

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



Problematika hospodaření s dešťovými vodami v obci Prameny

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Diplomant: Bc. Martina Kubíková

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martina Kubíková

Regionální environmentální správa

Název práce

Problematika hospodaření s dešťovými vodami v obci Prameny

Název anglicky

The issue of rainwater management in the village of Prameny

Cíle práce

Provedení literární rešerše problematiky hospodaření s dešťovými vodami.

Metodika

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Popis obce
6. Dešťová kanalizace
7. Hospodaření s dešťovými vodami
8. Výsledky
9. Závěr
10. Použité zdroje
11. Přílohy

Doporučený rozsah práce

60 stran textu + grafické přílohy

Klíčová slova

dešťové vody, potřeba vody, předčištění

Doporučené zdroje informací

BAGUMA, D. a kol. Water Management, Rainwater Harvesting and Predictive Variables in Rural Households. *Water Resources Management*, 2010/24, č. 13, s. 3333–3348.
BŮSE, K.: Dešťová voda pro dům a zahradu. Ostrava: HEL, 1999. ISBN 80-861-6708-9.
CASSIDY, T., ROTTENBACHER. CH. Přírodní zahrada: Hospodaření s dešťovou vodou a Zelená infrastruktura – důležitý krok pro obec, která chce být fit při klimatických změnách. Vydal: Land NÖ, Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr, Abt. Umwelt und Energiewirtschaft, 3109 St. Pölten, 2020.
HLAVÍNEK, P. – PRAX, P. – KUBÍK, J. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 978-80-86020-55-6.
KREJČÍ, V. Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. 1.vyd. Brno: Noel 2000. ISBN 80-86020-39-8

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 8. 1. 2023

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 1. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2023

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Problematika hospodaření s dešťovými vodami v obci Prameny“ 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 diplomovou 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 diplomové 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 26.3.2023

.....

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucí práce, Ing. Marcele Synáčkové, CSc., za vedení této práce, její trpělivost a motivující přístup. Dále patří poděkování mé rodině, blízkým a všem, kdo mě během práce podporovali.

ABSTRAKT

Problematika hospodaření s dešťovými vodami na obecní úrovni je vnímána spíše jako technická věc, jejímž cílem je odvodnění zastavěného území ideálně s možností regulace zachycené vody. V současné době jsou dostupné techniky využívány v rodinných domech a soukromých objektech. Jednak z důvodu legislativních (nové objekty) a dále z důvodů ekonomických. Důležité je však začít vnímat problematiku v širokém měřítku. Ekonomická stránka věci na obecní úrovni s největší pravděpodobností v tomto případě nebude prvotním impulsem pro uvažování nad daným tématem a realizací samotnou. Práce se snaží upozornit na důvody, proč je dešťová voda plnohodnotným zdrojem pro obec, v čem jsou výhody a případné nevýhody jejího využití a jaké objekty lze navrhnout pro konkrétní obec podle aktuálních dat včetně legislativy. V této práci byla vybrána menší obec, která vzhledem ke své poloze klade nároky na naprostou soběstačnost, ekologičnost a s ohledem na finanční situaci obce (aktuální stav hospodaření) také na pořizovací náklady s následnými predikcemi nákladů na provoz. V současné době není s dešťovou vodou nijak účelově nakládáno a ani v plánech rozvoje obce se s využitím nepočítá. Práce by mohla sloužit jako podklad pro základní analýzu problému.

KLÍČOVÁ SLOVA

dešťové vody, pitná voda, Prameny, využití srážkové vody, zdroj vody

ABSTRACT

The issue of stormwater management at the municipal level is perceived more as a technical matter, the aim of which is to drain the built-up area, ideally with the possibility of regulating the captured water. Currently, the available techniques are used in single-family houses and private properties. Firstly for legislative reasons (new buildings) and secondly for economic reasons. However, it is important to start looking at the issue on a large scale. The economic side of things at municipal level is unlikely to be the primary impetus for thinking about the subject and the implementation itself in this case. The paper tries to highlight the reasons why rainwater is a full-fledged resource for a municipality, what are the advantages and possible disadvantages of its use and what facilities can be proposed for a specific municipality according to current data, including legislation. In this work, a smaller municipality was selected, which, due to its location, places demands on complete self-sufficiency, environmental friendliness and, given the financial situation of the municipality (current state of management), also on acquisition costs with subsequent predictions of operating costs. At present, rainwater is not used for any purpose, nor is it envisaged in the municipality's development plans. The work could serve as a basis for a basic analysis of the problem.

KEY WORDS

rainwater, drinking water, Prameny, rainwater harvesting, water source

Obsah	
Seznam zkratk	3
1 Úvod	11
2 Cíle práce	13
3 Principy udržitelného hospodářství s dešťovými vodami	14
3.1 Klimatické problémy	14
3.2 Hydrogeologie a hospodaření s vodními zdroji	16
3.3 Vliv člověka na proces zadržování vody v krajině	19
4 Legislativní problematika	22
4.1 Legislativa Evropské unie	22
4.2 Legislativa ČR	23
5 Problematika hospodaření s dešťovými vodami v zastavěných oblastech	26
5.1 Problematika využití dešťové vody	26
5.2 Hospodaření s dešťovými vodami v obcích	29
5.3 Systémy hospodaření s dešťovými vodami	32
5.3.1 Obecné rozdělení systémů HDV	32
5.3.2 Specifické systémy HDV	35
5.3.3 Požadavky na předčištění	39
5.4 Specifické aspekty využití HDV	42
5.4.1 Finanční aspekty HDV	43
5.4.2 Postoj občanů k HDV	45
6 Praktická část	47
6.1 Metodika	47
6.2 Charakteristika obce Prameny	47
6.3 Projektové práce	51
6.4 Specifické návrhy	52
6.4.1 Vsakovací rýhy podél pozemních komunikací	53
6.4.2 Retenční nádrž	60
6.4.3 Retenční záhony	67
6.5 Ekonomické zhodnocení	71
6.5.1 Ekonomické zhodnocení vybudování vsakovacích rýh o délce 500 m	71
6.5.2 Ekonomické zhodnocení vybudování retenční nádrže	71

6.5.3	Ekonomické zhodnocení realizace retenčních záhonů.....	72
7	Diskuze	73
8	Závěr	75
9	Použité zdroje	77
9.1	Použitá literatura.....	77
9.2	Online zdroje	78
9.3	Technické normy	83
10	Seznam obrázků.....	84
11	Seznam tabulek.....	85
12	Přílohy.....	86
12.1	Příloha 1 Situační schéma.....	86

Seznam zkratek

ACF	filtrace aktivním uhlím
cm	centimetry
ČMS	Česká meteorologická stanice
ČMHÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
ČVUT	České vysoké učení technické
DPH	Daň z přidané hodnoty
HDV	Hospodaření s dešťovou vodou
l	litry
l/min	litry za minutu
m	metry
m. n. m.	metrů nad mořem
MVČR	Ministerstvo vnitra České republiky
MŽV	Ministerstvo životního prostředí
PES	Polyester
PP	Polypropylen
TNV	Odvětvové technické normy vodního hospodářství
TZB	Technické zabezpečení budov

1 Úvod

Dešťová voda představuje jeden z důležitých zdrojů vláh, který může být prospěšný nejen rostlinám, ale též lidem. Využívání dešťové vody jako zdroje vody závlahové i pitné je podporováno na úrovni veřejných i soukromých subjektů, zejména pokud se jedná o subjekty větší rozlohy či rodinné domy. Nové stavební projekty již musí obsahovat jeden ze způsobů využití dešťové vody, přičemž v domácnostech je nabízena nejen možnost využít dešťovou vodu jako užitkovou, ale též jako vodu pitnou. Motivace k rozsáhlejšímu využití dešťové vody je založena především na současném nedostatečném či nevhodném využívání dostupných vod, a na opakujících se obdobích sucha, jejichž zvládnutí je možno napomoci právě vhodným využitím dešťových vod.

Podmínky k využívání dešťové vody se však v jednotlivých oblastech České republiky a jiných částech světa značně liší. Období dešťů se střídá s poměrně dlouhými obdobími sucha, kdy by měla být nashromážděná dešťová voda využívána co nejefektivněji. Cílem motivačních pobídek ze strany státu, spočívajících zejména v poskytnutí finanční dotace, je zajistit nejen správné využití dešťové vody, ale také její dostatečnou akumulaci v místech, kde nedochází k její kontaminaci a kde je též možné zajistit proces jejího čištění do té míry, aby mohla být znovu využitelná. Uvedené motivační prvky je zároveň vhodné propojit s rozsáhlejší informovaností obyvatel, kteří se mohou významnou měrou podílet nejen na úsporném a efektivním nakládání s dešťovou vodou, ale též na důslednější snaze o nižší znečištění veřejných komunikací a dalších prostor, z nichž je dešťová voda odváděna a zachycována.

Následující práce je zaměřena na problematiku využívání dešťové vody v obecném hledisku i v rámci vybrané obce s malým počtem obyvatel. První část práce je rozdělena do tří kapitol, v nichž jsou zahrnuty principy udržitelného hospodaření s dešťovými vodami, legislativní uchopení dané problematiky a hospodaření s dešťovými vodami v zastavěných oblastech. Teoretická část práce je založena na studiu odborné literatury a relevantních internetových zdrojů. Z cizojazyčných

odborných zdrojů lze uvést například A. Aktera a jeho publikaci *Rainwater Harvesting—Building a Water Smart City*, zabývající se problematikou zadržení a využití dešťové vody v městských aglomeracích, dále M. A. Capenhart a kol., a jejich studii nazvanou *Preparing Rainwater for Portable use*, zaměřenou na shrnutí různých možností zpracování dešťové vody, či studie nazvaná *The Role of Water in the Landscape* autorů M. Rulíka a S. M. White, která obsahuje shrnutí důležitosti vody pro krajiny a možnosti využití dešťové vody ve vztahu k jednotlivým typům krajiny. V práci jsou též využity informace získané z případových studií specifických měst, například studie Panduranga a Maheshkumara o využití dešťové vody ve velmi suchém prostředí vybrané vesnice. Z českých odborných publikací je v práci uvedena kniha od P. Hlavínka *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území* či J. Pokorný a jeho publikace *Hospodaření s vodou v krajině – funkce ekosystémů*. První z uvedených publikací zahrnuje komplexní pohled na problematiku využití dešťové vody v městských oblastech včetně specifických příkladů hospodaření s dešťovou vodou, druhá kniha nahlíží na hospodaření s dešťovou vodou z pohledu celkové důležitosti vody v ekosystému celé přírody. Dále jsou v práci využity odborné internetové články, zejména z webových stránek www.voda.tzb-info.cz, www.pocitamesvodou.cz či www.vodnihospodarstvi.cz.

Druhá část práce je pojata jako práce analytická. Na základě dostupných informací o obci Prameny u Mariánských lázní diskutuje a nabízí možné podněty pro zlepšení hospodaření s dešťovými vodami. Projektuje možný doporučený výběr vhodných zařízení z hlediska finančního, ekonomického či geologického včetně specifických postupů instalace daných systémů.

2 Cíle práce

Primární cíl práce spočívá ve zhodnocení situace v oblasti hospodaření s dešťovou vodou v obci Prameny a v navržení vhodných opatření, která mohou vést ke zlepšení současného stavu. Sekundární cíl spočívá ve shrnutí současného stavu hospodaření s dešťovou vodou v České republice a v představení současné situace mezi poskytovateli systémů hospodaření s dešťovou vodou a aktuální finanční pobídkou ze strany státu. Výsledky této práce mohou pomoci představitelům obce Prameny či dalším podobným obcím s rozhodováním o způsobu nakládání dešťové vody, o možnostech rozšíření či zkvalitnění využití dešťové vody ve svém katastru.

3 Principy udržitelného hospodářství s dešťovými vodami

Možnost zachycovat a dále využívat dešťovou vodu představuje jeden ze základních prvků ekologického přístupu k vodnímu hospodářství. Dešťová voda nabízí mnoho možností účelného využití, přičemž vždy záleží na její kvalitě a míře znečištění, která je ovlivněna mnoha faktory. Objem dešťových srážek, jejich intenzita a následky neschopnosti jejich vhodné akumulace a regulace se vlivem změny klimatu mění, proto je důležité prosazovat zásady vedoucí k udržitelnému hospodářství s dešťovými vodami. Následující kapitola je zaměřena na vymezení problematiky spojené s využíváním dešťové vody v obecném hledisku s důrazem na vliv klimatických změn a člověka.

3.1 Klimatické problémy

Jedním z primárních dopadů klimatické změny je sucho, které se projevuje nejen nedostatkem dešťových srážek, ale též snižující se schopností půdy zadržovat vodu. Sucho může být definováno jako „neobvyklý a dočasný nedostatek vláhy způsobený kombinací nedostatečného množství srážek a intenzivnějšího výparu (v důsledku vysokých teplot) (Evropská komise, 2022). Sucho nelze vymezit jako nedostatek vody, kterým je rozuměn celoroční deficit způsobený nadměrnou spotřebou vody. Důsledky sucha se často kumulují a ovlivňují nejen zemědělství, ale také dopravní infrastrukturu, lesnictví či biologickou rozmanitost. V případě, že v daném regionu není dostatek srážek, množství podzemní vody se snižuje, a zároveň se zvyšuje počet škůdců i riziko vzniku požárů bez cizího zavinění. V České republice je příčinou sucha zejména nedostatek atmosférických srážek, který je zároveň obsažen v definici klimatického sucha (ČHMÚ, 2021).

Vymezení sucha lze rozdělit do tří základních rovin. V první rovině je vymezeno klimatické sucho, kterým je míněn stav vyvolaný nedostatkem srážek, přičemž objem odpařované vody převažuje nad objemem srážkové vody, případně je úhrn srážek za daný měsíc výrazně pod obvyklým srážkovým průměrem (Hanzelka, 2018). Srážkovým deficitem je rozuměn záporný rozdíl mezi skutečným objemem spadlé srážkové vody a obvyklým průměrným normálem srážek v dané lokalitě za vymezený čas. Míra klimatického sucha je dána rozsahem tohoto deficitu

i skutečného dopadu srážek v určitém čase a v příslušném období. Dále je při hodnocení míry klimatického sucha nezbytné zohlednit další klimatologické indexy, které se odvíjejí od specifických meteorologických prvků – teploty vzduchu, výparů, rychlosti větru, slunečním svitu a dalších faktorech, jež jsou schopny ovlivnit dopady srážkových deficitů v dané lokalitě pozitivním nebo negativním způsobem. Identifikace míry klimatického sucha a jeho dopadů na danou lokalitu tedy spočívá v provedení srovnávací analýzy zjištěných hodnot vybraných klimatických faktorů, které byly naměřeny za určité období, a jejich zhodnocení vůči dlouhodobému průměru (ČHMÚ, 2021).

Za druhou rovinu sucha je považováno půdní sucho. Tento jev „lze obecně definovat jako nedostatek vody v kořenové vrstvě půdního profilu, který způsobuje poruchy ve vodním režimu zemědělských plodin i volně rostoucích rostlin. Nedostatek vody ve svrchních částech půdního horizontu je důsledkem předchozího nebo ještě nadále trvajících sucha klimatického“ (Hanzelka, 2018). Půdní sucho představuje pro jednotlivé rostliny či plodiny různou míru nebezpečí, přičemž možné negativní dopady se odvíjejí od jejich vývojové fáze, nárocích na vodní zásobování či na jejím stáří. Právě vlhkost půdy však představuje, spolu s teplotou půdy a vzduchu, primární meteorologický faktor, spoluurčující tzv. hydrolimity dané půdní lokality. Vzhledem k nedostatečnému zajištění měřících stanic na území České republiky však není možné vymezit přesné hodnoty pouze experimentálně, proto jsou naměřené hodnoty doplňovány modelovými výpočty (ČHMÚ, 2021).

Třetí rovinou je hydrologické sucho, „které se projevuje po dlouhodobém deficitu srážek nedostatkem vod, kdy chybí zdroje doplňování pro povrchové i podzemní vody – snižují se průtoky v řekách, klesají hladiny vodních nádrží, snižuje se vydatnost pramenů. Tato úroveň sucha se obvykle dostavuje – zejména u podzemních vod – s určitým zpožděním“ (Hanzelka, 2018). Na vzniku hydrologického sucha se významně podílí lidský faktor, neboť nadměrný rozsah užívání vodních zdrojů může hydrologické sucho prohloubit nebo naopak zmírnit.

Za důsledek klimatických změn lze považovat také vznik povodní, jejichž rozsah je větší a důsledky ničivější nežli v minulých dekáдах a staletích. Za povodeň je možno označit „přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a způsobuje následné zaplavení bezprostředního i blízkého okolí vodního toku, ohrožuje životy a majetek, devastuje životní prostředí a působí značné materiální škody“ (Ministerstvo vnitra ČR, 2022). V některých případech může docházet k povodňovému stavu také v případě nedostatečného zajištění přirozeného odtoku povrchové vody či vlivem poruchy vodního díla z důvodu havárie. Pro varování obyvatel a možnost adekvátně reagovat jsou vymezeny tři stupně povodňové aktivity. Prvním stupněm se nazývá stav bdělosti, druhým stupněm je stav pohotovosti, a ve třetím stupni je vyhlášován stav ohrožení. Od povodně je nezbytné odlišit záplavy, které jsou způsobeny nedostatečným vsakováním povrchové vody do půdy či nesprávným fungováním kanalizace, případně vznikají z důvodu tání nadměrného množství sněhu, přičemž takto vzniklá povrchová voda se již nemůže vsakovat do půdy (Němcová, 2022). Za důsledek klimatické změny je možno označit též přívalové deště, které jsou charakteristické svou velkou intenzitou, krátkým trváním a malým plošným rozsahem. Tyto deště způsobují rozvodnění malých toků a nadměrné zatížení kanalizačních sítí, což může způsobit lokální záplavy (ČESKÉ EKOLOGICKÉ MANAŽERSKÉ CENTRUM, 2017).

3.2 Hydrogeologie a hospodaření s vodními zdroji

Hydrogeologie představuje vědní obor, který je primárně zaměřen na monitorování a analýzu složení podzemních vod a jejich vliv na proměny ve složení zemské kůry. Její poznatky však ovlivňují způsob, jakým se v dané lokalitě využívají vodní zdroje a jak lze vodní hospodaření využít v procesu ochrany životního prostředí. Primárním cílem hydrogeologie je vyhledávání zdrojů podzemních vod, hodnocení její kvality a využitelného množství a též podpora jejího udržitelného využití. Součástí činnosti hydrologů je též sledování kvality podzemních vod a řešení jejich případné kontaminace (Bláha, 2010). Podzemní vody jsou ovlivněny stavem a kvalitou vod povrchových i srážkových, přičemž každá z těchto vod je součástí vodních útvarů.

Vodní útvary mohou být vymezeny pomocí zákona č. 254/2001 Sb. ve znění zák. č. 150/2010 Sb. jako „významné soustředění povrchových nebo podzemních vod v určitém prostředí charakterizované společnou formou jejich výskytu nebo společnými vlastnostmi vod a znaky hydrologického režimu“ (Sbírka zákonů online, 2022).

Vodní útvary se člení na útvary povrchových vod a útvary podzemních vod. Útvar povrchové vody je vymezené soustředění povrchové vody v určitém prostředí, např. v jezeru, ve vodní nádrži, v korytě vodního toku a v dalších přirozených nebo umělých útvarech. K povrchovým vodám patří vody na zemském povrchu v kapalném a pevném skupenství, i voda veškerých přirozených srážek. Jedná se o vody ve vodních tocích, vodních nádržích, v přirozených i umělých prohlubních a v jezerech. Povrchovými vodami nejsou myšleny vody odebrané uživatelskými systémy. Útvary povrchových vod se člení na útvary přirozené a útvary silně ovlivněné, které mají lidskou činností významně změněný charakter a hydrologické parametry. Jedná se buď o různé typy přirozeně vzniklých rybníků, jezer či jiných vodních útvarů, či umělé vodní nádrže či přehrad, vystavěné z důvodu naplnění určité potřeby člověka v oblasti vodního hospodářství (Slavík, Neruda, 2014).

