nástavec a zastropení)	8 800 Kč
Stavební a montážní práce	30 000 Kč
Kvalifikované zapojení a uvedení do provozu	3 000 Kč
Cena celkem	88 255 Kč bez DPH

Tabulka 6: Pořizovací náklady ČOV, zdroj: envi-pur.cz

Akumulační nádrž na dešťovou vodu:

Pořizovací náklady na akumulaciční nádrž na dešťovou vodu	
Produkty	86 115 Kč
Stavební práce	30 000 Kč
Cena celkem	116 115 Kč bez DPH

Tabulka 7: Pořizovací náklady na akumulaciční nádrž, zdroj: asio.cz

Návratnost investice

Pokud bereme v úvahu čtyřčlennou rodinu, která spotřebuje 600 l užitkové vody za den, když cena vodného a stočného pro zájmové území je pro rok 2021 84,45 Kč na m³, tak roční výdaje vyjdou na 18 494 Kč. Z toho lze usoudit, že návratnost investice za čističku odpadních vod by byla za 9,6 let, a návratnost investice za akumulaciční nádrž na dešťovou vodu by byla za 13,6 let.

6 Diskuze a Závěr

Úkolem bakalářské práce bylo vypracování návrhu systému využití dešťové a vyčištěné odpadní vody pro závlahu u rodinného domu s přírodní zahradou.

Bylo popsáno území z hlediska environmentálních faktorů a širších vztahů, pro které byl po zhodnocení navržen závlahový systém. Návrh spočívá v maximálním využití dešťové a přečištěné odpadní vody, která bude pomocí kapkové metody zalévat části zahrady, které se bez závlahy neobejdou. Závlahový systém je rozdělen do více větví, s možností regulace vody v různých částech zahrady.

V závislosti na potřebě rostlin bylo počítáno množství potřebné vody na závlahu, které vyšlo přibližně na 495 l/den. Dále bylo vypočteno množství zachycených srážek, které vyšlo na 150 m³ za rok. Následně došlo k návržení vhodné velikosti akumulční nádrže na dešťovou vodu. Při výpočtu bilance závlahové vody bylo zjištěno, že po celý rok bude nadbytek závlahové vody, a proto se práce zabývá i zamezení odtoku a možným vsakováním vody na pozemku.

Co se týče finanční náročnosti a návratnosti investice do akumulční nádrže na dešťovou vodu a čističky odpadních vod, lze říci, že i přes značné náklady na začátek je návratnost zaručena. Retenční nádrž na dešťovou vodu vychází se všemi komponenty a službami na 116 115 Kč s návratností investice za 13,6 let. Čistírna odpadních vod s příslušenstvím a službami na 88 255 Kč s návratností za 9,6 let. Při zařizování ČOV je také možné požádat o dotaci, se kterou lze pokrýt až 50 procent výdajů.

Investice do systému hospodaření se srážkovou nebo odpadní vodou je budoucnost. Dle mého názoru by tato technologie měla být použita minimálně v zařízeních jako například v myčkách aut nebo pro zavlažování velkých travnatých ploch, jak je to řešeno například na golfovém hřišti v Praze Vinoři, kde se trávník zavlažuje vodou z nedaleké čistírny odpadních vod v Kbelích.

Zeměmi, které České republice můžou sloužit jako vzor, jsou Německo či Švýcarsko, kde je přírodě blízké odvodnění měst již řadu let legislativně zakotveno, včetně nejlepších dostupných technologií pro technické opatření.

Akumulací a užíváním dešťové a vyčištěné odpadní vody nebo zadržováním a regulovaným odtokem do povrchových vod či stokové sítě přispíváme k přirozenému koloběhu vody a k ochraně vodních toků.

