

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



Hospodaření s dešťovou vodou na KÚ Karlovy Vary
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.
Diplomant: Bc. Anna Vendlová

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Anna Vendlová

Regionální environmentální správa

Název práce

Hospodaření s dešťovou vodou na KÚ Karlovy Vary

Název anglicky

Management of rain water in KÚ Karlovy Vary

Cíle práce

Cílem práce je popsat možnosti hospodaření s dešťovými vodami s rozбором legislativy. Na konkrétním příkladu budovy krajského úřadu provést návrh hospodaření s dešťovou vodou a odhad investičních nákladů.

Metodika

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Popis lokality
6. Řešení hospodaření s dešťovou vodou
7. Odhad investičních nákladů
8. Výsledky
9. Diskuze
10. Závěr
11. Použité zdroje
12. Přílohy

Doporužený rozsah práce
60 stran a výkresové přílohy

Klíčová slova

dešťová voda, využití dešťové vody, hospodaření s dešťovou vodou, vsakování, skladování, čištění dešťových vod, investiční náklady

Doporužené zdroje informací

BŮSE K. H., 1999: Dešťová voda pro zahradu a dům. HEL, Ostrava: 85 s.
HLAVÍNEK P., PRAX P., SKLENÁROVÁ T., DVOŘÁKOVÁ D., POLÁŠKOVÁ K., KUBÍK J., HLUŠTÍK P. a BERÁNEK J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec s.r.o., Brno: 164 s.
KABELKOVÁ I., DOLEŽALOVÁ A., 2009: Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku: praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování. Ústav pro ekopolitiku o.p.s., Praha: 48 s.
Legislativní podklady a normy
SIEKER F., KAISER M., SIEKER H., 2006: Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich. Fraunhofer IRB Verlag: 236 s.

Předběžný termín obhajoby
2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 8. 1. 2023

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 1. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Hospodaření s dešťovou vodou na KÚ Karlovy Vary vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

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

V.....dne.....

Bc. Anna Vendlová.....

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za ochotu, cenné rady a odborné vedení při zpracovávání diplomové práce a Ing. Tomáši Darivčákovi za poskytnutí výkresových nástrojů pro účely diplomové práce.

Abstrakt

Diplomová práce je vypracovaná na téma problematiky hospodaření s dešťovou vodou a může být přínosem pro uživatele, kteří by chtěli dešťovou vodu, ať už v obytných domech nebo ve firmách, využívat. Voda patří mezi nejcennější zdroje a její zásoby nejsou neomezené. Proto je v zájmu všech naučit se s vodou hospodařit.

Literární rešerše pojednává o zásobách vody na Zemi, je popsán vznik dešťových vod, jejich kvalita a čištění. Dále se rešeršní část věnuje vsakování, skladování, čerpání a odvodu dešťových vod a popisuje rozdíl v hospodaření s dešťovými vodami v zástavbách a v novostavbách.

V metodice je popsán sběr dat, popis vybrané lokality, popis objektu budovy Krajského úřadu Karlovarského kraje, Budova C a popis současného stavu hospodaření s dešťovými vodami. Ve studii jsou navrženy různé varianty hospodaření, je vypočítáno zachycené množství vody dle platných norem a dle dat, které poskytl Český hydrometeorologický ústav. V závěru jsou varianty vyhodnoceny, jsou porovnány finanční náklady u jednotlivých variant a vypočítána roční úspora pitné vody, která by vznikla při využívání dešťových vod.

Tato studie může být přínosem pro uživatele, kteří se budou rozhodovat o využití dešťové vody ve svých domovech nebo firmách.

Klíčová slova: dešťová voda, využití dešťové vody, hospodaření s dešťovou vodou, vsakování, skladování, čištění dešťových vod, investiční náklady.

Abstract

The diploma thesis is developed on the topic of rainwater management and can be beneficial for users who would like to use rainwater, either in residential buildings or in companies. Water is one of the most valuable resources and its supply is not unlimited. That is why it is in everyone's interest to learn how to manage water.

The literature review deals with water supplies on Earth, the creation of rainwater, its quality and purification are described. Furthermore, the research part is devoted to the infiltration, storage, pumping and drainage of rainwater and describes the difference in the management of rainwater in buildings and in new buildings.

The methodology describes data collection, a description of the selected location, a description of the building of the Regional Office of the Karlovy Vary Region, Building C, and a description of the current state of rainwater management. In the study, various variants of management are proposed, the captured amount of water is calculated according to valid standards and according to data provided by the Czech Hydrometeorological Institute. In the end, the variants are evaluated, the financial costs of the individual variants are compared and the annual saving of drinking water that would arise from the use of rainwater is calculated.

This study can be of benefit to users who will make decisions about the use of rainwater in their homes or businesses.

Keywords: rainwater, rainwater use, rainwater management, infiltration, storage, rainwater treatment, investment.

Obsah

1 ÚVOD	1
2 CÍLE PRÁCE	2
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	3
3.1 Legislativa vodního hospodářství	3
3.2 Zásoby vody na zemi	4
3.3 Spotřeba vody na zemi	5
3.4 Dešťová voda a její vznik	7
3.5 Koalescence – teorie vzniku srážek	9
3.6 Členění srážek	9
3.7 Vznik oblaků	10
3.8 Srážky na území ČR.....	10
4 DEŠŤOVÁ VODA.....	12
4.1 Využití dešťové vody.....	12
4.2 Kvalita dešťové vody	13
4.3 Čištění dešťové vody.....	15
4.4 Retence a odvod dešťové vody	19
4.4.1 Retenční nádrže.....	20
4.4.2 Decentralizovaná retence dešťové vody na jednotlivých objektech.....	21
4.5 Vsakování dešťové vody	27
4.5.1 Způsoby vsakování dešťové vody.....	28
4.5.2 Plošné vsakování.....	28
4.5.3 Povrchové vsakování	30
4.5.4 Podzemní vsakování	31
4.5.5 Kombinované vsakování.....	33
4.5.6 Navrhování vsakovacích zařízení	34
4.6 Akumulace dešťové vody	35

4.6.1 Betonové nádrže.....	35
4.6.2 Plastové nádrže.....	36
4.6.3 Zděné nádrže	36
4.7 Čerpání dešťové vody	36
5 METODIKA.....	38
5.1 Způsob sběru dat	38
5.2 Popis vybrané lokality	40
5.3 Popis území	41
5.4 Přírodní charakteristika, klima	41
5.5 Popis objektu, popis současného stavu hospodaření s dešťovými vodami	43
6 VÝPOČET HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI	44
6.1 Varianta 1 - Splachování toalety, zalévání přilehlých pozemků.....	44
6.2 Varianta 2 – Vsakování srážkových vod.....	48
6.3 Varianta 3 – odvedení dešťové vody do kanalizace.....	54
6.4 Vyhodnocení variant	56
6.5. Výpočet finančních nákladů.....	57
7 DISKUZE	61
8 ZÁVĚR.....	63
9 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	64
9.1 Seznam odborných publikací	64
9.2 Seznam internetových zdrojů.....	65
9.3 Zákon, vyhláška, norma	66
9.4 Příspěvky do sborníků.....	67
9.5 Seznam obrázků	67
9.6 Seznam tabulek	69
9.7 Přílohy	69

Seznam použitých zkratk

ČKAIT - Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě

ČSN 75 6780 - Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích

ČSN EN 16941-1 a ČSN EN 16941-2 - Zařízení pro využití nepitné vody na místě

Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod

ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod

ČSN 756760 – Vnitřní kanalizace

TNV 75 9011 – Hospodaření se srážkovými vodami

KÚ – Krajský úřad

1 ÚVOD

Zásoby sladké vody se neustále snižují, nejsou nevyčerpatelné, proto je potřeba naučit se s vodou hospodařit. Ochrana vody a hospodaření s vodou je definováno Evropskou vodní chartou, vyhlášenou ve Štrasburku dne 6. května 1968. Hlavním účelem založení vodní charty je si uvědomit, že voda je společným majetkem a povinností každého je, aby voda byla užívána ekonomicky a s rozvahou a bylo jí dostatek pro další generace. Jednou z možností hospodaření s pitnou vodou je využití dešťových vod například k zalévání záhonů, splachování toalet, mytí aut. Pokud by byly využity dešťové vody, snížil by se odvod vod odpadních, které při rychlém odtoku způsobují záplavy, dochází ale i k erozi půdy, voda se nevsakuje, odchází ihned do kanalizace a tím zvyšuje odtok.

Hospodařit s dešťovou vodou můžeme buď vsakováním do půdy, kdy dochází k retenci a zvýšení zásoby vody v půdě anebo jejím zachycením do záchytných nádrží, kdy vodu můžeme využít ke splachování toalet, zalévání záhonů, praní prádla a jiným činnostem.

V této práci popisují řešení pro hospodaření s dešťovou vodou pro objekt Krajský úřad Karlovarského kraje, Budova C.

Hospodaření s dešťovou vodou je důležité v mnoha směrech, jak v úspoře financí, tak v omezení plýtvání s vodou pitnou a přínosem je i v ochraně půdy.

2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce je vypracování možných variant při řešení hospodaření s dešťovými vodami pro objekt Krajského úřadu Karlovarského kraje, Budova C, vyhodnocení těchto variant a výběr nejvhodnějšího návrhu, spolu s porovnáním finančních nákladů. Další cíl této práce, a to ten zásadní, je globální snížení plýtvání s pitnou vodou, a to z důvodu jejího zachování dalším generacím. Jako motivace pro uživatele, kteří by v budoucnu chtěli s dešťovou vodou hospodařit, by mohla posloužit právě finanční úspora, jež by využíváním dešťové vody vznikla.

Vypočtené množství zachycené vody je provedeno dle platných norem a dat, které byly poskytnuty Českým hydrometeorologickým ústavem. Praktická část této práce je věnována hospodaření s dešťovou vodou konkrétně na Budově C Krajského úřadu. U tohoto objektu vyhodnotí úsporu vody u jednotlivých variant, pokud bude využita dešťová voda. Cílem bude vybrat variantu, která bude i hospodárná k životnímu prostředí. Tento výstup může sloužit pro budoucí uživatele jako významný podklad při rozhodování o využití systému hospodaření s dešťovou vodou.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Literární rešerše je vypracovaná na základě České a světové odborné literatury, odborných článků, které jsou v souladu s právní legislativou České republiky, technických norem a bylo čerpáno z normy ČSN 75 6780 – Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích, která byla po dlouhých letech dojednána. Tato norma platí pro navrhování (projektování), montáž, zkoušení, provoz a údržbu zařízení pro využití čištěných šedých a/nebo srážkových povrchových vod v budovách a na přilehlých pozemcích a je národním předpisem doplňujícím ČSN EN 16941-1 a ČSN EN 16941-2.

3.1 Legislativa vodního hospodářství

Vodní hospodářství upravuje zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů – vodní zákon. Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, jako přírodní zdroje, jež jsou vzácné a stanovit podmínky pro hospodárné využívání vod. Zákon obsahuje úpravu právních vztahů k povrchovým i podzemním vodám, upravuje vztahy fyzických a právnických osob k jejich užívání a vztahy k pozemkům a stavbám, které s výskytem těchto vod souvisí.

Od 01.02.2021 je účinný nový právní předpis, kterým se mění zákon o vodách. Novela zákona vychází z koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky z roku 2017 a zavádí nové pojmy sucha a stavu nedostatku vody, povinnost zpracování plánů pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody pro území ČR. Dále stanoví priority způsobů užití vody pro účely sestavení plánu pro sucho a stanoví orgány a krizové orgány, které se budou zvládáním sucha a nedostatkem vody zabývat.

Novela zákona obsahuje i novelu zákona o vodovodech a kanalizacích zákona č. 274/2001 Sb. a tato novela umožňuje provozovateli vodovodu reagovat na nedostatek vody omezením dodávek pitné vody.

Základním dokumentem pro hospodaření s dešťovými vodami je zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), který předepisuje obecné zásady územního plánování a v konkrétních bodech odkazuje na prováděcí vyhlášky. Důležitá je zejména vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, která je prováděcí vyhláškou k § 43 stavebního zákona a týká se územního plánování.

Hospodaření s dešťovou vodou na území České republiky upravují technické normy. Jednou z nich je Hospodaření se srážkovými vodami TNV 75 9011. Tato norma navazuje a doplňuje normu ČSN 75 9010 Návrh, výstavba a provoz vsakovacích zařízení srážkových vod. Dále norma ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích a norma ČSN EN 16941-1 Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod.

Norma ČSN 75 9010 s platností od února roku 2012 se zabývá pouze vsakováním srážkových povrchových vod jako jedním ze způsobů, jak hospodařit s dešťovou vodou, kdežto norma TNV 75 9011 se zabývá problematikou Hospodaření s dešťovými vodami v celém rozsahu. Norma rovněž zahrnuje problematiku znečištění srážkových vod, kdy důsledně rozděluje nakládání s mírně znečištěnou a silně znečištěnou vodou dešťovou, popisuje decentrální objekty, které jsou využívány k hospodaření s dešťovými vodami, stanovuje postupy výpočtů pro dimenzování a uvádí opatření, která vedou ke snížení množství nebo k prevenci srážkového odtoku. ČKAIT vydala v roce 2010 technickou pomůcku TP 1.20 Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech. Obsahem této technické pomůcky jsou výpočty a technická řešení pro hospodaření s dešťovou vodou.

3.2 Zásoby vody na zemi

Hydrosféra představuje veškeré vody:

- povrchové,
- podpovrchové,
- vody, které jsou součástí atmosféry,
- vody v živých organismech.

70 % planety tedy tvoří voda. Největší zastoupení - 97 % tvoří slané vody v oceánech, mořích a zátokách. Zbývá pouhá 3 % jsou zastoupena vodou sladkou na povrchu, z nichž největší zastoupení mají ledovce, například jezera, řeky, potoky, dále vody pod povrchem země a v atmosféře, kde se voda nachází ve formě páry a tvoří ji 30 % (Němec, 2006).

Z důvodu nedostatku pitné vody zemře více než 3,5 milionů lidí ročně. Pouhých 60 % světové populace má možnost využívat pitnou vodu. 8 milionů obyvatel planety pije

vodu kontaminovanou, a proto je ve světě tak vysoká úmrtnost (Světová organizace WHO, 2019).

V posledních letech bylo v České republice zaznamenáno oteplení a v jeho důsledku došlo k poklesu zásob podzemních vod. Největší podíl na zásobě těchto vod mají sněhové srážky, kterých je díky změně klimatu čím dál tím méně. Stát se v souladu s EU a s trvale udržitelným rozvojem snaží o zajištění rovnováhy mezi odběrem a doplněním podzemních vod a tím pádem o zajištění jejich dobrého stavu (Mixa, 2013).

V letech 2010 – 2016 probíhal na území České republiky projekt „Rebilance zásob podzemních vod“, který byl spolufinancován Evropskou unií (Evropským fondem pro regionální rozvoj), Státním fondem životního prostředí a Ministerstvem životního prostředí v prioritní ose 6. Cílem tohoto projektu bylo přehodnocení zásob v 58 vybraných hydrogeologických oblastech a zjištění eventualit odběru podzemních vod (Kadlecová, 2011).

3.3 Spotřeba vody na zemi

Přibližné množství vody na Zemi je 1,3 zeta litrů vody a jsou jí pokryty dvě třetiny povrchu. Avšak pouze 0,12 % je možné použít pro spotřebu, zemědělství a průmysl. Povrch země je tvořen 98 % vody, z toho čistou vodu tvoří jen 2,5 %. Tato voda je čistá a vyskytuje se v řekách, jezerech, sněhu, ledu a pod zemí. Pouhé 1 % z těchto čistých vod je k užívání pro obyvatele Země, ovšem podíl pitné vody z celkového množství vody na Zemi je 0,007 %. Téměř 8 miliard obyvatel této planety musí o pitnou vodu bojovat (Hydrotech, 2020).

Zásadní pro snížení plýtvání pitnou vodou je omezit její spotřebu u činností, při kterých bude stačit využití například vod dešťových (Úterský, 2011).

Díky stále většímu počtu obyvatel této planety neustále roste spotřeba vody. V letech 1940 až 2006 bylo spotřebováno čtyřikrát více vody. V roce 1989 začala spotřeba vody v ČR klesat. Současná spotřeba vody na osobu a den se pohybuje v rozmezí 100 – 120 litrů. Poslední dobou, po poklesu koncem minulého století, začala spotřeba vody opět stoupat. Je to dáno především díky napojování dalších odběratelů na vodovody. U průmyslové výroby se spotřeba vody snižuje, nové tovární provozy využívají moderní technologie, které vedou ke snížené spotřebě vody.

Ve Velké Británii je denní spotřeba vody na obyvatele 343 litrů, podobně je na tom Španělsko s 265 litry vody na obyvatele na den.

Francie, Portugalsko, Maďarsko či Finsko mají spotřebu vody v průměru 150 - 160 litrů na obyvatele na den. Mezi země s nejmenší spotřebou můžeme zařadit pobaltské státy.

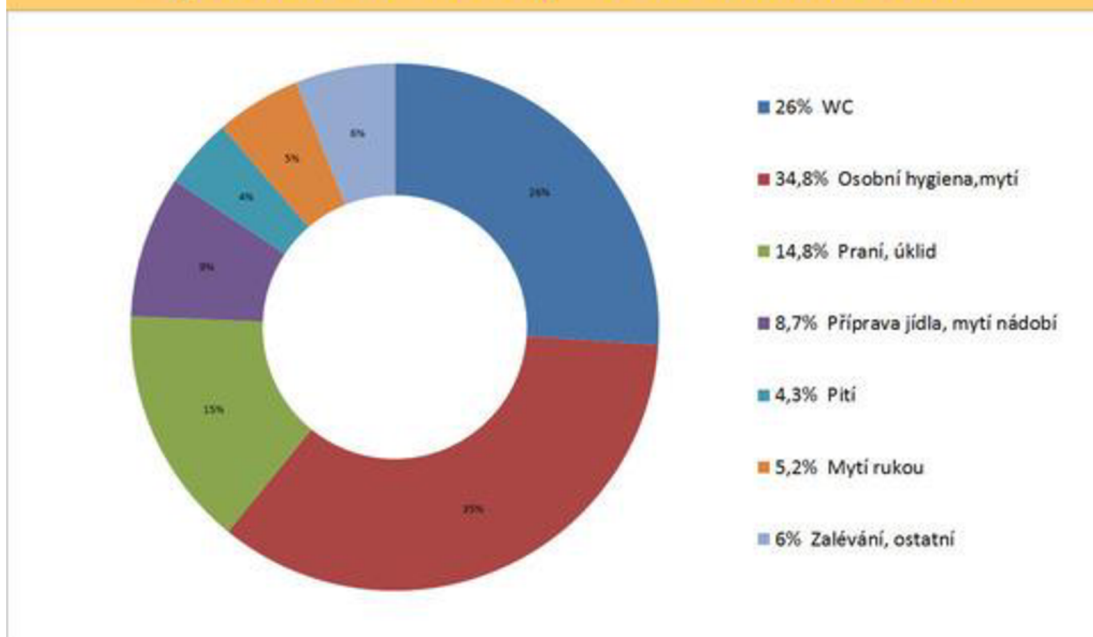
Ve světě nejvíce vody spotřebuje USA a Austrálie, nejmenší spotřebou se může pochlubit Indie. V bohatších zemích, kde je nedostatek vody, například v Kuvajtu či Izraeli, získávají vodu odsolováním vody mořské. Další možností je recyklace vody. Tuto technologii využívají v USA, Británii, Singapuru a Austrálii, avšak tato technologie je energeticky a investičně nákladná.

Česká republika se řídí principem, který je doporučený Světovou zdravotnickou organizací a Světovou bankou, na základě kterého by cena vodného a stočného měla zůstat sociálně únosná, tedy výdaje jedné domácnosti nesmí přesáhnout 2 % jejich hrubého příjmu.

Ceny pitné vody v zahraničí jsou vysoké. Nejdražší dodávka vody je v Dánsku, Německu a Francii. Nejméně zaplatí za vodu lidé v Indii. V Irsku je voda dodávána obyvatelům zdarma. Nejvyšší stočné zaplatí obyvatelé ve Velké Británii, Austrálii, nejnižší stočné je v zemích Mexiko, Čína, Jižní Korea. V Indii a Dánsku je stočné bez poplatku (Vodárenství, 2011).

V roce 2019 byla v ČR průměrná denní spotřeba vody přibližně 89 litrů, jež je znázorněno na obrázku č. 1, kde nejvíce vody je spotřebováno osobní hygienou a mytím.

Spotřeba vody v domácnosti



Obrázek 1: Spotřeba vody v domácnosti (Severočeské vodovody a kanalizace, 2021)

V Indii je uváděna spotřeba vody pouhých 10 litrů na osobu na den, což by například v ČR nestačilo na splachování toalety, jak je znázorněno na obrázku č. 1, kde spotřeba vody pro splachování z roku 2019 činí 26 %. Právě v Indii je nejvíce vody potřeba v zemědělství, a to je hlavním důvodem takto malé spotřeby vody na osobu na den (Brádková, 2012).

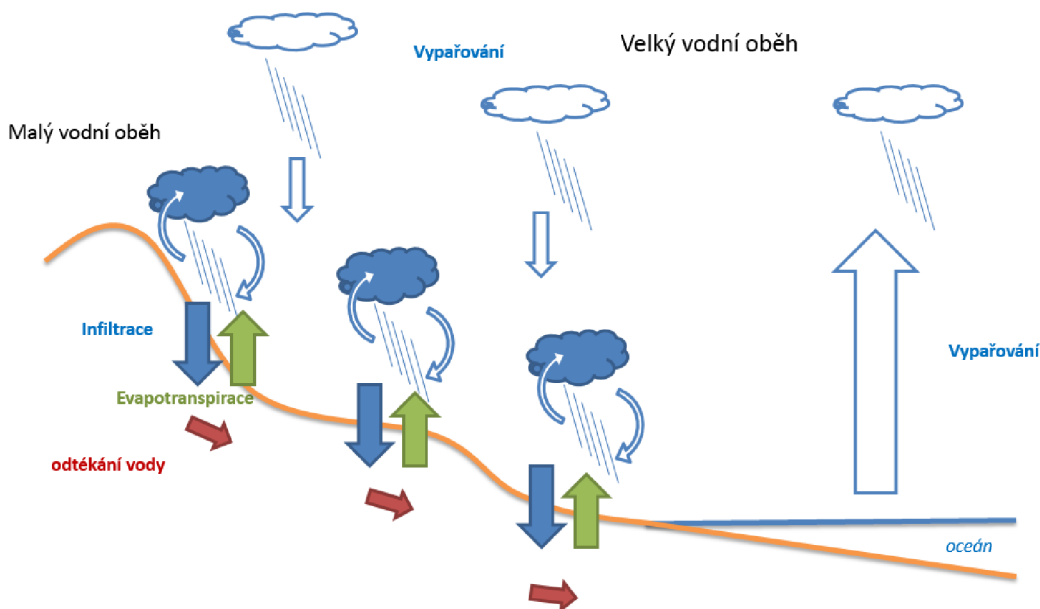
3.4 Dešťová voda a její vznik

Pro nedostatek pitné vody na Zemi je dešťová voda podstatnou složkou vodního hospodářství. Tato voda se označuje dvěma termíny, voda srážková a voda dešťová a její intenzita je ovlivněna polohou. Český hydrometeorologický ústav poskytuje údaje o množství srážek, které se získávají z vyhodnocení ombrografických a ombrometrických srážkoměrů (Šálek et al, 2008).

