VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV
ENERGY INSTITUTE

NAKLÁDÁNÍ S DEŠŤOVOU VODOU A MOŽNOSTI JEJÍHO VYUŽITÍ

RAINWATER-TREATMENT AND RAINWATER UTILIZATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Miroslav Štefek
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. Jaroslav Štigler, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2016

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Energetický ústav
Student:	**Miroslav Štefek**
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	**doc. Ing. Jaroslav Štigler, Ph.D.**
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Nakládání s dešťovou vodou a možnosti jejího využití

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o velmi aktuální téma. Nejhorším způsobem jak nakládat s dešťovou vodou odvedenou ze zastavěných ploch je její vypouštění do kanalizace. Toto je naneštěstí velmi častý případ. Přitom se jedná o velice levný zdroj vody, který může v domácnostech plnohodnotně nahradit používání pitné vody. Význam nakládání s dešťovou vodu roste s růstem ceny za upravovanou pitnou vodu a také s růstem velikosti zastavěných ploch.

Cíle bakalářské práce:

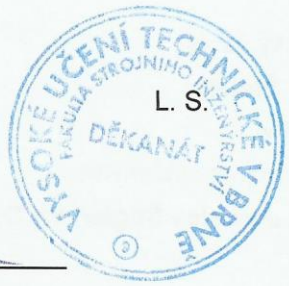
Cílem práce je seznámit se s touto problematikou, seznámit se se stávající legislativou zabývající se odvodem a nakládání s dešťovými vodami.
Provést rešerši toho co je současné době na trhu nabízeno v oblasti nakládání a využitím dešťové vody.
Zamyslet se nad možnostmi využití dešťové vody, nejlépe na konkrétním příkladu obytného domu a pokusit se určit úspory při využití dešťových vod.

Seznam literatury:

MUNSON, B., R., YOUNG, D., F., OKIISHI, T., H., Fundamentals of Fluid Mechanics

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 13. 11. 2015



L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

ŠTEFEK Miroslav: Nakládání s dešťovou vodou a možnosti jejího využití

Cílem této bakalářské práce je vypracování rešerše, která je zaměřena na nakládání s dešťovými vodami a jejího dalšího využití. V práci lze nalézt obecný nástin situace v ČR a následně jsou zde rozepsány komponenty dostupné na trhu určené k realizaci šetrného nakládání s dešťovými vodami. V závěru práce bude proveden výpočet konkrétní realizace na příklad rodinného domu. Z toho výpočtu by mělo být zřejmé, zda se jedná o výhodnou investici či nikoliv.

KLÍČOVÁ SLOVA: dešťová voda, zastavěná plocha, kanalizace, vsakování

ABSTRACT

ŠTEFEK Miroslav: Rainwater-treatment and rainwater utilization

The aim of this bachelor thesis is developing searches which are focused to treatment with rainwater and it's next utilization. We can find general information about situation in Czech Republic in this work and we can also read about products for rainwater treatment which are available in the market. There is a calculation for house too where we can see if it is advantageous step if we'll purchase rainwater treatment products.

KEYWORDS: rainwater, build-up area, sewerage, infiltration

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠTEFEK, M. *Nakládání s dešťovou vodou a možnosti jejího využití.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 40 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Štigler, Ph.D. .

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně, dne 27. 5. 2016

.....

Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce, panu doc. Ing. Jaroslavu Štiglerovi, Ph.D. za pomoc, poskytnutí podkladů a rad vedoucích ke zlepšení mé práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu při studiu na vysoké škole.

Obsah

Úvod ... 10

1 Srážková situace v ČR ... 11

2 Legislativa ... 12

3 Rozbor normy TVN 75 9011 ... 13

3.1 Volba způsobu odvodnění ... 13

3.2 Volba technického řešení ... 14

3.2.1 Vsakování ... 14

3.2.2 Odvádění do povrchových vod ... 15

3.2.3 Odvádění do jednotné kanalizace ... 15

3.3 Přípustný odtok ... 16

3.4 Regulační zařízení ... 16

3.5 Dimenzování objektů a zařízení ... 16

3.5.1 Návrhové parametry ... 17

3.5.2 Vstupní data ... 17

3.6 Plošné vsakovací zařízení ... 17

3.7 Vsakovací průleh s rýhou a regulovaným odtokem ... 18

3.8 Zasakovací zařízení v praxi ... 19

4 Hospodaření se srážkovou vodou ... 20

4.1 Zachytávání dešťové vody ... 20

4.2 Příklady jednoduchých zařízení na zachytávání dešťové vody ... 20

4.3 Moderní metody hospodaření s vodou ... 21

4.3.1 Popis systému ... 21

4.3.3 Filtrace ... 22

4.3.2 Nádrž ... 23

5 Výpočet návrhu zařízení pro hospodaření s dešťovými vodami pro rodinný dům od firmy ASIO ... 24

5.1 Vstupní informace pro výpočet - velikost a typ střechy ... 24

5.2 Množství využitelné srážkové vody ... 26

5.3 Objem nádrže dle spotřeby ... 26

5.4 Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody ... 27

5.5 Výběr objemu a optimalizace ... 27

5.6 Filtr a provozní jednotka ... 28

5.7 Zasakovací zařízení + doplňkové položky ... 28

5.8 Zhodnocení ... 29

6 Další možnosti využití dešťových vod a úvahy nad konstrukčním řešením ... 30

6.1 Další možnosti využití dešťových vod ... 30

6.2 Jiná konstrukční řešení rozvodů dešťové vody ... 31

7 Závěr ... 33

8 Seznam zdrojů ... 34

9 Seznam použitých symbolů a zkratek ... 35

10 Seznam obrázků ... 36

11 Seznam příloh ... 37

12 Přílohy ... 38

Úvod

V dnešní době se čím dál více setkáváme s případy, kdy je srážková voda odváděna primárně do povrchových vod či do společné kanalizace. Značně se tím snižuje schopnost vsakování srážek do povrchu pozemku, což má mimo jiné dopad i na podzemní vody. Jako další problém s tímto spojený je nárůst zastavěných ploch, které jsou neschopné vodu vsakovat.

Práce je rozdělena do tří kapitol:

- První část se zabývá způsobem zasakování. Je to způsob hospodaření s dešťovými vodami, kdy se vody nahromadí v nádrži k tomu určené a odtud se voda postupně zasakuje do půdy. V případě ploch jako jsou komunikace, velká parkoviště aj. je také třeba brát v úvahu kvalitu srážkové vody na ně dopadající a její případné znečištění odpovídající typu plochy na kterou voda dopadá.

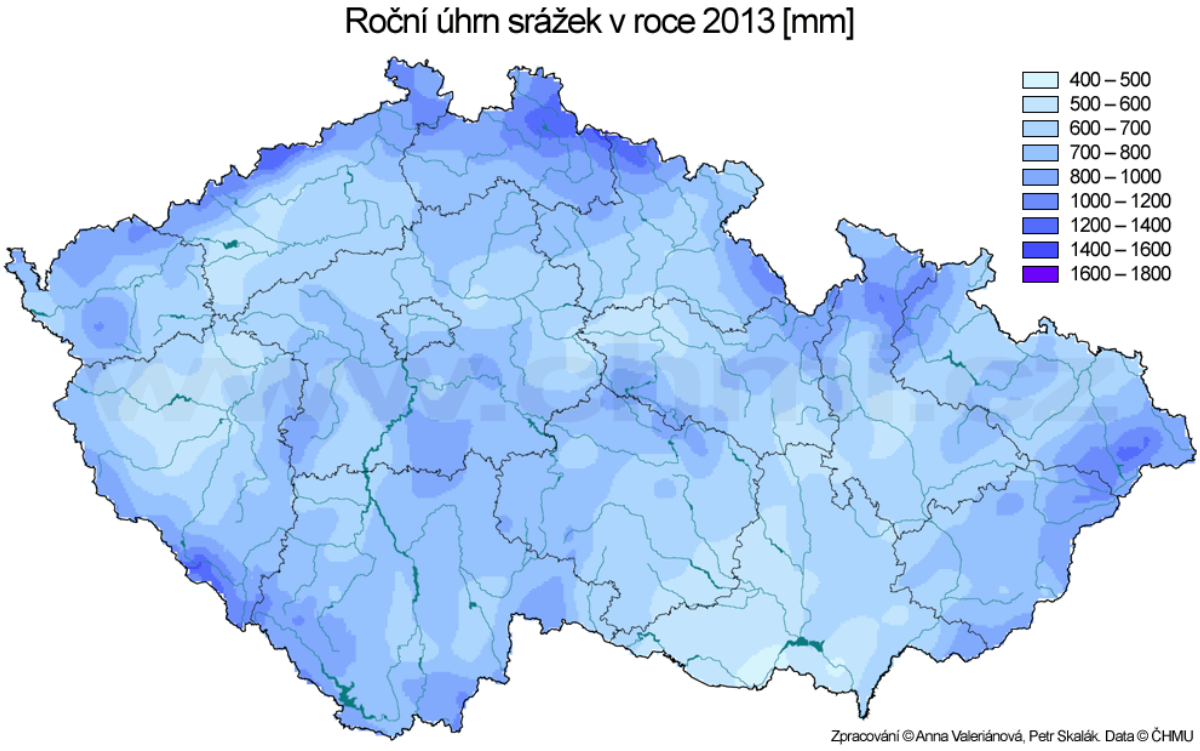
- Ve druhé části je rozebrán druhý způsob využití dešťové vody a to její zadržování a využívání pro námi zvolené účely, jako je zalévání, rozvod vody do toalet atd.

- V poslední části se tato práce zabývá úvahou, v kterých dalších případech by šlo výhodně využít sesbíraných dešťových vod, případně úvaha nad efektivnějším rozvodem dešťové vody z pohledu zachování potenciální energie.

Cílem této práce je zamyšlení nad nynějšími možnostmi v oblasti hospodaření s dešťovými vodami, zvážení ekonomických výhod při využití systémů zadržujících dešťové srážky a taktéž úvaha nad vylepšením stávajících systémů.

1 Srážková situace v ČR

Jako první je nutné zmínit, jaké situace lze čekávat z pohledu počasí. K tomuto náhledu na situaci nám můžou posloužit srážkové mapy, které můžeme nalézt například na webu Českého hydrometeorologického ústavu. Mapy existují v provedení od krátkodobého (řádově hodiny, dny, týdny) až po mapy mapující situaci dlouhodobě (měsíce, roky, desetiletí). Z těchto dat pak lze zpětně určit, zda období bylo srážkové podprůměrné, v normálu, či nadprůměrné. Nás ovšem zajímají data, která nám objasní, v jaké lokalitě leží pozemek, ze kterého řešíme odvod srážkové vody respektive zasakování. Pro tyto účely využijeme dlouhodobé srážkové modely, které nám ukáží - naznačí, jaké srážkové úhrny bychom měli očekávat a z těchto poznatků můžeme dále postoupit až k samotnému řešení problému jako je výběr typu odvodu vody a dimenzování případných nádrží pro dešťovou vodu.



Obr. 1. 1 - Srážková mapa ČR za rok 2013 [4]

Roční úhrn srážek zobrazuje sumu srážek, avšak je třeba počítat se srážkami přívalovými , které se vyskytují například v bouřkách a během krátkého období může napršet více jak 60 mm srážek[1]. V tomto případě dochází k rychlému nárůstu množství spadlých srážek, jejichž důsledek je rozvodnění řek nebo v našem případě rychlé naplnění či přeplnění systémů zpracovávajících dešťovou vodu.

[1] intenzita srážek se běžně udává v mm, přičemž 1 mm srážek znamená, že na 1 m^2 spadne množství srážek o objemu 1 litr

2 Legislativa

Cílem současné legislativy je přechod k decentrálnímu systému hospodaření s dešťovou vodou (dále jen HDV) a zmírnění negativních dopadů z pohledu výstavby. Mezi tyto negativní dopady je bráno především snížení hladin spodních vod, přetížení stokových sítí, vznik povodní atd. Hlavním právním předpisem je zákon č. 254/2001 Sb. [15] , tzv. „vodní“ zákon, který udává, že stavby musí umožňovat dostatečné vsakování, případně regulovaný odtok z daného pozemku. **Stavební úřad není oprávněn vydat stavební povolení bez zajištění problému s HDV**. Tento požadavek se netýká pouze novostaveb, ale i objektů, u kterých jsou prováděny jakékoliv změny.