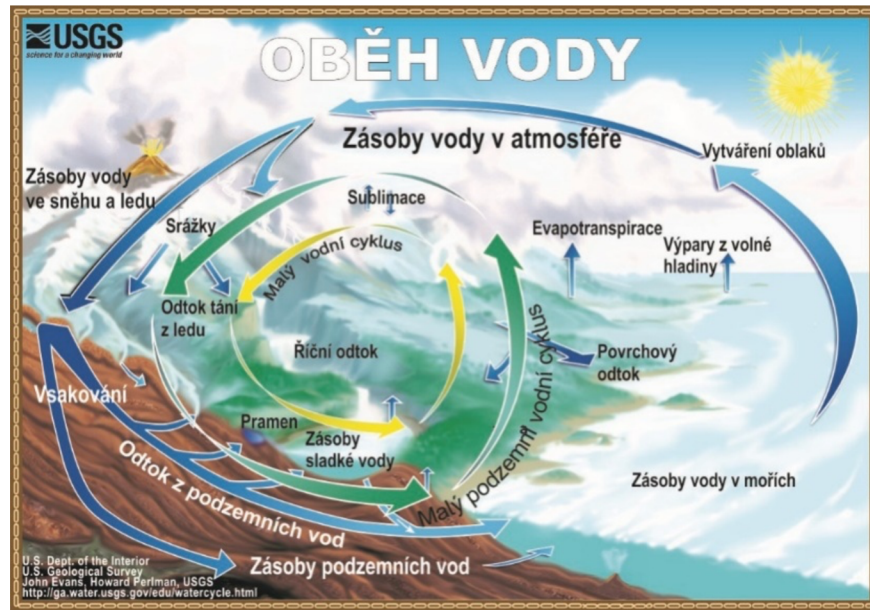
Dalším vodním útvarem jsou již zmíněné vody povrchové. Za tento typ vodního útvaru jsou považovány veškeré vody v kapalném skupenství nacházející se pod zemským povrchem, které však nemají fyzikální či chemické vázání na minerály a horniny tvořící součást půdy. Dle vodního zákona jsou za podzemní vody považovány všechny vody „pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se považují též vody protékající drenážními systémy a vody ve studních“ (Bláha a kol., 2010). Za přirozené kolektory podzemních vod je považováno jejich soustředění v horninové vrstvě se schopností propouštění. Součástí podzemních vod jsou též vody ve studních či vrtech, avšak nikoliv vody odebrané. Jejich využívání je stanoveno v souladu se zajištěním zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Podzemní, stejně jako povrchová a srážková voda je součástí vymezeného hydrogeologického rajonu,

který je charakterizován specifickým a jednotným oběhem vody určitého typu a určité jakosti (Slavík, Neruda, 2014).

Koloběh vody, důležitý pro hospodaření s dešťovou vodou, lze rozdělit na uzavřený a otevřený, případně krátký nebo dlouhý. Dlouhý koloběh vody v současnosti charakterizuje zemědělskou krajinu i specifické suché oblasti. Při tomto typu koloběhu voda není zadržována v krajině, odtéká poměrně rychle, a případné odpaření vody nevytváří kondenzaci v krajině, neboť tlak vodní páry není schopen dosáhnout rosného bodu. Srážky nejsou pravidelné, přichází období sucha, lze rozpoznat velké rozdíly mezi denními a nočními teplotami. Otevřený či dlouhý koloběh vody krajinu vyčerpává a může být považován za důkaz změny klimatu, nastává-li v nových lokalitách (Pokorný, Dvořáková, 2011).

Krátký či uzavřený vodní cyklus je charakteristický pravidelnými srážkami, čímž je krajina zásobována dostatečným množstvím vody a disponuje rozsáhlejší vegetací. „Odpařená voda se sráží na povrchu rostlin a zůstává v porostu, po nočním poklesu teplot se tvoří mlhy a sráží se rosa. Voda obíhá v krátkém cyklu a opakovaně je využívána rostlinami. Výpar vody rostlinami (transpirace) a celým porostem včetně půdy (evapotranspirace) tlumí přehřívání krajiny“ (Pokorný, 2014). Tím dochází k vyrovnání teplotních rozdílů mezi dnem a nocí, je udržována vysoká hladina spodních vod, a je podporováno snižování reaktivity a mikrobiální aktivity v půdě. Povrchová voda neodnáší velké množství látek rozpuštěných ve vrchní vrstvě půdy, půda je schopna pojmout větší množství srážkových vod, a metabolické pochody i tok energie v půdě se zpomaluje (Pokorný, Dvořáková, 2011). Vegetace je schopna získat více živin, neboť půda si uchovává své přirozené vlastnosti a nedochází k jejímu narušení. Uzavřený koloběh vody má v konečném důsledku pozitivní vliv na celkový ekosystém v dané lokalitě.

Koloběh vody uzavřeného i otevřeného typu je uveden na následujícím obrázku.



Obr. 1 Koloběh vody v přírodě (Schauberger, 2017)

3.3 Vliv člověka na proces zadržování vody v krajině

Člověk představuje velmi důležitý faktor, který ovlivňuje hydrologický cyklus v přírodě. Svou činností narušuje přirozený koloběh vody, neboť množství vody je konečné a bez zásahu člověka je koloběh řízen přirozeným způsobem. V přírodě se recyklace vody odehrává neustále, ať již formou povrchového odtoku, říčního toku, toku podzemní vody ve vodonosných vrstvách, v procesu odpařování nebo transpiraci. Během tohoto procesu recyklace dochází ke změnám v množství a kvalitě vody způsobeným přírodními a lidskými zásahy. V přírodě je hydrologický cyklus dobře vyvážený a jednotlivé součásti se přizpůsobují kolísání zásob vody v životním prostředí. Pokud jsou však některé části systému změněny, může být ohrožena odolnost systému. Ohrožení vzniká pokaždé, když dochází k nevyvážené spotřebě vody člověkem bez ohledu na přirozený koloběh vody (Rulík, White; In: Zelenakova a kol., 2020).

Jedním z výrazných způsobů zasahování člověka do okolní krajiny je extenzivní zemědělství. Kulturace půdy a využíváním nadměrného množství chemických prostředků ovlivňuje akumulční a retenční schopnosti půdy. Důležitý vliv na přirozené vlastnosti půdy mají též realizace nevhodných vodohospodářských

opatření, například napřímení, opevnění a zahloubení koryt drobných vodních toků, nebo opatření v oblasti zemědělství, kdy docházelo například ke slučování menších zemědělských ploch ve větší celky. Příliš rychlý odtok vody z krajiny je určitou měrou zapříčiněn též uskutečněním staveb podporujících odvodnění půdy, zejména zemědělská drenáž. Další formou narušení schopností půdy správně hospodařit se srážkovými vodami je vznik půdní kompakce. V takovém případě dochází k jednomu ze dvou druhů utužení půdy. První typ je nazýván genetické utužení, které se obvykle odehrává především v půdách majících těžší zrnitostní složení. Takto je ohroženo přibližně 30 % půdních ploch. Druhým typem je antropogenní neboli technogenní utužení, které je následkem využívání „těžkých mechanizačních prostředků na půdu za nevhodných vlhkostních podmínek. Při utužení jsou poškozeny její základní fyzikální vlastnosti, dojde k rozpadu půdní struktury, což má za následek další negativní změny ve vlastnostech a charakteristikách půd“ (Vopravil a kol., 2010). Tento typ utužení půdy není ve většině případů možné změnit za krátkou dobu, neboť obnova schopností půdy vyžaduje další opatření antropogenního charakteru v delším časovém období.

Jako kriticky důležitý charakteristický parametr související s funkcí retence vody lze propustnost půdy použít k hodnocení schopnosti dynamicky regulovat vodu v různých jednotkách tvaru území v projektových oblastech. Propustnost půdy může odrážet schopnost transportu pozemního toku do mezitoku či odtok podzemní vody z půdy, což má velký vliv na funkce ochrany půdy a vody a retenci vody. Za určitých podmínek intenzity srážek může dobře infiltrovaná půda většinu vody buď dostatečně akumulovat, nebo ji transportovat do podzemního odtoku, což má silný vliv na snížení kulminace povodní a zachycení povodní (Peng a kol., 2015).

Vliv člověka na schopnost půdy zadržovat či vhodně odvádět vodu se projevuje taktéž v oblasti intenzivních stavebních prací. Urbanizace přímo ovlivňuje míru propustnosti povodí srážkové vody, což následně vede ke snížení infiltrace a zvýšení povrchového odtoku. V neurbanizovaných vodních tocích tvoří výpar 40 % srážek, zatímco 50 % srážek se vsakuje do podzemních vod a pouze 10 % srážek se ztrácí povrchovým odtokem. Urbanizace krajiny uvedený poměr značně mění: zpevnění ploch a splavnění řek vede ke zvýšení objemu odtoku. Pouze malé množství vody

tak zůstává na stejném místě, kam dopadne v podobě deště, a následně může být využito pro evapotranspiraci nebo doplňování podzemní vody. Betonové dláždění či asfaltování se vyskytuje převážně v městských oblastech. Podobně jako využití těžké techniky v zemědělské krajině i zde je možnost infiltrace omezena či přímo znemožněna. Zemědělské půdy navíc postrádají organickou hmotu a humus, které silně váží vodu. Místo akumulace vody v půdním horizontu a zvyšování akumulační schopnosti podzemních vod se tedy voda z krajiny ztrácí suchozemským odtokem nebo drenáží dešťové vody (Rulík, White; In: Zelenakova a kol., 2020).

4 Legislativní problematika

Využití srážkové vody je upraveno nejen na úrovni České republiky, ale též v legislativě Evropské unie. Následující kapitola je zaměřena na vymezení právního rámce HDV a obecné ochrany vodních zdrojů z hlediska Evropské legislativy i českých právních norem.

4.1 Legislativa Evropské unie

Právní rámec ochrany sladkovodních a mořských zdrojů se zaměřuje především na úpravu pravidel o využívání a ochraně vody pomocí směrnic a doporučení, která se vztahují na jednotlivé státy Evropské unie. Ty mají povinnost zpracovat tyto informace do vlastních právních rámců vztahujících se k dané problematice. Za základní směrnici lze považovat Rámcovou směrnici o vodě a související zvláštní směrnici o vodě, jejíž obsah je zaměřený na ochranu vnitrozemských povrchových i podzemních vod, brakických vod či podzemních vod. Pozornost je zaměřena především na prevenci a snižování míry znečištění těchto vod a „podporu udržitelného využívání vody, ochranu vodního prostředí, zlepšování stavu vodního prostředí a zmírňování důsledků záplav a sucha. Jejím hlavním cílem je dosáhnout dobrého stavu prostředí všech vod“ (Kurrer, 2022). Každý členský stát má povinnost sestavit, přijmout a uplatňovat plány pro hospodaření s vodními toky, založené na znalosti lokálních zeměpisných podmínek, a podporovat vznik programů vedoucích k zajištění této ochrany a prevence. Součástí rámcové směrnice jsou cílené směrnice obsahující specifické kroky k ochraně a k preventivním opatřením. Jedná se například o směrnici o podzemních vodách, směrnici o vodách ke koupání či směrnici o čištění městských odpadních vod. Tyto směrnice poskytují základ pro vytvoření národních plánů k daným tématům.

Ochrana vodních toků i širší využití srážkových vod jsou podporovány ve snaze zabránit shromažďování široké škály toxických znečišťujících látek, jako jsou těžké kovy, plasty a mikroplasty. Tyto látky jsou v případě nadměrného přívalu dešťové vody vypouštěny, obvykle neupravené, do místních vodních toků, zejména do řek a potoků. Následné získání pitné vody vyžaduje zvýšenou činnost čistíren odpadních vod, což má za následek zvýšenou spotřebu energie pro obce.

Nedostatečné zajištění odtoku dešťových vod také způsobuje velké sociální a ekonomické náklady, zejména narušení dopravy, škody na infrastruktuře a budovách a ztrátu tržeb podnikatelů (Petito, 2021). Všechny tyto aspekty jsou v Evropských směrniciích zohledněny, stejně jako návrhy řešení specifické problematiky. Například Evropská směrnice o povodních je transformována do české Směrnice o povodních, obsahující návrhy lokálních řešení v případě vzniku povodně či pro její prevenci.

4.2 Legislativa ČR

Přístup české legislativy k problematice vodního hospodářství, a zejména k uplatnění možností odvodnění urbanizovaných území, lze hodnotit jako nedostatečný. Přístup k právní úpravě je spíše chaotický, neboť jednotlivé vyhlášky a nařízení pojednávající o problematice vodního hospodaření v urbanizovaných oblastech, jsou součástí různých zákonů. Zaměstnanci státní správy i odborná veřejnost nemají dostatečnou zákonnou oporu, která by jim umožňovala vymáhat plnění daných vyhlášek na celém území ČR stejnou měrou. Tyto nedostatky podporují vznik staveb, které mají nevhodně řešené odvodnění, což v důsledku ohrožuje samotné stavby i jejich majitele (Vítek a kol., 2015).

Další překážkou v důsledném uplatňování zákonných norem je odlišné pojetí HDV v soukromém a ve veřejném právu. Prosazování soukromého práva je nezávislé na obhajování práva veřejného a taktéž definice určitých aspektů se v obou právních oblastech odlišují. Podobně se též odlišují pojetí téhož aspektu v různých zákonech, což umožňuje právním zástupcům vyložit obsah těchto pojmů různým způsobem. Za příklad může sloužit vymezení vodního toku z hlediska zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů a z hlediska zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. V prvním případě se za vodní tok rozumí pouze povrchová voda, v druhém případě se vodním tokem rozumí také koryto vodního toku a na vodu vázané ekosystémy (Marton, Horská, 2021). Prosazení jednoho či druhého obsahu vždy záleží na schopnostech jednotlivých právníků a zájmech jednotlivých stran.

Za základní legislativní předpis v oblasti vodohospodářství lze považovat zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů nazývaný též vodní zákon. Z hlediska této práce je důležitý zejména paragraf pět, který ukládá každému

zájemci o výstavbu povinnost zabezpečit svou stavbu odpovídajícím systémem zásobování vodou, stejně jako jejím odváděním, čištěním nebo likvidací odpadních vod jiným způsobem. Taktéž je povinen „zajistit dostatečné vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby v souladu se stavebním zákonem“ (Vítek a kol., 2015). Z určitého hlediska je možné každou stavbu, která hospodáří se srážkovou vodou, považovat za vodní dílo dle vymezení uvedeném ve vodním zákoně. Problematika hospodaření s vodami je v daném zákoně rozdělena do XIII Hlav a spadá do působnosti pěti ministerstev, která vykonávají působnost ústředních vodoprávních úřadů. Svodnou gesci za vodní zákon vykonává Ministerstvo zemědělství ČR, není-li tato gescce svěřena tímto zákonem jiným ústředním orgánům (Marton, Horská, 2021).

Mezi další důležité dokumenty, které je nezbytné zohlednit, patří vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území ve znění vyhlášky č. 269/2009 Sb. V ní je obsažen požadavek na umístění zařízení zaměřeného na vsakování nebo odvádění srážkové vody ze zastavěných či zpevněných ploch, přičemž toto zařízení musí být součástí každého stavebního pozemku. Zařízení nelze sdílet mezi různými stavebními pozemky, každý majitel stavebního pozemku tedy musí prokázat vlastnictví svého zařízení. Rodinné domy mohou za toto zařízení vydávat určitou část půdy, která je schopna dostatečného vsakování srážkových vod, pokud je tato půda dostatečně rozlehlá (Vítek a kol., 2015).

K povinnosti zajistit odvod či vsakování podzemních vod se vztahuje také již zmíněná vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby a zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) ve věcech regulace oboru vodovodů a kanalizací. V uvedené vyhlášce je zdůrazněno, že vlastníci stavebních pozemků musí v případě nemožnosti zajistit vsakování a zaručit jejich odvod do systému povrchových vod. Zákon o vodovodech a kanalizacích stanovuje vlastníkům vodovodu nebo kanalizace povinnost umožnit vlastníkům stavebních pozemků připojit se k tomuto systému, pokud se stavební pozemek nachází v katastru

majitele kanalizace, tedy obce. Systém kanalizace musí být navržen takovým způsobem, aby její obsah neznečišťoval životní prostředí (Vítek a kol., 2015).

Mezi další prováděcí právní předpisy, které jsou úzce provázány s problematikou hospodaření s dešťovou vodou, lze zahrnout například nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních, vyhlášku č. 123/2012 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových, či vyhláška č. 49/2011 Sb., o vymezení útvarů povrchových vod, vyhláška č. 23/2007 Sb., o podrobnostech vymezení vodních děl evidovaných v katastru nemovitostí České republiky. Starší zákonné normy pojednávající o této problematice jsou například vyhláška č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků či vyhláška č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu. Hospodaření se srážkovými vodami se dotýkají také další zákonná ustanovení, zejména pak zákon č. 256/2013 Sb., o katastru nemovitostí (katastrální zákon) ve věcech zápisů vodních děl a ochranných pásem do Katastru nemovitostí České republiky, zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) ve věcech povolování vodních děl a vodohospodářských úprav nebo zákon o ochraně přírody a krajiny například ve věcech ochrany vodních toků jako významných krajinných prvků (Marton, Horská, 2021).

5 Problematika hospodaření s dešťovými vodami v zastavěných oblastech

Možnost využívat dešťovou vodu v zastavěných oblastech se odlišuje od možností, které nabízí využití srážkových vod v zemědělství. Urbanizace přináší v oblasti HDV velké výzvy, neboť způsob změny v krajině je obvykle trvalý a následná opatření v oblasti HDV musí být vytvořena lidským faktorem. Výše uvedená problematika nejasného výkladu zákonných norem umožňuje vznik takových druhů staveb, které ne vždy zajišťují správný přístup k hospodaření s vodními zdroji. Proto je důležité aktivně podporovat zlepšení v oblasti HDV nejen mezi jednotlivci, ale také mezi obecními zastupiteli. Následující kapitola je zaměřena na vymezení problematiky HDV především z hlediska obcí, přičemž jsou zde zohledněny také finanční aspekty a možnost změny náhledu občanů na problematiku HDV.

5.1 Problematika využití dešťové vody

Dešťovou vodu lze vymezit jako součást přírodních vod, mezi které patří již zmíněná povrchová voda a voda podzemní. Jedná se o „destilovanou vodu z oblaků, která se při pádu na zemský povrch (dešti) znečišťuje látkami obsaženými v ovzduší. Je to voda měkká, hodící se jen pro některé účely“ (Vrána, 2005). Dešťovou vodu nelze primárně označit za pitnou vzhledem k jejímu složení, její potenciál obvykle spočívá v jejím využití jakožto vody užitkové. Lze ji též označit také za vodu provozní, neboť ji lze přizpůsobit různým provozním účelům.

Dešťová voda může být využita různým způsobem. V bytových a rodinných domech může dešťová voda nahradit využití pitné vody například při splachování záchodů, zalévání zahrady či praní. K tomuto využití však musí dešťová voda projít procesem filtrace, při němž se odstraní nečistoty způsobené specifickým způsobem zachytávání této vody. V rodinných domech může být využíváno střešní zařízení na zachytávání dešťové vody, případně může rodina postavit retenční nádrž umístěnou ve sklepě nebo pod zemí. Důležitým prvkem je systém propojení dešťového potrubí s vodním potrubím v domě, přičemž musí být zamezeno spojení mezi vodovodem s pitnou vodou a vodovodem obsahujícím vodu dešťovou (Vrána, 2005).

Důvody, podporujících dlouhodobé a ekonomické hospodaření s HDP, mohou být následující. Zásoby vody v systému koloběhu vody, které mohou být využity v podobě pitné vody, jsou omezené. Čistící procesy, které umožňují využít podzemní, říční či povrchovou vodu jakožto pitnou, jsou poměrně složité, v mnoha oblastech je nezbytné vést kvalitní pitnou vodu potrubím na dlouhé vzdálenosti, což zvyšuje její konečnou cenu a nároky na kvalitu. Proto je důležité vyvíjet nové způsoby, jak lze využívat dešťovou vodu k takovým účelům, v nichž není striktně vyžadováno použití vody pitné. Využití dešťové vody může výrazně snížit rodinný či firemní rozpočet. Rodina využívající dešťovou vodu může výrazně ušetřit až 50 % pitné vody. Například při zalévání zahrady či při využití dešťové vody k praní. Úspory jsou však výrazně sníženy nutností započítat investici do stavby a provozu zařízení, které umožní znovuvyužití dešťové vody, a taktéž platbu za stočné kvůli odvodu použité dešťové vody do kanalizace (Böse, 1999).

Dobré využití dešťové vody též snižuje potřebu využívat retenční nádrže a budovat ochranné prvky proti záplavám. Zařízení umožňující znovu využít dešťovou vodu je taktéž schopno shromáždit vodu v místech, kde je z důvodu nadměrných dešťů přebytek této vody, aniž by voda odtékala do kanalizace. Dešťová voda se též může snáze vsáknout do půdy. Mezi další důvody, proč lépe využívat dešťovou vodu, lze zařadit důležitost dešťové vody pro rostliny. Dešťová voda je též méně vápenitá a méně zatěžuje prostředky využívané k praní či k mytí nádobí. V neposlední řadě též využití dešťové vody snižuje množství odpadní vody, protože dešťová voda je odváděna jiným způsobem nežli voda pitná (Böse, 1999).