Ombrografické záznamy jsou nejvíce žádané klimatologické údaje, kde se hodnotí extrémnost srážek, jejich intenzita, ale i průběh srážek v jednotlivých dnech. Jsou například velkým přínosem i pro prognostické modely povodňových vln, pro posuzování erozí, jež jsou způsobeny deštěm.

V České republice je počátek měření pomocí ombrografů od roku 1898, kdy byly údaje získávány z 18 ombrografů (Květoň et al, 2004).

Na obrázku č. 2 je znázorněn malý a velký oběh vody na Zemi. Díky zpomalování vody, která protéká územím, malý vodní oběh zmírňuje výkyvy u velkého vodního oběhu a zabraňuje výkyvům srážek a teplot.

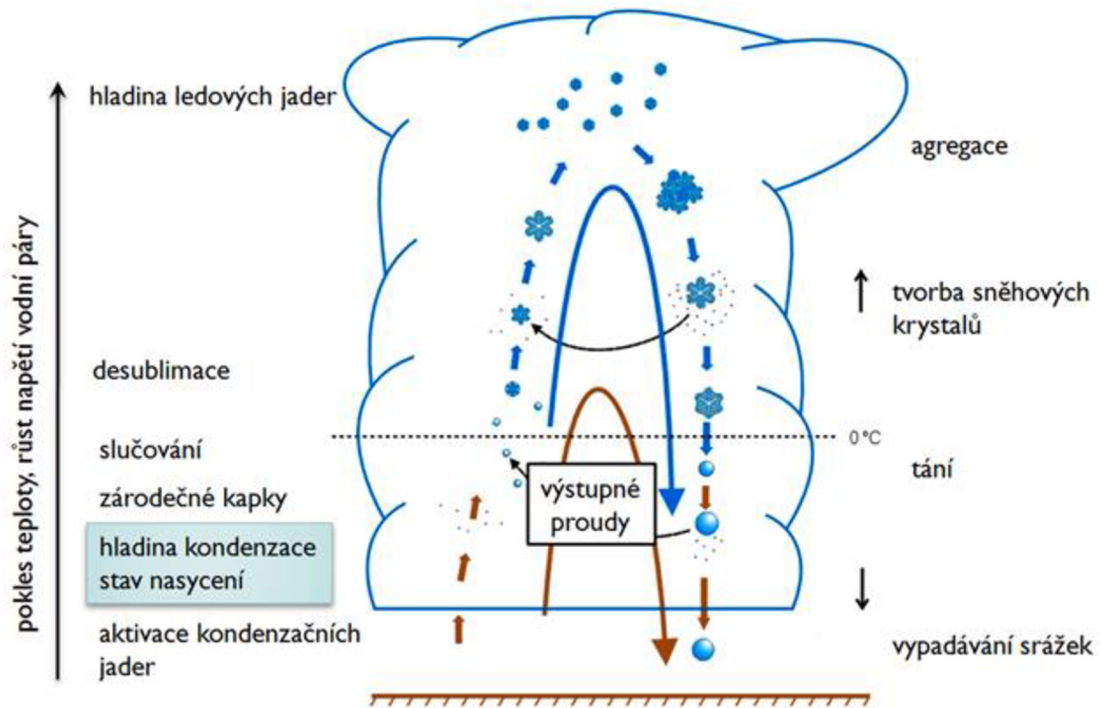


Obrázek 2: Oběh vody (Soilteq, 2017)

S rostoucí urbanizací dochází k velkým změnám ve vodním hospodářství. Dešťová voda se nevsakuje do půdy, ale dochází ke zvýšení povrchového odtoku ze zpevnovaných ploch, odkud voda odtéká do kanalizací a recipientů (Hlavínek, 2007). Tyto změny vedou ke snížení zásob podpovrchových vod. Z důvodu povodní při extrémních srážkách se klade důraz, s ohledem na podmínky daného území, na zvýšenou retenci v místě vzniku srážek a k odvádění srážkových vod do stokových sítí (Hengeveld, De Vocht, 1982).

Vznik atmosférických srážek závisí na mnoha faktorech – vodních párách a teplotě, která ovlivňuje jejich srážení nebo mrznutí (Krejčí et al, 2002).

S nadmořskou výškou se obsah vodní páry ve vzduchu snižuje, k čemuž přispívá také její srážení. Vodní páry jsou z povrchu vynášeny do větší výšky, kde dochází k poklesu teploty vzduchu a růstu jejího napětí, viz obrázek níže.



Obrázek 3: Vznik a vypadávání srážek (Klimatologie a hydrogeografie pro učitele, 2014)

3.5 Koalescence – teorie vzniku srážek

Tato teorie popisuje vznik srážek, které vypadávají především v tropických oblastech z teplých oblaků. V tomto případě nemůže vývoj srážek probíhat pomocí ledové fáze. Kapky, které jsou větších rozměrů se spojují s malými kapkami a tím dochází k jejich nárůstu. Toto vzájemné splnutí, kdy dochází ke srážení kapek je označováno jako koalescence. Když kapky dosáhnou jisté velikosti, tak jejich pádová rychlost převyší výstupní rychlost a začnou padat. Během pádu dále pomocí koalescence zvětšují svou velikost. Když dosáhnou určitého rozměru, tak dojde k jejich roztříštění a zbylé větší kapky, které jsou opětovně nesené vzhůru pomocí stoupajících proudů vzduchu rostou koalescencí s malými kapkami. Poté opět dochází k jejich padání. Tento koloběh se neustále opakuje (Bednář, 2003).

3.6 Členění srážek

Atmosférické srážky se dělí dle: skupenství (kapalné, tuhé, smíšené), původu (padající, usazené), délky výskytu (trvalé a občasná srážky, přeháňky) a dle příčin jejich vzniku (konvenční, cyklonální, orografické).

Na základě pohybu atmosféry dále rozlišujeme srážky vertikální (déšť, déšť se sněhem, mrholení, kroupy, sníh, sněhové krupky, sněhové jehličky a sněhová zrna) a horizontální (mlha, rosa, námraza, jinovatka, náleď, ledovka). Jejich vznik je způsoben srážením vodní páry na studeném zemském či jiném povrchu (Kolektiv autorů, 2005).

3.7 Vznik oblaků

Příčinou vzniku oblaků je ochlazení vzduchu, kdy vodní pára v něm nahromaděná se stane nasycenou a tím dojde k vytvoření velkého množství drobných kapek. Ovzduší také obsahuje znečištění – zrnka soli, prach a kouř. Tyto částice se nazývají kondenzační jádra, která na sebe váží vodu. Po dosažení určité hmotnosti nastávají dešťové či sněhové srážky (Bednář, 2003).

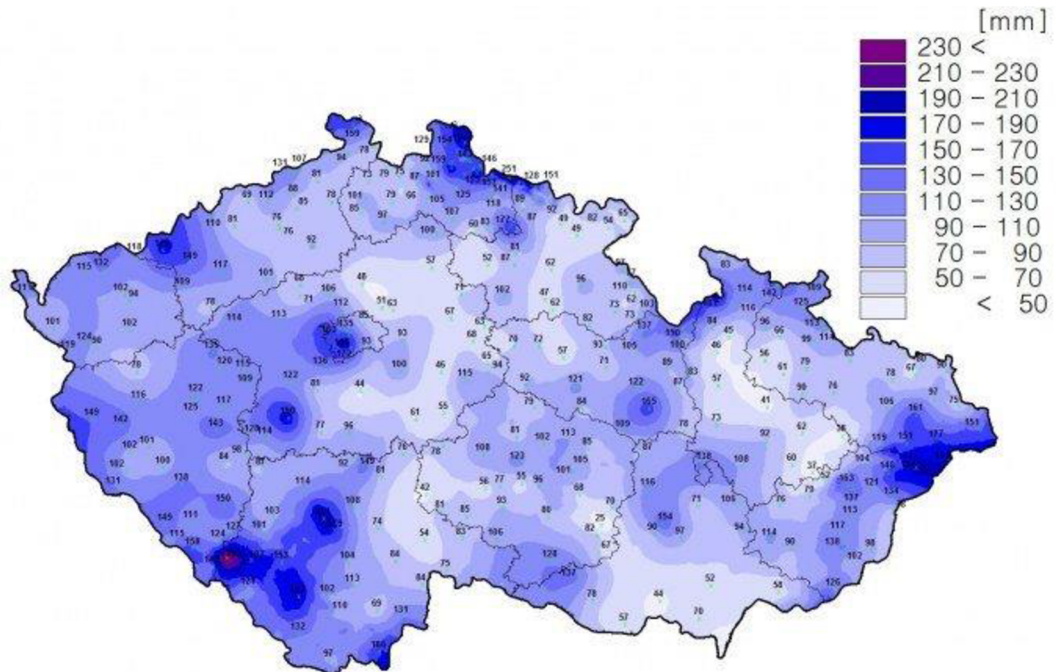
Podmínkou vzniku srážek ve smíšených oblacích je zapotřebí ledových částic, které se v oblacích vyskytují. Při poklesu teploty dochází u přechlazených částic k zmrznutí v ledové částice, na které se nabalují molekuly vodní páry, které hned namrznou a tím dojde ke zvětšení jejich velikosti. Jakmile dosáhnou určitého rozměru, začnou padat na zem. V místech, kde dosáhne teplota pod 0 °C, začnou tát a dojde k přeměně na dešťové kapky (Bednář, 2003).

3.8 Srážky na území ČR

Vzhledem k velké členitosti České republiky jsou srážky na území dost proměnlivé. Velký vliv na srážkové úhrny má nadmořská výška a návětrné a závětrné efekty horských překážek.

Srážkové úhrny za rok se pohybují v rozmezí od 410 mm, konkrétně v Žatecké pánvi, kde má na srážky vliv závětrí Krušných hor až po více než 1700 mm, a to v Jizerských horách. Na zbylé části území se průměrný roční úhrn srážek pohybuje mezi 600-800 mm. Mezi místa, kde jsou srážky nejnižší se řadí Kladenská a Řípská tabule, Žatecká pánev, Jaroslavická a Drnholecká pahorkatina. V těchto místech jsou srážky nižší než 550 mm za rok. Srážky jsou nejnižší v západní části území a rostou směrem k východní části Čech. V pohraničních horách dosahují srážky až 1400 mm.

Během léta spadne na území 40 % srážek, nejvíc v měsíci červenec, ovšem nejnížší úhrn je v zimních měsících, konkrétně v měsíci únoru, v horských oblastech i v březnu. Nížinné oblasti Moravy jsou ovlivněny Jaderským mořem, srážky zde jsou nejvyšší i v měsíci říjen.



Obrázek 4: Úhrn srážek za červenec 2014 (ČHMÚ, infomet.cz, 2014)

V roce 1897 v červenci spadlo na území ČR 656 mm srážek, kdy 345 mm srážek spadlo v jediný den, což se stalo středoevropským rekordem (Honsová, 2006).

Na obr. 4 je mapka úhrnů srážek za červenec 2014. Mapka je příkladem zmíněných regionálních rozdílů. V celostátním průměru spadlo 103 mm srážek, ale interval naměřených hodnot se pohybuje od 25 mm do 262 mm. Celkově spadlo více srážek v horských oblastech.

4 DEŠŤOVÁ VODA

Antropogenní činnost velmi ovlivňuje vodní hospodářství a je potřeba tyto negativní dopady snížit a jednat v souladu s udržitelným rozvojem.

Důvody pro hospodaření s vodou uvedl Böse (1999) a patří mezi ně:

- využitím dešťové vody vzniká méně vody odpadní,
- využívání dešťové vody je energeticky méně náročné,
- využívání dešťové vody šetří peníze,
- zásoby pitné vody jsou omezené,
- rostliny mají rády dešťovou vodu,
- snížení potřeby retenčních nádrží a ochrany před záplavami,
- méně pracích prostředků při využití dešťové vody.

4.1 Využití dešťové vody

Využití dešťové vody je řešeno v oblastech stávající zástavby nebo v oblastech novostaveb. U nových staveb je už od počátku možnost využít koncepční pojetí podle městského plánu urbanizace, například odvod vody z pozemků pomocí příkopů, žlabů. Pomocí této metody se zajistí retence a infiltrace vody v daném území. U stávající zástavby je dodatečná realizace složitější z důvodu omezené výstavby v obytné oblasti (Mičínová, 2005; Raclavský et al., 2011).

V centrech měst je využití dešťových vod složité, z důvodu vysokého procenta zastavěných ploch a minimálního počtu zastoupení zeleně. Tím dochází k narušení koloběhu vody. Řešením je využití plochy střech k ozelenění, jež přináší plno výhod, například schopnost zadržení srážkové vody o 50 až 70 %, zlepšení tepelných i izolačních vlastností, ochrana střechy před výkyvy teplot a mechanickým poškozením. Hlavním přínosem je zachycení srážkové vody a zpoždění odtoku do kanalizace (Heisigová et al., 2014).

V městských a smíšených obytných oblastech je stále vysoký podíl zástavby a podmínky pro infiltraci dešťové vody do půdy jsou omezené stejně jako v centrech měst.

Rozčleněním vlastnických práv na malá území dochází k obtížnému nalezení shody k daným plánům, k budování vsakovacích zařízení a zásobníků na srážkovou vodu. U městských oblastí, kde se nachází řadová a bloková zástavba jsou příznivé

podmínky pro využití vnitřních ploch, které se dají využít jako zahrady. U stavebních bloků s vnitřními plochami je možné zrušit zpevněné plochy a nahradit místa plochou nezpevněnou, která by umožňovala vsakování srážkové vody z daného objektu (Hlavínek et al., 2007).

Oproti tomu v oblastech se samostatnými rodinnými domy je hodně možností využití dešťových vod v místě jejich vzniku. Je zde malé množství zpevněných ploch, většina plochy je tvořena zahradami, kde je možnost zadržení dešťové vody v retenčních nádržích například k zavlažování zahrad (Hlavínek et al., 2007).

Využití dešťové vody v domácnostech je možné při praní prádla, splachování toalet, pro zalévání a údržbu (Dvořáková, 2007).

Při zavlažování dešťovou vodou nedochází díky malému procentu zastoupení solí ve vodě k jejímu zasolování (Böse, 1999). Dešťová voda je i bez obsahu chlóru, proto užívání pitné vody pro zavlažování není z ekologického i ekonomického hlediska vhodné (König, 2002).

Dešťová voda je měkká, proto je vhodné její využití při praní, kdy nedochází k usazování vodního kamene (Dvořáková, 2007). Při těchto činnostech dochází k významné spotřebě pitné vody. Při využití dešťových vod by došlo ke snížení spotřeby pitné vody až o 50 % (Dvořáková, 2007).

V místech s obchodní zástavbou je mnoho zpevněných, asfaltových ploch s velkým množstvím komunikací. U dešťové vody dochází v těchto místech k velkému znečištění. Řešením je její odvod do kanalizace. Mírně znečištěné vody je možné přes přírodní filtr zasakovat ve formě vrstvy vegetace (Hlavínek et al., 2007).

4.2 Kvalita dešťové vody

Na míru znečištění srážkových vod má vliv délka období bez srážek, objem srážkového odtoku a četnost atmosférických srážek. K přesunu rozpuštěných látek dochází na základě objemu dešťového odtoku. K přenosu nerozpuštěných látek dochází vlivem četností atmosférických srážek (Böse, 1999; Krejčí et al., 2002; Hlavínek et al., 2007). Srážková voda neobsahuje rozpuštěné látky a po průchodu zemskou atmosférou má hodnotu pH 5,6.

Kvalita srážkové vody je závislá na kontaminaci ovzduší, které obsahuje různé chemické látky. Na znečištění se podílí: rozpuštěné a nerozpuštěné látky z atmosférických srážek a znečištění způsobené při kontaktu srážkové vody

s povrchem území, kdy jsou nečistoty odváděny spolu s dešťovou vodou. Aby mohla být dešťová voda užívána, nesmí negativně ohrozit zdraví lidí, nesmí dojít ke kontaminaci půdy a podzemních vod a musí být zachována kvalita pitné vody.

Odtoky ze střech a zpevněných ploch se při vsakování do podzemních vod na základě množství znečišťujících látek dělí na tři skupiny: srážková povrchová voda přípustná, srážková povrchová voda podmíněčně přípustná a srážková povrchová voda nepřípustná (ČSN 75 9010, Dvořáková, 2007).

- Srážková povrchová voda přípustná

Tato skupina neohrožuje jakost podzemní vody a neohrožuje půdu kontaminací. Jedná se o povrchový odtok z následujících ploch:

- zelené plochy, louky a kulturní krajiny s možným odtokem srážkových vod do odvodňovacích systémů,
- střechy z inertních materiálů,
- terasy v obytných částech a jim podobné plochy,
- komunikace pro pěší a cyklisty,
- vjezdy do individuálních garáží a příjezdů k rodinným domům (ČSN 75 9010, 2013).

- Srážková povrchová voda podmíněčně přípustná

Do této skupiny náleží voda mírně znečištěná místními podmínkami. Nebezpečí znečištění se dá předejít například pomocí předčištění vody. Jedná se o povrchový odtok z následujících ploch:

- střechy z neošetřených kovů,
- pozemní komunikace pro motorová vozidla,
- frekventovaná parkoviště motorových vozidel do 3,5 t a autobusů,
- letištní plochy pro startování a přistávání letadel,
- komunikace průmyslových a zemědělských areálů (ČSN 75 9010, 2013).

- Srážková povrchová voda nepřípustná

Tato skupina představuje ohrožení jakosti podzemní vody a znečištění půdy. Jedná se o povrchový odtok z ploch, které jsou zřetelně znečištěny:

- parkoviště určená pro nákladní vozidla a u opraven vozidel,
- letištní plochy, kde se provádí zimní údržba letadel,

- místa určená k hospodaření s odpady,
- šrotiště (ČSN 75 9010, 2013).

Dešťový odtok je nejvíce znečištěn zejména v průmyslových oblastech a velkých městech. Toto znečištění je ovlivněno zemským povrchem (např. erozí půdy) i antropogenní činností, zejména vlivem dopravy a spalováním fosilních paliv.

Tyto emise mohou být přenášeny do velkých vzdáleností, proto se v dešťové vodě projeví znečištění jak místní, tak i ve vzdálených oblastech. Výrazná část znečištění je tvořena smyvem ze stavebních částí budov: ze střech, cihel, asfaltu, betonu, kovů a dalších. Ze střešních krytin, zejména z eternitu a lepenky se do vody uvolňují nežádoucí látky, proto je vhodnější užití jiných materiálů. Pokud střešní krytiny obsahují nátěry s obsahem pesticidů, je nutné zaústění dešťového odtoku do kanalizace s napojením na čistírnu odpadních vod. Taktéž okapy, které korodují, uvolňují toxické látky např. měď, zinek a chrom. V tomto případě je vhodné použít inertní materiály, které jsou neškodné k životnímu prostředí (Dvořáková, 2007).

4.3 Čištění dešťové vody

Úprava dešťové vody se určuje na základě míry znečištění a způsobu jejího dalšího využití. Voda ze střech je odváděna dešťovými svody do kanalizací nebo do infiltračních či akumulačních mechanismů, dále do úpravárenské jednotky a akumulačních nádrží, odkud je posléze rozvedena k jejímu využití. Ze zpevněných ploch je dešťová voda odváděna prostřednictvím trubních svodů a žlábků (Šálek, Tlapák 2006).

Nejběžnější způsob úpravy dešťové vody je zavedení samočisticího síťového filtru. Látky se zachycují v usazovací nádrži a na filtru s jemným kamenivem z křemičitého, vodárenského písku a krystalického vápence. K předčištění vody je možné využití vegetační kořenové čistírny (Šálek et al., 2008).

K zalévání a mytí aut je dostačující užití jednoduchého systému za pomoci čerpadla a akumulační nádrže (Bursík 2010).

Není vyžadována zvláštní filtrace vody, jen je nutné zabezpečit nádrž tak, aby nebyla zanášena listím a dalšími nečistotami. Při využití dešťové vody pro praní je nutné použít kvalitní filtraci (Dvořáková, 2007).

Při procesech čištění dešťových vod se užívá filtrace a sedimentace. U filtračního procesu se používají dva typy filtrů – externí a interní.

Externí filtr je umístěn do samostatné filtrační šachty, která je umístěna mezi okapovým svodem a dešťovou nádrží a tato šachta umožňuje napojení dvou větví okapových svodů. Po přefiltrování vody odtéká čistá voda do jímky.

Při použití samočisticích filtrů odtéká přebytečná voda a nečistoty do kanalizace. Interní filtr je umístěn uvnitř nádrže s jedním přítokem a jedním odtokem, kterým odtéká přefiltrovaná voda do nádrže.

Přebytečnou vodu je možné odvádět pomocí přepadového sifonu, který je na filtr napojen (Dvořáková, 2007).

Dešťovou vodu je možné čistit pomocí okapové filtrační jednotky, košíčkových filtrů, samočisticích filtračních jednotek a filtrů pro montáž do tlakového potrubí (Dvořáková, 2007).