Seznamy

Grafy

Graf 1: Posouzení závažnosti sucha, zdroj: chmi.cz

Graf 2: Spotřeba vody v domácnosti na osobu, zdroj: asio.cz

Mapy

Mapa 1: deficit srážek za 6 měsíců, zdroj: chmi.cz

Mapa 2: Moldanubikum, zdroj: geology.cz

Mapa 3: Půdní mapa, zdroj: geology.cz

Obrázky

Obrázek 1: Systém využití dešťových vod zdroj: Hlavínek (2007)

Obrázek 2: Vybraná parcela, zdroj: cuzk.cz

Obrázek 3: Návrh závlahového systému, zdroj: vlastní

Obrázek 4: Kapkovač, zdroj: irimon.cz

Obrázek 5: Mini bubbler, zdroj: závlahy-eshop.cz

Obrázek 6: Akumulační nádrž AS-REWA Kombi 6 000 l, zdroj: asio.cz

Obrázek 7: BC BioCleaner BASIC, zdroj: envi-pur.cz

Obrázek 8: Svažitost terénu, zdroj: vlastní

Obrázek 9: Vrstvy vsakovacího jezírka, zdroj: Vrána, 2020

Obrázek 10: Vsakovací jezírko, zdroj: Vrána, 2020

Obrázek 11: Možný návrh závlahy v případě nadbytku vody, zdroj: vlastní

Obrázek 12: Postřikovač, zdroj: cestakbydleni.cz

Obrázek 13: Zařízení na doplňování nádrže, zdroj: eshop.destovka.eu

Tabulky

Tabulka 1: Charakteristika klimatické oblasti MT10, zdroj: moravske-karpaty.cz

Tabulka 2: Dlouhodobý srážkový normál 1961-1990, zdroj: chmi.cz

Tabulka 3: Koeficient odtoku střechy, zdroj: asio.cz

Tabulka 4: Koeficienty vsaku některých zemin, zdroj: Vrána, 2020

Tabulka 5: Výpočet doby vsakování, zdroj: vlastní

Tabulka 6: Pořizovací náklady ČOV, zdroj: envi-pur.cz

Tabulka 7: Pořizovací náklady na akumulaci nádrže, zdroj: asio.cz

Přílohy

Příloha 1: Aktuální stav zahrady



Seznam použitých zdrojů

Odborná literatura

BRUCHTER, Milan. Zakládáme a udržujeme ekozahradu. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4280-9.

CAMPBELL, Gordon. A short history of gardens [online]. 2016. Glasgow: Bell & Bain, 2016 [cit. 2021-02-10]. ISBN 978-0-19-878461-6.

CLARK, Emma. The Art of the Islamic Garden [online]. 2004. Ramsbury: Crowood Press, 2004 [cit. 2021-02-11]. ISBN 1847972047.

CULEK, Martin. Biogeografické regiony České republiky. Brno: Masarykova univerzita, 2013, 447 s. ISBN 978-80-210-6693-9.

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

HABART, Čeněk. Sedlčansko, Sedlecko a Voticko - IV. díl. Alfa print, 1994. ISBN 80-901734-0-3.

HLAVÍNEK, Petr. Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 80-86020-55-X.

HRADIL, Radomil a kol. Česká biozahrada. 2. Olomouc: Fontána, 2000.

HRŮZA, Jan. Závlahové stavby [online]. Praha: SZN, 1956 [cit. 2021-02-25].

HURYCH, Václav, Jana STEJSKALOVÁ, Miroslav EZECHEL, Stanislav SVOBODA a Romana MICHÁLKOVÁ. Tvorba zeleně: sadovnictví - krajinářství. Mělník: Vyšší odborná škola zahradnická a Střední zahradnická škola ve spolupráci s Grada Publishing, 2011, 303 s. ISBN 978-80-904782-0-6.

JŮVA, Karel. Závlahy zemědělských kultur. Praha: SZN, 1981.

KALUSOK, Michaela. Zahradní architektura. Vyd. 1. Brno: Computer Press. Malá Encyklopedie, 2004, 192 s. ISBN 80-251-0287-4.

KROUPA, Jiří. Dějiny a teorie zahradního umění [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2004 [cit. 2021-02-16].

KULHAVÝ, František. Navrhování hydromelioračních staveb. Praha: ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-83-2.

MAREČEK, Jiří. Zahrada. 1992. Praha: EXPRINT Červený Kostelec, 1992. ISBN 80-900908-1-8.