Nutnost zlepšit hospodaření s dešťovou vodou spočívá taktéž v potřebě snížit kontaminaci podzemních vod polutanty, které se do této vody dostávají nesprávným zacházením se srážkovými vodami. Povrch zemědělské půdy i zastavěných oblastí je pokryt různými druhy nerozpuštěných látek, organických látek či toxických sloučenin včetně ropných látek a těžkých kovů. Zamezení tohoto způsobu znečištění může být dosaženo aplikací HDV podobné přírodnímu způsobu odvodu srážkových vod. Jedná se především o regulované zadržování a vsakování srážkových vod pomáhající snížit objem povrchového odtoku srážkových vod, či o možnost zadržet

srážkové vody přímo v místě jejich dopadu, což pozitivně ovlivní objem odpařované vody a zlepši mikroklima v přilehlých oblastech (Šálek a kol., 2012).

Při výběru systému zachycování dešťové vody je třeba zvážit určité parametry. Především je důležité vymezit účel, za jakým má být systém zachycování dešťové vody vybudován. Může se jednat o zásobování vodou, řešení hrozby povodní ve městech či doplňování podzemní vody. Dále je nezbytné zhodnotit okolnosti dopadu dešťové vody, zejména průměrný objem srážkových vod v dané lokalitě za určité časové období, prostupnost půdy a její schopnost retence a též časové a prostorové změny srážek spolu s dostupností dalších povrchových nebo podzemních vod. Z hlediska navrhovaného systému je nezbytné zohlednit projektovanou akumulační kapacitu dešťové vody a v optimálním případě využít referenční mapu nebo počítačové nástroje využívající behaviorální (stochastické) modely pro určení optimální velikosti skladovacího objemu systémů zachycování dešťové vody. Pro určité druhy půdy či nadzemních prostor jsou vhodné specifické typy vodních nádrží a distribuční techniky, které jsou nabízeny v různé cenové hladině, proto musí nakupující zvážit své ekonomické postavení. V neposlední řadě je nezbytné seznámit se předem se strategií provozu a údržby, stejně jako hydrologický dopad zvolených systémů zachycování dešťové vody (Akter, 2022).

Zařízení, umožňující využívat srážkovou vodu v rodinách i v rámci větších společností či v obcích, lze rozdělit do tří základních skupin. Může se jednat o zařízení zaměřená „na jímání, dopravu, úpravu a akumulaci srážkových vod, zařízení na využití odtoku srážkových vod, či zařízení na zasakování a neškodné odvádění srážkových vod“ (Šálek a kol., 2012). Rodinné či bytové domy mohou využívat například zařízení umožňující akumulovat srážkovou vodu na střeších či s využitím obvodových ploch. Účinnost záchytných zařízení, využívajících šikmé nebo svislé plochy, závisí na úhlu sestupu deště. Tvary střech a budov a jejich uspořádání ovlivňují proudění větru a mohou být důležité. Obecně platí, že návrh zařízení akumulujícího dešťovou vodu by měl zohlednit směr větru, který zajistí maximální průtok dešťové vody. U úžlabí bývá jedna strana střechy odkrytá, druhá chráněná. Předpokládá se, že stěny nabízejí maximální vertikální plochu, na kterou déšť dopadá. Pro jednu stěnu by tak mohla být efektivní záchytnou plochou polovina exponované vertikální plochy.

Též je nezbytné zohlednit proudění vzduchu kolem budov. Část deště, která se blíží ke zdi, je unášena přes nebo kolem ní větrem. Z deště dopadajícího na zeď se část srážkové vody může odrazit a dopadnout až 150 mm daleko. Některé se pohybují nahoru nebo do stran, shromažďují se v reentrantních úhlech a pod převisy (Wise, Swaffield, 2022).

V rámci rozhodování o způsobu využití srážkových vod je tedy nezbytné zohlednit několik základních faktorů. Mezi tyto faktory lze zařadit množství srážkových vod, jejich jakost, způsob očekávané či možné úpravy, či místní podmínky, které mohou umožňovat využití specifických způsobů akumulace a využití. Na základě zvážení těchto faktorů může být zvolen jeden či více následujících způsobů. Majitelé nemovitosti se mohou rozhodnout využívat dešťovou vodu pomocí zelených střech využívajících systém evapotranspirace a dále po úpravě této vody ji využívat ke splachování WC, praní prádla, zálivku, nebo čištění domovních prostor. Srážková voda však musí projít procesem hygienizace (Šálek a kol., 2012).

Tento proces též probíhá v případě využití srážkových vod k čištění veřejných prostor v obcích či ve městech či k závlaze zeleně, travnatých ploch či napájení malých vodních nádrží (WISE, 2012).

Tyto prostory jsou přirozeně zavlažovány srážkovými vodami, jejich záměrné použití je však podřízeno hygienickým normám. Soukromé subjekty mohou též využívat srážkových vod k napájení okrasných vodních nádrží, stejně jako k závlaze zahradních ploch, na nichž se pěstují užitkové plodiny. I zde by však měl proběhnout určitý čistící proces (Šálek a kol., 2012).

5.2 Hospodaření s dešťovými vodami v obcích

Současná situace v oblasti zadržování a využívání dešťových vod je v mnoha obcích neuspokojivá. Extrémní výkyvy v četnosti srážek a snížená schopnost půdy absorbovat vody v dostatečném množství stejně jako reálná hrozba nedostatku vodních ploch podněcuje představitele měst a obcí k rozhodnutím vedoucím k efektivnějšímu nakládání s dešťovými srážkami. I v České republice se začíná rozvíjet koncept „Sponge City“, tedy městských oblastí, obklopených rozsáhlejšími přírodními oblastmi, v nichž jsou zahrnuty stromy, jezera, parky a další prvky,

pomáhající zadržovat vodu a zabránit záplavám. Menší obce však potřebují nalézt další vhodné způsoby nakládání s dešťovou vodou.

Každá obec potřebuje zaměřit svou pozornost na způsob nakládání s vodou v různém skupenství i v různé dostupnosti. Za dostupnou sladkou vodu se považuje hodnotitelný a měřitelný průtok stabilního a trvalého povrchového a podpovrchového odtoku v jezerech, řekách a podzemních vodách. Tato voda je definována jako modrý proud vody. Proudění zelené vody tvoří zbývající část pozemského hydrologického cyklu – jmenovitě zpětný tok par do atmosféry, známý jako evapotranspirace. Odhaduje se, že správným hospodařením s vodními toky může být reálně získán přístup k přibližně 12 500 Gm³ toku modré vody za rok, z kumulativního průměru 38 000 Gm³ odtoku za rok (BAGUMA, D. a kol., 2010).

Získaný vodní zdroj však musí být též správně využit, což vyžaduje nemalé investice do technologického i personálního zajištění.

Výběr specifického zařízení na zpracování dešťové vody se odvíjí zejména od typu veřejného prostranství, na němž bude zařízení umístěno. Za veřejné prostranství je možno dle § 34 zákona č. 128/2000 Sb., o obcích považovat především „náměstí, ulice, tržiště, chodníky, veřejná zeleň, parky a další prostory přístupné každému bez omezení, tedy sloužící obecnému užívání, a to bez ohledu na vlastnictví k tomuto prostoru. Dále je pojem veřejné prostranství zmíněn ve vyhlášce č. 501/2006 Sb. v aktuálním znění, o obecných požadavcích na využívání území (Kraml a kol., 2018).

Uvedená vymezení jsou důležitá především z hlediska specifických kritérií, která musí být dodržena při rozhodování o podobě a využití veřejných prostranství. Vzhledem k velikosti obce, o níž bude pojednáno v následující části této práce, bude nyní specifikováno především veřejné prostranství charakteristické pro malé obce. Jedná se o náves, bezprostřední okolí obce neboli příměstská krajina, břehy a nábřeží a ulice.

Náves představuje důležité veřejné prostranství, které bylo zejména předešlých desetiletích vnímáno jako střed obce, na němž se odehrávají důležité události.

Lze ji označit za prostor, v němž se „nacházejí významné budovy pro celou lokalitu (například kaplička, autobusová zastávka, škola, kostel, obchod) a kde se spontánně nebo při pořádání společenských akcí setkávají místní obyvatelé. Jedná se o místo, kde vzniká vzájemná sounáležitost obyvatel i jejich vztah k obci“ (Sýkorová a kol., 2021). Obecní návěs má obvykle více venkovský charakter spočívající v přítomnosti většího množství nezpevněných travnatých ploch, absencí obrubníků při okrajích pozemních komunikací a nadzemní vodní plochu určenou pro hašení rozsáhlejších požárů nebo pro péči o původní zeleň. Uplatňují se převážně přírodě blízká řešení HDV zaměřená na odvodnění místních komunikací a prevenci vzniku kaluží. Převažují snahy o zajištění vsaku dešťové vody v místě spadu srážek, což vytváří příjemné mikroklima, a spolu s umístěnými lavičkami před keřovými porosty a stromovím nabízí prostor ke sdružování občanů (Středočeský kraj, 2022).

V okolí obce se nachází obecní či příměstská krajina, která náleží do katastru obce, avšak na níž se nenachází zastavěná oblast. Má „primárně hospodářskou, přírodní, rekreační, ale i duchovní funkci. Jedná se o pásmo mezi urbanizovaným územím a volnou krajinou poskytující přechod mezi zástavbou rodinných domů či sídlišť a člověkem v omezené míře přetvářeného přírodního prostoru“ (Sýkorová a kol., 2021). Na této ploše by se měla nacházet především zeleň, též zatravněné pásy, vzrostlé stromy či přirozené vodní plochy či mokřady mající nejen estetický, ale též praktický význam především v podobě větrolamů a v rámci ochrany půdy před erozí či nadměrným vysušováním. Důraz je kladen na minimalizaci dopadů splachu polní půdy při nadměrných srážkách, přičemž tato voda již není odváděna do kanalizace, nýbrž se navrácí do velkého vodního cyklu (Nehasil, 2015).

Vodní toky v obcích jsou zabezpečeny více přírodní formou nežli ve městech. Břehy a nábřeží jsou spjaty s vodní plochou či s vodním tokem, přičemž na nich může být vystavěna například stezka pro chodce či pro cyklisty, odpočinkový prostor či naopak mohou být zarostlé keři či stromy. Obecně lze vymezit břehy jako prostor méně zasažený činností člověka, zatímco nábřeží obvykle obsahují zastavěnou plochu. Prostor břehu a nábřeží je obvykle vyvýšený, aby se voda za běžných podmínek nedostala ze svého koryta. Tímto je též uzpůsobena k hospodaření s vodou v případě většího množství srážek. HDV tak není zaměřeno primárně na zadržení a vsakování,

ale spíše rovnoměrně vodu rozdělit do okolních prostor v případě, že koryta vodních toků či vodní plochy nejsou schopny tuto vodu pojmout. Do těchto toků či ploch se taktéž dostávají povrchové odtoky z ulic v obci, proto je nezbytné dbát nejen na dostatečné zajištění dešťové kanalizace, ale též na další možnosti zpracování dešťové vody (Sýkorová a kol., 2021).

5.3 Systémy hospodaření s dešťovými vodami

Systém zachycování dešťové vody zahrnuje technologii nebo metodu akumulace, dopravy a skladování vody z dešťových srážek. Dostupné metody pro shromažďování a ukládání dešťové vody ze střech nebo povrchu země jsou: Zachycování odtoku ze střechy, což je zachycování dešťové vody na střeše a následně uložení do nádrží, a dále ukládání z širšího extravilánu a místních povrchových toků zejména v rámci zadržování sezónních povodňových vod z přilehlých toků (Akter, 2022).

5.3.1 Obecné rozdělení systémů HDV

Již zmíněná rozdělení systémů umožňujících zachycovat srážkovou vodu a následně uplatnit HDV nezohledňují způsob, jakým jsou tyto srážkové vody zachycovány a následně využívány. Po zvážení všech faktorů mohou obce či soukromé osoby využívat následující systémy:

První skupinou zařízení jsou systémy či opatření umožňující zlepšit mikroklimata dané lokality nebo budovy a taktéž působit preventivně při vzniku srážkového odtoku. Tyto systémy jsou instalovány přímo v místě dopadu srážek a mohou působit buď decentralizovaně, nebo v rámci centrální stokové sítě. Tyto systémy působí na principu zadržení vody nebo jejího vsakování pod povrch. Dopad těchto systémů na mikroklima dané lokality je dán jejich schopností zlepšení prostředí formou snižování teplot či tvorbou stínů. Systémy tohoto typu však nejsou vhodné pro řešení problému zajištění odtoku povrchových vod z jiných oblastí, jedná se tedy o úzce lokální řešení. Podstatná část systémů je založena na udržování vegetace, jejíž potřeba vody je opakovaná. Za příklad těchto systémů lze uvést štěrkové a mlatové plochy, zatravnovací dlažba a štěrkový trávník, trávníky, kvetoucí záhony, keře, stromy, dešťový záhon či vegetační střechy nebo fasády (Sýkorová a kol., 2021).

Uvedená opatření mohou nabídnout několik základních výhod. Přírodní systémy vsakování, stejně jako uměle vytvořené zelené střechy na objektech, jsou schopny absorbovat více než 90 % srážkové vody, která je následně odpařena do ovzduší. Tímto způsobem též dochází k odlehčení kanalizačního systému, což představuje výhodu zejména v období přívalových dešťů. Nezachycená voda se dostává do kanalizace formou odvodňovacího gravitačního nebo podtlakového systému. Střešní plochy, na nichž se nachází zelená plocha, jsou schopny zajistit budově určitou tepelnou izolaci, která je užitečná zejména v letních měsících. Rostliny jsou schopny zadržovat nejen srážkovou vodu, ale též regulovat vysoké teploty, což následně vytváří klimatizační efekt (Penc, Kučerová, 2021).

Dalším typem systému, umožňujícího HDV, jsou různé typy vsakovacích objektů, které nevyžadují údržbu vegetace. Tyto systémy vyžadují umístění systému do podloží, jež disponuje dobrými vsakovacími parametry. Specifická konstrukce poskytuje možnost získávat povrchovou vodu z různých oblastí s nepropustnou či málo propustnou půdou, přičemž tato voda je zadržena a postupně vsakována do podloží. Ve většině případů je součástí tohoto systému také zatravněná humusová vrstva, která poskytuje dostatečné předčištění vsakované vody. Při realizaci tohoto typu opatření musí být nejprve zajištěna podzemní voda, od níž musí být vsakovací zařízení vzdáleno alespoň jeden metr. Zařízení též musí být umístěno v podloží, které je schopno pojmout takto velký objem vody, aniž by tím byly ohroženy podzemní části okolních staveb. Ohroženy by mohly být zejména starší stavby nedisponující dostatečným systémem hydroizolace. Za příklady těchto systémů mohou sloužit vsakovací průlehy a jejich varianty, vsakovací retenční rýha a její varianty, případně též vsakovací retenční nádrž či vsakovací šachta (Sýkorová a kol., 2021). V optimálním případě jsou tato zařízení propojena s počítačovým softwarem, který pomáhá předpovídat rozsah srážek a na základě předpovědi vyprázdnit vsakovací prostor.

Na území obce musí být rozhodnutí o výstavbě vsakovacího zařízení učiněno především s ohledem na územní plán dané obce, geologie podloží a vodního plánu, který je v katastru obce uplatněn. Tento plán by měl obsahovat taktéž informace o schopnosti podloží vsakovat určité množství vody. Výstavba tohoto zařízení podléhá

již zmíněným zákonným úpravám a určitým normám. V praxi se uplatňuje především norma ČSN 759010 pojednávající o vsakovacích zařízeních srážkových vod. Dle této normy se určuje velikost vsakovacího zařízení a délka nutná k vyprázdnění tohoto zařízení, která může být maximálně 72 hodin. Dále se lze setkat s odvětvovou normou vodního hospodářství TNV 759011 z roku 2013, jejíž součástí je též pojednání o „zařízení pro akumulaci a škrcený odtok, případně akumulaci a škrcený odtok s částečným vsakováním. Bezpečněji požaduje dobu prázdnění do 24 hodin a obsahuje také doporučení pro hodnotu řízeného odtoku ze stavebního pozemku“ (Nehasil, 2015). Obě normy upravují stavbu i provoz vsakovacích zařízení a jejich provozovatelé mají povinnost se s nimi seznámit.

V případě, že není možné využívat vsakovací systémy, se nabízí možnost vystavět retenční objekty disponující regulovaným odtokem. Mohou být umístěny nad zemí i pod zemí. Podstatou jejich fungování je využívání prázdného retenčního prostoru, který může být v případě srážek zaplaven. Zatímco objem přitékající srážkové vody se odvíjí od rozsahu srážek, množství odtékající vody může být regulováno pomocí regulátoru ve formě clony nebo vírového ventilu. Příkladem tohoto systému může být suchá retenční dešťová nádrž, retenční dešťová nádrž se stálou hladinou, podzemní retenční dešťová nádrž či umělý mokřad (Sýkorová a kol., 2021).

V neposlední řadě mohou obce i soukromé osoby využívat nijak neregulované objekty pro akumulaci a využívání vody. Takto akumulovaná voda může být využita různým způsobem v případě, že projde již zmiňovaným čistícím procesem. U rodinných domů může být instalována „akumulační nádrž a domácí vodárna, která zabezpečuje distribuci vody srážkové a dopouštění pitné vody v období bez deště. Do nádrže je pomocí svodů zaústěna srážková voda dopadající na odvodňované plochy (střecha, chodníky, příjezdová cesta apod.)“ (TZB info, 2016). Aby se zabránilo splavování nečistot, bývá u tohoto systému akumulace instalována šachta využívající čistitelný filtrační koš. V rámci veřejných prostranství jsou pro akumulaci srážkových vod vytvořeny různé typy vodních prvků, u nichž však je primárním účelem estetická funkce, nikoliv HDV.

5.3.2 Specifické systémy HDV

Nejobvyklejším způsobem HDV v menších obcích je péče o travnaté plochy, které odrážejí méně slunečního svitu a udržují si nižší teplotu povrchu nežli zastavěné či zpevněné plochy. Tyto plochy „poskytují možnost pro přirozené zadržování, zasakování a výpar dešťové vody a tím zlepšují mikroklima místa. S ohledem na HDV slouží trávníky primárně jako prvky (opatření) pro zlepšení mikroklimatu a prevenci vzniku nebo alespoň zpomalení srážkového odtoku“ (Sýkorová a kol., 2021). Pokud je o tuto plochu správně pečováno, je schopna vytvářet humusovou vrstvu zajišťující předčištění vsakující se vody a tím působit jakožto filtrace nečistot. Kromě trávníků jsou na veřejných prostranstvích obce taktéž vysazovány keře a stromy různého vzrůstu a typu. Keře pomáhají zlepšit mikroklima dané oblasti a taktéž mohou být vysázeny za účelem napomáhat HDV formou „vsakovacích nebo retenčních objektů (průlehů, vsakovacích retenčních nádrží). Zde lze využít jejich schopnost uvolnit do ovzduší nahromaděnou vodu díky fyziologickým procesům nebo mohou posloužit jako součást sadovnické kompozice“ (Sýkorová a kol., 2021).

Důležitost stromů v procesu HDV je prokázána. Stromy jsou schopny odolávat nepříznivým povětrnostním podmínkám i nadměrným srážkám, zvláště pokud jsou již mnohaleté. Svým vzezřením výrazně ovlivňují vzhled veřejného prostranství. Disponují jedinečnými klimatizačními vlastnostmi, neboť svými korunami jsou „schopny zachytávat prach a drobné nečistoty a pozitivně ovlivňovat kvalitu ovzduší. Kromě toho snižují šíření hluku a slouží jako biotop pro živočichy“ (Sýkorová a kol., 2021). Nová výstavba by vždy měla probíhat v podobě uceleného komplexu, kdy jsou stromy vysázeny ve vzájemném propojení. Prostor by měl být doplněn také dalšími prvky, například záhony s květinami či menší vodní plochou, která může pomoci zadržovat vodu.

Příklad takové veřejné plochy v obci či v příměstské oblasti je uveden na následujícím obrázku.



