

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování**



**Fakulta životního
prostředí**

Zadržování dešťové vody v urbanizovaném území

Bakalářská práce

Bakalant: Pavla Adamovská

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Vedoucí práce: Ing. Jakub Burket

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavla Adamovská

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Zadržování dešťové vody v urbanizovaném území

Název anglicky

Rainwater retention in urban areas

Cíle práce

V literární rešerši vysvětlit důležitost zadržování dešťové vody v urbanizovaném území, dále pak uvést a popsat způsoby zadržování vody a popsat je. Práce se bude dále podrobněji zabývat způsoby zadržování a využívání dešťové vody na soukromých pozemcích fyzických osob. Vlastní práce pak zde uvede nejvyužívanější dotační programy pro zadržování dešťové vody a posoudí návratnost investic.

Metodika

1. Literární rešerše: Uvést důležitost zadržování dešťové vody a popsat využívané způsoby zadržování dešťové vody v urbanizovaném území. Dále uvést možné způsoby a dotační programy týkající se zadržování dešťové vody na soukromých pozemcích fyzických osob.
2. Vlastní práce: Na základě shromážděných informací o nejvyužívanějších dotačních programech pro neovnitřní fyzických osob posoudit návratnost investic. Uvést příklady.

Autor může zvolit a měnit osnovu v průběhu práce dle potřeby.

Doporučený rozsah práce

30

Klíčová slova

retence vody, dešťová voda, hospodaření s vodou, dotační programy

Doporučené zdroje informací

- CÍLEK, V. – JUST, T. – SŮVOVÁ, Z. – MUDRA, P. – ROHOVEC, J. – ZAJÍC, J. – DOSTÁL, I. – HAVEL, P. – STORCH, D. – MIKULÁŠ, R. – NOVÁKOVÁ, T. – MORAVEC, P. – KOHOUTOVÁ, M. *Voda a krajina : kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině*. Praha: Dokofán, 2017. ISBN 978-80-7363-837-5.
- HLAVÍNEK, P. – PRAX, P. – KUBÍK, J. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 978-80-86020-55-6.
- Hospodaření vodou. Praha: ČKAIT, 2019. Stavební kniha. ISBN: 978-80-88265-15-3
- SCHOEMAN, D. *Water Storage And Rainwater Harvesting: An Illustrated Resource Guide*. Arrow Records, 2019, ISBN: 063980540X
- STRÁNSKÝ, D. – ČESKÁ KOMORA AUTORIZOVANÝCH INŽENÝRŮ A TECHNIKŮ ČINNÝCH VE VÝSTAVBĚ. RADA PRO PODPORU ROZVOJE PROFESÍ. *Srážkové vody a urbanizace krajiny : TP 1.20.1 : technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2012. ISBN 978-80-87438-28-2.
- ŠÁLEK, J. *Voda v domě a na chatě : využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.
- VÍTEK, J., STRÁNSKÝ, D., KABELKOVÁ, I., BAREŠ V., VÍTEK, R. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. Praha: 01/71 ZO ČSOP Koniklec, 2015. ISBN 978-80-260-7815-9.
- ZAGELow, A. *Rainwater Harvesting and Use: Understanding the Basics of Rainwater Harvesting*, 2016, ISBN: 1533001545
- Zákon č. 254/2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Jakub Burket

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 15. 11. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/závěrečnou práci na téma: Zadržování dešťové vody v urbanizovaném území, vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou/závěrečnou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským, a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské/závěrečné práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala v první řadě mému vedoucímu, Ing. Jakubu Burketovi, za odborné vedení, za jeho čas, asistenci a podporu při zpracování mé bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat mému příteli Mgr. Karlu Drahokoupilovi za trpělivost a oporu, kterou mi při mém psaní věnoval.

Abstrakt

Souhrn:

I přestože je voda charakterizována jako obnovitelný zdroj, je nutné brát v úvahu, že se její zásoby s rozrůstajícími městy snižují. Proto se vyvíjejí způsoby spjaté s omezováním její spotřeby a využívají se technologie pro její vrácení do hydrologického cyklu. Důležitým aspektem, který zvětšování zdrojů pitné vody podporuje je retence. V krajině je zadržování vody běžnou záležitostí, avšak díky zvětšování urbanizovaných ploch se retenční funkce snižuje. Proto se v městských oblastech využívá hospodaření s dešťovou vodou, kdy je voda vsakována či zadržována nebo dokonce využívána pomocí HDV objektů. V této práci je charakterizován způsob, jakým se dešťová voda dostane na zemský povrch a co obnáší proces nakládání s ní.

Klíčová slova: atmosférické srážky, stokování, zadržování dešťové vody, legislativa, návratnost investic

Abstract

Summary:

Even though water is characterized as a renewable resource, it must be considered that its supplies are declining with growing cities. Therefore, methods related to reducing its consumption are being developed and technologies are being used to return it to the hydrological cycle. Retention is an important aspect of increasing drinking water resources. Water retention is common in the landscape, but due to the increase of urban areas, the retention function is decreasing. Therefore, rainwater management is used in urban areas, where water is infiltrated or retained or even used by rainwater management facilities. This work characterizes the way in which rainwater reaches the earth's surface and what the process of handling it entails.

Keywords: atmospheric precipitation, sewerage system, rainwater harvesting, legislation, return on investment

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Hydrologický cyklus	3
3.1	Malý vodní cyklus	3
3.2	Atmosférické srážky	5
3.2.1	Srážkoměry	5
3.2.2	Výparoměry.....	7
3.2.3	Trvalé srážky a přeháňky	8
3.2.4	Bouřka	9
3.3	Povodně	10
4	Stokování.....	11
4.1	Oddílná kanalizace	12
4.2	Dešťová kanalizace	13
4.3	Znečištění vod	15
5	Čistírna odpadních vod.....	16
5.1	Proces čištění odpadních vod na ČOV Drahovice	16
5.1.1	Mechanická část	17
5.1.2	Biologická část	18
5.1.3	Kalové hospodářství čistírny.....	19
6	Úprava pitné vody	21
6.1	Úpravna vody Březová.....	21
6.1.1	Přívod surové vody	21
6.1.2	První stupeň úpravy	22
6.1.3	Druhý stupeň úpravy	22
6.1.4	Třetí stupeň úpravy	23
6.1.5	Finální úprava vlastností pitné vody a dezinfekce	24
7	Zadržování dešťové vody	25
7.1	Retence dešťové vody	25
7.1.1	Retenční nádrže	26
7.2	Vsakování	27
7.3	Akumulace dešťové vody.....	27
7.3.1	Způsoby akumulace	28
7.4	Využití.....	29
8	Objekty k zadržování dešťové vody.....	32

8.1.1	Vegetační úpravy.....	32
8.1.2	Vegetační střechy	33
9	Legislativa	35
9.1	Vodní zákon.....	35
9.2	Vyhláška č. 501/2006 Sb.....	36
9.2.1	§ 20.....	37
9.3	Vyhláška č. 268/2009 Sb.....	37
9.4	Zákon č. 274/2001	38
9.4.1	Vodné a stočné	38
10	Technické normy	41
10.1	ČSN 75 9010	41
10.2	TNV 75 9011	41
11	Dotační programy	43
11.1	Dešťovka (Nová zelená úsporám)	43
11.2	OPŽP 2014-2020	44
11.3	Národní program životního prostředí	44
12	Rentabilnost při využívání dešťové vody	45
12.1	Firma SEPTIC	45
12.1.1	Investiční návratnost	46
12.2	Dešťovka naruby	46
12.2.1	Vyčíslení.....	47
12.3	Kalkulačka Dešťovky	48
13	HDV objekty v ČR.....	49
13.1	Jiráskovy sady v Litoměřicích.....	49
13.2	Park Pod Plachtami v Brně.....	50
14	Výsledné zhodnocení.....	51
15	Diskuse	53
16	Závěr.....	54
17	Literatura	55
18	Seznam obrázků.....	60

1 Úvod

V dnešním světě, lze pozorovat neustále měnící se klimatické podmínky, zapříčiněné nedostatkem vody. Nové výzkumy stále poukazují na zhoršující se koloběh vody a s ním spjaté projevující se sucho. Tyto změny ovlivňují celkové děje, jak v přírodě, tak v městských oblastech (Beran et al., 2020).

Hlavní příčinou sucha v dnešní době jsou rozrůstající se města. Jelikož urbanizované oblasti jsou charakteristická rozsáhlým územím nepropustných ploch (např. chodníky, komunikace, střechy budov, parkoviště). Nepropustné plochy neumožňují přirozené vsakování neboli infiltraci do podloží to zapříčiňuje zrychlení odtoku vody, kdy povrchový odtok tvoří až 55 % objemu dešťové vody. Zároveň tyto zpevněné plochy snižují celkovou evapotranspiraci (výpar) zemského povrchu. Důsledkem zrychleného povrchového odtoků je také hlavně změna hydrologického režimu, ta se projevuje frekventovanějším výskytem lokálních záplav. Dalším problematickým důsledkem zrychleného odtoku je vytíženost stokového systému, kdy může docházet k přetlakování kanalizace, a tak voda vyvěrá do sklepních prostorů, nebo dokonce přes uliční výpustě přímo do okolí (Vítek et al., 2016).

Součástí koloběhu vody není jen pitná voda, ale také i voda použitá či znečištěná. Proto je nutné dbát na zacházení s použitou vodou, jelikož přímo nakládání s ní ovlivňuje pozdější množství a kvalitu zásob pitné vody (Šálek et al., 2012). Je nutné porozumět tomu, jak lze vodu využívat co nejúčinněji a nejšetrněji, a zároveň prozkoumávat alternativy, které by mohli snížit odběr vody z vodáren. V tomto případě je zadržování dešťových srážek účinným a jednoduchým způsobem, jak podpořit zvýšení zásob vody a obranu proti suchu (Gibberd, 2015).

Problémem dnešní politiky v oblasti dešťové vody je, že srážková voda bývá často vnímána jako problém, kterého je nutno se zbavit. Proto je možné se setkat s metodikou, kdy jsou srážky odvodňovány z pozemku pryč přímo hned do recipientu, kterým je buď vodní tok nebo kanalizace (Adensamová et al., 2019). Proto se začali podporovat metody, kdy se s dešťovou vodou hospodaří (HDV) ve smyslu, že se přispívá k jejímu vsakování, výparu ale i také využívání v odvodňovaných pozemcích domácností či budov (Vítek et al., 2016).

2 Cíl práce

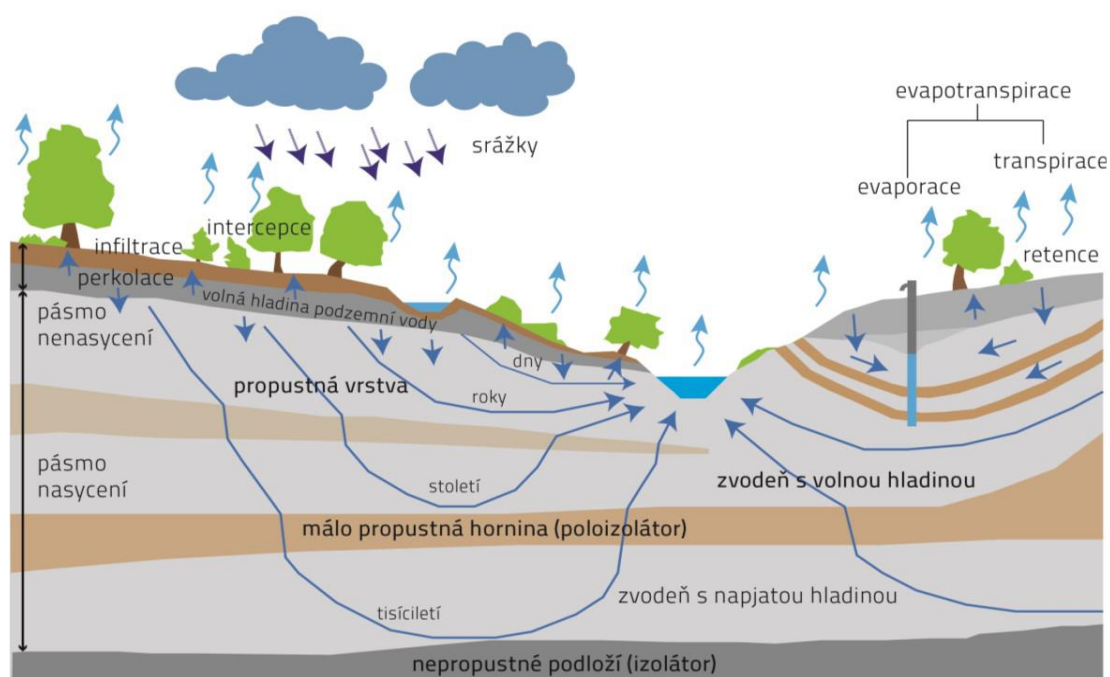
Předmětem této práce je přiblížení celkového procesu vody, od hydrologického cyklu, přes atmosférické srážky a dopad srážek na povrch až k jejich následnému využití v urbanizovaném území. Bakalářská práce si také dává za cíl výstižně zohlednit systém stokování v ohledu odvádění dešťové vody a popsat systém čištění odpadních vod a úpravu vody.

Druhá část této práce bude věnována definování možností nakládání se dešťovou vodou skrze HDV objekty a snaha zdůraznit všeobecnou důležitost hospodaření s dešťovou vodou v městských oblastech. Následně bude stručně popsána legislativa, která je spjatá s touto problematikou a vyzdvihnuty některé dotační programy, které mají za úlohu snížit náklady výstavby zadržovacích objektů, a tak podpořit jejich zřízení. V poslední řadě bude zohledněna rentabilita investice do konkrétního případu hospodaření s dešťovou vodou, a to její využití v domácnostech.

3 Hydrologický cyklus

Voda je nedílnou součástí nejvýznamnějších složek životního prostředí. Zároveň představuje také zásadní nerostnou surovinu, která se využívá nejen v odvětví lidské činnosti, ale také se považuje za jeden z geologických činitelů, jenž se podílí na podobě krajiny (Pačes, 2009).

Důležitým prvkem vody je hydrologický cyklus (viz obr. 1), který znázorňuje vodní oběh. Stěžejní části tohoto cyklu jsou: atmosférické srážky, ty představují rosu, sníh a déšť; povrchový odtok; infiltraci a vypařování (Pačes, 2009).



Obr. 1: Hydrologický cyklus (Slavík et Neruda, 2014)

3.1 Malý vodní cyklus

Malý vodní cyklus je uzavřený koloběh vody, při kterém voda vypařená na pevnině spadne v podobě srážek nad stejným pevninským prostředím. Stejně jako nad pevninou, existuje malý hydrologický cyklus také nad mořem i oceánem. Mezi jednotlivými malými vodními cykly, které probíhají v prostoru a času nad velkými územími s různou morfologií a povrchy s různou vlhkostí, vznikají vzájemné interakce. V malém vodním cyklu se tedy tvoří cirkulace vody také horizontálně, ale na rozdíl od velkého vodního cyklu je pro něj charakteristický vertikální pohyb. Výpar ze sousedních ploch s různými teplotami navzájem spolupůsobí na tvorbě a průběhu

oblačnosti. Lze říct, že nad krajinou obíhá voda současně v množství malých vodních cyklů, které jsou dotovány vodou z velkého vodního cyklu (Kravčík et al., 2007).

Název malý vodní cyklus není nejvhodnější, jelikož vyvolává představu, že je v něm málo vody, opak je tomu pravdou. Průměrné roční srážky nad pevninou se pohybují okolo 720 mm a přísun z moří je okolo 310 mm. Z toho vyplývá, že pevnina si větší část svých srážek (410 mm) dotuje ze vlastního pevninského výparu. Srážkový úhrn v území se podílí na nasycování půdy dešťovou vodou a prostřednictvím malého vodního cyklu se přibližně jedna polovina až dvě třetiny dešťové vody (50-65 %) účastní na zpětné tvorbě srážek nad pevninou (Kravčík et al., 2007).

Kravčík a kol. (2007) definuje malý vodní cyklus, také jako krátký či uzavřený vodní cyklus, je charakteristický pro hydrologicky zdravou krajinu. V krajině nasycené vodou a vodními párami voda cirkuluje v malých množstvích a na relativně krátké vzdálenosti. Tento děj se odehrává díky zmírňování rozdílu teplot mezi dnem a nocí či mezi lokalitami s rozdílným teplotním režimem indukovanému vodními párami. Většina opařené vody se opět sráží v dané oblasti nebo v jejím okolí. Časté a pravidelné místní srážky zpětně udržují vyšší hladinu podzemní vody a tím i vegetaci a výpar a celý cyklus se může neustále opakovat.

Nastane-li však rozsáhlé narušení vegetačního pokryvu (např. odlesňování, zemědělská činnost, urbanizace), sluneční energie dopadá na plochy s nízkým výparem a velká část se přemění na teplo. Tak vznikají výrazné výkyvy teploty a rozdíly teplot mezi dnem a nocí či mezi lokalitami s jiným teplotním režimem růstu. Zvyšuje se proudění vzduchu, a to tak, že jsou vodní páry unášeny tepelným vzduchem daleko a většina vypařené vody se ze země ztrácí. Ubývají malé a časté srážky a přibývají mohutné a méně časté srážky od moře. Cyklus se otevírá, začíná převládat velký vodní cyklus, který je, na rozdíl od „měkkého“ malého vodního cyklu, charakteristický erozí a odplavováním půdních živin do moře. Obnova dominance malého vodního cyklu, který je pro člověka, vegetaci i zemi výhodný, závisí na obnově funkčního rostlinného krytu území a vodních ploch v zemi (Kravčík et al., 2007).

