

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO

MODELOVÁNÍ



VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ VODY ZA ÚČELEM ŠETŘENÍ PITNÉ VODY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. PETR BAŠTA

BAKALANT: MICHAL NOVOTNÝ

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michal Novotný

Krajinářství

Vodní hospodářství

Název práce

Využití dešťové vody za účelem šetření pitné vody

Název anglicky

Use of rainwater to save drinking water

Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce bude představení návrhů technologie využívání srážkové vody za účelem šetření pitné vody pro tři typy staveb – rodinný dům, panelový dům a velkoprostorová hala.

Dílním cílem bude vypracování rešerše odborných zdrojů věnující se problematice technologie šetření vody.

Metodika

1. Zpracování rešerše odborných zdrojů zadané problematiky
2. Sběr a popis podkladů pro návrhy technologie sběru a využití srážkové vody za účelem šetření pitné vody
3. Představení návrhů této technologie pro rodinný dům, panelový dům a velkoprostorovou halu
4. Zhodnocení návrhů formou diskuze

Doporučený rozsah práce

30 normostran textu

Klíčová slova

srážky, nádrž na dešťovou vodu, pitná voda, dešťová voda, sběr vody

Doporučené zdroje informací

ASIO NEW, spol. s.r.o. Využití dešťových vod. In: tzb-info [online]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/2115-vyuziti-destovych-vod>

DVOŘÁKOVÁ, D. Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení 2007. In: tzb-info [online]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>

MUDROCH, L. Legislativa v oblasti srážkové vody. In: tzb-info [online]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravnipredpisy-voda-kanalizace/4533-legislativa-v-oblasti-srazkove-vody>

REINBERK, Z. Posouzení možnosti využití srážkové vody. In: tzb-info [online]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/tabulky-avypocty/105-posouzeni-moznosti-vyuziti-srazkove-vody>

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

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petr Bašta

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2020

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 11. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2021

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. PETRA BAŠTY, a že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 26.03.2021: Michal Novotný

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce, Ing. PETROVI BAŠTOVI za vedení této práce, užitečné a věcné připomínky, vstřícnost a motivující postup.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou velké spotřeby pitné vody na splachování v třech různých typech zástavby. Rešeršní část se zabývá dešťovou vodou, popsáním technologie sběru, čištění a uskladnění dešťové vody. Dále se rešeršní část zabývá dešťovými srážkami a metodami jejich měření. V rešeršní části je navrženo několik technologií, které je možné použít v kombinaci se sběrem dešťové vody v domácnostech. V poslední části je uvedena legislativa související se sběrem a následným použitím dešťové vody.

V praktické části je proveden návrh technologie, její cena a její použití, včetně nákresu zavedení dešťové vody potrubím od nádrže do jednotlivých typů staveb. Dále je zde podán návrh na zavedení této technologie na tři konkrétní stavební objekty. Tyto objekty jsou typickými stavbami svého druhu: samostatný rodinný dům, velký bytový komplex a velkoprostorový objekt. V každém typu stavby by došlo k rozdílnému šetření pitné vody, u rodinného domu by bylo ušetřeno 40 % pitné vody. Nejméně ušetřené pitné vody by bylo ve velkém bytovém komplexu, kde by úspora pitné vody činila necelých 15 %. Největší úspora pitné vody by byla ve velkoprostorové hale, kde by dešťová voda nahradila 90 % pitné vody.

KLÍČOVÁ SLOVA:

srážky, nádrž na dešťovou vodu, pitná voda, dešťová voda, sběr

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the issue of high consumption of drinking water for flushing in three different types of buildings. The review part deals with rainwater, a description of the technology of collecting, purifying, and storing rainwater. Furthermore, the review part deals with rainfall and methods of their measurement. In the review part, several technologies are proposed, which can be used in combination with rainwater harvesting in households. In the last part there is legislation related to the collection and subsequent use of rainwater.

In the practical part, the design of the technology, its price, and its use are made, including a drawing of the introduction of rainwater, piping from the tank into individual types of buildings. There is also a proposal to introduce this technology for three specific buildings. These buildings are typical buildings of their kind, separate family house, a large apartment complex and a large area building. There would be a different saving of drinking water in each building, 40% of drinking water would be saved for a family house. The least saved drinking water would be in a large apartment complex, where the saving of drinking water would be less than 15%. The biggest saving of drinking water would be in a large area building, where rainwater would replace 90% of drinking water.

KEY WORDS:

precipitation, rainwater tank, drinking water, rainwater, collector

OBSAH

1. ÚVOD	12
2. CÍLE PRÁCE	13
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	14
3.1. Spotřeba pitné vody v ČR	14
3.2. Cena pitné vody v ČR	14
3.3. Dešťová voda	14
3.3.1 Vlastnosti dešťové vody	14
3.3.2 Kvalita dešťové vody	15
3.3.3 Způsob čištění dešťové vody.....	16
3.4 Možnosti hospodaření s dešťovou vodou	17
3.4.1 Retence dešťových vod	17
3.4.2 Vsakování dešťových vod.....	20
3.5 Možnosti využití dešťové vody	21
3.5.1 Využití pro bytové domy.....	22
3.5.2 Využití pro rodinné domy	22
3.5.3 Využití pro velkoplošné haly.....	23
3.6 Technologie sběru, čištění a uskladnění dešťové vody	23
3.6.1 Technologie sběru pro 3 typy zástavby	23
3.6.1.1 Technologie sběru dešťové vody v panelových domech.....	23
3.6.1.2 Technologie sběru dešťové vody v rodinných domech.....	25
3.6.1.3 Technologie sběru dešťové vody ve velkoprostorových halách.....	26
3.6.2 Typy technologií na čištění dešťové vody.....	26
3.6.2.1 Okapové filtrační jednotky	26
3.6.2.2 Košíčkové filtry	27
3.6.2.3 Samočisticí filtrační jednotky	28
3.6.2.4 Filtry do tlakového potrubí.....	29
3.6.3 Nádrže na dešťovou vodu.....	29
3.6.4 Čerpací zařízení	32
3.6.5 Řídící doplňovací jednotky.....	34
3.6.6 Přepadové sifony	35
3.6.7 Hladinové senzory	35
3.7 Srážky	36
3.7.1 Dělení srážek	36
3.7.1.1 Podle původu.....	36
3.7.1.2 Podle geografické rozložení	38
3.7.1.3 Podle příčin vzniku.....	39

3.7.2	Získávání dat	40
3.7.2.1	Český hydrometeorologický ústav	40
3.7.2.2	Měření srážkového úhrnu	40
3.8	Navržení doplňujících technologií v kombinaci se sběrači dešťové vody.....	44
3.8.1	Solární kolektory	44
3.8.2	Domácí čistírny odpadních vod.....	45
3.8.3	Využití vody šedé	45
3.9	Legislativa	46
3.9.1	Přehled legislativy	46
3.9.2	Přehled norem.....	46
4.	METODIKA	48
4.1	Podkladová data	48
4.2	Instalace technologie, výpočty potřebné k návrhu	49
4.2.1	Rodinný dům – samostatný komplex	50
4.2.2	Bytový dům – velký komplex	51
4.2.3	Velkoprostorová hala.....	51
5.	VÝSLEDKY.....	52
5.1	Rodinný dům – samostatná jednotka	52
5.2	Bytový dům – velký komplex.....	54
5.3	Velkoprostorová hala	56
6.	DISKUSE	58
7.	ZÁVĚR.....	59
8.	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	60
9.	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	64
10.	SEZNAM TABULEK	65
11.	PŘÍLOHY	66

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

os...	osoba
WC...	water closet
Kč...	Koruna česká
DN...	diameter nominal
ČHMÚ...	český hydrometeorologický ústav
ČSN...	Česká státní norma
BPEJ...	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
DPH...	daň z přidané hodnoty

1. ÚVOD

Na začátku je potřeba si uvědomit, že šetřit pitnou vodu je velmi důležité a potřebné z důvodu každoročního snižování zásob pitné vody. Za snižování zásob může nejen špatné využití vodních zdrojů a hospodaření s nimi, ale i stále se zvyšující znečištění způsobené lidskou činností, která zhoršuje kvalitu jak ovzduší, tak vod, a touto činností dochází ke globálnímu oteplení. Na Zemi je 97 % vody vázáno v oceánech. Slaná voda je pro lidský organismus a velké množství rostlin nepoužitelná. Pouze necelá 3 % z celkové zásoby vody na Zemi je voda sladká neboli pitná, která je obsažena nejvíce na jižním a severním pólu. Z celkové zásoby vody na Zemi je lidstvu k dispozici jen 0,3 %. Tady se jistě nabízí využití dešťových vod, protože pokud se bude využívat dešťová voda, dojde tak k úspoře pitné vody a šetření financí.

Pokud bude využita dešťová voda místo pitné, dojde nejen k úspoře, co se financí týče z hlediska stočného, ale i k úsporám energie na výrobu pitné vody. Pro rok 2019 byla v České republice spotřeba pitné vody 89 l/os/den [1]. Z těchto 89 litrů bylo využito 26 %, což je 22 litrů, pouze na splachování WC a 6 %, což je 8 litrů, na zalévání, přičemž se zalévá pouze 6 měsíců v roce. Z celkového množství spotřebované pitné vody je v domácnostech až 50 % pitné vody nahraditelné vodou dešťovou. Pouze malé množství pitné vody se v domácnostech využívá k pití. Proto by bylo vhodné nahradit co možná nejvíce procent pitné vody vodou dešťovou, která sice není tak kvalitní jako pitná, ale pro některé účely je dešťová voda plně dostačující.

2. CÍLE PRÁCE

Mezi hlavní cíle práce patří seznámení s tématem využitelnosti dešťové vody v domácnostech, seznámení s technologií sběru a čištění dešťové vody. Dalším cílem je podat návrh ke snížení spotřeby pitné vody pro účely splachování WC a zálivky zahrady. Technologie je navržena pro 3 různé typy stavebních objektů: rodinný dům, bytový dům a velkoprostorová hala. Mezi cíle práce patří seznámení s pořizovacími náklady sestav na dešťovou vodu a kalkulace vrácení investice do budoucna.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

Literární rešerše se zabývá informacemi o technologiích sběru dešťové vody a jejím použití, o srážkách, popisu tří vybraných lokalit a návržení doplňujících technologiích, které by mohly být využity v kombinaci se sběrači dešťové vody.

3.1. Spotřeba pitné vody v ČR

Průměrná spotřeba pitné vody v roce 2019 byla něco málo přes 89 l/os/den [43]. Spotřeba vody se v posledních letech od roku 2014 mírně zvyšuje, stejně tomu bylo i v roce 2019, kdy se meziročně zvýšil objem fakturované vody o 1,4 litru na 90,6 litrů na osobu na den. Nejvíce vody se spotřebovalo v Praze, kde byla průměrná hodnota spotřeby 113 l/os/den. Naopak nejméně se vody spotřebovalo ve Zlínském kraji, kde spotřeba činila 78,7 l/os/den [44].

S průměrnou hodnotou 89 l/os/den se Česká republika řadí mezi státy s nejnižšími hodnotami v Evropě. Největší spotřebu vody mělo Švýcarsko, kde hodnota činila 307 l/os/den.

Ztráty vody v síti na jednoho obyvatele se oproti minulým letem snížili o 1,4 l/os/den a v přepočtu na jeden kilometr vodovodní sítě z 3304 l/km/den na 2994 l/km/den, což je 310 l/km/den méně [1].

94,6% obyvatel, což je zhruba 10,09 milionů, České republiky bylo zásobeno vodou z vodovodů. Během posledních dvou let se na vodovodní síť připojilo 63.000 lidí.

V roce 2019 bylo fakturováno 492,6 milionů metrů krychlových vody, z toho do domácností šlo 333,8 milionů metrů krychlových [1].

3.2. Cena pitné vody v ČR

Ceny pitné vody v ČR jsou závislé na místě bydliště, každý okres má jiné ceny vodného i stočného. Nejnižší náklady na pitnou vodu jsou v okrese Bruntál, ve městě Krnov, kde se ceny pohybují okolo 51,7,- Kč za metr krychlový. Naopak nejvyšší ceny, okolo 122,- Kč, jsou v okrese Plzeň-Sever. Během posledních dvou let došlo ke vzrůstu cen jak vodného, tak stočného, vodné se zdražilo o 1,2 koruny za metr krychlový a stočné zdražilo o 1,3 koruny za metr krychlový [3].

3.3. Dešťová voda

Dešťová voda není pitná, ale je nezávadná, a navíc je bezplatná a použitelná v mnoha případech. Dokonce se na některé účely hodí více jak voda pitná.

3.3.1 Vlastnosti dešťové vody

Dešťová voda vzniká odpařením vody v troposféře, a proto se považuje v místě vzniku za vodu destilovanou, protože neobsahuje rozpuštěné žádné jiné látky. Až po průchodu atmosférou dochází ke smísení s různými chemickými látkami. Kvalita dešťové vody je velmi ovlivněna znečištěním ovzduší. Ph dešťové vody se pohybuje okolo 5,6, její kyselost je způsobena oxidem uhličitým (CO₂) a oxidem siřičitým (SO₂) [4].

Zachycená dešťová voda může být znečištěná trojím původem. Hodně zastoupené znečištění je kyselinotvornými látkami, mezi které patří kyselina sírová (H_2SO_4), kyselina dusičná (HNO_3) a kyselina chlorovodíková (HCl), tyto kyseliny pocházejí převážně z průmyslových zdrojů a z výfukových plynů spalovacích motorů [2].

Nejvýznamnější znečištění je dáno rozpuštěnými a nerozpuštěnými látkami v atmosférických srážkách, které se nahromadí během bezdeštného období na povrchu a během dešťového období je odváděno s dešťovou vodou [2].

Dešťová voda obsahuje jak přirozené části zemského povrchu, jako je mořská sůl a produkty půdní eroze, tak obsahuje i znečištění lidskou činností [4].

Dešťová voda má velmi dobré rozpouštěcí vlastnosti, kvůli tomu je také vhodné s ní umývat dlažbu, obsahuje nízký obsah minerálních látek, díky tomu po vypaření nezanechává bílé stopy, a je tak vhodná na mytí oken, automobilu či výloh. Dešťová voda neobsahuje žádný chlór a má vyšší teplotu než voda pitná. Díky těmto vlastnostem je ideální na zavlažování zahrad nebo zalévání rostlin. Vzhledem k tomu, že se jedná o měkkou vodu ($<0,7-1,25$ mmol/l), nedochází k zanesení vodním kamenem. Po filtraci se jedná o destilovanou vodu, tudíž prádlo vyprané v této vodě se zbaví zbytků pracího prášku a je měkké [2].

3.3.2 Kvalita dešťové vody

Faktory ovlivňující kvalitu dešťových vod:

- Poloha filtračního systému
- Jímání ze střech bez zatížení
- Sedimentace v zásobníku
- Ochrana zásobníku před vnějšími vlivy
- Utěsněný kryt zásobníku
- Minimální hladina odběru vody (15 cm)
- Pravidelná kontrola a údržba

Pokud dešťovou vodu použijeme k závlahám, jediné, co by nás mělo zajímat, by byl obsah těžkých kovů a pesticidů. V obou případech by mohlo totiž dojít k jejich akumulaci v půdě, a tím by byly ohroženy rostliny i půdní organismy. Pokud by byly hodnoty obou kontaminantů na přijatelné hodnotě, tak by byla dešťová voda dokonce vhodnější než voda pitná. Pro potřeby splachování nebo úklidu není zpravidla žádné omezení pro použití dešťové vody [4].

Tabulka 1: Požadavky na dešťové vody [4]

Druh znečištění	Požadavky na složení dešťové vody ze střech				
	Závlahy	Úklid	WC	Praní prádla	
Nerozpuštěné látky	Inertní NL jsou neškodné	Při vyšších koncentracích nevhodné	Zpravidla bez významu	Zpravidla nutná úprava (filtrace)	
Organické látky	Inertní a lehce odbouratelné jsou neškodné	Zpravidla bez významu		V obvyklých koncentracích bez významu	
Těžké kovy	Nebezpečí akumulace v půdní vrstvě				
Pesticidy	Ohrožení rostlin a půdních organismů				
Mikroorganismy	Zpravidla bez významného vlivu	Zpravidla bez významu	Zpravidla bez významného vlivu	Zpravidla bez významného vlivu	
Barva			Zpravidla bez významu	Zpravidla bez významu	Nebezpečí obarvení
Zápach					Zpravidla bez významu
Agresivita vody					Podle složení vody a typu pračky
Celkové posouzení	Dešťová voda ze střech je často mnohem vhodnější než pitná voda	Použití zpravidla bez omezení	Použití zpravidla bez omezení	V případě nadbytku dešťové vody a v kombinaci s pitnou vodou pro poslední fázi pracovního procesu	

3.3.3 Způsob čištění dešťové vody

Způsoby čištění jsou závislé na použití dešťové vody. Pokud chceme dešťovou vodu využívat pouze na závlahy, tak není potřeba žádné filtrace, ovšem je potřeba zkontrolovat obsah těžkých kovů a pesticidů. Je potřebné pouze zabránit nečistotám, napadanému listí nebo posekané trávě, aby nezanášely akumulární nádrž. Pokud chceme dešťovou vodu využít v domácnosti k praní nebo např. do podlahového topení, je zapotřebí složitější a kvalitnější filtrace [4].

Pokud dešťovou vodu používáme k činnostem v domácnosti, při kterých voda projde drobnými trubkami a tryskami, můžeme použít jemný filtr, který se namontuje do tlakového potrubí za čerpadlem [25].

Pro čištění dešťových vod se používají především dva způsoby: filtrace nebo sedimentace. K sedimentaci může docházet na dvou místech, buď přímo v akumulární nádrži nebo v tzv. usazovací nádrži, která je akumulární předsazená. K filtrování je vhodné použít dva typy filtrů, filtr interní nebo filtr externí [25].

Interní filtry se nacházejí uvnitř nádrže, do těchto filtrů je veden pouze jediný přítok dešťové vody, vyčištěná voda odtéká pomocí odtokového potrubí. Dále se u těchto filtrů vyskytuje možnost napojení sifonu pro odtok přebytečné vody [25].

Externí filtry jsou samostatné filtrační jednotky, které se napojují mezi okap a samotnou akumulací nádrží. Tyto filtry jsou umístěny v tzv. filtračních šachtách. Díky těmto filtrům dochází ke spojení více okapových svodů. Jakmile je voda přefiltrována, dochází k odtoku čisté vody do jímky a odvedení přebytečné vody a nečistot do místní kanalizace [4].