MARS, Ross. The Basics of Permaculture Design [online]. 2. Hampshire: Permanent Publications, 2003 [cit. 2021-02-20]. ISBN 1 85623 023 6.

Pidou, Marc. Hybrid membrane processes for water reuse. 2006. Získáno z <http://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/4372>

PITTER, Pavel.: Hydrochemie, Místo vydání: VŠCHT, Vydavatelství: UNITISK, s.r.o., Rok vydání: 1999, ISBN 80-7080-340-1.

SVOBODA, Jaroslav a kol. Kompletní návrh k vytvoření eko zahrady. Praha: Smart Press. s. r. o, 2009. ISBN 978-80-87049-28-0.

SYLVESTER, Amy. Japan Country Living: Spirit, Tradition, Style. Tuttle Publishing, 2005. ISBN 0804818584.

ŠÁLEK, Jan. Voda v domě a na chatě: Využití srážkových a odpadních vod [online]. 2012. Praha: Grada Publishing, 2012 [cit. 2021-02-04]. ISBN 978-80-247-3994-6. Dostupné z: [file:///D:/Downloads1/voda-v-dome-a-na-chate%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads1/voda-v-dome-a-na-chate%20(1).pdf)

TABACH, Arnošt. Biozahrada: Zahrada bez chemie a plná života. 2018. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0498-7.

TLAPÁK, Václav, Jan ŠÁLEK a Vladimír LEGÁT. Voda v zemědělské krajině. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí ČR, 1992. ISBN 80-209-0232-5.

TŮMA, Jan. Zavlažujeme zahradu moderní hospodaření s vodou. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-247-0083-2.

VEVERKA, Vladimír. Speciální mechanizace: závlahová technika pro zahradnictví [online]. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003 [cit. 2021-02-26]. ISBN 80-7157-738-3. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:5c2af1c0-e92b-11e2-9923-005056827e52?page=uuid:3d02dcf0-1a3a-11e3-bd38-5ef3fc9ae867>

VLAŠÍNOVÁ, Helena a kol. Zdravá zahrada. Brno: ERA group spol., 2006. ISBN 978-80-7366-101-4.

ZELINKA, Zdeněk., & FORMÁNEK, Zdeněk. Úpravny vody. Brno: ERA group, 2005. ISBN 80-7366-036-9

Internetové zdroje

4. Bukový vegetační stupeň. Biogeografie: Multimediální výuková příručka [online]. Geografický ústav, 2010 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_com_4VS.html

5.2.2 Biogeografický region (bioregion). Biogeografie [online]. Brno: Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, 2010 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_book_5-2-2.html

AQUAKING FLEXIBLE TANK. Flexi tank [online]. Praha: Growshop Velkoobchod, 2009 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://www.growshop-velkoobchod.cz/561-flexi-tank>

BENEŠOVSKÁ PAHORKATINA. Geomorfologická-československá [online]. 2018 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: http://www.geomorfologicka-ceskoslovenska.bluefile.cz/?page_id=426

Biodiverzita v sadu. Hostětín: Ekologický institut Veronica, 2012.

Brno nabídne dva nové dotační programy. Podpoří zelené střechy a využití dešťové vody. BRNO [online]. Brno: Statutární město Brno, 2019, 24. duben 2019 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.brno.cz/brno-aktualne/co-se-deje-v-brne/a/brno-nabidne-dva-nove-dotacni-programy-podpori-zelene-strechy-a-vyuziti-destove-vody/Začátek formuláře>

Broukoviště - hmyzí domov na vaší zahradě. Ekolist.cz [online]. Praha, 2011, 21.7.2011 [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/broukoviste-hmyzi-domov-na-vasi-zahrade>

Břečťan popínavý. Bylinky [online]. Praha: Bylinky.info, 2016 [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <http://www.bylinky.info/brectan-popinavy>

CRHOVÁ, Lenka a František ŠOPKO a kol Stav a vývoj sucha v Česku: Hodnotící zpráva k jednání Národní koalice pro boj se suchem. Český hydrometeorologický ústav [online]. Český hydrometeorologický ústav, 2020 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2020/Stav_a_vyvoj_sucha-kveten_2020.pdf