3.2 Atmosférické srážky

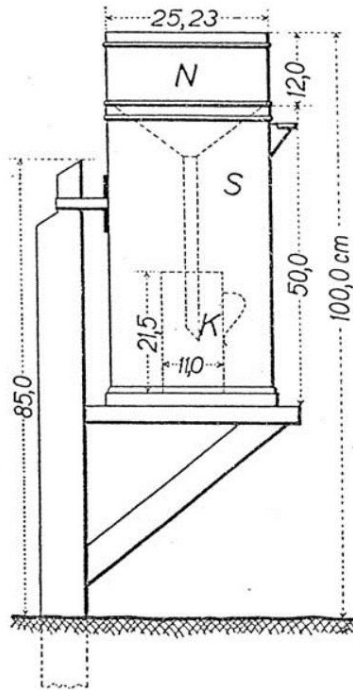
Atmosférická srážky neboli atmosférická voda, vzniká díky chemicko-fyzikálnímu jevu, a to srážením vodních par v plynném obalu Země (Pačes, 2009). Podrobněji se jedná o nasycení vzduchu těmito parami, kdy se po nasycení se začínají vytvářet páry kolem, jako minerály, soli, pyl, spóry a další. Vytvořené kapičky se nejdříve akumulují v ovzduší v podobě mraků a s pokračováním tohoto jevu se daná oblaka zvětšují až do chvíle (Šilar, 1996), kdy se následně voda uvolní a projeví dopadem na svrchní vrstvu litosféry neboli zemský povrch v podobě deště, sněhu, krup ale také i jinoatky, či jiných námraz. Rozpouštěním aerosolů a plynů je ovlivněn chemismus srážek. Významnými plyny jsou plyny reaktivní a to kyslík, oxid uhličitý, oxid siřičitý a oxidy dusíku (Pačes, 2009).

Srážky se dále rozdělují do dvou kategorií, a to srážky vertikální a horizontální. Pod vertikálními srážkami si můžeme představit již zmíněné formy jako je déšť, sníh a kroupy. Název je odvozen od jejich směru vzniku a dopadu. Zatímco do skupiny horizontálních spadají srážkové jevy jako mlha, rosa, námraza, jinoatka či ledovatka. Kdy jejich vznik závisí na ochlazení povrchu rostlin, země a předmětů pod rosný bod (Šilar, 1996).

3.2.1 Srážkoměry

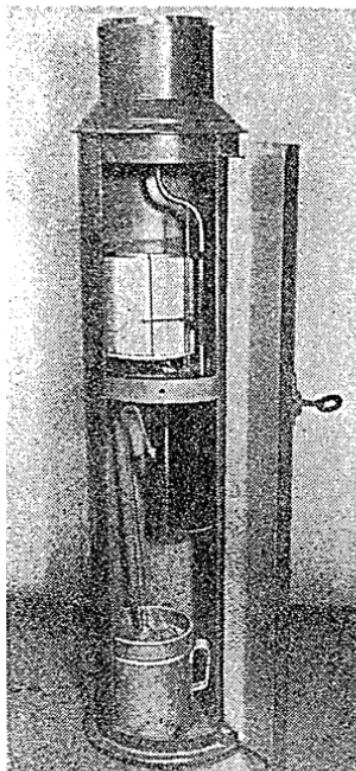
Srážkoměr nebo také hyetometr je základním přístrojem k měření spádů atmosférických srážek různého druhu. Srážkoměry měří úhrn srážek, tedy výšku vody ve srážkovém sloupci za určitý čas. Úhrn je obvykle uváděn v jednotkách mm/h (METEO AKTUALITY, © 2022).

Jeden ze způsobů zjištění informací o množství srážek se získává pomocí nádoby s rovným dnem, která může libovolnou šířku. Úhrn srážek je měřen v milimetrech, a ty určuje výška zakřivení hladiny kapaliny v důsledku interakce se stěnou válce, tento kapilární jev se odborně nazývá meniskus. Jednomu srážkovému milimetru odpovídá jeden litr dešťové vody na ploše o velikosti jednoho metru čtverečního (Skřehot, 2004a).



Obr. 2: Ombrograf (Skřehot, 2004a)

Srážkoměr zvaný **ombrometr** (viz obr 2) je využíván pro staniční účely. Srážkoměr je tvořen ze dvou částí. První částí je válec z nerezového plechu (S), druhou částí je trychtýř (N), který má stejný průměr jako válcovitá nádoba pod ním. Velikost tohoto průměru je standartně stanovena rozměrem 25,23 cm, z toho vyplývá, že záchytná plocha se rovná 500 cm². Pro odečet úhrnu srážek se užívá specifických



Obr. 3: Staniční srážkoměr "ombrometr" (Skřehot, 2004a)

nádob ve tvaru válce, které jsou odměřeny na milimetry spadlých srážek. Ombrometr je umístěn na stojanu, který zvedá jeho dno do výšky 40 cm (Skřehot, 2004a).

Pro průběžné měření úhrnu srážek, je využíván přístroj nesoucí název **ombrograf** (viz obr. 3). Princip jeho úlohy vychází z toho, že dešťová voda plní nádobu válcovitého tvaru zdvihá plovák, který je v ní zabudován. K tomuto plováku je připojeno pero, jenž zaznamenává na list vývoj množství srážek v milimetrech spadlých za určitý čas. Součástí zařízení je hodinový stroj, který otáčí celým mechanismem. Záznamovému bubnu trvá otočení jeden týden (Skřehot, 2004a).

Výška sněhové pokrývky, se určuje pomocí **sněhoměrné tyče**. Tato tyč je cejchována v centimetrech a umožňuje pouze určit výšku napadaného sněhu, nikoli jeho srážkový úhrn. Avšak lze využít obecné pomůcky, která uvádí, že 1 cm nově napadaného sněhu se „rovná“ výšce 1 mm vody, ale tato hodnota je pouze orientační, proto je nutno ji nepovažovat za nikterak směrodatnou (Skřehot, 2004a).

Dnes je také využíváno automatických srážkoměrů. Prvním z nich je **automatický člunkový srážkoměr**, jeho měření spočívá v počtu překlopení dvoudílného člunku, když do srážkoměru přitéká voda. Počet překlopení určuje intenzitu a množství srážek. Druhým využívaným srážkoměrem je **automatický váhový srážkoměr** ten dle názvů, funguje na základě vážení nádoby, do které jsou zachyceny srážky. Vážení provádí tenzometrická váha s připojením na elektrické přístroje. Je mnohem přesnější než člunkový srážkoměr, jelikož srážky jsou okamžitě vyhodnoceny (METEO AKTUALITY, © 2022).

3.2.2 Výparoměry

Jednou ze základních složek hydrologického cyklu je evapotranspirace, ta zahrnuje vypařování z půdy, z rostlin a vodních ploch. Evapotranspirace v dnešní době nabývá velkého významu, a to z důvodu probíhajícího oteplování. Z důvodu obtížného měření je množství výparu z půdy a rostlin obvykle získáváno výpočtem. V případě vodní hladiny je možné využít výparoměru. **Výparoměr** funguje na bázi nádoby s vodou, ve které se měří výška její hladiny. Lepším a přesnějším typem měření výparu je **plovoucí výparoměr**, jelikož dokáže lépe simulovat skutečné podmínky vodní plochy, na které je umístěn (Beran et al., 2020).

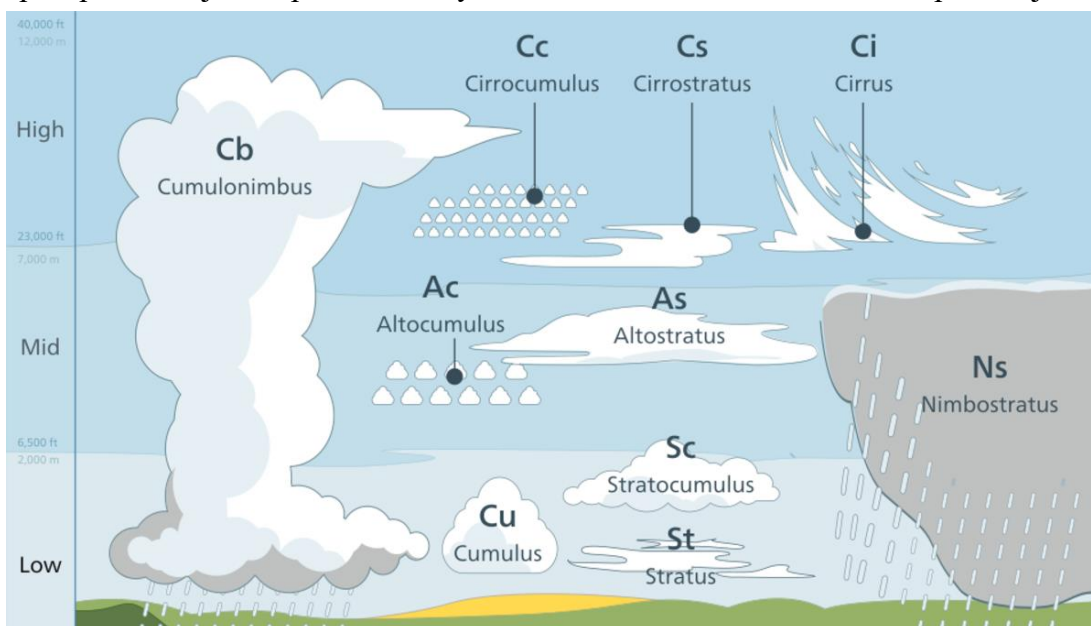
Co se týče vodního hospodářství je ztráta vody výparem stěžejním, co se týče rostoucí teploty vody a vzduchu. Další aspekty, které mohou ovlivnit vypařování, jsou tlak a vlhkost vzduchu, vítr a sluneční záření. V podmínkách České republiky dosahuje výpar více než průměrný roční úhrn srážek a to 900 mm (Beran et al., 2020).

3.2.3 Trvalé srážky a přeháňky

Trvalé srážky, ať už ve formě sněhu či deště, představují takové srážky, u kterých se jejich trvání odehrává v delším časovém intervalu. Přetrvávající dešť nebo sníh vznikají nejčastěji z oblak typu nimbostratus (Ns) či Altostratus (As), které se vyskytují nad většími oblastmi (Kopáček et al., 2019).

Kopáček a kol (2007) zmiňuje přeháňky jako opak trvalých srážek. Jejich trvání se spíše odehrává v kratším časovém intervalu, za to jsou velmi intenzivní, a to hlavně v jejich množství spadených srážek. Přeháňky se objevují z oblak druhu Cumulonimbus (Cb) a to spíše nad menším územím, než jak tomu je u srážek trvalých. Častými jevy doprovázející přeháňky jsou hlavně průvaly větrů či v letních obdobích krupobití a bouřky.

Jeden z dalších úkazů srážek je tzv. občasný dešť, ten je často zaměňován s právě zmíněnými přeháňkami, proto je nutno je rozlišovat. Občasný dešť se vyznačuje, přerušovaným deštěm, který je zpravidla méně silný, zároveň vzniká z vrstevnatých mraků, typu Nimbostratus (Ns). Naopak k tomu dešť, který je značen jako přívalový spíše představuje tzv. přeháňka, kdy v omezeném časovém intervalu, například jedné



Obr. 4 Druhy oblaků (URL 1)

hodiny, dosáhne úhrn srážek desítek mm. Díky tomuto meteorologickému jevu vznikají následně místní povodně a záplavy (Kopáček et al., 2019).

V dnešní odborné literatuře se jsou uvedené dvě terminologické rozlišení srážek, a to konvekční (konvektivní), či stratiformní (vrstevnaté). U konvekčních se jedná o spíše srážky kratšího časového intervalu vyskytující se z oblak s vertikálním (svislým) průběhem, které jsou tvořeny intenzivní konvencí v atmosféře, a to hlavně z typu Cumulonimbus (Cb), případně u méně intenzivních přeháněk se jedná o oblaka druhu Cumulus congens (Cu con). Co se týče srážek stratiformních jejich trvání je spíše delšího intervalu a vznikají zejména z oblačnosti tvořené systémem vrstvení. (Kopáček et al., 2019).

3.2.4 Bouřka

Bouřka představuje prudkou atmosférickou poruchu, která je charakterizovaná nízkým barometrickým tlakem, oblačností, intenzivními srážkami, silným větrem a případně blesky či hromy. Bouřka vzniká v oblacích typu Cumulonimbus, kde se projevují jevy akustické, optické a elektrické (Tikkanen, 2017).

Dle platné mezinárodní úmluvy se bouře klasifikují do dvou skupin, a to tedy na bouřky místní a frontální. Bouřky frontální neboli tažné se objevují v oblasti atmosférické fronty a poté s ní dále postupují. Bouřky tohoto druhu dále charakterizujeme jako bouřky teplé, či studené fronty. Bouřky nefrontálního typu se vyskytují vně stejné vzduchové hmoty. Do této skupiny také spadají bouře konvekční, které vznikají z tepelné konvence a bouře orografické, které vznikají na základě společného působení horských svahů, které míří kolmo na směr vzduchového proudění. (Skřehot, 2004b).

V letním období může mít bouřka za následek přívalové povodně. Tyto povodně vznikají za působení velmi intenzivního deště, kdy napadá více než 100 mm vody v rozmezí 6 hodin. Jelikož půda nestihá takové množství srážek pojmout, voda odtéká po povrchu pryč a odebírá sebou půdní materiál, což může způsobit erozi (ČHMÚ, © 2022).

3.3 Povodně

Povodní se dle § 64 zákona č. 254/2001 Sb. rozumí přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody.

Ve většině případech je povodeň způsobena větším průtokem vody, kterou kapacita koryta již nedokáže pojmout, v tomto případě je povodní zasažena delší část vodního toku. V jistých situacích může být vylití z koryta pouze lokální, díky zúžení či přehrazení na určitém místě (ČHMÚ, © 2022).

Hlavními příčinami povodní bývají jevy, které mají přírodní charakter. Způsobuje je například intenzivní déšť, náhlé a rychlé tání sněhu, anebo zablokování koryta ledovou hrází. Druhým typem povodní jsou tzv. „zvláštní povodně“, ty mohou být vyvolané havárií na přehradě, kdy dojde k jejímu protržení. Ačkoliv výskyt zvláštních povodní bývá většinou spojen se zvýšeným průtokem, dopad jejich škod je obvykle větší než při povodních přirozených (ČHMÚ, © 2022).

V případě odtoku dešťové vody je pohlíženo na zpevněné plochy. Mnohem intenzivnější a rychlejší odtok probíhá na nepropustných površích, jako jsou silnice, vydlážděné plochy, plochy střech, a další antropogenní objekty (STRIMA II., © 2016-2020).

4 Stokování

Již ve starověku mnoho měst mělo odvodňovací systémy, ale tyto systémy byly primárně určeny k odvádění dešťové vody ze zpevněných ploch měst. Pozoruhodným příkladem je systém odvodňování, který se využíval ve starověkém Římě. Zahrnoval mnoho povrchových kanálů, které byly připojeny k velkému klenutému kanálu zvanému „Cloaca Maxima“ (Velká stoka), který odváděl drenážní vodu do řeky Tibery. Cloaca Maxima je jednou z nejstarších existujících památek římského inženýrství (Ambulkar et Nathanson, 2022).



Obr. 5: „Cloaca Maxima“ (URL 2)

Během středověku se stav městského odvodnění zhoršil. Ačkoliv se začaly používat záchodové prevéty a žumpy, tak většina vzniklého odpadu byla jednoduše vyhazována z okapů do ulic, kdy se při deštích propláchly odtokem. Výkaly často znečišťovaly zdroje pitné vody. Na počátku 19. století započala v domech instalace splachovacích záchodů, ale ty byly obvykle napojeny na žumpy, nikoli na kanalizaci. V hustě obydlených oblastech se místní poměry brzy staly neúnosnými, jelikož se žumpy málokdy vyprazdňovaly, což vedlo v mnoha případech k přetečení (Ambulkar et Nathanson, 2022).

Splaškové vody se následně dostávaly skrze srážkový odtok do městských ploch, a to především do zdrojů pitné vody. Toto poukazovalo na zjevné ohrožení

veřejného zdraví. Dalším aspektem pro městské odvodnění byla také ochrana zastavěných částí před zvýšeným odtokem srážkových vod (Vítek et al.,2016).

V polovině 19. století byla v Anglii objevena ohniska cholery přímo v zásobách studní vody kontaminované lidským odpadem ze záchodů a žump. Pro velký počet splachovacích toalet bylo ve větších městech brzy nutné jejich napojení na tehdejší veřejnou kanalizaci. Tím se odpadní vody z blízkosti domů přenesly do blízkých vodních ploch, což vedlo k novému problému, a to znečištění povrchových vod (Ambulkar et Nathanson, 2022).

Dnešní moderní kanalizační systémy se dělí do dvou kategorií, a to na kanalizace jednotné, což je kombinovaný systém, kdy dešťová voda i splašková voda je odváděna jednou sítí a kanalizace oddílné, kde dochází k oddělení odvodu vod splaškových a vod dešťových. Upřednostňovaným systémem je kanalizace oddílná, kdy splaškový odtok je veden do čistírny odpadních vod k následné úpravě (stejně jako jednotná kanalizace) a poté je vypouštěn do recipientu za to dešťová kanalizace je přímo odkloněna do vodního toku (Schreiber, 2021).