3.4 Možnosti hospodaření s dešťovou vodou

S dešťovou vodou lze hospodařit několika možnými způsoby, záleží na tom, k čemu bude dešťová voda sloužit. Pokud chceme dešťovou vodu zadržet a následně použít, je potřeba využít retenčních nádrží. V případě zpevněných a zastavěných ploch je potřeba efektivně odvést dešťové vody, a toho lze dosáhnout díky systému vsakování. Vsakování dešťové vody se nedá považovat za přímé využití dešťové vody, ale má velmi pozitivní vliv na doplnění podzemních vod.

3.4.1 Retence dešťových vod

Zadržování dešťové vody se doporučuje, pokud z nejrůznějších důvodů není možné vsakování. Nejhojnějším důvodem, proč dochází k návrhu retence, je, že vsakování nedoporučuje geologický posudek. K zadržení dešťové vody se používají retenční nádrže. Retenční nádrže lze rozdělit do několika kategorií podle použití: retenční nádrže v urbanizovaných územích a nádrže pro domácí použití. Nádrže pro domácí použití jsou rozvedeny v kapitole 3.6.3 **Nádrže na dešťovou vodu** [4].

Retenční nádrže slouží k nahrazení přirozené retenční vlastnosti krajiny. Retenční nádrže v urbanizovaných územích slouží hlavně k ochraně před zahlcením přívalovými dešti, aby nedocházelo k přeplnění kapacity dešťové kanalizace nebo odváděcích vodních toků, viz obrázek č.1. Ochranné retenční nádrže lze rozdělit na suché, protierozní, infiltrační výtopové zdrže, nárazové nádrže a retenční kanál. K retenci dešťové vody je možné využít kromě retenčních nádrží i filtrační jímky nebo střechy zadržující vodu a zelené střechy. Retenční nádrže kromě ochranné funkce mohou sloužit i k rekreaci, jako jsou např. rybník s biotopem nebo přírodní koupaliště, viz obrázek č. 2 [25].

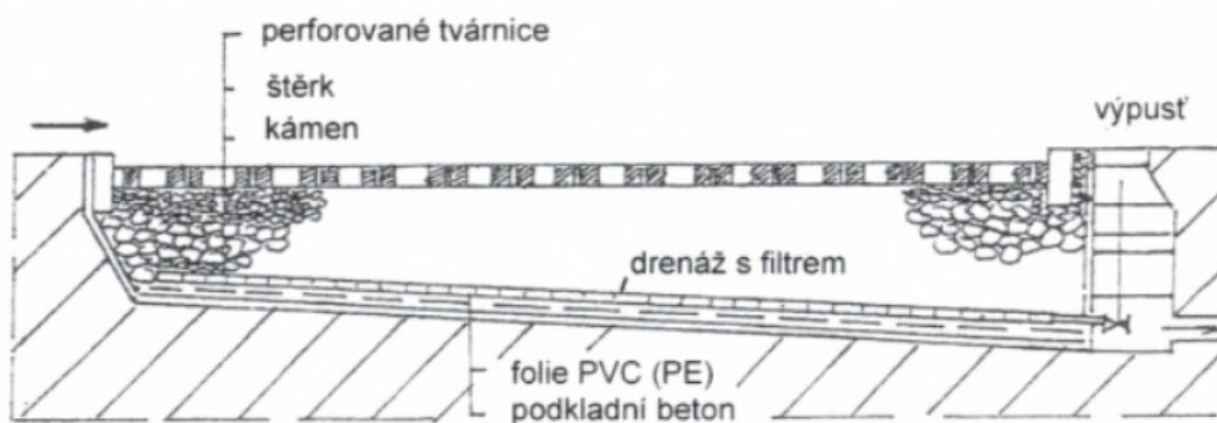


Obrázek č.1: Povrchová retenční nádrž [29]



Obrázek č.2: Retenční nádrž sloužící jako přírodní koupaliště [30]

U velkoprostorových průmyslových hal a parkovišť je retence řešena omezením odtoku, viz obrázek č.3. Jedná se o jednoduché opatření, které ovšem způsobuje částečné omezení použití těchto ploch. Pokud je u objektu zavedeno zaústění do vsakovacího objektu nebo do recipientu, je nutné udělat posudek na látkové znečištění z těchto ploch. Další potřebnou věcí je nouzový přepad [25].



Obrázek č.3: Retenční nádrž pod parkovištěm, Autor: Petr Hlavínek [25]

Suché nádrže

Mají ochranný prostor na zachycení povodňových průtoků, schopnost snižování kulminace povodňového průtoku a systém řízeného vybrzdění. Suché nádrže, resp. jejich dno, se využívají zejména pro výsadbu rychle rostoucích dřevin [45].

Protierozní nádrže

Mezi hlavní úkoly patří ochrana životního prostředí, zmenšení podélného sklonu, zvýšení půdní vlhkosti, vytváří podmínky pro vegetační kryt a zlepšují kvalitu vody pod nádrží [25].

Infiltrační výtopové nádrže

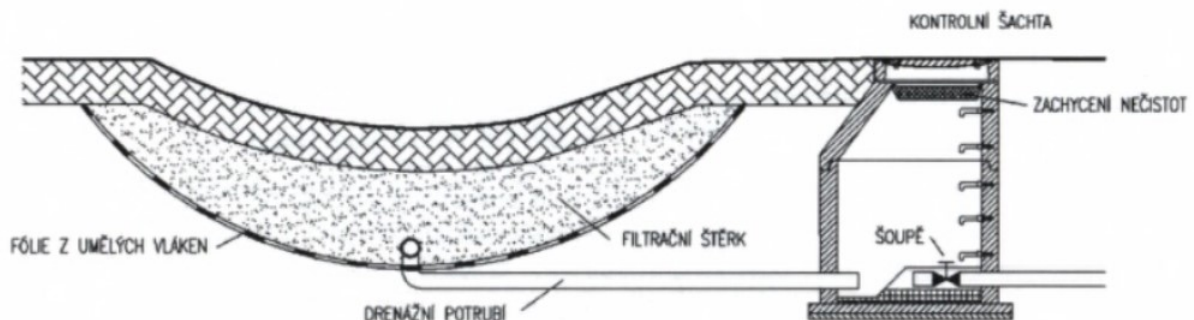
Využívají se ke krátkodobému zadržení přebytku přitékající vody. Jsou využívány pro závlahu luk v údolních nivách řek a lužních lesů [25].

Nárazové nádrže

Jsou určeny k vyrovnávání nárazových průtokových vln mezi daleko od sebe položenými profily [25].

Filtrační jímka

Jedná se o drenážní systém jam, který je utěsněný k podloží, viz obrázek č. 4. Dešťová voda je přiváděna do kontrolní šachty, kde dochází ke škrzení či odstavení odtoku. Dešťová voda protéká přes mateční vrstvu půdy, díky čemuž dochází k dobrému čištění dešťové vody. Filtrační jímky je vhodné použít v oblastech, kde se vyskytuje silně znečištěná dešťová voda, např. silnice s velkým provozem nebo okolí jiných parkovišť [25].



Obrázek č.4: Filtrační jímka, Autor: Petr Hlavínek [25]

Zelené střechy

Na tomto typu střech dochází k retenci v absorpční vrstvě půdního substrátu. Zelené střechy mohou být extenzivní nebo intenzivní. Extenzivní střechy mají tvořenou vegetační vrstvu ze smíšených substrátem nenáročných rostlin, o tyto rostliny není potřeba po založení nijak pečovat, viz obrázek č. 5 [31]. Intenzivní střechy jsou náročnější na údržbu, pěstují se zde převážně travnaté plochy, keře a stromky. Zelené střechy mají schopnost zadržet minimálně 30 % dešťové vody, viz obrázek č. 6 [32].



Obrázek č.5: extenzivní zelená střecha [31]



Obrázek č.6: intenzivní zelená střecha [32]

3.4.2 Vsakování dešťových vod

V současné době je převážná část dešťové vody, která odtéká ze zastavěných či zpevněných ploch, odváděna do řek. Pokud se vezme v potaz možné znečištění, které odvodňované plochy mohou uvolnit, je důležité začlenit srážkové vody zpět do přirozeného koloběhu vody co nejbližě k místu jejich dopadu. Vrácení dopadených srážek co nejbližě jejich místu dopadu je cílem ekologicky, vodohospodářsky a technicky smysluplným. Proto je důležité při zohledňování místních podmínek nejdříve brát v potaz redukcí povrchového odtoku a jeho lokální vsakování a teprve poté zavést vodu do stokové sítě. Vsakování je velmi ovlivněno propustností podloží či hornin [25].

Tabulka 2: Klasifikace propustnosti hornin [26]

koeficient propustnosti K		třída propustnosti		označení hornin podle stupně propustnosti	koeficient filtrace k*	index propustnosti Z**
m ²	μm ²				m/s	
1.10 ⁻⁹	1000	I		velmi silně propustné	1.10 ⁻²	7
		II		silně propustné		
1.10 ⁻¹⁰	100	III		dostí silně propustné	1.10 ⁻³	6
1.10 ⁻¹¹	10	IV		mírně propustné	1.10 ⁻⁴	5
1.10 ⁻¹²	1	V		dostí slabě propustné	1.10 ⁻⁵	4
1.10 ⁻¹³	0,1	VI		slabě propustné	1.10 ⁻⁶	3
1.10 ⁻¹⁴	0,01	VII		velmi slabě propustné	1.10 ⁻⁷	2
1.10 ⁻¹⁵	0,001	VIII		neprůstné	1.10 ⁻⁸	1

* pro vodu o měrné tíze $\gamma = 1.10^4 \text{ N/m}^3$ a dynamické viskozitě $\mu = 1.10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

** pro logaritmickou přepočtovou diferenci $d^0=0$

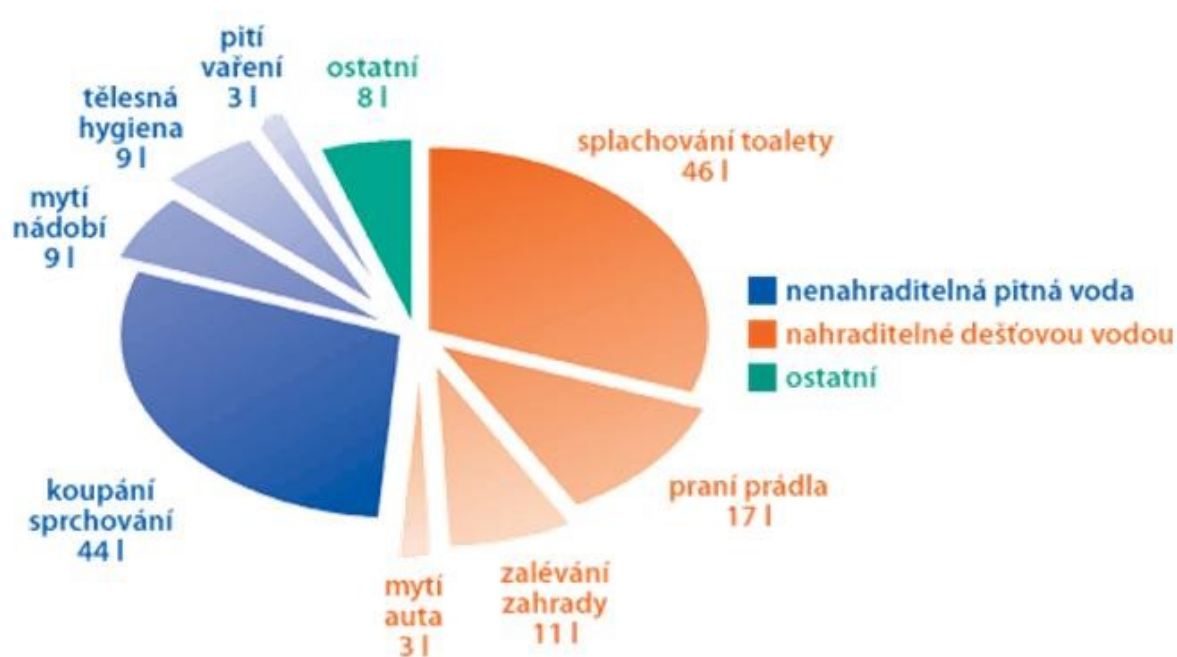
Tabulka 3: Charakteristické hodnoty propustností některých hornin v ČR [26]

	Hornina	Místo	Třída propustnosti	Koeficient filtrace
KVARTÉR	glaciální šterky a pisky	Opavsko	I-II	$(0,9-40) \cdot 10^{-3}$
	fluviální šterky a pisky	střední Jizera	II	$1,3 \cdot 10^{-3}$
		dolní Jizera (Káraný)	III	$4 \cdot 10^{-3}$
		Labe (Chvaletice)	III	$(3-10) \cdot 10^{-4}$
		Svitava (Brno)	II-III	$(0,1-5) \cdot 10^{-3}$
		Hornomoravský úval	III-IV	$(0,1-7) \cdot 10^{-4}$
		Dolnomoravský úval	II-III	$(2-14) \cdot 10^{-4}$
	Morava (Záhorská nížina)	II-IV	$(0,7-12) \cdot 10^{-4}$	
prouviální šterky a pisky	Jablunkovsko, Třinecko	II-VI	$2 \cdot 10^{-5}$	
fluviální a eolické hlíny	Hornomoravský úval	VI-VII	$(0,4-3) \cdot 10^{-4}$	
NEOGÉN	šterky a pisky	Prostějovsko	III	$(1-7) \cdot 10^{-7}$
	šterky a pisky	Dyjskosvratecký úval	IV-V	$(0,1-10) \cdot 10^{-5}$
	jemnozrné pisky	Brněnsko	IV	$(5-9) \cdot 10^{-5}$
PALEOGEN	prokřemenělé pískovce	Sokolovsko	IV-V	$1 \cdot 10^{-5}$
KŘÍDA	křemenné pískovce (coniak)	lužická oblast	IV	$(1-5) \cdot 10^{-5}$
	křemenné pískovce (střední turon)	lužická oblast	III-IV	$1,3 \cdot 10^{-4}$
	křemenné pískovce (cenoman)	lužická oblast	IV	$2 \cdot 10^{-5}$
	pískovce (cenoman)	královédvorská synklinála	V-VI	$1 \cdot 10^{-6}$
	godulské pískovce do hloubky 35m	Moravskoslezské beskydy	IV-V	$5 \cdot 10^{-6}$
	písečné spongility (spodní turon)	východní čechy	V-VI	$(0,1-10) \cdot 10^{-6}$
PERMO-KARBON	pískovce, arkózy	v podloží české křídý, hloubka 200m	V	$1 \cdot 10^{-6}$
	pískovce, arkózy	v podloží české křídý, hloubka 200m	VII	$7 \cdot 10^{-10}$

3.5 Možnosti využití dešťové vody

Z celkového množství pitné vody, která se používá v domácnostech, je téměř 52 % nahraditelné dešťovou vodou. Jedná se o splachování WC, praní prádla, zalévání zahrady a mytí auta. Nejdůležitějším nahrazením pitné vody vodou dešťovou je bez pochyby splachování WC, protože na splachování se v průměru použije téměř třetina z celkového objemu pitné vody.

Druhou možností, jak šetřit pitnou vodu, je její nahrazení při praní prádla a úklidu, kdy se spotřebovává 11,33 %. Třetím významným aspektem výměny pitné vody za dešťovou jsou závlahy zahrad, při kterých se spotřebovává 7,33 %. Jedná se o poměrně vysoké číslo, když vezmeme v potaz, že se zahrady zalévají jen pět až šest měsíců ročně a pouze v rodinných domech se zahradou. A v neposlední řadě lze pitnou vodu nahradit při umývání automobilů, při kterém se v domácnosti průměrně spotřebují 2 % pitné vody. Pokud bychom všechny vypsané úkony dodržovali, tak bychom ušetřili 52 % pitné vody, což by znamenalo snížení nákladů za vodné a stočné o polovinu, viz obrázek č.7 [5].



Obrázek č.7: Rozdělení spotřeby vody – příklad uvádí komfortní spotřebu 150 l / os / den [5]

Dešťovou vodu lze využít několika způsoby ve velké škále zástaveb, jakými jsou např. panelové domy, rodinné domy nebo velkoplošné haly.

3.5.1 Využití pro bytové domy

Pro bytové (panelové) domy má největší smysl využít dešťovou vodu pro splachování, protože v bytových domech se na splachování WC využije přibližně 32 % pitné vody, závlahy jsou v bytových domech zanedbatelné. Dešťová voda by však mohla být použita i na úklid společných prostor, jako jsou schodiště, sklepy, kolárny a vstupní místnosti, a také v panelových domech se společnou prádelnou, kde by mohla být použita pro poslední fázi praní.

3.5.2 Využití pro rodinné domy

V rodinných domech je použití dešťové vody rozsáhlejší než u panelových zástaveb. Nejzásadnějším využitím dešťové vody je její využití při splachování WC. U rodinných domů je vhodné používat dešťovou vodu také na závlahy zahrady a mytí auta, popřípadě k úklidu.

Stejně jako u panelových domů i zde by dešťová voda mohla být použita pro poslední fázi praní, přičemž zde by to bylo výhodnější, protože v rodinném domě se nevyskytuje tolik praček a nepere se tak často.

3.5.3 Využití pro velkoplošné haly

Pro velkoplošné haly je nejefektivnější, kromě splachování WC jako u ostatních zástaveb, použití dešťové vody na úklid. Velkoplošné haly mají ve většině případů rozsáhlé a volné podlahy, které jsou denně čištěny pitnou vodou a čisticími prostředky. Denně se spotřebuje v těchto halách velké množství pitné vody právě na úklid. Další využití by se našlo například u zemědělských hal na umývání těžké techniky od prachu a hlíny z polí.

3.6 Technologie sběru, čištění a uskladnění dešťové vody

Technologie sběru dešťových vod se liší jak podle použitého typu střech – střechy ploché a šikmé, tak podle použitého materiálu střešní krytiny. K čištění dešťových vod lze použít několik typů filtrů, které mohou být umístěny pod okapem nebo nad nádrží, popř. mohou být umístěny přímo v nádrži. K uskladnění dešťové vody se používají nádrže z různého materiálu a mohou být podzemní nebo nadzemní.