Obr. 2 Zelená plocha v obci (Adaptterra Awards, 2022: Hospodaření se srážkami Na Bahně [online], dostupné z: <https://www.adaptterraawards.cz/Databaze-prikladu/Hospodareni-se-srazkami-Na-Bahne>)

Neoptimálnějším způsobem nakládání s dešťovými vodami se jeví jejich zachytávání v místě dopadu formou zadržování a zasakování. Jednou z možností zadržování vody je vytvoření vsakovacího průlehu, na nějž navazuje podzemní vsakovací rýha. Tento princip umožňuje zachytit dešťovou vodu přitékající po povrchu či v potrubí do průlehu, odkud se voda postupně vsakuje do vytvořené štěrkové rýhy pod povrchem (Nehasil, 2015). Vsakovací rýhy mohou mít různou podobu, jak je znázorněno na následujícím obrázku, a mohou být také rozmanitě osázeny. Tím nabízí atraktivnější design, podporují biodiverzitu a ve větší míře podporují evapotranspiraci“ (Vítek a kol., 2018). Mohou být uzpůsobeny do podoby trávníku, což nikterak nenarušuje celkovou vizuální podobu dané lokality. Vývěr správného povrchu výrazně ovlivní čistící schopnost vsakovacího průlehu, proto je důležité využít nejen teoretických znalostí, ale též praktických zkušeností získaných v podobných lokalitách.

Možné příklady vsakovacího průlehu jsou uvedeny na následujícím obrázku.

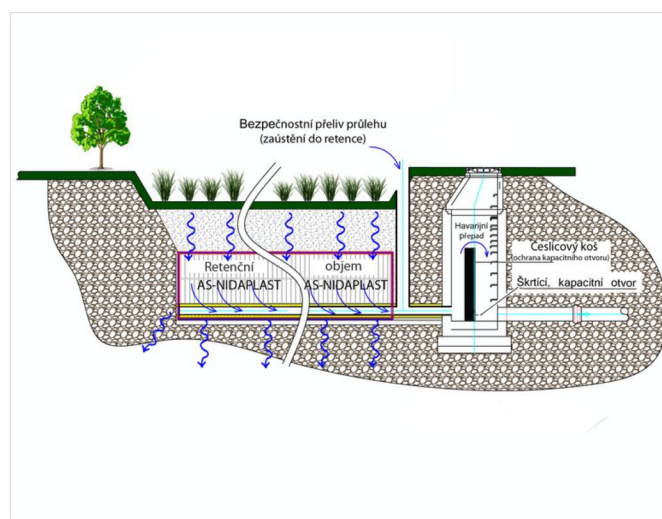


Obr. 3 Různé podoby vsakovacího průlehu (Vítek a kol., 2018, s. 139)

Vsakování v obcích je možné uskutečnit ve formě dešťových záhonů. V nich je možno zkombinovat vsakovací vlastnosti retenčních záhonů a estetický přínos květin a rostlin. Primárně se pod pojem dešťový či retenční záhon zahrnuje malý objekt, k němuž jsou svedeny toky dešťových vod z okolních zpevněných ploch. Jedná se tedy zejména o specifické prostory lemující pozemní komunikace či chodníky. Dešťové záhony jsou schopny vodu zadržet, filtrovat a následně vsakovat velmi blízko místa jejího dopadu. Součástí retenčního záhonu může být též podzemní odtok pomáhající využít nadměrné množství dešťové vody pro závlahu okolních zelených ploch. Předčištění vsakující se vody je možné v případě bohatého druhové složení daného záhonu a rozvoji půdních mikroorganismů (Sýkorová a kol., 2021).

Větší zásah do systému HDV je možno učinit s využitím vsakovací retenční nádrže. Jedná se o objekt, v němž je možno zachytit větší množství srážkových vod, které jsou do objektu svedeny z okolních ploch majících nízkou či žádnou propustnost. Obvykle jsou „dno a svahy nádrže zatravněny a umožňují tak dobré předčištění vsakované vody. Při zaplavení nádrž vytváří dočasnou vodní hladinu. Podmínkou vsakovací retenční nádrže jsou dobré vsakovací parametry podloží“ (Sýkorová a kol., 2021). Tento objekt se nejlépe uplatní na takovém prostranství, kde je možno vytvořit či kde se již nachází zelená plocha většího rozsahu. V rámci obcí se může nacházet buď přímo na návsi nebo v přilehlé oblasti, která je však v blízkosti zpevněných chodníků či jiných pozemních komunikací. Též je možno uplatnit tento systém v blízkosti půdy, která již postrádá své přirozené vsakovací vlastnosti.

Příklad možné podoby vsakovací retenční nádrže je nastíněn na následujícím obrázku.

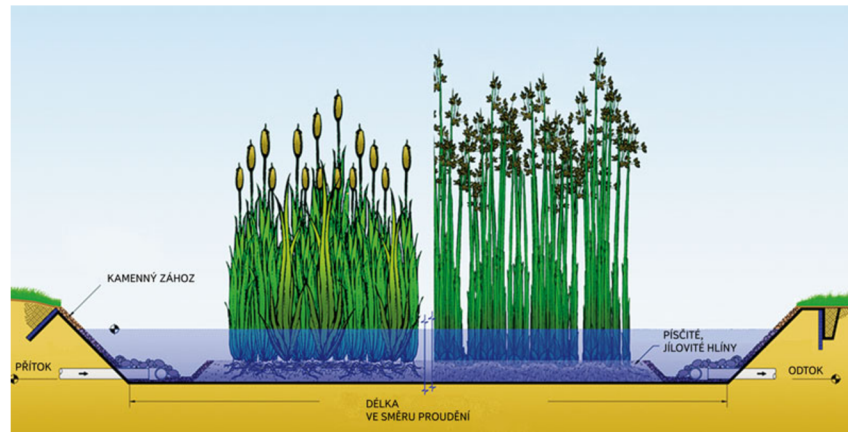


Obr. 4 Nástin podoby specifické retenční nádrže

(webové stránky společnosti Asio, 2022: Vsakovací blok AS-Nidaplast [online]. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2016/04/navrhove-parametry-provozni-zkusenosti-a-moznosti-intenzifikace-umelych-mokradu/>)

Vzhledem k povrchu okolí zvolené obce, kde se nachází mokřady, je vhodné uvažovat též o možnosti využít přínos umělého mokřadu. Umělým mokřadem je myšlena terénní prohlubeň (nádrž), u které se pomocí modelace terénu vytvářejí místa s různou hloubkou vody. Mělká místa v nádrži osázená mokřadními rostlinami představují vhodné podmínky pro proces biologického čištění vody zejména rozkládáním bakteriální oživení v kořenovém prostoru rostlin“ (Sýkorová a kol., 2021). Spodní vrstva mokřadu je tvořena nepropustným podložím, které je pokryto vrstvou bahna obsahujícího specifické minerální a organické látky. Na rozdíl od uměle vytvořených vodních nádrží je dno mokřadu poměrně členité a hloubka vody není ve všech místech stejná. Součástí umělého mokřadu je odtokové potrubí, které pomáhá vytvořit zatopené oblasti, na nichž roste plovoucí či ponořená vegetace. Obvykle je toto potrubí zajištěno formou regulátoru odtoku, který pomáhá distribuovat dešťovou vodu do dalších prostor. V určitých částech vyrůstá též emerzní neboli bahenní vegetace. Vysazené rostliny, rostoucí přímo v mokřadu, pomáhají zajišťovat přirozené biologické čištění.

Možnou podobu umělého mokřadu znázorňuje následující obrázek.



Obr. 5 Příklad umělého mokřadu (Magazín VTEI, 2016)

5.3.3 Požadavky na předčištění

Aby mohla být voda dále využitelná, je nezbytné zajistit její předčištění i následné čištění. Jednotlivé způsoby a rozsah předčištění se odvíjí od následného využití dešťové vody. Předčištění je nezbytné zajistit zejména v případě, že bude dešťová voda využita pro hygienické účely. Avšak i v případě, že je plánováno využít dešťovou vodu pouze na zalévání či na mytí aut, musí být zajištěno odloučení potenciálně nebezpečných látek, které se mohou do retenční nádrže dostat z povrchových komunikací či z jiných nezastavěných ploch. Zároveň je důležité zajistit, aby nedošlo k zanešení retenční nádrže či jiných typů HDV například spadaným listím či jinými mechanickými nečistotami (Hlavínek a kol., 2007).

Při zvažování způsobu předčištění je nezbytné zohlednit dešťové a bezdešťové období. Na základě měření i observace v dané lokalitě je důležité vymezit obvyklé zdroje znečištění ovlivňující povrchové i podpovrchové vodní toky. „Zjišťování fyzikálně-chemických parametrů kvality vody za dešťového období je výrazně obtížnější nežli v bezdešťovém období. V bezdešťovém období jsou obvykle jediným zdrojem znečištění čistírny odpadních vod, zatímco v dešťovém období se na látkovém znečištění vod podílí více zdrojů, zejména odpadní voda z nejrůznějších zdrojů kanalizace či znečištění ze zemědělských ploch“ (Krejčí a kol., 2002). Právě znečištění z pozemních komunikací či z povrchů, nacházejících se v bezprostřední blízkosti továren či jiných společností pracujících

s chemikáliemi, zvyšuje požadavky na kvalitu předčištění dešťových vod již při jejich odtoku. Důležitým zdrojem znečištění mohou být též podniky zabývající se zemědělskou výrobou.

Při zvažování typu předčištění musí být zvážen typ znečištění vymezený v technické normě 75 9010. Dle této normy se za povrchové vody považují vody srážkové, získané z atmosférických srážek a odváděné z povrchu. Tyto vody mohou být rozděleny na srážkové vody přípustné, které jsou jakostně bezrizikové, a tudíž svou přítomností neohrožují jakost podzemních vod, na srážkové vody podmíněně přípustné, u nichž může dojít ke snížené jakosti vlivem specifického znečištění, avšak jejich vhodným předčištěním je možno riziko znečištění podzemních vod eliminovat (ČSN 75 9010, 2012, s. 6). Norma uvádí také typ srážkových vod potenciálně vysoce znečištěných, které se nesmí smísit s podzemními vodami a je nezbytné zajistit zachycení jejich celého objemu, který se musí před vypuštěním do vsakovacího zařízení důkladně předčistit. Též je nutno prokázat nezávadnost takto předčištěných vod vzorkováním. Naopak „vody podmíněně přípustné smí být vsakovány povrchově přes zatravněnou humusovou vrstvu nebo v podzemních vsakovacích zařízeních po předčištění“ (TNV 75 9011, 2013).

V principu se pro čištění dešťové vody uplatňují dva procesy a to sedimentace a filtrace. Sedimentací je myšlen proces čištění, odehrávající se buď v samotné retenční nádrži nebo v nádrži usazovací, z níž se následně voda dostává do nádrže retenční. K filtraci mohou být použity dva typy filtrů, interní či externí. Za externí filtry jsou považovány například samostatné filtrační šachty napojené mezi okapový svod a jímku. „Zpravidla umožňují spojení dvou větví okapových svodů a po přefiltrování vody umožní odtok čisté vody do jímky a v případě samočisticích filtrů odtok přebytečné vody a nečistot do kanalizace. Interní filtry jsou umístěny uvnitř nádrže, mají jeden přítok, odtok vyčištěné vody do nádrže a možnost napojení přepadového sifonu pro odtok přebytečné vody“ (Hlavínek a kol., 2007). Uvedený filtrační způsob čištění vyžaduje pravidelnou údržbu, proto je důležité uzpůsobit retenční či akumulární nádrž takovým způsobem, aby bylo možné snadno dané filtry vyměnit či zkontrolovat.

Pro domácí užití je vhodné zajistit alespoň třífázový způsob čištění. Prvním krokem je filtrace jemných částic, pomocí které jsou odstraněny mikroorganismy, sediment, kovy a organické látky. Dešťová voda bývá spíše měkká, což zvyšuje životnost filtru. Vhodným typem filtru je 5mikronový kazetový sedimentový filtr, který odstraňuje částice o velikosti 5mikronů nebo větší. Je důležité, aby voda procházející tímto filtrem byla předfiltrována, čímž dojde k odstranění velkých částic. Druhý krok spočívá ve filtraci aktivním uhlím (ACF), který funguje na principu filtrace a adsorpce. Voda z jemného filtračního sedimentového filtru je vedena přes ACF o velikosti 3 mikrony nebo menší. ACF se obvykle vyrábí z materiálů na bázi uhlíku jako je uhlí, ovocné pecky nebo kokosové slupky. Díky svému složení mohou filtry ACF také přichytit nebo „adsorbovat“ některé rozpuštěné organické kontaminanty, jako jsou pesticidy, zbytky benzínu a oleje, organické látky rozpustné ve vodě ze zbytků zvířat a rostlin a vedlejší produkty dezinfekce, které mohou být přítomny v chlorované vodě. Nejúčinnější ACF jsou hodnoceny na 1 mikron. Třetím krokem je využití ultrafialového světla. Po filtraci částic a ACF voda protéká skleněnou trubicí kolem ultrafialové lampy a inaktivuje bakterie a viry. Ultrafialové světlo je též schopno inaktivovat škodlivé prvky jako jsou Cryptosporidium a Giardia, neboť je schopno narušit jejich buněčné stěny a tím jim zabránit v reprodukci. UV světlo je však účinné pouze tehdy, pokud zasáhne svůj cíl. Mikroorganismy ukryvající se ve stínu drobných částeček dezinfekci uniknou (Capenhart, 2021).

Speciální geotextilní filtrační vak pro vsakovací šachty je vhodné využít zejména v případě, že je nezbytné předčistit odtoky, v nichž převažují nerozpuštěné látky. Tyto odtoky se nacházejí zejména v městských oblastech, kde jsou malé disponibilní plochy. Geotextilní filtrační vaky jsou složeny z tkaniny, vyrobené ze speciální textilie (70 % PES a 30 % PP vlákna), a následně jsou sešity „s ohledem na velikost vsakovací šachty do vaku. Voda je čištěna v důsledku mechanických filtračních vlastností tkaniny. Výhodou tkaniny je vícenásobná použitelnost tkaniny po čištění a jednoduchá instalace díky dělitelnému napínacímu kruhu“ (Hlavínek, 2007).

Možnosti správného HDV jsou zpravidla omezeny v případě, že jsou dešťové vody odváděny z veřejných prostranství, u nichž hrozí znečištění ropnými segmenty

či jinými chemickými látkami, které jsou pro lidský organismus ohrožující. Obvykle se pro čištění dešťové vody od těchto látek používají odlučovače ropných látek, fungující na principu centrálního čištění a mající různou účinnost. Takto očištěná voda je považována za zdravotně nezávadnou, avšak mohou se v ní nacházet zbytková rezidua lehkých ropných látek. Proto je vhodné k čištění využít spíše filtrační substráty, které jsou schopny biologicky zneškodnit ropné látky a následně se zregenerovat. Tyto substráty jsou aplikovány „do spodní vrstvy vsakovacích X-Boxů do výšky 20 cm a následně je podle naměřených hodnot IUT voda vyčištěna na 88-94 % od solí, ropných látek a těžkých kovů bez snížení hydraulických schopností. V případě použití substrátu, který je schopen vázat těžké kovy jako je olovo, zinek, měď, nikl, cín, chrom nebo kadmium, je účinnost více než 99 %. Minimální životnost substrátu je 50 let (s odhadem až 80 let)“ (TZB info, 2017). Tento postup je však doposud aplikován spíše okrajově.

Čištění akumulované dešťové vody má smysl pouze tehdy, je-li prováděno správně a je-li zaručena eliminace opětovné kontaminace. V zahraničí se kromě již zmíněných typů čištění využívá také chlorace vody či její vystavení přirozenému slunečnímu záření. Chlorace se nejvhodněji používá k úpravě dešťové vody v případě, že existuje podezření na její kontaminaci či pokud je dešťová voda zbarvená nebo zapáchající. K chloraci by mělo docházet pouze v případě, že je dešťová voda jediným zdrojem dodávek a nádrž by měla být nejprve důkladně zkontrolována, aby se zamezilo případné další kontaminaci. Přímé sluneční světlo lze také použít k eliminaci mnoha typů škodlivých bakterií ve vodě, avšak musí být vystaveny tomuto záření několik hodin v čirém skle nebo plastových lahvích. Za určitých okolností je tato forma čištění proveditelná, musí být však splněno několik podmínek: voda musí být čistá, počasí stabilní s dostatečným slunečním zářením, a voda se před konzumací přes noc ochladí (Satvat, 2004).

5.4 Specifické aspekty využití HDV

Následující kapitola je zaměřena na vymezení specifických aspektů HDV, především finančního zabezpečení a podpory občanů. Mnoho obcí se pro specifický typ HDV rozhoduje především na základě stavu svých financí, jedná však

také o politické rozhodnutí s dlouhodobých přesahem, proto je podpora obyvatelů obce považována za důležitou.

5.4.1 Finanční aspekty HDV

Vymezení jednotlivých finančních aspektů v oblasti HDV je velmi variabilní. V současné době zákon nařizuje fyzickým i právnickým osobám platit stanovený finanční obnos určený na zabezpečení systém odvodů srážkových vod do obecní či městské kanalizace. Tento obnos je zahrnutý do výše stočného. Do stočného je zahrnut také poplatek na čištění odpadních vod včetně vod dešťových a to i pro subjekty, které dešťovou vodu do kanalizace nevypouštějí. Snaha o zavedení úsporného hospodaření s HDV je proto spojena se zvýšenými náklady, neboť možnost snížit poplatky za stočné není přímo úměrná snížení objemu vody do systému kanalizace. V České republice též není kladen dostatečný důraz na zvýšení plateb těm subjektům, které do systému kanalizace vypouštějí zvýšené množství znečištěných vod, protože cena stočného je propočítána na všechny subjekty v dané lokalitě podle jiných kritérií nežli výše znečištění (Stránský a kol., 2017).

Ekonomické a finanční aspekty jednotlivých typů HDV jsou hodnoceny podle specifických kritérií. Součástí analýzy je zhodnocení dopadů zvoleného typu HDV na veřejný rozpočet dané obce či kraje, dále analýza dopadů nového způsobu HDV na územní samosprávné celky i na specifické podnikatelské subjekty, které v dané lokalitě působí. V případě, že bude od podnikatelských subjektů bez předchozí kvalitní komunikace vyžadována zvýšená platba za stočné či finanční podpora vybudování zvolených typů HDV, může nastat odliv podnikatelských subjektů z dané lokality. Důležité je též zhodnocení dopadů zvoleného HDV na majitele nemovitostí určených k bydlení a na členy domácnosti, kteří mohou usilovat o jiný způsob řešení HDV a s městskými plány nejsou ve shodě. V neposlední řadě by mělo být součástí analýzy zhodnocení dopadů zvoleného HDV na životní prostředí nejen v dané lokalitě, ale též v širším kontextu. Zhoršení kvality životního prostředí přináší další finanční výdaje, které jsou nežádoucí. Též je důležité reálně odhadnout technickou proveditelnost zvolené varianty HDV a zhodnotit možná rizika její aplikace (Stránský, 2017).

Uvedená obecná zhodnocení se vztahují na způsoby řešení HDV na úrovni obcí. Specifické příklady finanční náročnosti závisí především na typu zvolené HDV, ceně materiálu a práce i současných schvalovacích podmínek a poplatků za potřebná povolení. Pověření pracovníci by měli zvážit především poměr ceny a časové náročnosti, neboť zejména v centrech obcí je důležité zajistit co nejmenší vliv zřizování zvoleného typu HDV na běžný chod města. V případě, že je zvolena varianta zaměřující se především na odvod DV bez jejího následného použití, je možné využití různé formy vsakovacích rýh, jejichž cena se odvíjí především od jejich délky a způsobu vsakování. Například cena za 100 m vsakovací rýhy, jejíž součástí je zhotovení trativodu podél komunikace, náklady za úpravu svahování průlehu a ozelenění, byla v roce 2018 ve městě Plzeň stanovena na 60 000 Kč (Město Plzeň, 2018). V případě, že má obec zájem vystavět na své území retenční nádrže včetně systému předčištění a následného využití dešťové vody občany, bude již finanční náročnost zvýšená. Vybudování retenční nádrže v obci Lehotice bylo v roce 2020 vyčísleno na 17 309 717,11 Kč (Kolektiv autorů SPÚ, 2021). Zbudování mokřadu je výrazně méně náročné za předpokladu, že obec nemusí za tímto účelem zakoupit nové pozemky. Cenová relace na tento typ lesnických prací se pohybuje v rozmezí 36 000 až 100 000,- Kč v podmínkách malé obce (Březina, Šilhánek, 2009).