4.1 Oddílná kanalizace

Oddílná kanalizace disponuje funkcí oddělovat splaškové vody od vod srážkových. Splaškové vody jsou odváděny směrem do čistírny odpadních vod (ČOV) za to srážkové vody směřují skrze dešťovou kanalizaci do vodních toků. Pod pojmem splaškové vody si lze představit veškeré vody, které jsou vypouštěny například z průmyslových areálů, zdravotnických objektů, obchodních center, a hlavně z domácností. Odvádění srážkových vod do vodních toků zabraňuje zatěžování čistírny odpadních vod (BVK, ©2005–2022).

Je však nutné odtok do dešťové kanalizace regulovat pomocí retenčních nádrží a regulačních zařízení z důvodu ochrany drobných vodních toků. Při velkém množství vody dochází v drobných vodních tocích k hydraulickému stresu – eroze dna, břehů, odnos organismů a narušení jejich prostředí. I přestože oddílná kanalizace má své výhody jsou s ní spjata možná rizika jako například nesprávné napojení, kdy dochází nebezpečnému odvádění odpadních vod z nemovitosti (BVK, ©2005–2022).

Hlavním důsledkem špatného napojení jsou problémy, které způsobují srážkové vody ve splaškové kanalizaci. Splašková kanalizace nedokáže pojmout větší množství srážek, což vede k jejímu přehlnutí. Díky tomuto stavu se lze setkat s negativním jevem, kdy z kanalizačních poklopů vytéká voda na povrch (BVK, ©2005–2022).



Obr. 6: Nesprávné napojení dešťových vod (BVK, ©2005–2022)

4.2 Dešťová kanalizace

Se srážkovou vodou je třeba dobře hospodařit, nejen z důvodu předejetí sucha ale také k zabránění odtoku z nepropustných ploch. Nepropustné povrchy neumožňují vsakování dešťové vody, což vede k rychlému odvodnění, a to negativně ovlivňuje klima, teplotu, vegetaci a vlhkost uvnitř měst. V horších případech zrychlený odtok může vést k záplavám a tím poškodit budovy, auta a stavby (Ogale, 2019).

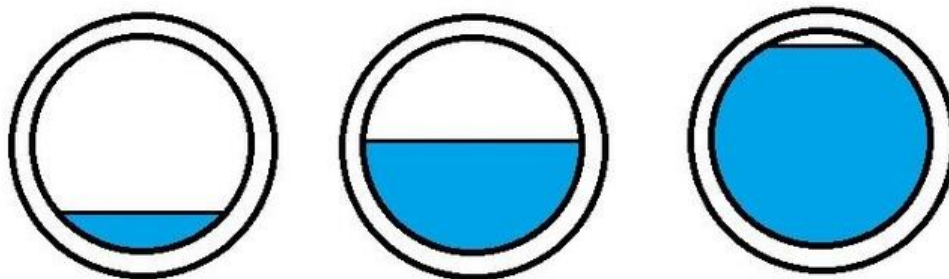
Dešťová voda je často vnímána jako odpadní voda, která je následně se splaškovými vodami směřována jednotnou kanalizací k její likvidaci (Kravčík et al., 2007). Odvod dešťové vody je možný i přes dešťovou kanalizaci, která je součástí oddílného systému, ačkoliv je tento způsob preferovaný není tak využíván (Ogale, 2019).

Úloha dešťových kanalizací tedy spočívá v odvodu srážek ze zastavěných ploch. Dešťové kanalizace také zabraňují přečerpání kapacity splaškových kanalizací, a tak zamezují možné havárii a jejich vyčerpání. Na soukromých pozemcích jsou vybudované dešťové svody, které jsou napojené na okapy. Tato voda posléze může být odváděna do většího celoměstského systému dešťové kanalizace (Trenchlesspedia Inc., © 2022).

Problém však může nastat, když se tyto dešťové odtoky zablokují, nebo když množství deště jednoduše zahltní systém. Nečistoty mohou snadno zablokovat kanál na dešťovou vodu, což může způsobit akumulování vody a následné zaplavení oblasti na něm (Trenchlesspedia Inc., © 2022).

Odvod srážkové vody z dešťové kanalizace se uskutečňuje gravitačním a podtlakovým typem odvodnění. U gravitačního typu se potrubí plní jen v oblasti průřezového profilu. V potrubí dochází k různým stupňům plnění vzhledem k měnící se intenzitě srážek. Ve chvíli nulové intenzity srážek se začínou na stěnách potrubí usazovat nečistoty, jelikož potrubí není dobře proplachováno vodou. V případě omezené kapacity vzduchu v potrubí z důvodu jeho přílišného zaplnění se znemožňuje odvod vody, a to díky nízkému větrání, což vede ke vzniku podtlaku v potrubí. Takový stav je u tohoto typu (gravitačního) odvádění nechtěný. Avšak u podtlakového odvádění je podtlak žádoucí, jelikož je tento systém využíván při odvodu vody z plochých střech. (Dufka et Wierzbická, 2021).

Obecně je spíše využívám gravitační typ dešťové kanalizace. Voda přes přepady proudí stále do větších potrubí, které ji vedou do recipientů tedy do vodních toků (Trenchlesspedia Inc., © 2022).



Obr. 7: Stupeň plnění potrubí; málo vody (vlevo), správné množství vody (uprostřed), málo vzduchu (vpravo) (Dufek, 2021)

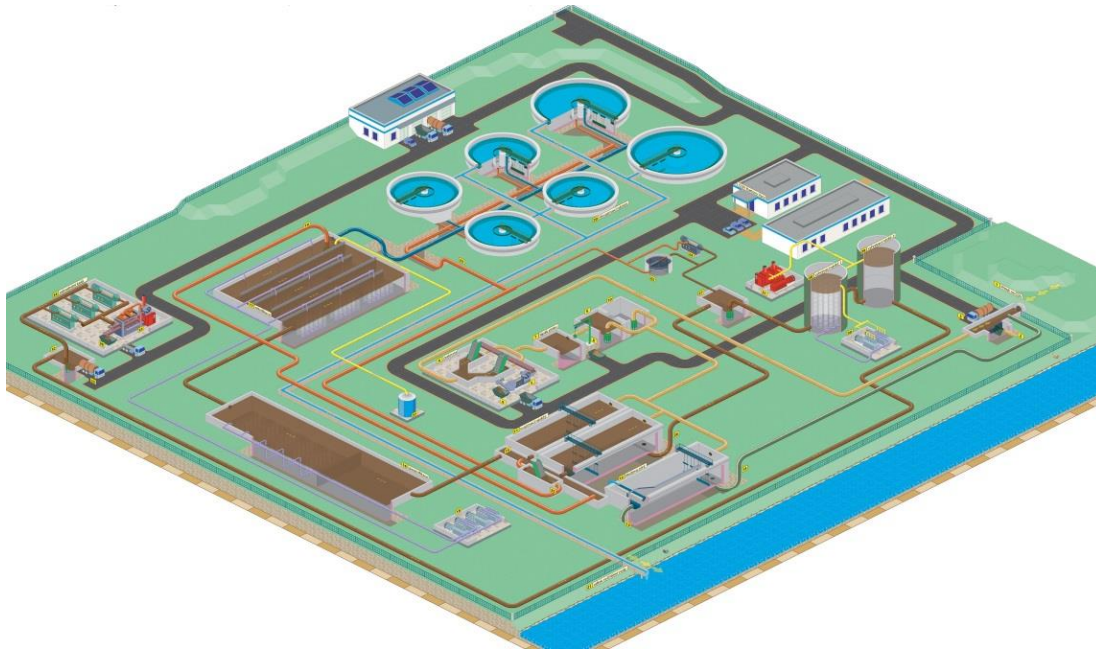
4.3 Znečištění vod

Rozlišení vody na čistou a znečištěnou závisí hlavně na typu a koncentraci nečistot, která voda obsahuje a zároveň na její zamýšleném použití, a to z důvodu, jelikož se v přírodě voda v čisté formě (tj. mimo chemické laboratoře) nevyskytuje. Obecně řečeno, voda je považována za znečištěnou ve chvíli, kdy obsahuje takové množství nečistot, že není vhodná pro konkrétní použití, jako je pití, plavání nebo rybaření. Přestože je kvalita vody také ovlivněna přírodními podmínkami, tak slovo „znečištění“ obvykle implikuje lidskou činnost jako zdroj její kontaminace. Znečištění vod je tedy způsobeno především odváděním kontaminovaných odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních (Ambulkar et Nathanson, 2022).

Vznik odpadních vod je způsoben lidskou činností, která vodu znečišťuje a tím zhoršuje její kvalitu. Odpadní vodu lze dělit na komunální (ze škol, úřadů, domácností od živnostníků apod.) a průmyslovou (průmyslové podniky). Odpadní vody jsou vedeny skrze kanalizační systémy do čistíren odpadních vod (ČOV), kde následně probíhá jejich vyčištění, než se budou moct vypustit zpět do recipientů (VIZUS, © 2022).

5 Čistírna odpadních vod

Jak již bylo zmíněno význam čištění odpadních vod spočívá v odstraňování nečistot z odpadních vod nebo splašků před tím, než jsou vypuštěny do recipientů (Ambulkar et Nathanson, 2022). Čistírny odpadních vod fungují na podobném principu jako vodní toky, ve kterých probíhají samočistící děje. Avšak voda v čistírnách je soustředěna do menších prostor, kde se uměle reguluje průběh jejího čištění. To má za důsledek intenzivnější a rychlejší proces čištění, než jak je tomu v přirozených podmínkách. Valná část objemu odpadních vod je sváděna a čištěna v městských neboli v komunálních čistírnách. V čistírně se lze setkat s několikastupňovým procesem čištění (Pecháček, 2019).



Obr. 8: Technologické schéma ČOV Drahovice (URL 3)

5.1 Proces čištění odpadních vod na ČOV Drahovice

Čistírna odpadních vod Drahovice je rozdělena na tři části procesu čištění a to mechanické, biologické a kalové hospodářství. Mechanická část má za úlohu zbavení vody hrubých nečistot, písku a nerozpuštěných usazených či plovoucích látek. Druhé části děje čištění tedy v biologickém se z vody odstraňují znečišťující rozpuštěné látky organického charakteru, také sloučeniny fosforu a dusíku. Kalové hospodářství je určeno ke zpracování kalu, který během procesu čištění vzniká (VODAVKA, © 2021a).

5.1.1 Mechanická část

Proces čištění odpadních vod začíná u mechanické části. Splaškové vody jsou vedeny skrze kanalizaci do hlavní kmenové stoky, ta je dále pomocí gravitace svádí na čistírnu odpadních vod. Na základě toho, aby nedošlo k poškození technologií či zatopení čistírny v období intenzivních dešťů, je využíváno v čistírně odlehčovací komory. Ta v případě zvýšeného přítoku pojme část vody neboli část vody přepadá přes její hranu, kterou posléze sune přímo do řeky. Díky umístění hrubých česlí za přepadem jsou zachycovány a odstraňovány plovoucí nečistoty před vypuštěním vody do recipientu (VODAVKA, © 2021a).

Dalším objektem kudy voda protéká je česlovna, obsahuje dva žlaby, ve kterých jsou umístěny jemné strojně stírané česle. Pomocí těchto jemných česlí se zachytí nečistoty jako papír, plasty, kameny, cigaretové filtry, zbytky jídla, hadry apod. Tyto shrabky nadále putují do propíracího lisu, zde se odvodní, properou a slisují. Skrze potrubí jsou odváděny do sběrného kontejneru a posléze odvezeny na skládku (Ambulkar et Nathanson, 2022).

Po česlovně voda odtéká do obdélníkové nádrže neboli do lapáku písku. Jak je zřejmé z názvu lapák slouží k zachycení drobnějších látek velikostně odpovídající písku či štěrku. Lapák písku zajišťuje, aby tyto drobné nečistoty v průběhu dalšího čištění nepoškodily stroje, a tak nezatěžovaly chod čistírny (Pecháček, 2019). V procesu se písek usazuje na dně nádrže, ten je posléze vyvážen společně se shrabky na skládku (VODAVKA, © 2021a).

Nadále voda směřuje do čerpacích jímek, zde se přečerpá do dvou nádrží s usazovací funkcí a tím se odstraní další nerozpuštěné nečistoty. Látky o těžší hmotnosti pozvolna klesají ke dnu nádrže, kde se usadí a jsou následně shrnuty shrabovacími mosty směrem do kalových jímek. Mosty zároveň odstraňují látky, které zůstaly na hladině, těmi jsou zejména tuky. Vyčištěná voda mechanickým procesem přepadá do žlabu, kde je směřována k dalšímu stupni čištění a to biologickému (Ambulkar et Nathanson, 2022).

Z důvodu ohrožení účinnosti biologického stupně čištění je vedle usazovacích nádrží vybudována nádrž (dešťová nádrž), která plní úlohu zachytávání většího množství přebytečné vody z intenzivních srážek. Ve chvíli, kdy se hodnota

přitékajícího množství vody znormalizuje, je zachycena voda směřována celým procesem čištění (VODAVKA, © 2021a).

5.1.2 Biologická část

Biologický stupeň tvoří v čistícím procesu stěžejní úlohu. Odpadní voda je po mechanickém stupni vyčištěna od nerozpustných látek, avšak je v ní stále obsaženo mnoho rozpuštěných látek, které způsobují její znečištění. Jedná se předně o kontaminanty typu dusíkatého a uhlíkatého charakteru, zároveň se ve splašcích vyskytují sloučeniny fosforu, které vznikají jak v komunální odpadní vodě, tak i v průmyslové (VODAVKA, © 2021a). Tyto znečišťující rozpuštěné látky se odstraňují za pomoci směsi mikroorganismů neboli za pomoci aktivovaného kalu, ten využívá tyto kontaminanty jako zdroj energie a následně skrze svůj metabolismus je přirozeně z vody odbourá. Při čistícím ději prochází aktivovaný kal koloběhem, kdy ke konci aktivace a dosazování do vody se oddělí část kalu, který je vrácen zpět na začátek procesu (EPA, 1998).

Biologická část je tvořena šesti dosazovacími nádržemi ve tvaru kruhu a dvěma aktivačními nádržemi, ty jsou pomocí přepážek rozděleny do několika sekcí. Než je odpadní voda dopravena do první aktivační nádrže je smíchána s vratným kalem a s aktivační směsí z konce procesu čištění druhé nádrže, z důvodu zvýšení účinnosti čistícího děje. V první nádrži se především odstraňuje znečištění dusíkatého charakteru, k tomu dochází pomocí nepropustnosti vzduchu a díky již zmíněnému metabolismu mikroorganismů. V průběhu celého děje je nádrž promíchávána pomocí ponorných míchadel, to zajišťuje stejnorodost směsi odpadní vody a aktivovaného kalu, zároveň podporuje dosažení co nejlepších čistících účinků (Ambulkar et Nathanson, 2022).

Druhá nádrž zejména plní funkci odstranění uhlíkatých znečišťujících částic. Pro přítomnost kyslíku, který mikroorganismy potřebují ke svému životu, se do nádrže vhání vzduch pomocí systému roštů, to zároveň podporuje, že se celá směs udržuje ve vzhledu. I přestože fosforečnany obsažené ve vodě jsou částečnou „potravou“ pro mikroorganismy, tak jejich úplnému odstranění z odpadní vody to nestačí. K jejich odstranění se do druhé nádrže dávkuje chemikálie, které způsobí vysrážení rozpuštěného fosforu do vloček (VODAVKA, © 2021a).

Z aktivačních nádrží voda směřuje do systému šesti dosazovacích nádrží, zde se oddělí aktivovaný kal od vyčištěné odpadní vody. Lehké složky směřují k hladině za to těžší kal se zvolna usazuje na dnu nádrže. Následně se pomocí strojního zařízení stírá mechanicky jak hladina, tak i dno nádrže. Kal je směřován zpět na začátek procesu biologického stupně čištění. Avšak pro zachování optimálního množství mikroorganismů se část kalu oddělí jako takzvaný přebytečný kal, který se odčerpá do jímky ke dalšímu procesu, a to pro zpracování ve kalovém hospodářství. Takto vyčištěná voda je poté vedena přes zanořené děrované potrubí či přepadovou hranu do otevřeného žlabu, kudy odtéká přímo do recipientu v tomto případě řeky Ohře (VODAVKA, © 2021a).

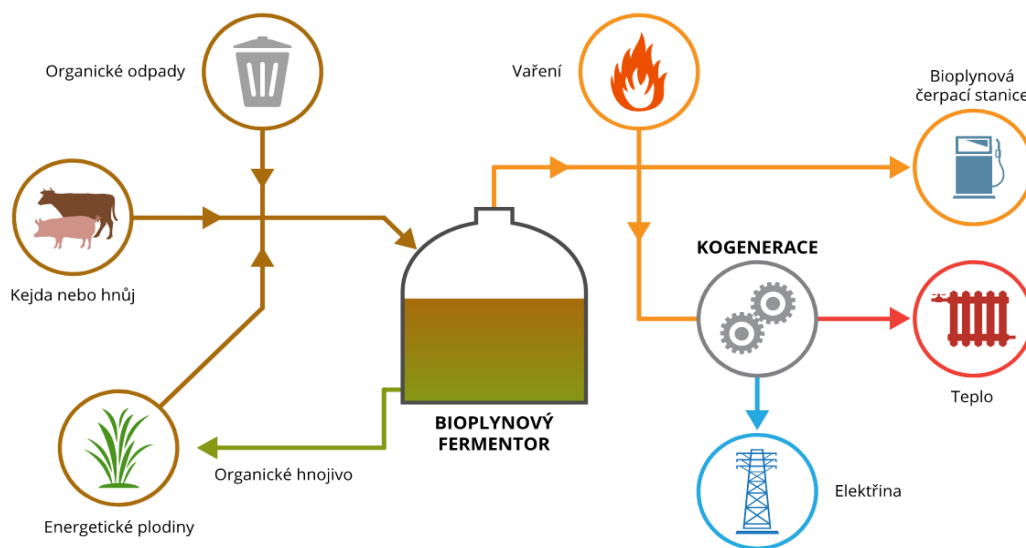
5.1.3 Kalové hospodářství čistírny

Hlavním odpadem z procesu ve čistírnách odpadních vod jsou kal z usazovacích nádrží a přebytečný kal z dosazovacích nádrží. V těchto kálech se vyskytuje velké množství organických látek, ve kterých následně probíhají hnilobné procesy a zároveň obsahují řadu mikroorganismů patogenního typu. Kaly se nedají transportovat, jelikož se nacházejí v tekutém stavu. Proto je tedy nutno před vývozem kal odvodnit a odstranit z něj nebezpečné látky. V procesu zpracování kalu se zároveň využívá biomasy, z důvodu jejího energetického potenciálu, ta je přímo v kalu obsažená (VODAVKA, © 2021a).