Jako další předpis zabývající se HDV je zde zákon č. 274/2001 Sb. o Vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu [15] . Ten stanovuje povinnost platit za odvádění srážkových vod do jednotné kanalizace.

Samotné nakládání s dešťovou vodou je pak definováno vyhláškou 501/2006 Sb. a vyhláškou č. 268/2009 Sb. a je stanoveno v následujícím pořadí [15] :

1. Vsakování
2. Zadržování a regulované odpouštění oddílnou kanalizací do vodních toků
3. Regulované odpouštění do jednotné kanalizace

přičemž prioritní je bod 1. Pokud nelze bodu 1 dosáhnout, zvažuje se bod 2 atd. Tento postup je podrobně popsán v následující kapitole.

Jelikož je problematika HDV v současné době hojně rozšířena, vznikají stále nové normy. V nedávné době to byla například norma ČSN 75 9010, jenž vznikla v roce 2012, a řeší návrh, výstavbu a provoz zasakovacích zařízení včetně jejich dimenzování [15]. Tato norma však není určena pro větší urbanizované celky a neřeší otázku, co s dešťovou vodou, pokud ji nelze vsáknout. Tyto mezery by měla doplnit norma **TVN 75 9011 – HDV** [15]. Tato norma již počítá a věnuje se větším urbanizovaným celkům a popisuje řešení pro jejich zasakování či odvodnění.

3 Rozbor normy TVN 75 9011

3.1 Volba způsobu odvodnění

HDV nám nyní nabízí více možností, kam odvést dešťovou vodu ze zastavěného pozemku. Oproti dřívějšku, kdy bylo možno vodu odvádět jen do jednotné nebo dešťové kanalizace. Způsob odvodnění pozemků se tedy řeší tak, aby bylo zajištěno vsakování a odvod dešťových vod ze zastavěných a zpevněných ploch za předpokladu, že není plánováno její využití. Přitom se řeší:

1. primárně vsakování dešťové vody. Pokud je zde riziko smísení se závadnými látkami, je třeba učinit kroky k zamezení kontaminace dešťové vody, případně odstranění nežádoucích látek z dešťové vody
2. není-li možné vsakování, je třeba srážkovou vodu zadržovat a regulovaně odvádět do srážkové kanalizace, která dešťovou vodu odvádí do povrchových vod. V případě kontaminace je opět nutno použít zařízení k odstranění závadných látek.
3. není-li možné regulovaně odvádět srážkovou vodu do kanalizace sloužící k odvodu srážkových vod, pak její vypouštění do jednotné kanalizace [1].

Norma TVN 75 9011 navíc doporučuje, aby alespoň 30% pozemku umožňovalo přímé odpařování (evaporace) nebo prostřednictvím vegetace (transpirace) .

Technická proveditelnost zasakovacích systémů závisí především na:

- velikosti odvodňované plochy a množství srážkových vod
- geologických podmínkách
- dostupnost vodního toku či kanalizace

Nakládání se srážkovými vodami závisí hlavně na stupni jejich znečištění. Prioritní je ochrana půdy, podzemních a povrchových vod před kontaminací. Očekávané znečištění je vyobrazeno *v příloze 1*. [1]

3.2 Volba technického řešení

3.2.1 Vsakování

Proveditelnost a přípustnost vsakování je stanovena normou ČSN 75 9010. Tato norma řeší hlavně způsob, rozsah a výstupy geologického průzkumu. A dále klasifikaci srážkových vod z pohledu jejich znečištění. [1]

Proveditelnost z geologického hlediska závisí hlavně na:

- vsakovací schopnosti půdního a horninového prostředí, která určí velikost plochy vsakovacího zařízení
- mocnost nepropustného podloží, která ovlivňuje technologické a konstrukční řešení vsakovacího zařízení
- výška hladiny podzemní vody od základové spáry vsakovacího zařízení. Tato hodnota by měla být minimálně 1 m z pohledu maximální výšky hladiny [1]

Proveditelnost vsakování z hlediska **prostorových a sklonových** poměrů území:

- prostorové možnosti, které ovlivňují, zda je možno použít povrchové či podzemní vsakovací zařízení
- sklon terénu. U terénu se sklonem větším jak 5%[2] je umístění vsakovacích zařízení náročné, spíše nemožné.
- prostorové možnosti které nám určují velikost výsledného vsakovacího zařízení [1]

Přípustnost z hlediska znečištění srážkových vod:

- pro vody přípustné je možno použít povrchová či podzemní vsakovací zařízení
- podmínečně přípustné vody je možno vsakovat přes zatravněnou humusovou vrstvu nebo přes povrchové a podzemní vsakovací zařízení, která musí být opatřena předčisťujícími zařízeními
- vsakování vod s velkým znečištěním jako jsou vody z pozemních komunikací atp. představují pro životní prostředí velké riziko kontaminace. Proto je-li nutné vsakování, je třeba zachytit celý objem srážkové vody a tuto vodu řádně předčistit. Před výpustí a vsakováním je nutné pomoci vzorkování ověřit a prokázat nezávadnost vody.
- manipulaci s vodou, která pochází ze skladišť, manipulačních ploch, ploch zemědělských objektů aj. je třeba posuzovat individuálně v závislosti na stupni možného znečištění, které je možné na daném pozemku dosáhnout
- **vsakování v místech se starou ekologickou zátěží je zakázáno [1]**

[2] pro technické účely se stoupání/klesání udává v procentech. 5% klesání znamená, že na délce 100 m dojde k poklesu o 5 výškových metrů

Vsakování dle typu zařízení:

- *Povrchové vsakování* - přes souvislou zatravněnou humusovou vrstvu. Tento způsob je vhodný pro odstranění nečistot v přípustných a podmínečně přípustných vodách.
- *Podzemní vsakování* - vsakování přímo do půdy bez styku s humusovou vrstvou. Tento způsob je vhodný jen pro nejméně znečištěné vody a volí se jen výjimečně. Dává se přednost podzemnímu vsakování liniovému (vsakovací rýhy) či plošnému (podzemí prostory) před vsakováním bodovému (vsakovací šachty). [1]

3.2.2 Odvádění do povrchových vod

Pro odvod vody do povrchových vod se hodnotí především:

- dostupnost povrchových vod, což představuje vzdálenost odvodňované stavby od místa vhodného k napojení odvodu vody do povrchových vod
- dostupnost stávajících svodnic, které by měly dešťovou vodu odvádět

Přípustnost odvádění srážkových vod do vod povrchových závisí hlavně na míře znečištění dešťové vody, míře ochrany povrchových vod a ohrožení vodních toků hydrobiologickým stresem. V závislosti znečištění dešťové vody je potřeba vypouštěnou vodu řádně pročistit. Způsoby předčištění jsou uvedeny *v příloze 3*. [1]

3.2.3 Odvádění do jednotné kanalizace

Z hlediska proveditelnosti se hodnotí především dostupnost jednotlivých stok, která závisí na vzdálenosti odvodňovaného pozemku od kanalizace, na výškových poměrech a majetkoprávních vztazích. U objektů jako jsou rodinné domy a rekreační objekty nepřesahuje vzdálenost napojení na kanalizaci délku 100 m. U větších objektů se vzdálenost prodlužuje až na 500 m. [1]

Technické provedení odvodu vod je preferováno pomoci svodnic. Před zaústěním srážkových vod do kanalizace je třeba učinit opatření, která zamezí vzniku nerozpuštěných a ropných látek. Retenční objekty jsou řešeny obdobně jako u odvodu do povrchových vod. [1]

3.3 Přípustný odtok

Podstatou hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném prostředí je snaha přiblížit výsledný odtok srážkové vody původním přirozeným hodnotám. Není však ekonomicky a prakticky možné zjišťovat přirozené odtoky pro všechna území a tak se zavádí na základě zkušeností hodnota specifického odtoku. Tímto se sjednocují požadavky pro všechny, kteří se napojují na stokovou síť. [1]

3.4 Regulační zařízení

Regulační zařízení[3] je nedílnou součástí každého vsakovacího zařízení s retenčním prostorem a nedostatečnou vsakovací schopností do půdního či horninového podloží. Nejčastějšími regulačními zařízeními pro menší pozemky jsou clony různých typů. Jako příklad můžeme uvést clony ve svislé stěně s fixní nebo proměnnou průtočnou plochou, dále clony s více otvory, vírové ventily apod. V případě nevhodné sklonové konfigurace lze regulaci provádět čerpadlem s průtokem odpovídajícím výstupnímu regulovanému odtoku. Je potřeba zajistit, aby se do regulačního zařízení nedostávaly nečistoty, které by vedly k jeho ucpání. Tento problém lze řešit pomoci předřazených filtrů či jiným řešením, kterému odpovídá třeba využití regulátorů se zatopeným vertikálním nátokem ode dna šachty, které minimalizuje ucpání regulačního zařízení. Veškerá zařízení pro regulaci odtoku musí být pravidelně kontrolována a čištěna. [2]

3.5 Dimenzování objektů a zařízení

Metoda návrhu objektů a zařízení pro HDV závisí na velikosti odvodňovaného území a na složitosti samotného odvodnění. Pro dimenzování zařízení, která jsou součástí malých pozemků lze využít při výpočtu odtoku jednoduchých statistických a empirických metod. Tyto metody lze použít pokud [3] :

- jednotlivá zařízení s retenčním prostorem nebo retenční objekty nejsou řazeny sériově
- pokud je odvodňovaná plocha menší jak 3 ha
- u jednotlivých retenčních objektů pro odvodňovací systémy s plochou povodí menší jak 200 ha a s dobou odtoku v povodí a odtokové síty menší jak 15 minut [3]

V případě, že není možno splnit tyto podmínky, je potřeba provést návrh objektů HDV pomoci dlouhodobé simulace srážko-odtokového modelu s využitím různých hydraulických a hydrologických modelů. [3]

[3] zařízení pro regulaci odtoku do povrchových vod nebo jednotné kanalizace

3.5.1 Návrhové parametry

Nejdůležitějšími parametry při návrhu zařízení HDV je plocha redukovaného povodí, četnost přetížení retenčního objemu vyjádřená periodicitou (případně dobou jeho trvání), přípustný odtok a doba prázdnění retenčního objemu.

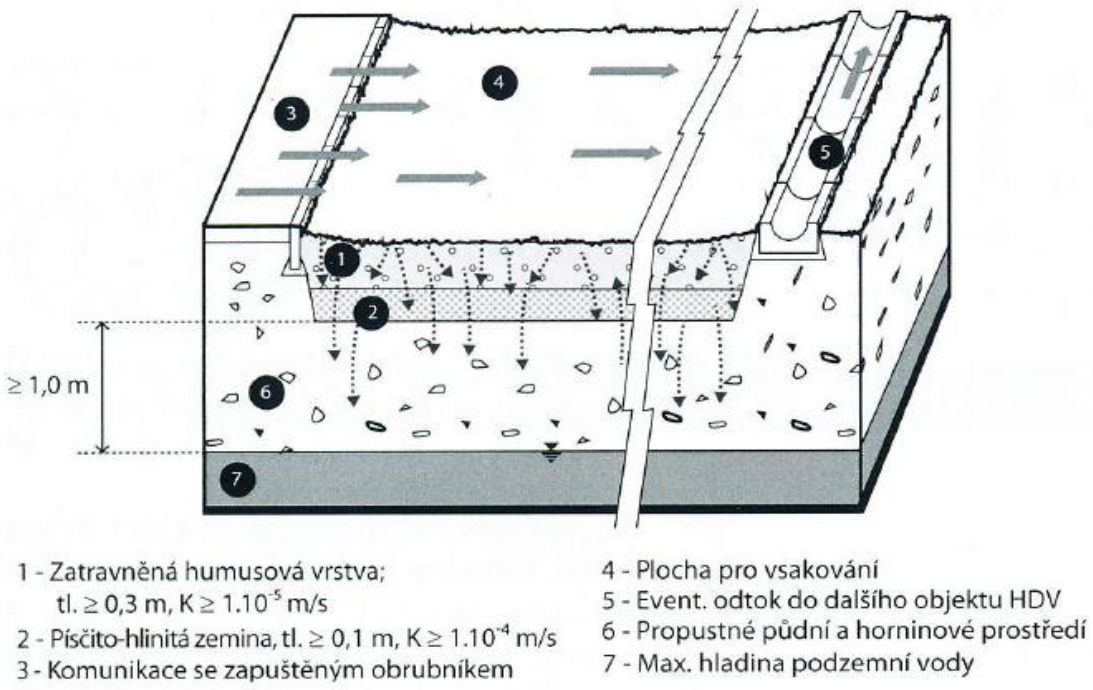
Často diskutovaným parametrem je doba prázdnění retenčního objemu. Doba prázdnění v podstatě definuje velikost vsakovací plochy vůči retenčnímu objemu. V zahraničí je doba prázdnění nastavena na hodnotu 24 h. Hlavním důvodem této přísné normy je ochrana vůči násobným srážkám. Další důvod je například ochrana vegetačního pokryvu průlehu (viz kapitola 3.7) a omezení specifického hydraulického zatížení vsakovací plochy. [3]