Obce, podobně jako fyzické osoby či podnikatelé, mají nárok na získání dotací nabízených Ministerstvem pro životní prostředí. V současné době spadají tyto dotace pod program Nová zelená úsporám a jejich účelem je především zefektivnit využívání dešťové vody ve veřejném i soukromém prostoru. V rámci obcí jsou dotace poskytovány zejména na budování retenčních nádrží a regulovaných odtoků u školních či zdravotních institucí, využití dešťové vody dopadající na náměstí či budování propustných parkovacích ploch (Ministerstvo životního prostředí, 2022c). Fyzické osoby a domácnosti nejčastěji budují na svém pozemku retenční nádrže, přičemž kalkulace ceny pořízení a následné návratnosti investice zahrnuje dopravu, instalaci a montáž nádrže, filtrační mechanismus a čerpadlo, dále zabudování víka, teleskopického nástavce a rozvodu dešťové vody po domě (Kraus, 2021). Protože se nejedná o vodní dílo, nemusí domácnosti žádat o stavební povolení. Je však důležité vhodně zvolit nejen místo zbudování nádrže, ale také schopnost

systemu rozvádět vodu do jednotlivých místností. Jednodušší variantou zbudování retenční nádrže je využití nahromaděné dešťové vody pouze pro venkovní účely, kdy není žádoucí vybudovat rozvody dešťové vody po domě. Naopak plánované stavby již mohou tento systém zahrnout do stavebních projektů.

5.4.2 Postoj občanů k HDV

Postoj občanů k HDV je ovlivněn osobními postoji i společenským nastavením. Mnoho občanů se o způsob HDV nezajímá, pokud nesprávné řešení odpadových či dešťových vod nemá přímý vliv na kvalitu jejich života. Postoje a názory občanů v této oblasti jsou zjišťovány v rámci průzkumů či veřejných diskusí, stejně jako prostřednictvím online dotazníků či specifických seminářů zaměřených na podání informací v dané problematice. Jedním z průzkumů, které proběhly v této oblasti v rámci postoje občanů ke způsobu HDV v jejich lokalitě, bylo kvalitativní a kvantitativní šetření provedené v rámci ČVUT v roce 2017. Mezi občany panovala shoda v názoru na současné nedostatečné řešení dané problematiky. Přístup politických zástupců i schopnost uplatnit praktická řešení na lokální úrovni je považována za nedostatečné, přičemž za nejproblematictější aspekty je označena extrémní hydrometeorologická situace, zejména období sucha propojené s nedostatkem pitné a užitkové vody či lokální přetížení sítě při přívalových deštích ve formě bleskových povodní. Z výzkumu vyplývá, že dle názoru respondentů je současný systém HDV nemotivační, obsahující výrazné legislativní překážky. Za snížení motivace je považováno především osvobození od platby za odvod srážkové vody do kanalizace pro některé skupiny fyzických osob. Upřednostnili by především větší „finanční motivaci pro subjekty, které dešťovou vodu akumulují, využívají a zpomalují její odtok. Je nutné zajistit, aby se prostředky vrátily buď přímo do systému nakládání s DV (například údržba a modernizace infrastruktury) nebo aby směřovaly do širěji pojaté oblasti životního prostředí (například vznik „ekologického fondu““ (Kabelková a kol., 2018).

Jednotlivé obce se zajímají o názory svých občanů odlišným způsobem. Některé obce či městské části spolupracují s ekocentry, která zajišťují pořádání seminářů s tematikou HDV. Například Ekocentrum Koniklec pořádá semináře pod záštitou projektu „Počítáme s vodou“, zaměřené na seznámení občanů se závěry

odborníků i členů městské či obecní samosprávy. Pozornost je zaměřena na přiblížení forem podpory a implementace modrozelené infrastruktury v dané lokalitě. Výhoda konfrontace odborného přístupu a definice ideálního stavu v HDV a laického přístupu a možnostmi, kterými disponují zástupci úřadů, spočívá v získání širšího pohledu na danou problematiku od odpovědných osob i odborníků, kteří poukazují na aktuální situaci a potřeby v dané oblasti (Hrdinka, 2022).

Poslední částí uvedených seminářů je diskuse, v níž jsou občané z řad široké veřejnosti vyzváni k vymezení nejpodstatnějších problémů v oblasti HDV, které znemožňují efektivní implementaci principů modrozelené infrastruktury. Mezi tyto problémy spadá především nedostatečná odborná znalost osob, které jsou rozhodováním o této problematice pověřeni, nízká vzájemná koordinovanost dílčích aspektů, které jsou v oblasti modrozelené infrastruktury implementovány, a též malý zájem a nízká informovanost veřejnosti o tuto problematiku. Většina zúčastněných zástupců veřejnosti se shodla v názoru, že je nezbytné postupně zvyšovat míru informovanosti a udržovat společenský tlak na zavedení potřebných změn. Nárazová řešení či rozhodnutí učiněná bez informování občanů v dané lokalitě nebudou mít, dle názoru zúčastněných občanů, dlouhodobý a žádoucí účinek (Hrdinka, 2022).

V celkovém shrnutí se občané z různých lokalit shodují v názoru, že využití dešťové vody je vhodné zejména k užití na venkovních plochách. Například k umývání chodníků, hracích ploch, ale též automobilů a dalších objektů, stejně jako k zavlažování zahrad či sadů. Menší část občanů by dešťovou vodou využila také v domácnosti, například ke splachování. Znalost občanů o tvrdosti vody v dané lokalitě není dostatečná, ve většině případů tedy nedokážou vnímat výhody z vyšší měkkosti dešťové vody, menší pravděpodobnosti vzniku a usazování vodního kamene. Taktéž reálná možnost využití dešťové vody v bytových domácnostech je mezi širokou veřejností poměrně nízká, proto nepanuje mezi touto skupinou obyvatel pozitivní podpora pro takový způsob využití dešťové vody. Možnost dalšího zpracování dešťové vody se tedy omezuje především na domácnosti či budovy, k nimž je přidružena jiná užitná plocha (Hlavínek a kol., 2007).

6 Praktická část

Druhá část práce je zaměřena především analyticky, přičemž pozornost je věnována vymezení specifických podmínek v obci Prameny, představení vybraných forem HDV a jejich zhodnocení z hlediska finanční dostupnosti a vhodnosti.

6.1 Metodika

Praktická část je zaměřena především na zjištění současné situace v obci Prameny z hlediska HDV a situace v oblasti dešťových srážek. Na základě zjištěných informací jsou vybrány možné systémy HDV, které jsou vyhodnoceny jako nejvhodnější. Současně s uvedením jejich praktické aplikace jsou zde zahrnuty také postupy vedoucí k ověření jejich vhodnosti za předpokladu zjištění podrobnějších hodnot v dané lokalitě. V této části je využit především analytický postup založený na veřejně dostupných informacích a na deskriptivním představení aplikace systémů HDV.

Základem praktické části je analýza dostupných informací o situaci v obci Prameny u Mariánských Lázní, zejména z hlediska hospodaření s dešťovými vodami a podmínek pro jeho zlepšení. Důraz je kladen zejména na zhodnocení možností, které se pro hospodaření s dešťovou vodou nabízejí, a výběr vhodných zařízení z hlediska finančního, ekonomického či geologického. Aktuální informace jsou čerpány především z webových stránek obce a dostupných informací, které poskytly buď specializované firmy zabývající se instalací jednotlivých prvků umožňujících hospodaření s dešťovou vodou, nebo informací z webových stránek státní správy, kde jsou obsaženy informace o srážkách v dané oblasti. Součástí navržených opatření je též uvedení specifických postupů, které je nezbytné provést pro zajištění optimální instalace daných systémů hospodaření s dešťovou vodou.

6.2 Charakteristika obce Prameny

Obec Prameny se nachází v Karlovarském kraji, 14 km severně od Mariánských Lázní, v nadmořské výšce 725 m. n. m. Patří mezi obce, jejichž počet obyvatel v posledních letech klesá. V současné době má na území této obce trvalé bydliště 106 obyvatel. Poloha obce je vyobrazena na následujícím obrázku.



Obr. 6 Katastr obce Prameny (Územní plán obce Prameny, 2020)

Obec Prameny je charakteristická vysokou mírou vodních ploch. Obcí protéká Pramenský potok, jehož různé přítoky se slévají v centrální části obce. V katastru obce se nachází též několik pramenitých zdrojů vody, které prýští na povrch, či mokřad mezi dvěma pozemními komunikacemi. Blízké okolí má charakter horského pásma místy s převýšením více než 700 m, což může výrazně ovlivňovat úhrn srážek v obci. Obcí prochází silnice č. 210 protínající potok na třech místech, menší počet vedlejších pozemních komunikací, podél kterých teče některý z přítoku Pramenského potoku. Jednotlivé přítoky se nacházejí také v blízkosti obytných staveb, což při vyšším objemu srážek může představovat určité ohrožení. Naprostá většina obytných staveb se nachází podél pozemních komunikací, které taktéž nemají dostatečně vyřešen odtok dešťové vody.

V obci se nenacházejí žádné podnikatelské subjekty, jejichž předmět činnosti by mohl vést k nadměrnému znečištění povrchových či podzemních vod. Možným znečišťovatelem by mohla být společnost AGROWILD, která se v dané lokalitě zabývá zemědělskou a živočišnou výrobou. Obec může nabídnout též několik ubytovacích kapacit ve formě apartmánů nacházejících se na soukromém pozemku. V obci se však nenachází mateřská ani základní škola, dokonce ani obchod s potravinami, což může zájemce o turistiku odrazovat. Dobrá dopravní dostupnost z Mariánských Lázní, ať již autem či autobusem, zelená turistická trasa či místní zajímavosti nacházející se na modré a červené turistické trase však vzbuzují zájem českých i zahraničních turistů.

Narušení infrastruktury bylo způsobeno především zahrnutím obce do stejnojmenného vojenského cvičového prostoru, což vedlo také ke zboření 256 domů, 11 kaplí a kostela. Obnoven byl pouze hřbitov a také radnice, jejíž pozdně barokní stavba s věží dominuje obci. Do katastru obce je zahrnuto pouze pět procent orné půdy, dvě třetiny katastru obce jsou pokryty lesem. Přibližně jednu čtvrtinu katastru pak zaujímají louky a travní porosty (Místopisy, 2022). V okolí se nacházejí další turistické zajímavosti, například hrad a zámek Bečov nad Teplou či Lázně Kynžvart. V obci je rodinám s dětmi k dispozici dětské hřiště.

Možnost vybudovat nové postupy nakládání s dešťovou vodou je znesnadněna finančními obtížemi obce. Dle údajů zveřejněných novými zastupiteli obce ze spolku „Prameny šťastné a veselé“ je zřejmé, že zadluženost obce přesahuje hodnotu 33 milionů Kč. Prodej obecních pozemků neproběhl nejvýhodněji a na obec bylo uvaleno několik exekucí. Nevýhodně byly prodány například pozemky, na nichž se nacházejí minerální prameny, přičemž prodejem tohoto majetku mohly být umořeny obecní dluhy (Facebookové stránky spolku, 2022). Úpravy spojené s HDV je tedy možno učinit pouze na ploše, která zůstala v obecním vlastnictví, případně motivovat soukromé osoby k žádosti o dotace spojené s HDV. I obec potřebuje pro jakékoliv úpravy získat dotace, ať již z rozpočtu kraje či od Ministerstva životního prostředí. Získané dotace však musí být využity pouze na navržené projekty, nikoliv na splátku dluhů.

Nedílnou součástí návrhu projektu HDV je rozbor urbanistické koncepce obce. Plánování správného HDV musí zohlednit historické přírodní souvislosti, zejména blízkost cínových dolů a těž dolů na železnou rudu a radioaktivní materiály. Současná koncepce zahrnuje především důraz na ekologickou stabilitu obce a jejího okolí. Blízkost chráněné krajinné oblasti Slavkovský les vyžaduje volbu takových prostředků, které chráněnou oblast neohrozí. Kromě zahrnutí lesních ploch se urbanistická koncepce zaměřuje též na plochy zemědělské, které jsou určeny především k chovu dobytka, a plochy smíšené nezastavěné obytnými budovami. Tyto plochy nemají jasný účel, nýbrž plní zejména funkci krajinnotvorné zeleně. Důležitou součástí jsou též lesní a polní cesty, které jsou nejen součástí turistických tras, ale též zpřístupňují zemědělské pozemky a zajišťují průchod krajinou okolo obce (Územní plán obce Prameny, 2020).

Nedílnou součástí urbanistické koncepce obce Prameny je zajištění péče o vodní a vodohospodářské plochy. Koryta vodních toků a navazující vodní plochy mohou případně ohrozit obyvatele obce či zastavěné plochy, proto je nezbytné zajistit okolí vodních toků takovým způsobem, aby se předešlo záplavám způsobeným nedostatečným vsakováním dešťových vod. Do urbanistické koncepce jsou zahrnuty též „protierozní opatření pro podporu ekologicky stabilních prvků v krajině, opatření pro ochranu erozně ohrožených zemědělských pozemků, opatření pro zachování a rozvoj přírodních hodnot a opatření pro ochranu a rozvíjení estetických hodnot krajiny zejména v rámci trvalého vylepšování krajinného rázu sjednocujícího výtvarné hodnoty urbanizovaného a neurbanizovaného území“ (Územní plán obce Prameny, 2020).

Cíl urbanistického plánu obce spočívá především v koncepčním rozvoji jednotlivých částí obce i krajiny, která do katastru obce spadá. Vždy by měl zohlednit charakteristický ráz krajiny a stanovit postupy, které budou do rozvoje zahrnuty. HDV by se tak mělo stát jedním z důležitých postupů, které jsou součástí tohoto konceptu.

6.3 Projektové práce

Před započítáním realizace samotných systémů HDV je nezbytné provést projektové práce, tedy vypracování kvalitního projektu, v němž bude určen typ systému HDV, jeho umístění, rozměry, finanční a ekonomická náročnost a přesný postup realizace. Jedním z důležitých aspektů je výpočet objemu vsakovacího zařízení, při němž je nezbytné znát především úhrny srážek s periodicitou $p=0,2$ nebo $p=0,1$ a různou dobou trvání. V případě, že přesné údaje nejsou známy, je možné do výpočtu zahrnout spekulativně stanovené úhrny srážek. Pokud se vybrané místo nachází v nadmořské výšce vyšší než 700 m. n. m., je nezbytné zjistit uvedené hodnoty individuálně. Hodnoty ve sloupci $p=0,2$ jsou využity v případě, že je možné zajistit odtok srážkové vody ze vsakovacího zařízení po povrchu terénu mimo blízké budovy a možnost způsobení škod většího rozsahu na přilehlých pozemcích je eliminována. V případě, že uvedené aspekty zajistit nelze a v případě přetečení vsakovacích zařízení mohou být způsobeny škody na majetku či půdě v přilehlých oblastech, je nezbytné využít při výpočtu hodnotu uvedenou ve sloupci $p=0,1$ (Žabička, Vrána, 2022).

Příklad údajů, zjištěných pro oblast Mariánské Lázně, jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 1 Periodicita úhrnů srážek v oblasti Mariánské lázně (ČSN 75 9010, 2012)

Místo	Periodicita p (rok ⁻¹)	Doba trvání srážek t_c (min)					
		10	20	30	40	60	120
		Návrhové úhrny srážek h_d (mm)					
Mariánské	0,2	15,5	20,2	22,7	24,7	27,5	32
Lázně	0,1	18,5	24	27,2	29,5	32,5	38

Poté, co jsou výše uvedené hodnoty zjištěny, je vhodné posoudit jednotlivé návrhy specifických firem. Soukromé subjekty mohou uvažovat o možnosti instalace

vlastními silami, zejména pokud již mají s podobnými systémy zkušenost či pokud jsou dobře obeznámeni s typem podloží a s okolní krajinou. Obvykle jsou však projekční i realizační práce svěřeny odborné firmě, která je taktéž schopna zajistit dovoz požadovaného systému HDV. V případě, že je nezbytné zahrnout do projektu výkopové a stavební práce, je vhodné ověřit si nejen zkušenost vybrané firmy v této oblasti a její možnost zajistit vhodné pracovníky v daném termínu, ale též její nabídka v oblasti zkoumání geohydrologických podmínek vybrané lokality. Systémy HDV nesmí ohrozit kvalitu podzemních vod, proto je důležité znát tyto geohydrologické podmínky před začátkem realizace projektu. Kvalitní společnost by měla umět vyhodnotit získané informace a navrhnout takový systém HDV, který je pro danou lokalitu nejvhodnější.

Mnoho soukromých i veřejných subjektů se při volbě specifických systémů HDV rozhoduje nejen podle vhodnosti daného systému, ale též podle vlastních finančních a ekonomických možností. Ekonomická evaluace zahrnuje posouzení stavebních i nestavebních opatření, která jsou nezbytná provést, a stanovení cenového rozsahu relativních nákladů na realizaci jednotlivých variant. Poté jsou jednotlivé varianty posouzeny z hlediska finančních nákladů i dalších hledisek a v případně nerozhodnosti je stanoveno pořadí jednotlivých variant včetně vyjádření relativních rozdílů v celkových investičních a provozních nákladech. Pokud jsou zjištěny rozdíly v rozmezí 5-10 %, jsou tyto varianty považovány za cenově rovnocenné, neboť tento rozdíl je brán jako nepodstatný. „Je též důležité zohlednit rozdíly mezi ekonomickým posuzováním nákladů jednotlivých variant a mezi financováním realizace a provozu těchto opatření. Otázka financování jednotlivých opatření je sice velmi významná, její zahrnutí do ekonomického posouzení nákladů (například přihlédnutí ke státním dotacím) však může vést k nesprávným závěrům, k čemuž v praxi nezdávka dochází“ (Krejčí a kol., 2002).

6.4 Specifické návrhy

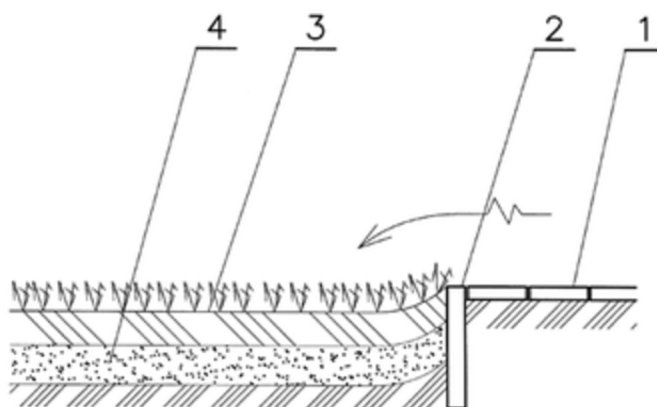
Následující kapitola zahrnuje specifické návrhy řešení HDV v obci Prameny, zejména vsakovací rýhy podél pozemních komunikací, retenční nádrž a retenční záhony. Zatímco vsakovací rýhy a retenční nádrž nebudou propojené, retenční záhony

budou osázeny v blízkosti retenční nádrže, a jejich účelem je zajistit předčištění dešťové vody, která je do retenční nádrže zachycena z okolních zemědělských ploch.

6.4.1 Vsakovací rýhy podél pozemních komunikací

Vsakovací rýha navržená pro daný úsek mezi sochou svatého Jana Nepomuckého a autobusovou zastávkou Prameny, křiž., bude mít podobu hloubeného vsakovacího zařízení, vyplněného propustným štěrkovým materiálem s retencí a vsakováním do propustnějších půdních a horninových vrstev. Vsakovací rýha zde může být proto, neboť se zde nacházejí především povrchové vody přípustné a podmíněčně přípustné. Jedná se především o povrchový odtok z teras v obytných částech a jim podobných ploch, z veřejných pozemních komunikací určených pro motorová vozidla, či odtok ze zelených ploch a kulturní krajiny. Je však nezbytné zabudovat do systému některou z forem předčištění.

Navržená podoba vsakovací rýhy je následující.



Obr. 7 Navržená podoba vsakovací rýhy (Žabička, 2011)

Legenda: 1 – silnice, 2 – okraj vozovky, 3- trávník, 4 – štěrkopísek.

Retenční objemy jsou zjištěny bilancí přítoku srážkové vody do zařízení a vsakovaného odtoku.