V první řadě se ve flotační nádrži přebytečný kal částečně zahustí. Pak nadále putuje společně s kalem z usazování do dvou nádrží s vyhnívací funkcí. Ve vyhnívací nádrži jsou kaly bez přítomnosti vzduchu zahřívány a tím se postupně rozkládají. Díky tomuto procesu vzniká bioplyn, pomocí jeho spalení kogenerační jednotce se z něj vyrábí tepelná a elektrická energie (VODAVKA, © 2021a).

Dalším bodem ve zpracování kalu jsou homogenizační nádrže, zde dochází k promíchání míchadlem, kde je výsledkem vznik stejnorodé směsi. Zároveň se do této nádrže čerpá dovezený kal z okolních menších čistíren odpadních vod z důvodu absence kalového hospodářství v těchto objektech (Pollert, 2012).

Následně kal putuje do odvodňovací linky ta je tvořena nízkoteplotní sušárnou a třemi odstředivky. Do kalu se vmíchává roztok flokulantu, a to ještě před jeho odvodněním, roztok způsobuje snazší separování kalu od kalové vody. Díky odstředivkám je kal odvodněn na 23 % až 27 %, vzniklá sušina je posléze dopravena do dávkovacího sila. Kal je v silu se za pomoci čerpadla vytlačen do formy podlouhlých pruhů na pás sušárny. Pás vede skrz šest horkovzdušných komor, které pruhy kalu vysuší. Výsledkem kalového hospodářství je suchý granulát, který obsahuje cca. 90 % sušiny, ten je vyvážen z čistírny k dalšímu možnému využití (VODAVKA, © 2021a).



Obr. 9: Bioplynový fermentor (URL 4)

6 Úprava pitné vody

Základní úlohou úpraven vody je zpřístupnit v dostatečném množství vodu odpovídající kvality pro nejrůznější použití za rozumné ceny. Od pitné vody se očekává, že voda bude nezávadná, tedy zdravá a čistá. Což tedy implikuje to, že je nutné, aby pitná voda nezpůsobovala zdravotní problémy, ale v důsledku se požaduje, aby pitná voda zároveň byla i atraktivní pro jejího spotřebitele. Proto by voda měla být bez barvy, chuti, zápachu ale i také bez nadměrného množství minerálních a organických látek. Málokterý zdroj surové vody splňuje požadavky spotřebitelského pojetí zdravé vody (Masschelein, 1992).

6.1 Úpravna vody Březová

Mezi největší úpravy pitné vody na Karlovarsku patří úpravna Březová. Více než jedna třetina obyvatel Karlovarského kraje, je touto úpravnou pitné vody zásobena. Surová voda do úpravně je čerpána z přehrady Stanovice, která se nachází na lomnickém potoce. Vodní nádrž Stanovice leží v ochranném vodním pásmu, což zaručuje velmi kvalitní zdroj surové vody, která není ohrožena nebezpečím ze urbanistického, průmyslového či zemědělského znečištění. Úpravna má možnost vyrábět až 650 litrů pitné vody za sekundu, ale ve skutečnosti produkuje pouze 250 litrů pitné vody za sekundu. Úpravna Březová funguje ve třech stupních úpravy pitné vody, těmi jsou koagulace a filtrace, ztvrdování a ultrafiltrace. Úpravna je řízena počítačovým řídicím systémem, což podporuje její plnou automatizaci (VODAVKA, © 2021b).

6.1.1 Přívod surové vody

Zásobní prostor vodní nádrže Stanovice činí 24,2 milionů m³ vody. Na základě výšky hladiny a kvality vody v jednotlivých vrstvách přehrady, je voda z nádrže čerpána skrze odběrnou věž, a to z možných šesti profilů. Potrubí, které přivádí surovou vodu do úpravně, je vybudováno z ocelového materiálu s gravitační funkcí, potrubí je dlouhé 3,56 km a v průměru nese jeden metr. Každý den je do úpravně přivedeno cca. 22000 m³ surové vody. Díky výškovému rozdílu mezi Stanovickou nádrží a úpravnou Březová, se může využívat surové vody jako zdroje energie. Na jejím přítoku je vybudována malá vodní elektrárna s výkonem 55kW k vytvoření

elektriny, které následně úpravna využívá a také tepelné čerpadlo, co svým teplem ze surové vody zásobuje administrativní budovu (VODAVKA, © 2021b).

6.1.2 První stupeň úpravy

Prvním stupněm úpravy vody je koagulace neboli srážení nečistot obsažených ve vodě, toho se dosáhne díky chemikáliím přidaným do surové vody. Vysrážené nečistoty se následně po jejich usazení z vody odstraní. U koagulace se dělí dvě fáze a těmi jsou pomalé míchání a rychlé míchání. Pro destabilizování a zahájení procesu sražení nečistot, je nutné surovou vodu vést do tzv. rychlomísíče, kde je krátce a intenzivně míchána vertikálním míchadlem který společně s přidaným síranem hlinitým neboli koagulačním činidlem, způsobuje zaobalování nečistot do malých vloček (Ambulkar, 2018).

Další fází je flokulace, k tomu slouží osm metrů hluboké flokulační nádrže, které jsou pomocí přepážky rozděleny na dvě části. Zde se pomocí pádlového míchadla voda promíchává 10 až 30 minut. Následně je zapříčiněno zvětšování vloček pomocí elektrochemické reakce (VODAVKA, © 2021b).

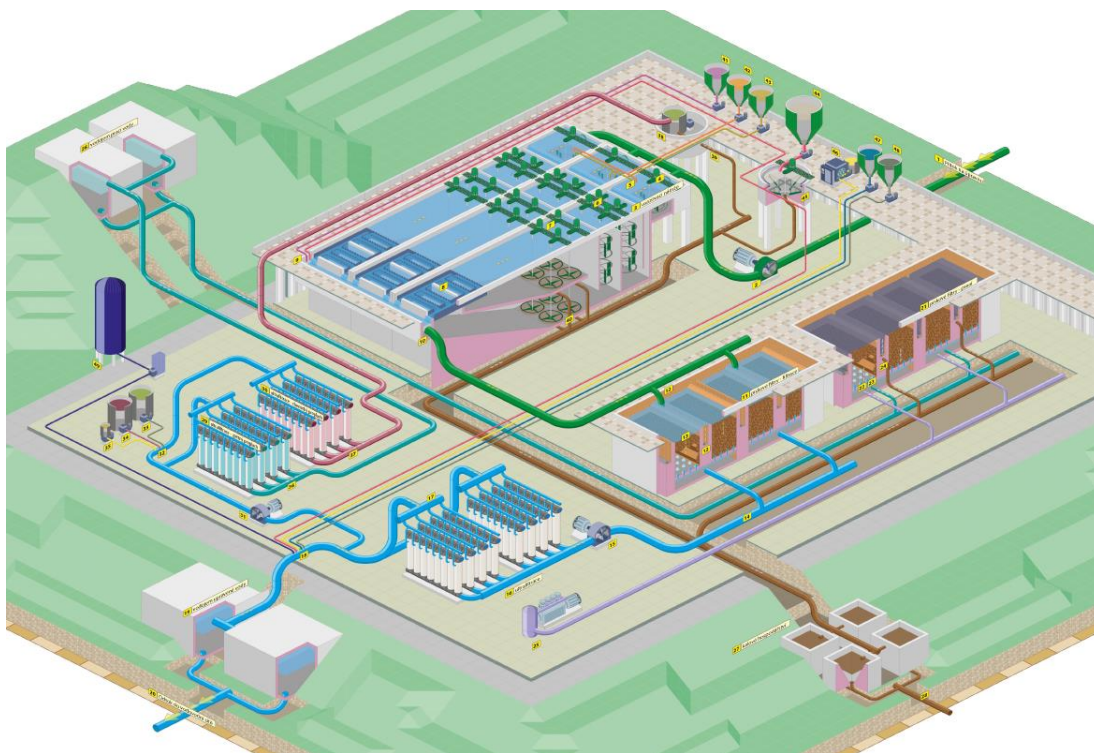
Posléze je voda směřována do tří nádrží, kde probíhá usazování velkých vloček. Usazovací nádrže jsou o velikosti 9000 m³ a obsahují dvě patra s vodorovným usazováním. Každá nádrž je rozdělena pomocí děrovaných stěn na čtyři části. Voda v tomto stavu je v nádržích v přibližně 9 hodin. V prvních dvou částech se usadí valná většina nečistot, vzniklý kal se následně shrabává ze dna kruhovými sběrači (VODAVKA, © 2021b).

6.1.3 Druhý stupeň úpravy

Následně voda z usazovacích nádrží putuje pomocí systému přelivných žlabů a potrubí do osmi otevřených rychlofiltrů o celkové ploše 518 m², kde jemný písek zachytává neusazené nečistoty ve vodě. Voda se v rychlofiltrech zdrží v průměru jednu hodinu. Ve filtrech probíhá pravidelné čištění jejich náplně, a to z důvodu, aby byl zachován plný chod jejich funkce. Po jednom cyklu filtrování, což činí 4 dny přijde na řadu cyklus praní, při kterém je vháněn do filtru vzduch, jenž zrnka písku vynesou a propere. Písek je od filtrů pravidelně doplňován (VODAVKA, © 2021b).

6.1.4 Třetí stupeň úpravy

Posledním stupněm úpravy pitné vody je ultrafiltrace. V této fázi se voda z pískových ryco filtrů přesune do ultrafiltrační jednotky, kde pomocí membránových vláken se úplně dočistí. Každé membránové vlákno je úzké 4 mm a je vyrobeno z plastu. Vlákno obsahuje sedm kapilár, přes stěny kapilár protéká voda z vláken ven. Pro zachycení nečistot ve ultrafiltračním membránovém vlákne mají stěny kapilár póry o velikosti 20 nanometrů. Takto je voda zbavena zbylých nerozpuštěných látek i patogenních organismů až do velikosti virů. Avšak nezbytné prvky pro lidský organismus jako jsou hořčík a vápník, mají skrze vlákna přístup umožněn. V úpravně jsou 4 bloky, ve kterých je 72 ultrafiltračních modulů. V každém modulu je uloženo 2600 membránových vláken (VODAVKA, © 2021b).



Obr. 10: Úpravna vody březová (URL 5)

Aby ultrafiltrační jednotka si zachovala svoji správnou funkci, je nutné důkladné praní jejích membránových vláken to zajišťuje čerpací stanice. V průběhu každé hodiny dochází k zastavení filtrace a spouští se proces zpětného proplachu membrán, zároveň se v pravidelných intervalech vlákna chemicky zpětně propláchnou, poté proběhne jejich dezinfekce a kontrola celistvosti. Pro zajištění plného a správného chodu ultrafiltrační jednotky, je proces na základě měření tlaku, průtoku a pH řízen automatickým systémem (VODAVKA, © 2021b).

6.1.5 Finální úprava vlastností pitné vody a dezinfekce

Po ultrafiltračním stupni se do vody přidává vápenná voda, a to za účelem úpravy jejího pH. Samotná voda ve vodní nádrži Stanovice neobsahuje příliš mnoho minerálů, proto se zároveň s vápnem do vody dávkuje oxid uhličitý, aby se nabylo požadované tvrdosti. Aby se předešlo uvolňování železa z potrubí do pitné vody, když je vedena do objektů, přidává se do upravené vody přípravek na bázi křemičitanů, tzv. inhibitor koroze, ten vytváří ochrannou vrstvu ve vnitřních stěnách potrubí, což výrazně zamezuje korozi ocelových trubek (VODAVKA, © 2021b).

V poslední řadě je nutno upravenou vodu hygienicky ošetřit chlornanem sodným. Chlornan sodný je přímo vyráběn v úpravně, a to elektrolýzou z roztoku potravinářské soli. Jeho dezinfekční vlastnosti zabraňují, aby se v distribuční síti množily organismy, které by mohli vodu znečistit. Takto voda zůstane nezávadná (Ambulkar, 2018).

Voda je následně směřována do vodojemu upravené vody o objemu 5000 m³. Vodojem v případě havárie či odstávky úpravně může zásobovat pitnou vodu až dva dny. Posledním bodem je regulované vypouštění pitné vody z vodojemu do distribuční sítě (VODAVKA, © 2021b).

7 Zadržování dešťové vody

7.1 Retence dešťové vody

Jedním z důležitých aspektů, proč se zajímat o retenci dešťové vody, je narůstající urbanizace krajiny. Ustavičné rozrůstající se zastavování krajinných ploch a pozvolné zvětšování obcí směřuje ke kritickému ovlivnění hydrologického cyklu, což lze pozorovat nejen v České republice, ale i v mnoha zemích po celém světě (Vítek et al.,2016).

Z hlediska toho byl ve většině rozvojových zemích zahájen proces, který svou transformační funkcí vede k jasnému cíli, a to vytvořit si nový přístup k dešťové vodě. Nový plán odvádění vody z měst, který zároveň zmírňuje vliv rozšiřující se urbanizace ku hydrologickému řádu krajiny a vodním ekosystémům, se odvíjí z nabytých poznatků a zkušeností. Tato myšlenka přibližuje způsob odvádění vody z urbanizovaných oblastí k poměrům srážkoodtokové funkce v nezastavěných plochách, a také podporuje zlepšení kvality životního prostředí ve městech (Vítek et al.,2016).

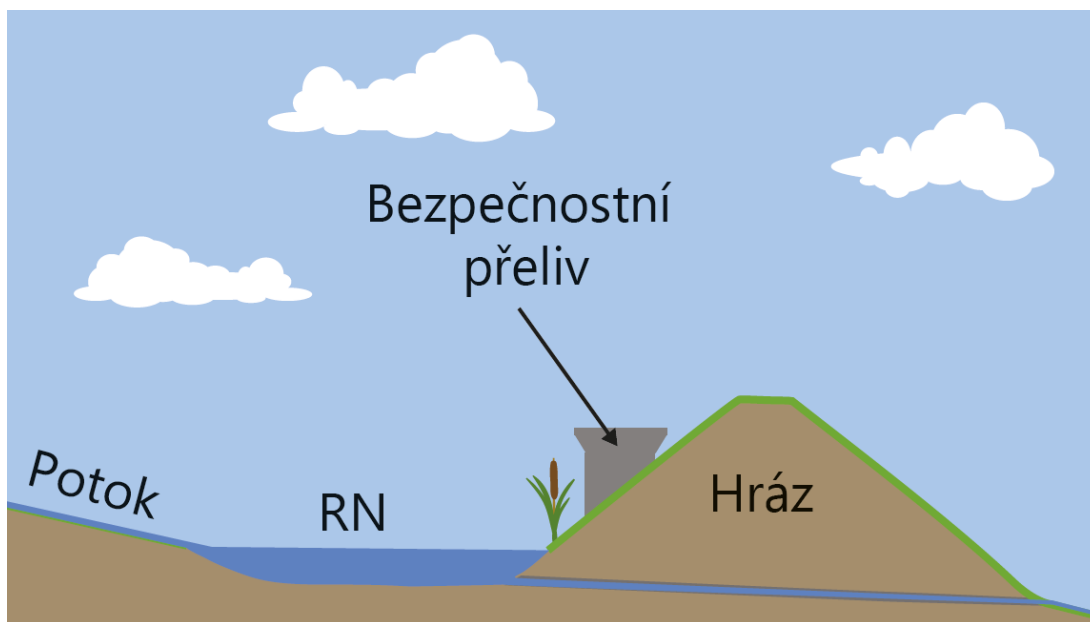
Vítek a spol (2016) ve své práci píše, že za posledních zhruba deset let se v České republice zrealizovalo mnoho zajímavých projektů, které se aplikovaly v hospodaření s dešťovou vodou na jednotlivých stavbách, dále v pokynech územně plánovací dokumentace či v dalších strategických dokumentech, jak odvést vodu z městských oblastí. I přestože v této chvíli již fungují města na principu systémových opatření, co se týče odvodu vody ze zastavěných oblastí, tak obecné povědomí o těchto nařízeních je stále v prvopočátcích.

Hlavním problémem je nedostatečné zapojování státu při vytyčování politiky vodohospodářského zájmu, která apeluje na zásady udržitelného rozvoje. To lze hlavně pozorovat například v nejasnostech výkladů podstatných paragrafů, dále v limitované komunikaci sdruženími z profese, v omezenosti možností dotačních programů či grantů, které podporují zabývání se záležitostmi spojené se srážkovými vodami, či v mizivé znalosti tohoto stěžejního problému. V tomto ohledu neúčast autority státu vede k velice nemilému důsledku, a to k zhoršení kvality výstavby objektů a jejich celkové bezpečnost, dále podporuje nevzdělanost obyvatel a celkovou

nepřipravenost společnosti na přicházející problémy spojené s rozrůstající se urbanizací a klimatickými změnami, které se už v některých oblastech začaly projevovat (Vítek et al., 2016).