3.5.2 Vstupní data

Soubor vstupních dat závisí především na použité metodě dimenzování HDV. Jako hlavní zdroj se používají statisticky zpracovaná srážková data, kde jsou zaznamenána data vydatností a srážkových úhrnů s definovanou periodicitou, případně dobou opakování. [3]

3.6 Plošné vsakovací zařízení

Z hlediska funkčnosti a schopnosti předčištění je plošné vsakování **velmi účinným zařízením HDV**, protože specifické hydraulické zatížení na jednotku plochy je nejmenší. Z tohoto důvodu se s tímto typem zařízení HDV setkáváme například na okrajích parkovišť, kde je potřeba velkého předčištění a zároveň co nejmenší hydraulické zátěže. Na druhou stranu se jedná o typ zařízení, které je prostorově náročné a na hojně zastavěném území ho nelze využívat. Nákres plošného vsakovacího zařízení je na *obr. 3.1* . [3]



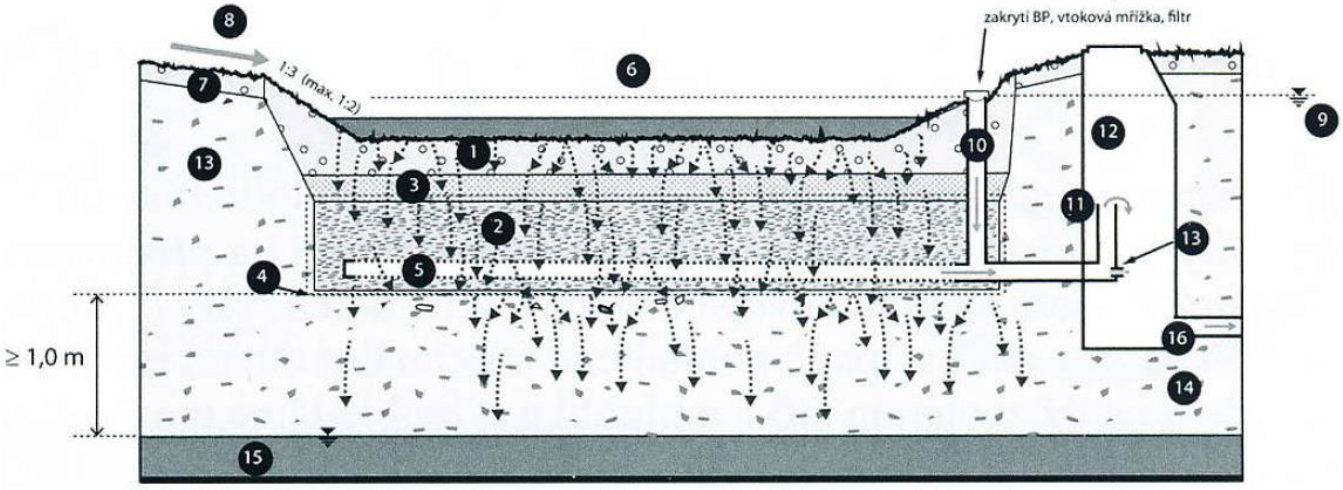
Obr. 3. 1 - Zařízení plošného vsakování [3]

3.7 Vsakovací průleh s rýhou a regulovaným odtokem

Tento typ zařízení HDV je nejvíce rozšířen v zemích, kde je již obor HDV plně rozvinut (Německo, Švýcarsko, ...) . **Vsakovací průleh** je mělké povrchové vsakovací zařízení se zatravněnou humusovou vrstvou. Potenciál tohoto zařízení je dán několika faktory:

- Jedná se o kombinaci povrchového objektu s podzemním zařízením, který lze využít pro libovolný půdorysný tvar pozemku. Povrchová část je tvořena zatravněným průlehem, která umožňuje výpar a humusová vrstva vodu pročišťuje. Voda se díky tomuto do průlehu svádí s velké plochy, což znamená větší pročištění a zároveň nedochází k takové koncentraci odtoku
- Podzemní objekt zajišťuje vazbu s horninovým prostředím, kde dochází k dalšímu vsakování
- V případě nedostatečného vsakování jsou tato zařízení vybavena regulovaným odtokem [3]

Schématický nákres je vidět na *obr. 3.2* . Podzemní retenční prostor může být vytvořen jak ze štěrkovitých materiálů, tak z prefabrikátů, jejichž výroba se nyní rozmáhá.



1 - Zatravněná humusová vrstva průlehu; tl. ≥ 0,3 m, K ≥ 1.10^{-5} m/s
2 - Retenční/vsakovací rýha (štěrk 16/32mm / prefabrikované bloky)
3 - Písčito-hlinitá vrstva; tl. ≥ 0,1 m, K ≥ 1.10^{-4} m/s
4 - Geotextilie
5 - Drenážní odtokové potrubí
6 - Průleh
7 - Ohumusování, osetí, tl. ≈ 0,1 m
8 - Plošný povrchový přítok
9 - Max. reteční hladina; h ≤ 0,3 m
10 - Bezpečnostní přeliv průlehu s filtrem
11 - Bezpečnostní přeliv rýhy
12 - Šachta
13 - Regulátor odtoku
14 - Nedostatečně propustné půdní a horninové prostředí
15 - Max. hladina podzemní vody
16 - Odtok

Obr. 3. 2 - Vsakovací průleh - rýha s regulovaným odtokem [3]

3.8 Zasakovací zařízení v praxi

Jako jedna z tuzemských firem, která se zabývá nakládáním s dešťovými vodami, je firma ASIO. Jako názornou ukázku podzemních nádrží na zadržení a zasakování dešťové vody je vybrán produkt AS-KRECHT. Jedná se o polyethylenové prefabrikáty, které se jednoduše umístí po zemský povrch a zde plní funkci účinných zasakovacích objektů. Tato zasakovací zařízení se skládají ze dvou částí – jsou to koncová čela a střední část. Počet kusů, které tvoří střední část, je libovolný. To dává zákazníkům možnost na dimenzování objemu v zasakovacím zařízení dle svých požadavků.

Obr. 3. 3 - Montáž zasakovacího zařízení [8]

Obr. 3. 4 - Zasakovací zařízení AS-KRECHT připraveno na zasypání [8]

4 Hospodaření se srážkovou vodou

4.1 Zachytávání dešťové vody

Zasakování dešťové vody je jedním ze způsobů, jak se srážkovou vodou hospodařit. Nicméně je to způsob, kdy voda odteče bez většího využití. Přitom v domácnosti nalezneme mnoho využití, kdy pitnou vodu můžeme nahradit právě vodou srážkovou. Ať už se jedná o vodu na splachování toalet nebo vodu na zalévání zahrady.

Zachytávání dešťové vody není nijak složitý proces. V podstatě postačí záchytná plocha, kde lze využít střechy objektů, a nádrž, kde bude tato voda uskladněna a připravena na další použití. Nádrž by měla být dimenzována tak, aby co nejlépe pokryla objem srážek, který se předpokládá pro danou lokalitu. Jinými slovy by měla být dostatečně velká, aby zde bylo umožněno uskladnit dostatečné množství vody pro případné období, kdy bude srážek méně. Na druhou stranu je třeba počítat s faktem, že čím je větší nádrž, tím více nákladná bude výstavba.

4.2 Příklady jednoduchých zařízení na zachytávání dešťové vody

Mezi jednoduché zařízení se dají například zařadit zařízení, umístěné u svodů dešťové vody ze střechy. Tyto nádrže jsou většinou zhotoveny z barelů nebo kontejnerů na přepravu průmyslových tekutin - většinou o objemu přibližně 1 m^3. Tyto primitivní nádoby nejsou vybaveny žádnými filtry, čerpadly atd. Vzhledem k volné hladině zde může docházet k množení hmyzu či tvorbě různých řas.

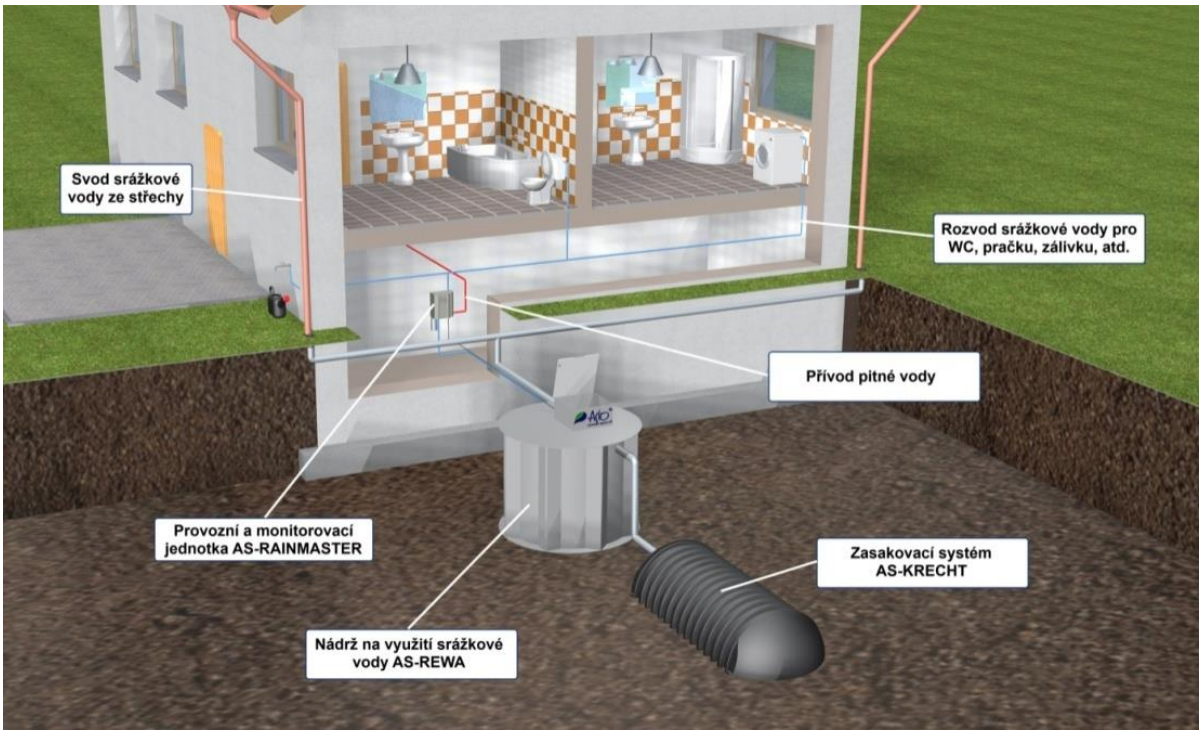
Obr. 4. 1 - Plastové nádrže na vodu [7]

4.3 Moderní metody hospodaření s vodou

Moderní metody hospodaření s dešťovou vodou budou prezentovány na společnosti ASIO, která je jedním z nejvyspělejších distributorů zařízení pro HDV v ČR. V následujících odstavcích budou blíže popsány jednotlivé části systému, který umožní přeměnit srážkovou vodu na vodu užitkovou. Bude řeč především o samotné nádrži na dešťovou vodu a dále o filtraci či samotné řídící jednotce.