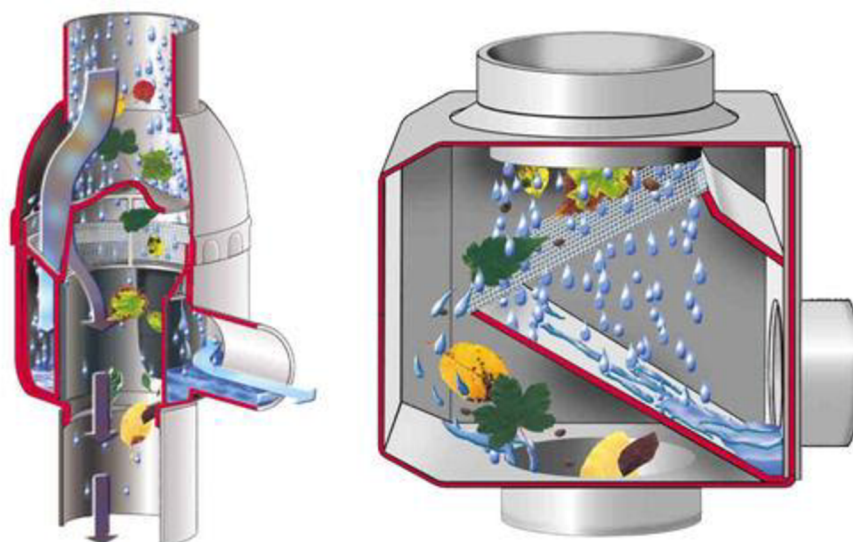
- Okapové filtrační jednotky

Podokapový hrnec a okapový filtr se používají k zachycení znečištění. Podokapový hrnec se umísťuje obvykle u každého dešťového svodu a zapouští se do země. Dochází zde k procesu filtrace. Pro zachycení znečištění je na sítku vrstva kameniva, přes kterou protéká voda a dochází zde k filtraci. Podokapový hrnec, znázorněný na obr. 5, se využívá pro filtraci dešťové vody určené k závlahám a vsaku.



Obrázek 5: Podokapový filtrační hrnec (Využívání dešťové vody – kvalita a čištění, 2007)

Okapové filtry na obr. 6 se používají k odstranění větších nečistot. Může se jednat o malé větvičky, listí nebo šišky. Nečistoty odtékají spolu s přebytečnou vodou do kanalizace. U těchto samočisticích filtrů není nutná kontrola.



Obrázek 6: Svodové okapové filtry (Využívání dešťové vody – kvalita a čištění, 2007)

- Košíčkové filtry

Košíčkový filtr, který je znázorněn na obr. 7 bývá umístěn samostatně nebo je součástí filtrační šachty a jeho použití je vhodné pro všechny druhy dešťových vod. U tohoto způsobu filtrace je nezbytná údržba (Dvořáková, 2007).

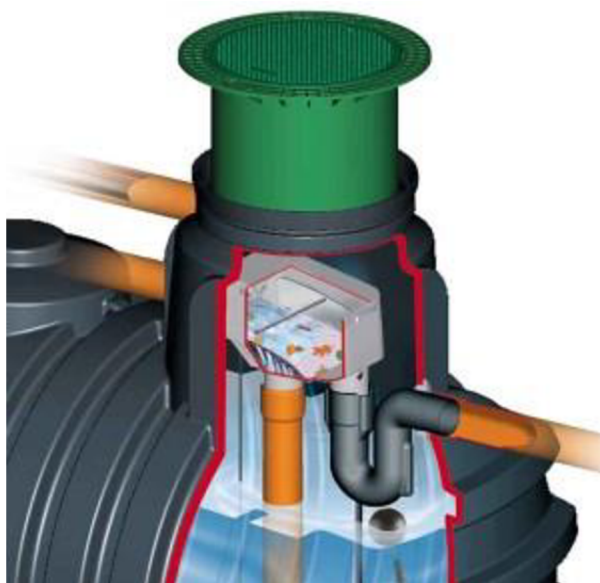


Obrázek 7: Košíčkový filtr (Využívání dešťové vody – kvalita a čištění, 2007)

- Samočisticí filtrační jednotky

Toto zařízení je možné použít v případě, že je k dispozici možnost napojení přepadu do veřejné kanalizace.

Samočisticí filtrační jednotka na obr. 8 je tvořena válci či deskami z filtračního materiálu. Skládá se z přítokového potrubí, odtoku do jímky, odtokového potrubí do kanalizace a třívrstvé filtrační vložky. Na zaoblenou hranu této vložky natéká znečištěná voda. Voda, která proteče přes plochu filtrační vložky odtéká do dešťové nádrže. Zachycené nečistoty spolu s přebytečnou vodou odtékají do kanalizace (Dvořáková, 2007).



Obrázek 8: Samočisticí filtr v interním provedení (Využívání dešťové vody – kvalita a čištění, 2007)

- Filtry pro montáž do tlakového potrubí

Filtr do tlakového potrubí znázorněný na obr. 9 má zpětný proplach. Výhodou tohoto filtru je neustálé dodávání filtrované vody, a to i během jeho čištění. Jemné filtrační sítko zachytává drobné částice např. úlomky rzi, písečná zrna atd. Instaluje se na výtlačné vedení za čerpadlo (Dvořáková, 2007).



Obrázek 9: Jemný filtr se zpětným proplachem pro montáž do potrubí za čerpadlem
(Využívání dešťové vody – kvalita a čištění, 2007)

4.4 Retence a odvod dešťové vody

Dešťovou vodu je možné odvádět konvenčně a decentralizovaně. V zastavěných oblastech s rozsáhlými střechami a zpevněnými plochami dochází ke změnám odtokových poměrů v krajině. Při konvenční metodě je dešťová voda odváděna ihned po dopadu do stokové sítě a poté do recipientu. Dešťová voda z důvodu jejího nahromadění nestačí odtékat a způsobuje záplavy a škody. Odtok dešťové vody obsahuje velké množství znečišťujících látek ze zemského povrchu, které se dostávají do stokové sítě, čistíren odpadních vod a recipientů. Pokud jsou srážky intenzivní, dochází k navýšení objemu dešťových vod nad ostatními druhy odpadních vod. Proto je nutné v městském odvodnění přizpůsobit tomuto ději dimenzování potrubí. Problematiku odvodňovaných míst lze vyřešit pomocí vybudování retenčních prostorů – retenčních nádrží a nárůst objemu vody odvádět do recipientu. Moderní principy odvodnění území jsou řešeny za využití retenčních nádrží a pomocí decentralizované retence při odvodnění konkrétních staveb (Geiger, Dreiseitl, 2001).

Dešťová voda může být odváděna potrubím, povrchovými příkopy a plošně příčným sklonem komunikace k jejímu okraji (Hlavínek et al., 2007).

Tradiční způsob odvodnění je v současné době z důvodu velkých finančních nákladů nahrazován způsobem decentralizovaným, který slouží k využívání dešťových vod.

Principem této metody je snaha o zadržení srážkového odtoku přímo v místě spadu, tedy zasakování nebo využívání srážkové vody na pozemku. Dešťová voda je z objektů odváděna do retenčních či vsakovacích objektů, které přispívají k jejímu vypařování či vsaku. Tyto objekty slouží k akumulaci, čištění a k zadržení vody s řízeným odtokem (Sieker et al., 2006).

4.4.1 Retenční nádrže

Urbanizované území mění charakter přímého srážkového odtoku. Retenční nádrže imitují přírodní zadržení vody v krajině. Jejich schopností je ochrana před zvýšenými dešťovými odtoky, před povodněmi a jsou schopné zachytit škodlivé látky usazené na zemském povrchu (Dreiseitl et al., 2001).

Retenční nádrže dělíme na suché retenční nádrže, retenční nádrže s přesně vymezeným ochranným prostorem, protierozní nádrže, dešťové nádrže, infiltrační výtopové zdrže a nárazové nádrže (Hlavínek et al., 2007).

- Suché retenční nádrže – poldry

Suché retenční nádrže jsou vodní díla, která slouží k protipovodňové ochraně – snižují povodňový průtok. Po průchodu povodňového průtoku dochází k vyprázdnění poldrů. Dna těchto nádrží bývají zatravněna nebo jsou využívána k lesnickým účelům, například se zde vysazují rychle rostoucí dřeviny. Tím dochází v místě poldru i ke zvýšení biodiverzity. Tato skutečnost má velký význam pro životní prostředí (Dreiseitl et al., 2001).

- Retenční nádrže s přesně vymezeným ochranným prostorem

Tyto nádrže transformují povodňovou vlnu. Po průchodu této vlny řízeně vyprazdňují ochranný prostor, který je přesně vymezený až po úroveň zásobního prostoru (Geiger, Dreiseitl, 2001).

- Protierozní nádrže

Protierozní poldry slouží jako ochrana proti vodní erozi a dalším jevům, které s tím souvisí. Dokáží zachytit splaveniny, jejichž množství je závislé na intenzitě srážek nebo například na sklonu terénu.

Další výhodou těchto nádrží je zlepšení vegetačního krytu na základě zvýšené vlhkosti pod dnem nádrže a v jejím okolí (Dreiseitl et al., 2001).

- Dešťové nádrže

Tyto nádrže slouží ke krátkodobé akumulaci vody a případně i k zachycení znečištění srážkových povrchových vod. Nádrže jsou budovány většinou jako ochrana malých vodních toků nebo stokových sítí před přítokem velkého objemu srážkových vod, nebo vnosu velkého objemu znečištění. Dle typu dešťové nádrže vody za pomoci regulovaného odtoku odtékají do vodních toků, stokových sítí nebo se vsakují do podzemních vod. Znečištěné vody se vypouští do stokové sítě a putují do čistíren odpadních vod (Hlavínek et al., 2007).

- Infiltrační výtopové zdrže

Tyto zdrže slouží ke krátkodobému zadržení přitékající vody, která je přebytečná. Zadrženou vodu je možné využít například k závlaze luk. Tyto zdrže pomáhají zvyšovat bonitu půdy (Dreiseitl et al., 2001).

- Nárazové nádrže

Nárazové nádrže mají funkci ochrannou. Při řízení průtoku vyrovnávají nárazové průtokové vlny ve vzdálených profilech (Dreiseitl et al., 2001).

4.4.2 Decentralizovaná retence dešťové vody na jednotlivých objektech

Základem decentralizované retence je snaha hospodaření se srážkovou vodou v místě jejího vzniku a zabránění odtoku z území. Často bývá voda svedena do podzemních retenčních nádrží nebo do nádrží uvnitř budovy. Zadržená voda poté z nádrže zvolna odtéká do recipientu. Pozvolné odvádění srážkové vody má pozitivní dopad na vodní hospodářství v urbanizovaném prostředí (Vítek, 2008).

Decentralizovaná retence znamená zadržování vody u jednotlivých nemovitostí. Ekonomicky výhodné je vybudování retenčního objektu na střechách nebo parkovištích, která jsou zaplavená. Zásadní pro decentralizovanou retenci je vybudování zařízení pro omezení odtoku (Hlavínek et al., 2007).

K omezení odtoku je užíváno těchto mechanismů: škrťací trať, vírový regulátor a filtrační lože (Dreiseitl et al., 2001).

Mezi zařízení, která slouží k retenci vody, patří například:

- rybník s biotopem,
- retence na terasách, vodorovných a šikmých střeších,
- retenční nádrž na dešťovou vodu,
- retence na parkovištích a průmyslových plochách,
- filtrační jímka,
- retenční kanál,
- plastové voštinové bloky,
- retenční filtrační nádrž,
- vsakování s retenčním prostorem,
- retenční zařízení v kombinaci s potrubním vsakováním.

Zařízení jsou vhodná při přivalových srážkách, při cíleném zadržení vody, kterou je nutné dále odvést ke vsakování nebo v zastavěných oblastech a také při cíleném řízení odtoku srážkové vody (Dreiseitl et al., 2001).

Rybník s biotopem

Rybník v kombinaci s biotopem je vhodný ke koupání, neboť biotop je tvořen vodní plochou s přírodním samočištěním – voda je čištěna na bázi biologických procesů. Proces čištění je účinný pouze v případě dostatečného prostoru k obnově vody s nejmenší požadovanou plochou 50 m². Pro přírodní čištění jsou vhodné vodní, bahenní a vlhkomilné rostliny. Proces je založen na přírodních samočisticích principech a k čištění vody je využita funkce vodních rostlin a nitrifikačních bakterií. Ke zvýšení koncentrace mikroorganismů může dojít při teplotách vyšších než 24 °C. Výhodou je provozování bez užití jakýchkoli chemikálií. Nevýhodou je krátká sezóna koupání (Hlavínek et al., 2007; Dreiseitl et al., 2001).

Retence na terasách, vodorovných a šikmých střeších

Na střeších, které mají rostlinný, nebo šterkopískový povrch dochází k velké retenci srážkové vody. Užití je možné pouze za předpokladu, že je střecha naprosto vodotěsná a vybavená fólií proti prorůstání kořenů (Geiger, Dreiseitl, 2001).

Zadržování části dešťových vod na střeších je zajištěno pomocí vegetace s půdním substrátem. Pomocí evapotranspirace dochází ke snížení odtoku. Před návrhem retenčního zařízení na střeších je třeba statického posudku budovy.

Předností tohoto zadržení vody je regulace teploty v nejvyšším podlaží budovy, snížení hluku a zmírnění dilatačních problémů. Také z pohledu estetiky je možné začlenění do zahradní architektury. Pomocí rostlin a půdy dochází k biologickému a mechanickému čištění dešťové vody. Nevýhodou je trvalá péče o zeleň, například zalévání, a to okamžitě po jejím vysazení (Hlavínek et al., 2007; Dreiseitl et al., 2001). Pro zelené střechy se používají materiály a skladby vrstev, jež jsou obdobné. Rozdíl je pouze v tloušťce vrstev a ve speciálních opatřeních, které vyžadují velké sklony střech. Použitý substrát musí vykazovat velké absorpční schopnosti. Nevhodným substrátem je zahradní a orná půda z důvodu vytvoření neprodyšného filmu ve spodní části vrstvy střechy vyplavením jemných částic. U velkých střešních ploch se používá štěrk, který odvádí přebytečnou vodu k okapům. Bývá umístěn okolo okrajů (Geiger, Dreiseitl, 2001).

Střešní zahrady se dělí na základě druhů vegetace na extenzivní, polointenzivní a intenzivní zeleň. U intenzivního zazelenění je zadrženo větší množství dešťové vody, u extenzivního zazelenění je požadováno zadržené vody minimálně 30 % (Čermáková, Mužíková, 2009).

- Extenzivní zeleň

Používá se smíšený substrát, který dobře zadržuje vodu. Vhodné jsou nenáročné rostliny, například rozchodníky, suchomilné trávy, stále zelené mechy, netřesk, šalvěj, divizna, koniklec a kostřava, které mají schopnost dlouhodobě snášet extrémní podmínky na střeše. Výška substrátu se doporučuje v rozmezí 60 – 150 mm. Tento typ střešní zeleně bývá nejběžnější. Výhodou je nenáročnost při údržbě, po založení není nutné o střešní zeleň dále pečovat. Znaky extenzivní zeleně: sklon střechy do 20°, slabá vrstva substrátu, na který bude trávník vysazen v rozmezí 13 – 15 cm a zátěž střechy 80 – 90 kg.m⁻² (Geiger, Dreiseitl, 2001).

- Polointenzivní zeleň

Jedná se o přechodný typ mezi extenzivní a intenzivní zelení. Používají se rostliny jako u extenzivní zeleně a doplňují se o suchomilné trvalky a nižší keře, např. jalovec, hlohyně. Výška substrátu je dostačující v rozmezí 150 – 300 mm. U tohoto typu zazelenění jsou vyšší nároky na zavlažování a údržbu.

Znaky polointenzivní zeleně: sklon střechy do 20°, vrstva substrátu 15 – 30 cm s drenáží a zátěž střechy 120 – 350 kg.m⁻² (Dreiseitl et al., 2001).

- Intenzivní zeleň

Tyto osazené střechy se nazývají střešní zahrady. U úpravy pomocí intenzivní zeleně může vegetační kryt obsahovat jeden nebo více substrátů a zakládá se na střechách rovných nebo lehce zešikmených, na kterých je možnost vysazení keřů, stromků, náročnějších rostlin a travnatých ploch. Tento typ zeleně musí mít samostatný zavlažovací systém a je třeba pravidelné údržby a péče. Mezi výhody patří možnost pobytu osob na těchto střechách (Čermáková, Mužíková, 2009; Dreiseitl et al., 2001). Znaky intenzivní zeleně: sklon střechy do 5°, při vrstvě substrátu o výšce 20 – 25 cm je zátěž střechy 200 – 300 kg.m⁻² a při vrstvě substrátu o výšce 30 – 35 cm se zátěž střechy pohybuje okolo 350 kg.m⁻². Pokud se na střeše nachází pergoly či stromky, je třeba plošná zátěž střechy v rozmezí 500 – 600 kg.m⁻² (Dreiseitl et al., 2001).

Na obr. 10 je znázorněno rozdělení střešních zahrad, které se dělí podle skladby vegetace a tím i dle celkové skladby vegetačního souvrství.



Obrázek 10: Rozdělení střešních zahrad (Retence dešťových vod I., 2009)

Retenční nádrž na dešťovou vodu

Tyto nádrže slouží k akumulaci vody při velkých srážkových úhrnech. Podmínkou pro vybudování retenční nádrže je určitá plocha pro umístění nádrže a nutnost zabezpečit stálou údržbu. Výhodou při pořízení této nádrže jsou nízké finanční náklady (Hlavínek et al., 2007).

Retence na parkovištích a průmyslových plochách

Retenční prostor parkoviště nebo průmyslové plochy umožňuje při dešťové události využít jejich krátkodobé zatopení. Výška vody na těchto plochách bude dosahovat několika centimetrů. Je nutné posoudit látkové znečištění odtoku srážkových vod, pokud vede zaústění do recipientu nebo do vsakovacího objektu. V případě sklonu vyššího než 4 % nastává riziko vzniku eroze. Výhoda retence na těchto plochách spočívá v jednoduchém opatření. Nevýhodou je jejich částečné omezení v užívání (Dreiseitl et al., 2001).

Filtrační jímka

U filtrační jímky protéká srážková voda přes vrstvu půdy a natéká do kontrolní šachty, ve které je velikost odtoku regulována. Při průtoku srážkových vod přes vrstvu půdy dochází k odstranění nečistot pomocí biologického čištění. Takto vyčištěnou vodu je pak možné zaústit do recipientu nebo podzemních vsakovacích zařízení. Užití filtrační jímky je vhodné pro vody předčištěné, ale i pro srážkové vody znečištěné například silniční dopravou. U tohoto způsobu je výhodou možnost kontroly odtoku a snadné začlenění do zelených ploch. Nevýhodou je minimální až žádné vsakování (Hlavínek et al., 2007; Dreiseitl et al., 2001).

Retenční kanál

Retenční kanál je tvořen pomocí potrubí s velkým průměrem a je doplněný zařízením na omezení odtoku, které je naistalováno na jeho konci. Tento zadržovací systém nezabírá místo na povrchu stavby. Nevýhodou jsou vyšší investiční náklady (Dreiseitl et al., 2001).

Plastové voštinové bloky

Zadržování vody pomocí voštinových bloků je novodobý trend pro vybudování prostor na srážkovou vodu. Tyto bloky musí být opatřeny voděodolnou fólií, aby byla zachována schopnost zadržení vody. Jejich výhodou je vysoká pevnost, nosnost, lehká konstrukce a nenáročná montáž. Vlastností těchto bloků je i mechanická a chemická rezistence. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena (Hlavínek et al., 2007; Dreiseitl et al., 2001).

Retenční filtrační nádrž

U této nádrže je možnost větší hloubky zadržené vody. Uplatnění typu této nádrže je na velmi znečištěných plochách, plochách větších než 1 ha a v místech, kde je vyšší riziko technických poruch, například u odtoků z dálnic. Retenční nádrže nahrazují úlohu přírodního zadržování dešťové vody. Zachycují nečistoty smyté ze zemského povrchu, například klacíky, pyl, listí, prach a choroboplodné zárodky z ptačího trusu. Retenční nádrže i filtrační jímky mají čistící schopnost, především se však jedná o funkci ochrannou. Mezi výhody patří dobré čistící schopnosti olejových i ropných látek, ideální kontrola vsakovacích opatření a snadné začlenění do přírody. Nevýhodou těchto nádrží je, že nedochází k vsakování dešťových vod (Hlavínek et al., 2007; Dreiseitl et al., 2001).

Vsakování s retenčním prostorem

Vsakování do půdy přes povrchovou vrstvu humusu do nádrže, která je utěsněná nebo do příkopu, na který navazuje vsakovací pruh. Výhodou jsou velmi dobré čistící schopnosti, odbourávání rozpuštěných i nerozpuštěných látek v retenčním prostoru, ve kterém pomocí oživené půdy dochází k biologickému čištění. Nevýhodou tohoto typu zadržování dešťové vody je pravidelná údržba kvůli zanášení a zarůstání retenčního prostoru (Dreiseitl et al., 2001).

Retenční zařízení v kombinaci s potrubním vsakováním

Jedná se o zadržování vody v nádržích nebo vsakování přes rýhy, které jsou umístěny po stranách nádrže nebo pod nádrží s následným odtokem do kontrolní šachty.

Retenční zařízení dešťové vody je možné použít v místech s malými nároky na kvalitu vsakované vody, například zaústění do recipientu z důvodu zvýšení hladiny vody, nebo v případech kontaminace půdy. Výhodou tohoto systému je dobrá retenční a odváděcí schopnost (Dreiseitl et al., 2001).

Současným problémem retenčních nádrží je malý zájem o jejich údržbu a malé množství finančních prostředků používaných na údržbu, investice a prevence negativních dopadů. Retenční nádrže jsou důležitou složkou krajiny ovlivňující ekologickou stabilitu (Geiger, Dreiseitl, 2001).

4.5 Vsakování dešťové vody

Vsakování dešťové vody je významné z ekologického a vodohospodářského hlediska. V české legislativě je problematika vsakování dešťových vod řešena normou vodního hospodářství TNV 75 9011 a tento způsob je prioritně upřednostňován před pouštěním vody do kanalizačního potrubí. V dřívějších dobách byly dešťové vody vsakovány přirozeně a doplňovaly zásoby podzemních vod. Dnes je velká část dešťových vod na základě rozrůstajících se urbanizovaných území a zpevněných ploch odváděna kanalizací do recipientů. Tím dochází ke snížení zásob podzemních vod (Novak et al., 2014).

Dnes se klade důraz na zadržení vody v krajině. Proto je vsakování v místech, kde je půdní profil dostatečně propustný, kde není v místě vysoká hladina podzemních vod a dešťová voda není znečištěna, důrazně doporučeno. Pro stavby a objekty je nutné provést hydrogeologický průzkum, zda jsou lokální podmínky vhodné pro vsakování srážkových vod (Krejčí et al., 2002; Hlavínek et al., 2007).