7.1.1 Retenční nádrže

V případě dočasného zadržování dešťové vody je využíváno retenčních nádrží, ty se dělí na povrchové a podzemní. Povrchové retenční nádrže se budují na vodních tocích, jsou rozděleny do dvou kategorií, a to retenční nádrž se stálou hladinou nebo suchá retenční nádrž, lidově nazývaná „poldr“. Hlavní funkcí tohoto objektu je ochrana území před povodněmi. V blízkosti kanalizací mohou zároveň chránit před jejím přetížením v případě vyššího úhrnu srážek (viz obr. 11). Povrchové retenční nádrže také podporují zlepšování mikroklimatu a spolu s vegetací dotváří krajinu (Beran et al., 2020).



Obr. 11: Povrchová retenční nádrž (Beran et al., 2020)

Jak zmiňuje Havlínek (2007), retence srážkové vody zamezuje odvodňování velkých ploch, a to díky jejímu dočasnému zadržení a následnému regulovanému vypouštění do recipientu neboli do vodního toku.

Beran a spol (2020) píší, že k tomuto dočasnému zadržení hlavně slouží podzemní retenční nádrž, která následně reguluje odtok do vodního toku či kanalizace, a to z důvodu jejich nedostatečné kapacity. Pro vypouštění podzemních nádrží jsou stavovány limity, ty jsou regulovány správci toku a kanalizací, či místními vyhláškami.

Konkrétně v Praze je tento limit nastaven na 10 litrů za sekundu z jednoho hektaru pozemku při třicetiminutovém dešti desetiletém. Kromě dočasného zadržení srážkové vody, jinou přidanou hodnotu tyto nádrže nemají.

7.2 Vsakování

Hlavní možností, jak hospodařit s dešťovou vodou je vsakování srážkové vody, to je v současnosti s ohledem na legislativu a funkčnost upřednostňováno. Vsakování je velmi účinné a za to jednoduché řešení decentralizovaného způsobu odvodnění. Avšak na tento jsou vázány hydrogeologické podmínky lokality, kde je vsakování aplikováno, jako například dostatečná propustnost půdy. Zároveň hladina podzemní vody musí být minimálně jeden metr po dnem vsakovacího objektu a musí být dodržena dostatečná vzdálenost od sklepů, stromů a větších keřů (Samek, 2013).

V praxi se využívají různá vsakovací zařízení od povrchových průlehů až po podzemní plastové prvky. Díky takto rozšířeným možnostem se zvyšuje flexibilita při samotné montáži, jelikož je možné tvořit vsakovací systémy různých kapacit a rozměrů. Pro zachování dlouhé životnosti je nutné aplikovat před nátokem dešťové vody do vsaku její čištění od mechanických nečistot. Pokud se jedná o vodu ze střech, jsou k tomu využity různé filtrační šachty a odlučovače lehkých kapalin v případě komunikací a parkovišť (Aliaxis, © 2022).

7.3 Akumulace dešťové vody

Akumulace dešťové vody, je technologie, která shromažďuje a ukládá dešťovou vodu pro lidské použití. Systémy akumulace dešťové vody sahají od jednoduchých sudů až po propracované konstrukce s čerpadly, nádržemi a filtračními systémy. Vzhledem k tomu, že nedostatek vody je naléhavým problémem mnoha hustě obydlených regionů, mohou akumulací systémy dešťové vody zásobovat domácnosti a podniky vodou v době sucha a také snížit poptávku po komunálních systémech (Ogale, 2019).

Srážková voda se může shromažďovat neboli akumulovat ve dvou typech nádrží a těmi jsou povrchové a podzemní. Akumulační nádrže mají funkci zadržovat dešťovou vodu a uschovávat ji pro její další využití. Co se týče povrchových akumulací nádrží, je voda zadržována například pro chov ryb, rekreaci, zlepšení

biodiverzity a mikroklimatu. Během bezdeštného období jsou povrchové nádrže doplňovány přímo z vodního toku. Podzemní akumulční nádrže mají taktéž zásobní funkci, avšak oproti povrchovým nádržím, mají významnou výhodu, a to že v nich nedochází k výparu, zároveň naakumulovaná voda netrpí větším množstvím sinic a řas. Tyto podzemní nádrže bývají využity hlavně v budovách, a to například k zalévání zahrady, splachování WC, mytí aut nebo jako protipožární voda (Beran et al., 2020).

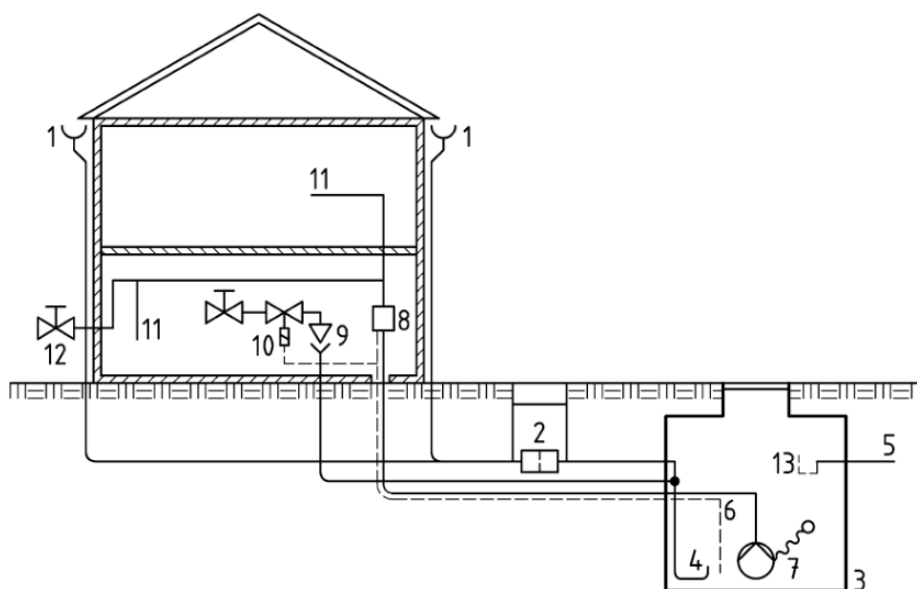
7.3.1 Způsoby akumulace

Nejjednodušší způsob zadržování dešťové vody jsou beztlakové systémy, jako jsou dešťové sudy, které jsou umístěné pod vývodem dešťových okapů. Tyto konstrukce, jsou definovány jako „suché systémy“, jelikož nezadržují žádnou vodu v okapech poté, co přestane pršet a zároveň nevytvářejí živnou půdu pro komáry a jiný hmyz. Tzv. „mokré systémy“ jsou vytvořeny ve chvíli, kdy dešťové okapy nelze nakonfigurovat tak aby vedly přímo do nádrže. Nádrže jsou umístěny v určité vzdálenosti od sběrných ploch. Z okapů vedou trubky pod zem a ty posléze stoupají nahoru do nádrže. Takovéto systémy jsou často natlakované, aby dlouhé trasy potrubí nezadržovaly stojatou vodu (Ogale, 2019).

Dobře navržené systémy pro zadržování dešťové vody zajišťují, že potrubí a všechny ostatní otvory jsou opatřené kryty, které způsobují odolnost vůči hmyzu, a to zejména v „mokrých systémech“. Dále tyto drátěné mřížkové kryty mohou na všech vstupech zabránit vniknutí nečistot do nádrže. Sběrné plochy (zejména střechy), by měly být vyrobeny z netoxických materiálů, a to nátěrům a membránám na bázi olova. U nádrží by taktéž měl být zvolen materiál netoxického charakteru, který nekoroduje, zároveň je nutno dbát na výtokové kohouty či odtokové potrubí bylo ve vzdálenosti nejméně 10 cm nad dnem nádrže, aby nedošlo vytažení jakéhokoli kalu, který se mohl nashromáždit z přívodu vody. Ačkoli některé systémy jsou opatřeny čerpadly a vymývacími potrubími k odstranění kalu, je i přesto doporučeno pravidelné čištění vnitřních prostor nádrže. Pro správnou funkci nádrže je nutnost každoročních kontrol a také pravidelné čištění žlabů, vtoků a sít. V ideálním případě by voda měla být pravidelně testována kvůli sledování a kontroly stavu její kvality (Ogale, 2019).

7.3.1.1 Popis schéma

Ve chvíli, kdy srážky dopadnou na střechu jsou směřovány do okapu (1), který je zachytí a vede je přes mechanický filtr hrubých nečistot (2). Proteklá voda se následně akumuluje v zásobníku pro srážkovou vodu (3). Přebytečná nezachycená dešťová voda je směřována přes přepad (5, 13) do kanalizace nebo zásaku. Voda, která je určená k pozdějšímu využití například ke splachování záchodů (8) či zálivku (12) zahrady je čerpána do budovy (7). V případě nižšího úhrnu srážek se do systému dopouští pitná voda, dopouštění je řešeno tak, aby rozvody užitkové a pitné vody nebyly na sebe napojeny (9). Užitková voda neboli její výtokové ventily musí povinně mít tabulkové označení „nepitná voda“ (Plotěný, 2021).



Obr. 12: Schéma na využití srážkové vody (URL 6)

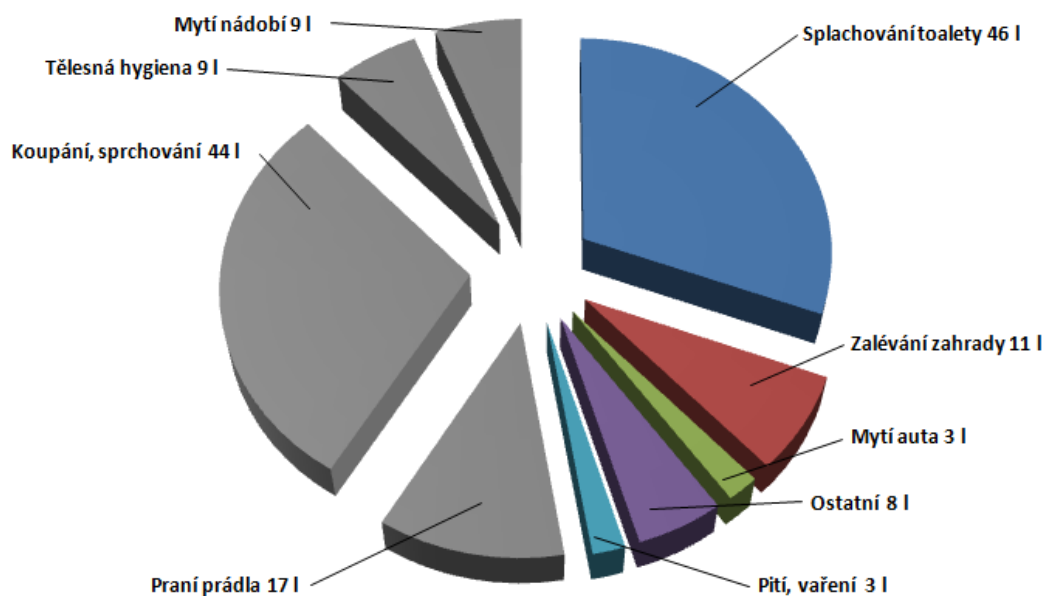
7.4 Využití

Dešťová voda je nepitná, ale lze ji využít například k zavlažování terénních úprav, splachování záchodů, mytí aut či praní prádla, a dokonce ji lze i vyčistit pro lidskou spotřebu (Ogale, 2019).

U praní prádla má dešťová voda jednu velkou výhodu, a to její absenci soli, železa a manganu. To způsobuje, že voda je mnohem měkkší v porovnání s pitnou vodou. Díky této vlastnosti užitkové vody se bude mnohem méně tvořit vodní kámen, který špatně působí na chod pračky. Zároveň v měkké vodě se lépe rozpouští prací

prášek, a tak může lépe odstranit vzniklé skvrny na oblečení. Se zohledněním na domácnost splachování toalety tvoří až 27 % z celkové spotřeby vody. Využívání dešťové vody je v tomto případě opravdu vítané, jelikož může ušetřit až jednu třetinu za vodu, kterou domácnost odebírá (Zeleňáková et al., 2014).

Praktikování využívání dešťové vody v reálném světě je naprosto rozdílné od toho, jak se jeví tzv. na papíře. Čtyřčlenná domácnost v rodinném domě spotřebuje během splachování toalety maximálně 150 litrů denně. Což činí spotřebu 55 000 litrů vody ročně. Na střechu s kolmým průměrem 100 m² v České republice v místě, kde nadmořská výška činí 300 m dopadne ročně 70 000 l vody, ovšem z tohoto množství na splachování WC lze využít pouze 49 000 l, jelikož srážky v listopadu až březnu pokrývají reálnou potřebu pouze částečně, a 6000 l se musí proto dodat z vodovodu. To tedy činí 21 000 l za rok reálného přebytku takové množství stačí pro zalévání zahrady o výměře 600 m² (Měchura, 2020).



Obr. 13: Orientační spotřeba vody v domech (URL 7)

Srážková voda se mísí s rozpustnými i nerozpustnými látkami z povrchů, na které dopadá a shromažďuje prach a znečišťující materiály, jak proudí atmosférou. Kontaminanty například mohou být rostliny, houby a další organické části, zároveň kontaminanty mohou být anorganické látky, jako jsou rozpuštěné materiály, kovy, chemikálie či vodou ředitelné barvy. Přestože na zadrženu vodu není kladen důraz vysokého stupně čistoty v případě zahradních či zemědělských účelů, tak tato voda není vhodná ke pití ani vaření (Ogale, 2019).

Ogale ve svém článku píše, že pokud je nashromážděná dešťová voda určena pro použití v domácnosti, je nutné ji nejprve vyčistit. Flokulaci, usazování anebo sbírání biofilmů lze využít k odstranění bakterií, organického materiálu či chemikálií, které tvoří filmy na povrchu nebo se usazují na dně nádrže jako kal. K přiváděné surové vodě lze také přidat kapalný roztok kamence, kdy roztok na sebe naváže jemné suspendované částice, a tak vytvoří částice větší, které posléze lze odstranit usazením a filtrací.

8 Objekty k zadržování dešťové vody

V oblasti zadržování dešťové vody jsou zmiňovány hlavní dva typy a těmi jsou retenční nádrže a akumulární nádrže. Retenční nádrže slouží hlavně jako ochrana před příchodem velkých vod a dešťovými odtoky, zároveň zachycují i smyvy. Za to akumulární nádrže zachycují dešťovou vodu pro její úpravu a další využití.

Jeden nejlevnějších objektů pro zadržování dešťové vody mohou být například biotopy v zahradní architektuře nebo malé rybníčky, jejich výstavba je nejsnazší na vodorovném povrchu jako jsou střechy nebo parkovací plochy. Tento způsob je charakterizovaný jako **decentralizovaná retence dešťových vod** (Hlavínek, 2007).

Retenční nádrž zachycuje dešťový odtok, a to hlavně v oblasti budov. K jejímu chodu je nutná pravidelná údržba a potřebná plocha. Její výhodou jsou nízké pořizovací základy. Vhodným objektem při silně znečištěné vodě, a to například v okolí silnic s velkým provozem je **filtrační jímka**, ta má utěsněný drenážní systém, dešťová voda dosahuje kvalitního čištění díky protékání skrze mateční vrstvou půdy (Hlavínek, 2007).

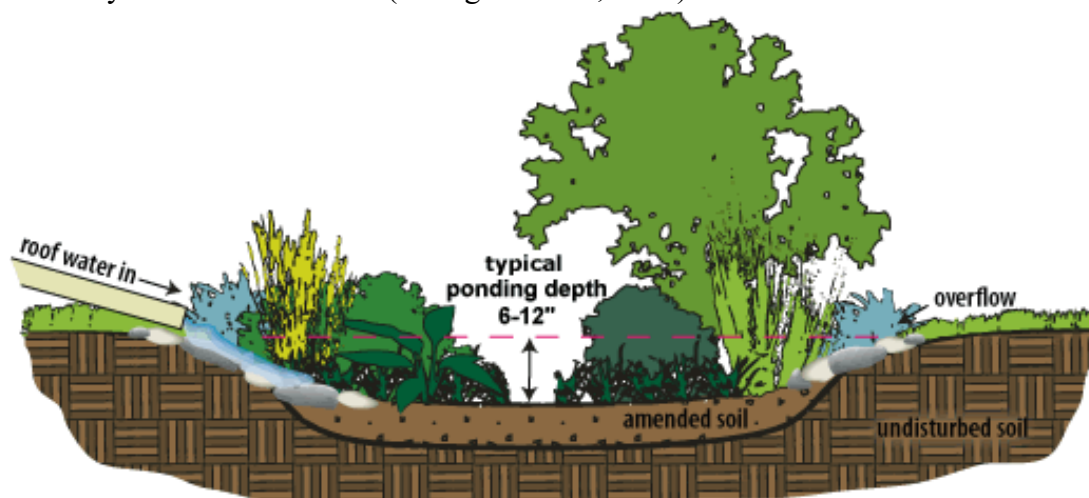
Dalším způsobem zadržování srážek je **retence na zelených střechách**. Jedná se o porost, který roste na půdním substrátu s absorpční schopností. Díky výparu z porostu je redukováno maximální odtokové množství. Zelené střechy přispívají ke zlepšení mikroklima v zastavěných oblastech (Hlavínek, 2007).