3.6.1 Technologie sběru pro 3 typy zástavby

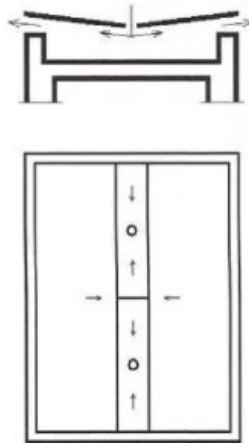
3.6.1.1 Technologie sběru dešťové vody v panelových domech

U panelových domů je nejčastěji kvůli výšce stavby využívána technologie vsakovacích sběračů oproti sběračům okapovým. U panelových domů se vyskytují ploché střechy, které lze rozdělit do dvou skupin – jednoplášťové a dvouplášťové.

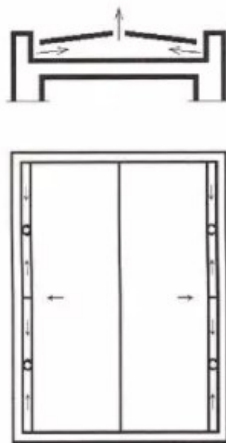
Jednoplášťové střechy lze odvodňovat jak vně, tak i dovnitř objektu. Pokud odvodňujeme vnitřně, musí být osazeny ploché střechy min. 2 vtoky, v případě malých ploch můžeme použít 1 vtok, ale musí být vybaven bezpečnostním přepadem. Všeobecně je doporučeno vždy odvodnění střechy doplnit bezpečnostním přepadem skrz atiku. Vtoky musí být níže, než je úroveň střešní roviny, a současně musí být umístěny do nejnižšího bodu odvodňované plochy. Vtoky musí být umístěny min. 500 mm od atik, ale zároveň nesmí vzdálenost vtoku od atik překonat 15 m. Je doporučeno použít systémové prvky, přičemž nejmenší použitý průměr by měl být DN 100 mm. Vtoky se opatřují ochranným košíkem proti zanesení a je vhodné doplnit vtoky o elektrické vyhřívání. Pokud se odvodňuje vně objektu, pak se odvodnění provádí do podokapních žlabů [27].

Dvouplášťové střechy je možné odvodňovat buď dovnitř dispozice do vtoku prostřednictvím mezistřešního žlabu, viz obrázek 8, nebo dovnitř dispozice do vtoku prostřednictvím zaatikových žlabů, viz obrázek 9. Vně dispozice do podokapních žlabů viz obrázek 10 anebo kombinací těchto řešení dohromady. Vhodné řešení z hlediska dlouhodobé spolehlivosti a hydroizolační bezpečnosti je odvodnění vnější do podokapních žlabů. Odvodnění dvouplášťových střech pomocí mezistřešních nebo zaatikových žlabů nese vysoké riziko poruch zejména při přívalových deštích nebo při tání sněhu. Řešení vnitřního odvodňování dvouplášťových střech se používá jen ve výjimečných případech.

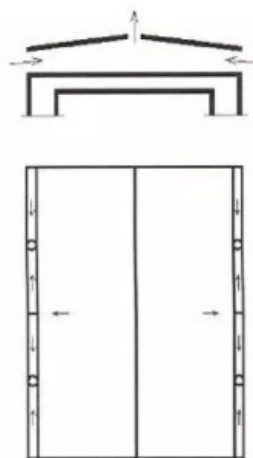
Pokud se navrhne vnitřní odvodňování, je nutné, aby střecha byla vybavena povlakovou vodotěsnicí vrstvou [27].



Obrázek č.8: Mezistřešní žlab [27]



Obrázek č.9: Zatikový žlab [27]



Obrázek č.10: Podokapní žlab [27]

Tabulka 4: Stanovení množství odtoku dešťových vod [27]

Stanovení množství odtoku dešťových vod	
$Q = r \cdot A \cdot C$	
Q	odtok dešťových vod [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]
r	intenzita deště dle ČSN 75 6760:2003 [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$]
A	účinná plocha střechy dle ČSN EN 12 056-3 [m^2]
C	součinitel odtoku dle ČSN 75 6760:2003 [-]

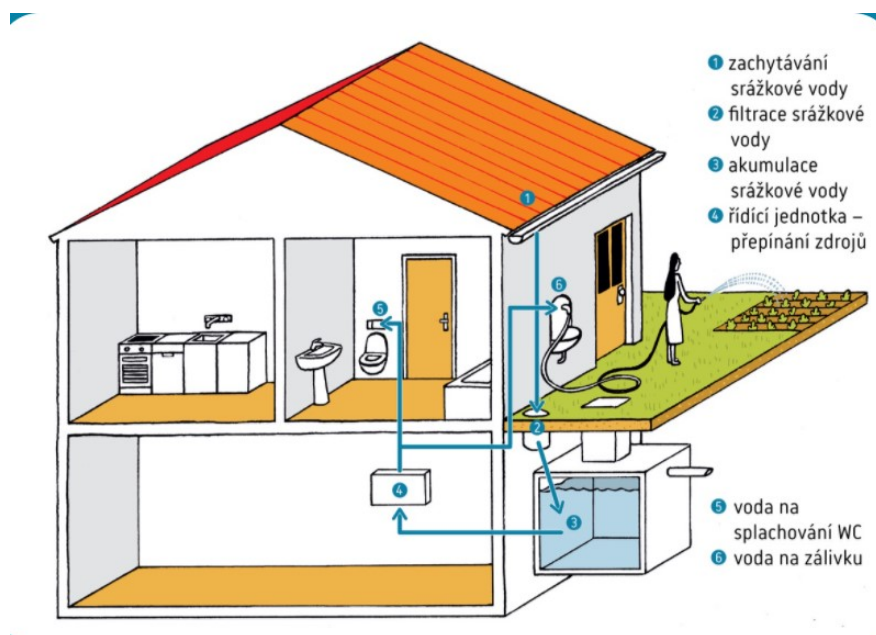
Tabulka 5: Odtoková kapacita vtoků dle ČSN EN 1253-1:2004 [27]

jmenovitá světlost vtoku [mm]	odtoková kapacita Q [l/s]	odvodňovací plocha [m^2]
70	1,7	56
100	4,5	150
125	7	233
150	8,1	270

3.6.1.2 Technologie sběru dešťové vody v rodinných domech

Technologie sběru dešťové vody lze rozdělit podle toho, v jakém místě dochází k zachycení dešťové vody. Máme buď okapové sběrače či vsakovací sběrače. Technologie čištění lze rozdělit podle typu použitého filtru a technologie uskladnění dešťové vody lze rozdělit podle materiálu nádrží. Pro použití dešťových vod musíme mít veškerou potřebnou technologii, jako jsou filtry, akumulční nádrže, plovoucí sací soupravy, přepadové sifony, čerpací zařízení, řídicí doplňovací jednotky, hladinové senzory, tvarovky na uklidnění přítoku a v poslední řadě potrubí na přívod, odvod a odběr vody. Pokud chceme dešťovou vodu využít pro splachování, praní nebo závlahy, je nutné použít správný a kvalitní filtr, akumulční nádrž, která bude umístěna podzemí, aby se zabránilo přístupu světla [4].

Dešťová voda je ze střechy pomocí okapových svodů odvedena sběrným potrubím do zemních filtrů, viz obrázek č. 11. Nečistoty a zbytková voda zachycené na filtrech jsou odvedeny potrubím do kanalizace nebo zbytková voda může sloužit k zasakování. Přes síto protéká čistá voda, která je přivedena do hrdla nádrže, které musí být ukončeno uklidňujícím prvkem, aby nedošlo k víření spodního sedimentu na dně nádrže. Pokud dojde k přeplnění nádrže, tak je přebytečná voda odváděna přes zpětnou klapku do kanalizace nebo do zasakovacího objektu. Čistá voda je z nádrže odebírána přes sací soupravu, která je umístěna pod horní hladinou v nádrži. Součástí je čerpací zařízení, které je napojeno na automatickou doplňující jednotku s řídicí jednotkou. Pokud je nedostatek dešťové vody, tak řídicí jednotka přepne pomocí hladinového snímače a bude odebírat vodu z řádu při splnění normy ČSN EN 1717 (75 5462): 2002 Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem [4].



Obrázek č. 11: Sběr dešťové vody v rodinném domě [33]

3.6.1.3 Technologie sběru dešťové vody ve velkoprostorových halách

U velkoprostorových hal záleží na sklonu a typu střechy, v případě, že se jedná o plochou střechu, je princip stejný jako u panelových domů. V případě, že se jedná o střechu skloněnou, je vhodné použít technologii sběru jako u rodinných domů.

3.6.2 Typy technologií na čištění dešťové vody

3.6.2.1 Okapové filtrační jednotky

Filtrační podokapový hrnec

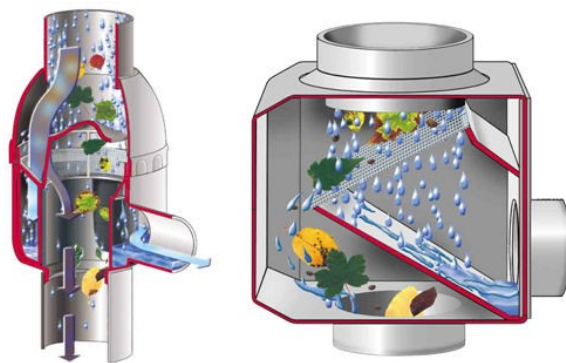
Slouží pro filtraci dešťové vody pouze z jednoho okapu. Je uložen v zemi na vrstvě betonu nebo hrubého šterku. Nejčastěji jsou stěny filtru tvořeny silným polypropylenem. Filtrace je uskutečněna přes síto, na kterém je umístěna filtrační vložka z netkané textilie, na níž se vyskytuje cca 50 mm vysoká filtrační vrstva ze šterku, díky čemuž dochází k zachycení nečistot. Tento typ filtrů slouží pouze k pracím na zahradě, jako jsou zavlažování, doplňování vody do zahradních jezírek či rybníčků nebo může sloužit k vsakování, viz obrázek č. 12 [25].



Obrázek č.12: Filtrační podokapový hrnec, Ing. Denisa Dvořáková [4]

Svodový okapový filtr

Vyskytuje se na okapovém svodu, filtry tohoto typu se používají k odfiltrování hrubších nečistot, jako mohou být listy, malé větve, malé plody ovoce, lišejníky nebo mechy aj. Filtrem ovšem propadnou jemnější částice, jako je např. prach nebo písek, i když malá část může být filtrem zachycena, a může tak docházet k sedimentaci písku nebo prachu na dně nádrže. Zbytková voda a nečistoty jsou z filtru odváděny přímo do kanalizace, viz obrázek č. 13 [4].



Obrázek č.13: Svodový okapový filtr, Ing. Denisa Dvořáková [4]

3.6.2.2 Košíčkové filtry

Samostatné košíčky představují technicky nejjednodušší a finančně nejméně náročnou variantu. Zajistí 100 % výtěžnost přefiltrované vody, díky tomu projde veškerá voda skrz filtr do nádrže na rozdíl od samočisticích filtrů. Košíčky můžeme použít samostatně, ale i jako součást filtrační šachty. Nevýhodou těchto filtrů je snížení objemu nádrže kvůli potřebné údržbě.

Je několik variant a možností, jak lze košíčkové filtry využít. Jednou z možností je umístění sítka do tělesa filtru. V tomto případě by byla jednotka vybavena sítkem s poutkem pro snadnou manipulaci, v této variantě jsou dva otvory nad úrovní síta a jeden otvor je u dna. Otvory nad úrovní síta jsou ve stejné výšce a slouží jako nátok a přepad do kanalizace nebo mohou sloužit jako dva nátoky od dvou okapů, viz obrázek č. 14 [4].



Obrázek č.14: Filtrační koš v tělese filtru, Ing. Denisa Dvořáková [4]

Další variantou je umístění sítka do akumulční nádrže. Přepadový sifon by se měl vyskytovat v hloubce okolo 50 mm pod filtračním košíčkem, díky tomu by v případě plné nádrže mohla voda odtékat pod košíčkem ven z nádrže, viz obrázek č. 15[4].



Obrázek č.15: Filtrační jednotka v interním provedení, Ing. Denisa Dvořáková [4]

3.6.2.3 Samočistící filtrační jednotky

Lze je použít pouze když je přepad jímek napojený na veřejnou kanalizaci. Fungují na principu válce nebo desky z filtračního materiálu, přes které se filtruje znečištěná voda. Výtěžnost těchto filtrů je okolo 90-95 %, výtěžnost závisí na typu filtrační vložky. Samočistící filtr uvnitř nádrže je z plastového těla s dvěma nátoky, odtokem do kanalizace a odtokem do jímky. Na mírně zaoblenou hranu se nalévá znečištěná voda, čistá projde skrz filtrační jednotku, která je tvořena třívrstvou vložkou s oky 0,35 mm, do nádrže a nečistoty jsou se zbytkovou vodou odvedeny do kanalizace, viz obrázek č. 16 [25].



Obrázek č.16: Samočistící filtr v interním provedení, Ing. Denisa Dvořáková [4]

Do této skupiny filtrů patří i šachtový filtr, který je tvořen stejně jako filtr uvnitř nádrže plastovým tělem a dvěma nátoky, ovšem tento filtr má dvě odtokové roury do kanalizace a jedním odtokem do jímky. Filtr je tvořen drátěným sítom, na které dopadá znečištěná voda, čistá prochází filtrem do nádrže a nečistoty jsou odvedeny spolu se zbytkovou vodou do kanalizace



Obrázek č.17: Šachtový filtr, Ing. Denisa Dvořáková [4]

3.6.2.4 Filtry do tlakového potrubí

Jsou filtry se zpětným proplachem, tudíž zajišťují nepřetržitě dodávanou filtrovanou vodu, i když dochází k čištění filtru. Filtr je tvořen jemným sítkem o hustotě 0,1 mm, které redukuje množství cizích částic ve vodě, např. malé kousky rzi, písečná zrna nebo prachová zrna. Jsou umístěny na výtlačné vedení za čerpadlem. Zajistí bezproblémový chod WC a pračky, viz obrázek č. 18 [25].



Obrázek č.18: Jemný filtr se zpětným proplachem pro montáž do potrubí za čerpadlem, Ing. Denisa Dvořáková [4]

3.6.3 Nádrže na dešťovou vodu

Nádrže mohou být podzemní nebo nadzemní, velikost nádrže je závislá na velikosti střechy a předpokládané spotřebě dešťové vody. Každá nádrž je vybavena bezpečnostním přepadem a přítokem. Nádrže se dělí podle materiálu, z kterého jsou zhotoveny. Máme nádrže plastové, betonové, sklolaminátové nebo ocelové. Pod nádrže patří i zásobníky s plovákovou škrťicí klapkou. Nádrže slouží k dočasnému zadržení a následnému použití dešťové vody.

Podzemní nádrže na dešťovou vodu

Plastové nádrže

V dnešní době patří tyto nádrže mezi nejrozšířenější typ nádrží na dešťovou vodu. Jsou nejčastěji vyráběné z polypropylenu, polyetylénu nebo ze zesíleného plastu skelnými vlákny, v případě nadzemní plastových nádrž je materiál uzpůsoben k tomu, aby zabránil průniku slunečního záření. Plastové nádrže mají několik výhod. Mezi hlavní výhody patří malá hmotnost, odolnost vůči korozi, využití prostoru variabilním uspořádáním. Lze si také zvolit výšku nádrže podle výšky prostoru, kam nádrž bude umístěna. K výhodám patří v poslední řadě i jednoduchá montáž a údržba. Nevýhodou plastových nádrží je neschopnost odbourávat kyselost dešťové vody, kterou musíme odbourat pomocí kousku přírodního vápence. Plastové nádrže dělíme podle toho, zda jsou bezešvé nebo svařované, dále podle tvaru - válcové, viz obrázek č.19, nebo pravoúhlé, viz obrázek č. 20. Plastové nádrže mohou být samostatné nebo určené k obetonování, jímky nádrží se osazují na zhutněný štěrk (většinou říční štěrk neboli kačírek, o průměru zrn 16-32 mm), nebo se tyto nádrže mohou usadit na betonovou desku. Pokud máme snadno propustnou zeminu nebo hrozí nebezpečí velkého množství spodní či podzemní vody, je doporučeno nádrž obetonovat vrstvou betonu o šířce 150-200 mm [8].



Obrázek č.19: Plastová nádrž válcovitého tvaru, Ing. Denisa Dvořáková [8]



Obrázek č.20: Plastová nádrž obdélníkového tvaru, Ing. Denisa Dvořáková [8]

Betonové nádrže

Budují se podobně jako studny, jsou tvořeny z jednotlivých skruží. Betonové nádrže mohou být stejně jako plastové buď válcovitého tvaru, nebo pravoúhlého tvaru, viz obrázek č.21. Velkou nevýhodou je velká hmotnost a s tím spojená složitější montáž. Další nevýhodou je, že během několika desítek let přestane v kontaktních místech těsnit. Tím jsou zasažené pouze monolitické betonové nádrže. Velkou výhodou betonových nádrží je schopnost přirozené neutralizace kyselé dešťové vody. Betonové nádrže díky tvrdosti a vlastnosti betonu jsou odolné vůči velkému vnějšímu tlaku, proto jsou vhodným řešením pod příjezdové cesty [34].



Obrázek č.21: Betonová nádrž. [34]

Sklolaminátové nádrže

Jsou díky svému materiálu velmi lehké, ale zároveň mají vysokou pevnost. Sklolaminátové nádrže se dodávají, na rozdíl od betonových a plastových, pouze ve válcovitém tvaru. Výhodou je lehkost a pevnost materiálu, proto lze i větší nádrže ukládat ručně. Díky vysoké pevnosti a nepropustnosti materiálu lze tyto nádrže použít i bez obetonování, viz obrázek č.22 [7].



Obrázek č.22: Sklolaminátová nádrž [7]

Ocelové nádrže

V současné době jsou pro domácnosti málo použitelné z důvodu ceny a také kvůli tomu, že během několika desítek let mohou korodovat. V současné době jsou tyto

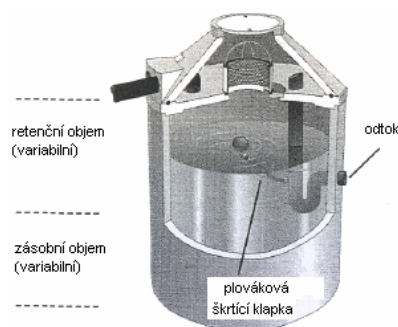
nádrže nejvíce využívány v zemědělství nebo jako požární akumulární nádrže. Díky pevnosti a tvrdosti oceli mohou být umístěny i pod velmi zatěžkaný povrch, jako jsou např. parkoviště. Vlivem pevnosti a stability oceli není nutné u těchto nádrží obetonování, viz obrázek č. 23 [6].