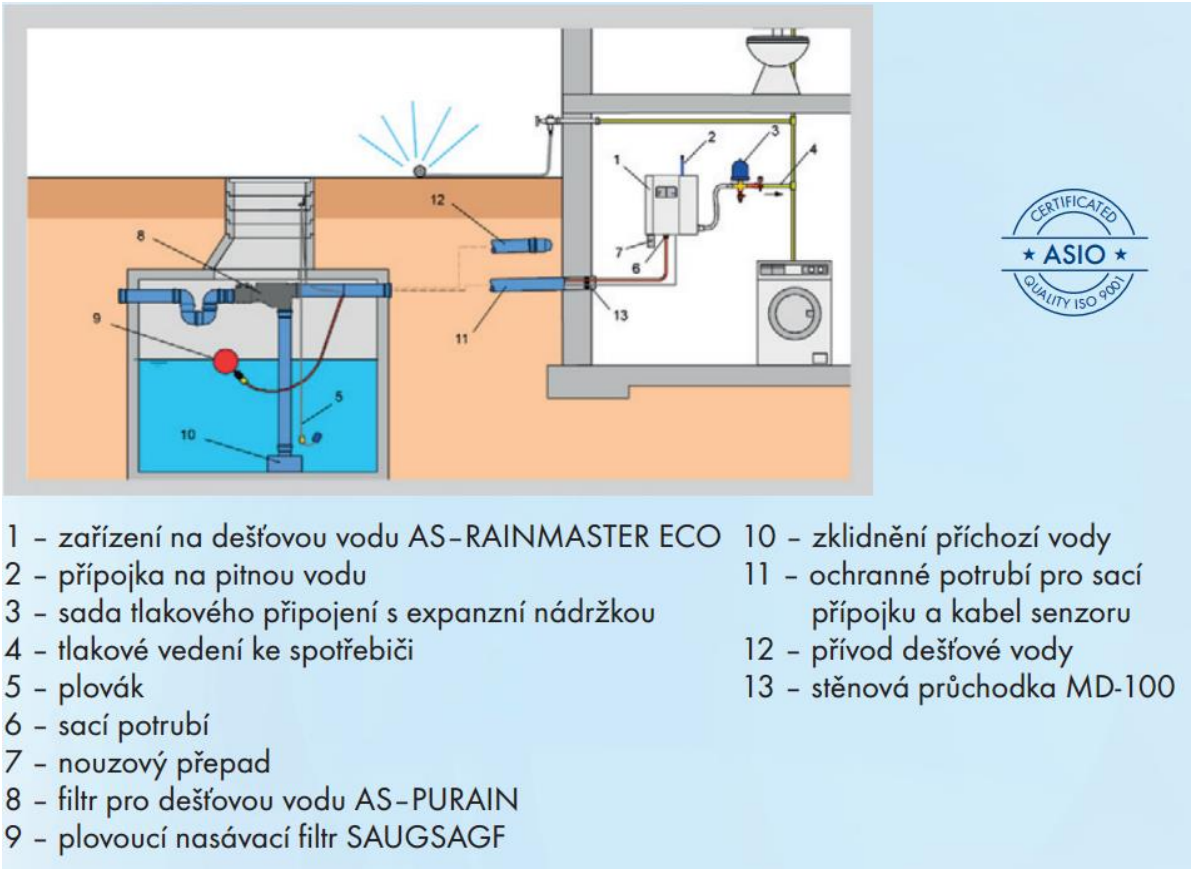
4.3.1 Popis systému

Systém pro hospodaření s dešťovou vodou se skládá z několika částí. Nejdříve je třeba dešťovou vodu zachytit, k čemuž poslouží například střecha rodinného domu. Voda ze střechy je svedena do nádrže (AS REWA[4]). Zde tato voda prochází přes filtraci a je uskladněna v nádrži kde čeká na další využití. Jakmile je třeba získat užitkovou vodu, sepne se řídící jednotka, která začne nasávat vodu z nádrže pomoci čerpadla a rozvádí ji do potřebných míst. Jedná se o místa, kde není třeba nutně využívat pitnou vodu. Může se tedy jednat například o splachování toalet, vodu do pračky či vodu na zalévání zahrady. Pro případ, že by byl přebytek vody, je zde zakomponováno zasakovací zařízení, kam je přebytečná voda odváděna a postupně zasakována. [9]



Obr. 4. 2 - Vizualizace celého systému [9]

[4] jeden z produktů firmy Asio. Jedná se o plastovou podzemní nádrž sloužící k zachytávání dešťové vody



Obr. 4. 3 - Schéma a popis systému [9]

4.3.3 Filtrace

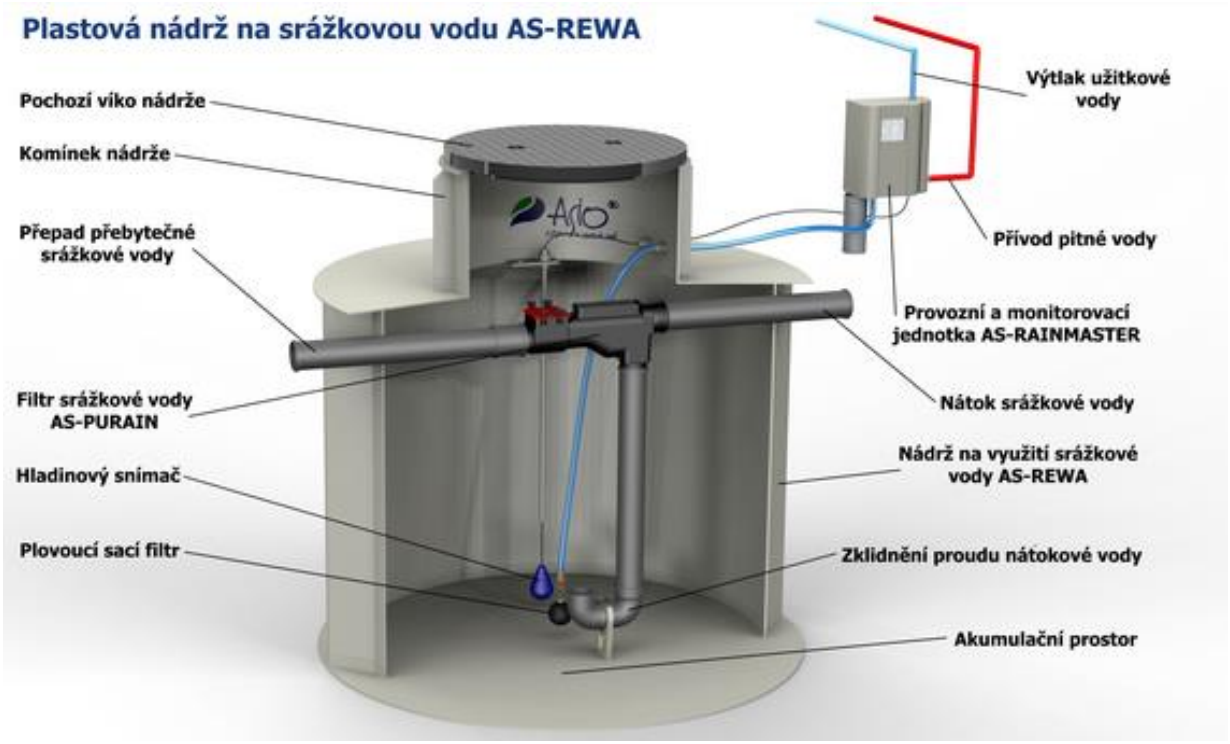
Filtrace slouží k pročištění srážkové vody, která přichází do nádrže. Filtry jsou konstruovány na principu hydraulického skoku, čímž dochází k jejich samočištění. Vzniká zde vodní válec, který unáší lehké částice dále do další části filtru.

Nejvíce srážek představují přeháňky a lehké srážky, proto je kladen důraz na konstrukci filtru právě pro tyto případy. Přívalové a intenzivní srážky pak působí jako čistící faktor pro filtraci. Rychle se pohybující voda vytváří na vodním skoku hydraulický válec, který filtraci pročisťuje - *obr. 4.4* . [10]

Obr. 4. 4 - Filtrace [10]

4.3.2 Nádrž

Nádrž na *obr. 4.5* je hlavní částí systému. Slouží k uchování zachycené dešťové vody. Nádrž je dále vybavena filtrem, plovákem, čerpadlem či automatickým dopouštěním. Nádrže se vyrábí v provedení válec nebo kvádr. [9]



Obr. 4. 5 - Plastová nádrž AS REWA [9]

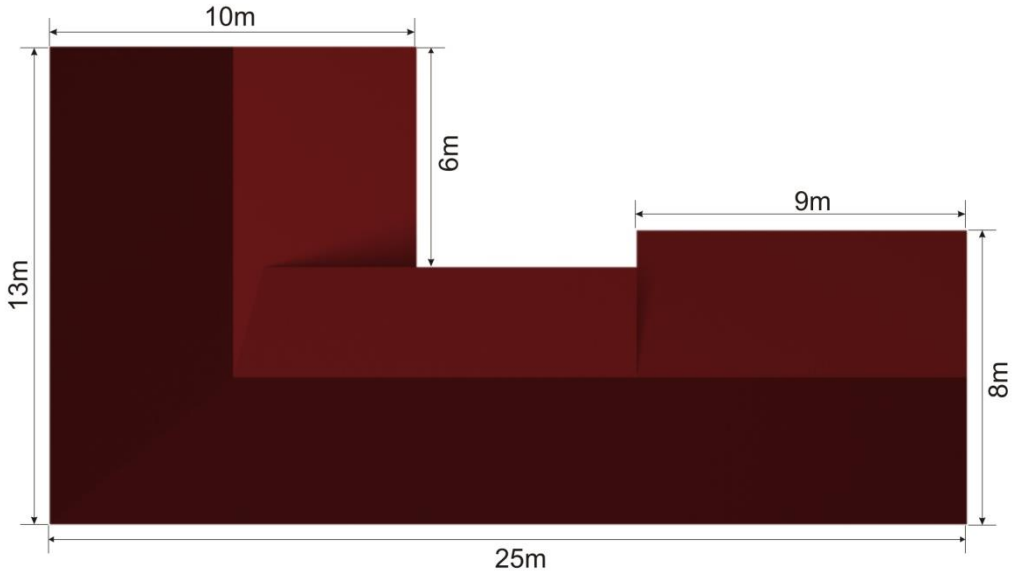
5 Výpočet návrhu zařízení pro hospodaření s dešťovými vodami pro rodinný dům od firmy ASIO

5.1 Vstupní informace pro výpočet - velikost a typ střechy

Jako první je třeba zajistit vhodnou plochu, která nám poslouží jako záchytné zařízení, ze kterého budeme srážkovou vodu svádět. Nejvíce vhodná se nabízí střecha rodinného domu. Střechu je nutno proměřit, zjistit výměr ploch vhodných k zachycování dešťové vody a v neposlední řadě je třeba brát v potaz i faktory jako je koeficient odtoku[5] dešťové vody nebo možnost jejího znečištění.

Jako příklad je vybrán reálný rodinný dům, na kterém bude demonstrován výpočet a vše potřebné pro celý návrh. V domácnosti se nachází 4 osoby, denní spotřeba vody na osobu se udává cca 90-130 l na jednu osobu[6] [12].