8.1.1 Vegetační úpravy

Vegetační úpravy jsou kombinací rostlinných a technických prvků, kdy podporují zlepšení mikroklima v městském prostředí, a to tím že odvádí či využívají zachycené srážky. Jejich hlavními funkcemi jsou zvýšení jak kvality, tak kvantity vody, tedy správné nakládání s vodou. Zároveň ovlivňují množství tepelných ostrovů (Heisigová et al., 2014).

Prvním příkladem jsou **vegetační příkopy**, ty plní funkci vsakování, dále čištění a odvod vody. Jsou tvořeny z odolných trávníků a trvalek, které jsou rezistentní vůči zamokření. Další úprava nese název „**Dešťová zahrádka**“, je tvořena podobně jako vegetační příkop neboli terénní depresí s rozdílem, že voda se zde pouze zachycuje ale neodvádí. Její výstavba je realizována hlavně na více rozsáhlých zpevněných

plochách, silnicích apod. Zároveň přispívá krom vodohospodářské funkce svým estetickým účinkem na okolí (Heisigová et al., 2014).



Obr. 14: „Dešťová zahrádka“ (URL 8)

V poslední řadě se využívá **vegetačních pásů navazujících na chodník**. Obrubníky těchto pásů jsou sníženy, tak aby mohla srážková voda přitékat z vozovky (Heisigová et al., 2014).

8.1.2 Vegetační střechy

V případě hustě zastavěných měst, jsou střechy často jedinou plochou, kde je možnost vybudovat opatření, které vedou k zadržení srážek a snížení odtoku. Zároveň budování vegetačních střech podporuje mikroklima, proto již v některých městech je povinností u novostaveb vysazovat tzv. „zelené střechy“ (Beran et al., 2020).

Zelené střechy umožňují odpařit vodu, a to díky absorpci půdy a rostlin, které jsou na střechách vysazené. Tím zamezují množství vody, které je vypouštěné do dešťové kanalizace, jelikož pouze část srážek se profiltruje zeminou a drenážními vrstvami (Kolasa-Więcek et Suszanowicz, 2021).

Samozřejmě efektivita tohoto řešení do značné míry závisí na místních klimatických podmínkách (zejména na objemu a charakteru srážek, průměrných teplotách a vlhkosti) a vegetaci, kterou lze na střechách použít, stejně tak hustota zástavby v městských oblastech. V klimatických podmínkách střední Evropy zelené střechy dokážou zadržet až 44 % dešťové vody, v případě srážek nepřesahujících 5 mm/den je dešťová voda zcela absorbována do zelených střech (Kolasa-Więcek et Suszanowicz, 2021).

Zelené střechy je možno dělit na dva typy ozelenění těmi jsou střecha s intenzivní výsadbou a střecha s extenzivní výsadbou. U střechy s intenzivní výsadbou je tloušťka substrátu minimálně 150 mm. Tento typ zelené střechy je náročnější, co se týče samotné údržby a také pořizovací ceny. Intenzivní výsadbu lze pouze použít u plochých střech. Výhodou je, že na tomto typu lze pěstovat víceméně vše, co lze pěstovat na běžně na zahradě, jako jsou i stromy či keře (Kotásková et Štěpán, © 2010).

Zelena střecha s extenzivní výsadbou, se liší od intenzivní výsadby menší mocností substrátu. To zapříčiňuje mnohem menší plošnou hmotnost, tudíž jsou nižší nároky na nosnou konstrukci. Nevýhodou extenzivní výsadby je omezený výběr vegetace, jelikož rostliny musí snášet náročnější podmínky, jako je přemokření či sucho (Kotásková et Štěpán, © 2010)

9 Legislativa

Dle zásad udržitelného rozvoje má legislativa ohledně aplikací odvodnění z urbanizovaných území v České republice jeden velký nedostatek, a to z důvodu nesystémového a nekoordinovaného zanesení právních předpisů týkajících se pravidel nových způsobů odvodnění. Je patrné, že tyto předpisy byly do vyhlášek a zákona vloženy bez hlubší vědomosti problematiky a porozumění širších vztahů (Vítek et al., 2016).

Vítek a spol (2016) ve své knize uvádí, že výklad právních předpisů a všeobecně předpisy samotné absolutně neodpovídají významnosti změny ve stavebnictví kterou představují. Metody praktikování státu vodohospodářské politiky, co se týče ve spojitosti míry urbanizace a změn klimatu jsou vcelku s ohledem na rozrůstající se tempo změn nezodpovědné a nedbalé.

Pro státní správu jsou ve výsledku jednotlivá nařízení velmi chaotická, jelikož neposkytují žádná jednoznačná a srozumitelná pravidla, která by mohla fungovat obecně po celém území státu. Veřejná správa je v tomto rámci ponechána, díky absenci státu jako organizátora, nekompetentnosti a nepřipravenosti odpovědného řešení dané problematiky. Na základě neexistujícího jednotného výkladu platné legislativy, je umožněno převážně u developerských staveb, chybného řešení odvodnění z parcely, což může vést k ohrožení jak majitele, tak i jeho okolí (Vítek et al., 2016).

9.1 Vodní zákon

V § 5 dle zákona č. 254/2001 Sb. se uvádí: „**Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání** jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním, čištěním, popřípadě jiným zneškodňováním odpadních vod z nich v souladu s tímto zákonem a **zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby v souladu se stavebním zákonem. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby.**“

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), je základním legislativním předpisem, který v § 5 pojednává o tom, že každý stavebník ukládá povinnost hospodařit se srážkovou vodou přímo na svém pozemku. V případě že nejsou vhodné podmínky pro vsakování, může být mimo pozemek vypouštěna voda z bezpečnostních přelivů a srážková voda z regulovaných odtoků.

Ve stavebním zákoně je uvedeno, že aplikace HDV (Hospodaření s dešťovou vodou) je nutná pouze u novostaveb, avšak dle § 5 ve vodním zákoně je požadována HDV aplikace taktéž již u hotových staveb, a to při jejich změnách užívání či provádění změn. Požadavky vodního zákona mohou vést ve důsledku ke kontraproduktivitě, co se týče v protlačování nového postupu odvodnění, a to hlavně když se jedná o provádění některých změn u stávajících staveb. V tomto případě se tyto požadavky jeví jako nepřiměřeně přísné.

Dle výkladu Ministerstva pro místní rozvoj, je posouzení o tom, zda je nutné nové odvodnění vzhledem k vodnímu zákonu, respektive ke stavebnímu zákonu v kompetenci stavebního úřadu, který spravuje dané území nebo v kompetenci příslušného krajského úřadu v případě pochybností. Vzhledem k různorodosti orgánů, které tyto posudky vydávají se rozšiřuje prostor pro interpretaci a protlačování nejednoznačných pravidel. Tyto nařízení by měla být v rámci celé České republiky stejná, aby nedocházelo jejich rozdílnému výkladu. Vzhledem k současné praxi není ze strany pověřených orgánů u přestaveb přebudování odvodnění po stavebníciích požadováno, a to tedy jen v situacích, kde se nerozšiřuje území nepropustných ploch (Vítek et al., 2016).

9.2 Vyhláška č. 501/2006 Sb.

Celým názvem „Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území“, řeší priority spojené se srážkovými vodami a jejich způsobu hospodaření na pozemku. Zároveň vyhláška jednoznačně určuje jak a kam srážkovou vodu odvádět. V tomto ohledu je před vsakováním upřednostňován jiný účel srážkových vod, a to jejich využití jako užitkové vody pro závlahu či v budově pro splachování toalet (Vítek et al., 2016).

9.2.1 § 20

Dle ustanovení § 20, odst. 5: „Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno... c) hospodaření se srážkovými vodami jejich

1. akumulací s následným využitím, vsakováním nebo výparem, pokud to hydrogeologické poměry, velikost pozemku a jeho výhledové využití umožňují a pokud nejsou vsakováním ohroženy okolní stavby nebo pozemky,

2. odváděním do vod povrchových prostřednictvím dešťové kanalizace, pokud jejich akumulace s následným využitím, vsakováním nebo výparem není možná, nebo

3. regulovaným odváděním do jednotné kanalizace, není-li možné odvádění do vod povrchových.“

Z výše uvedené formulace je patrné, že na každém stavebním pozemku je nutno vymezovat zařízení pro akumulaci srážkové vody, stejně tak objekty ke vsakování či výparu. Z toho vyplývá, že na pozemku odvodňované nemovitosti majitele musí být zřízeny objekty podporující objekty HDV. To znamená, že výstavba HDV zařízení nese stejnou povinnost tak jako vybudování dešťové či splaškové přípojky, vodovodního připojení, připojení energie či vlastní příjezdové cesty. Tuto skutečnost je nutné brát v úvahu již v počátečních etapách plánování stavby, z důvodu pozdějšího zamezení mísení srážkových vod ze zpevněných ploch dalšími majiteli jiných pozemků (Vítek et al., 2016).

Vzhledem k vyhlášce č. 501/2006 Sb. je vždy stavební pozemek vymezován tak, aby na něm byl přednostně vyřešen způsob nakládání se srážkovou vodou. Pro bezpečné naplnění povinnosti přednostní akumulace, vsakování či výparu srážkových vod, je nutné podložit podrobným hydrologickým průzkumem. Výsledek splnění či nesplnění požadavku, musí být včas a průkazně doložen, z důvodu významnosti údaje vzhledem k vlivu na konkrétní provedení (Vítek et al., 2016).

9.3 Vyhláška č. 268/2009 Sb.

V § 6, odst. 5 vyhlášky č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, se pojednává o „Připojení staveb na sítě technického vybavení“: „**Stavby**, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen „srážkové

vody“), **musí mít zajištěno jejich odvádění**, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. **Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací.**

Výše uvedená formulace uvádí, že pokud srážkové vody se nemohou vsáknout do podzemí pozemku je nutné, aby stavba zajistila odvod těchto vod do vodotečí, dešťové kanalizace či do jednotné kanalizace. Z toho je patrné, že stavby či stavební pozemky, které se nenapojují do uličních stok nebo blízkých toků jsou nezákonně stavby (Vítek et al.,2016).

9.4 Zákon č. 274/2001

Celým názvem „Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)“, pojednává o úpravě vztahů, které vznikají při rozvíjení, výstavbě a provozu kanalizací jak pro veřejnou potřebu, tak i pro působení správních úřadů a samosprávních celků v této oblasti (Vodovody a kanalizace Vyškov, a.s., ©2019).

9.4.1 Vodné a stočné

Pojem „vodné“ definuje platbu spotřebitele za odběr vody z veřejné vodovodní sítě. Neboli je to úhrada za odebranou vodu. K určení vyúčtování vodného slouží vodoměr, který zaznamenává spotřebu vody u odběratele. Ve vodném je zahrnuto jak náklady za odběr, tak i vytěžený zisk dodavatele. Povinnost úhrady vodného nastává ve chvíli, kdy voda projde potrubím, které je napojeno za měřícím zařízením neboli vodoměrem (Pravda o vodě, © 2018-2021).

Stočné je naopak poplatek za odvod odpadní vody kanalizací a její následovné vyčištění v čistírnách odpadních vod (ČOV). Cena stočného tvoří téměř jednu polovinu z úplné ceny za vodu. Stanovení objemu splaškové vody, závisí na objemu odebrané vody domácnosti, tedy údaj, který je uveden na vodoměru. Cena stočného je výsledkem násobku ceny za 1 kubík stočného a odebraného objemu vody (Pravda o vodě, © 2018-2021).

V § 20, zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) se uvádí;

1. Vodné a stočné má jednosložkovou nebo dvousložkovou formu.

2. Jednosložková forma je součinem ceny podle cenových předpisů 17a) a množství odebrané vody podle § 16 nebo vypouštěných odpadních vod a srážkových vod podle § 19.

3. Dvousložková forma obsahuje složku, která je součinem ceny podle cenových předpisů 17a) a množství odebrané vody podle § 16 nebo vypouštěných odpadních vod a srážkových vod podle § 19 a pevnou složku stanovenou v závislosti na kapacitě vodoměru, profilu přípojky nebo ročního množství odebrané vody. Podíl jednotlivých složek stanoví cenový předpis. 17a) Způsob výpočtu pevné složky stanoví prováděcí právní předpis.

Z výše uvedeného znění vyplývá, že cena vody se odvíjí od toho, zda je zhodnocována dle jednosložkové či dvousložkové formy. Jednosložková cena je násobkem pevné ceny stanovené vodárnou a množstvím odebrané vody v m³. Za to z dvousložkové formy v podstatě vyplývá, že i když neodeberete ani kapku vody přesto za vodu zaplatíte. V tomto ohledu je možné zveřejňovat informace o cenách vody tak, že samotní spotřebitelé nemají přehled o tom, kolik zaplatí (Pravda o vodě, © 2018-2021).

V § 20, odst. 6 zákona č. 274/2001 Sb. se píše, „Povinnost platit za odvádění srážkových vod do kanalizace pro veřejnou potřebu se nevztahuje na plochy dálnic, silnic, místních komunikací a účelových komunikací 15) veřejně přístupných, plochy drah celostátních a regionálních včetně pevných zařízení potřebných pro přímé zajištění bezpečnosti a plynulosti drážní dopravy s výjimkou staveb, pozemků nebo jejich částí využívaných pro služby, které nesouvisí s činností provozovatele dráhy nebo drážního dopravce, zoologické zahrady, veřejná a neveřejná pohřebiště a plochy nemovitostí určených k trvalému bydlení a na domácnosti.“

Z tohoto formulování vyplývá, že pouze srážková voda, která je odváděna do kanalizace pro veřejnou potřebu, má povinnost poplatky s odvodem spojené. Tedy hlavně plochy určené k trvalému bydlení. Výpočet úhrady za odvod srážkové vody závisí na ročním srážkovém normálu dané oblasti, pokyny pro výpočet je stanoven

v příloze č.16 k vyhlášce č.428/2001Sb. Výpočet konečné sumy za srážkovou vodu je definován ve smlouvě o odběru pitné vody a odvodu odpadních vod (MEVAKVR, © 2022).

10 Technické normy

10.1 ČSN 75 9010

Technická norma ČSN 75 9010 o „Vsakovacích zařízení srážkových vodách“ vešla v platnost v únoru 2012. Co se týče problematiky hospodaření s dešťovou vodou, tak tu řeší jen částečně, jelikož pouze zohledňuje vsakování srážkové vody z jednotlivých staveb bez uvedení do kontextu oblasti či města ve smyslu celého odvodňovacího systému (Vítek et al., 2016).

Avšak norma navrhuje komplexní řešení a podrobně dimenzuje proces nakládání vsakovacích objektů se srážkovými vodami. Zároveň definuje, zda jsou srážkové vody přípustné nebo podmíněně přípustné ke vsakování, také řeší i jejich předčištění. V normě je doporučeno využívat vsakovacích zařízení u ploch do 3 ha. V případě objemů retenčních objektů, které by měli odvodňovat plochu větší 3 ha, je doporučeno tyto objemy stanovovat na základě dlouhodobé simulace srážkoodtokového děje který na ploše probíhá (Adensamová et al., 2019).

10.2 TNV 75 9011

V březnu 2013 byla vydána technická norma, která pojednává o „**Hospodaření se srážkovými vodami**“, a to hlavně o decentrálních způsobech odvodnění. To znamená, že technická norma **TNV 75 9011** hlavně zohledňuje hospodaření s vodou na jejím místě vzniku, tedy na jednotlivých pozemcích. Zároveň řeší problematiku znečištění vod ze srážek a popisuje jednotlivé objekty, a to například konstrukční řešení vsakování (Adensamová et al., 2019).

Norma reaguje na oblasti stavebního a vodního práva, na jejich současné „trendy“ a předpisy. Zároveň se ČSN 75 9011 podílí na naplňování politiky České republiky, kdy jejím hlavním cílem je zajistit trvale udržitelný rozvoj. Decentrální způsob podporuje funkční systém odvodnění v urbanizovaných oblastech, kdy se snaží dosáhnout efektu podobnému v přírodě.

Norma i v případě, kdy není možné srážkovou vodu vsakovat charakterizuje pravidla pro objekty HDV, jednotlivá zařízení a koncepce. V TVN 75 9011 jsou obsaženy klíčové parametry pro návrh HDV objektů. Retenční kapacita nádrže

může být překročena pouze jednou maximálně za 5 let, zároveň její maximální specifický odtok je určen na $3 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$. Posledním klíčovým parametrem je prázdnění retenční nádrže do 24 hodin. Norma zároveň pojednává o hodnotách a typech znečištění srážkových vod a jejich nakládání s nimi.

Ve zkratce TVN 75 9011 obsahuje způsoby, jak decentrální systém odvodnění navrhovat, povolovat, schvalovat, vybudovat, kolaudovat, přebírat do provozu, následně provozovat a spravovat (Vítek et al., 2016).

11 Dotační programy

11.1 Dešťovka (Nová zelená úsporám)

S cílem motivovat občany ke sběru dešťových vod realizuje Ministerstvo životního prostředí dva dotační programy o zadržování srážkové vody. První z těchto programů (Velká Dešťovka) je určen pro obce a druhý (Dešťovka) pro místní obyvatele. Tyto státní dotační programy umožňují obcím a občanům získat dotaci na aktivity, jako je vybudování akumulčních nádrží na sběr dešťové vody využitelné pro zalévání rostlin a splachování WC (Děbiec, 2021).

Dešťovka je státním dotačním programem, který je vytvořen Ministerstvem životního prostředí a Státním fondem životního prostředí ČR. Vznik tohoto programu je pro podpoření udržitelného hospodaření s dešťovou vodou v domácnostech a zároveň podpoření snížení odebíraného množství pitné vody z podzemních a povrchových zdrojů. Dešťovka nejdříve byla vyhlášena pod Národním programem životního prostředí, avšak od září roku 2021 je začleněna v rámci dotačního programu „Nová zelená úsporám“, ten je financován z Národního plánu obnovy (SFŽP ČR, © 2022).