Náklady na vsakování dešťové vody jsou nižší než náklady na jejich odvod. Cílem hospodaření s dešťovými vodami je tedy jejich využití v místě vzniku a odvod přebytečných vod z nádrží na dešťovou vodu do půdního profilu. Při navrhování vsakovacích zařízení je nezbytné mít již při plánování údaje o zdrojích znečištění v podobě ekologických zátěží a nechat průzkumem doložit, že z dlouhodobého hlediska nedojde ke snížení kvality zasakované vody. To platí i při výběru materiálů, které se používají k vsakování vody do půdy (Böse, 1999; Šálek et al., 2008).

Podmínky pro vsakování se řídí normou ČSN 75 9010, která se věnuje návrhům, následnou výstavbou a provozem vsakovacích systémů pro srážkové vody. Podkladem pro návrh vsakovací soustavy je hydrogeologický průzkum. U vsakování je stanoven koeficient vsaku, tzn. rychlost vsakování a hloubka hladiny vody pod terénem. Příhodné podmínky pro vsakování jsou v případě, kdy součinitel vsaku $k_v \geq 10^{-6}$ m/s a hladina podzemní vody je minimálně 1 m pod vsakovacím objektem. Poté se na základě rychlosti vsaku a velikosti odvodňované plochy navrhne vsakovací objekt (Němec, Hladný, 2009).

4.5.1 Způsoby vsakování dešťové vody

Technické řešení vsakování dešťové vody závisí na typu plochy s ohledem na její znečištění, na vsakovacích schopnostech půdního a horninového prostředí, na prostorových možnostech, které určují velikost plochy vsakovacího zařízení a velikost retenčního objemu. Vsakovací zařízení dělíme na nadzemní decentralizované a centrální vsakovací zařízení. Užití těchto zařízení je možné na území s různým sklonem. U strmějších terénů se doporučuje kaskádovité uspořádání. V případě, že je množství vsakované vody nedostatečné, je nutné spojit vsakovací zařízení s řízeným odtokem a nechat ho zaústit do kanalizace nebo povrchových vod. Při přítoku většího množství vody je nutné využít dalších možností odlehčení, například vybudováním průlehů či příkopů, které budou svedeny do recipientu. Další možností je dočasné zaplavení okrajové oblasti.

Akumulační prostor má za úkol zadržet dešťovou vodu po dobu, než dojde k jejímu vsaku do podloží. U plošných vsaků a průlehů dochází k vsaku přes souvislou zatravněnou humusovou vrstvu. Tato metoda je náročná na prostor – odtok ze zpevněných ploch je zaústěn na zelené plochy s dobrou vsakovací schopností. Oproti tomu u podzemních vsakovacích zařízení jsou požadavky na plochu malé a tento způsob je z důvodu ochrany podzemních vod preferovaný (Hlavínek et al., 2007).

Mezi hlavní technická řešení vsakování srážkových vod řadíme: plošné vsakování, vsakovací příkopy, vsakovací nádrže, trubní zasakování a rýhové vsakování, šachtové vsakování, plastové vsakovací bloky a vícesložkové vsakovací prvky (Hlavínek et al., 2007; TNV 75 9011, 2013).

4.5.2 Plošné vsakování

Plošné vsakování je vhodné pro plochy porostlé vegetací. U tohoto typu vsakování je retenční objem rozložen na velké ploše, proto je navrhována malá hloubka vsakovacího zařízení. K vsakování dochází přetokem vody po terénu s jeho maximálním sklonem 1:20. Dešťová voda je dále odváděna do míst určených pro vsakování. Vrchní půdní vrstva pro plošné vsakování by měla být obohacena organickými látkami (humusem) s výrazným zastoupením rostlinných kořenů a půdních organismů. Při průsaku vody přes tuto vrstvu dochází k procesu čištění prosakující vody a k zadržení znečišťujících látek (Böse, 1999; Krejčí et al., 2002; Hlavínek et al., 2007; TNV 75 9011, 2013).

Pro plošné vsakování jsou vhodné písčité půdy z důvodu jejich dobré propustnosti. Vsakovací schopnost půdy musí být vyšší než vypočtený přítok srážkové vody. Velikost plochy určené k vsakování by měla odpovídat alespoň 30 % plochy, na kterou dešťová voda dopadne. Tento způsob vsakování se provádí přes zatravněné plochy, zatravněné štěrkové plochy, zatravňovací tvárnice, propustné dlažby a propustný asfalt a beton (Hlavínek et al., 2007).

Zatravněné plochy

Zatravněné plochy mají schopnost zadržet velké množství vody a vyznačují se vysokými odpařovacími a čistícími schopnostmi. Tyto plochy jsou osazeny keři a travinami. Aby byly plochy lépe propustné, je nutné jejich kypření. Hlavními výhodami jsou nízké pořizovací náklady a snadná údržba.

Zatravněné štěrkové plochy

Jedná se o plochy, které mají stejné vlastnosti jako plochy zatravněné. Mají velkou zadržovací schopnost. U této metody je potřeba odebrat horní vrstvu půdy o výšce přibližně 25 cm. Nosná vrstva musí být do výšky 10 cm pokryta štěrkem. Součástí horní vrstvy by měla být vegetace s významným obsahem organických látek a půdních organismů, štěrku a půdy. Zasypána bývá štěrkem. Výhodou jsou nízké pořizovací náklady. Plochy se díky vysoké nosnosti využívají k parkování.

Zatravňovací tvárnice

Zatravňovací tvárnice mají výbornou čistící schopnost. Vyrábějí se z plastu nebo betonu. Při provádění této metody se odstraní horní vrstva půdy o hloubce přibližně 30 cm. Spodní vrstvu 10 cm tvoří ochranná vrstva štěrku proti mrazu a následujících 10 cm se skládá z nosné vrstvy štěrku. Tvárnice se pokládají do pískového podsypu výšky 5 cm a zasypou se zeminou s obsahem travních semen. Tyto plochy se využívají jako parkoviště či jako zpevněné komunikace u budov a garáží.

Propustná dlažba

Propustná dlažba se navrhuje tak, aby umožnila dešťové vodě vsak do půdy a zvodnělé vrstvy. Nepropustné povrchy lze nahradit různými materiály, například betonovými dlaždicemi nebo porézním betonem.

Používají se dva druhy propustné dlažby: betonová dlažba, která má drenážní spáry, pomocí kterých odtéká dešťová voda do podloží a betonová dlažba z mezerovitého betonu, kdy se dešťová voda dostává do podloží pomocí dutin v dlažbě. Obě možnosti mají velmi dobré retenční schopnosti. Tato metoda se používá k budování cyklistických a turistických stezek, pěších zón, přístupových cest, chodníků, dvorků.

Propustný asfalt nebo beton

Oproti klasickému betonu obsahuje propustný asfalt a beton více pórů, a to z důvodu obsahu menšího množství jemných částic. Než dojde k vsaku dešťové vody do půdy pod propustným asfaltem nebo betonem, je dešťová voda zadržována v pískovém podsypu. Tento způsob se využívá k budování cyklistických a turistických stezek, pěších zón a parkovacích míst. Díky nižší stabilitě není vhodné použít tento způsob na místech, která jsou často navštěvována.

Mnohdy je možné zkombinovat různé metody pro plošné vsakování. Vhodná je kombinace zpevněných a nezpevněných ploch (Hlavínek et al., 2007).

4.5.3 Povrchové vsakování

Jedná se zde o princip vsakování srážkové povrchové vody do podzemí. Využívá se v územích, kde z důvodu nedostatku místa nelze použít plošné vsakování (Kabelková, Doležalová, 2009).

K povrchovému vsakování se používají travnaté plochy. Dešťová voda, která přitéká do vsakovacího zařízení nesmí způsobit narušení povrchu vegetace. Z estetického hlediska je vhodné obohatit zařízení o vegetaci či trvalou vodní plochu.

Hlavní výhodou tohoto vsakování je zachycení nečistot v půdní vrstvě, dále nenáročné odstraňování splavenin a přirozená obnova filtrační vrstvy. Povrchové vsakování pomocí nadzemní retence vody se dělí na vsakovací průlehy a vsakovací nádrže (ČSN 75 9010, 2013).

Vsakovací průlehy

Jedná se o mělké prohlubně, které jsou zatravněné vegetací nebo jsou tvořeny vrstvou z humusu či jsou zasypané štěrkem. Slouží ke krátkodobému zadržení vody. Při dlouhodobém zadržení vody by docházelo ke snížení infiltrační schopnosti půdy. Z toho důvodu by hloubka průlehu neměla být větší než 30 cm.

Nejlepší variantou je provedení průlehu s nulovým sklonem dna, kdy dochází k rovnoměrnému rozložení vody k vsakování. Vhodným řešením je doplnit vsakovací průlehy o zatravněné pruhy, z důvodu zvýšení čistícího účinku (ČSN 75 9010, 2013). V případě průlehů s větším sklonem je nutné jejich přehrazení hrázkami, současně ale musí být zachována jejich pevnost. Při budování průlehu dochází k odstranění horní vrstvy. Vytěžená zemina je nahrazena vsakovací vrstvou šterku. Na takto připravený infiltrační podklad se položí směs zeminy se sutí a vrchní vrstva se zaseje travinami a křovinami (Hlavínek et al., 2007; Kabelková, Doležalová, 2009).

Vsakovací nádrž

Vsakovací nádrže mají velkou plochu, a tudíž velkou zadržovací schopnost. K vsakování opět dochází přes humusovou vrstvu půdy. Voda je přiváděna bezprostředně ze zpevněných ploch, aby se zamezilo soustředěného odtoku vody z důvodu eroze půdy. Pokud je voda přiváděna pomocí potrubí, je nezbytné umístění vtoku až na dno nádrže. Podloží nádrže musí být neustále propustné, aby nedocházelo ke snížené infiltraci a dlouhému zdržení vody v nádrži. V takovém případě by se hromadily naplavené nečistoty a docházelo by ke vzniku nánosů. Proto je důležité před vsakovací nádrž osadit předčistící zařízení, které zachytí plovoucí nečistoty obsažené v dešťových vodách.

Využití vsakovacích nádrží je vhodné na plochách zeleně (parků, trávníků) nebo v místech, kde je jejich užití vzhledem k velikosti plochy možné. K výhodám těchto nádrží patří velmi dobrá infiltrační schopnost. Nevýhodou je při nevhodné údržbě zanášení dna splaveninami (Hlavínek et al., 2007).

4.5.4 Podzemní vsakování

Pokud je plocha nedostatečná pro vsakování srážkové vody na povrchu, je navrhováno podzemní vsakování, u kterého je srážkový odtok zaústěn přímo do spodní části půdního horizontu. Tato spodní část půdy obsahuje minimum humusu. Aby nedošlo ke kontaminaci podzemních vod, je u tohoto typu vsakování nutné zařadit předčistící zařízení před zaústění do podzemního vsaku z důvodu menší zadržovací schopnosti nečistot, než je tomu u povrchových vrstev (Krejčí et al., 2002).

Podzemní vsakování se dělí na vsakování:

- rýhové
- v šachtách
- potrubní
- vsakování pomocí vsakovacích bloků.

Rýhové vsakování

U této možnosti vsakování je rýha obvykle vyplněna štěrkem nebo porézním materiálem. Do rýhy je sveden srážkový odtok. Dochází zde k jeho hromadění a k postupnému vsakování přivedené vody do půdy. Vsakovací rýhy musí být řešeny s ohledem na rovnoměrné vsakování svedené dešťové vody. V případě, že je dešťová voda infiltrována přes vrstvu půdy s vegetací, není nutné předřadit před zaústění do rýhy předčisticí zařízení. V opačném případě je nutné řešit předčištění formou lapačů nečistot nebo filtrů (ČSN 75 9010, 2013).

Potrubní vsakování

Do vrstvy štěrku nebo jiného porézního materiálu je vloženo potrubí, které je tímto materiálem i zasypáno. Průměr potrubí musí odpovídat hydraulické kapacitě.

Zaústění odtoku je ve spodních vrstvách, které jsou propustné a je tedy nutností předřazení čistících zařízení, doplněné o revizní šachty s odvodušněním rozmístěné ve vzdálenosti 50 až 80 m. Aby se zabránilo průniku štěrku do zeminy, oddělují se vrstvy pomocí geotextilií (Hlavínek et al., 2007).

Vsakovací šachta

Toto zařízení je stanoveno pro bodové vsakování s podzemní retencí vody a jeho hloubka přesahuje půdorysné rozměry. Srážková voda je vedena svislým potrubím na dno šachty tvořené štěrkopískem s minimální tloušťkou 300 mm. Dno se štěrkopískem je pokryto geotextilií, aby bylo zamezeno průniku zeminy do vrstvy štěrku.

Tyto šachty jsou budované pomocí betonových skruží a jsou opatřeny poklopem s otvory, který musí přečnivat minimálně 150 mm nad povrchem zeminy (ČSN 75 9010, 2013; Hlavínek et al., 2007).

Vsakování pomocí vsakovacích bloků

Vsakovací bloky dokáží pojmout velké množství dešťové vody. Při vsakování pomocí bloků je voda odvedena ze vstupního otvoru nebo ze vstupní šachty do prostoru určeného k zadržení vody. Podzemní prostory jsou u tohoto typu vsakování vyplněny plastovými bloky nebo štěrkem. Drenážní trubky jsou vloženy do prostoru, který je tvořen štěrkovým polštářem. Pro zachování dlouhé životnosti nádrže je nutné předřadit před zaústění do vsaku předčisticí zařízení, např. v podobě filtrační šachty, které vyčistí srážkovou vodu od mechanických nečistot (Hlavínek et al., 2007; ČSN 75 9010, 2012; TNV 75 9011, 2012).

4.5.5 Kombinované vsakování

Kombinované vsakování plní několik funkcí. Například funkci užitnou a estetickou a slouží k retenci srážkové povrchové vody s jejím vsakováním. Při využívání kombinovaných vsakovacích zařízení se klade důraz na místní podmínky. Tato zařízení jsou využívána pro vsakování přípustných a podmíněčně přípustných srážkových povrchových vod (ČSN 75 9010, 2013).

Ukázkou kombinovaného vsakování na obrázku č. 11 je například vsakovací jezírko, které tvoří rezervoár vody. Zachycená dešťová voda je postupně propouštěna do podloží. Doporučená výška hladiny vody je 1 m nade dnem. V tomto místě je nutné břehy a dno jezírka zabezpečit pomocí vodotěsné fólie, nad kterou dojde k vytvoření retenčního prostoru pro zachycení srážkových vod. Jezírka bývají osázena zelení, která plní estetickou funkci (ČSN 75 9010, 2013).



Obrázek 11: Vsakovací jezírko (Vliv vsakování povrchové dešťové vody na stavební objekty, 2007)

4.5.6 Navrhování vsakovacích zařízení

Norma ČSN 75 9010 určuje rámec hydrogeologického průzkumu, způsob, jakým bude provedeno dimenzování vsakovacího prvku a výběr vsakovacího prvku. Nejčastěji používaná vsakovací zařízení jsou vsakovací rýhy a šachty. Pokud to místní podmínky dovolí, využívají se průlehy, příkopy, povrchová vsakovací zařízení a vsakovací nádrže. Norma ČSN 75 9010 byla doplněna TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami. Tato norma se zabývá odstraněním dešťových vod v urbanizovaném území způsoby blízkými přírodě. Přednostně je využíván způsob vsakování dešťových vod do půdy.

Pokud je nedostatečná propustnost, využívá se kombinovaných zařízení s retencí a regulovaným odtokem. Pokud je nemožné vsakování srážkové vody do půdy, navrhuje se řízené odvádění do povrchových vod. Norma upřesňuje výběr vsakovacího zařízení s ohledem na místní podmínky odvodňovaných ploch a jejich znečištění (ČSN 75 9010, 2013).

4.6 Akumulace dešťové vody

Pro akumulaci dešťových vod se používají betonové a plastové nádrže, nebo zděné cisterny. Před přítokem vody do akumulčního prostoru je nutné pomocí filtrů odstranit znečištění. Nejlepší je uložení dešťových nádrží do země, která chrání dešťovou vodu před nepříznivými účinky, jako je změna teplot, sluneční svit a před vnosem znečištění z povrchu terénu či ze vzduchu. Nejjednodušší je jejich vybudování u novostaveb. Při skladování vod ve sklepních prostorách nesmí přesáhnout teplota 18 ° C z důvodu rozmnožení mikroorganismů. Při skladování vody je důležité zachování její kvality (Hlavínek et al., 2007).

V posledních letech jsou nádrže vyráběny z betonu, plastu, oceli a sklolaminátu a jejich velikost se odvíjí od velikosti střešních ploch a předpokládaného množství spotřeby vody (Böse, 1999).

4.6.1 Betonové nádrže

Betonové nádrže jsou finančně dostupnější. Jsou vyráběny jako prefabrikáty různých velikostí a jsou budovány z šachtových a prefabrikovaných skruží. Pomocí vrchního víka, které je tvořeno kónickou přechodovou šachtovou skruží, dojde ke zmenšení rozměru cisterny a k uzavření je již třeba malého poklopu. Betonovou nádrž lze usadit na základovou desku z betonu B 15 o tloušťce 15 cm, nebo postačí pouze uložení na zhutněném pískovém loži. Z důvodu zamezení vzniku trhlin, na základě kterých by došlo ke snížení těsnících vlastností, je spodní část cisterny vyráběna společně se dnem ve tvaru U. Aby se eliminovaly úniky vody nebo průnik vody do nádrže z okolní půdy, je nutná občasná kontrola těchto nádrží. Po naplnění nádrže dešťovou vodou dochází k odtoku přebytečné vody do kanalizace.

Z tohoto důvodu musí být zajištěn bezpečnostní přepad, který je možné zaústit do kanalizace nebo vsaku. Horní skruže mají dva vsakovací otvory, pomocí kterých je možné přebytečnou vodu zasakovat do okolní zeminy a tím zvýšit hladiny spodních vod. Nádrž se obsypává pomocí vrstvy šterkopísku s minimální tloušťkou 50 cm. Přebytečná voda, která vyteče vsakovacími otvory se v této vrstvě rozprostře a dojde k vsakování na velké ploše. Předností těchto betonových jímek je jejich dlouhá životnost na základě bytelnosti, pevnosti, rezistence proti spodním vodám a proti tlaku zeminy (Böse, 1999).

4.6.2 Plastové nádrže

K výrobě plastových nádrží se používá polyetylén, polypropylen nebo bývají zesíleny pomocí skelných vláken. Jsou vyráběny v různých velikostech, provedeních, ale nabízejí i různé odolnosti proti zatížení z povrchu.

Plastové dílce jsou lehké a vhodné pro snadnou manipulaci bez nutnosti použití jeřábu. Možností jsou dodatečné vestavby či provedení otvorů pro vestavění žádané přípojky potrubí. Otvory je možné vyhloubit pomocí korunového vrtáku nebo pomocí pily.

Dešťové nádrže se usazují na základovou spáru, většinou na šterkopískový podsyp. Prostor okolo nádrže v šířce 50 cm je vyplněn pískem. Nádrž se překryje zeminou v tloušťce minimálně 80 cm. Tato vrchní vrstva chrání vodu před zamrznutím. K zásobníku se po jeho usazení připojí přívodní a odvodní roury a bezpečnostní přepad. Posléze je třeba nádrž naplnit do jedné třetiny vodou. Do této úrovně hladiny je nutné ji zasypat pískem, který musí být stejnoměrně udusán. Poté je potřeba zásobník naplnit vodou do výšky 30 cm a zároveň je nutné plnit jámu pískem. Tento postup se opakuje do doby, než dojde ke stejnoměrnému zasypání zásobníku ze všech stran. Snadnější přístup do nádrže umožňuje kopule revizní šachty.

Mezi výhody těchto nádrží patří odolnost vůči korozi, dlouhá životnost, možnost převozu a snadná montáž včetně nenáročné údržby (Böse, 1999; Hlavínek et al., 2007).

4.6.3 Zděné nádrže

Výroba těchto nádrží je na ústupu. Většinou se využívají staré zděné nádrže, u kterých je nutné zjištění, zda jsou zachovány těsnící schopnosti.

Dále je potřeba úplného odčerpání vody a zbavení nádrže všech nečistot. Zjištěné trhliny je nutné opravit pomocí cementové malty a do vnitřního nátěru přidat přísadu těsnícího prvku. Pro zvýšení vodotěsnosti z důvodu zamezení průsaku vody z okolní zeminy je možné i užití plastové fólie (Böse, 1999).

4.7 Čerpání dešťové vody

Pro využití dešťové vody je důležitým krokem její čerpání. Dešťová voda je pomocí čerpadel dopravována rozvodem do zařízení, pro která je určena. Nejvíce jsou využívána sací a ponorná čerpadla. Sací čerpadla přepravují menší množství vody pod větším tlakem a bývají umístěna mimo zásobník.

Jejich vzdálenost je limitována sacím výkonem. Výška čerpadla by neměla přesáhnout 7 metrů od nejnižší úrovně vody. Ponorná čerpadla dodávají větší množství vody s nižším tlakem. Bývají umístěna přímo v zásobníku a musí být dostatečně utěsněna (Böse, 1999).

Potrubí pro rozvod vody se vybírá dle potřebných parametrů: ceny, životnosti, náročnosti instalace a dle výrobního materiálu: plastové, ocelové, nerezové, měděné a pozinkované. Nejvyšší kvalita je z nerezového materiálu, ale patří i mezi nejdražší a jeho instalace je díky nutnosti sváření náročná. V dnešní době je nejrozšířenější potrubí plastové, vyráběné z polypropylenu a polyethylenu, díky své pružnosti a možnosti napojení na kovové potrubí užitím plastové přechodky (Hanousek, 2005).

5 METODIKA

Tato část diplomové práce zahrnuje vypracované možné varianty při řešení hospodaření s dešťovými vodami pro objekt Krajského úřadu Karlovarského kraje, Budova C, dále vyhodnocení těchto variant a výběr nejvhodnějšího návrhu, spolu s porovnáním finančních nákladů.

5.1 Způsob sběru dat

K provedení výpočtů byla Krajským úřadem Karlovarského kraje poskytnuta projektová dokumentace a údaje o počtech zaměstnanců a sanitárních zařízeních. Výpočty byly provedeny na základě srážkových údajů v určitém období, poskytnutých Českým hydrometeorologickým ústavem.

VÝPIS POUŽITÝCH VZORCŮ

Stanovení dostupného objemu srážkových vod

Dostupný objem srážkových vod, které mohou být zachyceny v časovém úseku (t) z různých ploch (index i), se stanoví podle dále uvedené rovnice:

$$Y_R = \sum A_i \cdot h_i \cdot e_i \cdot \eta_i$$

kde je

Y_R nátok srážkových vod v časovém úseku t , vyjádřený v litrech (l);

A půdorysný průmět sběrné (odvodňované) plochy, vyjádřený v metrech čtverečních (m^2) (viz a);

h úhrn srážek v časovém úseku t , vyjádřený v milimetrech (mm);

e součinitel výtěžnosti sběrné plochy;

η hydraulická účinnost.