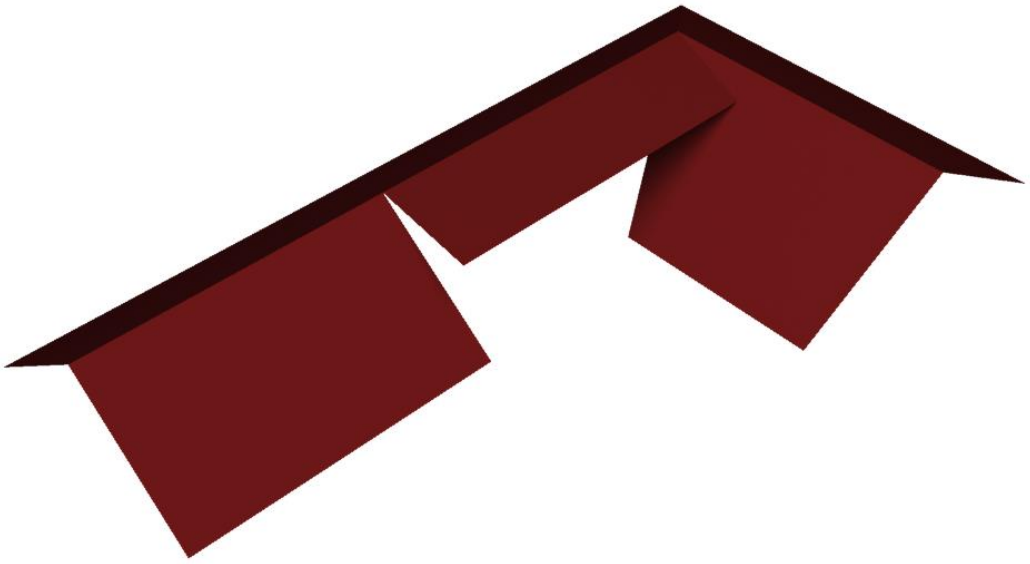
Jelikož tento dům patří rozlohou střechy k těm větším, asi nebude třeba využít plnou velikost střechy. Jestli tomu tak bude se uvidí až při následných výpočtech. Po změření střechy je provedena konstrukce modelu ve 3D software[7]. Velikost plochy je brána jako pohled v půdorysu - tzn. jako případ, kdy déšť padá kolmo dolů. Ve skutečnosti se sklon pádu dešťových kapek neustále mění a situace se tak dále komplikuje.



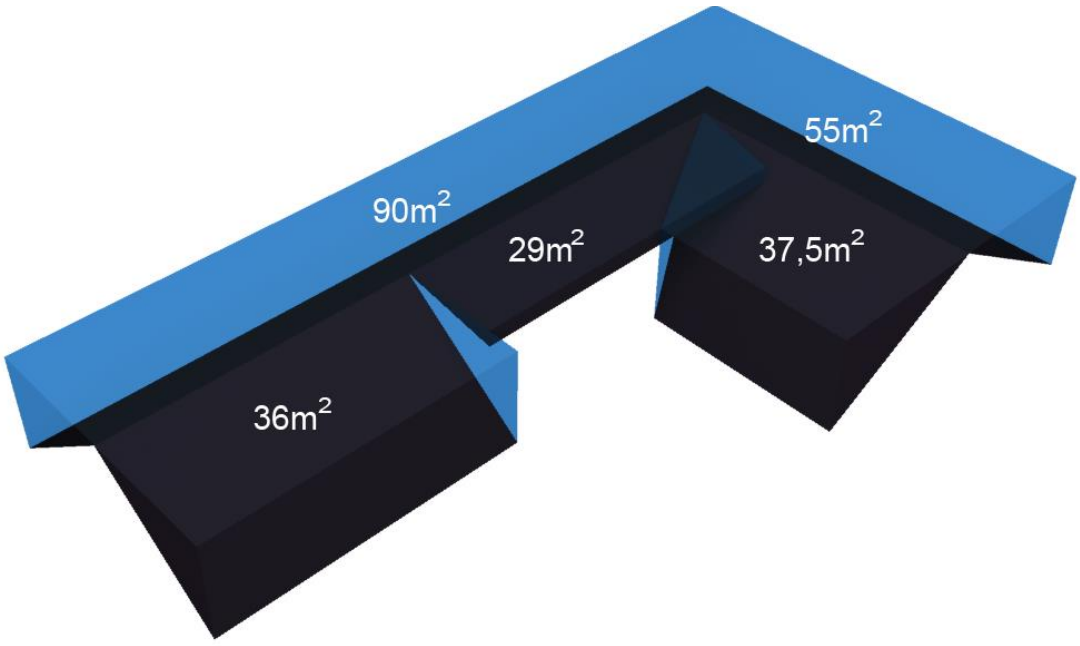
Obr. 5. 1 - Půdorys střechy rodinného domu

[5] koeficient odtoku nám udává, zda dešťová voda odtéká ze střechy daného povrchu snadno či nikoliv
[6] průměrná denní spotřeba je počítaná včetně pitné vody na mytí nádobí, sprchování, konzumaci atd.
[7] jako 3D software pro modelování střechy domu byl použit 3D program Rhinoceros 5.0

Jak je vidět z obrázku, střecha je rozměrná a nebude tedy problém s nedostatkem plochy pro zachytání dešťové vody. Střecha je z pozinkovaného plechu, jehož koeficient odtoku $\mathbf{f_s}$ je 0,8 a je označená jako **vhodná**, pro odchyt srážkových vod [12].



Obr. 5. 2 - 3D pohled na střechu



Obr. 5. 3 - Znázornění půdorysných obsahů jednotlivých částí střechy

5.2 Množství využitelné srážkové vody

Množství zachycené srážkové vody **Q** závisí především na celkovém ročním úhrnu srážek. Jako další faktor, který se dá považovat za důležitý, je plocha střechy či obecně plocha, ze které je voda zachytávána.

Na výpočet zachycené vody **Q** použijeme rovnici (5.1) [12] :

$$Q = \frac{j \cdot f_s \cdot P \cdot f_f}{1000} \tag{5.1}$$

kde:

j - množství srážek za rok [mm]

P - použitelná plocha střechy [m^2]

$\mathbf{f_s}$ - koeficient odtoku střechy [-]

$\mathbf{f_f}$ - koeficient účinnosti filtru [-]

Množství srážek pro dané území lze vyčíst z *přílohy 4*. Jelikož lokalita ve které počítáme leží ve Zlínském kraji, počítáme proto s roční hodnotou **758 mm** srážek za rok (2014) [5]. Koeficient účinnosti filtru $\mathbf{f_f}$ udává výrobce pro filtr AS REWA 630/300 hodnotu **0,9** [12]. Po dosazení do rce. (5.1.) dostaneme, že množství zachycené srážkové vody pro celou střechu je

Q = 133,43 m^3/rok

5.3 Objem nádrže dle spotřeby

Objem nádrže $\mathbf{V_v}$ závisí především na počtu obyvatel v domácnosti, spotřebě vody obyvatel a koeficientem využití srážkové vody. Rovnice (5.2) také zohledňuje potřebnou zásobu vody mezi dešti koeficientem **z** [12].

$$V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} \tag{5.2}$$

kde:

n - počet obyvatel v domácnosti [-]

$\mathbf{S_d}$ - celkové denní spotřeba jednoho obyvatele [l]

R - Koeficient využití srážkové vody [-]

z - koeficient optimální velikosti [-]

Po dosazení čtyř členů v domácnosti **n** do rce. (5.2), průměrné spotřebě $\mathbf{S_d}$[8] 150 l na osobu, 50% využití dešťové vody **R**[9] (*příloha 2*) a koeficientu optimální velikosti **z** *(obvyklá hodnota z = 20)* [12], dostaneme hodnotu

$V_v = 6\ m^3$

5.4 Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody

Objem nádrže $\mathbf{V_p}$ závisí především na množství zachycené srážkové vody. Výpočet také zohledňuje potřebnou zásobu vody na období mezi dešti formou koeficientu **z** [12].

$$V_p = \frac{Q}{365} \cdot z \qquad (5.3)$$

kde:

Q - množství zachycené vody [m^3]

z - koeficient optimální velikosti [-]

Po dosazení **Q** a **z** *(obvyklá hodnota z = 20)* do rce. (5.3) dostaneme hodnotu

$V_p = 7{,}3\ m^3$

5.5 Výběr objemu a optimalizace

Nyní přichází čas na porovnání vypočtených objemů a zvolení objemu nádrže. Konečný objem se stanoví tak, že vybereme menší hodnotu z vypočtených objemů V_v a V_p [12]. Zároveň se tyto vypočtené objemy nesmí lišit o více jak **20%**. Je-li $\mathbf{V_v < V_p}$ je spotřeba menší jak možnosti střechy. Je proto dobré posoudit, zda není lepší využít jen část střechy. Je-li naopak $\mathbf{V_v > V_p}$, pak je spotřeba větší než možnosti střechy a je proto nutné zvětšit záchytnou plochu [9]. Zde jsou hodnoty optimální a uvažuje se hodnota $\mathbf{V_v = 6\ m^3}$.

Tím je vyřešený objem a lze přistoupit k výběru samotné nádrže. Ty se vyrábí v provedení válec nebo kvádr. Je zvolena nádrž **AS-REWA Kombi 4EO** o rozměrech Ø1975/2000 [mm], čili o objemu **6,12 m^3**. Je to střední válcová nádrž. Tento typ nádrže je vybaven veškerým příslušenstvím, které nádrž potřebuje. Cena nádrže se dle aktuálního ceníku je **52 500 Kč**. [9]

[8] Průměrnou spotřebu lze spočíst z osobní zkušenosti nebo lze využít kalkulátorů, které jsou nabízeny na internetu. V příkladu bráno v potaz aktivní zalévání zahrady dešťovou vodou.
[9] Procentuální využití dešťové vody se odvíjí dle množství v jakém je dešťová voda využívána – příloha 2

5.6 Filtr a provozní jednotka

Jako filtraci, která je umístěna přímo v nádrži, doporučuje výrobce filtraci AS PURAIN PR 100. Tato filtrace je vybavena zpětnou klapkou a skimmerem na odtah plovoucích nečistot. Jak je zmíněno v předchozí kapitole, filtrace už je součástí kupované nádrže [10]. Provozní jednotka - "mozek" celého zařízení, je vyráběna ve verzi AS-RAINMSTER ECO a AS-RAINMASTER FAVORIT [11]. Pro rodinný dům bohatě postačí první zmíněná jednotka. Cena jednotky je **22 000Kč**.

5.7 Zasakovací zařízení + doplňkové položky

Nelze zapomenout na zasakovací zařízení. Toto zařízení je určeno pro vodu, odcházející z přeplněné nádrže bezpečnostním přepadem a v zasakovacím zařízení je zasakována do zeminy. Firma ASIO se tímto zařízením také zabývá, takže opět využiji jejich produktů. Popis produktu AS-KRECHT [8] a jeho fotografie byly zmíněny výše.

Je třeba přední a koncové čelo tunelu (viz kapitola 3.8), které lze pořídit za celkových **3200Kč**. Střední část tunelu třeba zvolit tak, aby výsledný objem dostačoval pro případné zasakování. Objem jednoho středního bloku tunelu je dle výrobce 1,6m^3 [8]. Za předpokladu, že je nádrž plná a přišel by výrazný déšť, třeba spočítat objem vody, kterou musíme odvést mimo naši zásobovací nádrž.

A) Trvalý vydatný déšť: Za předpokladu trvalého a vydatného deště může spadnout během krátké doby **100-150 mm / den**. Hodnoty lze získat například z dat, která byla zaznamenána v době povodní. Inspiraci lze brát z tabulek z roku 1997 [5], kde během povodní spadlo během dne až **200 mm** srážek (v horských oblastech).

B) Krátkodobý intenzivní déšť: Takový déšť se může vyskytnout například u silných bouřek, kdy během krátké doby spadne velké množství srážek. U velmi intenzivních bouřek to může být až **60-100 mm / h.**

Z těch dat lze vidět, že bude lepší počítat s hodnotou 100-150 mm srážek za den. Když se plocha střechy vynásobí množstvím srážek 150 mm za den, dostaneme hodnotu **36,6 m^3** vody, což odpovídá **23** blokům zasakovacího zařízení. Takový systém je značně předimenzován. Proto je zvolen počet bloků **8**, který odpovídá okamžitému množství srážek **50 mm**, což odpovídá silnějšímu dešti, případně silnější bouřce. Pro případné silné srážky lze uvažovat o zavedení rozdělovače před vyústění srážkové vody do systému, který by bylo možno nastavit do polohy nádrž (zasakovací zařízení) a při "kritické" situaci do polohy kanalizace. Tím by se zastavil přívod do systému a nehrozilo by přetečení či jiné poničení systému.

8 středních bloků nás vyjde na **40000Kč.**

Jako další položku je třeba počítat například potrubí a jiné komponenty potřebné k dokončení systému. Také je nutno počítat s prací. Cenu těchto záležitostí se dá odhadnout na **30 000Kč**.