Obrázek č.23: Ocelová nádrž [6]

Zásobníky s plovákovou škrťací klapkou

Používají se, pokud dešťové zásobníky chceme použít nejen k nahrazení vody pitné vodou dešťovou, ale i pro retenci, viz obrázek č. 24. Pokud chceme zásobník použít k využívání dešťové vody, měl by být plný. Pokud chceme zásobník použít k retenci, měl by být prázdný. Je potřeba u těchto zásobníků instalovat uklidňující prvek pro zpomalení vtoku vody, aby nedocházelo k víření sedimentu na dně nádrže. Pomocí odsávacího zařízení se odebírá voda zhruba 150 mm pod horní hladinou, je vhodné u těchto typů nádrží, aby několikrát do roka nádrž přetekla, a tím došlo k odplavení nečistot z hladiny. V těchto nádržích je voda svedená tak, aby se dostával kyslík i do hlubších vrstev vody a zároveň se na dně zásobníku nevířili sedimenty. V poslední řadě je voda vedena tak, aby nevznikal žádný hluk při šplouchání vody [8].



Obrázek č.24: Zásobník s plovákovou škrťací klapkou, Ing. Denisa Dvořáková [8]

3.6.4 Čerpací zařízení

Čerpací zařízení souvisí s uskladněním a následným používáním dešťové vody. Čerpací zařízení se rozdělují podle umístění na: uvnitř nádrží (ponorná, plovoucí sací soupravy) nebo vně nádrží (sací čerpadla).

Ponorná čerpadla

Může se jim říkat čerpadla kalová, mohou se používat i pro odsávání vody při záplavách. Jsou například vybavená plovákem, který je umístěn na hladině. Pokud je v nádrži málo vody a plovák nemůže být umístěn výše pod sklonem větší než 45°, než je sací otvor čerpadla, tak čerpadlo automaticky nesaje. Jsou to čerpadla uzpůsobena k tomu, aby byla celá ponořená pod vodou. Jejich pohonná jednotka je uzpůsobena tak, že pohání oběžné kolo, které svým otáčením vytlačuje ven, díky tomuto principu jsou tyto čerpadla označována za odstředivá. Velkou výhodou těchto čerpadel je relativní tichost a účinnost. Jsou velmi efektivní, protože se umísťují na dno nádrže. Nevýhodou ovšem je špatná přístupnost k čerpadlu pro potřebné opravy a údržbu. Hlavní nevýhodou je koroze těsnění, kvůli této korozi proniká do motoru voda, viz obrázek č. 25 [9].



Obrázek č.25: Ponorné čerpadlo - čerpadlo kalové [35]

Plovoucí sací soupravy

Jedná se o doplňkové soustavy pro samotná čerpadla. Jsou vybaveny sací hadicí, která je nadnášena plovákem, který je umístěn na hladině a díky tomuto může na rozdíl od ponorného čerpadla být voda nasávána cca 10 cm pod hladinou a nikoli ode dna, kde mohou být nasávány i drobné usazeniny a nečistoty jako jsou písková nebo prachová zrna. V sacím otvoru hadice se nachází sací síto, které zabraňuje vniknutí nečistot. Některé typy sacích hadic jsou vybaveny i zpětnou klapkou, která zajišťuje správný chod a eliminuje možnost ucpání, viz obrázek č.26 [8].



Obrázek č.26: Plovoucí sací souprava, Ing. Denisa Dvořáková [8]

Sací čerpadla

Jsou na rozdíl od ponorných čerpadel umístěna mimo nádrž, a to v okruhu do 10 m od nádrže. Lze je rozdělit na jednostupňová a vícestupňová. Vícestupňová mají více oběžných kol. Většina z nich nemůže být použita samostatně, musí být napojeny

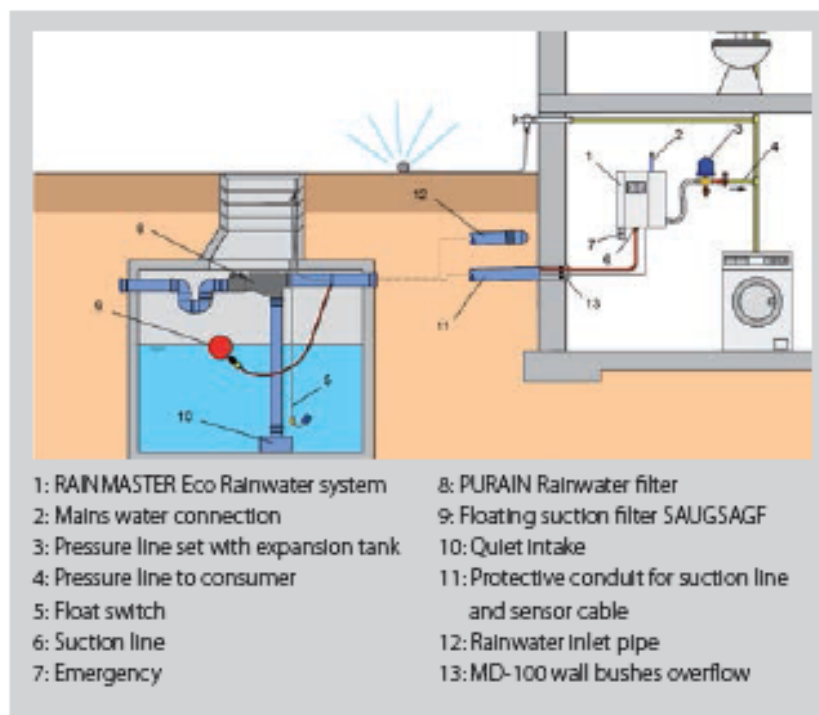
na sací koš a zpětnou klapku. Jednostupňová sací čerpadla díky svému poměrně malému sacímu výkonu a tlaku nejsou použitelná na nic jiného než na závlahy a mytí automobilů. Ovšem vícestupňová sací čerpadla jsou uzpůsobena k zásobení vodou z mnoha vstupů. Výhodou sacích čerpadel, viz obrázek č. 27, je poměrně nízká cena, na druhou stranu nevýhodou je umístění mimo nádrž a tím zabrání prostoru, který by mohl být využit lépe. Další nevýhodou je poměrně nízký výkon a tlak [10].



Obrázek č.27: Sací čerpadlo [10]

3.6.5 Řídící doplňovací jednotky

Řídící jednotky slouží k doplnění pitné vody do systému, pokud je nedostatek dešťové vody, viz obrázek č. 28. Řídící jednotky dokážou automaticky detekovat přítomnost dešťové vody v nádrži, a díky tomu inteligentně přepínat mezi zdroji dešťové vody a pitné vody. Doplnovat pitnou vodu lze dvěma systémy, buď přečerpáním do nádrže, čímž dojde k pročištění nádrže, ale zároveň větší spotřebě pitné vody, anebo přímo do výtlačného potrubí. Podle normy ČSN EN1717 – Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem - musí být odděleny systémy pitné a dešťové vody [11].



Obrázek č.28: Schéma rozvodu a sběru dešťové vody s řídicí jednotkou [36]

3.6.6 Přepadové sifony

Přepadové zápachové uzávěry, viz obrázek č.29, slouží k odvedení přebytečné vody a plovoucí vrstvy nečistot. Průměr sifonů musí být větší, než je přívodní trubka. Sifony jsou chráněny proti vzdučí vody z kanalizace a toho lze docílit umístěním sifonu nad hladinu vzduť vody anebo pokud to není z konstrukčních možností možné, je umístěno do potrubí pojistné zařízení proti vzduť vodě. Do většiny přepadů se umisťuje malá mřížka proti drobným hlodavcům [8].



Obrázek č.29: Přepadový zápachový uzávěr, Ing. Denisa Dvořáková [8]

3.6.7 Hladinové senzory

Slouží k zaslání signálu řídicí doplňkové jednotce v případě, že hladina dešťové vody je příliš nízká. Existuje několik typů hladinových senzorů, jako např. senzory ultrazvukové nebo radarové. Tyto senzory se umisťují nad kapalinu, ideálně na strop nádrže, fungují na principu odrazu zvukové nebo elektromagnetické vlny z hladiny vody a pomocí doby trvání odrazu změří vzdálenost hladiny od přístroje. Pak máme

mechanické snímače, které jsou přichyceny na plováku, plovák se pohybuje s hladinou buď vzhůru, nebo dolů, a tím určuje výšku vodního sloupce v nádrži [12].

3.7 Srážky

Srážky jsou takové částice, které vznikají v atmosféře v důsledku kondenzace vodních par vyskytujících se v atmosféře, na zemském povrchu nebo na předmětech v kapalném nebo pevném skupenství. K akumulaci a následnému padání srážek v atmosféře dochází v různých typech oblaků. Nejznámější typy oblak jsou *Cirrus*, *Cirrocumulus*, *Cirrostratus*, *Altostratus*, *Nimbostratus*, *Stratocumulus*, *Stratus*, *Cumulus* a *Cumulonimbus*.

3.7.1 Dělení srážek

Srážky lze dělit podle skupenství, původu, délky výskytu a příčin vzniku.

3.7.1.1 Podle původu

- Srážky padající (vertikální)

Díky procesu kondenzace dochází v atmosféře k postupnému růstu vodních kapek nebo ledových krystalků. V určitém okamžiku dosáhnou částice takové velikosti, která není schopna se nadále udržet v atmosféře. V důsledku toho, že se srážky již neudrží v atmosféře, dochází k jejich spádu směrem k zemskému povrchu. Trvalé srážky vypadávají nejčastěji z oblaků typu *Nimbostratus* nebo *Altostratus*. Srážky dočasné jsou typické pro teplé a stabilní vzduchové hmoty, většinou se jedná o typy oblak *Stratus* nebo *Stratocumulus*. Přeháňkový charakter mají nejčastěji oblaka *Cumulonimbus*, což jsou bouřkové mraky. [14]

Děšť

Vodní srážky kapalného charakteru vypadávají z oblaků v podobě kapek o průměru nejčastěji větším než 0,5 mm, ale zároveň menším než 7 mm. O dešti můžeme hovořit, pokud mají vodní kapky průměr do 0,5 mm a vypadají hustě [13].

Mrholení

Jedná se o vodní srážky vypadávající z oblaků typu *stratus* tvořené drobnými kapkami o průměru menším než 0,5 mm, nesmí být tak intenzivní a na zemi se hromadí jen velmi málo vody [46].

Sníh

Jedná se o pevné srážky, které jsou složeny z ledových krystalků, které nejčastěji tvoří shluky ve tvaru šesticípé destičky. Pokud je okolní teplota vysoká, tak sníh tvoří velké chomáčky, při teplotách nižších než -5 °C je sníh tvořen menšími samostatnými vločkami [13].

Kroupy

Padají pouze z bouřkových mraků během přeháněk, jsou tvořeny kuličkami z ledu o průměru 5-50 mm. V nejextrémnějších případech mohou kroupy dosahovat hmotnosti okolo 500 g [13].

Zmrzlý déšť

Jsou padající průhledná nebo průsvitná ledová zrna o průměru 5mm. Jedná se o zmrzlé dešťové kapky nebo již dříve roztáté sněhové vločky, mohou mít podobu ledové skořápky, která obsahuje uvnitř vodu a okolo je led [13].

- Srážky usazené (horizontální)

Ke kondenzaci může docházet nejen uvnitř oblak, ale i přímo na zemském povrchu nebo na předmětech na něm (na stromech, budovách, skalách apod.) Vznikají při dotyku se studeným povrchem.

Rosa

Jedná se o usazenou vodní páru na zemském povrchu, rostlinách nebo jiných předmětech. Vznikají díky radiačnímu ochlazení, kdy je zemský povrch ochlazen na úroveň rosného bodu. Kapky mají průměr okolo 1 mm [46].

Jinovatka

Dochází ke vzniku, jestliže je rosný bod nižší než 0 °C. Vodní pára nekondenzuje na kapky rosy, ale mění se přímo na ledové krystalky [46].

Ovlhnutí

Je tvořeno vodními kapkami na návětrných polohách, především na svislých objektech. Vzniká prouděním teplého vzduchu, který se na plochách svislých předmětů ochlazuje, a tím dochází k jeho kondenzaci [13].

Námraza

Jedná se o bílou průhlednou usazeninu složenou ze sněhových trsů na návětrné straně předmětů. Vzniká z mlhy za teplotách okolo -2 až -10 °C. Vyskytuje se především na zemském povrchu, ale může vznikat i na letadlech během letu [13].

Ledovka

Představuje souvislou průhlednou usazeninu ledu. K jejímu vzniku dochází při zmrznutí přechlazených kapiček deště nebo při mrholení na zemském povrchu, jehož teplota je mírně pod bodem mrazu [13].

Náledí a zmrázky

Pokrývají zemský povrch souvislou ledovou vrstvou. Vznik je způsoben zmrznutím nepřechlazenými kapičkami deště nebo mrholení, popřípadě mohou

vznikat mrznutím vody z tajícího sněhu na povrchu o teplotě nižší, než je bod mrazu [13].

3.7.1.2 Podle geografické rozložení

Geografické rozdělení srážek je v úzké souvislosti s cirkulací atmosféry. Srážek ubývá směrem od oceánu do vnitrozemí, naproti tomu s rostoucí nadmořskou výškou srážek přibývá, dokud se nedostane do hranice pásma maximálních srážek, které se vyskytuje cca ve výšce 2-3 km nad hladinou moře. Po překonání tohoto pásma dochází znovu k ubývání srážek. Srážkové úhrny také souvisí s vertikálním členěním georeliéfu, který se projevuje dvěma způsoby.

- Vyvýšené tvary reliéfu

Vyvýšené tvary georeliéfu jako překážky v přirozeném proudění nutí vzduch anabaticky vystupovat podél návětrných svahů. Díky tomu dochází k adiabatickému ochlazení, čímž se snadněji tvoří mraky. Tyto útvary často způsobují zpomalení nebo dokonce úplné zastavení atmosférické fronty. Vzduchové hmoty oddělené vyvýšeným tvarem reliéfu prohlubují fyzikální rozdíly mezi těmito hmotami, tím dochází ke zvýšení srážkových úhrnů. Takto vzniklým hmotám se říká návětrí. Nejznámější světové návětrí je návětrná strana Himalájí, v ČR máme největší návětrné strany v Jeseníkách, Beskydech a Krkonoších. Opačná strana návětrí je pojmenována jako závětrná strana, v ní dochází k vytvoření srážkového stínu [47].

- Expozice svahů ke světovým stranám

Jižní svahy jsou intenzivněji ozařované slunečním zářením, což vede k prohřívání přízemní atmosféry, a tím dochází ke vzniku konvekce. Díky prohřáté přízemní atmosféře dochází ke vzniku kupovité oblačnosti a to vede k intenzivnějšímu vypadávání srážek [47].

V tropických oblastech jsou typické srážkové úhrny vyšší než 2000 mm. K několikanásobnému vyššímu úhrnu srážek dochází v povodí Amazonky, v Indonésii a Tichomořských ostrovech, hodnoty na těchto místech dosahují přes 6000 mm. Nejvyšší srážkový úhrn na Zemi je v Čerápuňdží v Indii, kde jsou hodnoty přes 11000 mm [13].

Subtropické oblasti jsou srážkově chudé, hodnoty ročního srážkového úhrnu zde nepřekračují 200 mm. Charakter srážek v subtropických oblastech je typický pro místa s kontinentálním charakterem srážek [47].

V mírných zeměpisných šířkách jsou vyšší srážkové úhrny, to je způsobeno vyšší oblačností a intenzivnější cyklonální činností. Srážkové úhrny směrem do vnitrozemí se pohybují v rozmezí 500-1000 mm, na západním pobřeží se pohybují hodnoty mezi 300-500 mm [13].

Velmi suché oblasti jsou polární zeměpisné šířky, hodnoty srážkového úhrnu se zde pohybují mezi 200-300 mm [13].

V ČR jsou srážkové úhrny v rozmezí od 410 mm (Žatecká pánev) do více než 1700 mm (Jizerské hory). Na 60 % území dosahují srážky hodnot v rozmezí 600-800 mm [48].

3.7.1.3 Podle příčin vzniku

Dle příčin vzniku dělíme 3 různé typy srážek. Prvním typem jsou srážky konvekční, většinou mají přehánkový charakter. Dalším typem jsou srážky orografické, vznikají díky terénním překážkám (malé kopce, hory...). Posledním typem srážek jsou cyklonální srážky, mají trvalý charakter a intenzita je závislá na vlhkosti vzduchu.

- Srážky konvekční

Nastávají při ohřátí zemského povrchu sluneční energií a následném odpařování vodní páry z povrchu. Ohřátý vzduch expanduje a vstupává vzhůru. Tím, jak vzduch stoupá, dochází k ochlazení a jeho kondenzaci. Tento typ srážek se akumuluje většinou v oblacích typu *Cumulus*, což jsou bouřkové mraky. Konvekční srážky jsou typické pro oblasti tropických oblastí, ale vyskytují se např. i v jihovýchodní Anglii. K těmto srážkám dochází během teplého období roku. V ČR se vyskytují tyto srážky nejčastěji v letních horkých měsících [15].

- Srážky orografické

Jejich vznik je spojen se zvedáním vlhkého vzduchu a jeho pohybu přes horské překážky. Jak vzduch stoupá a ochlazuje se, dochází ke vzniku orografických mraků, které jsou většinou typu *Alto cumulus*, *Strato cumulus* nebo *Cumulus*. Po svahu horského objektu směrem vzhůru proudí vlhký vzduch, po dosažení určité výšky dojde ke tvorbě orografického mraku, ze kterého vypadají srážky na návětrí horského objektu. Některé srážky přepadnou přes vrchol horského objektu, těm se říká přelévání. Na závětrné straně jsou srážky minimální, vzniká zde srážkový stín [16].

- Srážky cyklonální

Jsou způsobeny zvednutím vzdušné hmoty díky tlakovému rozdílu. Cyklonální srážky mohou být čelní nebo nečelní.

Čelní srážky jsou výsledkem zvedání teplého a vlhkého vzduchu v čele nad chladnější vzduch. Dochází ke vzniku oblačnosti při vytlačení teplého a vlhkého vzduchu na čelo studené fronty, častou vznikají přeháňky a bouřky.