Výpočet roční potřeby vody dle ČSN 75 6780

Celková roční potřeba nepitné vody v budovách se stanoví podle vztahu:

$$D_{t,a} = d_a \cdot D_G + D_{s,a} + D_{f,a,misc}$$

kde je

d_a počet dnů v roce, kdy se nepitná voda využívá (v obytných budovách 365 dnů, v ostatních budovách např. v pracovních dnech);

D_G denní potřeba nepitné vody související s osobami v litrech za den (l/den) stanovená podle ČSN EN 16941-2 (bez zalévání nebo kropení a úklidu);

$D_{s,a}$ roční potřeba nepitné vody pro zalévání nebo kropení v litrech za rok (l/rok);

$D_{f,a,misc}$ roční potřeba nepitné vody nesouvisící s osobami pro jiné účely, než je zalévání nebo kropení (např. pro úklid) v litrech za rok (l/rok).

Množství zachycené vody pro vsakování

Pro výpočet objemu dešťových vod, které jsme na Krajském úřadě, Budově C, schopni zachytit, je potřeba množství srážek v určené oblasti za konkrétní dobu, velikost plochy střechy a koeficient odtoku, tzv. odtokový součinitel. Množství dešťových vod vypočítáme pomocí vzorce:

$$Q_D = \psi * A * H_N$$

kde je

Q_D množství zachycené srážkové vody, [m³.rok⁻¹];

ψ odtokový součinitel jako poměrové číslo [-];

A půdorysná plocha (horizontální projekce) [m²];

H_N roční srážky [mm.rok⁻¹ = l.m⁻².rok⁻¹] (Hlavínek a kol.)

Stanovení objemu retenčního zařízení

Retenční objem vsakovacího zařízení se stanoví ze vztahu:

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} \cdot A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$$

h_d ... návrhový úhrn srážek s odpovídající dobou trvání t_c a stanovenou periodicitou [mm]

A_{red} ... redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m²]

f ... součinitel bezpečnosti vsaku

k_v ... koeficient vsaku [m/s]

A_{vsak} ... vsakovací plocha vsakovacího zařízení [m²]

A_{vz} ... plocha hladiny vsakovacích zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení) [m²]

t_c ... doba trvání srážky určité periodicity [min]

Výpočet vsakovaného odtoku jako násobek vsakovací plochy koeficientem vsaku [m³/s].

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak}$$

f ... součinitel bezpečnosti vsaku

k_v ... koeficient vsaku [m/s]

A_{vsak} ... vsakovací plocha vsakovacího zařízení [m²]

Výpočet doby prázdnění vsakovacího zařízení na základě podílu vsakovací plochy a odtoku [hod].

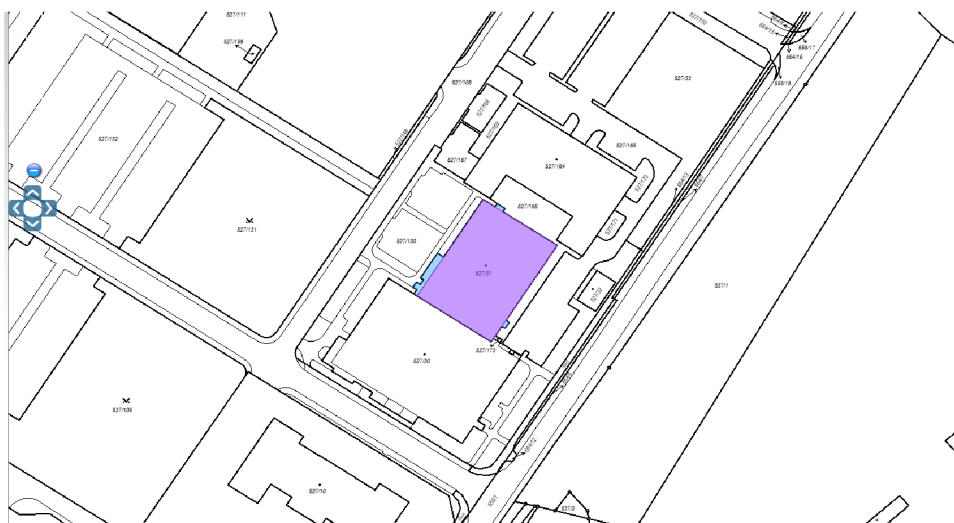
$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}}$$

V_{vz} ... největší vypočtený retenční objem vsakovacího zařízení [m³]

Q_{vsak} ... vsakovací odtok [m³/s]

5.2 Popis vybrané lokality

Stavba, která byla vybrána pro výpočet hospodaření s dešťovými vodami se nachází v Karlovarském kraji, v Karlových Varech. Na obr. 12 je znázorněna mapa z katastrálního úřadu, na které je řešená stavba s parcelním číslem 527/31. Budova C je součástí komplexu Krajského úřadu a je dvoupodlažní.



Obrázek 12: Krajský úřad, Budova C (Katastrální úřad, 2022)

Parcelní číslo:	527/31
Obec:	Karlovy Vary [554961]
Katastrální území:	Dvory [663549]
Číslo LV:	747
Výměra [m ²]:	1380
Typ parcely:	Parcela katastru nemovitostí
Mapový list:	DKM
Určení výměry:	Ze souřadnic v S-JTSK
Druh pozemku:	zastavěná plocha a nádvoří

Tabulka 1: Informace o pozemku, Budova C (Katastrální úřad, 2022)

5.3 Popis území

Zájmové území se nachází v západní části území České republiky, v Karlovarském kraji. Jeho rozloha činí 3 310 km², což je 4,25 % rozlohy České republiky a 43,1 % plochy kraje je pokryto lesy (CZSO, 2022).

5.4 Přírodní charakteristika, klima

Karlovarský kraj se vyznačuje mírným horským klimatem, které je ovlivněno Krušnými horami a lesy. Nejvyšší bod Krušných hor je Klínovec s nadmořskou výškou 1 244 m. Hlavní vodní tok tohoto území je řeka Ohře, do níž se vlévají řeky Rolava a Teplá. V kraji se nachází 2 národní přírodní památky a 1 národní přírodní rezervace a jsou součástí 28 maloplošných chráněných území s plochou o velikosti 2 491 ha. Většina území Karlovarského kraje spadá do mírně teplé oblasti s průměrnými ročními srážkami 700 mm. Na severu, v oblasti Krušných hor a také severně od Mariánských Lázní je klima již chladné. Ráz klimatu a vlastnosti půd nevytváří vhodné podmínky pro zemědělství (CENIA, 2007).

V tabulce níže je znázorněn úhrn srážek v roce 2021 v Karlovarském kraji. Z tabulky je patrné, že nejvyšší srážky byly naměřeny v měsíci červenec. Dlouhodobý srážkový normál, uvedený v hlavičce tabulky níže, znamená průměr srážek za několik let.

Měsíce	Úhrn srážek mm	Dlouhodobý srážkový normál mm	Úhrn srážek v % normálu mm
Leden	81	57	142
Únor	53	45	118
Březen	35	52	67
Duben	27	39	69
Květen	93	63	148
Červen	106	77	138
červenec	116	84	138
Srpen	106	76	139
Září	30	63	48
Říjen	24	55	44
listopad	52	55	95
prosinec	48	62	77
Rok	772	727	106

Tabulka 2: Úhrn srážek v roce 2021 v Karlovarském kraji (ČHMÚ, 2021)

Tabulka níže znázorňuje územní teploty v Karlovarském kraji v roce 2021. V měsíci červenec, kdy byly nejvyšší dešťové srážky je patrné, že teplotní odchylka činila pouze 0,3 °C.

Měsíce	Teplota vzduchu °C	Dlouhodobý normál teploty vzduchu °C	Odchylka od normálu °C
Leden	-1,9	-1,9	0,0
Únor	-1,8	-1,2	-0,6
březen	2,1	2,2	-0,1
Duben	4,0	7,1	-3,1
květen	8,8	11,6	-2,8
červen	17,7	15,0	2,7
červenec	16,5	16,8	-0,3
Srpen	14,3	6,3	-2,0
Září	13,1	11,7	1,4
Říjen	6,3	7,0	-0,7
listopad	2,5	2,5	0,0
prosinec	0,1	-0,9	1,0
Rok	6,8	7,3	-0,5

Tabulka 3: Územní teploty v roce 2021 v Karlovarském kraji (ČHMÚ, 2021)

5.5 Popis objektu, popis současného stavu hospodaření s dešťovými vodami

Budova C se nachází v nejnižší části pozemku Krajského úřadu Karlovarského kraje. Řešená budova, ani přilehlé pozemky nemají odvodnění, které by odpovídalo principům hospodaření s dešťovými vodami. Dešťová voda zde odtéká do kanalizace. Na základě této skutečnosti by bylo vhodné s dešťovou vodou hospodařit a využívat ji pro provozní potřeby, tedy pro splachování toalet, úklid budovy a přebytečnou vodu využívat pro vsakování, což by přineslo ekonomickou úsporu. V budově se nachází 83 zaměstnanců, z toho 82 zaměstnanců, kteří vykonávají administrativní činnost a 1 pracovnice zajišťující úklid.

6 VÝPOČET HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI

Hospodaření s dešťovými vodami je navrženo ve třech variantách. První varianta řeší využití srážkových vod v objektu, druhá řeší vsakování a třetí odvedení dešťových vod do kanalizace.

6.1 Varianta 1 - Splachování toalety, zalévání přilehlých pozemků

Stanovení dostupného objemu srážkových vod

Dostupný objem srážkových vod, které mohou být zachyceny v časovém úseku (t) z různých ploch (index i), se stanoví podle dále uvedené rovnice:

$$Y_R = \Sigma A_i \cdot h_i \cdot e_i \cdot \eta_i$$

kde je

Y_R nátok srážkových vod v časovém úseku t , vyjádřený v litrech (l);

A půdorysný průmět sběrné (odvodňované) plochy, vyjádřený v metrech čtverečních (m^2) (viz a);

h úhrn srážek v časovém úseku t , vyjádřený v milimetrech (mm);

e součinitel výtěžnosti sběrné plochy (pro plochou střechu bez šterku $e = 0,8$);

η hydraulická účinnost (doporučená $\eta = 0,9$).

Půdorysná plocha střechy (bez uvažování obvodové atiky) - $A = 42,125 \text{ m} * 30,2 \text{ m} = 1272,18 \text{ m}^2$

Dlouhodobý srážkový normál ročního množství srážek v Karlovarském kraji (zdroj ČSN 75 6780) - $h = 673 \text{ mm/rok}$

$$Y_R = 1272,18 \cdot 0,673 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 616,45 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Nátok srážkových vod činí $616,45 \text{ m}^3/\text{rok}$.

Výpočet roční potřeby vody dle ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích

Při výpočtu potřeby vody na splachování toalet pro Budovu C na KÚ byl použit postup dle přílohy A (tabulka A.1 a A.4)

$$D_{t,a} = d_a \cdot D_G + D_{s,a} + D_{f,a,misc}$$

kde je

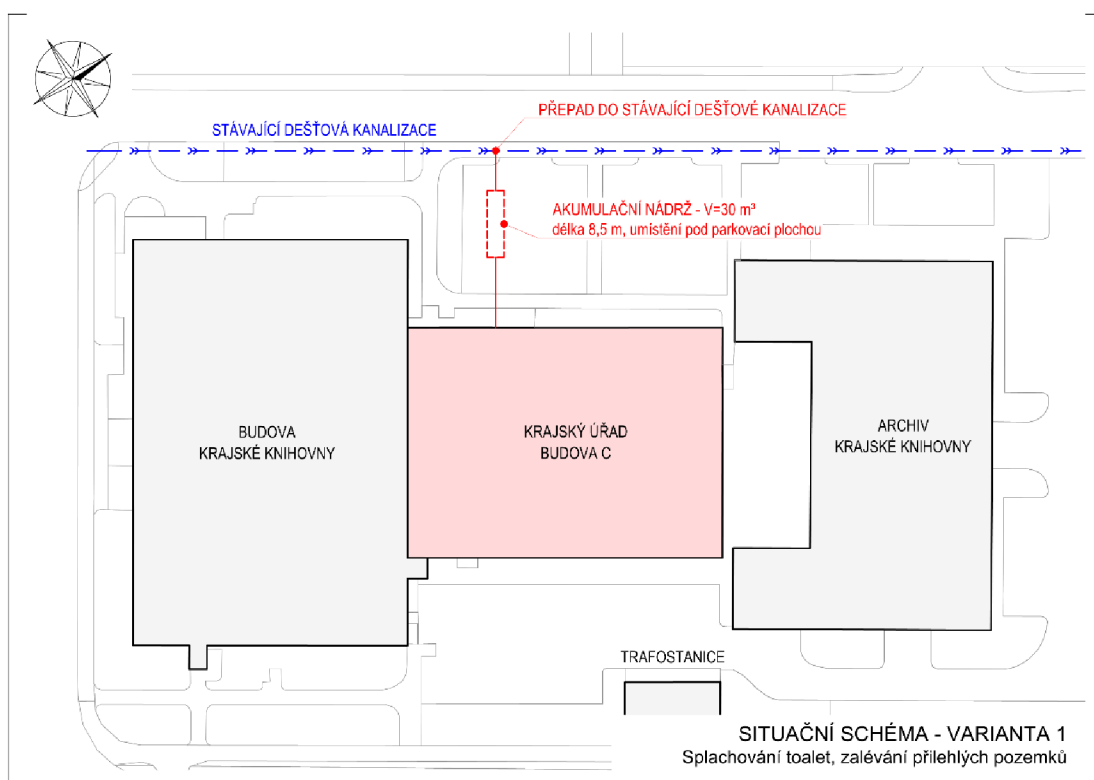
d_a počet dnů v roce, kdy se nepitná voda využívá (v obytných budovách 365 dnů, v ostatních budovách např. v pracovních dnech);

D_G denní potřeba nepitné vody související s osobami v litrech za den (l/den) stanovená podle ČSN EN 16941-2 (bez zalévání nebo kropení a úklidu);

$D_{s,a}$ roční potřeba nepitné vody pro zalévání nebo kropení v litrech za rok (l/rok);

$D_{f,a,misc}$ roční potřeba nepitné vody nesouvisející s osobami pro jiné účely, než je zalévání nebo kropení (např. pro úklid) v litrech za rok (l/rok).

Obr. 13 znázorňuje situační schéma Budovy C.



Obrázek 13: Situační schéma Varianta 1, Budova C (ČUZK, 2022)

Výpočet vody na splachování:

- dle přílohy A (tabulka A.1 a A.4)

počet zaměstnanců budovy C – 83 (z toho 50 žen a 33 mužů)

počet zařizovacích předmětů v budově - 14x WC mísa

- 6x pisoár

	Počet použití zařizovacího předmětu během dne		
	WC mísa		Pisoár
	malé spláchnutí	velké spláchnutí	
Muži (33 zaměstnanců)	0	1	3
Ženy (50 zaměstnanců)	3	1	0
Objem vody na jedno spláchnutí	3 l/s	6 l/s	2 l/s
Celkový objem za den	450 l	498 l	198 l
Celkem objem za den	1146 l/den		

Tabulka 4: Výpočet potřeby nepitné vody pro splachování WC

$$D_G = 1146 \text{ l/den}$$

Výpočet vody pro zalévání:

- dle přílohy A (tabulka A.5) - kropení zeleně – 1 l/m²

- plocha trávníku kolem budovy – 483 m²

předpoklad zalévání duben-září (6 měsíců v roce) - 75 dávek

$$D_{s,a} = 1 \cdot 483 = 483 \text{ l} * 75 \text{ dávek} = 36\,225 \text{ l/rok} = 36,225 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Výpočet roční spotřeby užitkové vody:

celková roční potřeba užitkové vody pro splachování a zalévání

$$D_{t,a} = 250.1,146 + 36,225 = 322,73 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Posouzení využití srážkových vod

$$Y_R \geq D_{t,a}$$

$$Y_R = 616,45 \text{ m}^3/\text{rok} \geq D_{t,a} = 322,73 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Využití srážkových vod je optimální.

Návrh objemu akumulací nádrže

Dle ČSN 75 3680 se stanoví objem akumulací nádrže na srážkovou povrchovou vodu na potřebu nepitné vody za 14 až 21 dnů (dva až tři týdny beze srážek) a v odůvodněných případech až na 30 dní. Pro tento případ je brána potřeba pouze pro splachování po dobu 22 pracovních dní.

$$V = 22 \cdot 1,146 = 25,21 \text{ m}^3$$

Cílem varianty 1 je navrhnout zásobník pro akumulaci dešťové vody s takovým objemem, aby byla pokryta co největší dodávka užitkové vody při minimálních nákladech.

Pro návrh nádrže k akumulaci dešťové vody bude uvažováno objemem dle ČSN 75 6780 – 25,21 m³. Dešťová nádrž bude navržena jako podzemní pod parkovací plochou při severní straně budovy C. Vzhledem k dispozičním možnostem se jeví jako vhodné pracovat s jednou podlouhlou nádrží, která zajistí dostatečný akumulací objem s rezervou – např. 1x 30 m³.

Pro zajištění požadovaného akumulací objemu se hodí např. nádrž typu AQUASTAY 30000 l s osazenou řídicí a čerpací jednotkou pro výtlačk vody zpět do budovy C k dalšímu využití.

Specifikace nádrže: Délka - 8,5 m / Šířka - 2,3 m / Výška - 2,6 m

Hmotnost - 914 kg

Objem - 30 m³

Materiál – monolitický polyethylén

Při dodržení dostatečného krytí dle instalačního manuálu, lze nádrž bez dalších stavebních úprav osadit i pod plochy pojižděné osobními automobily.

Zachycená voda v nádržích bude sloužit výhradně ke splachování toalet v budově C, alternativně lze využít zachycený objem k zalévání trávníku kolem budovy. Přebytečná voda bude z nádrže odvedena přepadem do dešťové kanalizace.

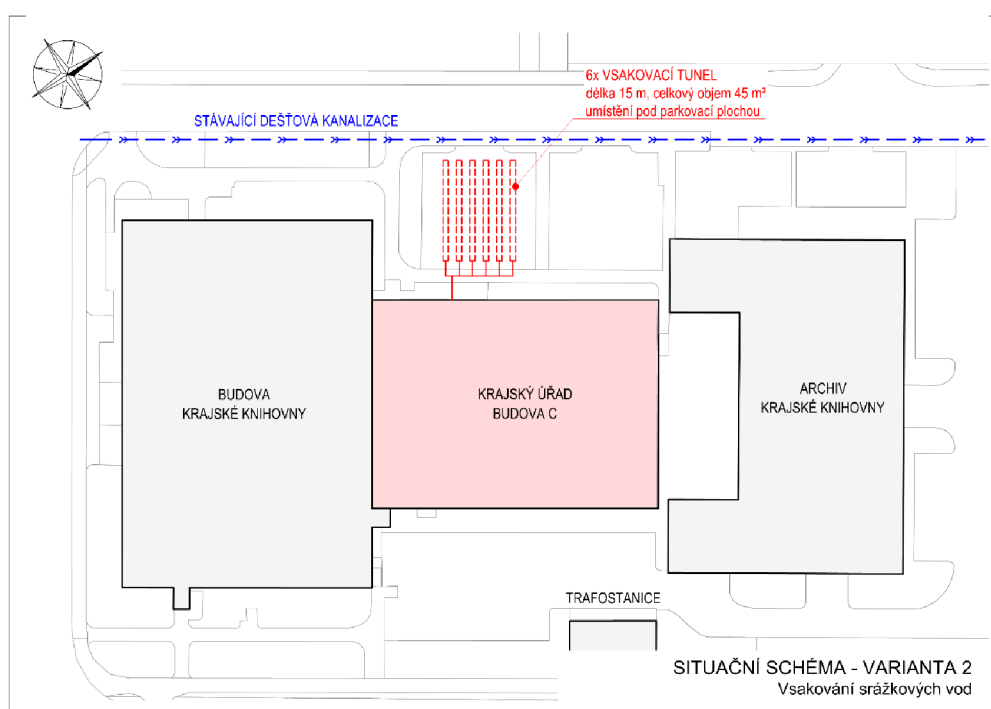
Na obr. níže je znázorněna uvažovaná nádrž typu AQUASTAY 30000 l s osazenou řídicí a čerpací jednotkou.



Obrázek 14: Retenční nádrž AQUAstay 30000 l (destovenadrze.cz, 2022)

6.2 Varianta 2 – Vsakování srážkových vod

Výpočet vychází z ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod. Na obr. 15 je znázorněno situační schéma pro vsakování srážkových vod. Vsakovací zařízení je umístěno pod travnatým povrchem.



Obrázek 15: Situační schéma Varianta 2, Budova C (ČUZK, 2022)

Množství zachycené vody pro vsakování

Pro výpočet objemu dešťových vod, které jsme na Krajském úřadě, Budově C, schopni zachytit, je potřeba množství srážek v určené oblasti za konkrétní dobu, velikost plochy střechy a koeficient odtoku, tzv. odtokový součinitel. Množství dešťových vod vypočítáme pomocí vzorce:

$$Q_D = \psi \cdot A \cdot H_N$$

kde je

Q_D množství zachycené srážkové vody, [m³.rok⁻¹];

ψ odtokový součinitel jako poměrové číslo [-];

A půdorysná plocha (horizontální projekce) [m²];

H_N roční srážky [mm.rok⁻¹ = l.m⁻².rok⁻¹] (Hlavínek a kol. 2007).

Půdorysná plocha střechy (bez uvažování obvodové atiky) - $A = 42,125 \text{ m} \cdot 30,2 \text{ m} = \underline{1272,18 \text{ m}^2}$

Dlouhodobý srážkový normál ročního množství srážek v Karlovarském kraji (zdroj ČHMÚ, 2022) - $H_N = \underline{727 \text{ mm/rok}}$

Odtokový součinitel pro střechy $\psi = 0,9$

$$Q_D = \psi \cdot A \cdot H_N = 0,9 \cdot 1272,18 \cdot 0,727 = 832,39 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Celkový objem ročních srážek, zachycených střechou budovy C za rok činí 832,39 m³.