5.8 Zhodnocení

Nyní je možno cenové položky sečíst a zhodnotit, zda se vyplatí do zařízení investovat.

Sumarizace:

- Nádrž - 52 500Kč
- Provozní jednotka - 22 000Kč
- Zasakovací z. - 43 200Kč
- Práce + doplňky - 30 000Kč

Celkem = **149 700Kč**

Vyhodnocení spotřeby pitné vody:

- počet obyvatel : 4
- spotřeba na jednoho obyvatele: 150l /den
- cena vody (vodné + stočné): 81Kč za m^3 [13]

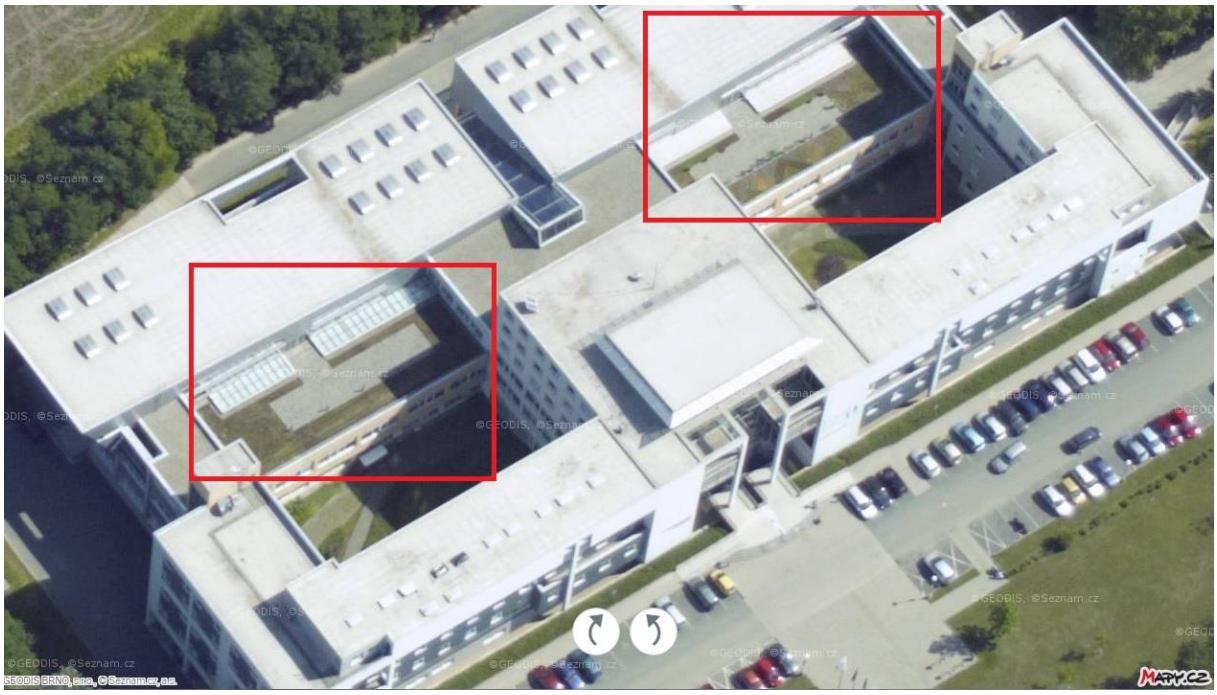
Za rok domácnost zaplatí **17 739Kč**. Z toho lze usoudit, **že se investice vrátí za 16,5 let**. Lze ušetřit 43 200Kč, za předpokladu, že by se přebytečná voda po naplnění nádrže odváděla rovnou do kanalizace. **Tím by se nám investice vrátila už za 11,5 roku**. U osob, které mají dostupné nářadí a veškerou práci by odvedly svépomocí, lze snížit i položku za práci o 20 000 - 25 000Kč. Takto „zlevněný“ systém by pak vyšel pouze na 79 500Kč a **jeho návratnost by byla 9 let**.

6 Další možnosti využití dešťových vod a úvahy nad konstrukčním řešením

6.1 Další možnosti využití dešťových vod

V předchozí kapitole byla řeč o využití dešťové vody v rodinném domě. Ovšem dešťových vod lze využívat i v jiných – větších objektech.

Jako příklad je zvolena budova podnikatelské fakulty VUT v Brně. V posledním patře budovy je na dvou terasách umístěno živé zatravnění. V roce 2015 v průběhu léta, kdy převládalo extrémní sucho, došlo k masivnímu vysychání tohoto zatravnění. Otázka zněla, zda není možno u takových objektů s živým zatravněním možno využít sběru dešťových vod.



Obr. 6. 1- Pohled z ptačí perspektivy na podnikatelskou fakultu [6]

Plocha zatravnění je dle měření 218 m^2 . Zatravněné plochy se zde nacházejí dvě – *viz obr. 6.1* – celkem tedy 436 m^2 . Z odborných literatur nebo z internetových stránek zabývajících se o zahradu lze vyčíst, že vody potřebné k zalití 1 m^2 trávníku je cca 25-40 l za týdně [14] . Lze tedy spočíst, že pro zatravněné plochy fakulty jde cca o 13 m^3 vody týdně, beremeli v potaz množství 30 l / m^2. Z *obr. 6.1* jde vidět, že nádrže by bylo možno umístit – zakomponovat – přímo na dané terasy, kde by voda byla sbírána z okolních střech, které jsou výše a zároveň bychom využili potenciální energie a nemusela by se voda čerpat zpět nahoru z podzemních nádrží. Ovšem problém nastává v okamžiku, kdy 14 m^3 vody je hmotnost 14 tun. Nyní se naskýtá otázka, zda je výhodnější dimenzovat celou budovu na takovou váhu nebo je výhodnější upustit od úspory v podobě zpětného čerpání vody nahoru na terasy.

Řešení lze provést více způsoby. Jeden z nich je následující. Zálivku je možné provádět v rámci tří dnů v týdnu. Z toho plyne, že na jednu zálivku potřebujeme 10 l / m^2 zatravnění [14] . Potřebný objem pro celou plochu je pak 2,18 m^3 na jednu terasu, což už je váha, kterou lze na danou terasu umístit, aniž by se muselo přistupovat k radikálnějším úpravám

z pohledu statiky budovy. Zbylé nádrže o obsahu větším se umístí do spodní části budovy, kde již nebude problém s jejich hmotností. Objemy nádrží by se volily pravděpodobně jako 4×9 m^3. Jejich naplnění by vzhledem k velké ploše střech objektu nebyl problém a při plném objemu by postačily na 2,5 týdne intenzivní zálivky. Na terasách by byly umístěny dvě menší nádrže o objemu 2,5 m^3, jejichž objem by pokrýval potřeby aktuální denní zálivky. Do těchto nádrží by byla po jejich vyprázdnění přečerpávána voda z nádrží podzemních. V případě dešťů by tyto malé nádrže byly plněny primárně aktuálními srážkami, čímž by docházelo k šetření elektrické energie spojené s potřebou čerpání vody.

A jak je na tom ekonomika celého systému? Čtyři nádrže o objemu 9 m^3 lze pořídit za **210 000 Kč .** Dále jsou zapotřebí dvě menší nádrže, čerpadla, potrubí atd. Cena odhadnuta na 150 000 Kč. **Celkem tedy 360 000 Kč** [9]. Cena vody za jeden kubický metr je zhruba 81 Kč [13]. Za rok je potřeba na zavlažení 316,8 m^3 vody. Většina trávníků potřebuje na zavlažení v období jaro-podzim až 800 mm srážek. Pro Jihomoravský kraj vychází dle meteorologických statistik suma srážek 400 – 500 mm [14]. Z toho plyne, že zhruba polovinu celkového zavlažení je třeba dodat externě. Tedy cca 158,4 m^3 vody. To je přibližně **26 000 Kč za rok** na zavlažení těchto dvou teras. **Návratnost celého zařízení by tedy byla přibližně 14 let.**

Z výpočtů lze tedy vyčíst, že tento systém by se u tohoto či podobných objektů určitě vyplatil. Otázka ovšem je, jestli se majitel/správce objektu zabývá takovými problémy, jako je zavlažování těchto zatravněných ploch a zda by byl ochoten do podobného systému investovat .

6.2 Jiná konstrukční řešení rozvodů dešťové vody

Jako další se nabízí myšlenka využití potenciální energie vody, která padá z oblačnosti na zemský povrch. Energie potenciální daného vodního elementárního objemu se mění na energii kinetickou, ovšem při dopadnu srážek na vyvýšené plochy, jako jsou třeba střechy, zůstává v daném elementu zachována část potenciální energie jakožto rozdíl mezi zemským povrchem a výškou daného objektu. V běžném případě, kdy je voda ihned svedena do podzemní nádrže, se nám tato energie ihned ztratí. Poté musíme vynaložit další práci k dopravě vody z podzemní nádrže zpět do cílové oblastí, mnohdy ležící několik metrů nad úrovní nádrže.

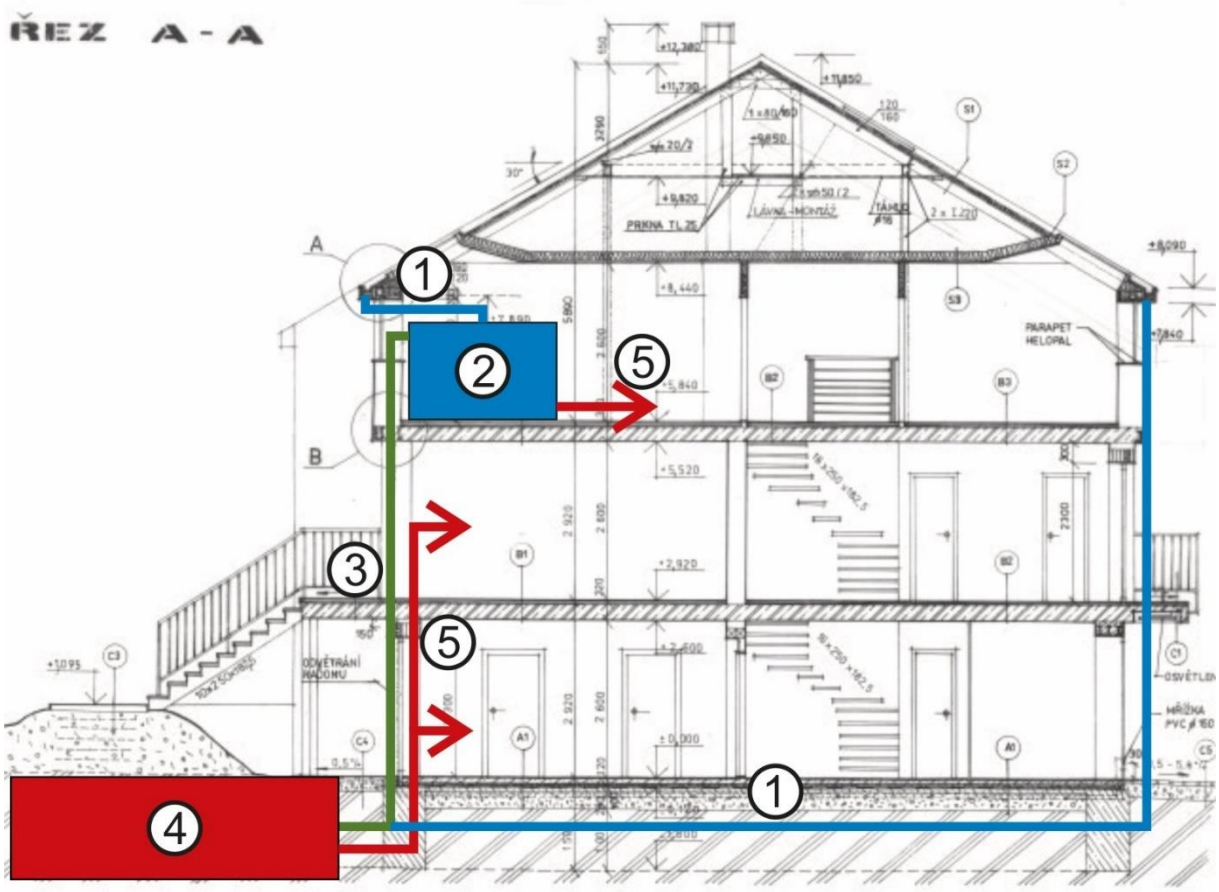
Výhody tohoto systému na *obr. 6.2* jsou zřejmé:

a) ***Využití potenciální energie***
Nádrž umístěná nad zemským povrchem či nad úrovní, ve které je daná voda využívána, poskytuje potenciální energii, kterou lze při manipulaci s vodou efektivně využít. Výpočtem lze zjistit, že už při rozdílu 2 metrů výšky poskytuje nádrž dostatečný tlak například pro zahradní hadici. Uložení nádrže lze provést například na půdu rodinného domu odkud už by byl prováděn další rozvod vody přímo ke koncovým spotřebičům.

b) ***Úspora elektrické energie pro zpětné čerpání***
U předchozí kapitoly byl tento problém již nastíněn. Přímo na terase byly umístěny menší nádrže, které poskytovaly dostatečnou zásobu vody pro daný účel. Tato voda se přiváděla přímo ze střech a až přebytečná voda se odváděla do nádrží zabudovaných pod zemským povrchem. Odtud se poté zpětně přečerpávala do vrchních nádrží, jakmile došlo k jejich vyprázdnění.

c) *Šetrné k životnosti částí čerpadla*

Pod touto výhodou si lze představit fakt, že v situaci, kdy se voda doplňuje průběžně dle potřeby, musí také čerpadlo spínat a vypínat, což znamená jeho zvýšené namáhání. V případě sekundární nádrže zabudované na vyvýšeném místě, se doplnění vody děje najednou a v daleko větší periodě. Čerpadlo tedy spíná daleko méně častěji na úkor delší doby jeho běhu.