ČERNOTOVÁ, Anna. Ptačí krmítka – víte, kam je dát a co do nich nepatří? Marianne bydlení [online]. Praha, 2019, 21. 01. 2019 [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://www.mariannebydleni.cz/poradna/ptaci-krmitka-vite-kam-je-dat-co-do-nich-nepatri>

Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich. Asio.cz [online]. ASIO, spol. s r.o.: 4.12. [cit. 2013-01-01]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/153.cistenisedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>

ČSN 75 0434. Meliorace. Potřeba vody pro doplňkovou závlahu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

Dešťovka. Státní fond životního prostředí České republiky [online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2019 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/destovka/>

Domovní ČOV BC BioCleaner. Envi pur [online]. Praha: ENVI-PUR [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <https://www.envi-pur.cz/cisticky-odpadnich-vod-cov-domovni/>

DOSEDĚLOVÁ, Andrea. Jak se úsporně vypořádat se suchem na zahradě i v sadu. Zahrádkářská poradna [online]. Prima DOMA MEDIA a FTV Prima, 2016 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://zahradkarskaporadna.cz/clanek-240851-jak-se-uspornе-vyporadat-se-suchem-na-zahrade-i-v-sadu>

Druhy půdy, kyselost půdy, humus. KELIWOOD: Tradiční dřevěné výrobky [online]. Praha: KELIWOOD, 2010 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z:

<https://www.keliwood.cz/aktuality/druhy-pudy-kyselost-pudy-humus-cervenec-dil-prvni>

FILTR NA DEŠŤOVOU VODU AS-PURAIN. ASIO Čištěná a úprava vod [online]. Praha: ASIO, spol. s r.o., 2021 [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-purain>

Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech. VRÁNA, Jakub. PROFESIS: Profesionální informační systém ČKAIT [online]. Praha: ČKAIT, 2020 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-20/>

HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVÝMI VODAMI (HDV) - TNV 75 9011. ASIO Čištění a úprava vod [online]. Brno: ASIO, spol. s r.o., 2021, 12.5.2012 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/99.hospodareni-se-srazkovymi-vodami-hdv-tnv-75-9011>

HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVÝMI VODAMI (HDV) - TNV 75 9011. ASIO Čištění a úprava vod [online]. Praha: ASIO, spol. s r.o., 2012 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/99.hospodareni-se-srazkovymi-vodami-hdv-tnv-75-9011>

HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVÝMI VODAMI (HDV) - TNV 75 9011. ASIO Čištění a úprava vod [online]. Praha: ASIO, spol. s r.o., 2012 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/99.hospodareni-se-srazkovymi-vodami-hdv-tnv-75-9011>

Kolik vody na závlahu. Hunter: Závlahové systémy [online]. Praha: IRIMON, spol. s r.o., 2021 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: https://zavlahy.irimon.cz/clanek_kolik_vody_na_zavlahu

Malé domovní čistírny odpadních vod. Envi web [online]. Enviweb, 2006 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/52640>

Meliorace – Potřeba vody pro doplňkovou závlahu: ČSN 75 0434. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.

Mlatové cesty a povrchy. Parkdecor [online]. Praha: Parkdecor, 2021 [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <https://parkdecor.cz/mlatove-povrchy>

Monitoring meteorologického a půdního sucha. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2021 [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/Monitoring_meteorologického_a_pudniho_sucha.html

NÁDRŽE NA DEŠŤOVOU VODU AS-REWA. ASIO Čištěná a úprava vod [online]. Praha: ASIO, spol. s r.o., 2021 [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-rewa>

NPŽP – výzva č. 12/2019: Domovní čistírny odpadních vod. Dotační.info [online]. Dotace EU, 2021, 30.12.2019 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.dotacni.info/npzp-vyzva-c-122019-domovni-cistirny-odpadnich-vod/>

Odpadní voda – odpad nebo poklad? VTEI [online]. Praha: VTEI, 2021 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2016/04/odpadni-voda-odpad-nebo-poklad/>