Retenční objem vsakovacího zařízení se stanoví podle:

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$$

kde je

h_d návrhový úhrn srážek s odpovídající dobou trvání t_c a stanovenou periodicitou [mm]

A_{red} redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m²]

f součinitel bezpečnosti vsaku

k_v koeficient vsaku [m/s]

A_{vsak} vsakovací plocha vsakovacího zařízení [m²]

A_{vz} plocha hladiny vsakovacích zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení) [m²]

t_c doba trvání srážky určité periodicity [min]

koeficient vsaku $k_v = 7 \cdot 10^{-6}$ m/s

součinitel bezpečnosti vsaku $f = 2$

vsakovací plocha $A_{vsak} = 114,5$ m² (uvažováno $0,1 \cdot A_{red}$)

plocha hladiny vsakovacího zařízení $A_{vz} = 0$ m² (neuvažuje se – podzemní zařízení)

Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5 min až 120 min (převzato z ČSN 75 9010)

Mariánské Lázně – číslo stanice 6									
Nadmořská výška [m n.m.]	Periodicita P [rok ⁻¹]	Doba trvání srážek t_c [min]							
		5	10	15	20	30	40	60	120
		Návrhové úhrny srážek h_d [mm]							
581	0,2	10,9	15,5	18,2	20,2	22,7	24,7	27,5	32,0
	0,1	12,9	18,5	21,6	24,0	27,2	29,5	32,5	38,0

Tabulka 5: Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5 min až 120 min (ČSN 75 9010)

Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 4 hod až 72 hod (převzato z ČSN 75 9010)

Mariánské Lázně – číslo stanice 6										
Nadmořská výška [m n.m.]	Periodicita P [rok ⁻¹]	Doba trvání srážek t_c [hod]								
		4	6	8	10	12	18	24	48	72
		Návrhové úhrny srážek h_d [mm]								
581	0,2	34,9	36,0	37,1	38,2	39,3	42,6	44,6	61,5	70,9
	0,1	41,4	42,7	44,0	45,2	46,5	50,4	52,6	73,1	83,5

Tabulka 6: Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 4 hod až 72 hod (ČSN 75 9010)

Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení pro periodicitu p=0,2 (1x za 5 let)

doba trvání deště		srážkový úhrn	intenzita deště	odtok z území	retenční objem
hod	Min	Mm	l/s.m ²	l/s	V _{vz} [m ³]
	5	10.9	0.0363	41.60	12.36
	10	15.5	0.0258	29.58	17.51
	15	18.2	0.0202	23.15	20.48
	20	20.2	0.0168	19.27	22.65
	30	22.7	0.0126	14.44	25.27
	40	24.7	0.0103	11.78	27.32
	60	27.5	0.0076	8.75	30.04
	120	32	0.0044	5.09	33.75
4	240	34.9	0.0024	2.77	34.19
6	360	36	0.0017	1.91	32.56
8	480	37.1	0.0013	1.47	30.94
10	600	38.2	0.0011	1.21	29.31
12	720	39.3	0.0009	1.04	27.69
18	1080	42.6	0.0007	0.75	22.81
24	1440	44.6	0.0005	0.59	16.44
48	2880	61.5	0.0004	0.41	1.17
72	4320	70.9	0.0003	0.31	-22.69

Tabulka 7: Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení pro periodicitu p=0,2 (ČSN 75 9010)

Retenční objem vsakovacího zařízení $V_{vz} = \underline{34,19 \text{ m}^3}$ (při srážce s dobou trvání 4 hod)

Vsakovaný odtok

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} = \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 10^{-6} \cdot 114,5 = 0,000401 \text{ m}^3/\text{s} = 4,01 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Doba prázdnění vsakovacího zařízení

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}} = \frac{34,19}{0,000401} = 85\,314 \text{ s} = 23,7 \text{ hod}$$

Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení pro periodicitu p=0,1 (1x za 10 let)

doba trvání deště		srážkový úhrn	intenzita deště	odtok z území	retenční objem
hod	min	mm	l/s.m ²	l/s	V _{vz} [m ³]
	5	12.9	0.0430	49.23	14.65
	10	18.5	0.0308	35.30	20.94
	15	21.6	0.0240	27.48	24.37
	20	24.0	0.0200	22.90	27.00
	30	27.2	0.0151	17.30	30.42
	40	29.5	0.0123	14.07	32.81
	60	32.5	0.0090	10.34	35.77
	120	38.0	0.0053	6.04	40.62
4	240	41.4	0.0029	3.29	41.63
6	360	42.7	0.0020	2.26	40.23
8	480	44.0	0.0015	1.75	38.84
10	600	45.2	0.0013	1.44	37.33
12	720	46.5	0.0011	1.23	35.93
18	1080	50.4	0.0008	0.89	31.74
24	1440	52.6	0.0006	0.70	25.60
48	2880	73.1	0.0004	0.48	14.45
72	4320	83.5	0.0003	0.37	-8.27

Tabulka 8: Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení pro periodicitu p=0,1 (ČSN 75 9010)

Retenční objem vsakovacího zařízení $V_{vz} = \underline{41,63 \text{ m}^3}$ (při srážce s dobou trvání 4 hod)

Vsakovaný odtok

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} = \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 10^{-6} \cdot 114,5 = 0,000401 \text{ m}^3/\text{s} = 4,01 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Doba prázdnění vsakovacího zařízení

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}} = \frac{41,63}{0,000401} = 103\,886 \text{ s} = 28,9 \text{ hod}$$

Cílem varianty 2 je navrhnout podzemní vsakovací zařízení s dostatečným objemem, které zajistí zachycení intenzivní dešťové události a bezpečný vsak.

Pro návrh vsakovacího objektu bude uvažován méně příznivý stav, který nastává během srážky s periodicitou $p=0,1$ (1x za 10 let). Výpočet prokázal, že při dané infiltrační rychlosti je potřeba mít retenční objem vsakovacího objektu min. $41,63 \text{ m}^3$, který zachytí srážkovou událost a umožní postupné vyprázdnění vsakovacího zařízení do cca 29 hod.

V rámci této varianty jsou navrženy vsakovací podzemní tunely z plastové modulární konstrukce (např. typ Garantia Twin 600 l) pod parkovací plochou při severní straně budovy C. Vzhledem k dispozičním možnostem je navrženo 6 tunelů délky 15 m vedle sebe, které dohromady vytvoří retenční objem 45 m^3 . Modulární perforované tunely lze bez dalších stavebních úprav osadit i pod plochy pojížděné osobními automobily při dodržení dostatečného krytí dle instalačního manuálu. Konstrukce tunelů bude obsypána štěrkokopískem frakce 8/16 mm.

Specifikace vsakovacího modulu: Délka - 1,22 m / Šířka - 0,8 m / Výška - 1,02 m
Hmotnost - 22 kg
Objem – $0,6 \text{ m}^3$
Materiál – polypropylén

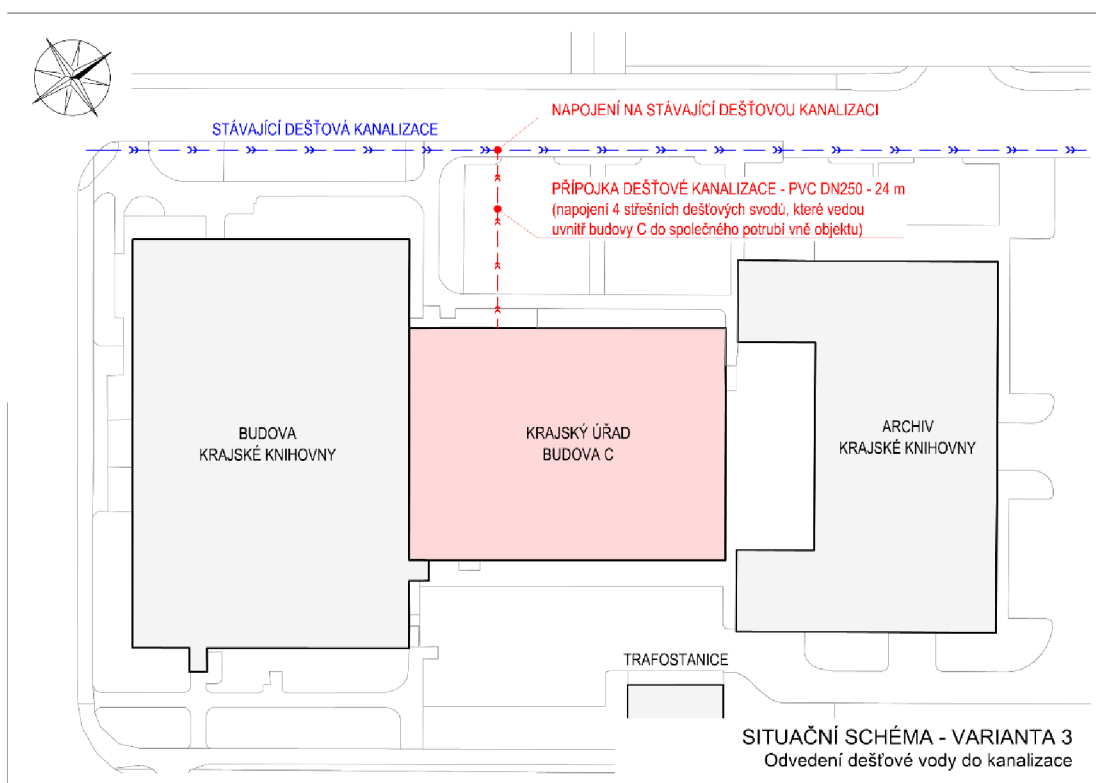
Zachycená voda ve vsakovacím objektu nebude zpětně nijak využívána a bude pouze bezpečně vsakována na pozemku Krajského úřadu. Objekt není vybaven přepladem do stávající dešťové kanalizace.

Na obrázku níže se jedná o uvažovaný vsakovací tunel GARANTIA TWIN s kapacitou objemu 600 l. Tento tunel patří mezi nejpoužívanější vsakovací modul. Obsypává se štěrkem a jeho instalace je jednoduchá. Je možný libovolný počet řad a každá řada může mít libovolný počet tunelů. Jednotlivé kusy do sebe zapadají a konce jsou zavíčkované pomocí čela. Tyto tunely je třeba zakrýt geotextilií. Maximální hloubka pro uložení dna vsakovacího tunelu pod terén je 2500 mm. Ze stropu tunelů je vyvedeno kanalizační potrubí pro odvětrání. Výhodou tohoto vsakovacího zařízení je jeho okamžitá akumulační schopnost.



Obrázek 16: Vsakovací tunel GARANTIA TWIN 600 L (destovenadrze.cz, 2022)

6.3 Varianta 3 – odvedení dešťové vody do kanalizace



Obrázek 17: Situační schéma Varianta 3, Budova C (ČUZK, 2022)

Na obr. 17 je znázorněn odvod dešťové vody do kanalizace pomocí přípojky, kdy je uvažováno o napojení 4 střešních dešťových svodů, které vedou uvnitř Budovy C do společného potrubí vně objektu.

Výpočet odtoku dešťových vod (dle ČSN 75 6760)

$$Q = i \cdot A \cdot C$$

kde je

C součinitel odtoku srážkových vod

A půdorysný průmět odvodňované plochy [m^2]

i intenzita deště [$l/(s \cdot m^2)$]

Intenzita deště pro gravitační systémy odvádění dešťových vod pro střechy a plochy ohrožující budovu zaplavením je $0,03 \text{ l/(s} \cdot \text{m}^2)$. Součinitel odtoku pro střechy s nepropustnou vrstvou je 1,0.

$$Q = i \cdot A \cdot C = 0,03 \cdot 1272,18 \cdot 1 = 38,17 \text{ l/s}$$

Návrh svodného potrubí

Pro průtok $38,17 \text{ l/s}$ bude navrženo potrubí DN250. Dle tabulky B.2 z ČSN 75 6760 je při sklonu 1 % kapacitní průtok $Q=44,9 \text{ l/s}$ a rychlost $v=1,4 \text{ m/s}$.

Tabulka B.2 - Kapacitní průtoky a rychlosti vody ve svodných potrubích; stupeň plnění 70 % ($h/d = 0,7$)

Sklon	DN 100		DN 125		DN 150		DN 200		DN 225		DN 250		DN 300	
	Q_{\max}	v	Q_{\max}	v	Q_{\max}	v	Q_{\max}	v	Q_{\max}	v	Q_{\max}	v	Q_{\max}	v
cm/m	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s
0,50	2,9	0,5	4,8	0,6	9,0	0,7	16,7	0,8	26,5	0,9	31,6	1,0	56,8	1,1
1,00	4,2	0,8	6,8	0,9	12,8	1,0	23,7	1,2	37,6	1,3	44,9	1,4	80,6	1,6
1,50	5,1	1,0	8,3	1,1	15,7	1,3	29,1	1,5	46,2	1,6	55,0	1,7	98,8	2,0
2,00	5,9	1,1	9,6	1,2	18,2	1,5	33,6	1,7	53,3	1,9	63,6	2,0	114,2	2,3
2,50	6,7	1,2	10,8	1,4	20,3	1,6	37,6	1,9	59,7	2,1	71,1	2,2	127,7	2,6
3,00	7,3	1,3	11,8	1,5	22,3	1,8	41,2	2,1	65,4	2,3	77,9	2,4	140,0	2,8
3,50	7,9	1,5	12,8	1,6	24,1	1,9	44,5	2,2	70,6	2,5	84,2	2,6	151,2	3,0
4,00	8,4	1,6	13,7	1,8	25,8	2,1	47,6	2,4	75,5	2,7	90,0	2,8	161,7	3,2
4,50	8,9	1,7	14,5	1,9	27,3	2,2	50,5	2,5	80,1	2,8	95,5	3,0	171,5	3,4
5,00	9,4	1,7	15,3	2,0	28,8	2,3	53,3	2,7	84,5	3,0	100,7	3,1	180,8	3,6

kde Q_{\max} je kapacitní průtok ve svodném potrubí (l/s)

v kapacitní průtočná rychlost vody ve svodném potrubí (l/s)

Tabulka 9: Tabulka B.2 – Kapacitní průtoky a rychlosti vody ve svodných potrubích (ČSN 75 6760)

Potrubí DN250 při sklonu 1 % vyhovuje.

Cílem varianty 3 je posoudit odvod veškeré dešťové vody do kanalizace. Varianta 3 reflektuje stávající stav, kdy jsou srážkové vody odváděny pomocí 4 svodů ze střechy do stávající dešťové kanalizace

Výpočet prokázal, že stávající přípojka dešťové kanalizace PVC DN250 je dostatečně kapacitní pro převod průměrných srážek v oblasti, které vytvoří koncentrovaný odtok ze střechy objektu v hodnotě 28,62 l/s. Maximální stupeň plnění v potrubí při sklonu 1 % není překročen.

Zachycená voda není nijak zpětně využívána a je beze zbytku převáděna do dešťové kanalizace. Vypouštění vody do kanalizace je zpoplatněno dle platné legislativy.

6.4 Vyhodnocení variant

Záměrem diplomové práce bylo zjistit možnosti hospodaření s dešťovými vodami na vybrané lokalitě. V této práci jsem navrhla 3 varianty. První varianta se zabývá využíváním dešťové vody na splachování a zalévání přilehlých pozemků, druhá varianta počítá se vsakováním dešťových vod a třetí varianta je zaměřena na odvod dešťové vody do kanalizace.

Prvním krokem bylo stanovení dostupného objemu srážkových vod. Výpočet roční spotřeby vody byl proveden dle ČSN 75 6780 – Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Dlouhodobý srážkový normál ročního množství srážek v Karlovarském kraji činil 673 mm/rok.

Varianta 1

Jedná se o nejkompexnější řešení hospodaření s dešťovou vodou. Varianta spočívá ve vybudování podzemního záchytného zařízení s přepadem do dešťové kanalizace. Podzemní retenční objekt bude zadržovat zachycenou dešťovou vodu a pomocí čerpadel ji bude distribuovat k dalšímu využití v budově C (v tomto případě ke splachování WC). Při nevyužívání vody je umožněn její přepad do stávající kanalizace. Jedná se o variantu s významnými investičními náklady. Provozní náklady spočívají v provozu výtlačných čerpadel, nicméně náklady se postupně vracejí v podobě úspory za vodné a stočné pro objem pitné vody, která by jinak byla pro splachování WC využívána. V rámci roční bilance nákladů se již nejedná o zanedbatelnou položku.

Varianta 2

Jedná se o vsakování zachycené srážkové vody v novém podzemním vsakovacím zařízení. Varianta má nejdražší investiční náklady, nicméně výhodou je bezesporu absence provozních nákladů v podobě platby stočného, protože nedochází k vypouštění do kanalizace. Dále se jedná o bezobslužné řešení bez spotřeby energií. Nevýhodou je nemožnost se zachycenou vodou dále hospodařit.

Varianta 3

Jedná se o stávající řešení odvodu srážkových vod. Řešení je kompletně bezobslužné bez dalších investičních nákladů. Jde tedy o nejlevnější variantu, přičemž provozní náklady spočívají pouze v úhradě stočného (vypouštění do kanalizace).

Toto řešení již neodpovídá současné úrovni poznání a vývoji nové legislativy na poli hospodaření se zachycenou dešťovou vodou.

6.5. Výpočet finančních nákladů

Varianta 1

Stavební náklady

Položka	Práce a dodávky	Množství	Jednotková cena	Cena celkem
1.	Rozebrání stávající dlažby	53,6 m ²	261,- / m ²	13 990,-
2.	Odstranění kladecí vrstvy dlažby	53,6 m ²	569,- / m ²	30 498,-
3.	Výkopové práce (včetně naložení a přesunu)	144 m ³	858,- / m ³	123 552,-
4.	Akumulační nádrž (dodávka včetně dopravy)	1 ks	197 000,- / ks	197 000,-
5.	Osazení a montáž akumulací nádrže	1 ks	30 000,- / ks	30 000,-
6.	Automatická čerpací a řídicí jednotka s příslušenstvím a napojením	1 ks	37 564,- / ks	37 564,-
7.	Podkladní lože pod nádrž se zhutněním (hutněná štěrkodrt')	7,6 m ³	2030,- / m ³	15 428,-
8.	Kanalizační potrubí - PVC DN200	17 m	1920,- / m	32 640,-
9.	Montáž kanalizačního potrubí	17 m	167,- / m	2 839,-

10.	Lože pod potrubí	1,7 m ³	1630,- / m ³	2 771,-
11.	Obsyp potrubí	3,4 m ³	222,- / m ³	755,-
12.	Zpětný zásyp se zhutněním	97,3 m ³	148,- / m ³	14 400,-
13.	Nová betonová dlažba	53,6 m ²	388,- / m ²	20 797,-
14.	Pokládka dlažby včetně nové kladecí vrstvy	53,6 m ²	495,- / m ²	26 532,-
15.	Odvoz a likvidace přebytečného výkopku	46,7 m ³	175,- / m ³	8 173,-
CELKOVÁ CENA (bez DPH)				556 939,-

Tabulka 10: Výpočet finančních nákladů Varianta 1

Provozní náklady

Provoz automatické čerpací jednotky (max. výkon P=1,4 kW, průtok Q=4,5 m³/hod) pro výtlač potřebného objemu roční spotřeby 322,73 m³.

- v provozu bude čerpadlo – $322,73 \text{ m}^3 / 4,5 = 72 \text{ hod/rok}$ (výkon P=1,4 kW)
- v stand-by režimu bude čerpací jednotka po zbyvajícím čas v roce – 8688 hod (výkon P=0,2 kW)

Cena za energii 5 Kč/KWh bez DPH (současný cenový strop pro rok 2023)

Cena za provoz čerpadla $(1,4 \times 72 \times 5) + (0,2 \times 8688 \times 5) = 9 192 \text{ Kč / rok bez DPH}$.

Rekapitulace

- stavební náklady 556 939,- bez DPH
- provozní náklady 9 192 Kč / rok bez DPH
- trvalé úspory 27 206,1 Kč / rok bez DPH na vodném a stočném
(ceny dle VODAKVA pro rok 2023 – $322,73 \text{ m}^3 \times 84,3 \text{ Kč}$).

Varianta 2

Stavební náklady

Položka	Práce a dodávky	Množství	Jednotková cena	Cena celkem
1.	Rozebrání stávající dlažby	186 m ²	261,- / m ²	48 546,-
2.	Odstranění kladecí vrstvy dlažby	186 m ²	569,- / m ²	105 834,-
3.	Výkopové práce (včetně naložení a přesunu)	403,5 m ³	858,- / m ³	346 203,-
4.	Vsakovací tunel – 6 ks (1 tunel je ze 13 dílců)	78 ks	2 686,- / ks	209 508,-
5.	Osazení a montáž dílců vsakovacího tunelu	78 ks	650,- / ks	50 700,-
6.	Obsyp vsakovacích tunelů (šterkodrt' frakce 8-16)	106,9 m ³	426,- / m ³	45 539,-
7.	Kanalizační potrubí - PVC DN200	27 m	1920,- / m	51 840,-
8.	Montáž kanalizačního potrubí	27 m	167,- / m	4 509,-
9.	Lože pod potrubí	2,7 m ³	1630,- / m ³	4 401,-
10.	Obsyp potrubí	5,4 m ³	222,- / m ³	1 199,-
11.	Zpětný zásyp se zhutněním	233,6 m ³	148,- / m ³	34 573,-
12.	Nová betonová dlažba	186 m ²	388,- / m ²	72 168,-
13.	Pokládka dlažby včetně nové kladecí vrstvy	186 m ²	495,- / m ²	92 070,-
14.	Odvoz a likvidace přebytečného výkopku	169,9 m ³	175,- / m ³	29 733,-
CELKOVÁ CENA (bez DPH)				1 096 823,-

Tabulka 11: Výpočet finančních nákladů Varianta 2

Provozní náklady

Provozní náklady nejsou předmětem této varianty.

Rekapitulace

- stavební náklady 1 096 823,- bez DPH

- provozní náklady se nepředpokládají.

Varianta 3

Poplatek za odvádění srážkových vod se vypočítá vynásobením ročního objemu odváděných srážkových vod za sledovaný rok 2021 a aktuální cenou stočného.

Stavební náklady

Stavební náklady nejsou předmětem této varianty.

Provozní náklady

Provozní náklady spočívají v úhradě stočného (vypouštění dešťové vody do kanalizace). Dle ceníku VODAKVA pro rok 2023 je cena 42,66 Kč / m³ bez DPH.

$$42,66 * 883,91 \text{ m}^3 = 37\,707,6 \text{ Kč / rok bez DPH}$$

Rekapitulace

- stavební náklady se nepředpokládají
- provozní náklady 37 707,6 Kč / rok bez DPH.