V roce 2017 byly vyhlášeny v rámci programu dvě výzvy, u kterých je možnost žádosti o dotaci už v tuto chvíli ukončena. Byly jimi „Výzva č. 6/2017: Dešťovka I“ a Výzva č. 12/2017: Dešťovka II. Nyní v rámci programu Nová zelená úsporám je možnost zažádání si o dotaci u výzvy č. 1/2021: Nová zelená úsporám – Rodinné domy a výzvy č. 2/2021: Nová zelená úsporám – Bytové domy (SFŽP ČR, © 2022). Program Dešťovka (Nová zelená úsporám) podporuje tři způsoby, jak dešťovou vodu využít a těmi jsou:

1. Akumulace srážkové vody pro zálivku zahrady – dotace až 55 000,- Kč
2. Akumulace srážkové vody pro splachování WC a zálivku zahrady – dotace až 65 000,- Kč
3. Využití přečištěné odpadní vody s možným využitím srážkové – dotace až 105 000,- Kč

11.2 OPŽP 2014-2020

Celým názvem „Operační program životního prostředí 2014-2020“. Podstata tohoto operačního programu tkví ve financování projektů, které se zabírají podporou ochrany životního prostředí. Obecným cílem tohoto OPŽP je přechod k oběhovému hospodářství, podpora udržitelného využití zdrojů, ochrana prostředí pro kvalitní život obyvatel a zmírnění negativních dopadů na změny klimatu. Program se člení do pěti prioritních os a těmi jsou, kvalita vody a snižování rizik povodní; kvalita ovzduší; odpady, ekologické zátěže, environmentální rizika; příroda a krajina a v poslední řadě energetické úspory. Žádost v rámci programu mohou podat veřejné sektory či podnikatelé. Domácnosti jsou podporovány tzv. kotlíkovými dotacemi prostřednictvím krajů. Na tento program je již připraven návazný program OPŽP 2021-2027 (OPŽP, 2021).

11.3 Národní program životního prostředí




Tento státní program podporuje v České republice projekty zaměřené na zlepšování o ochranu životního prostředí. Program je financován Státního fondu životního prostředí ČR, ten strádá zákonné poplatky, odvody a pokuty za poškození životního prostředí. Zároveň program NPŽP doplňuje jiné dotační programy, jakou jsou Nová zelená úsporám (Dešťovka) nebo OPŽP. Národní program životního prostředí je především určen pro menší obce a města. V programu se zohledňuje osm prioritních oblastí, kterým je dotace určena (NPŽP, 2021):

1. Prioritní oblast: Voda
2. Prioritní oblast: Ovzduší
3. Prioritní oblast: Odpady, staré zátěže, environmentální rizika
4. Prioritní oblast: Příroda a krajina
5. Prioritní oblast: Životní prostředí ve městech a obcích
6. Prioritní oblast: Environmentální prevence
7. Prioritní oblast: Inovativní a demonstrační projekty
8. Prioritní oblast: Energetické úspory

12 Rentabilitnost při využívání dešťové vody

12.1 Firma SEPTIC

Burián (2022) uvádí, že při správné volbě systému, tedy velikosti a materiálu nádrže je možné ušetřit až 50 % spotřeby vody v domácnosti. Nadále rozděluje využití vody do dvou kategorií, základní a širší.

 Plocha zahrady (m ²)	 Spotřeba vody (m ³ /rok)	 Úspora (Kč/rok)
300 m ²	45	4 200 Kč
400 m ²	60	5 600 Kč
500 m ²	75	7 000 Kč
600 m ²	90	8 400 Kč
1000 m ²	150	16 000 Kč

Tab. 1: Přehled nejčastějších velikostí zahrad (Burián, 2022)

Zahrada velká o 500 m² spotřebuje denně až 150 litrů vody. To za celý rok činí přibližně 75 000 litrů vody což při současné ceně vodného za 1 m³ (94 Kč) může činit úsporu cca 7000 Kč. Celková spotřeba vody zahrady se zároveň odvíjí od srážkovému úhrnu oblasti, intenzitě zalévání, druhu zvolené vegetace a průměrné teplotě během vegetačního období.

Při využívání dešťové vody je v první řadě nutné počítat s investicí. Krom samotné nádrže je třeba do nákladu zahrnout zemní práce (příprava jámy), napojení nádrže, její čištění a provoz. Výše těchto nákladů se odvíjí od zvoleného dodavatele a rozsahu služeb (Burián, 2022).

Dle firmy SEPTIC se celkové náklady na pořízení akumulární nádrže pohybují od cirká 36 500 Kč (viz tab. 2). Avšak konečná cena se odráží na zvolené velikosti nádrže, ceny materiálů a rozsah služeb potřebných k instalaci. V tomto ohledu je

možné využít státní dotační program „Dešťovka (Nová zelená úsporám)“, který může náklady snížit až o 50 % (Burián, 2022).

Náklad	Detail	Cena od (Kč)
cena nádrže	podle objemu nádrže běžná domácnost (průměrná zahrada) vystačí s jímkou 4-5 m ³ kompletní nabídka zde	20 000
doprava	naše jímky dodáváme už od 4 500 Kč montáž nádrže je zdarma!	4 500
vyhloubení jámy	ruční hloubení s odvozem zeminy 700-1 000 Kč / m ³ šetříte vyhloubením svépomocí	5 000
čerpadlo	ponorné nebo povrchové dle volby cena dle výkonu a typu od	3 000
filtrace, napojení	filtrační prvky, napojení svodu atd.	4 000
CELKEM	cena od	36 500

Tab. 2: Náklady instalace betonové jímky SEPTIC (Burián, 2022)

12.1.1 Investiční návratnost

Návratnost investice se odvíjí od výše nákladů, ceny za vodné a technologie, která je pro využití dešťových srážek využita. Burián (2022) uvádí, cenový odhad na příkladu, kdy zohledněna jen základní úspora u závlahy zahrady, užitkové vody, venkovního úklidu apod. V případě, kdy by bylo ročně ušetřeno 100 000 litrů vody, při ceně za 1 m³ vodného (94 Kč). Roční úspora by činila **9 400 Kč**. Se zohledněním na cenu nákladu spojených s akumulací nádrží, která činí **40 000 Kč**, je možné dosáhnout dotace (Dešťovka) ve výši 20 000 Kč. Celkové náklady tedy jsou **20 000 Kč**, to při úspoře 9 400 Kč, tvoří návratnost nákladů do **2,12 roku**.

12.2 Dešťovka naruby

K čerpání vody pro využití ke splachování je nutno použít kvalitní kalová čerpadla, která mají výtlak aspoň 10 metrů, taková čerpadla se pohybují cenově okolo 10 000 Kč. Zároveň k této ceně je nutno připočítat cenu za průtočný filtr a expanzi, to

je dalších 10 000 Kč, navíc expanze a čerpadla mají životnost zhruba 10 let. Tudíž po 10 letech budou potřebovat obměnu (Měchura, 2020).

Cena projektu zabudování akumulční nádrže tohoto druhů vyjde na 5000 Kč. Pro využívání dešťové vody je dále nutno 20 000 Kč za rozvody a fitinky; 5000 Kč za tlakový spínač, montáž a řídicí jednotku; a hlavně také akumulční nádrž o objemu 6000 l minimálně v ceně 35 000 Kč. V poslední řadě jsou při budování nádrže využity zemní práce minimálně v hodnotě 10 000 Kč. Konečná částka za zřízení akumulční nádrže a její zprovoznění vychází na minimálně 95 000 Kč. Po odečtení dotace, kterou je možné získat ze Státního fondu Životního prostředí, tedy 51 000 Kč, je finální výdaj **44 000 Kč**. To je při ceně 94 Kč (cena v roce 2022) za vodné, **468 000 l investičně „předplacené“ vody** (Měchura, 2020).

Při využívání dešťové vody je nutno zohlednit problémy spjaté s tím v jakém stavu je voda ze srážek do nádrže akumulována. Například při bouřce je voda silně znečištěna bahnem, a její použití v domácnosti (splachování, praní prádla) je z tohoto důvodu nevhodné. Zároveň průtočný filtr nedokáže vyfiltrovat drobnější nečistoty. Dešťová voda v důsledku nynějších podmínek, kterými například jsou topení sirmatým uhlím a vyšší procento elektráren, do sebe natahuje znečišťující látky, které mění její charakter a to např. že se z ní stává kyselý déšť. Aby se takováto podoba vody nedostávala do pračky při praní prádla, je nutná účinnější filtrace, k tomu mohou sloužit například pískové či kartušové filtry, což ale má za následek zvýšení financí a také se na tyto filtry nevztahují dotace (Měchura, 2020).

12.2.1 Vyčíslení

Z pozorování JUDr. Ing. et Ing. Mgr. Petr Měchury (2020) vyplývá, že celková úspora pitné vody může být nanejvýš 70 000 l. V případě 468 000 l investičně „předplacené“ vody, je tedy finanční návratnost do 6,7 let. Avšak je nutné brát v úvahu náklady spjaté s provozem (údržba, elektřina, výměna filtrů) to může posunout návratnost až k 15 rokům. V poslední řadě pro správný chod využívání dešťové vody je nutná výměna čerpadla a expanze (životnost 10 let), to s celkovými náklady a amortizací čítá 35 let bez dotace a **25 let** s dotací, co se týče návratnosti veškerých investic (výpočet je zohledněn na rok 2022).

12.3 Kalkulačka Dešťovky

U předběžného výpočtu, který je umožněn pomocí „Kalkulačky Dešťovka“, má možnost žadatel zjistit potřebnou velikost nádrže a výši dotace, která může být na jeho pozemku uplatněna (SFŽP, © 2017). Státní fond životního prostředí uvádí, že návratnost investic se pohybuje s dotací do **10 let**. I přestože se v kalkulačce zohledňuje obec s větším úhrnem srážek, tak pro čtyřčlennou rodinu a zahradu 600 m² je návrh akceptovatelný až když plocha střechy dosahuje 400 m² a akumulční nádrž má minimální objem 10 m³ (Měchura, 2020).

Například konkrétně v Praze 4 v Nuslích, by přijatelná plocha střechy (střecha šikmá – pálené tašky) při 600 m² zavlažované zahrady, musela činit nejméně 450 m² a zároveň objem nádrže by musel mít 10,1 m³, aby se jednalo o optimální návrh pro využívání dešťové vody (viz. obr. 15).

Akumulace srážkové vody pro splachování WC a zálivku zahrady

Parametry projektu	Odvodňované plochy
Kraj * Hlavní město Praha	Zde zadejte všechny odvodňované plochy, které jsou zapojeny do systému. Další plochy můžete přidat pomocí tlačítka plus. Chybně zadané plochy odstraníte stisknutím tlačítka mínus.
Okres * Hlavní město Praha	Plocha [m ²] 450,00
Obec * Praha	Typ ? Střecha šikmá - pálené tašky
Katastrální území * Nusle	Účinnost filtrace ? 100,00
Plocha zavlažované zahrady [m ²] * 600,00	<input type="button" value="+"/>
Počet obyvatel domu * 4	<input type="button" value="✓ SPOČÍTAT VÝŠÍ DOTACE"/>

Minimální objem nádrže	10.1 m ³
Fixní dotace	30 000 Kč
Variabilní dotace	35 350 Kč
Celková dotace až	65 000 Kč

Posouzení návrhu **Optimální návrh**

Množství dostupné srážkové vody odpovídá zamýšlené spotřebě

Posouzení návrhu je pouze doporučením a nemá žádný vliv na možnost získat dotaci

Obr. 15: Kalkulačka Dešťovka: Praha 4 (SFŽP, © 2017)

S ohledem na samotné kalkulačky SFŽP je valnou většinu obyvatel využití Dešťovky nepřijatelné, a to z malé spotřeby či nedostatku vody. Návratnost do 10 let s dotací spíše odpovídá rezidencím, které mají plochu střechy větší než 400 m² anebo pro podnikatele kteří mají zajištěný svod srážek z řady objektů a zároveň mají velkou spotřebu vody (Měchura, 2020).

13 HDV objekty v ČR

13.1 Jiráskovy sady v Litoměřicích



Obr. 16: Jiráskovy sady, Litoměřice (Sýkorová et al., 2021)

V roce 2010 uspěly Jiráskovy sady v Litoměřicích grantové výzvě „Nadace proměny“. V parku hlavně proběhly úpravy a zároveň byly zařazeny nové prvky modrozelené infrastruktury (např. vodní stříky, vodní hranol, pítko). Také se omezila rozsáhlost nepropustných ploch. Což v celkové míře přispělo lepšímu vsaku vody. (Sýkorová et al., 2021).



Obr. 17: Jiráskovy sady, Litoměřice (Sýkorová et al., 2021)

13.2 Park Pod Plachtami v Brně

Tento park vznikl na základě potřeby zkultivovat prostory mezi panelovými domy v městské části Nový Lískovec. Projekt je prioritní demonstrací možností, jak efektivně hospodařit se srážkovou vodou. Součástí parku je retenční jezírko, kde se akumuluje dešťová voda svedená ze tří panelových domů. Na severu parku je pobytová část s upravenými trávníky a na jihu je louka s původní vegetací (Sýkorová et al., 2021).



Obr. 18: Park Pod Plachtami v Brně (Sýkorová et al., 2021)

14 Výsledné zhodnocení

V dnešním světě je opravdu kladen významný důraz na to, aby se všeobecně s vodou nakládalo šetrně, jako s velmi cennou komoditou, kterou samozřejmě je. Je nutné si uvědomovat, jakou velkou roli voda ve světě hraje. Ačkoli její hlavní význam je udržení života na zemi, tak z průmyslového hlediska, je nenahraditelnou složkou ve výrobě. Ať už se jedná o výrobu oblečení či potravy. Proto je nutné zamýšlet se nad systémy, které dokážou s vodou nakládat tak, aby se snížila její spotřeba a byla navracována do přírody v takové podobě v jaké byla odebrána, a tak podpořit hydrologický cyklus na zemi.

Celosvětové vyčerpávání zdrojů pitné vody a narůstající sucho vede jednotlivé státy k různým opatřením. Ve střední Evropě, nebo konkrétněji v podmínkách České republiky, se apeluje na hospodaření s vodou už několik let. A to hlavně v sektoru zadržování srážek. Upravuje se legislativa, vytváří se systémy určené k zadržení dešťové vody, jak v krajině, tak i v urbanizovaném území a s nimi se budují dotace, které motivují jak veřejné sektory, tak i jednotlivé obyvatelé k tomu, aby hospodaření s dešťovou vodou podpořili.

S rozrůstající se zástavbou krajinných ploch, se v urbanizovaných oblastech začaly rozvíjet projekty, které zamezí rychlému odtoku vody při dešti, z důvodu omezené vsakovací schopnosti ploch. S ohledem na českou legislativu se hlavně začalo řešit, vsakování, retence a akumulace s následným využitím dešťové vody. Obecně dle stavebního zákona je tedy povinností, zřídit na pozemku možnost vsakování nebo zadržování a odvádění dešťové vody u novostaveb. Avšak dle vodního zákona tato povinnost vzniká i u stávajících staveb, které probíhají změnám. V obou těchto případech je však nutné brát v potaz hydrogeologické podmínky pozemku. Zda je vůbec možnost legislativu naplnit. Pokud je výstavba takového zařízení umožněna, má majitel pozemku několik možností jak podmínky dané zákony a vyhláškami provést.

Ve větších městech je zástavba tak rozsáhlá, že plochy, které je možné využít k nějakému způsobu zachytu dešťové vody, jsou velmi omezené. Proto se v městských oblastech začaly využívat střechy budov, jako ideální místo pro hospodaření s dešťovou vodou. Hlavním objektem v tomto případě jsou tzv. zelené střechy.

Vysázená vegetace na půdě s velkou absorpční schopností, je ideálním stavem pro záchyt srážek. Výhodou zelené střechy je určitě výpar, ten zaručuje zpětný návrat vody do hydrologického cyklu, také podporuje zlepšení mikroklimatu v městech a snižování tepelných ostrovů. Avšak u takového HDV objektu je nutné brát v potaz celkové podmínky, kterým je vegetace vystavována. Je tedy nutné využívat takových rostlin, které jsou nenáročné.

V ohledu na provedení záchytu srážek se projevují dotace („Dešťovka“), které motivují svými programy a investiční návratností, dešťovou vodu dokonce využívat v domácnostech. K takovému rozhodnutí slouží akumulární nádrže, které z části vodu odvádí a z části čerpají do budov, kde je posléze využita například ke splachování toalety, k mytí auta nebo dokonce ke praní prádla. V tomto ohledu je apelováno na ekonomickou výhodnost ve smyslu ušetření za vodné a zároveň naplnění ekologické podstaty.

15 Diskuse

Obecně hospodaření se srážkovými vodami a vytváření jejich objektů zní z ekologického hlediska velmi snadně, ale z pohledu stavařů a užití v praxi není tak zas jednoduché. S tím souvisí například i legislativa Vodního zákona (Zákon č. 254/2001 Sb.), která určuje povinnost vsakování či zadržování u novostaveb, či u staveb, kde probíhá rekonstrukce. Ačkoliv je definováno, že rozhodnutí musí být stanoveno na základě hydrogeologického průzkumu pozemku, tak rozhodující verdikt stanovují místně příslušné orgány, což dává velký prostor interpretaci tohoto zákona, a tak vcelku se zamezuje naplnění nejideálnějšího stavu, který se pro pozemek hodí (Vítek et al., 2016). K tomuto faktu nepřispívají ani moc státní dotace, které vyloženě pobízejí srážkovou vodu v budovách využívat (SFŽP, ©2017).