Organické hnojení může přinášet i vyšší výnosy než hnojení pouze minerálním dusíkem. ÚKZÚZ [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2021, 7.5.2020 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/organicke-hnojeni-muze-vyssi-vynos.html>

PETRÁNEK, Jan. Středočeský pluton. *Geologická encyklopedie* [online]. Praha: Česká geologická služba, 2007, 26.03.2021 [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?stredocesky_pluton

PETROVÁ, Martina. Deš. PETROVÁ, Martina. Přírodní zahrada [online]. Jindřichův Hradec, 2018 [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <http://prirodnizahrada.eu>

POJAR, Petr. Dešťová zahrada představuje přirozený způsob, jak na pozemku nakládat s vodou. ČESKÉSTAVBY.CZ [online]. České budějovice: Český internet, 2018, 6. 8. 2019 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/uz-jste-slyseli-o-destove-zahrade-24031.html>

PROGRAM DOTACE NA DČOV: Nedrahovice, Radeč, Bor, Kamenice, Trkov, Nedrahovické Podhájí, Rudolec, Úklid. NEDRAHOVICE [online]. Nedrahovice: NEDRAHOVICE, 2020, 31.1.2020 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.nedrahovice.cz/images/upload/ROZVOJ-OBCE/dotace%20DČOV/2020/Program%20pro%20poskytovani%20dotaci%202020%20DCOV.pdf>

PROGRAM ROZVOJE OBCE NEDRAHOVICE. Nedrahovice, 2015, 44 s. Dostupné také z: <https://www.nedrahovice.cz/images/upload/ROZVOJ-OBCE/Strategicky-rozvojovy-dokument/program-rozvoje-obce-nedrahovice-2014-2020.pdf>

Program využití srážkových vod AS-REWA: Projekční a instalační podklady [online]. Brno: ASIO NEW, 2018 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/materialy-as-rewa>

PROVOZNÍ A MONITOROVACÍ JEDNOTKA AS-RAINMASTER ECO. ASIO Čištění a úprava vod [online]. Praha: ASIO, spol. s r.o., 2021 [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-rainmaster-eco>

PTÁČKOVÁ, Eliška. Přírodní zahrada je cestou pro přemýšlivé. IReceptar.cz [online]. Praha: VLTAVA LABE MEDIA, 2005, 13. 10. 2013 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/zahrada/prirodni-zahrada-je-cestou-pro-premyslive.html>

SKIPALA, Aleš. Japonské zahrady. Zahrady Skipi [online]. Česká Třebová: Aleš Skipala, 2021 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.zahrady-skipi.cz/japonske-zahrady>

STALDER, Eva. Roman Gardens. Dream gardens [online]. Švýcarsko: Eva Stalder design, 2014, 17.3.2014 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://evastalder.blogspot.com/2014/05/rimske-zahrady-roman-gardens.html>

STRÁNSKÝ, David. Dešťová zahrada. Počítáme s vodou [online]. Praha: Počítáme s vodou, 2021 [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/destova-zahrada/>

SVOBODA, Jaroslav. Ekozahrady. Ekozahrady [online]. Praha: Jaroslav Svoboda, 2004 [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <http://www.ekozahrady.com>

ŠANTRŮČKOVÁ, Markéta. Zahradní architektura - Zahrada jako pozemský obraz ráje: Vývoj zahradního umění. Kulturně historické dědictví kolem nás [online]. Praha, 2009 [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: <http://elearning.historickededitvi.com/zobraz/materialy/odborne-texty/zahradni-architektura>

VSAKOVÁNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD: Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj [online]. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj, 2019 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: https://www.mmr.cz/getattachment/e16069fa-3bf8-4a1d-82af-28a17df865c5/Methodika-vsakovani_srpen2019.pdf.aspx?lang=cs-CZ&ext=.pdf

ZUPANČIČ, Eva. Vybudujte si vlastní přírodní zahradu. OK PYRUS [online]. Brno: OK PYRUS, 2006, 31.03.2018 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/vybudujte-si-vlastni-prirodni-zahradu>