Při jejich výpočtu lze užít následujících matematických výpočtů:

$$V_{průleh,i} = h_d/1000 \times (A_{red} + A_{vz}) - 1/f \times k_{v,průleh} \times A_{vsak} \times T_c \times 60$$

$$V_{celk,i} = h_d/1000 \times (A_{red} + A_{vz}) - 1/f \times k_{v,podloží} \times A_{vsak} \times T_c \times 60$$

Teoretický požadavek na odvod srážkové vody 500 m² (250 m podél vozovky):

(Vychází z možností terénních úprav a z reálného požadavku na odvod srážkové vody – v současné době nedostatečné).

$$V_{celk,i} = (21,6 / 1000 \times (500 + 75) - 5 \times 10^{-5} \times 75 \times 15 \times 60$$

$$V_{celk,i} = 82,4 \text{ m}^3$$

Tab. 2 Maximální $V_{celk,i}$ stanovený dle ČSN 75 9010 (vlastní zpracování)

T_c [min]	h_d [mm]	$1/f \times k_v$	A_{red} [m ²]	A_{vz} [m ²]	A_{vsak} [m ²]	$V_{celk,i}$ [m ³]
5	12,9	0,00005	500	75	75	80,33
10	18,5	0,00005	500	75	75	82
15	21,6	0,00005	500	75	75	82,43
20	24	0,00005	500	75	75	82,2
30	27,2	0,00005	500	75	75	81,85
40	29,5	0,00005	500	75	75	80,75
60	32,5	0,00005	500	75	75	77,75
120	38	0,00005	500	75	75	67
240	41,4	0,00005	500	75	75	41,7
360	42,7	0,00005	500	75	75	15,35
480	44	0,00005	500	75	75	-11
600	45,2	0,00005	500	75	75	-37,4
720	46,5	0,00005	500	75	75	-63,75
1080	50,4	0,00005	500	75	75	-142,8
1440	52,6	0,00005	500	75	75	-222,7
2880	73,1	0,00005	500	75	75	-536,45
4320	83,5	0,00005	500	75	75	-855,25

kde:

$V_{průleh,i}$ - retenční objem průlehu (m³),

$V_{celk,i}$ - retenční objem celého zařízení (m³),

(pro návrh objektu stanoven dle maxima viz ČSN 75 9010,

viz Tab. 2)

h_d - úhrn srážek s danou dobou trvání T_c a periodicitou (mm),

T_c - doba trvání srážky dané periodicity (min),

A_{vsak} - vsakovací plocha průlehu (m^2)

A_{vz} - plocha hladiny vsakovacího zařízení,

f - součinitel bezpečnosti vsaku (-), hodnota stanovena $f = 2$

$k_{v,pruleh}$ - koeficient vsaku průlehu (m/s)

$k_{v,podlozi}$ - koeficient vsaku podloží (m/s).

Doba prázdnění zařízení se zjistí na základě:

$$T_{pr,celk} = V_{celk.navrh} / (1/f) \times k_{v,podlozi} \times A_{vsak} \times 60 \times 60$$

kde

$T_{pr,celk}$ - celková doba prázdnění zařízení (h).

$$T_{pr,celk} = 82,4 / (5 \times 10^{-5}) \times 75 \times 60 \times 60$$

$$T_{pr,celk} = 6,1 \text{ h}$$

Zvolený systém HDV je založen na dostatečném vsakování dešťové vody. Tento systém je navrhován podle specifických parametrů, mezi které spadá především velikost a sklon odvodněných ploch skládající se například z velikosti nedlážděné plochy, zahrady či střechy, či charakteru a materiálu střech, chodníků a vozovky. Mezi parametry pak musí být zahrnuta také dovolená četnost přeplavení a důležitost objektu, charakter zeminy, počet a tloušťka vrstev pohlcujících vodu pod zemí i v okolí zvoleného systému, znalosti hloubky výskytu podzemní vody i srážkového úhrnu a průběhu srážek. Vliv na výběr systému má již zmíněná znalost možnosti kontaminace, která v tomto případě pochází především z pozemní komunikace a okolních zemědělských půd a objektů. Nejedná se o parkovací plochy ani o plochy s nadměrným provozem, přesto však nelze vyloučit případnou kontaminaci v podobě úniku paliva na pozemní komunikaci. V neposlední řadě je též nezbytné zhodnotit

rozměrové parametry projektu, tedy zdali vybraný projekt může být v daném prostoru umístěn a zdali vyhovují všechny navazující prvky. Součástí zhodnocení jsou též údaje o přítoku vod z jiných zdrojů a údaje o maximálním povoleném regulovaném odtoku do kanalizace. Výsledkem uvedené rozvahy je plán postupu realizace zahrnující optimální hodnoty všech důležitých parametrů. V případě, že je do projektu zahrnuta též filtrace, zjištění uvedených parametrů ovlivní výběr filtru, jeho rozměry a další vlastnosti.

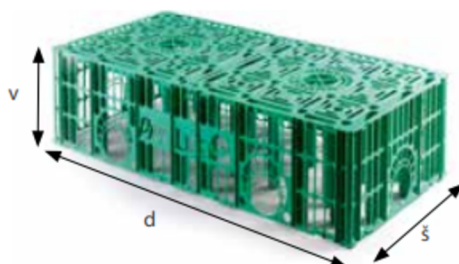
Vsakovací rýhy, stejně jako jiné typy systémů HDV, musí disponovat odvzdušňovacím systémem. V navrženém zařízení je zahrnuto vytvoření komínků, pomocí kterých bude do systému proudit vzduch. Komínky budou vystavěny ve vzdálenosti 30 m, a taktéž jeden komínek na začátku a jeden na konci vsakovací rýhy. Výška komínků zohledňuje okolní prostředí, přičemž by měly být dostatečně vysoké, aby plnily svůj účel, a zároveň nenarušovaly ráz okolí.

Počítá se s výškou 40 cm nad povrchem, přičemž komínky budou umístěny na straně protilehlé vtoku, tedy ve větší vzdálenosti od pozemní komunikace. Jejich stavba musí být taková, aby zamezovala jejich zaplavení nečistotami z okolních zemědělských ploch. Komínky budou též chráněny proti přímému vsakování dešťových vod. Vsakovací rýhy budou pokryty travnatou plochou, která bude do jisté míry taktéž plnit odvzdušňovací účel.

Součástí samotných vsakovacích rýh je systém Stormbox, který je navržen za účelem zasakování nebo zachycování dešťové vody. Součástí tohoto systému budou boxy mající obě funkce, neboť zadržaná voda se po provedeném čištění využije v období sucha pomocí čerpadla. Systém je složen z jednotlivých vsakovacích jednotek neboli boxů, majících rozměry 1200 x 600 x 300 mm. Tyto rozměry mají výhodu v malé stavební výšce, čímž umožňují využít tento systém také v prostředí s vysokou hladinou podzemní vody. Vzhledem ke způsobu stavby je možné využít více než 95 % celkového objemu každého boxu, což činí tento systém mimořádně efektivním. Celkový objem jednoho boxu přesahuje 200 l, přičemž jeho váha je pouze 8 kg. Díky jejich nízké váze se s boxy snadno manipuluje bez nutnosti použít mechanizaci. Jak je uvedeno na webových stránkách společnosti, „okamžitá nosnost

boxu je 600 kN/m². Je vyroben z čistého polypropylénu, barvy zelená RAL 6024, k výrobě není používán recyklát. Boxy se kladou na samostatný prvek/dno (jen u spodní řady) a spojují se klipy z polypropylénu do extrémně pevných stabilních vsakovacích galerií s „cihelnou vazbou“ (Pipeline, 2022).

Příklad navrženého Stormbox systému je uveden na následujícím obrázku.



Obr. 8 Stormbox Pipeline systém (Pipelife, 2022)

Navržený objekt:

Vsakovací rýha bude dlouhá 250 m po obou stranách vozovky, široká 1 m (včetně odvětrávacího zařízení) a hluboká nejméně 0,6 m.

Celkový objem 417 jednotek/Stormbox systém x 200 l = 83 400 l zadržené srážkové vody.

Porovnání s teoretickým výpočtem:

Zvolený systém pokryje 83,4 m³, původní požadavek 82,4 m³ splněn.

Pro správné fungování systému je nezbytné zajistit jeho dostatečné čištění. Vzhledem k přítomnosti pozemní komunikace je nezbytné zohlednit specifické znečištění blízko vozovky, odkud bude voda do systému přiváděna nejčastěji. Znečištění vozovky nejčastěji pochází z běžného znečištění na pozemní komunikaci či z jejího čištění, které se však opakuje v nepravidelných intervalech. Vzhledem k provozu je však nezbytné zahrnout mezi možná znečištění také chemikálie využívané k údržbě komunikace. Další možné znečištění se odehrává při havárii vozidel na pozemní komunikaci, spojené s únikem pohonných hmot a dalších látek. Pro zabránění dalšímu úniku mohou být navíc využity další typy

chemikálií, které mohou dále narušovat kvalitu odváděné dešťové vody. Proto musí být součástí vsakovacích rýh podél vozovky nejen přirozené biologické čističe, ale také specifické filtry, pomocí kterých budou z dešťové vody odváděny škodlivé látky. V případě, že by obec v blízkém okolí vytvořila parkovací plochy, může být rozsah možného znečištění z provozu parkoviště vyšší.

Jak již bylo zmíněno, v navrhovaném systému je předpokládáno čištění pomocí filtrů, které pomáhají zachytávat jemné splaveniny i škodlivé chemikálie. Filtrační systém je volený tak, aby k němu byl zachován snadný přístup, nachází se tedy přímo pod vrstvou zeminy a travní plochy. Filtrační vrstva je ochráněna geotextilií, která napomáhá zachycovat splavené prachové částice. Při realizaci filtračního zařízení je vhodné počítat s nutností odstranit zakolmatované vrstvy. Součástí systému má být též odlučovač ropných látek, kde by měla sorpce pro zbytkové znečištění dosahovat hodnoty 0,2 mg NEL/l. Výrobci obvykle doporučují zabudovat mezi odlučovač a vsakovací zařízení filtrační prvek na bázi koksu, neboť tak je možné lépe ochránit podzemní vodu před důsledky havarijního znečištění. Filtrace též nesmí zvýšit možnost hrozby poškození okolních objektů z důvodu zaplavení, proto je důležité zvolit dostatečně propustný filtr. Po skončení realizace musí být terén v okolí upraven takovým způsobem, aby nedocházelo ke splavení půdní vrstvy či k erozi hlubších vrstev.

Výkopové práce mohou být prováděny ručně či s využitím minibagru. Ruční práce je považována za klasickou manuální činnost, jejíž cena se obvykle počítá s ohledem na vykopané metry krychlové. Při výkopových pracích je nezbytné uvažovat také o využití bagru, zejména v počáteční části, kdy je nezbytné vykopat část zeminy kolem silnice. Délka silnice, podél které budou práce vykonávány, je zatím stanovena na 500 m, přičemž je nezbytné tuto hodnotu zdvojnásobit. Vsakovací rýha bude vedena po obou stranách pozemní komunikace.

V následujících dvou tabulkách jsou uvedené ceny výkopových prací u vybrané stavební firmy. Ceny se mohou u různých firem značně lišit, proto je vhodné vždy porovnat více nabídek. Některé firmy upřesní cenovou nabídku teprve v závislosti na konkrétním projektu, jiné mají ceník prací zveřejněn na svých webových stránkách.

Ceny ručních výkopových prací a zemních prací, při nichž se využívá těžká technika, se výrazně liší, přičemž může nastat situace, kdy jedna firma nenabízí obě formy práce.

Následující ceníky jsou převzaty od dvou různých firem.

Tab. 3 Ceník ručních výkopových prací (Webové stránky Zemních výkopových prací, 2022)

Ruční výkopové práce bez odvozu zeminy	500–800 Kč/ m ³
Ruční výkopové práce s odvozem zeminy	700-1000 Kč/m ³
Ruční výkop rýhy (cena dle hloubky a šířky)	100-600 Kč/m
Ruční zemní úklidové práce	Od 150 Kč/hod
Zpětný zásyp zeminy s hutněním	Od 550 Kč/m ³

Ceník zemních prací využitím bagru je následující:

Tab. 4 Ceník zapůjčení bagru k výkopovým pracím (Zemní práce Šetek, 2022)

Pásové minirypadlo JCB 8018 2t	500 Kč/h
Kolový JCB 12t	900 Kč/h
Kolový bagr VOLVO 18t	1300 Kč/h

V současné době mohou zástupci obce požádat o půjčku za účelem plnění specifického cíle nazvaného Podpora přístupu k vodě a udržitelného hospodaření s vodou pro obce do 2 000 obyvatel. Dle nastavených parametrů může půjčka dosahovat výše rozdílu mezi celkovými způsobilými výdaji, které jsou součástí projektu, a již poskytnuté dotace v rámci Operačního programu Životní prostředí či ze Státního fondu životního prostředí. Podmínkou je však dostupnost alokovaných

zdrojů v rámci daného programu. V deskripci daného programu je zdůrazněna podmínka poskytnutí dotace ve výši 10 % celkových nákladů pouze v případě, pokud je doložena nezbytnost pořízení odpovídající technologie k čištění dešťových vod z důvodu ochrany životního prostředí v dané lokalitě. Toto by však vzhledem k přírodním podmínkám obce Prameny mělo být snadno doložitelné. Forma, výše podpory a finanční parametry půjčky jsou uvedeny podrobně v textu výzvy. V současné době je alokováno 794,5 mil. Kč pro půjčku, přičemž ukončení příjmu žádostí je plánováno na 31. 5. 2023 či v případě vyčerpání alokace (Národní program Životní prostředí, 2021).

6.4.2 Retenční nádrž

Jednou z důležitých možností zlepšení nakládání s dešťovou vodou je zřízení retenční nádrže. Retenční nádrž by měla být zřízena poblíž současného dětského hřiště, kde se nabízí k dispozici poměrně velká plocha nevyužitého veřejného prostranství. Retenční nádrž umožňuje zachytit větší množství dešťové vody nežli výše popsané vsakovací rýhy, přičemž způsob čištění a následného odčerpání umožňuje využívat zásobu dešťové vody nejen k zavlažování okolní vody, ale také jako vodu užitkovou. Vzhledem k umístění byla zvolena realizace podzemní retenční nádrže. Okolní povrch bude upraven takovým způsobem, aby poskytoval dostatečný svod dešťové vody z okolních, zejména zemědělských ploch, avšak voda bude do nádrže přiváděna také pomocí podzemního potrubí. Součástí systému bude také odpovídající způsob filtrace a čerpadlo, pomocí kterého se bude voda z retenční nádrže odčerpávat.

Též je důležité zvážit vhodný výběr materiálu. Retenční nádrže mohou být vyrobeny z plastu, betonu, sklolaminátu či oceli. Plastové nádrže disponují především vysokou odolností proti korozi, malou hmotností a možností variabilního uspořádání jednotlivých komponent. Můžou být v prostoru uloženy samonosně, nebo mohou být obetonovány, aby se předešlo možnému pohybu z důvodu působení spodních vod. Betonové nádrže jsou instalovány v podobě jednotlivých skruží, avšak během několika desítek let mohou vykazovat obtíže s těsněním. Zároveň však jsou tyto nádrže schopny přirozeně naturalizovat kyselé dešťové vody, pokud je v nich přítomen přírodní vápenec, a též jsou schopny odolat velkému vnějšímu tlaku. Základní nevýhodou betonových nádrží je jejich velká hmotnost, která se projeví nejen v celkových

nákladech na jejich vybudování, ale též v ceně samotné instalace a následné údržby. Též je možné uvažovat o volbě nádrže ze sklolaminátu, který se vyznačuje velkou odolností, pružností a lehkostí materiálu. Jeho velká nevýhoda však spočívá ve snadné praskavosti již vyrobených produktů. Ostré sklolaminátové střepy mohou jedince, který s ním manipuluje, zranit, přičemž následná oprava nebývá snadná. Nevýhodou tohoto typu retenčních nádrží je též jejich velmi úzký vstup, který znesnadňuje možnost pravidelné údržby a též případné opravy nádrže či jejího vstupu. V některých případech může být též obtížné nalézt pro sklolaminátovou retenční nádrž vhodný druh čerpadla. V neposlední řadě nejsou tyto nádrže schopny zajistit vysokou statickou únosnost či dostatečnou odolnost vůči spodní vodě, proto je vhodné instalovat tyto nádrže pouze do takového podloží, kde se nachází minimální množství podzemní vody.

Retenční nádrž, zvolená pro vybrané území v obci Prameny, je nádrž monolitická a samonosná, která nevyžaduje upevnění v zemi pomocí betonového obložení a která je dostatečně pevná a snadná na instalaci. Základním materiálem je plast, přičemž dle možností může být nádrž černá nebo zelená. Pokud bude nádrž instalována správným způsobem, lze tuto nádrž považovat za téměř nezničitelnou, a je možno spolehnout se na vysokou kvalitu zadržené vody. Taktéž možný prosak do spodních vod je v podstatě vyloučen. Nádrž je dostatečně pevná, tudíž nehrozí její vyplavení na povrch, a vzhledem ke snadné manipulaci je možné uložit ji též do skalnatého či jílovitého podloží. Pro zajištění bezpečnosti bude instalace zajištěna odborníky ze zvolené firmy, která má s tímto typem instalací mnoholeté zkušenosti.

Při výběru specifické retenční nádrže je dobré porovnat cenové nabídky jednotlivých firem, což může ve výsledku ovlivnit konečnou volbu typu retenční nádrže. Vzhledem k velikosti obce je vhodné počítat s retenční nádrží 15 000 l a více, též je nezbytné zohlednit, zdali je v ceně též zajištění filtrace a usnadnění pravidelného čištění. Přehled možných variant a cenové rozpětí je zobrazeno v následující tabulce.

Tab. 5 Příklad cenového rozpětí různých typů retenčních nádrží (vlastní zpracování)

Materiál	Objem	Cena bez DPH	Charakteristika
Plast	16000 l	89 000 Kč	Odolnost vůči extrémním teplotám i mechanickému poškození. Samonosná konstrukce, jednoduchá instalace. S rotačním odléváním a dalším příslušenstvím. Teleskopická šachta.
Plast	15000 l	31 000 Kč	Nutné obetonovat. Doprava zdarma. Součástí je nátok a bezpečnostní přepad, revizní komín a plastový krycí poklop. Nevhodné v blízkosti vsakovacích míst.
Beton	14000 l	39 000 Kč	Bez příslušenství, nutno dokoupit.

Po zvážení prostoru, v němž by se tato nádrž měla nacházet, je zvolena monolitická plastová nádrž o objemu 16 000 l. Vhodnost tohoto objemu může být ověřena pomocí výpočtu akumulčního objemu retenční nádrže V_{ret} [l] následujícím způsobem:

$$V_{VZ} = h_d / 1\,000 \times (A_{red} + A_{VZ}) - 1/f \times k_v \times A_{vsak} \times T_c \times 60$$

Teoretický požadavek na odvodnění 300 m²:

Výpočet potřebného objemu nádrže V_{VZ} :

$$V_{VZ} = h_d / 1\,000 \times (A_{red} + A_{VZ}) - 1/f \times k_v \times A_{vsak} \times T_c \times 60$$

$$V_{VZ} = 41,4 / 1\,000 \times 300 - 5 \times 10^{-5} \times 1,13 \times 240 \times 60$$

$$V_{VZ} = 11,61 \text{ m}^3 = 12\,000 \text{ l}$$

Tab. 6 Maximální VVZ stanovený dle ČSN 75 9010 (vlastní zpracování)

T_c [min]	h_d [mm]	$1/f \times k_v$	A_{vsak} [m ²]	A_{red} [m ²]	V_{vz} [m ³]
5	12,9	0,00005	1,13	300	3,85
10	18,5	0,00005	1,13	300	5,52
15	21,6	0,00005	1,13	300	6,43
20	24	0,00005	1,13	300	7,13
30	27,2	0,00005	1,13	300	8,06
40	29,5	0,00005	1,13	300	8,71
60	32,5	0,00005	1,13	300	9,55
120	38	0,00005	1,13	300	10,99
240	41,4	0,00005	1,13	300	11,61
360	42,7	0,00005	1,13	300	11,59
480	44	0,00005	1,13	300	11,57
600	45,2	0,00005	1,13	300	11,53
720	46,5	0,00005	1,13	300	11,51
1080	50,4	0,00005	1,13	300	11,46
1440	52,6	0,00005	1,13	300	10,9
2880	73,1	0,00005	1,13	300	10,67
4320	83,5	0,00005	1,13	300	10,41

kde:

V_{vz} - retenční objem vsaku (m³),

(pro návrh objektu stanoven dle maxima viz ČSN 75 9010, viz Tab. 6)

h_d - úhrn srážek s danou dobou trvání T_c a periodicitou (mm),

T_c - doba trvání srážky dané periodicity (min),

A_{vsak} - vsakovací plocha (m²),

A_{vz} - plocha hladiny vsakovacího zařízení (m²),

A_{red} - půdorysný průmět odvodňované plochy (m²),

f - součinitel bezpečnosti vsaku (-), stanovena hodnota $f = 2$

k_v - koeficient vsaku (m/s), stanoven dle doporučení geologického průzkumu

Při stanovení akumulčního objemu povrchových retenčních nádrží je třeba k redukovanému půdorysnému průmětu odvodňované plochy přičíst také plochu hladiny retenční nádrže. Výpočet se provede pro všechny intenzity srážek s periodicitou a dobou trvání a navrhne se největší akumulční objem retenční nádrže. Kvalitně provedený plán by měl počítat s možnými omezeními, která se v daném podloží nacházejí, avšak dle současného stavu se zvolená nádrž jeví jako nejvhodnější.