Obr. 6. 2- Řez domem s použitou sekundární nádrží [16]

Kde:

1. Přívod vody do primární a sekundární nádrže
2. Sekundární nádrž (objem do 1 m^3)
3. Přepad do primární nádrže (skrze bezpečnost musí být Ø trubky 3 větší než Ø trubky 1
4. Primární nádrž
5. Rozvod vody k cílovým spotřebičům

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámit čtenáře s problematikou hospodaření s dešťovými vodami. Téma, jenž je v dnešní době čím dál více diskutováno a klade se větší důraz na řešení tohoto problému.

V první části byla podrobněji popsána norma TVN 75 9011. Norma, jenž počítá a věnuje se větším urbanizovaným celkům a popisuje řešení pro jejich zasakování či odvodnění. Byl zde popsán jednak postup, jak přistupovat k realizaci vsakování či odvodnění, tak zde byly popsány nejčastější typy těchto zařízení. Je však třeba si uvědomit, že jak plošné zasakovací zařízení, tak zasakovací průleh s rýhou, jsou systémy, jenž nám dešťovou vodu zachytí a ta se následně pomalu vsakuje do zeminy. Případně je přebytečná voda pomoci regulovaného odtoku odvedena v tom lepším případě do srážkové kanalizace, v tom horším do kanalizace jednotné. Z této zachycené vody tedy nemáme větší užitek, pouze zlepšujeme stav okolního prostředí, kdy přispíváme k regeneraci spodních vod a regulovaný odtok působí jako prevence před přírodními katastrofami jako jsou například bleskové povodně.

Ve druhé části této práce byla již řeč o sofistikovanějším zařízení. A to způsob HDV, kdy je voda zachytávána do akumulační nádrže a odtud využívána například rodinným domem. Jelikož dle průzkumů se dá 50 % využívané vody nahradit vodou dešťovou, má proto tento způsob HDV velký potenciál. Dle provedené aplikace na rodinný dům, následných výpočtů a návrhu celého systému lze vidět, že návratnost investice do takového zařízení je na delší dobu. Doba 9-16,5 let, která vyplynula z výpočtů a značí již zmíněnou finanční návratnost vložené investice, je celkem dlouhá a je třeba zvážit, jestli se opravdu pro daný objekt / pozemek vyplatí. Domy, které vlastní velké pozemky, jenž musí být zavlažovány, tento systém HDV určitě využijí a investice se jim vrátí daleko dříve. Na rozdíl od případu, kdy je voda využívána pouze v domácnosti.

V poslední části byla rozvedena myšlenka, využít systém HDV z druhé části na větší objekty. Jako příklad byla vybrána budova podnikatelské fakulty VUT v Brně, která na svých terasách nese přírodní zatravnění. Toto zatravnění v obdobích sucha značně trpí nedostatkem vláhy, a proto se stalo námětem na další příklad využití systému HDV. Zároveň zde byla nastíněna myšlenka, kdy se akumulační nádrže nemusí nutně umisťovat rovnou pod úroveň terénu, ale je možné vodu skladovat v blízkosti jejího sběru (například v menší nádrži na terase či v podkroví rodinného domu), čímž ušetříme mimo jiné elektrickou energii potřebnou na zpětné přečerpávání vody z podzemní nádrže nahoru do místa spotřeby.

Závěrem lze tedy říct, že tématika HDV je v současnosti na vzestupu. Na druhou stranu je však stále málo viditelná a brána spíše jako něco dobrovolného, kdy se již zavádí jisté povinnosti v oblasti regulovaného odtoku, avšak samotné využití vody zatím spíše nalezneme pouze v „primitivní“ formě. Ve formě jednoduchých nádob umístěných u okapů, kde si lidé skladují vodu určenou k zálivce zahrad. Složitější systémy, které na trhu momentálně jsou (jako například produkty firmy Asio), jsou stále dosti drahé, což může uživatele od nákupu odradit. Jestli v budoucnosti nastane boom v oblasti využití dešťové vody i v domácnostech, to je otázka pro stávající a následující generace.

8 Seznam zdrojů

[1] KABELKOVÁ, Ivana, David STRÁNSKÝ a Vojtěch BAREŠ. TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami: 1. část: Volba způsobu odvodnění a technického řešení. *Vodní hospodářství* [online]. 2013, **63**(9), 6 [cit. 2016-04-04]. ISSN 1211-0760. Dostupné z: http://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2013/vh09-2013.pdf

[2] KABELKOVÁ, Ivana, David STRÁNSKÝ a Vojtěch BAREŠ. TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami: 2. část: Přípustný odtok a regulační zařízení. *Vodní hospodářství* [online]. 2013, **63**(10), 3 [cit. 2016-04-04]. ISSN 1211-0760. Dostupné z: http://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2013/vh10-2013.pdf

[3] KABELKOVÁ, Ivana, David STRÁNSKÝ a Vojtěch BAREŠ. TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami: 3. část: Dimenzování objektů a zařízení. *Vodní hospodářství* [online]. 2013, **63**(11), 4 [cit. 2016-04-04]. ISSN 1211-0760. Dostupné z: http://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2013/vh11-2013.pdf

[4] VALERIÁNOVÁ, Anna a Petr SKALÁK. Roční úhrn srážek 2013. *Český hydrometeorologický ústav*[online]. 2008 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu

[5] Územní srážky v roce 2014. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2008 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky

[6] Letecký pohled na FP. *Mapy.cz* [online]. 2012 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: www.mapy.cz

[7] SVOBODA, Jaroslav. *Voda na statku* [online]. 2008 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.rodovystatek.cz/voda.htm

[8] AS-KRECHT. *Asio: Čištění a úprava vod* [online]. 2011 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.asio.cz/cz/as-krecht

[9] AS-REWA. *Asio: Čištění a úprava vod* [online]. 2011 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.asio.cz/cz/as-rewa

[10] AS-PURAIN. *Asio: Čištění a úprava vod* [online]. 2011 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.asio.cz/cz/as-purain

[11] AS-RAINMASTER ECO. *Asio: Čištění a úprava vod* [online]. 2011 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.asio.cz/cz/as-rainmaster-eco

[12] Návrh a výpočet systému pro využití dešťových vod. *Asio: Čištění a úprava vod* [online]. 2011 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.asio.cz/cz/navrh-systemu-pro-vyuziti-srazkove-vody

[13] Cena vody v roce 2015. *Ceny Energie* [online]. 2010 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.cenyenergie.cz/voda/

[14] Potřebné množství vody na závlahu. *Pangea Trade: Závlahové systémy* [online]. 2009 [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.pangeatrade.cz/automaticke-zavlazovani/kolik-vody-na-zavlahu

[15] Motivace k hospodaření s dešťovou vodou. *TZB info* [online]. 2001 [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/9961-motivace-k-hospodareni-s-destovou-vodou

[16] Řez domem. *Atelier U5* [online]. 2004 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: http://www.atelier-u5.cz/P/RD02/b/001.jpg

9 Seznam použitých symbolů a zkratek

Značení	*Význam*	*Jednotky*
f_f	Koeficient odtoku ze střechy	[-]
f_s	Koeficient účinnosti filtru	[-]
j	Úhrn srážek za rok	[mm]
n	Počet obyvatel	[-]
P	Použitelná plocha střechy	[m^2]
Q	Množství zachycené srážkové vody	[m^3]
R	Koeficient využití dešťové vody	[-]
S_d	Spotřeba vody za den na jednoho obyvatele	[l]
V_p	Objem nádrže dle využitelné srážkové vody	[m^3]
V_v	Objem nádrže dle spotřeby	[m^3]
z	Koeficient optimální velikosti	[-]

HDV	Hospodaření s dešťovými vodami
VUT	Vysoké učení technické

10 Seznam obrázků

OBR. 1. 1 - SRÁŽKOVÁ MAPA ČR ZA ROK 2013 [4] 11

OBR. 3. 1 - ZAŘÍZENÍ PLOŠNÉHO VSAKOVÁNÍ [3] 17
OBR. 3. 2 - VSAKOVACÍ PRŮLEH - RÝHA S REGULOVANÝM ODTOKEM [3] 18
OBR. 3. 3 - MONTÁŽ ZASAKOVACÍHO ZAŘÍZENÍ [8] 19
OBR. 3. 4 - ZASAKOVACÍ ZAŘÍZENÍ AS-KRECHT PŘIPRAVENO NA ZASYPÁNÍ [8] 19

OBR. 4. 1 - PLASTOVÉ NÁDRŽE NA VODU 20
OBR. 4. 2 - VIZUALIZACE CELÉHO SYSTÉMU 21
OBR. 4. 3 - SCHÉMA A POPIS SYSTÉMU 22
OBR. 4. 4 - FILTRACE 22
OBR. 4. 5 - PLASTOVÁ NÁDRŽ AS REWA 23