Nejvýhodnější variantou z hlediska současné úrovně poznání a vývoje nové legislativy na poli hospodaření se zachycenou dešťovou vodou se jeví varianta č. 1, kdy zadržovaná dešťová voda v podzemním retenčním objektu bude sloužit k dalšímu využití v budově C, v tomto případě ke splachování. Tato varianta má významné investiční náklady, nicméně jejich návratnost v podobě úspor za vodné a stočné pro objem pitné vody, která by byla využita pro splachování toalet, není zanedbatelná.

7 DISKUZE

Hospodaření s dešťovými vodami je v poslední době velmi často zmiňované téma. Při výstavbě nových domů je již požadavek stavebního úřadu na likvidaci dešťové vody na stávajícím pozemku běžný. Je zapotřebí stavebního povolení, dále rozhodnutí o dodatečném povolení stavby, o změně užívání stavby, o změně stavby a je zapotřebí kolaudační souhlas. Hospodaření s dešťovou vodou je zakotveno v české legislativě a to konkrétně v normě ČSN 75 9010 a TVN 9011. První norma se věnuje hospodaření s dešťovými vodami a druhá norma se věnuje vsakování srážkových povrchových vod. V současné době, kdy stoupají ceny pitné vody, bude hospodaření s dešťovou vodou stále častějším tématem. Ač jsou investiční náklady vysoké, tak se postupně vrací v podobě úspory za vodné a stočné pro pitnou vodu, která by byla v tomto případě využita pro splachování toalet. Provozní náklady spočívají v provozu výtlačných čerpadel, avšak v rámci roční bilance nákladů se již nejedná o zanedbatelnou položku. S dešťovými vodami lze nakládat různými způsoby. Tato diplomová práce se zabývá třemi způsoby, jak nakládat s dešťovou vodou.

První možností, a tedy tou nejvýhodnější z pohledu budoucí úspory je nejkompexnější řešení hospodaření s dešťovou vodou. Tato možnost hospodaření s dešťovou vodou spočívá ve vybudování podzemního zachytného zařízení s přepadem do dešťové kanalizace. Podzemní retenční objekt bude zadržovanou zachycenou dešťovou vodu pomocí čerpadel distribuovat k dalšímu využití, v řešené budově C, tedy ke splachování. Ač se jedná o variantu s významnými investičními náklady, tak je tento způsob nejvýhodnější, náklady se postupně vrací v podobě úspory za vodné a stočné. V rámci několika let se náklady na vybudování retenčního objektu vrátí a roční úspora i vzhledem ke stále rostoucím cenám za pitnou vodu, nebude zanedbatelná.

Smyslem je dešťovou vodu dále využívat.

Druhou možností je vsakování, které je upraveno normou ČSN 75 9010. Vsakování dešťových vod není možné využít všude. Půdy pro vsak musí být propustné. Dále je důležitý hydrogeologický posudek, který určuje další postup. Je nutné vyhodnotit vsakovací poměry a zjistit, jaký dopad bude mít vsakování na geologickou stabilitu. Výstupy z geologického průzkumu a z hydrogeologického posudku jsou stanoveny normou ČSN 75 9010. Například v oblastech, kde hrozí sesuv půdy, je tento posudek nezbytný (Hlavínek et al., 2007; ČSN 75 9010; 2013; TNV 75 9011, 2012).

Vsakování se nesmí využívat v ochranných pásmech vodních zdrojů a dále v místech, kde je vysoká hladina podzemních vod. Musí být dodržen zákon o ochraně půdy a o ochraně vod. Jako příklad by se dal uvést smyv ze střech, které obsahují měď a jsou z pozinkovaných plechů. V tomto případě musí být tato voda předčištěna pomocí speciálních filtrů (Hlavínek et al., 2007).

Tato možnost má nejdražší investiční náklady, nicméně výhodou je bezesporu absence provozních nákladů v podobě platby stočného, protože nedochází k vypouštění do kanalizace. Dále se jedná o bezobslužné řešení bez spotřeby energií. Nevýhodou je nemožnost se zachycenou vodou dále hospodařit.

Třetí možností a tou nejlevnější je odvod srážkových vod. U tohoto způsobu je podporován decentralizovaný systém odvádění srážkových vod. Tento systém řeší odtok v místě vzniku a navrácí ho zpět do přirozeného koloběhu a tím dochází k zvyšování hladin podzemních vod (Hlavínek et al., 2007; TNV 75 9011, 2012).

Řešení je kompletně bezobslužné bez dalších investičních nákladů. Jde tedy o nejlevnější variantu, přičemž provozní náklady spočívají pouze v úhradě stočného (vypouštění do kanalizace).

Toto řešení, jak jsem zmínila ve své práci v metodické části, již neodpovídá současné úrovni poznání a vývoji nové legislativy na poli hospodaření se zachycenou dešťovou vodou.

8 ZÁVĚR

Z hlediska ochrany životního prostředí a s ohledem na technické a ekonomické souvislosti je potřeba snížení množství dešťových vod, které jsou odváděny do kanalizací a recipientů a využití všech eventualit, například retenci, dále užívat srážkovou vodu jako užitkovou, se kterou můžeme splachovat toalety, mýt auta či zalévat pozemky. Je nutné zachovat tento zdroj pro další generace s využitím náhradních zdrojů – dešťové vody.

První část své diplomové práce jsem věnovala oblasti problematiky při hospodaření s dešťovou vodou a také eventualitám využití této vody. Druhá část této práce byla věnována hospodaření s dešťovou vodou na Krajském úřadě v Karlových Varech, konkrétně na budově C. V jednotlivých variantách jsem popsala jak výhody, tak nevýhody, vstupní a provozní náklady a varianty jsem včetně finančních nákladů vyhodnotila. Po vyhodnocení jednotlivých variant jsem jako nejvhodnější variantu, s ohledem na současné požadavky a úsporu finančních nákladů, vybrala variantu č. 1. Využívání dešťové vody pro splachování toalet se jeví jako přínosné ve všech ohledech, obzvláště je tato varianta hospodárná a šetrná k životnímu prostředí, které je stejně jako zdraví nejdůležitější.

V zájmu budoucích generací je zachování přírodních zdrojů. Velice přínosný je fakt, že roste zájem o hospodaření s dešťovou vodou jak u rodinných domů, tak u firem.

Ač voda patří mezi stále se obnovující zdroje z důvodu neustálého koloběhu vody v přírodě, tak zásoby pitné vody na zemi se neustále zmenšují. Z důvodu nedostatku pitné vody zemře více než 3,5 milionů lidí ročně.

Téma hospodaření s dešťovou vodou je velmi důležité i pro další generace.

9 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

9.1 Seznam odborných publikací

BEDNÁŘ, J., 2003: Meteorologie: Úvod do studia dějů v zemské atmosféře. Portál, Praha, 224 s., ISBN: 80-7178-653-5.

BÖSE, K. H., 1999: Dešťová voda pro dům a zahradu. Nakladatelství Hel, Ostrava. ISBN: 80-86167-08-9.

BURSÍK, K., 2010: Studie možnosti hospodaření s dešťovou vodou v areálu Fakulty stavební v Praze, ČVUT- FSv. Praha. 123 s. (diplomová práce).

ČERMÁKOVÁ, B., MUŽÍKOVÁ, R., 2009: Ozeleněné střechy. Grada Publishing, Praha, 248 s.

DREISEITL, H., GRAU, D., K. H. C., 2001: Ludig: Water-Planning, Building und Designing with Water, Birkhäuser: Basel, Berlin, Boston. ISBN 3-7643-6410-6.

GEIGER, W., DREISEITL, H., 2001: Neue Wege für das Regenwasser, 2. Auflage – München: Oldenburg. ISBN 3-486-26459-1.

HANOUSEK, M., 2005: Voda pro chataře a zahrádkaře. Grada Publishing. Praha, 96 s., ISBN: 80-247-0400-5.

HEISIGOVÁ, M. R., BÍM, J., BYLINOVÁ, A. et al, 2014: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném prostředí – Inovativní produkt v rámci projektu OPPA. Praha, 35 s.

HENGEVELD, H., DE VOCHT, C., 1982. Role of water in urban ecology. Amsterdam, Elsevier Science Ltd., 362 s., ISBN 10-0444420789.

HLAVÍNEK, P., PRAX, P., SKLENÁROVÁ, T., DVOŘÁKOVÁ, D., POLÁŠKOVÁ, K., KUBÍK, J., HLUŠTÍK, P. et BERÁNEK, J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec, Brno. ISBN: 80-86020-55-X.

KABELKOVÁ, I., DOLEŽALOVÁ, A., 2009: Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku: praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování. Ústav pro ekopolitiku o.p.s., Praha, 48 s.

KOLEKTIV AUTORŮ, 2005: Živel voda. Agentura Koniklec, Praha, 301 s.

KREJČÍ, V., HLAVÍNEK, P., ZEMAN, E., 2002: Odvodnění urbanizovaných území: koncepční přístup. NOEL 2000 s.r.o., Brno, 562 s., ISBN: 80-86020-39-8.

MICÍNOVÁ, D., 2005: Využití urbanizovaného území z hlediska integrovaného odvodnění. Vysoké učení technické v Brně, Brno, 32 s., ISSN 1213-4198.

MIXA, P., 2013. Česko mapuje zásoby podzemní vody. Za více než 600 milionů z Bruselu. Online: http://www.rozhlas.cz/zpravy/veda/_zprava/cesko-mapujezasoby-podzemni-vody-za-vice-nez-600-milionu-z-bruselu--1206670, cit. 24. 2. 2015.

NĚMEC, J., 2006. Voda v České republice. Praha, pro MZe vydal Consult, 253 s., ISBN 80-903-4821-1.

NOVAK, C. A., VAN GIESEN, E. & DEBUSK, K. M., 2014: Designing rainwater harvesting systems. Hoboken (New Jersey), John Wiley & Sons, Inc., 294 s., ISBN 978-1-118-41047-9.

RACLAVSKÝ, J., HLUŠTÍK, P., BIELA, R. et RAČEK, J., 2011: Využití šedých a dešťových vod v budovách - projekt TAČR. ZSVTS Bratislava, Bratislava. S. 97-100. ISBN 978-80-89216-42-0.

SIEKER, F., KAISER, M., SIEKER, H., 2006: Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich. Fraunhofer IRB Verlag. 236 s.

ŠÁLEK, J., KŘÍŠKA, M., PÍREK, O., PLOTĚNÝ, K., ROZKOŠNÝ, M. et ŽÁKOVÁ, Z., 2012: Voda v domě a na chatě. Grada Publishing. Praha. ISBN: 978-80-247-3994-6.

ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V., 2006: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. ČKAIT s.r.o. Praha, 283 s.

ŠÁLEK, J., ŽÁKOVÁ, Z. et HRNČÍŘ, P., 2008: Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech. Vydavatelství Era, Brno. ISBN: 978-80-7366-125-0.

VÍTEK, J., 2008: Odvodňování urbanizovaných území podle principů udržitelného rozvoje. Urbanismus a územní rozvoj, ročník XI, 4/2008. Brno, s. 1-12.

9.2 Seznam internetových zdrojů

BRÁDKOVÁ, H., 2012: Spotřeba vody v rozvojovém světě: Jedno naše spláchnutí. ČT24, Praha (online) [cit. 29.11.2021], dostupné z <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/1183258-spotreba-vody-v-rozvojovem-svete-jedno-nase-splachnuti>.

CENIA, ©2007: Stav životního prostředí Karlovarského kraje (online) [cit. 28.03.2022], dostupné z cenia.cz/wp-content/uploads/2019/03/ZP2007_Karlovarsky_kraj.pdf.

CZSO, ©2022: Charakteristika Karlovarského kraje (online) [cit. 28.03.2022], dostupné z https://www.czso.cz/csu/xk/charakteristika_karlovarskeho_kraje.

DVOŘÁKOVÁ, D., 2007: Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění (online) [cit. 15.03.2022], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>>.

DVOŘÁKOVÁ, D., 2007: Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení (online) [cit. 01.02.2022], dostupné z <<http://www.tzb-info.cz/3962-vyuzivani-destovevody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>>.

HONSOVÁ, D., 2006: Srážkové poměry v České republice (online) [cit. 01.02.2022], dostupné z <<https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=650>>.

HYDROTECH, ©2020: Voda na Zemi (online) [cit. 25.11.2021], dostupné z <<https://www.hydrotech-group.com/blog/voda-na-zemi-kolko-jej-na-planete-mame-a-ake-mnozstvo-z-toho-tvori-pitna-voda>>.

KADLECOVÁ, R., 2011: Rebilance zásob podzemních vod. OPŽP - Prioritní osa 6 (oblast podpory 6.6) (online) [cit. 20.11.2021], dostupné z <<http://www.geology.cz/rebilance/dilci-vysledky>>.

KÖNIG, K. W., 2002: Regenwassernutzung von A-Z: Ein Anwenderhandbuch für Planer, Handwerker und Bauherren. Teil 2: Planung einer modernen Regenwassernutzungsanlage. Mallbeton GmbH, DS-Pföhren, (online) [cit. 01.02.2022], dostupné z <<http://www.mall.info/fileadmin/Gewerblich/Fachbuchreihe/Regenwasser-Grundlagen.pdf>>.

KVĚTONĚ, V., ZAHRADNÍČEK, J., ŽÁK, M., 2004: Kontrola kvality a digitalizace ombrogramů v ČHMÚ (online) [cit. 01.02.2022], dostupné z <http://www.cmes.cz/sites/default/files/2004_2_47-52.pdf>.

WHO, ©2019: Health risks: Drinking-water and sanitation (online) [cit. 15.11.2021], dostupné z <[1-climate-change-andhealth/water-sanitation-and-health/environmental-health-in-emergencies/humanitarian-emergencies](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water)>.

VODÁRENSTVÍ, 2011: Nejvíce vody spotřebují v USA, nejvíce zaplatí v Dánsku . (online) [cit. 29.11.2021], dostupné z <<http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/nejvice-vody-spotrebuji-v-usa-nejvice-zaplati-v-dansku>>.

9.3 Zákon, vyhláška, norma

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.

ČKAIT : Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě

ČSN 756760 – Vnitřní kanalizace

ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod, Praha, 2013.

ČSN 75 6780: Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích.

ČSN EN 16941-1 a ČSN EN 16941-2: Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod.

TNV 75 9011: Hospodaření se srážkovými vodami, Praha, 2013. 65 s.

9.4 Příspěvky do sborníků

NĚMEC, J., HLADNÝ, J. [eds], 2009: Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku: praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování. Pro Středisko ekologické výchovy, Lesy hl.m. Prahy vydal Ústav pro ekopolitiku ve spolupráci s Asociací pro vodu ČR a Fakultou stavební ČVUT, Praha. 43 s. ISBN 978-80-87099-06-3.

9.5 Seznam obrázků

Obr. 1: Spotřeba vody v domácnosti (Severočeské vodovody a kanalizace), 2021 (online) [cit. 29.11.2021], dostupné z <<https://www.scvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>>.

Obr. 2: Oběh vody (Soilteq), 2017 (online) [cit. 01.02.2022], dostupné z <<http://www.soilteq.eu/cs/blog/voda-puda-plodiny-nova-teorie-o-zmene-klimatu/>>.

Obr. 3: Vznik a vypadávání srážek (Klimatologie a hydrogeografie pro učitele), 2014 (online) [cit. 01.02.2022], dostupné z <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/03-prvky.html>.

Obr. 4: Úhrn srážek za červenec 2014 (Klimatologie a hydrogeografie pro učitele), 2014 (online) [cit. 01.02.2022], dostupné z <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/03-prvky.html>.

Obr. 5: Podokapový filtrační hrnec (Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění), 2007 (online) [cit. 15.03.2022], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>>.

Obr. 6: Svodové okapové filtry (Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění), 2007 (online) [cit. 15.03.2022], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>>.

Obr. 7: Košíčkový filtr (Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění), 2007 (online) [cit. 15.03.2022], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>>.

Obr. 8: Samočisticí filtr v interním provedení (Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění), 2007 (online) [cit. 15.03.2022], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>>.

Obr. 9: Jemný filtr se zpětným proplachem pro montáž do potrubí za čerpadlem (Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění), 2007 (online) [cit. 15.03.2022], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>>.

Obr. 10: Rozdělení střešních zahrad (Retence dešťových vod), 2009 (online) [cit. 07.02.2022], dostupné z <[Retence dešťových vod I. - TZB-info](#)>.

Obr. 11: Vsakovací jezírko (Vliv vsakování povrchové dešťové vody na stavební objekty), 2007 (online) [cit. 01.03.2022], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/4385-vliv-vsakovani-povrchove-destove-vody-na-stavebni-objekty>>.

Obr. 12: Krajský úřad, Budova C (Katastrální úřad, 2022), (online) [cit. 16.05.2022], dostupné z <<https://nahlizenidokn.cuzk.cz/>>.

Obr. 13: Situační schéma Varianta 1, Budova C (ČUZK, 2022), (online) [cit. 04.11.2022], dostupné z <<http://services.cuzk.cz/dxf/ku/>>.

Obr. 14: Retenční nádrž AQUAstay 30000 l (destovenadrze.cz, 2022), (online) [cit. 04.11.2022], dostupné z <<https://www.destovenadrze.cz/eshop/podzemni-nadrz-na-destovou-vodu-aquastay-40-000-l-detail>>.

Obr. 15: Situační schéma Varianta 2, Budova C (ČUZK, 2022), (online) [cit. 04.11.2022], dostupné z <<http://services.cuzk.cz/dxf/ku/>>.

Obr. 16: Vsakovací tunel GARANTIA TWIN 600 L (destovenadrze.cz, 2022), (online) [cit. 04.11.2022], dostupné z <<https://www.destovenadrze.cz/eshop/vsakovaci-tunel-garantia-twin-600-l-detail>>.

Obr. 17: Situační schéma Varianta 3, Budova C (ČUZK, 2022), (online) [cit. 04.11.2022], dostupné z <<http://services.cuzk.cz/dxf/ku/>>.

9.6 Seznam tabulek

Tabulka 1: Informace o pozemku, Budova C (Katastrální úřad), 2022, dostupné z <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/>.

Tabulka 2: Úhrn srážek v roce 2021 v Karlovarském kraji (ČHMÚ), 2022, dostupné z <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>>.

Tabulka 3: Územní teploty v roce 2021 v Karlovarském kraji (ČHMÚ), 2022, dostupné z <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>>.

Tabulka 4: Výpočet potřeby nepitné vody pro splachování WC

Tabulka 5: Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5 min až 120 min (ČSN 75 9010).

Tabulka 6: Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 4 hod až 72 hod (ČSN 75 9010).

Tabulka 7: Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení pro periodicitu $p=0,2$ (ČSN 75 9010).

Tabulka 8: Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení pro periodicitu $p=0,1$ (ČSN 75 9010).

Tabulka 9: Tabulka B.2 – Kapacitní průtoky a rychlosti vody ve svodných potrubích (ČSN 75 6760).

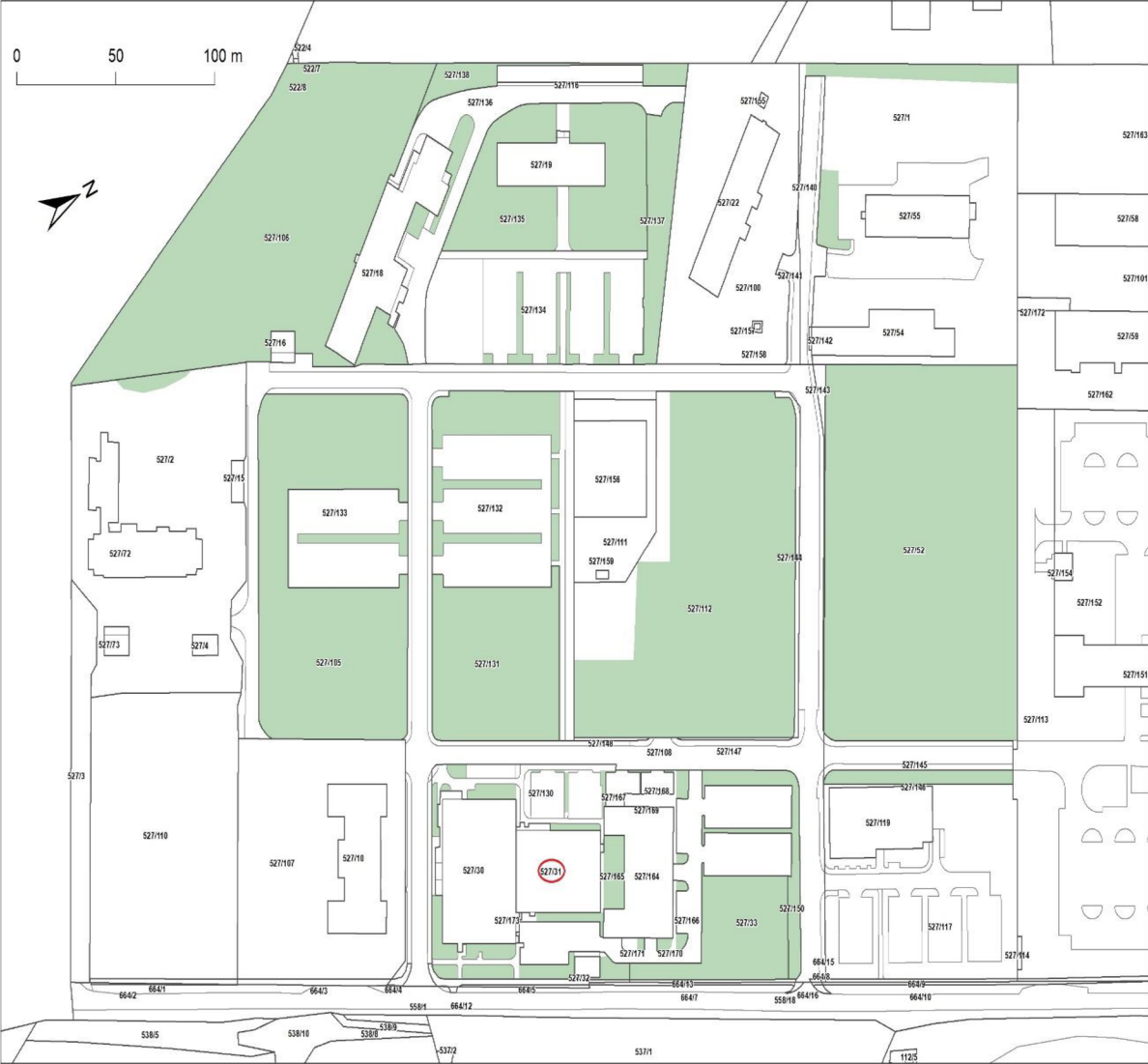
Tabulka 10: Tabulka 10: Výpočet finančních nákladů Varianta 1