Zvolená retenční nádrž je zobrazena na následujícím obrázku.



Obr. 9 Nádrž na vodu RoTerra (Webové stránky dotačního programu Dešťovka.eu, 2022)

Technické údaje zvoleného objektu – nádrže:

Celkový objem:	16 000 l
Rozměry:	4840 x 2300 x 2350–2850 mm
Hmotnost:	465 kg

Výpočet odvodněné plochy A_{red} :

$$A_{red} = (V_{VZ} + 1/f \times k_v \times A_{vsak} \times T_c \times 60) / (0,001 \times h_d)$$

$$A_{red} = (16 - 5 \times 10^{-5} \times 1,13 \times 240 \times 60) / (0,001 \times 41,4)$$

$$A_{red} = 367 \text{ m}^2 \Rightarrow \text{plocha o rozměrech } 19,2 \times 19,2 \text{ m}$$

Porovnání s teoretickým výpočtem:

Zvolená nádrž pokryje 367 m², původní požadavek 300 m² splněn s rezervou.

Před započítáním práce na realizaci projektu je nezbytné zohlednit druh podloží, které se v dané lokalitě nachází. Součástí projektového návrhu by měl být přesný popis podloží, jeho vhodnost, vypočtená propustnost, mocnost málo propustných či zcela nepropustných krycích vrstev a též výška hladiny podzemních vod a jejich případného kolísání. „Posouzení vhodnosti podloží může být zpravidla provedeno na základě hydrogeologické mapy zpracované v rámci konceptu zasakování v obci. Stanovení propustnosti a posouzení mocnosti krycích vrstev je zpravidla prováděno individuálně pro každý zasakovací objekt“ (Krejčí a kol., 2002). Hydrologická mapa by měla být k dispozici na příslušném oddělení státní správy, přičemž informace o podmínkách na daném území se vztahují také k množství srážkových úhrnů a dalších důležitých informacím.

Výběr dodavatele retenční nádrže a přidružených služeb se odvíjí také od toho, zdali je schopen zajistit stavební a výkopové práce. Protože systém nebude napojen na obecní kanalizaci, není nutné provést úpravu vodovodních potrubí či změnu v systému odpadních vod. Obec nedisponuje vlastní čistírnou odpadních vod, proto je nezbytné zajistit, aby bylo dosaženo nepropustnosti a kvalitního čištění zachycené dešťové vody.

Stavební práce obvykle sestávají z přípravných a přidružených prací, na které navazuje samotné vložení retenční nádrže a úprava okolí. Cenová úleva může být spatřena v absenci nutnosti betonování, přesto se však v současné době nejedná o nízké částky. V rámci přípravných a přidružených prací se jedná zejména o prvotní odčerpání podzemní či nadzemní vody až do 10 m, přičemž se počítá s průměrným přítokem do 500 l/min. Počítá se též s příslušnou vzdáleností od hladiny vody v jímce až po výšku roviny proložené osou nejvyššího bodu výtlačného potrubí. V případě tohoto typu práce je cena stanovena za jednu hodinu. V případě využití čerpacího zařízení se připočítá poplatek za denní zápůjčku. V oblasti hloubených vykopávek je nezbytné zejména provést zejména hloubení zapažených jam a zářezů do požadované hloubky v hornině 3 ručně a strojně s urovnáním dna

do předepsaného profilu a spádu, a následně hloubení zapažených jam a zářezů do 1000 m³, v hornině 4, hloubení ručně a strojně s urovnáním dna do předepsaného profilu a spádu.

Poté, co je jáma na retenční nádrž dostatečně vyhloubená, bude dno jámy začištěno a na dno bude nasypán vhodný podsyp. Ve většině případů se tímto podlozím stává štěrk v požadované kvalitě. Podobně jako při hloubení, také zde je nezbytné využít bagru a položit na rovný podklad samotnou retenční nádrž. Ta by měla být ihned naplněna minimálně z jedné třetiny svého objemu. Souběžně při naplnění je nádrž obsypávána štěrkovým materiálem, přičemž jeho poměr by měl být uveden v montážním návodu. Zkušební pracovníci firmy by měli zajistit nejen rovnoměrné ukládání a plnění nádrže, ale také opatrné obsypávání vhodným materiálem. V žádném případě by neměla být k obsypání nádrže využita vykopaná zemina, jílovitá půda či jakýkoliv jiný typ materiálu, v němž by se mohly nacházet ostré částice či větší kameny schopné poškodit strukturu retenční nádrže. Současné naplnění nádrže a její obsypání též může zabránit jejímu vyplavení na povrch.

Poté, co je proces usazení a obsypu dokončen, dochází k propojení potrubí dešťové kanalizace do nádrže. Toto potrubí je zasazeno pod povrch okolních ploch. Otvory pro připojení jsou již v retenční nádrži připraveny z výroby, důležité je však zajistit správnou formu těsnění a k tomu přidružený korunkový vrták správné velikosti. Při rozhodování, do jaké hloubky má být retenční nádrž usazena, je nezbytné zohlednit právě možnost zajistit správné připojení těchto potrubí včetně jeho spádu minimálně 0,5 %, což představuje „0,5 cm na 1 m délky potrubí. Pokud bude potřeba hlubší usazení nádrže, je vhodné napojit šachtovou kopuli, která prodlouží krk nádrže. Nad otvory pro připojení potrubí se vrtají prostupy na vedení vody od čerpadla a kabelovou chráničku. Po tomto kroku je již možné nainstalovat čerpací techniku“ (České stavby, 2021). Pro možnost čerpání bude instalováno ponorné čerpadlo, jehož součástí je integrovaný tlakový spínač a ochrana před možností sepnutí na sucho.

Nezbytnou součástí retenční nádrže je instalace vhodného filtračního systému. V tomto případě bude filtrační systém instalován přímo v retenční nádrži. Vybraný

filtr AS-PURIAN napodobuje tvarem hydraulický vodní skok, který se objevuje v přírodě. Jedná se o přirozený přechod z bystřinného typu proudu do říčního. Umožňuje vodě plynule proudit přes určitou překážku, obvykle přes kámen, za nímž následuje rotující vodní válec vytvářející zvýšenou vodní energii. Právě tato energie podporuje unášení drobných lehkých i těžších částic proudem do další části filtru, kde dochází k jejich samovolnému pročištění. Výhodou tohoto typu filtru je jeho dlouhá životnost, přičemž není nezbytné tento filtr po dlouhou dobu měnit. Filtr je vyroben v lichoběžníkovém tvaru, což zabraňuje usazování nečistot a zanášení síta. Součástí filtračního systému je skimmer, jehož účelem je stahování nečistot na vodní hladině v retenční nádrži. Skimmer je součástí filtru a obsahuje mechanismus zpětné klapky zabraňující „zpětnému vzduť špinavé vody z odtokového kanálu a vniknutí malých zvířat kanalizací do akumulární nádrže“ (TZB info, 2022). Po úspěšné instalaci všech součástí retenční nádrže je nezbytné provést závěrečný zásyp a seříznutí kopule takovým způsobem, aby bylo vše zarovnáno s povrchem. Poté je nasazen poklop, zajištěný šrouby, a celý okolní povrch je zarovnan do konečné podoby.

6.4.3 Retenční záhony

Třetím možným návrhem je vybudování retenčních záhonů optimálně ve spojení s úpravou prostor okolo hřiště a přilehlých prostor do podoby parku. Došlo by též k obnovení stávajících chodníků či vybudování nového v prostoru, kde se doposud žádný chodník nenachází. Podél záhonů budou vysázeny nové stromy, případně dojde k obnově stávající zeleně. Projekt se odvíjí od analýzy současného stavu zeleně v obci, který je označen za nevyhovující, a jeho součástí je zapojení občanů do sázení a péče o městskou zeleň. Pro občany též budou vybudována nová posezení, ať již na lavičkách přímo v parku, či podél pěších cest v okolí.

Samotný projekt je inspirován dalšími podobnými návrhy, které byly realizovány v jiných obcích. V navrženém projektu je počítáno s pěti vsakovacími záhony, které budou vytvořeny za účelem vsakovat dešťovou vodu v místě dopadu. V jejich okolí však budou také vytvořena mělká koryta, která mohou odvádět vodu z okolních nezatravněných ploch. Voda je pomocí mělkého příkopu distribuována z horního až po spodní vsak. Na rozdíl od předchozích systémů je uvedený příkop

za posledním záhonem propojen s místní kanalizací. Celková plocha retenčních záhonů nepřesáhne 120 m² a poslouží též jako jímka dešťové vody, v níž bude část půdního profilu nahrazena propustným substrátem. Plocha záhonu je snížena tak, aby po dešti byla hladina zadržené vody nejvýše 30 cm. Na záhonech budou vysázeny vhodné druhy trvalek a okrasných rostlin. Součástí projektu je též sázení stromů.



Obr. 10 Možná podoba parku s retenčními záhony (Kolektiv autorů SPÚ, 2021)

Samotná realizace vyžaduje založení souvrství několika záhonů vyhloubených nejméně do hloubky 60 cm v dané zemině. Před zasazením rostlin se vyhloubený prostor zaplní směsí písku, šterku, kompostu a původní zeminy v poměru 2:1:1 tak, aby záhon tvořil 30 cm hlubokou prohlubeň. V uvedené prohlubni dochází k zadržení vody, které se zde nahromadí po dešti. Poté, co je dokončena výsadba trvalek, je nezbytné plochu záhonů zamulčit. Materiál, který izoluje protékající vody od podzemních toků, se skládá „z většího kameniva, v tomto případě lomového kamene frakce 32/63. Příkop, který propojuje záhony, tvoří mělká prohlubeň s vymodelovanou vyvýšeninou na spodní hraně“ (Estav.cz, 2021). Samotný příkop je nakonec zatravněn a jeho ústí do kanalizace je zavedeno ve spodním rohu uvedené plochy. Podobně jako v jiných projektech i zde je navrženo „přerušení řady obrubníků v šířce dvou metrů, zabetonování stávajících ležatých obrubníků a osazení nového jednoho obrubníku stojatého šikmo k záhonům tak, aby umožňoval vodě stékat

z krajnice do systému záhonů. Druhy trvalek jsou voleny tak, aby byly schopné vydržet krátkodobé zamokření, a přitom záhon plně obsadily“ (Estav.cz, 2021).

Retenční záhony jsou sázeny za účelem povrchové infiltrace dešťového odtoku. Zde probíhají ty nejdůležitější procesy spočívající v zasakování vody do krycí půdní vrstvy. Tato vrstva bývá zarostlá volně se vyskytující vegetací, přičemž přítomný humus ji pomáhá vyživovat. Též zde dochází k několika dalším procesům – zachycování, čištění a odplavení vybraných druhů látek podporujících znečištění dešťových vod. „V této vrstvě probíhající procesy eliminace látkového znečištění jsou podporovány většinou vysokým podílem drobných částic půdy a obsahem humusu. Tyto krycí vrstvy však často vykazují malou hydraulickou propustnost, což vede k poměrně vysokým požadavkům na zasakovací plochu“ (Krejčí a kol., 2002).

Navržené rozměry retenčních záhonů:

Pokud bude plocha retenčních záhonů tvořit 120 m², jejich rozměry budou 15 m x 2 m, a vytvořeny budou čtyři záhony. Protože bude nezbytné vyhloubit prostor o hloubce 0,6 m, objem jednoho záhonu je vypočten následujícím způsobem:

$$15 \times 2 \times 0,6 = 18 \text{ m}^3$$

Objem jednoho záhonu bude činit 18 m³, všech záhonů bude činit 72 m³.

Retenční objem všech čtyř retenčních záhonů V_{VZ} :

$$V_{VZ} = h_d / 1\,000 \times (A_{red} + A_{VZ}) - 1/f \times k_v \times A_{vsak} \times T_c \times 60$$

$$V_{VZ} = 41,4 / 1\,000 \times (120 \times 0,1 + 120) - 5 \times 10^{-6} \times 0,1 \times 120 \times 240 \times 60$$

$$V_{VZ} = 4,6 \text{ m}^3$$

(pro návrh objektu stanoven dle maxima viz ČSN 75 9010, viz Tab. 7)

Doba prázdňení:

$$T_{pr,celk} = V_{celk.návrh} / (1/f) \times k_v.podloží \times A_{vsak} \times 60 \times 60$$

$$T_{pr,celk} = 4,6 / (5 \times 10^{-6}) \times 12 \times 60 \times 60$$

$$T_{pr,celk} = 21,3 \text{ h}$$

Tab. 7 Maximální VVZ záhonů stanovený dle ČSN 75 9010 (vlastní zpracování)

T_c [min]	h_d [mm]	1/f x k_v	A_{red} [m²]	A_{vz} [m²]	A_{vsak} [m²]	V_{vz} [m³]
5	12,9	0,000005	120	12	12	1,68
10	18,5	0,000005	120	12	12	2,41
15	21,6	0,000005	120	12	12	2,8
20	24	0,000005	120	12	12	3,1
30	27,2	0,000005	120	12	12	3,48
40	29,5	0,000005	120	12	12	3,75
60	32,5	0,000005	120	12	12	4,07
120	38	0,000005	120	12	12	4,58
240	41,4	0,000005	120	12	12	4,6
360	42,7	0,000005	120	12	12	4,34
480	44	0,000005	120	12	12	4,08
600	45,2	0,000005	120	12	12	3,81
720	46,5	0,000005	120	12	12	3,55
1080	50,4	0,000005	120	12	12	2,76
1440	52,6	0,000005	120	12	12	1,76
2880	73,1	0,000005	120	12	12	-0,72
4320	83,5	0,000005	120	12	12	-4,53

6.5 Ekonomické zhodnocení

6.5.1 Ekonomické zhodnocení vybudování vsakovacích rýh o délce 500 m

Materiál:

Stormbox:	417 dílů x 2395 =	998 715 Kč
Podkladová deska:	417 x 648 =	210 216 Kč
Spojovací součásti:		2704 Kč
Další nezbytné součásti:		50 000 Kč

Výkopové práce:

Počítají se vyšší hodnoty ručních výkopových prací.

Je nezbytné vykopat 750 m³, cena bude činit 750 000 Kč.

Přídavné a dokončovací práce činí 500 Kč /h, počítá se zhruba se 100 hodinami za 50 000 Kč.

Dále je nezbytná instalace a úprava prostředí za 300 000 Kč.

Celková cena s určitou rezervou vychází na **2 500 000 Kč**.

Tento projekt by mohl být **plně uhrazen z dotačního programu Velká Dešťovka**.

6.5.2 Ekonomické zhodnocení vybudování retenční nádrže

Materiál:

Retenční nádrž	89 000 Kč
Přídavná zařízení	36 000 Kč

Výkopové a instalatérské práce:

Je nezbytné vyhloubit 70 m ² , cena bude činit:	70 000 Kč
Instalatérské práce:	25 000 Kč
Montážní práce:	30 000 Kč
Přídavné práce	45 000 Kč
Úprava okolí:	20 000 Kč

Celková cena s určitou rezervou vychází na **350 000 Kč**.

Tento projekt by mohl získat **50% dotaci z dotačního programu Velká Dešťovka**.

6.5.3 Ekonomické zhodnocení realizace retenčních záhonů

Tento projekt lze vyhodnotit pouze po vpracování přesného návrhu, obsahujícího rozměry nového parku a veškerá zabudovaná zařízení. Retenční záhony by v tomto případě byly nedílnou součástí uceleného projektu reflektující plán rozvoje obce.

Odhadní cena se pohybuje okolo **1 000 000 Kč**.

Veškeré výše uvedené ceny jsou uvedeny bez vypracování projektové dokumentace, odborných znaleckých posudků a dalších administrativních poplatků. Cenové relace je nutno brát s rezervou, jelikož současný vývoj cen ve stavebnictví i zahradnictví se rychle vyvíjí a nelze odhadnout výši jejich růstu. Dotací je myšlen dotační program Velká Dešťovka, je však pravděpodobné, že zejména třetí navržené řešení by mohlo propojeno s dalším projektem, na který by se vztahoval jiný typ dotačních programů.

7 Diskuze

Předmětem této práce byl návrh efektivního využití dešťových vod. Podkladem tohoto návrhu byla literární rešerše problematiky hospodaření s dešťovými vodami. Dle metodiky byla vytypována vhodná místa a dále zohledněna ekonomická hlediska projektu.

Obec Prameny nalezneme v okrese Cheb, který je součástí Karlovarského kraje. V obci je aktuálně dle posledního sčítání lidu k roku 2021 datováno 106 trvale žijících obyvatel. V současnosti zde tato problematika není předmětem diskuze a v blízkém budoucnu není ani plánováno s jejím začleněním do plánů rozvoje obce. Vzhledem k poloze obce a množství vodních zdrojů není problém možného nedostatku vody aktuální a je velmi málo pravděpodobné, že by v budoucnu tuto otázku zastupitelstvo chtělo nějak řešit. Obec se až donedávna potýkala s velkými dluhy a teprve nedávno dostala možnost nakládat se svým účtem a penězi. Nyní jsou řešeny aktuální problémy jako je výstavba nové kanalizace či nové osvětlení. Bohužel zde narážíme na znalostní limity jednotlivých členů zastupitelstva, kteří nejsou schopni uvažovat v širokém měřítku a plánovat projekty jako celek s jasnou vizí do budoucna. Nejen že nemají odborné znalosti, ale bohužel nevyužívají ani odborné konzultace. Možné dotační projekty jsou tedy obcí využívány ve velmi omezené míře a pokud, tak čistě k jednoúčelovému krátkodobému prospěchu místo dlouhodobého projektového přístupu ve vazbě na finanční a environmentální udržitelnost. Tuto problematiku vnímám jako zásadní, určitě se s ní setkáváme napříč celým spektrem možných projektů pro rozvoj obce nejen v Pramenech, ale v podstatě ve všech menších obcích.

Navržené řešení jasně ukazuje, že je důležité vnímat hospodaření s dešťovou vodou nejen jako zdroj vody, ale také ho lze využít jako estetický prvek. Právě lokalita bývalých lázní v nejvyšším stupni CHKO plná cyklostezek a minerálních pramenů by měla svůj turistický ruch podpořit příznivým vzhledem i klimatem.

Je třeba položit otázku, v jakém časovém horizontu a zda vůbec si lidé uvědomí, že je třeba se s vodou naučit hospodařit. Bez edukace to však nepůjde.

Důležité je začít vnímat odpovědnost jednotlivce a zejména lidí odpovědných v dotčených organizacích a samosprávě.

8 Závěr

Navrhovaná řešení pohybující se v řádech 4 milionů korun při dostatečných kompetencích zainteresovaných osob nabízejí široké spektrum výhod pro obec. Jedná se nejen o možnost regulace srážkových vod a intenzivních přívalových srážek, ale dále o možnost akumulace vody, a v neposlední řadě i o možnost takto podpořit turistický ruch a vzhled obce a posílit tak sociální a rekreační funkci venkova.

Dešťová voda nabízí různé způsoby využití, které jsou doposud nedostatečně podporovány. Finanční nabídky státu nejsou doprovázeny dostatečnou informovaností na úrovni široké veřejnosti. Proto se doposud v obecních zastupitelstvech objevují názory na nedůležitost efektivního využívání dešťové vody či na nemožnost zajistit její dostatečné čištění. Současný klimatický vývoj však potvrzuje, že efektivní využití srážkových vod představuje klíčový prvek nejen pro zachování biodiverzity, ale též pro samotné přežití člověka jakožto živočišného druhu.

Tato práce je zaměřena na problematiku využití dešťové vody v obecném hledisku i na území obce Prameny. Katastrální území obce zahrnuje větší množství nadzemních i podzemních vodních toků, což přináší zvýšené riziko znečištění při instalaci specifických systémů HDV. Taktéž finanční situace obce není dostatečně dobrá, tudíž například finanční podpora soukromých subjektů, určená k lepší péči o vodní toky, není aplikovatelná. Proto byly vybrány tři základní systémy HDV, které mohou být podpořeny formou dotací a dalších forem státní podpory, přičemž investice samotné obce je poměrně nízká. K realizaci je nezbytné vybrat společnost, která nabízí stavební, výkopové i instalační práce, neboť musí být zajištěna naprostá nepropustnost uvedených systémů vůči podzemním i nadzemním vodním tokům. Realizace bude vyžadovat určitý zásah do obecních pozemků, avšak výsledkem bude nejen efektivnější využití dešťových vod, ale též prevence vzniku záplav a poškození ostatních budov.