Nečelní srážky mohou vznikat v několika případech. Prvním možným případem je, pokud dojde k nízkému tlaku v oblasti (cyklóna), bude vzduch proudit vodorovně z oblasti s vysokým tlakem, čímž dojde ke zvednutí vzduchu v oblasti nízkého tlaku. Zvednutý teplý vzduch se začne ochlazovat a dojde tak k frontálním cyklonálním srážkám. Dalším případem je studená fronta, což znamená, že studený a hustý vzduch zvedne teplý a vlhký vzduch. Jakmile dojde ke zvednutí, teplý vzduch začne kondenzovat a vytvářet srážky. Vzniká prudký a stoupavý pohyb, který vede

k rozvoji přeháněk a občasných silných bouřek. Poslední možností je teplá fronta, kdy stoupá teplý, méně hustý vzduch přes chladnější vzduch ještě před frontou. Opět dochází ke stoupání a kondenzaci teplého vzduchu. Teplé fronty se pohybují pomaleji než fronty studené a mají menší sklon. Vznikají slabé až střední srážky, které jsou obvykle ustálené [17].

3.7.2 Získávání dat

K získávání informací o dešťových i sněhových srážkách slouží Český hydrometeorologický ústav. K měření srážkových úhrnů dochází pomocí sítě srážkoměrných stanic. Rozložení srážkových stanic je určeno podle působení orografických a meteorologických poměrů. Nej hustší síť srážkoměrných stanic se vyskytují v oblastech s největším ročním srážkovým úhrnem, tedy v horských oblastech.

3.7.2.1 Český hydrometeorologický ústav

Jedná se ústřední státní orgán spravovaný Ministerstvem životního prostředí. Úkolem ČHMÚ je kontrola kvality ovzduší, meteorologie, klimatologie a hydrologie. Dále se věnuje hydrologickým předpovědím a předpovědi počasí. Další důležitou činností je predikce srážkových úhrnů a modelování srážkoodtokových procesů.

3.7.2.2 Měření srážkového úhrnu

Měřit srážkový úhrn lze několika možnými přístroji a postupy, ať už to jsou různé typy srážkoměrů neboli hyetometrů, anebo totalizátor. Přístroje na měření srážkových úhrnů jsou rozděleny podle toho, jaké skupenství srážek budou měřit – pevné, kapalné, plynné (měřiče na vzdušnou vlhkost – humidity), nebo na přístroje měření dešťových a sněhových srážek.

Přístroje na měření dešťových srážek

U kapalných srážek je důležité, aby plocha byla větší než 200 cm². Nejvýhodnější je použít kolektor s rozměrem 200-500 cm². Nejdůležitější požadavky podle (WMO 2008):

Okraj kolektoru musí mít ostrou hranu, která bude z vnější strany zkosena. Kolektor se musí navrhovat tak, aby nedocházelo ke stříkání deště dovnitř a ven. Důležitý je také sklon samotného sběrného trychtýře, který by měl být dostatečně strmý, minimální sklon je 45 %. Srážkoměrný válec musí mít průměr jako 1/3 průměru okraje kolektoru, jeho vstup by měl být úzký a chráněn před slunečním a tepelným zářením, aby nedocházelo ke ztrátě vody evaporací [40].

Hyetometry

Typickým srážkoměrem je ombrometr, viz obrázek č. 30, který je tvořen kovovou nádobou s nálevkou s vodorovnou záchytnou plochou 500 cm². Horní část ombrometru je ve výšce 1 m nad terénem. Voda odtéká z nálevky do

konvice o objemu 2 l, následně je voda vлита do srážkoměrného válce. Srážkoměrné válce jsou kalibrovány v [mm] s přesností na 0,1 mm. Pomocí ombrometru dochází k měření srážek vždy v 7.00 hodin ráno a údaje jsou zapisovány k předchozímu dni [18].



Obrázek č.30: Ombrometr [37]

Druhým hyetometrem je ombrograf. Je tvořen podobně jako ombrometr kovovou nádobou s nálevkou o ploše 250 cm². Ovšem u tohoto hyetometru dochází k zaznamenávání průběhu srážek v čase. Voda zde neodtéká do srážkoměrného válce ale do plovákové komory, v které se vyskytuje plovák, který je napojen na tlaková nebo ultrazvuková čidla pro snímání výšky vodní hladiny. Pomocí tohoto typu hyetometru lze určit i intenzitu deště [18].

Poměrně složitým hyetometrem je člunkový srážkoměr, viz obrázek č.31, který obsahuje překlápěcí člunek. Je to dutý hranol s trojúhelníkovou podstavou rozdělený na dvě poloviny. Záchytný člunek se vyskytuje většinou v objemu 250 cm³ nebo 500 cm³. Funguje tak, že voda vtéká do jedné poloviny člunku a po dosažení určitého množství dojde k převážení prázdné poloviny člunku. Voda je následně vylita a zaznamená se překlopení člunku. Pokud jsme schopni zjistit, při jakém množství vody dojde k překlopení člunku, jsme schopni určit, kolik a v jaké intenzitě spadly srážky. Nevýhodou tohoto zařízení je potřeba téměř neustálé kalibrace, která nám reprezentuje 25 % z celkové chyby měření. Ke zvýšení chyby může dojít s větší intenzitou deště [19].



Obrázek č.31: Člunkový srážkoměr [38]

Dalším hmetrem je váhový srážkoměr, viz obrázek č.32, v němž dochází k shromažďování a okamžitému vážení vody. Většina váhových srážkoměrů nemá žádnou pohyblivou se mechanickou část ve vážícím mechanismu, nastává pouze pružná deformace. Díky absenci mechanických pohyblivých částí není potřeba taková údržba a nedochází k degradaci zařízení. K vážení může dojít pomocí tlakového snímače, měření frekvence kmitání struny nebo elektrickou vahou, která je z těchto metod nejvyužívanější. U váhových srážkoměrů se obvykle vyskytuje jednominutový výstupní cyklus dat. Výsledné množství srážek je zaznamenáno s přesností od 0,01 až 0,1 mm [20].



Obrázek č.32: Váhový srážkoměr [39]

Posledním hmetrem je disdrometr, viz obrázek č.33, který patří mezi nejmodernější zařízení na měření srážek. Jedná se o zařízení nárazového typu, které odvozuje velikost kapek z naměřené rychlosti nárazu na vzorkovací plochu 50 cm². Velikost kapek je odvozena prostřednictvím empirického nelineárního

vztahu mezi rychlostí pádu a průměrem kapky ve vakuu. Kapky jsou roztříděny do 20 velikostních tříd. Nevýhodou je náchylnost zařízení na okolní hluk [21].



Obrázek č.33: Disdrometr [41]

Totalizátor

Používá se k měření srážkových úhrnů za delší časové období, měsíce až roky, na těžko dostupných místech. Skládá se z válcovité nádoby, která je opatřena speciálním Nipherovým kuželem. Samotná válcovitá nádoba je postaven ve výšce 3-4 m. Tímto přístrojem lze měřit jak kapalné, tak pevné srážky, viz obrázek č.34 [18].



Obrázek č.34: Totalizátor [42]

Přístroje na měření sněhových srážek

Sněhoměrné latě

Latě se umístí na místě, které není ovlivňováno větrem. Výšku sněhové pokrývky měříme s přesností na 1 cm, měření obvykle probíhá stejně jako u ombrometru v 7.00 hod ráno.

Sněhoměrné destičky

Slouží k určení výšky nově napadeného sněhu. Destičky jsou v rozměru 30 x 30 cm a umístí se na výšku sněhové pokrývky. Destičky obsahují nádoby srážkoměru, v těchto nádobách se nechá nově napadlý sníh roztát a změří se množství srážek jako u deště v [mm] [18].

3.8 Navrzení doplňujících technologií v kombinaci se sběrači dešťové vody

K technologii sběru a využití dešťové vody by se současně hodily i doplňující technologie určené k jiným účelům. Těmi by mohly být solární kolektory na ohřev vyčištěné dešťové vody a její následném použití pro vytápění domu. Další doplňující technologii v kombinaci se sběračem dešťové vody by mohla být domácí čistička odpadních vod, a to v případě, že by objekt nebyl schopný se připojit k obecní či městské čističce odpadních vod. V kombinaci s využitím dešťové vody by mělo cenu i využití šedé vody. V objektech blízko malých vodních toků by stálo za zvážení využití malé vodní elektrárny.

3.8.1 Solární kolektory

Slouží k ohřevu vody nebo k přitápění. Tento typ solárně-termických kolektorů funguje na principu přeměny sluneční energie na teplo. Sluneční záření je zachyceno na absorpční vrstvě kolektoru, k níž je tepelným vodivým spojem přichyceno potrubí, díky kterému proudí kapalina nebo plyn a následně dochází k odvedení kapaliny nebo plynu do zásobníku, kde dochází k ohřevu vody, viz obrázek č. 35.

Pokud by se pomocí potrubí zavedla vyčištěná dešťová voda místo vody pitné, došlo by tak ke snížení spotřeby pitné vody za účelem vytápění. V zásobníku, kde by došlo k jejímu následnému ohřevu, by mohla dešťová voda sloužit k podpoře vytápění objektů. Solární kolektory mohou snížit náklady na vytápění elektrickou energií objektů zhruba o 40–60 %. V kombinaci s dešťovou vodou by docházelo k šetření financí nejen díky podpoře vytápění solárními kolektory, ale i snížením nákladů na vodu potřebou pro vytápění [22].



Obrázek č.35: Solární kolektor [22]

3.8.2 Domáci čistírny odpadních vod

Tato doplňující technologie by byla použitelná pouze v případě, že objekt nemá možnost připojení na místní či obecnou čističku odpadních vod. Čistička odpadních vod s kombinací s využitím dešťové vody by byla použitelná např. u rekreačních objektů či budov v obci, které nemají kanalizační systém. Princip malých domácích čistíren odpadních vod je stejný jako u velkých čistíren. Nejprve se provádí mechanické čištění, kde dochází k odstranění hrubých nečistot. Následují česle a sedimentace a na závěr biologické čištění pomocí mikroorganismů za nebo bez přístupu kyslíku. Některé systémy mohou pracovat na bázi chemického čištění. Voda vyčištěná pomocí čistírny může být použita např. k závlahám na zahradě, viz obrázek č. 36.

Přímá kombinace využitelnosti sběru dešťové vody a domácích čistíren odpadních vod není. Ovšem pokud se objekt vyskytuje na místě bez kanalizační sítě, tak je vhodné použít domácí čistírnu odpadních vod. Vzhledem k tomu, že se v objektu nevyskytuje kanalizační síť, je pravděpodobné, že cena pitné vody bude vyšší. Zde přichází prostor pro využití technologie sběru dešťové vody, což povede ke snížením nákladů na pitnou vodu [23].

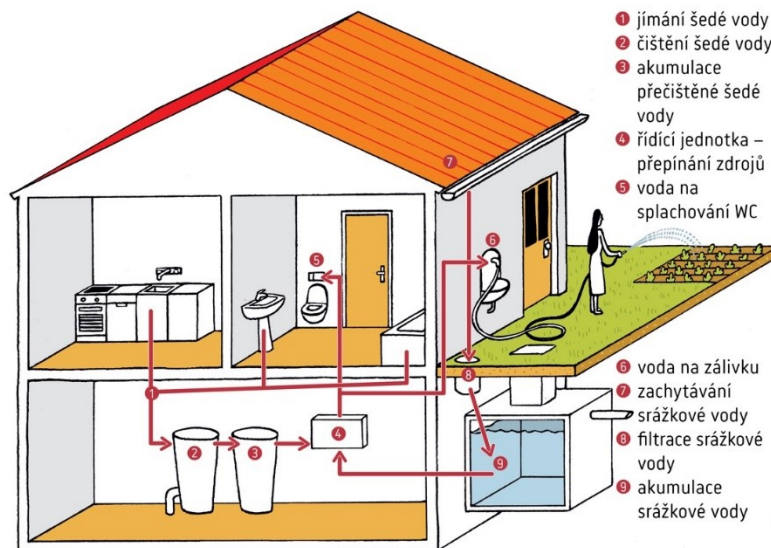


Obrázek č.36: Domáci čistička odpadních vod [23]

3.8.3 Využití vody šedé

Šedé vody jsou podle EN 12056 splaškové odpadní vody neobsahující fekálie a moč. Šedé vody odtékají z umyvadel, van, sprch a kuchyňských dřezů. Šedé vody lze použít v domácnostech úplně stejně jako vody dešťové, tedy na splachování, praní a závlahy. Pro další použití šedých vod potřebujeme čistírnu šedých vod, která funguje na principu aerobních biologických procesů a je vybavena membránovou technologií, díky čemuž je vyčištěná voda zbavena většiny virů a bakterií.

Využití šedé vody v kombinaci s vodou dešťovou může být vhodná během srážkově chudých měsíců, viz. obrázek č.37 [24]. V období dešťů lze používat dešťové vody a v období mimo dešťů používat vody šedé. Další možností kombinací obou technologií je využití obou typů vod současně - pořídit si nádrž s větší kapacitou, než je potřebná kapacita nádrže pro daný objekt a zároveň si pořídit čistírnu šedých vod. viz obrázek č.37 [24].



Obrázek č.37: Schéma využití šedé vody a dešťové vody [33]

3.9 Legislativa

3.9.1 Přehled legislativy

- Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách
- Nařízení vlády č.61/2003 Sb. (novelizace č. 229/2007 Sb.), o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a kanalizací a o citlivých oblastech.
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích.
- Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu ve znění pozdějších předpisů.

3.9.2 Přehled norem

Přehled norem (ty se týkají především odpadů a rozvodů, pro hospodaření s dešťovou vodou neexistuje v ČR zatím žádný noremní podklad):

- ČSN EN 12056-3 (75 6760) Vnitřní kanalizace, Odvádění dešťových vod ze střech – Navrhování a výpočet
- ČSN EN 75 6261 Dešťové nádrže

- ČSN EN 17176 Plastové potrubní systémy pro rozvody vody a tlakové kanalizační přípojky, stokové sítě a odvody dešťové vody uložené v zemi i nad zemí – Molekulárně orientovaný neměkčený polyvinylchlorid (PVC-O)
- ČSN EN 1717 Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem
- ČSN EN 806-1 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě – Část 1: Všeobecně je podle třídícího znaku 73 6660 zařazena do třídy 73 NAVRHOVÁNÍ a PROVÁDĚNÍ STAVEB
- ČSN EN 806-2 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě - Část 2: Navrhování je podle třídícího znaku 75 5410 zařazena do třídy 75 VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ
- ČSN EN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod
- ČSN 75 5409 Vnitřní vodovody
- ČSN EN 13076 (75 5461) Zařízení na ochranu proti znečištění pitné vody zpětným průtokem – Neomezený volný výtok – Skupina A – Druh A
- ČSN EN 13077 (75 5418) Zařízení na ochranu proti znečištění pitné vody zpětným průtokem – Volný výtok s nekrhovým přepadem (neomezený) – Skupina A – Druh B
- ČSN EN 75 6760 Vnitřní kanalizace
- ČSN EN 16941-1 Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod [28]

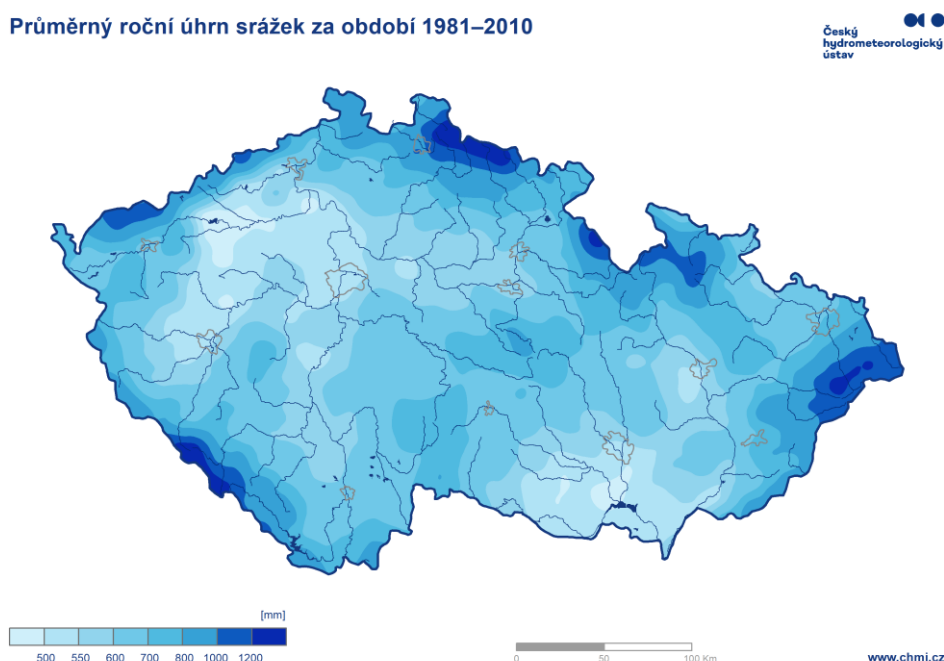
4. METODIKA

Metodika se zabývá návrhem systému na sběr a následné využití dešťové vody v 3 konkrétních typech stavebních objektů. Bude se jednat o rodinný dvougenerační dům s rozsáhlou zahradou, jeden z panelových domů na sídlišti a velkoprostorovou halu sloužící jako skladiště. V metodice budou zpracované i výpočty pořizovacích nákladů a vrácení investic do budoucna. Součástí metodiky jsou technické výkresy s technologií sběru a následného rozvedení dešťové vody.

4.1 Podkladová data

Rodinný dům a panelový dům se nachází v městě Táboře, kde se roční průměrný srážkový úhrn pohybuje v rozmezí od 600 do 700 mm, jak je patrné z dat od ČHMÚ. Velkoprostorová hala se nachází v Soběslavi, kde je srážkový úhrn stejný jako v Táboře, tedy 600-700 mm.