Tabulka 11: Tabulka 10: Výpočet finančních nákladů Varianta 2

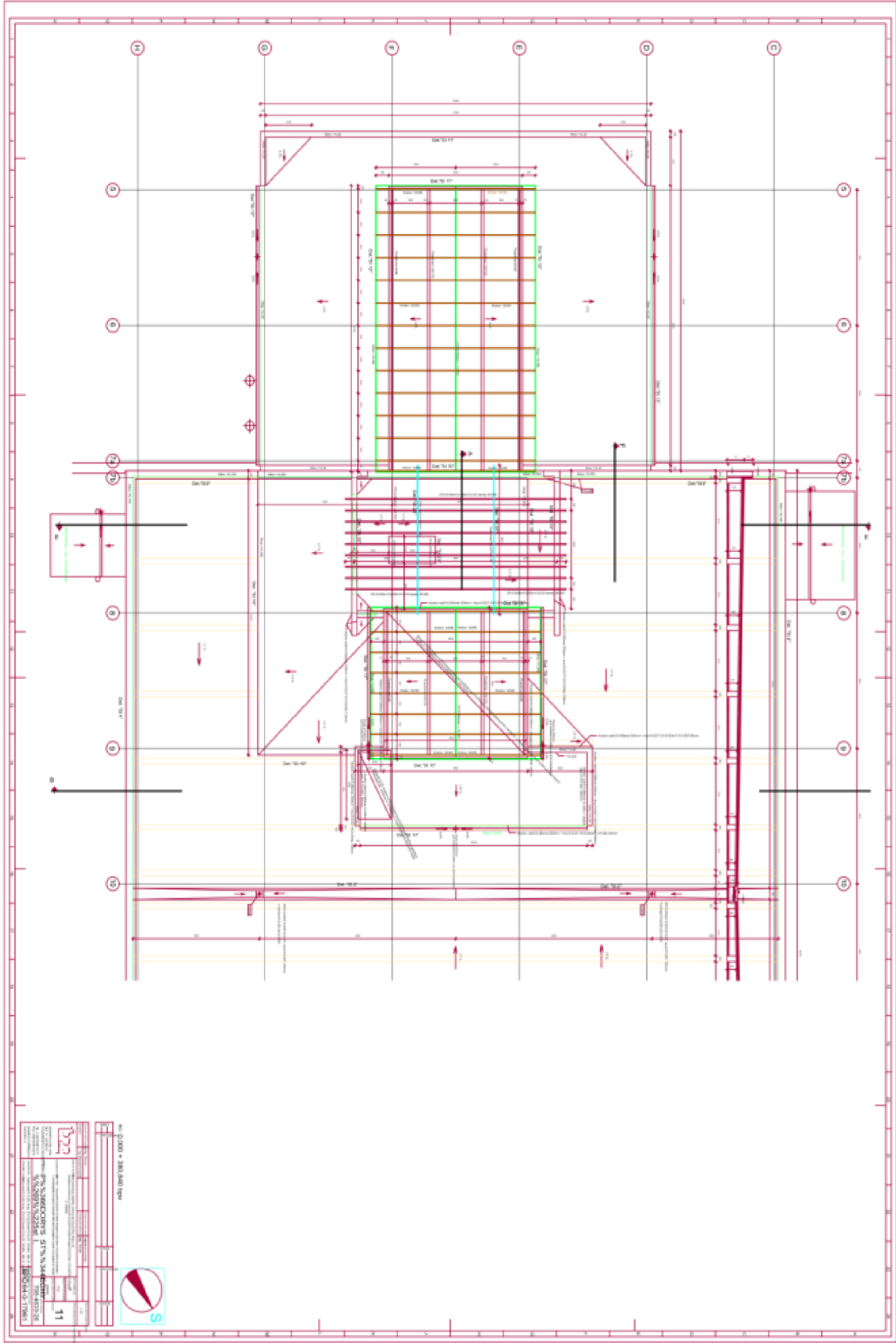
9.7 Přílohy

1. A – Katastrální mapa vybrané budovy, údaje o pozemku
2. B – Střecha 1
3. C – Střecha 2
4. D – 1. nadzemní podlaží
5. E – 2. nadzemní podlaží
6. F – 3. nadzemní podlaží

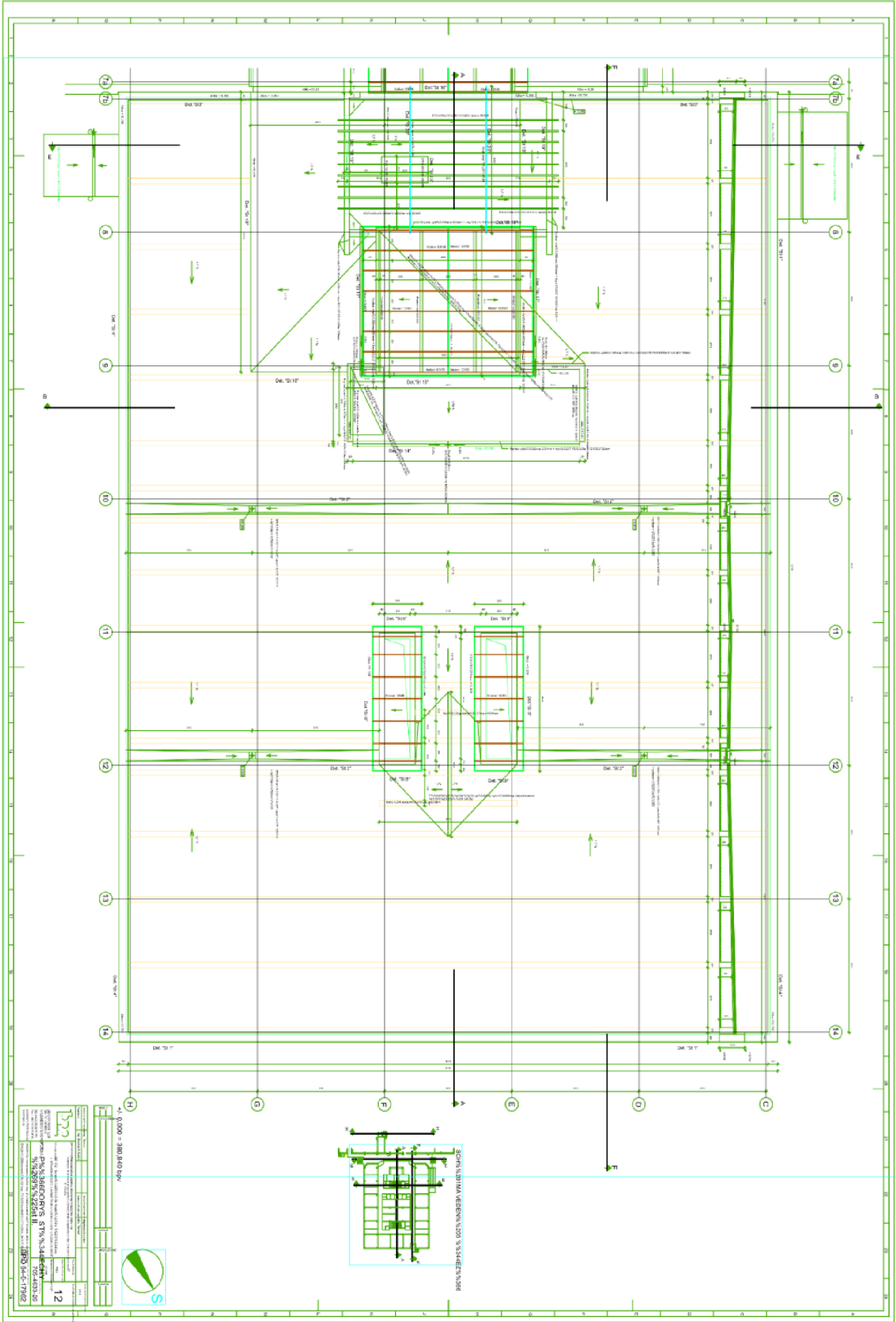
Příloha A - Katastrální mapa vybrané budovy



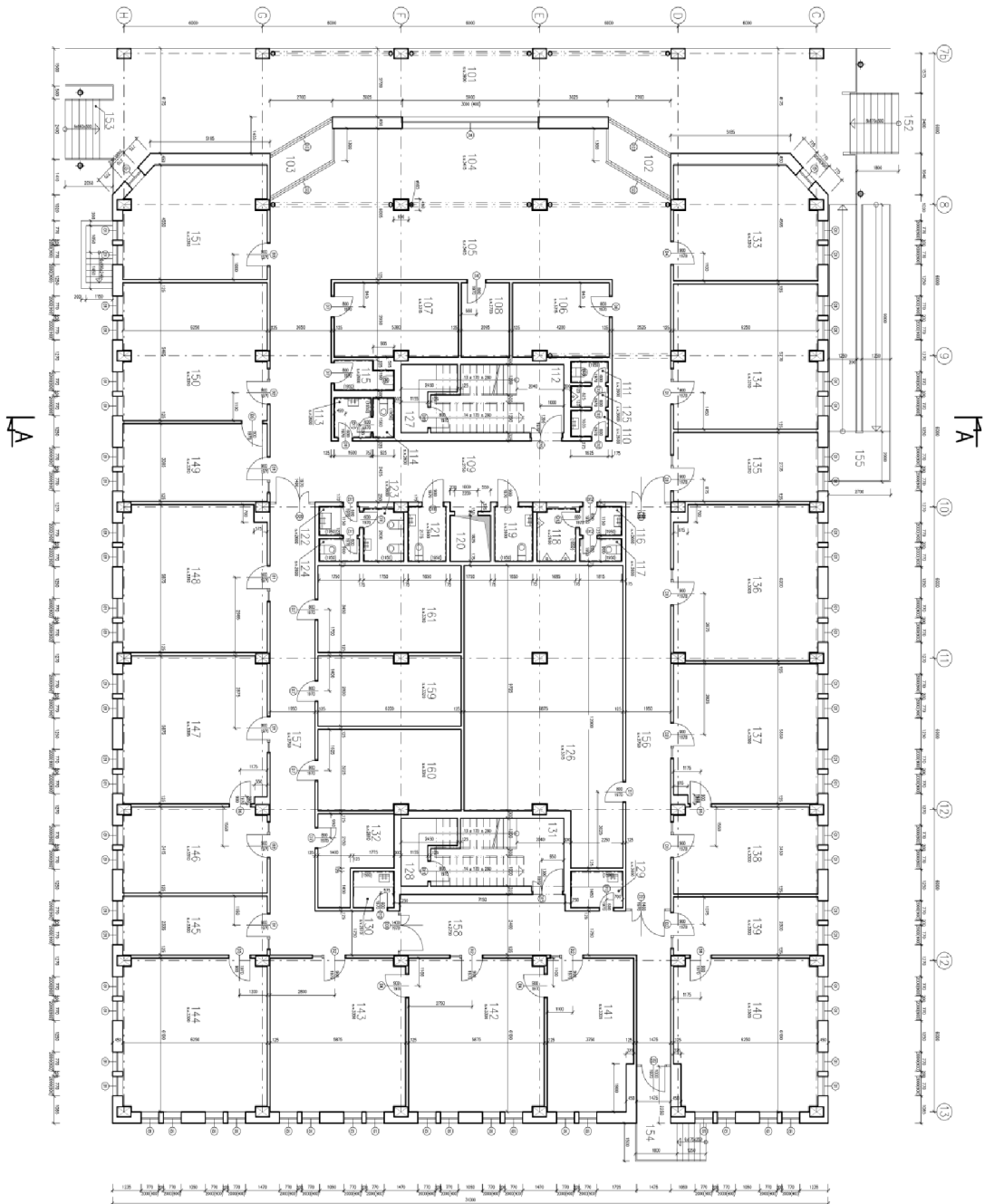
Příloha B – Střecha 1



Příloha C – Střecha 2

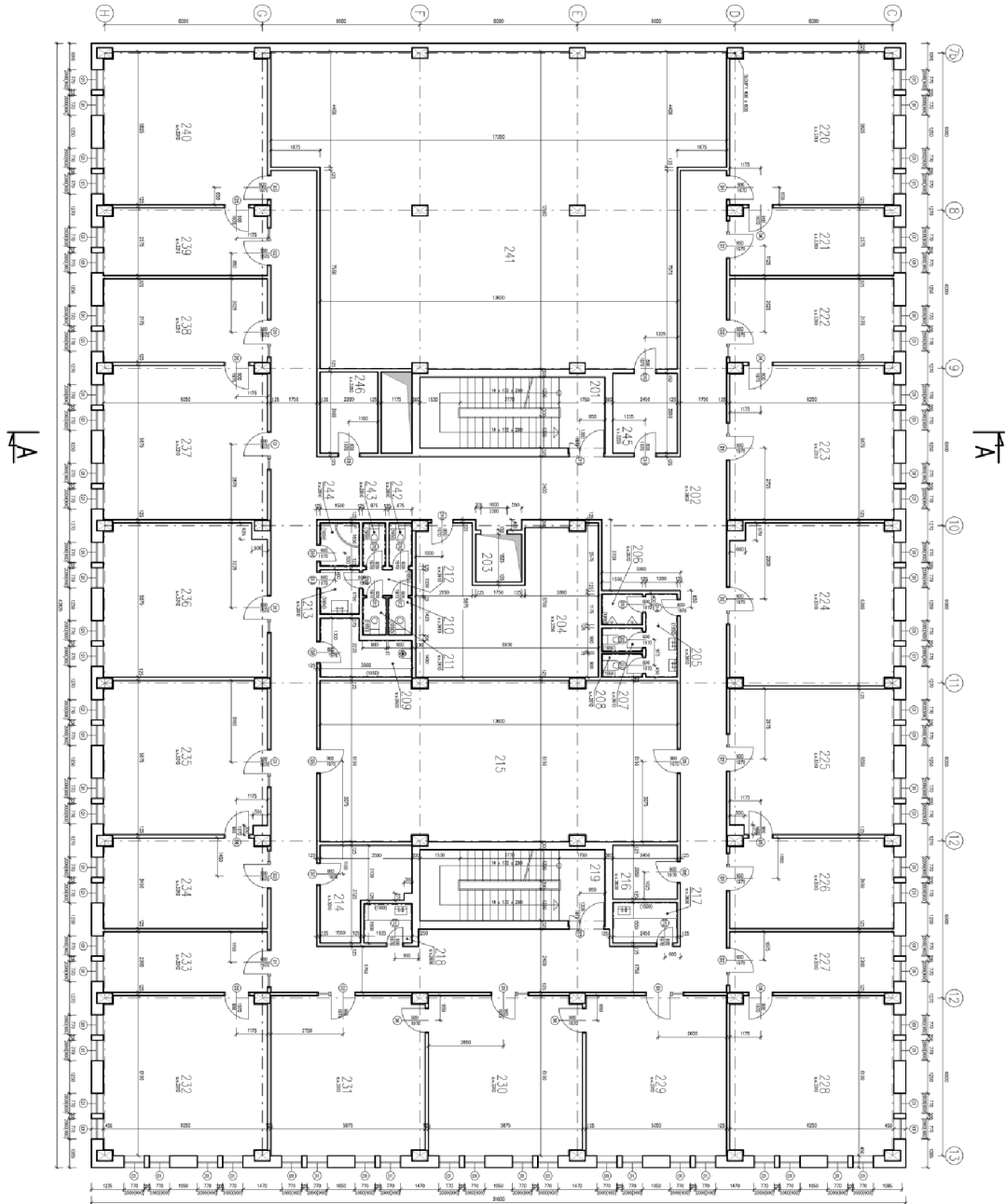


Příloha D – 1. nadzemní podlaží



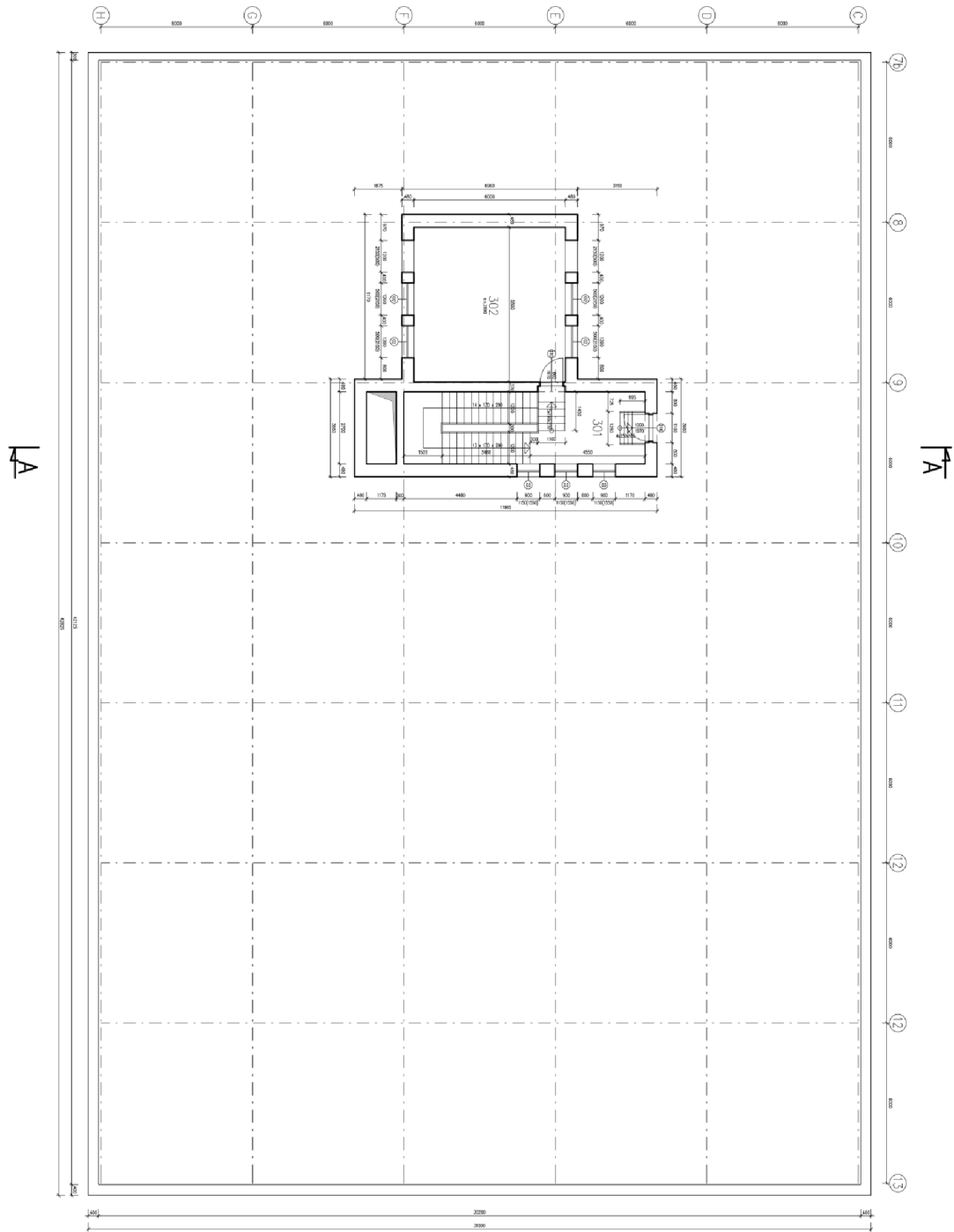
PROJEKTANT Ing. Petr HÁMPL	VYPRACOVAV Ing. Martin KOPIA	KRESEL Ing. Martin KOPIA	KONTROLOVAL	Kancelář stavebního inženýrství Botaničská 256 350 02 Dobruška – Karlovy Vary (IČO: 25224581) Tel./fax: 383 230 017
LOKALITA: KARLOVY VARY			MÍSTO: KARLOVY VARY	
INVESTOR: KRAJSKÝ ÚŘAD KARLOVARSKÉHO KRAJE			FORMÁT: A4	
STAVBA: ZAMĚŘENÍ SKUTEČNÉHO PROVEDENÍ OBJEKTŮ KRAJSKÉHO ÚŘADU K.V. KRAJE			DATUM: 25.11.2010	
PÁRE:			CĚL: SKUTEČNÉ PROVEDENÍ	
NÁZEV: PŮDORYS 1.NP			C.ZAK: 160 / 2010	
			S.ARGH: 160 / 2010	
			MĚŘÍTKO: 1:100	
			Č.VKRESU: 1255-1	

Příloha E – 2. nadzemní podlaží



PROJEKTANT Ing. Petr HAMPL	VYPRACOVAL Ing. Martin KOPIA	KRESLIL Ing. Martin KOPIA	KONTROLOVAL	Konstif stavebního inženýrství Bátenská 256 360 02 Dalovice – Karlovy Vary IČO: 25224881 tel./fax: 353 230 017
LOKALITA: KARLOVY VARY	IS: KARLOVY VARY	INVESTOR: KRAJSKÝ ÚŘAD KARLOVARSKÉHO KRAJE		FORMÁT: A1
STAVBA: ZAMĚŘENÍ SKUTEČNÉHO PŘEVEDENÍ OBJEKTŮ KRAJSKÉHO ÚŘADU K.V. KRAJE				DATUM: 2.11.2010 ÚČEL: SKUTEČNÉ PŘEVEDENÍ Č.ZAK.: 160 / 2010 Č.ARCH.: 160 / 2010
PARÉ:	NÁZEV: PŮDORYS 2.NP	MĚŘÍTKO: 1:100	C.VÝKRESU: 1255-2	

Příloha F – 3. nadzemní podlaží



PROJEKTANT Ing. Petr HAMPL	VYPRACOVAL Ing. Martin KOPTA	KRESLIL Ing. Martin KOPTA	KONTROLOVAL	Kancelář stavebního inženýrství Botanická 256 560 02 Dobruška – Karlovy Vary IČO: 25224581 tel., fax: 353 230 017
LOKALITA: KARLOVY VARY		SO: KARLOVY VARY		FORMAT A1
INVESTOR: KRAJSKÝ ÚŘAD KARLOVARSKÉHO KRAJE				DATUM 2.11.2010
STAVBA: ZAMĚŘENÍ SKUTEČNÉHO PROVEDENÍ OBJEKTŮ KRAJSKÉHO ÚŘADU K.V. KRAJE				ÚČEL SKUTEČNÉ PROVEDENÍ
PÁRE:				C.ZAK. 160 / 2010
NÁZEV: PŮDORYS 3.NP				C.ARCH. 160 / 2010
				MĚŘÍTKO: 1:100
				C.VÝKRESU: 1255-3