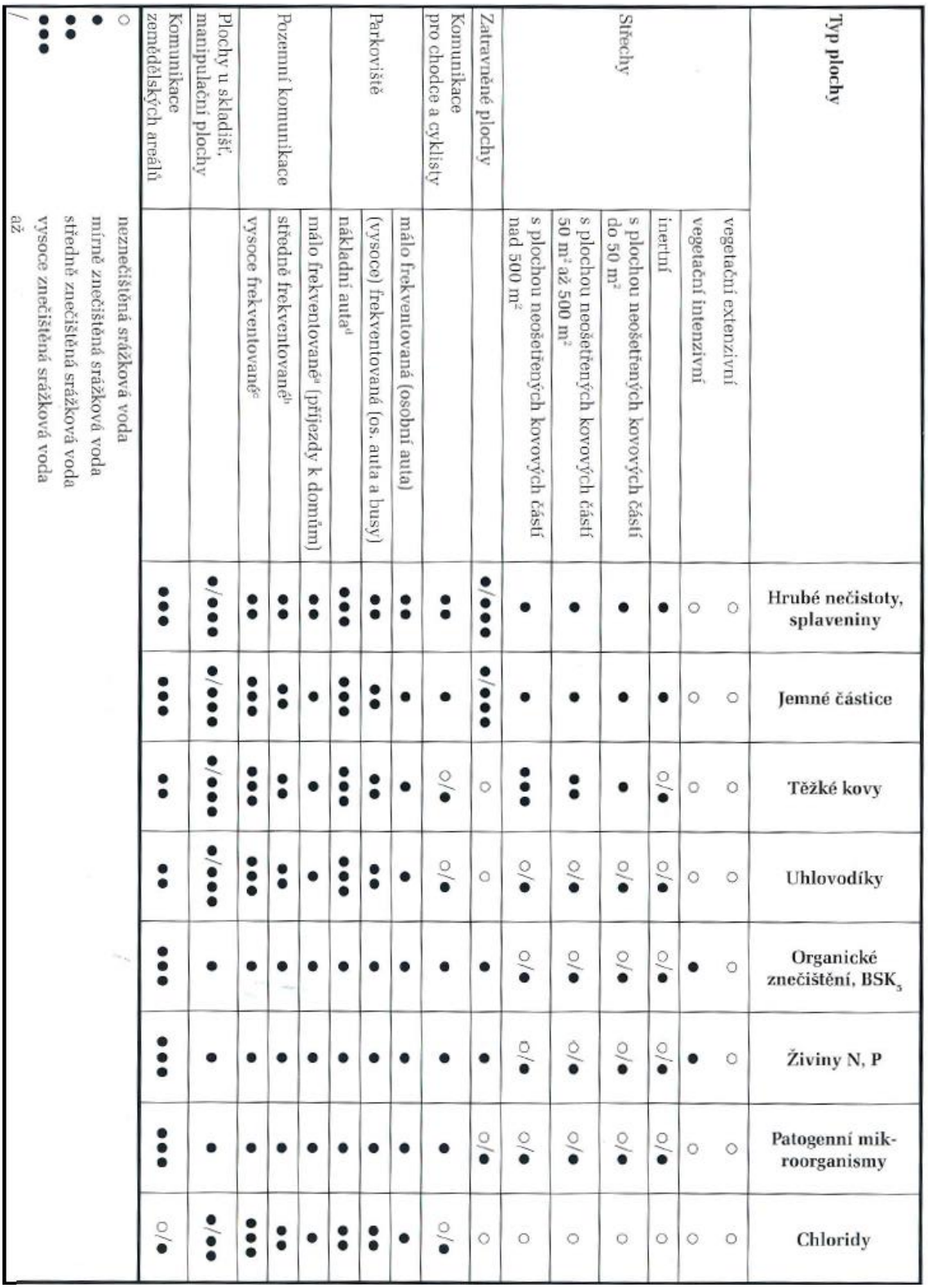
OBR. 5. 1 - PŮDORYS STŘECHY RODINNÉHO DOMU 24
OBR. 5. 3 - 3D POHLED NA STŘECHU 25
OBR. 5. 2 - ZNÁZORNĚNÍ PŮDORYSNÝCH OBSAHŮ JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ STŘECHY 25

OBR. 6. 1- POHLED Z PTAČÍ PERSPEKTIVY NA PODNIKATELSKOU FAKULTU 30
OBR. 6. 2- ŘEZ DOMEM S POUŽITOU SEKUNDÁRNÍ NÁDRŽÍ 32

11 Seznam příloh

PŘÍLOHA 1 - TYPICKÉ ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY NA JEDNOTLIVÝCH TYPECH PLOCH 38
PŘÍLOHA 2 - ROZLOŽENÍ SPOTŘEBY VODY Z POHLEDU DEŠŤOVÉ A PITNÉ VODY 39
PŘÍLOHA 3 - TYPY PŘEDČIŠTĚNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD 39
PŘÍLOHA 4 - MĚSÍČNÍ ÚHRN SRÁŽEK V ROCE 2014 39

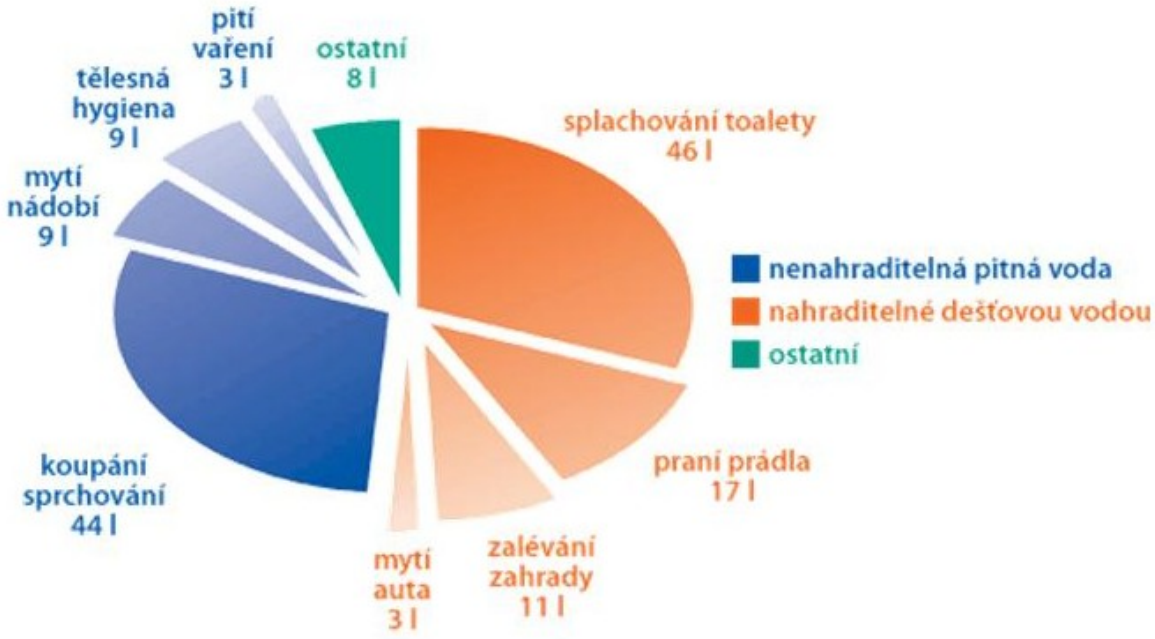
12 Přílohy



Typ plochy		Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy	Uhlovodíky	Organické znečištění, BSK_5	Živiny N, P	Patogenní mikroorganismy	Chloridy
Střechy	vegetační extenzivní	○	○	○	○	○	○	○	○
	vegetační intenzivní	○	○	○	○	●	○	○	○
	inertní	●	●	○/●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetřených kovových částí do 50 m²	●	●	●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetřených kovových částí 50 m² až 500 m²	●	●	●●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m²	●	●	●●●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
Zatravněné plochy		●/●●●	●/●●●	○	○	●	●	○/●	○
Komunikace pro chodce a cyklisty		●●	●	○/●	○/●	●	●	●	○/●
Parkoviště	málo frekventovaná (osobní auta)	●●	●	●	●	●	●	●	●
	(vysoce) frekventovaná (os. auta a busy)	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●
	nákladní auta[a]	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●	●	●●
Pozemní komunikace	málo frekventované (příjezdy k domům)	●●	●	●	●	●	●	●	●
	středně frekventované[b]	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●
	vysoce frekventované[c]	●●	●●●	●●●	●●●	●	●	●	●●●
Plochy u skladišť, manipulační plochy		●/●●●	●/●●●	●/●●●	●/●●●	●	●	●	●/●●
Komunikace zemědělských areálů		●●●	●●●	●●	●●	●●●	●●●	●●●	○/●

○ neznečištěná srážková voda
● mírně znečištěná srážková voda
●● středně znečištěná srážková voda
●●● vysoce znečištěná srážková voda
/ až

Příloha 1 - Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch [1]



Příloha 2 - Rozložení spotřeby vody z pohledu dešťové a pitné vody [15]

Způsob čištění	Zařízení	Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy a jejich nerozpust. sloučeniny	Uhlovodíky (minerální oleje, ropné látky)	Organické látky (nepatřící k jemným či hrubým částicím)	Živiny
Gravitační separace látek (sedimentace pevných částic a vyplavání lehkých látek)	Kalové jímky Usazovací nádrže	++	++	++	++	--	--
	Dešťové nádrže	++	++	++	++	--	--
	Hydrodynamické odlučovače	++	+	+	--	--	--
	Odlučovače lehkých kapalin	++	++	+	++	--	--
Sedimentace a biologické čištění	Retenční nádrže se zásobním objemem, mokřady	+, o	++	++	-, o	++	++
Filtrace mechanická	Pískové a štěrkové filtry	++	++	+	--	--	+
	Geotextilie	++	++	+	--	--	--
Filtrace a biologické čištění (popř. přes půdní vrstvu)	Pískové a štěrkové filtry porostlé vegetací	+, o	++	++	-	++	++
	Průlehy – rýhy Retenční půdní filtry	+, o	++	++	++	++	++
Filtrace přes adsorpční materiál	Aktivní uhlí, koks	o	o	++	++	++	--
	Zeolity	o	o	++	++	+	--
	Hydroxidy železa a hliníku	o	o	++	--	--	--
	Adsorbenty olejů	--	--	--	++	--	--

++	vhodné
+	podmínečně vhodné
o	ve spojení s dalšími opatřeními
-	spíše nevhodné
--	nevhodné

Příloha 3 - Typy předčištění srážkových vod před zaústěním do vod povrchových [1]

Vysvětlivky:
S = úhrn srážek [mm]
N = dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm]
% = úhrn srážek v % normálu 1961–1990

Kraj		Měsíc												Rok
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
	S	27	10	32	39	111	38	102	91	96	49	23	39	657
Česká republika	N	42	38	40	47	74	84	79	78	52	42	49	48	674
	%	64	26	80	82	150	45	129	117	185	116	46	80	97
	S	25	2	36	33	121	27	94	64	85	51	18	31	587
Praha a Středočeský	N	32	30	36	43	70	75	72	73	46	36	40	35	590
	%	78	7	100	77	173	36	131	88	185	142	45	89	99
	S	26	7	30	35	126	33	120	104	93	53	17	32	676
Jihočeský	N	34	33	39	49	75	94	83	82	51	37	43	39	659
	%	76	21	77	71	168	35	145	127	182	143	40	82	103
	S	21	6	22	35	109	31	125	91	83	63	18	39	643
Plzeňský	N	41	38	44	50	70	78	77	78	53	42	47	46	656
	%	51	16	50	70	156	40	162	117	157	150	38	85	98
	S	29	8	23	41	103	30	112	85	84	71	21	58	665
Karlovarský	N	56	44	47	47	61	75	67	69	56	46	52	61	673
	%	52	18	49	87	169	40	167	123	150	154	40	95	99
	S	24	6	26	36	94	34	111	78	88	48	23	38	606
Ústecký	N	42	36	38	44	61	68	68	70	50	39	47	49	612
	%	57	17	68	82	154	50	163	111	176	123	49	78	99
	S	29	6	54	49	117	35	110	69	81	55	14	64	683
Liberecký	N	69	54	56	56	79	83	89	89	66	61	71	84	860
	%	42	11	96	88	148	42	124	78	123	90	20	76	79
	S	30	5	49	37	116	39	77	68	78	43	16	49	607
Královéhradecký	N	60	47	49	48	76	86	83	84	60	52	62	70	774
	%	50	11	100	77	153	45	93	81	130	83	26	70	78
	S	26	8	49	44	110	43	96	93	103	33	18	45	668
Pardubický	N	47	40	42	46	77	87	82	84	56	45	52	54	711
	%	55	20	117	96	143	49	117	111	184	73	35	83	94
	S	26	12	36	33	116	35	90	104	112	34	27	35	660
Vysočina	N	42	37	37	42	76	82	75	75	49	37	45	43	644
	%	62	32	97	79	153	43	120	139	229	92	60	81	102
	S	23	15	12	27	78	29	89	113	136	39	30	31	622
Jihomoravský	N	30	30	29	38	65	75	64	61	41	34	42	33	543
	%	77	50	41	71	120	39	139	185	332	115	71	94	115
	S	33	14	36	43	96	53	82	102	94	41	24	41	659
Olomoucký	N	42	40	40	49	80	94	90	84	55	48	56	52	732
	%	79	35	90	88	120	56	91	121	171	85	43	79	90
	S	34	32	25	57	96	49	118	99	109	57	37	45	758
Zlínský	N	47	46	44	56	82	102	89	83	58	50	64	60	786
	%	72	70	57	102	117	48	133	119	188	114	58	75	96
	S	31	20	35	58	142	76	108	113	105	55	35	36	814
Moravskoslezský	N	42	44	43	59	94	108	105	98	63	50	58	52	816
	%	74	45	81	98	151	70	103	115	167	110	60	69	100

Příloha 4 - Měsíční úhrn srážek v roce 2014 [5]