Průměrný roční úhrn srážek za období 1981–2010



Obrázek č. 38: Průměrný roční úhrn srážek za období 1981–2010 [42]

Rodinný dům byl zvolen, protože se jedná o typický rodinný dům s nádvořím a zahradou, navíc se jedná o samostatně stojící jednotku. Dům se nachází v katastrálním území Tábor. Jedná se o dvougenerační dům nacházející se na parcelním čísle 1248 se zastavěnou plochou 210 m². V domě se nachází 4 trvale žijící osoby. K tomuto domu náleží velký terasovitý pozemek rozdělení do několika menších katastrálních celků. Celková výměra pozemku náležícího k domu je 8562 m² z toho 500 m² slouží jako obhospodařovaná půda, která je potřeba zalévat. Zbytek pozemků tvoří sad [50]. Tyto dílčí části pozemku mají různý sklon, nejedná se o rovné pozemky, přibližný sklon lze určit z kódu BPEJ. Vyskytuje se zde celkem 6 dílčích pozemků, které nesou nějaké označení BPEJ. Nejrozšířenějším kódem BPEJ je zde

7.40.78, který má výměru 4586 m², a má výrazný sklon pohybující se mezi 12-17°. Druhým nejrozšířenějším kódem BPEJ je na tomto pozemku kód 7.68.11, který má výměru 3193 m² se sklonem mezi 3-7 °, většina tohoto typu slouží především k pěstování plodin či rekreaci, tudíž je nutno ho zavlažovat [49]. Pro rodinný dům je podán návrh využití dešťové vody na závlahy, splachování pro obě obydlí patra domu, mytí vozidel a komunikací. V rodinném domě se ročně spotřebuje 450 m³ pitné vody.

Bytový dům je typickým zástupcem bytové zástavby na panelových sídlištích, nacházející se v Táboře na parcelním čísle 1580/100 a s čísly popisnými 2679 a 2680. Jedná se o bytovou jednotku s 26 dílčími bytovými jednotkami, s celkem 24 majiteli, dvě bytové jednotky patří stavebnímu družstvu Tábor. Panelový dům má zastavěnou plochu 419 m², v tomto panelovém domě se vyskytují dva vchody. Panelový dům má plochou střechu s vnitřním svodem dešťové vody, která není dále využívána a je napojena na kanalizační síť Tábor.

Velkoprostorová hala je v práci zvolena, protože se jedná o typický velkoprostorový objekt využívaný jako skladiště. Hala se nachází v Soběslavi na parcelním čísle 3664/28 s celkovou zastavěnou plochou 420 m². Velkoprostorová hala slouží jako sklad s 3 stálými zaměstnanci. Vzhledem k velikosti střechy objektu a využitelnosti dešťové vody pouze na občasné splachování by bylo vhodné použít na potřeby využití pouze část střechy a zbytek střechy zavést do 12 m vzdálené umělé vodní nádrže, do které je odvodňována nedaleká zemědělská půda. Bylo by rozumnější jak ekonomicky, tak i ekologicky odvádět dešťovou vodu místo do kanalizace do této umělé vodní nádrže.

4.2 Instalace technologie, výpočty potřebné k návrhu

Pro všechny 3 typy zástaveb je použit kalkulátor možnosti využití dešťové vody dle metodického postupu Zdeňka Reinberta [51]. Vstupní data do kalkulátoru : průměrný srážkový roční úhrn = j [mm/rok], využitelná plocha střechy = P [m²], koeficient odtoku střechy = f_s , koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot = f_f . Ze vstupních dat dopočteme množství zachycené srážkové vody = Q [m³/rok]. Dále je potřeba spočítat objem nádrže dle spotřeby = V_v a objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody = V_p . Pro výpočet objemu nádrže dle spotřeby potřebujeme počet obyvatel v domácnosti = n , celková spotřeba veškeré vody na jednoho obyvatele a den = S_d [l], koeficient využití srážkové vody = R , koeficient optimální velikosti = z . K výpočtu objemu nádrže dle množství využitelné srážkové vody je zapotřebí pouze Q a z . Poslední částí kalkulátoru je potřebný objem a optimalizace návrhu objemu nádrže = V_N , k tomu je zapotřebí V_v a V_p . Výsledný potřebný objem se vždy uvažuje ten, který je z objemů V_v a V_p menší. Výsledkem tohoto kalkulátoru je vyhodnocení situace, tedy optimální či neoptimální situace. Zda se jedná o optimální či neoptimální situaci, je potřeba posoudit, zda je v souladu plánovaná spotřeba a množství využitelné srážkové vody. Optimální situace je dosažena v případě, že se hodnoty V_v a V_p neliší o více než 20 %. O optimální situaci se nejedná v případě, že se hodnoty V_v a V_p liší o více než 20 %. V případě neoptimální situace je závěr takový, že spotřeba srážkové vody je menší než možnosti střechy nebo spotřeba srážkové vody je větší než možnosti střechy. Při výpočtu návrhu systému na využití dešťové vody je vhodné postupovat dle následujícího postupu: navrhnout dispozici systému, posoudit vhodnost povrchu střechy pro zachycování srážkových vod, stanovit objem akumulární nádrže, vybrat prvky

systemu od některého z výrobců a zvolit jejich uspořádání, zvolit způsob odvádění srážkové vody mimo systém, vybrat případná doplňková zařízení [51].

Následně na kalkulátor možnosti využití dešťové vody navazuje kalkulátor velikosti nádrže od firmy Nicoll [52]. Firma Nicoll byla do výpočtů velikosti nádrže použita, protože firma je v rámci skupiny ALIAXIS lídrem trhu sanitárních instalací a odvodnění staveb a současně taky z důvodu návrhu doporučené celé soustavy k retenční nádrži. Pro samotný výpočet velikosti nádrže je zapotřebí znát průměrný roční srážkový úhrn [mm], plochu odvodňované plochy [m²], počet trvale žijících osob a plocha zahrady pro zálivku [m²]. Pro získání objemu nádrže je zapotřebí vypočítat dostupný objem ze střechy, potřebu pro využití v domě, potřebu na zálivku, potřebu celkem. Na základě celkové potřeby je doporučená velikost nádrže a zároveň navržený nejvyšší objem nádrže. Pro výpočet se počítá třítydenní dostupný objem ze střechy, třítydenní spotřeba vody v domě a třítydenní potřeba pro zálivku. Dostupný objem ze střechy se vypočítá jako plocha [m²] * srážkový úhrn [m], tím získáme hodnotu [m³/rok], kterou je následně potřeba převést na tři týdenní hodnotu [(m³/rok)/365*21]. Spotřeba vody na splachování v domě se vypočítá jako počet osob * spotřeba vody na jedno spláchnutí [m³] * počet dní, dle výrobce je uvedena spotřeba na 42 l/os/den. Spotřeba vody pro zálivku zahrady se vypočítá jako plocha zahrady [m²] * potřeba vody [m³/m²/rok] / 365*21. Celková potřeba vody se rovná součtu potřeby vody v domácnosti a potřeby vody na zálivku, na základě hodnoty celkové spotřeby se určí velikost nádrže.

4.2.1 Rodinný dům – samostatný komplex

Rodinný dům má čtvercový půdorys s obdélníkovým výklenkem o ploše 150m², k tomuto domu přiléhá ještě garáž též čtvercového půdorysu o ploše 45 m². Mezi garáží a domem se vyskytuje objekt sloužící jako dílna o ploše 15 m² [50]. Situační náčrt domu, garáže a dílny s návrhem umístění retenční nádrže je zobrazen na výkresu č. 1. Střecha rodinného domu je v současné době odvodňována pomocí dvou okapových svodů, jeden se vyskytuje v severním rohu výklenku a druhý v severozápadním rohu domu. Oba svody jsou napojeny zvláště na veřejnou kanalizační síť. U garáže je dešťová voda odváděna pouze z jedné poloviny střechy, a to pomocí okapového svodu, který se vyskytuje v severozápadním rohu a je odváděn potrubím a připojen na severní svod z rodinného domu. Z objektu mezi garáží a domem v současné době není dešťová voda nijak odváděna. Pro tento konkrétní případ se bude do výpočtů uvažovat průměrný roční srážkový úhrn 650 mm, odvodňovaná plocha 210 m², 4 stále žijící osoby a 500 m² určených pro zálivku, výpočty jsou patrné z tabulek č. 6 až 10.

Návrh umístění retenční nádrže na dešťovou vodu je v tomto případě udělán tak, že by se nádrž umístila před výklenek rodinného domu, na místo, které je pochozí ale nikoliv pojízdné. Od tohoto prostoru je ideální rozvod dešťové vody pro splachování dvou WC, externí kohout pro zálivku zahrady a přípojku odpadního potrubí na veřejnou kanalizační síť. Schematický řez objektu je znázorněn na výkresu č.2 a objekt se zobrazením rozvodu dešťové vody pro splachování v domě je zobrazen na výkresu č.3.

4.2.2 Bytový dům – velký komplex

Bytový dům má obdélníkový tvar s dvěma vchody o celkové zastavěné ploše 419 m² [50]. Bytový dům je v současné době odvodňován dvěma mezistřešními žlaby uvnitř objektu, dešťová voda není nijak dále využívána a je odvedena veřejnou kanalizační sítí. V bytovém domě se vyskytuje 26 bytových jednotek, pro výpočet potřeby vody budeme uvažovat 2 stále žijící osoby na jednu bytovou jednotku. Ve vzdálenosti 25 m se od tohoto bytového domu nachází venkovní hřiště, u kterého je dešťová voda odváděna do sítě veřejné kanalizace a dále se nevyužívá. Hřiště má celkovou plochu 125 m² [50]. Dešťová voda z tohoto hřiště by mohla být odváděna místo do kanalizace do retenční nádrže pro bytový dům, tím by se zvětšila odvodňovaná plocha. Situační náčrt bytové jednotky a hřiště společně s návrhem umístění retenční nádrže je zobrazen na výkresu č.4. V tomto případě je do výpočtu brán stejný srážkový úhrn jako u rodinného domu, tedy 650 mm/rok, odvodňovaná plocha 544 m² a 52 žijících osob. Na zálivku zde není potřeba žádná, proto je nižší koeficient využití dešťové vody, výpočty jsou patrné z tabulek č. 11 až 15.

4.2.3 Velkoprostorová hala

Velkoprostorová hala má tvar obdélníku s obdélníkovým přístavbou o celkové ploše 420 m² [50]. Hala je v současné době odvodňována pomocí podokapních žlabů s 5 okapními svody. Potřeby nahraditelné vody v objektu jsou nižší než možnosti střechy, vzhledem k výskytu 3 osob vyskytujících se v objektu pouze 8 hodin denně každý pracovní den. Bylo by zde vhodné, aby nepotřebná dešťová voda byla odváděna místo do kanalizace tak do 12 m vzdálené umělé vodní nádrže. Situační náčrt objektu s návrhem umístění retenční nádrže je zobrazen na výkresu č. 4. Bude se zde počítat s tím, že nahraditelnost dešťové vody není 32,5 % jako u bytového domu a ani 50 % jako u rodinného domu, ale bude zde 90 % zbylých 10 % ze spotřeby vody tvoří spotřeba vody ve společenské místnosti a voda určená k mytí rukou. Velikost střechy v tomto objektu neodpovídá potřebám pro využití, a tudíž zde bude počítáno pouze s plochou 90 m², srážkovým úhrnem 650 mm/rok a 3 obyvateli. Potřeba pro zálivku zde není žádná. Zbylá plocha střechy bude odvodňována do nedaleko umístěné umělé vodní nádrže, výpočty jsou patrné z tabulek č. 16 až 20.

5. VÝSLEDKY

5.1 Rodinný dům – samostatná jednotka

Posouzení možnosti využití dešťové vody pro rodinný dům.

Tabulka č. 6: Množství zachycené srážkové vody pro rodinný dům, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Množství zachycené srážkové vody			
Množství srážek	j=	650	mm/rok
Využitelná plocha střechy	P=	210	m ²
Koeficient odtoku střechy	f _s =	0,75	pálené tašky
Koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot	f _f =	0,9	
Množství zachycené srážkové vody	Q=	92,1375	m³/rok

Tabulka č. 7: Objem nádrže dle spotřeby pro rodinný dům, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Objem nádrže dle spotřeby			
Počet obyvatel v domácnosti	n=	4	
Celková spotřeba vody na jedno obyvatele	S _d =	150	l/den
Koeficient využití srážkové vody	R=	0,5	
Koeficient optimální velikosti	z=	20	
Objem nádrže dle spotřeby vody	V_v=	6	m³

Tabulka č. 8: Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody pro rodinný dům, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody			
Množství odvedené srážkové vody	Q=	92,1375	m ³ /rok
Koeficient optimální velikosti (-)	z=	20	
Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody	V_p=	5,0	m³

Tabulka č. 9: Potřebný objem a optimalizace návrhu objemu nádrže pro rodinný dům, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Potřebný objem a optimalizace návrhu objemu nádrže			
Objem nádrže dle spotřeby	$V_V =$	6	m ³
Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody	$V_P =$	5,0	m ³
Potřebný objem nádrže	$V_N =$	5,0	m ³

Z rovnice je patrné, že se v tomto případě jedná o optimální situaci.

$$\frac{abs(V_V - V_P)}{V_N} \leq 0.2$$

Tabulka č. 10: Základní výpočty pro velikost nádrže pro rodinný dům, vypočteno dle metodiky [52], zdroj: vlastní

Dostupný objem ze střechy	7,85	m ³
Potřeba vody pro využití v domě	3,53	m ³
Potřeba na zálivku	4,32	m ³
Potřeba celkem	7,85	m ³
Doporučená velikost nádrže	7,85	m ³
Nejvyšší vyšší objem nádrže	8,50	m ³

Z tabulky č. 10 je patrné, že dostupný objem vody ze střechy je stejný jako celková potřeba dešťové vody. Na základě hodnot z tabulky č.10 je od výrobce Nicoll navržena doporučená sestava obsahující plastovou nádrž, šachtovou kopuli, PE poklop, filtrační šachtu DN 400, čerpací sadu Essential s příslušenstvím, tlakovou nádobu bezúdržbovou a sadu filtrů. Plastová oválná nádrž COLUMBUS XL o objemu 8500 l, délce 3500 mm, šířce 2040 mm, výšce 2085 mm bez kopule a 2695 s kopulí a hmotnosti 380 kg. Nádrž není potřeba obetonovávat [52].

V tomto případě je potřeba ke dvěma z okapových svodů přidat ještě filtrační podokapový hrnec neboli filtrační nátokovou šachtu o průměru DN 500 z důvodu zachycení hrubých nečistot před vedením dešťové vody z jedné strany domů a objektu k druhé straně, kde se bude vyskytovat retenční nádrž.

Pořizovací náklady celé soustavy 110 890,- bez DPH, v ceně je zahrnuta nádrž s příslušenstvím, čerpací sada Essential, tlaková nádoba bezúdržbová, sada malých filtrů, filtrační nátoková šachta a potrubí potřebné pro rozvod dešťové vody [52]. V ceně není zahrnuto potrubí potřebné k dovedení dešťové vody od okapů. Celkové náklady, včetně potrubí potřebného k dovedení dešťové vody k nádrži a dvěma filtračními hrnci, by byly 187 852,5,- s DPH. Velikost dotace na hospodaření s dešťovou vodou odvozena od účelu jejího následného použití, v tomto případě je dešťová voda využívána pro zálivku zahrady, mytí vozidel, komunikace a splachování WC. Dotace pro tento případ činí 46 800,- Kč [33], což by znamenalo snížení pořizovacích nákladů z 187 852,5 na 141 052,5 Kč. Budeme-li počítat, že

bude dešťová voda využívána pro splachování WC, zálivku zahrady, mytí vozidel a komunikace, znamenalo by to úsporu 40 % z denní spotřeby pitné. To znamená z celkové spotřeby 450 m³/rok by se ročně spotřebovalo 270 m³/rok.

5.2 Bytový dům – velký komplex

Posouzení možnosti využití dešťové vody pro bytový dům.

Tabulka č. 11: Množství zachycené srážkové vody pro bytový dům, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Množství zachycené srážkové vody			
Množství srážek	j=	650	mm/rok
Využitelná plocha střechy	P=	544	m ²
Koeficient odtoku střechy	f _s =	0,6	asfalt s násypkem křemíku
Koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot	f _f =	0,9	
Množství zachycené srážkové vody	Q=	190,944	m ³ /rok

Tabulka č. 12: Objem nádrže dle spotřeby pro bytový dům, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Objem nádrže dle spotřeby			
Počet obyvatel v domácnosti	n=	52	
Celková spotřeba vody na jedno obyvatele	S _d =	136	l/den
Koeficient využití srážkové vody	R=	0,5	
Koeficient optimální velikosti	z=	20	
Objem nádrže dle spotřeby vody	V _v =	70,72	m ³

Tabulka č. 13: Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody pro bytový dům, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody			
Množství odvedené srážkové vody	Q=	190,944	m ³ /rok
Koeficient optimální velikosti (-)	z=	20	
Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody	V _p =	10,5	m ³

Tabulka č. 14: Potřebný objem a optimalizace návrhu objemu nádrže pro bytový dům, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Potřebný objem a optimalizace návrhu objemu nádrže			
Objem nádrže dle spotřeby	$V_V =$	70,72	m ³
Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody	$V_P =$	10,5	m ³
Potřebný objem nádrže	$V_N =$	10,5	m ³

Z rovnice je patrné, že se v tomto případě nejedná o optimální situaci.

$$\frac{abs(V_V - V_P)}{V_N} > 0.2$$

V tomto případě je potřeba srážkové vody větší, než jsou možnosti střechy, pokud je to možné je ideální zvětšit plochu střechy, pokud to možné není, bude se muset častěji dopouštět a využívat voda pitná [51].

Tabulka č. 15: Základní výpočty pro velikost nádrže pro bytový dům, vypočteno dle metodiky [52], zdroj: vlastní

Dostupný objem ze střechy	20,34	m ³
Potřeba vody pro využití v domě	45,86	m ³
Potřeba na zálivku	0,00	m ³
Potřeba celkem	45,86	m ³
Doporučená velikost nádrže	20,34	m ³
Nejvyšší vyšší objem nádrže	26,00	m ³

Z tabulky č. 15 je patrné, že dostupný objem vody ze střechy je o více než jednou tak menší, než je celková potřeba dešťové vody, z čehož vyplývá častější využívání pitné vody a s tím spojenou delší návratnost investice. Od výrobce Nicoll je na základě hodnot navržena sestava pro využití dešťové vody v domě. Sestava se skládá z plastové nádrže s PE poklope, čerpací sada Essential, 15 l tlaková nádoba a filtrační šachta DN 400. Navržená nádrž je oválného tvaru z plastu se dvěma vstupními otvory, přičemž jeden je možno zaslepit zátkou. Nádrž je označena jako COLUMBUS XXL o objemu 26000 l, délka nádrže je 7200 mm, šířka 2500 mm a výška 2550 bez kopule a 3160 mm s kopulí [52].