V mnoha zdrojích jsou uváděny pozitivní závěry a záruky, že při vybudování akumulární nádrže se zaměřením na využívání dešťové vody se investice v brzké době vrátí majiteli vrátí (Burián, 2022). Zároveň se zmiňují vlastnosti vody, kdy je hlavní předností její měkkost, ale opomíjí se ohled na látky, které srážky mohou obsahovat i po přefiltrování (Zeleňáková et al., 2014). To může vést například vytváření usazenin a nečistot v toaletách, kdy je možné se jich zbavit pouze za použití agresivní chemie. Výsledkem toho vzniká odpadová voda, která je kontaminovaná nejen biologicky ale také chemicky, což následně v čistírnách odpadních vod neblaze působí na celkový proces čištění. Tím se i zhoršují parametry na vodu, která je následně zpětně vypuštěna do vodního toku. Samozřejmě lze uvedený problém vyřešit pořízením lepších filtrů, avšak majitel nádrže musí zohledňovat narůstající cenu s vylepšováním a udržováním technologie v bezzávadném chodu (Měchura, 2020). S ohledem na využívání dešťové vody je zároveň nutné brát v potaz úhrn srážek. Mohou tedy nastat případy, kdy v nádrži je málo naakumulovaných srážek a voda do ní musí být dodávána z vodovodu (Plotěný, 2021). V tuto chvíli se nabízí otázka, zda využívání dešťové vody v praxi je opravdu tak finančně výhodné a zároveň ekologické?

V Porovnání všech možných způsobů, jak hospodařit s dešťovou vodou, je nejvíce ideálním stavem vsakování, jelikož to napomáhá nejen tvorbě podzemních vod, ale zároveň zajišťuje evapotranspiraci, která je součástí hydrologického cyklu a tak, naprosto účinným způsobem navrací vodu do vodního oběhu (Samek, 2013).

16 Závěr

V závěrečné práci byly naplněny předem stanovené cíle a zhodnocená důležitost zadržování dešťových vod, co týče celého procesu v rámci hydrologického cyklu, stokování, čištění a úpravy vod a v poslední řadě hlavně samotné nakládání se srážkovými vodami. Práce uvedla do kontextu často opomíjenou významnost, a to že dešťová voda je součástí řady procesů a není jen zásadní pro zadržování v městských oblastech, ale také i v krajině. Zároveň bylo poukázáno na nedostatky a neúplnosti české legislativy v ohledu nejednotného systému řešení HDV. V rámci legislativy se nejvíce osvědčila technická norma TNV 75 9011, která otevřela rozšířenější možnosti, jak efektivně se srážkovým deštěm nakládat.

Stěžejním přínosem této rešerše, byl náhled do vnitřního názoru osob, které se v dané problematice pohybují. Byl vytvořen pohled na rozdílné názory ekologů a stavařů hlavně v oblasti využívání dešťové vody. Kdy vyšel najevo rozpor smýšlení ve funkčnosti a návratu investic tohoto způsobu HDV. Nastínění této otázky vede k získání rozšířenějšího obrazu o názorech v této problematice, což by mohlo být podmíněné pro výzkum v diplomové práci. Také rešerše vytvořila ucelenou strukturu dějů dešťové vody, kdy je patrný vznik srážek, jejich význam v malém vodním oběhu, a také jakým způsobem jsou získávány informace o dešti. Následně jakou roli dešťová voda hraje v čistírnách odpadních vod a víceméně v celém systému stokování a jak její znečištění může ovlivňovat látky, jež jsou obsaženy ve vodních tocích, a které mohou mít za příčinu snížení kvality pitné vody a vody obecně.

Tato bakalářská práce se projevila jako nastínění teoretických částí, které mohou být podkladem pro výzkum v různých aspektech hospodaření s dešťovou vodou. Například nabádá k prozkoumání důsledků, které mohou způsobit špatně vyhodnocené podmínky na pozemcích pro výstavbu akumulčních nádrží a zda s rozšiřujícím se využíváním přefiltrované dešťové vody neboli vody užitkové se nebudou zvyšovat ceny vodného a stočného, kvůli nižšímu odběru vody z vodáren a vyššímu odvodu dešťové vody do kanalizací. Zároveň by se měla vytvořit ucelená legislativa, která by stanovovala přesnější podmínky pro zacházení s dešťovými vodami ve větším spektru scénářů, které se v HDV mohou naskytnout.

17 Literatura

ADENSAMOVÁ Š. et al., 2019. *Využívání dešťové vody pro závlahy*. Praha: VÚMOP. ISBN 978-80-87361-98-6.

ALIAxis, © 2022. Vsakování a retence. (online) [cit. 2022.03.28], dostupné z <https://www.aliaxis.cz/cs/produkty/inzenyrske-site/vsakovani_a_retence>

AMBULKAR, A. et al., 2018. *water purification*. Encyclopedia Britannica. (online) [cit. 2022.03.20], dostupné z <<https://www.britannica.com/topic/water-purification>>

AMBULKAR A. et NATHANSON J. A., 2022. *wastewater treatment*. Encyclopedia Britannica, (online) [cit. 2022.02.26], dostupné z <<https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment>>

BERAN A., DATEL J., ECKHARDT P., et al, 2020. *Město a voda*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka. ISBN 978-80-87402-82-5.

BURIAN D., 2022. *Nádrž na vodu: cena versus úspora 50 %*. SEPTIC. (online) [cit. 2022.03.30], dostupné z <<https://www.betonovejimky-septic.cz/2020/04/08/nadrz-na-vodu-uspora/>>

BVK, ©2005–2022. *Princip oddílných kanalizací*. Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z <<https://www.turany.cz/wp-content/uploads/2020/03/Princip-odd%C3%ADln%C3%BDch-kanalizac%C3%AD.docx>>

ČHMÚ, © 2022. *Co je to povodeň?* Hlásná a předpovědní povodňová služba. (online) [cit. 2022.03.26], dostupné z <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost_povoden_defi_defi.html?fbclid=IwAR3JMYwjlgfKvofaVH6SdzgNPloj2U7bgSPc9Q_oUOfgBu4SEL7-5HiU7M#priklad>

ČSN 75 9010: *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Český normalizační institut, 2012.

DĘBIEC K., 2021. *Drought in the Czech Republic*. Warsaw: OSW report. ISBN 978-83-65827-92-0.

DUFKA J. et WIERZBICKÁ H., 2021. *Systém dešťové kanalizace. Jak odvádět vodu ze střech*. (online) [cit. 2022.02.26], dostupné z <<https://www.estav.cz/cz/9518.system-destove-kanalizace-jak-odvadet-vodu-ze-strech>>

EPA, 1998. *How Wastewater Treatment Works... The Basics*. United States Enviromental Protection Agency. (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z <<https://www3.epa.gov/npdes/pubs/bastre.pdf>>

GIBBERD J, 2015. *Rainwater harvesting: Playing a valuable role in increasing the resilience and sustainability of water supply*. The Sustainable Water Resource Handbook.

HEISIGOVÁ M. R., BÍM J., BYLINOVÁ A. et al., 2014. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. OPPA Praha Adaptabilita.

HLAVÍNEK P., PRAX P., KUBÍK J. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 978-80-86020-55-6.

KOLASA-WIĘCEK A. et SUSZANOWICZ D., 2021. *The green roofs for reduction in the load on rainwater drainage in highly urbanised areas*. Environmental Science and Pollution Research. (online) [cit. 2022.03.27], dostupné z <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-12616-3>>

KOPÁČEK J., BEDNÁŘ J. et ŽÁK M., 2019. *Jak vzniká počasí*. Vydání druhé, rozšířené a upravené. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-4423-3.

KOTÁSKOVÁ P. et ŠTĚPÁN J., © 2010. *Zelené střechy dřevostaveb*. Národní dřevařský klastr. (online) [cit. 2022.03.27], dostupné z <<http://drevostavebniportal-popularizace.msdk.cz/files/zelene-strechy-drevostaveb.pdf>>

KRAVČÍK M., POKORNÝ J., KOHUTIAR J., KOVÁČ M. et TÓTH E., 2007. *Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma*. Žilina: nakladatelství Krupa print.

MASSCHELEIN, W. J., 1992. *Unit processes in drinking water treatment*. CRC Press. ISBN 0-8247-8678-5.

METEO AKTUALITY, © 2022. *Meteorologie 28*. (online) [cit. 2022.02.20], <<https://www.pocasimeteoaktuality.cz/wp-content/uploads/2021/01/METEOROLOGIE-28.pptx>>

MEVAKVR, © 2022. *Zpoplatnění srážkových vod odváděných do kanalizace pro veřejnou potřebu*. Městské vodovody a kanalizace Vrchlabí. (online) [cit. 2022.03.20], dostupné z <<https://www.mevakvr.cz/cenik/vodne-a-stocne/>>

MĚCHURA P., 2020. *Dešťovka naruby – použití dešťové vody v praxi*. ASB. (online) [cit. 2022.03.28], dostupné z <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/destovka-naruby-pouziti-destove-vody-v-praxi?fbclid=IwAR3o2Zvwyt_d5LTZoZ4jHSm9LjM1at4r3aGPFC1RHGckN-Lhk4gEu3bxz70>

NPŽP, 2021. *Národní program Životního prostředí*. Programový dokument. Ministerstvo životního prostředí.

OGALE S., 2019. *rainwater harvesting system*. Encyclopedia Britannica. (online) [cit. 2022.02.23], dostupné z <<https://www.britannica.com/technology/rainwater-harvesting-system>>

OPŽP, 2021. *Operační program Životního prostředí 2014-2020*. Programový dokument. Ministerstvo životního prostředí.

PAČES T., 2009: *Úvod do hydrogeochemie*. V Praze-Liberci: Technická univerzita v Liberci.

PECHÁČEK J., 2019. *Čištění odpadních vod*. Katedra energetických strojů a zařízení. (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z <https://projekty.fs.vsb.cz/010/downloads/prednasky/Cistení_odpadnich_vod-Pechacek.pdf>

POLLERT J., 2012. *Zpracování kalu, Kalové hospodářství, Využití kalu*. ČVUT. (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z <http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_pr_7.pdf>

PLOTĚNÝ K., 2021. *Dešťová voda a její využití*. (online) [cit. 2022.03.25], dostupné z <<https://www.asio.cz/cz/1165.destova-voda-a-jeji-vyuziti>>

PRAVDA O VODĚ, © 2018-2021. *Co je to vodné a stočné? Co platíme v ceně vody? Z čeho se skládá cena vody?* (online) [cit. 2022.03.20], dostupné z <<https://pravdaovode.cz/co-je-to-vodne-a-stocene/>>

SAMEK O., 2013. Motivace k hospodaření s dešťovou vodou. TZB info. (online) [cit. 2022.03.28], dostupné z <https://m.tzb-info.cz/destova-voda/9961-motivace-k-hospodareni-s-destovou-vodou?fbclid=IwAR0nYi4wV9ScJwZJM2YQvw_hWFCRpTK_FEFoAQXwlO137hRO9iapw66JmfU>

SCHREIBER B. A., 2021. *sewerage system*. Encyclopedia Britannica. (online) [cit. 2022.02.26], dostupné z <<https://www.britannica.com/technology/sewerage-system>>

SFŽP ČR, © 2017. *Dešťovka*. Státní fond životního prostředí ČR. (online) [cit. 2022.03.25], dostupné z <<https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/destovka/>>

SKŘEHOT P., 2004a. *Meteorologické stanice a přístroje*. V Praze.: M.O.R., SOSPM.

SKŘEHOT P., 2004b. *Teorie Bouřek*. V Praze.: M.O.R., SOSPM.

STRIMA II, © 2014-2020. *Charakteristika povodní*. Sasko-český management povodňových rizik II. (online) [cit. 2022.03.26], dostupné z <https://www.strima.sachsen.de/download/Charakteristika_povodni_final.pdf?fbclid=IwAR2Z04IVLeJd0t-V_JwqwdqbxD21Ynx53xdYQzmOYIP4YFa0zhgEIsU5eMU>

SÝKOROVÁ M. et al., 2021. Voda ve městě: metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu. V Praze: ČVUT ve spolupráci s UJEP. ISBN 978-80-01-06817-5.

ŠÁLEK J. et al., 2012. *Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3994-SLAVÍK L. et NERUDA M., 2014. *Hospodaření s vodou v krajině*. V Ústí nad Labem: FŽP UJEP Ústí nad Labem.

ŠILAR J., 1996: *Hydrologie v životním prostředí*. V Ústí nad Labem: FŽP UJEP Ústí nad Labem.

TIKKANEN A., 2017. *storm*. Encyclopedia Britannica. (online) [cit. 2022.02.23], dostupné z <<https://www.britannica.com/science/storm>>

TNV 75 9011: *Hospodaření se srážkovými vodami*, 2013.

TRENCHLESSPEDIA Inc., © 2022. *Storm drain*. (online) [cit. 2022.03.26], dostupné z <<https://www.trenchlesspedia.com/definition/3362/storm-drain>>

VÍTEK J., STRÁNSKÝ D., KABELKOVÁ I., BAREŠ V. et VÍTEK R., 2016. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. Praha: 01/71 ZO ČSOP Koniklec. ISBN 978-80-260-7815-9.

VIZUS, © 2022. *Odpadní voda*. Pražské vodovody a kanalizace, a.s. (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z <<https://www.pvk.cz/vse-o-vodě/odpadni-voda/>>

VODAKVA, © 2021a. *Prezentace čistíren. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.* (online) [cit. 2022.03.17] dostupné z <<https://www.vodakva.cz/cs/o-vode/odpadni-vody/prezentace-cistiren/84-prezentace-cov/244-cistirna-drahovice.html>>

VODAKVA, © 2021b. *Prezentace úpraven. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.* (online) [cit. 2022.03.20] dostupné z <<https://www.vodakva.cz/cs/o-vode/pitna-voda/prezentace-upraven/83-prezentace/242-upravna-brezova.html>>

VODOVODY A KANALIZACE VYŠKOV, a.s., © 2019. *Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu*. (online), dostupné z <<https://www.vakvyskov.cz/pravni-predpisy/zakon-c-2742001-sb-o-vodovodech-kanalizacich-pro-verejnou-potrebu>>

Vyhláška č. 501/2006 Sb. *o obecných požadavcích na využívání území*, v platném znění.

Vyhláška č. 268/2009 Sb. *o technických požadavcích na stavby*, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb. *o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*, v platném znění.

Zákon č. 274/2001 Sb. *Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*, v platném znění.

ZELEŇÁKOVÁ, M., et al., 2014. *Rainwater management in compliance with sustainable design of buildings*. Procedia Engineering.

18 Seznam obrázků

Obr. 1: Hydrologický cyklus (Slavík et Neruda, 2014)

Obr. 2: Staniční srážkoměr „ombro“ (Skřehot, 2004a)

Obr. 3: Ombrograf (Skřehot, 2004a)

Obr. 4: Druhy oblaků (URL 1)

Obr. 5: „Cloaca Maxima“ (URL 2)

Obr. 6: Nesprávné napojení dešťových vod (BVK, ©2005–2022)

Obr. 7: Stupeň plnění potrubí; málo vody (vlevo), správné množství vody (uprostřed), málo vzduchu (vpravo) (Dufek, 2021)

Obr. 8: Technologické schéma ČOV Drahovice (URL 3)

Obr. 9: Bioplynový fermentor (URL 4)

Obr. 10: Úpravna vody březová (URL 5)

Obr. 11: Povrchová retenční nádrž (Beran et al., 2020)

Obr. 12: Schéma na využití srážkové vody (URL 6)

Obr. 13: Orientační spotřeba vody v domech (URL 7)

Obr. 14: „Dešťová zahrádka“ (URL 8)

Obr. 15: Kalkulačka Dešťovka: Praha 4 (SFŽP, © 2017)

Obr. 16: Jiráskovy sady, Litoměřice (Sýkorová et al., 2021)

Obr. 17: Jiráskovy sady, Litoměřice (Sýkorová et al., 2021)

Obr. 18: Obr. 18: Park Pod Plachtami v Brně (Sýkorová et al., 2021)

Tab. 1: Přehled nejčastějších velikostí zahrad (Burián, 2022)

Tab. 2: Náklady betonové jímky SEPTIC (Burián, 2022)

URL 1: <<https://www.bourky.cz/wp-content/uploads/2020/01/ezgif.com-resize.png>> [cit. 2022.03.21]

URL 2: <<https://atelierkunc.com/blog/wp-content/uploads/Domitian-Cloaca-Forum.jpg>> [cit. 2022.02.26]

URL 3: <https://www.vodakva.cz/images/voda/COV_Drahovice_2015_web.pdf>
[cit. 2022.03.15]

URL 4: <https://www.svetenergie.cz/data/web/powerplant/bioplynova-stanice/photos/proces_fermentace.svg> [cit. 2022.03.17]

URL 5: <<https://www.vodakva.cz/images/voda/vodakva-schema-uv-brezova.png>>
[cit. 2022.03.20]

URL 6: <https://www.asio.cz/img/_/1165/vyuziti_destove_vody_dum2.png> [cit.
2022.03.24]

URL 7: <https://www.asio.cz/img/_/1165/vyuziti_destove_vody_graf.png> [cit.
2022.03.18]

URL 8: <<http://extension.oregonstate.edu/stormwater/rain-gardens-0>> [cit.
2022.03.18]