Sekundární cíl práce byl vymezen jako shrnutí současného stavu hospodaření s dešťovou vodou v České republice a představení aktuální situace mezi poskytovateli systémů hospodaření s dešťovou vodou a aktuální finanční pobídky ze strany státu. Při analýze dostupných internetových zdrojů obsahujících představení a cenové

nabídky jednotlivých společností lze shrnout, že cenové rozpětí jednotlivých systémů HDV i doprovodných stavebních či výkopových prací je velmi rozdílné. Zatímco soukromé subjekty, například domácnosti, se mohou rozhodnout pro domácí instalaci systému HDV, realizace obecní zakázky vyžaduje sestavení podrobného projektu, v němž jsou uvedeny jednotlivé kroky včetně realizace odbornou externí firmou. Na realizaci zakázky musí proběhnout výběrové řízení, přičemž plnění každého kroku realizace musí být řádně potvrzené a zdokumentované. Realizace by měla být časově vymezena a neměla by nadměrně omezit život v obci.

Analýzou dostupných materiálů lze zjistit, že mezi nejčastější realizované systémy HDV patří různé typy vsakovacích rýh a retenčních nádrží. Tyto systémy byly též vybrány jako nejvhodnější pro danou obec. Vsakovací rýhy podél obcí zamezují nadměrnému zavlažování okolních zemědělských ploch a vznik možných záplav v důsledku neschopnosti okolních vodních ploch či toků pojmout velké množství srážkových vod. Zatímco dešťová voda z navržených vsakovacích rýh by měla být použita pouze na zavlažování, vodu z retenční nádrže bude možné využít jako užitkovou, tedy k umývání aut či k osvěžení veřejných prostranství. V předloženém návrhu není zahrnuta možnost rozvodu této vody do jednotlivých domácností, v budoucnu by však mohla být voda z retenční nádrže zdrojem užitkové vody pro blízký zemědělský podnik. Pokud se zlepší finanční situace obce, je možné vystavět vodní prvky v okolí hřiště, například fontánu.

Součástí návrhu jsou též retenční záhony, sloužící k dalšímu čištění a zadržení vody v místě dopadu. Retenční záhony též slouží k vizuálnímu zlepšení obecního pozemku i jako součást nově vybudovaného parku. V případě, že se obci nepodaří získat dostatečné finanční zdroje, je možné s realizací tohoto systému HDV počkat. Pro zajištění efektivního hospodaření s dešťovými vodami je však vhodné jednotlivé systémy realizovat v krátkém časovém horizontu a zajistit tak účelné využití i snížení nákladů spojených s nadměrným využíváním vody pitné.

9 Použité zdroje

9.1 Použitá literatura

AKTER, A. 2022: Rainwater Harvesting – Building a Water Smart City. Switzerland: Springer Cham.

BAGUMA, D. a kol. 2010: Water Management, Rainwater Harvesting and Predictive Variables in Rural Households. *Water Resources Management*. 24, č. 13. 333–334.

BAGUMA, D. a kol. 2010: Knowledge of measures to safeguard harvested rainwater quality in rural domestic households. *Journal of water and health*. 8, č. 2, 334–345.

BLÁHA, K. a kol. 2010: Základní principy hydrogeologie. Metodická příručka MŽP. Praha: Ministerstvo životního prostředí.

BÖSE, K.-H. 1999: Dešťová voda pro zahradu a dům. Ostrava: Hel.

HANZELKA, P. 2018: Květiny pro suché zahrady. Praha: Grada.

HLAVÍNEK, P. a kol. 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno: ARDEC.

KREJČÍ, V. a kol. 2022: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Brno: NOEL.

PENG, X. a kol. 2015: Effect of urbanisation on the water retention function in the Three Gorges Reservoir Area, China. *CATENA*, Volume 133. 241-249

POKORNÝ, J. 2014: Hospodaření s vodou v krajině – funkce ekosystémů. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně.

POKORNÝ, J., DVOŘÁKOVÁ, J. 2011: Voda v krajině. Praha: Hamerský potok.

SLAVÍK, L., NERUDA, M. 2014: Hospodaření s vodou v krajině. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně.

SÝKOROVÁ, M. a kol. 2021: Voda ve městě. Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu. Praha: ČVUT.

ŠÁLEK, J. a kol. 2012: Voda v domě a na chatě. Praha: Grada.

VÍTEK, J. a kol. 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Praha: ZO ČSOP Koniklec.

VRÁNA, J. 2005: Voda a kanalizace v domě a v bytě. Instalátorské práce. Praha: Grada.

WISE, A.F.E., SWAFFIELD, J. 2012: *Water, Sanitary and Waste Services for Buildings*. London: Routledge.

9.2 Online zdroje

ASIO. @2022: Vsakovací blok AS-Nidaplast [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2016/04/navrhove-parametry-provozni-zkusenosti-a-moznosti-intenzifikace-umelych-mokradu/>

CAPENHART, M.-A. a kol. @2021: Preparing Rainwater for Portable Use [online]. [cit. 2022.9.12]. Dostupné z: <https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/attachment/Preparing-Rainwater-Potable-Use.pdf>

ČESKÉ EKOLOGICKÉ MANAŽERSKÉ CENTRUM. @2017: První realizace vsakování dešťové vody s biologickým dočištěním od ropných látek v Česku [online]. [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/news/prvni-realizace-vsakovani-destove-vody-s-biologickym-docistenim-od-ropnych-latek-v-cesku/>

ČESKÉ STAVBY. @2021: Jak probíhá kompletní realizace nádrže na dešťovou vodu a nejčastější chyby při instalaci? [online] [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-probiha-kompletni-realizace-nadrze-na-destovou-vodu-a-nejcastejsi-chyby-pri-instalaci-29108.html>

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚŘAD. @2021: Sucho [online]. [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/Definice_sucha.html

DETAIL VÝZVY Č. 10/2021: *Hospodaření s vodou v obcích*. @2021: Webové stránky Národního programu pro Životní prostředí [online]. [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: <https://www.narodniprogramzp.cz/nabidka-dotaci/detail-vyzvy/?id=100>

DOTAČNÍ PROGRAM DEŠŤOVKA.EU. @2021: Dešťovka 2021 [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: <https://destovka.eu/>

EVROPSKÁ KOMISE. @2022: Důsledky změny klimatu [online]. [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/climate-change/consequences-climate-change_cs

EVROPSKÝ PARLAMENT. @2022: Ochrana vody a hospodaření s ní [online]. [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/74/ochrana-vody-a-hospodareni-s-ni>

FACEBOOK. @2022: Prameny šťastné a veselé, [online] [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: www.facebook.com

HRDINKA, T. Počítáme s vodou. @2022: Jaký je ideál hospodaření s dešťovou vodou ve městě a co umožňuje realita všedního dne [online]. [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/jaky-je-ideal-hospodareni-s-destovou-vodou-ve-meste-a-co-umoznuje-realita-vsedniho-dne/>

KABELKOVÁ, I. A KOL. ČVUT. @2018: Kvalitativní a kvantitativní průzkum postojů k udržitelnému hospodaření se srážkovými vodami [online]. [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/rainreg_vystup8.pdf

KRAML, I. a kol. Obec Stachy. @2018: Územní studie veřejného prostranství vybraných lokalit ORP Vimperk [online]. [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: https://www.stachy.net/oustachy/user/2019/plany/uzemni_studie/usvp_textova_cast_2.pdf

KRAUS, M. Zakra. @2021: Cena a návratnost retenční nádrže na dešťovou vodu [online]. [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: <https://zakra.cz/blog/cena-a-navratnost-retencni-nadrze-na-destovou-vodu/>

KURRER, Christian. Ochrana vody a hospodaření s ní [online]. Webové stránky Evropského parlamentu, 2022. Dostupné z:

<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/74/ochrana-vody-a-hospodareni-s-ni>

MARTON, D., HORSKÁ, D. Aqua Global. @2021: Legislativa ve vodním hospodářství [online]. [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: <https://vodnihospodarstvi.cz/legislativa-ve-vodnim-hospodarstvi/>

MĚSTO PLZEŇ. @2018: Požadavky na řešení dešťových vod ve městě Plzeň [online]. [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: https://ukr.plzen.eu/Files/ukr/pdf/2019/pozadavky_na_reseni_dest_vod_06_2018.pdf

MINISTERSTVO VNITRA ČR. @2022: Povodeň [online]. [cit. 2022.09.12] Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/povoden.aspx>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. @2022: Obce ušetří na energiích a vodě [online]. [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20220930_Obce-usetri-na-energiich-a-vode

MÍSTOPISY. @2022: Obec Prameny [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: <https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/95/prameny/>

NEHASIL, O. Deník veřejné správy. @2015: Hospodaření s dešťovou vodou v obcích, druhá část [online]. [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: <https://bit.ly/3dsH5NK>

NĚMCOVÁ, V. Finance.cz. @2022: Povodeň a záplava jsou pro pojišťovny odlišné jevy. Jak zbytečně nepřijít o peníze? [online]. [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: <https://www.finance.cz/543444-povoden-zaplava-a-pojisteni/>

PANDURANG, DJ., MAHESHKUMAR, MB. D. @2013: Domestic roof top rainwater harvesting – a case study of village. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. 2, č. 12. ISSN: 2319-1163 [online] [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/322163333_DOMESTIC_ROOF_TOP_RAINWATER_HARVESTING_-_A_CASE_STUDY_OF_VILLAGE

PENC, D., KUČEROVÁ, P. Deník.cz. @2021: Dešťovou vodu lze prakticky využít, stačí ji zadržet [online]. [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/podnikani/destovou-vodu-lze-prakticky-vyuzit-staci-ji-zadrzet-20210506.html>

PETITO, L. Living architecture. @2021: Have Your Say: European Commission Consults on New Stormwater Policies [online]. [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: <https://livingarchitecturemonitor.com/articles/european-commission-consults-new-policies-stormwater-su21>

PIPELIFE. @2022: Raneo systém vsakovacích zařízení Stormbox [online]. [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: https://www.pipelife.cz/content/dam/pipelife/czech-republic/ke-stazen%C3%AD/katalogy/ekosystemy/2022_PIPELIFE_RAINEO_SYSTEM_VSA_KOVACICH_ZARIZENI_STORMBOX_10_22_.pdf

PRAMENY. @2020: Územní plán [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: <https://pramenyobec.cz/?group=7>

RULÍK, M., WHITE, S.M. 2020: *The Role of Water in the Landscape*. In: Zelenakova, M., Fialová, J., Negm, A. (eds) *Assessment and Protection of Water Resources in the Czech Republic*. Springer Water. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18363-9_4

SATVAT, P. a kol. @2004: Rainwater Treatment Technology: A Viable Solution for Green Water in the New Millennium. Conference: Environmental Pollution: Perspectives and Practices At: Institute of Engineering and Technology Lucknow [online]. [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/277890127_Rainwater_Treatment_Technology_A_Viable_Solution_for_Green_Water_in_the_New_Millennium

SCHAUBERGER, V. Awashop. @2017: Koloběh vody [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: <https://www.awashop.cz/kolobeh-vody-c2841/>

STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD. @2021: Smlouva o dílo na zhotovení retenční nádrže Lehotice [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: https://zakazky.spucr.cz/document_157914/875db8dccb8102fdab1d680bec2d16c9-smlouva-o-dilo-lehotice_isrs-pdf

STRÁNSKÝ, V, a kol. Vodní hospodářství. @2017: Ekonomické nástroje pro podporu udržitelného nakládání se srážkovými vodami v obcích [online]. [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/rainreg_vystup9.pdf

STŘEDOČESKÝ KRAJ. @2022: Odvodnění návsi v obci Nedomice [online]. [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: <https://mujkraj.kr-stredocesky.cz/galerie-projektu/Tpg2FLK2JIQ8i00>

TZB INFO. @2016: Nádrže pro akumulaci a využívání dešťových vod [online]. cit. 2022.09.12]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/14406-nadrze-pro-akumulaci-a-vyuzivani-destove-vody>

TZB INFO. @2017: První realizace vsakování dešťové vody s biologickým dočištěním od ropných látek v České republice [online]. [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/15880-prvni-realizace-vsakovani-destove-vody-s-biologickym-docistenim-od-ropnych-latek-v-ceske-republice>

TZB INFO. @2022: Jak efektivně filtrovat dešťovou vodu? [online] [cit. 2022.09.12]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/19265-jak-efektivne-filtrovat-destovou-vodu>

VOPRAVIL, J. a kol. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. @2010: Vliv člověka na krajinu [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: https://www.kompostuj.cz/fileadmin/1_Biodpad_a_kompostovani/Vime_proc/vliv_cloveka_na_krajinu.pdf

VTEI. @2016: Návrhové parametry, provozní zkušenosti a možnosti intenzifikace umělých mokřadů [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z:

<https://www.vtei.cz/2016/04/navrhove-parametry-provozni-zkusenosti-a-moznosti-intenzifikace-umelych-mokradu/>

WISE, C. North American Rain Systems. @2022: Above Ground vs. Underground Water Storage Tanks [online]., 2022. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: <https://raincollectionsupplies.com/blogs/rain-harvesting-101/above-ground-vs-underground-water-storage-tanks>

ZÁKONY PRO LIDI. @2022: Sbirka zákonů [online]. [cit. 2022.10.12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/sbirka>

ZEMNÍ PRÁCE ŠETEK. @2022: Ceník [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: <http://setek.cz/cenik/>

ZEMNÍ VÝKOPOVÉ PRÁCE. @2022: Ceník [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: <https://www.zemni-vykopove-prace.com/cenik-vykopovych-praci-cenik-zemnich-praci/>

ŽABIČKA, Z. TZB info. @2011: Technická řešení vsakovacích zařízení [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: [https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/8010-technicka-reseni-vsakovacich-zarizeni#:~:text=Syst%C3%A9m%20vsakov%C3%A1n%C3%AD%20nebo%20retence%20sr%C3%A1%C5%BEkov%C3%A9,2\).](https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/8010-technicka-reseni-vsakovacich-zarizeni#:~:text=Syst%C3%A9m%20vsakov%C3%A1n%C3%AD%20nebo%20retence%20sr%C3%A1%C5%BEkov%C3%A9,2).)

ŽABIČKA, Z., VRÁNA, J. Profesionální informační servis ČKAIT. @2022: Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech [online]. [cit. 2022.12.12]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-20/#2-3>

9.3 Technické normy

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

TNV 75 9011: Hospodaření se srážkovými vodami. Sweco Hydroprojekt, Praha, 2013.

10 Seznam obrázků

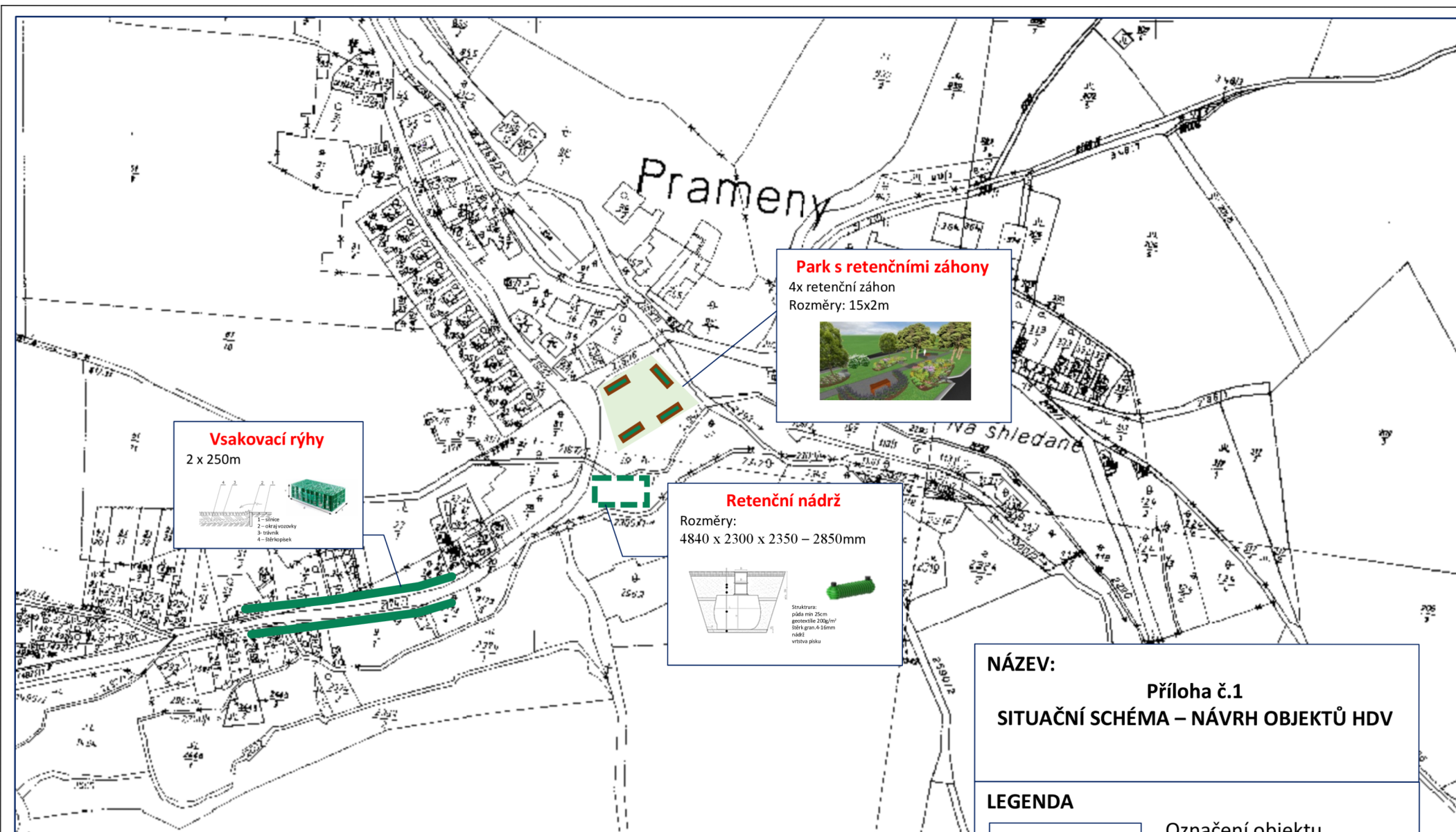
Obr. 1 Koloběh vody v přírodě (Schauberger, 2017)	19
Obr. 2 Zelená plocha v obci (Adaptterra Awards, 2022: Hospodaření se srážkami Na Bahně [online], dostupné z: https://www.adaptterraawards.cz/Databaze-prikladu/Hospodareni-se-srazkami-Na-Bahne)	36
Obr. 3 Různé podoby vsakovacího průlehu (Vítek a kol., 2018, s. 139).....	37
Obr. 4 Nástin podoby specifické retenční nádrže	38
Obr. 5 Příklad umělého mokřadu (Magazín VTEI, 2016).....	39
Obr. 6 Katastr obce Prameny (Územní plán obce Prameny, 2020).....	48
Obr. 7 Navržená podoba vsakovací rýhy (Žabička, 2011)	53
Obr. 8 Stormbox Pipeline systém (Pipelife, 2022)	57
Obr. 9 Nádrž na vodu RoTerra (Webové stránky dotačního programu Dešťovka.eu, 2022).....	64
Obr. 10 Možná podoba parku s retenčními záhony (Kolektiv autorů SPÚ, 2021)....	68

11 Seznam tabulek

Tab. 1 Periodicita úhrnů srážek v oblasti Mariánské lázně (ČSN 75 9010, 2012)....	51
Tab. 2 Maximální Vcelk,i stanovený dle ČSN 75 9010 (vlastní zpracování)	54
Tab. 3 Ceník ručních výkopových prací (Webové stránky Zemních výkopových prací, 2022)	59
Tab. 4 Ceník zapůjčení bagru k výkopovým pracím (Zemní práce Šetek, 2022)	59
Tab. 5 Příklad cenového rozpětí různých typů retenčních nádrží (vlastní zpracování)	62
Tab. 6 Maximální VVZ stanovený dle ČSN 75 9010 (vlastní zpracování).....	63
Tab. 7 Maximální VVZ záhonů stanovený dle ČSN 75 9010 (vlastní zpracování) ..	70

12 Přílohy

12.1 Příloha 1 Situační schéma



Vsakovací rýhy
2 x 250m

Park s retenčními záhony
4x retenční záhon
Rozměry: 15x2m

Retenční nádrž
Rozměry:
4840 x 2300 x 2350 – 2850mm

Struktura:
půda min 25cm
geotextil 300g/m²
síťk.gran.4-16mm
nádrž
vrstva písku

NÁZEV:
Příloha č.1
SITUAČNÍ SCHÉMA – NÁVRH OBJEKTŮ HDV

LEGENDA

Vsakovací rýhy 2 x 250m	Označení objektu Rozměry objektu Schéma uložení, zobrazení
-----------------------------------	------------------------------------------------------------------