Celkové náklady sestavy včetně potrubí potřebného k dovedení dešťové vody od střešních vpustí a hřiště jsou 318 354,5 Kč s DPH. Na dostupných dotačních portálech nebyl nalezen dotační program pro stávající bytové objekty. Z celkové potřeby vody v objektu 45,86 m³ je možné pokrýt pouze 20,34 m³, z toho je použito 6,92 m³ na splachování.

5.3 Velkoprostorová hala

Posouzení možnosti využití dešťové vody pro velkoprostorovou halu.

Tabulka č. 16: Množství zachycené srážkové vody pro velkoprostorovou halu, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Množství zachycené srážkové vody			
Množství srážek	j=	650	mm/rok
Využitelná plocha střechy	P=	90	m ²
Koeficient odtoku střechy	f _s =	0,8	pozinkovaný plech
Koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot	f _f =	0,9	
Množství zachycené srážkové vody	Q=	42,12	m³/rok

Tabulka č. 17: Objem nádrže dle spotřeby pro velkoprostorovou halu, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Objem nádrže dle spotřeby			
Počet obyvatel v domácnosti	n=	3	
Celková spotřeba vody na jednoho obyvatele	S _d =	50	l/den
Koeficient využití srážkové vody	R=	0,9	
Koeficient optimální velikosti	z=	20	
Objem nádrže dle spotřeby vody	V _v =	2,70	m ³

Tabulka č. 18: Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody pro velkoprostorovou halu, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody			
Množství odvedené srážkové vody	Q=	42,12	m ³ /rok
Koeficient optimální velikosti (-)	z=	20	
Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody	V _p =	2,3	m ³

Tabulka č. 19: Potřebný objem a optimalizace návrhu objemu nádrže pro velkoprostorovou halu, vypočteno dle metodiky [51], zdroj: vlastní

Potřebný objem a optimalizace návrhu objemu nádrže			
Objem nádrže dle spotřeby	$V_{V=}$	2,70	m ³
Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody	$V_{P=}$	2,3	m ³
Potřebný objem nádrže	$V_{N=}$	2,3	m ³

Z rovnice je zřejmé, že v případě použití plochy pouze 90 m² se jedná o optimální situaci.

$$\frac{abs(V_V - V_P)}{V_N} < 0.2$$

Tabulka č. 20: Základní výpočet velikosti nádrže pro velkoprostorovou halu, vypočteno dle metodiky [52], zdroj: vlastní

Dostupný objem ze střechy	3,37	m ³
Potřeba vody pro využití v domě	2,65	m ³
Potřeba na zálivku	0,00	m ³
Potřeba celkem	2,65	m ³
Doporučená velikost nádrže	2,65	m ³
Nejvyšší vyšší objem nádrže	2,65	m ³

Od výrobce Nicoll byla navržena soustava obsahující plastovou nádrž Cristall o objemu 2650 l včetně PE pochozího poklopu, filtrační šachta DN 400, čerpací sada Raintronic s příslušenstvím a 18 l tlakovou nádobou a sadou filtrů 10“.

Celková cena soustavy včetně potrubí potřebného k odvedení dešťové vody do umělé vodní nádrže je 85 332,5 Kč s DPH. 90 % vody pitné by bylo nahrazeno vodou dešťovou, což znamená z celkové spotřeby 54,75 m³ pitné vody by bylo nahrazeno 49,28 m³ vodou dešťovou.

6. DISKUSE

Pro rodinný dům, při současné ceně vodného v místě pozorování 45,45 Kč/ m³, jsou roční náklady za vodné 20 452,5 Kč a roční úspora 40 % - 8 181,- Kč. Při pořizovacích nákladech po dotaci 141 052,5 Kč a roční ceně po odečtení úspory 12 271,5 Kč by se investice vrátila za 11,49 let. Vzhledem k dlouhé době návratnosti investice se v současné době nedá hovořit o ekonomicky zajímavé technologii, ovšem nezkoumáme pouze ekonomický pohled na využití dešťové vody v rodinných domech, ale také o ekologický pohled, který je velmi zajímavý, protože pro rodinné domy tohoto typu by docházelo k šetření pitné vody a snížení její spotřeby o 40 %. V případě, že by byla dešťová voda využita ještě k poslední fázi praní, docházelo by ke snížení spotřeby pitné vody o 50 %.

Pro bytový dům by roční úspora byla tedy 15%, to sníží spotřebu z 4550 m³/dům/rok na 3867,5 m³/dům/rok. Při spotřebě 175 m³/byt/rok je to celkem 4550 m³/dům/rok, což je při současné ceně vodného 45,45 Kč celkem 206 797,5 Kč a roční úspora by byla 31 019,63 Kč. S celkovými náklady 318 354,5 Kč s DPH by návratnost investice do soustavy byla za 10,26 let. Pokud by se rozpočítala investice mezi všech 26 bytových jednotek znamenalo by to částku 12 244,40 Kč na jednu bytovou jednotku. Při celkové době 10,26 let to představuje ekonomicky výhodnou variantu, ovšem ekologickou výhodou jen minimální. Když uvážíme, že by potřeba v domě byla nahrazena retenční nádrží jen ze 44,35 % a z toho by sloužilo 34,02 % na splachování, tak by byla celkově nahrazena pitná voda jen z 15 %.

Pro velkoprostorovou halu by dešťová voda nahradila 90 % vody pitné, což znamená z celkové spotřeby 54,75 m³ by dešťová voda nahradila 49,28 m³ a znamenalo by to roční úsporu 2223,79 Kč. Pořizovací cena soustavy by byla 85 332,5 Kč s DPH. Současná cena vodného v lokalitě umístění objektu je 45,11 Kč/ m³. Celkové roční náklady za vodné jsou 2469,77 Kč. Po odečtení úspory by byly roční náklady 246,977 Kč, to by znamenalo vrácení investice za 38,37 let. Zde se jedná o velmi ekologicky výhodnou technologii, protože by bylo nahrazeno 90 % vody pitné, ovšem i při poměrně nízkých pořizovacích nákladech za soustavu je zde velmi dlouhá doba vrácení investice. To je způsobeno hlavně malou roční spotřebou vody a s tím spojenými ročními náklady na vodné. V tomto případě je ale velkou výhodou odvádění veškeré dešťové vody jinam než do kanalizace. Dešťová voda ze 3/4 objektu by byla odváděna do umělé vodní nádrže, a pomáhala tak udržovat její stálou hladinu a nedocházelo by k vysychání.

U všech typů zástaveb by se daly snížit pořizovací náklady nahrazením použitého odhlučeného potrubí za potrubí normální neodhlučené. Pořizovací náklady by se lišily, pokud by byla technologie sběru dešťové vody použita od jiných výrobců. Např. od výrobce ASIO by byla cena za podobnou soustavu pro rodinný dům nižší cca o 20 000,- Kč, ovšem nevýhodou těchto nádrží je nutnost obetonování podkladu nádrže, díky čemuž by došlo k lehkému zvýšení nákladů.

7. ZÁVĚR

Během posledních let je patrná potřeba snižovat spotřebu pitné vody. Vlivem používání náročnějších technologií a technologických postupů náklady rostou, tak je logické snižovat spotřebu poměrně drahé pitné vody. Důsledkem toho se čím dál více lidí snaží najít jiné možnosti a způsoby získávání vody, jako je např. použití dešťové vody. V současné době se v České republice ještě nevyskytuje žádná vyhláška či zákon, které by nařizovaly použití technologií na využívání dešťové či šedé vody, popřípadě jejich povoleného množství vypouštěné do kanalizace. V České republice trend hospodaření s dešťovou vodou není tak rozšířený jako v ostatních zemích, veřejnost není moc dobře seznámena s výhodami a nutností nahrazení pitné vody, ovšem pokud bude cena pitné vody nadále stoupat, tak se tento trend rozšíří. Vzhledem k současným cenám využívání technologií na sběr a využití dešťové vody se technologie ještě plně nevyužívají a není zde takový ekonomický tlak na užívání jiných vod než z veřejných vodovodů. Využívání dešťové vody má kromě hlavního účelu také nahrazení a snížení spotřeby pitné vody. Mezi další účely patří omezení množství odpadních vod, ochrana vodních recipientů před nadměrným zatěžováním a menší narušení ekosystémů. Pokud se sníží průtok odpadních vod, tak dojde ke zmenšení objemů vypouštěných odpadních látek do recipientů.

V případě rodinných domů je využití dešťových vod velmi účinné a potřebné, dešťová voda by dokázala nahradit v domácnostech až 50 % pitné vody. Díky současné možnosti získání dotace se náklady výrazně sníží, ovšem i přes dotaci jsou náklady stále poměrně vysoké. Žadoucí zde nejsou pouze ekonomické podmínky, ale především ty ekologické. Ekologické důvody je důležité řešit, neboť vlivem klimatické změny se na území České republiky mění rozložení srážek, jsou častější suché epizody a v posledních letech velmi kolísá zásoba vody v půdě, z tohoto důvodu je retence dešťové vody velmi důležitá. Největší smysl v současné době má pořizování dešťových retenčních nádrží do administrativních budov nebo velkoprostorových hal, kde je pitná voda využívána především ke splachování. V těchto budovách znamená využití dešťové vody velký přínos, protože nahraditelnost pitné vody vodou dešťovou může představovat rozmezí 50 až 90 %. V případě velkých bytových domů není výsledná účinnost nahrazení pitné vody tak vysoká, dešťová voda by nahradila maximálně 15 % pitné vody.

8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. NAŠE VODA, spotřeba vody v domácnostech loni v České republice stoupla, [online]. [vid. 20.10.2020]
Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/spotreba-vody-v-domacnostech-loni-v-ceske-republice-stoupla/>
2. POČÍTÁME S VODOU, jak je to s čistotou dešťové vody, [online]. [vid. 20.10.2020]
Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/otazky-a-odpovedi/jak-je-to-s-cistotou-destove-vody-stale-je-jeji-kyselost-tak-vysoka/>
3. PRAVDA O VODĚ, aktuální cena vody pro 405 měst ČR, [online]. [vid.20.10.2020]
Dostupné z: <https://pravdaovode.cz/cena-vody/>
4. DVOŘÁKOVÁ, D. Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení 2007. In: tzb-info [online]. [vid. 20.10.2020]
Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>
5. MODERNDREAM, dešťová voda – sběr a využití, [online]. [vid. 22.10.2020]
Dostupné z: <http://www.moderndream.cz/technologie/sber-destove-vody/>
6. PUREECO, ocelové retenční nádrže, [online]. [vid.22.10.2020]
Dostupné z: <https://pureco.cz/ocelove-retencni-nadrze-pureco-spirel/>
7. VODACZ, sklolaminátové jímky, [online]. [vid.21.10.2020]
Dostupné z: <https://www.vodacz.com/produkty/ostatni-produkty/laminatove-vyroby/sklolaminatove-jimky.html>
8. DVOŘÁKOVÁ, D. Využívání dešťové vody (II) – možnosti použití dešťové vody a části zařízení Kvalita dešťové vody a její čištění 2007. In: tzb-info [online]. [vid. 20.10.2020]
Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>
9. NATIONAL POLY, What are Submersible Pumps and Why Use One In Your Water Tank, [online]. [vid. 26.10.2020]
Dostupné z: <https://www.nationalpolyindustries.com.au/2018/06/14/what-are-submersible-pumps-and-why-use-one-in-your-water-tank/>
10. select WATER TANKS, How To Select A Suitable Pump, [online]. [vid.21.10.2020]
Dostupné z: <https://www.selectwatertanks.com.au/how-to-select-a-suitable-pump/>
11. POČÍTÁME S VODOU, jak technicky vypadá řešení nedostatku dešťové vody v případě, že je používána jako užitková voda, [online]. [vid. 23.10.2020]
Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/otazky-a-odpovedi/6-jak-technicky-vypada-reseni-nedostatku-destove-vody-v-pripade-ze-je-pouzivana-jako-uzitkova-voda-v-dome/>
12. SensorsONE, Liquid Level Sensors, [online]. [vid. 23.10.2020]
Dostupné z: <https://www.sensorsone.com/liquid-level-sensors/>
13. VYSOUDIL Miroslav, Meteorologie a klimatologie pro geografy. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1997. ISBN 80-7067-776-3. strany 81-87
14. NATIONAL GEOGRAPHIC, Precipitation, [online]. [vid. 24.10.2020]
Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/precipitation/>
15. internet geography, What is convectional rainfall?, [online]. [vid.28.10.2020]
Dostupné z: <https://www.internetgeography.net/topics/what-is-convectional-rainfall/>

16. Britanica, Orographic precipitation, Adam Augustyn, [online]. [vid.26.10.2020]
Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/orographic-precipitation>
17. CIVIL ENGINEERING SOLUTION, Precipitation, Cyclonic Precipitation, [online]. [vid.27.10.2020]
Dostupné z: <https://civilsolution.wordpress.com/tag/cyclonic-precipitation/>
18. BUMERL, Milan. Hydrologie. Veselí nad Lužnicí: Vydavatelství Veselí nad Lužnicí, 2003.
Dostupné z: http://www.sos-veseli.cz/download/hydrologie_ucebni%20_text.pdf
19. STRÁNSKÝ, David. Monitoring srážky. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997.
Dostupné z: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/MZI_pr_5.pdf
20. WMO (World Meteorological Organization) - LANZA, L. a kol., (2005): WMO Laboratory Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges, De Bilt (The Netherlands), Genoa (Italy), Trappes (France), final report, WMO, strana 9
21. LIU, X.C., GAO, T.C., and LIUM, L. A comparison of rainfall measurements from multiple instruments. Atmospheric Measurement Techniques [online], 2013, vol. 6, No. 7, p. 1585–1595 [vid. 10.11.2020]. ISSN 1867-8548.
Dostupné z: doi:10.5194/amt-6-1585-2013
22. VIESSMANN, Na jakém principu funguje sluneční kolektor, [online]. [vid.13.11.2020]
Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/solarni-kolektor-princip.html>
23. nazeleno, Jak funguje domácí čistírna odpadních vod, [online]. [vid. 14.11.2020]
Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/bydleni/odpady-1/jak-funguje-domaci-cistirna-odpadnich-vod-a-dalsi-otazky-a-odpovedi.aspx>
24. ASIO.cz, šedé vody [online]. [vid. 15.11.2020]
Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/sede-vody-alfa-recyklace-sedych-vod>
25. HLAVÍNEK, Petr. Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 80-86020-55-X. strany 45-59
26. BUJOK, VRTEK, HORÁK, HAJOVSKÝ, HELLSTROM, STUDIE ODEZVY HORNINOVÉHO MASIVU PRO INSTALACE TEPELNÝCH ČERPADEL, Ostrava 2005.
27. REMEŠ, Josef. Stavební příručka. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-3818-5. strany 68-71
28. Normy.cz, Normy, ČSN. [online]. [vid. 21.11.2020]
Dostupné z: <http://www.normy.cz/>
29. Kopp, J., Preis, J. 2019. The potential implementation of stormwater retention ponds into the blue-green infrastructure of the suburban landscape of Pilsen, Czechia. Applied Ecology and Environmental Research, 17 (6), 15055-15072, ISSN 1589-1623 [online]. [vid.21.10.2020]
Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/338478626_The_Potential_Implementation_of_Stormwater_Retention_Ponds_Into_the_Blue-Green_Infrastructure_of_the_Suburban_Landscape_of_Pilsen_Czechia
30. KOUPALIŠTĚ Pohoda, galerie. [online]. [vid. 22.10.2020]
Dostupné z: <https://www.koupalistedpohoda.cz/galerie/>

31. GreenVille, přírodní zelená střecha na rodinném domě (Hostěnice). [online]. [vid.22.10.2020]
Dostupné z: <http://www.greenville.cz/prirodni-zelena-strecha-hostenice.html>
32. Můj dům, Nechte střechy zarůst. [online]. [vid.23.10.2020]
Dostupné z: https://www.mujdum.cz/rubriky/zahrada/nechte-strechy-zarust_2927.html
33. Dotace Dešťovka, Akumulace srážkové vody pro splachování WC a zálivku zahrady. [online]. [vid. 26.10.2020]
Dostupné z: <https://www.dotacedestovka.cz/>
34. db-jimky, betonové jímky. [online]. [vid. 26.10.2020]
Dostupné z: <https://www.db-jimky.cz/>
35. SIGMAshop.cz, ponorná čerpadla. [online]. [vid.27.10.2020]
Dostupné z: <https://www.sigmashop.cz/cerpadla-a-cerpaci-technika/cerpadlo-sigmona-q80030-3p-230v-s-plovakem>
36. ASIO.cz, provozní a monitorovací jednotka AS-RAINMASTER-ECO. [online]. [vid.14.11.2020]
Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-rainmaster-eco>
37. Ústav vodního hospodářství, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Meteostanice. [online]. [vid.3.11.2020]
Dostupné z: <http://uvhk.fce.vutbr.cz/cs/meteostanice>
38. FIEDLER, Srážkoměr SRO3 500cm². [online]. [vid.12.11.2020]
Dostupné z: <https://www.fiedler.company/cs/produkty/snimace-meteorolog-velicin/destove-srazky/srazkomer-sr03>
39. Meteoservis, SRÁŽKOMĚRY VÁHOVÉ, Srážkoměr MRW500. [online]. [vid. 29.10.2020]
Dostupné z: <https://www.meteoservis.cz/75-SRAZKOMERY-VAHOVE/75-Srazkomer-MRW500>
40. WMO (World Meteorological Organization), (2008): Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, WMO No.8, Chapter 6, ISBN 978-92-63-100085 s. 138-139
41. VTEI, Vlastnosti uměle generovaných srážek využívaných pro studie eroze půdy, Ing. Martin Neumann [online]. [vid.15.11.2020]
Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2019/12/vlastnosti-umele-generovanych-srazek-vyuzivanych-pro-studium-eroze-pudy/>
42. Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí nad Labem, Měření srážek na totalizátoru na Sněžníku. [online]. [vid.18.11.2020]
Dostupné z: <http://www.chmuul.org/aktuality/2012-05-totalizator/>
43. Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., Spotřeba vody. [online]. [vid. 8.12.2020]
Dostupné z: <https://www.scvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>
44. Vodárenství, Spotřeba vody stoupla. [online]. [vid.2.12.2020]
Dostupné z: <https://www.vodarenstvi.cz/2020/07/07/spotreba-vody-stoupla/>
45. SOUKUP, Petr. Biotechnická opatření v krajině pro zvýšení retence vody na odvodněných pozemcích v pramenných oblastech. Praha : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2008. ISBN 978-80-904027-2-0. strany 26-28
46. AHERN, Jean-Yves. Počasí, zemská atmosféra, srážky, meteorologie, klimatická pásma, životní prostředí. Praha: Fortuna Print, 2003. ISBN 80-7321-062-2. strany 32-33

47. VYSOUDIL Miroslav, Klimatologie – základy bioklimatologie. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1991. ISBN 80-7067-780-5. strany 50-51
48. Meteostaniceolsi, Počasí z Olší. [online]. [vid. 7.12.2020]
Dostupné z: <http://meteostaniceolsi.netstranky.cz/srazkove-pomery-v-cr.html>
49. eKatalog BPEJ, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. [online]. [vid. 29.11.2020]
Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/>
50. ČÚZK, Nahlížení do katastru nemovitostí. [online]. [vid.29.11.2020]
Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/VyberKatastrMapa.aspx>
51. REINBER, Z. Posouzení možnosti využití srážkové vody. In: tzb-info [online]. [vid. 2.12.2020]
Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/105-posouzeni-moznosti-vyuziti-srazkove-vody>
52. Nicoll, KALKULÁTOR VELIKOSTI NÁDRŽE. [online]. [vid. 5.12.2020]
Dostupné z: <https://www.nicoll.cz/produkty/destova-voda/nadrze-na-destovou-vodu/kalkulator-velikosti-nadrze.html>

9. SEZNAM OBRÁZKŮ

1. Obrázek č.1: Povrchová retenční nádrž, Autor: Jan Kopp [29]
2. Obrázek č.2: Retenční nádrž sloužící jako přírodní koupaliště [31]
3. Obrázek č.3: Retenční nádrž pod parkovištěm, Autor: Petr Hlavínek [25]
4. Obrázek č.4: Filtrační jímka, Autor: Petr Hlavínek [25]
5. Obrázek č.5: extenzivní zelená střecha [31]
6. Obrázek č.6: intenzivní zelená střecha [32]
7. Obrázek č.7: Rozdělení spotřeby vody – příklad uvádí komfortní spotřebu 150 l/os/den [5]
8. Obrázek č.8: Mezistřešní žlab, Autor: Josef Remeš [27]
9. Obrázek č.9: Zaatikový žlab, Autor: Josef Remeš [27]
10. Obrázek č.10: Podokapní žlab, Autor: Josef Remeš [27]
11. Obrázek č.11: Sběr dešťové vody v rodinném domě [33]
12. Obrázek č.12: Filtrační podokapový hrnec, Ing. Denisa Dvořáková [4]
13. Obrázek č.13: Svodový okapový filtr, Ing. Denisa Dvořáková [4]
14. Obrázek č.14: Filtrační koš v tělese filtru, Ing. Denisa Dvořáková [4]
15. Obrázek č.15: Filtrační jednotka v interním provedení, Ing. Denisa Dvořáková [4]
16. Obrázek č.16: Samočistící filtr v interním provedení, Ing. Denisa Dvořáková [4]
17. Obrázek č.17: Šachtový filtr, Ing. Denisa Dvořáková [4]
18. Obrázek č.18: Jemný filtr se zpětným proplachem pro montáž do potrubí za čerpadlem, Ing. Denisa Dvořáková [4]
19. Obrázek č.19: Plastová nádrž válcovitého tvaru, Ing. Denisa Dvořáková [8]
20. Obrázek č.20: Plastová nádrž obdélníkového tvaru, Ing. Denisa Dvořáková [8]
21. Obrázek č.21: Betonová nádrž. [35]
22. Obrázek č.22: Sklolaminátová nádrž [7]
23. Obrázek č.23: Ocelová nádrž [6]
24. Obrázek č.24: Zásobník s plovákovou škrtkící klapkou, Ing. Denisa Dvořáková [8]
25. Obrázek č.25: Ponorné čerpadlo – čerpadlo kalové [36]
26. Obrázek č.26: Plovoucí sací souprava, Ing. Denisa Dvořáková [8]
27. Obrázek č.27: Sací čerpadlo [10]
28. Obrázek č.28: Schéma rozvodu a sběru dešťové vody s řídicí jednotkou [37]
29. Obrázek č.29: Přepadový zápachový uzávěr, Ing. Denisa Dvořáková [8]
30. Obrázek č.30: Ombrometr [37]
31. Obrázek č.31: Člunkový srážkoměr [39]
32. Obrázek č.32: Váhový srážkoměr [40]
33. Obrázek č.33: Disdrometr [42]
34. Obrázek č.34: Totalizátor [43]
35. Obrázek č.35: Solární kolektor [22]
36. Obrázek č.36: Domácí čistička odpadních vod [23]
37. Obrázek č.37: Schéma využití šedé vody a dešťové vody [33]
38. Obrázek č. 38: Průměrný roční úhrn srážek za období 1981–2010 [42]

10. SEZNAM TABULEK

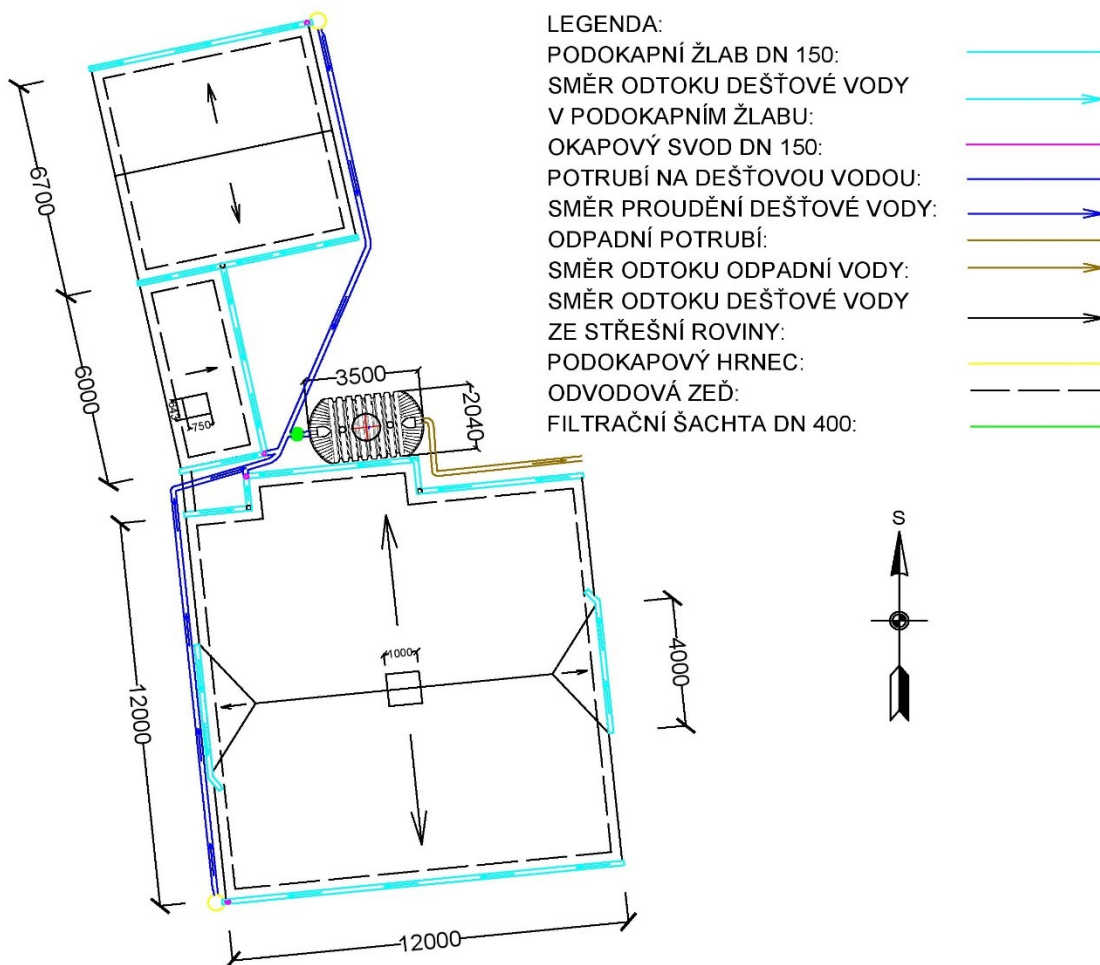
1. Tabulka 1: Požadavky na dešťové vody [4], autor: Ing. Denisa Dvořáková
2. Tabulka 2: Klasifikace propustnosti hornin [26]
3. Tabulka 3: Charakteristické hodnoty propustností některých hornin v ČR [26]
4. Tabulka 4: Stanovení množství odtoku dešťových vod [27]
5. Tabulka 5: Odtoková kapacita vtoků dle ČSN EN 1253-1:2004 [27]
6. Tabulka č. 6: Množství zachycené srážkové vody pro rodinný dům [51], zdroj: vlastní
7. Tabulka č. 7: Objem nádrže dle spotřeby pro rodinný dům [51], zdroj: vlastní
8. Tabulka č. 8: Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody pro rodinný dům [51], zdroj: vlastní
9. Tabulka č. 9: Potřebný objem a optimalizace návrhu objemu nádrže pro rodinný dům [51], zdroj: vlastní
10. Tabulka č. 10: Základní výpočty pro velikost nádrže pro rodinný dům [52].
11. Tabulka č. 11: Množství zachycené srážkové vody pro bytový dům [51], zdroj: vlastní
12. Tabulka č. 12: Objem nádrže dle spotřeby pro bytový dům [51], zdroj: vlastní
13. Tabulka č. 13: Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody pro bytový dům [51], zdroj: vlastní
14. Tabulka č. 14: Potřebný objem a optimalizace návrhu objemu nádrže pro bytový dům [51], zdroj: vlastní
15. Tabulka č. 15: Základní výpočty pro velikost nádrže pro bytový dům [52].
16. Tabulka č. 16: Množství zachycené srážkové vody pro velkoprostorovou halu [51], zdroj: vlastní
17. Tabulka č. 17: Objem nádrže dle spotřeby pro velkoprostorovou halu [51], zdroj: vlastní
18. Tabulka č. 18: Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody pro velkoprostorovou halu [51], zdroj: vlastní
19. Tabulka č. 19: Potřebný objem a optimalizace návrhu objemu nádrže pro velkoprostorovou halu [51], zdroj: vlastní
20. Tabulka č. 20: Základní výpočet velikosti nádrže pro velkoprostorovou halu [52].

11.PŘÍLOHY

1. Příloha č.1: Výkres č. 1: situační nákres rodinného domu
2. Příloha č.2: Výkres č. 2: schematický řez A–A' - půdorys
Výkres č. 3: řez A-A'
3. Příloha č.3: Výkres č. 4: situační nákres bytového domu
4. Příloha č.4: Výkres č. 5: situační nákres velkoprostorové haly

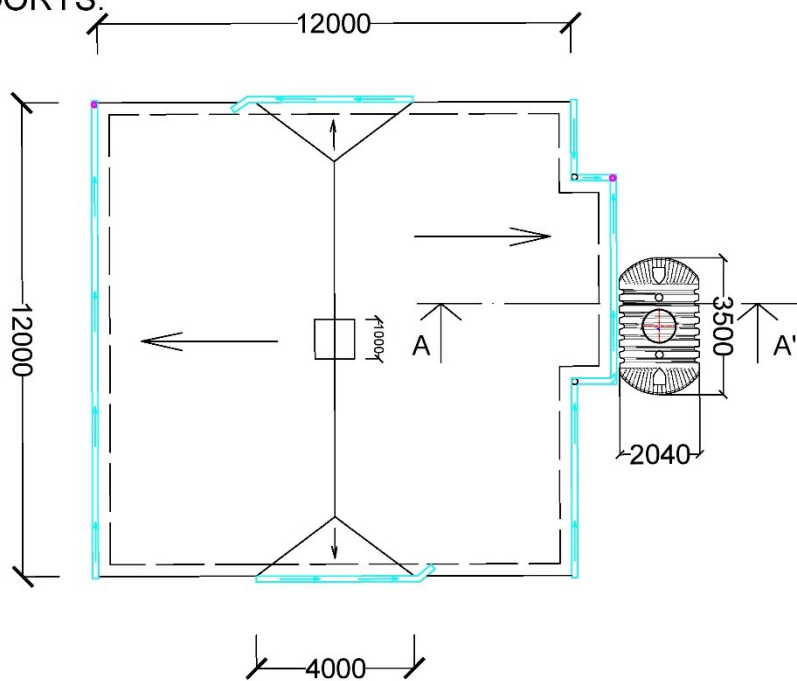
Příloha č.1:

VÝKRES Č.1: SITUAČNÍ NÁKRES RODINNÉHO DOMU

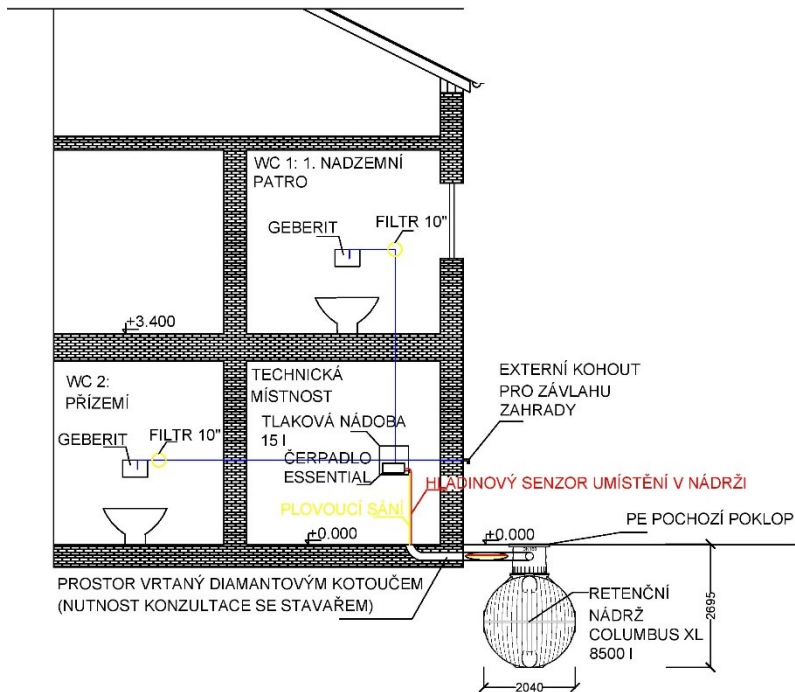


Příloha č.2:

VÝKRES Č. 2: SCHEMATICKÝ ŘEZ A - A' PŮDORYS:

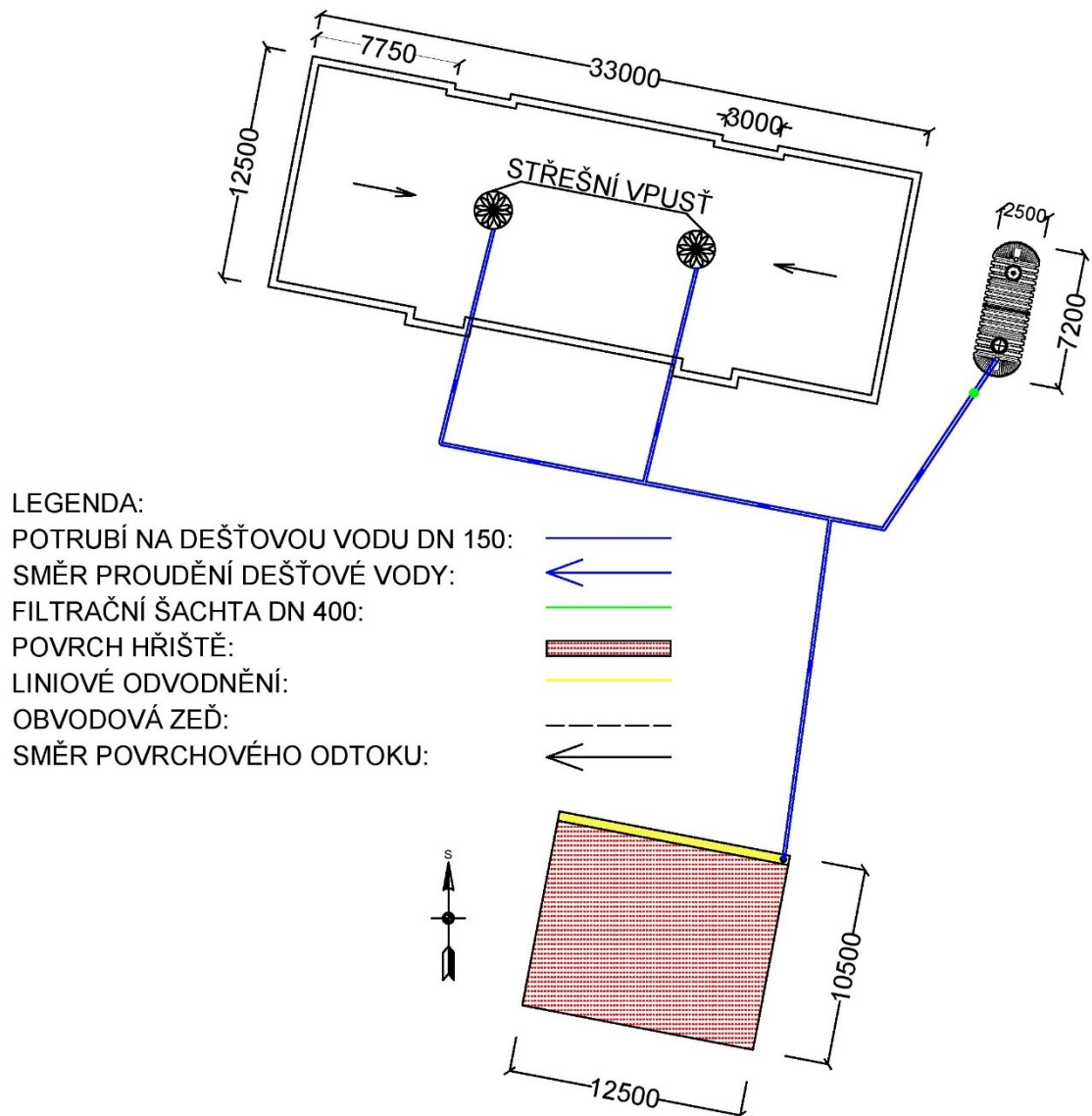


VÝKRES Č. 3: ŘEZ A - A'



Příloha č.3:

VÝKRES Č.4: SITUAČNÍ NÁKRES BYTOVÉHO DOMU



Příloha č.4:

