

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra plánování krajiny a sídel**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Využití dešťové vody z objektů věznice Vykmánov**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Jan Horváth**

**Územní technická a správní služba v životním prostředí  
kombinovaná**

**Vedoucí práce: Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka**

**© 2023 ČZU v Praze**

---

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Horváth

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

**Využití dešťové vody z objektů věznice Vykmánov.**

Název anglicky

**Use of rain water from the buildings of the Vykmánov Prison**

---

### Cíle práce

Problematika zachytávání a dalšího využití dešťových vod bývá často řešena u rodinných domků a jiných objektů menšího rozsahu. Cílem práce bude tuto problematiku zpracovat pro plošně výrazně větší komplex objektů, který je navíc ve státní správě, tj. nejedná se o případ, kdy je žadatelem o dotace a finálním uživatelem občan, ale státní organizace. Jako příklad zvolte areál věznice Vykmánov. Vypracujte několik variant, navrhněte kritéria pro jejich vzájemné porovnání a vyberte optimální variantu. Vysvětlete, čím je lokalita výjimečná v porovnání s např. s objekty v industriální zóně nebo v obytné zástavbě (v kontextu tématu).

### Metodika

Vypracujte krátký literární přehled problematiky. Pozornost věnujte dotačním titulům, které je možné na problematiku aplikovat. Porovnejte, zda a v jakém rozsahu se podmínky liší, pokud se jedná o objekty menšího rozsahu (rodinný domek) nebo většího rozsahu (např. areál věznice). Použijte dostupná data o stávajícím stavebně technickém řešení zájmového území. Data zpracujte tak, aby bylo možné hrubě navrhnout několik variant. Vytvořte vlastní postup hodnocení jednotlivých variant. Odhadněte investiční i provozní náklady. Porovnejte návratnost.

---

## **Doporučený rozsah práce**

35 stran + přílohy

## **Klíčová slova**

Státní organizace, dešťová voda, využití vody, dotace, dešťovka

---

## **Doporučené zdroje informací**

Čaha J., Kučera J., Proske Z., 2013: Odvodňování urbanizovaných území malých obcí ČR. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava 1: 23 – 30.

Jáglová V., Šnajdr M., Beránek J., PraxP., Sládek R., Plotěný K., Hlaváč J., Dušek O., 2009: Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 ekvivalentních obyvatel – metodická příručka. Ministerstvo Životního prostředí České republiky, Praha, 87s

Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, ©2019: Vsakování srážkových vod, metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj, Praha, 2019, 35 s.

Raček J., 2016: Metodika návrhu systému využití šedých vod ve vybraných objektech. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno. 38s.

Šále kJ., Křiška M., Pírek O., Plotěný K., Rozkošný M., Žáková Z., 2012: Voda v domě a na chatě – využití srážkových a odpadních vod. Grada Publishing, a.s., Praha, 144 s.

---

## **Předběžný termín obhajoby**

2023/24LS – FŽP

## **Vedoucí práce**

Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka

## **Garantující pracoviště**

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2023

---

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2023

---

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze 13. 3. 2024

---

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Využití dešťové vody z objektů věznice Vykmanov vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou 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 vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne datum odevzdání

\_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Dr. Ing. et Ing. Miroslavu Kravkovi, za velkou trpělivost, za potřebné rady a typy ke zvládnutí této bakalářské práce a své rodině a přátelům za podporu.

# Využití dešťové vody z objektů věznice Vykmánov

## Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je ukázat, důležitost a využití dešťové vody. Zadržování dešťové vody k následnému využití v domácnostech v posledních letech výrazně roste. Díky zhoršujícím se klimatickým podmínkám, dochází k úbytku četností srážek a úbytku půdních vod. Z důvodu zvýhodňujícím programům, které sníží finanční náklady na vybudování zádržných systémů, tak dosáhne na tyto systémy více domácností nebo státních organizací. Bohužel státní organizace těchto systémů moc nevyužívají, i když pro toto mají dobré předpoklady. Většina státních organizací disponuje velkými plochami, kam se snadno systém zádržného systému dešťové vody zabuduje, tak i velkými plochami střech, které jsou schopny zachytit velké množství dešťové vody. Státní organizace mají většinou mnoho zaměstnanců a vodou tolik nešetří oproti domácnostem a zbytečně se vodou plýtvá. V první části této práce si přiblížíme problematiku ubývání srážek a úbytku půdních vod, jak tomuto problému zamezit a jaké máme typy zádržných systémů a jak poznat ten, který bude nejvíce prosperovat určité budově. V druhé části této bakalářské práce si ukážeme na modelové situaci, jak výběr zádržného systému probíhá, jak se instaluje a na jaký principu funguje. Modelová situace bude ukázaná na státní organizaci věznice Vykmánov. V poslední části budou vyčíslené náklady na vybudování výhodného zádržného systému pro tyto objekty a kolik by tato státní organizace dokázala ušetřit vody za rok a shrnutí, zda se tyto zádržné systémy vyplatí i pro státní organizace a objekty větší rozlohy.

**Klíčová slova:** státní organizace, dešťová voda, využití vody, dešťovka

# Use of rainwater from the buildings of the Vykmanov prison

## Abstract

The aim of this bachelor thesis is to show the importance and use of rainwater. Retention of rainwater for subsequent use in households has been growing significantly in recent years. Due to deteriorating climatic conditions, there is a decrease in the frequency of precipitation and a decrease in soil water. Due to favorable programs that will reduce the financial costs of building detention systems, more households or state organizations will reach for these systems. Unfortunately, state organizations do not use these systems much, even though they have good prerequisites for this. Most government organizations have large areas where a rainwater retention system can easily be installed, as well as large areas of roofs that are capable of capturing large amounts of rainwater. State organizations usually have many employees and do not save as much water compared to households, and water is wasted unnecessarily. In the first part of this work, we will approach the issue of decreasing precipitation and soil water loss, how to prevent this problem, what types of retention systems we have, and how to recognize the one that will be most successful for a certain building. In the second part of this bachelor's thesis, we will show on a model situation how the selection of the restraint system takes place, how it is installed and on what principle it works. The model situation will be shown at the state organization of the Vykmanov prison. In the last part, the costs of building an advantageous retention system for these objects will be calculated and how much this state organization could save water per year, and a summary of whether these retention systems are also worthwhile for state organizations and objects of larger area.

**Keywords:** state organization, rainwater, water use, rainwater

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Voda na Zemi</b>	<b>11</b>
3.1.1	Spotřeba pitné vody	12
3.1.2	Cena pitné vody v České republice	13
<b>3.2</b>	<b>Legislativa</b>	<b>13</b>
<b>3.3</b>	<b>Dešťová voda</b>	<b>15</b>
3.3.1	Vznik srážek	15
3.3.2	Dělení srážek	16
3.3.3	Složení dešťové vody	16
3.3.4	Čištění dešťové vody pro další využití	17
3.3.5	Uložení dešťové vody	19
3.3.6	Funkce retenční nádrže	21
3.3.7	Uložení retenční nádrže	22
<b>4</b>	<b>Metodika</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>Popis lokality</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>Spotřeba a náklady věznice</b>	<b>26</b>
<b>4.3</b>	<b>Obecné výpočty</b>	<b>29</b>
<b>4.4</b>	<b>Postup při návrhu řešení</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>První varianta na objektu A – využití dešťové vody na splachování WC</b>	<b>33</b>
<b>5.2</b>	<b>První varianta na objektu C – využití dešťové vody na splachování WC</b>	<b>40</b>
<b>5.3</b>	<b>Druhá varianta na objektu A – instalace vsakovacích jímek na všechny budovy, kromě budov, které jsou přilehlé Boreckému potoku</b>	<b>46</b>
<b>5.4</b>	<b>Druhá varianta na objektu C – instalace vsakovacích jímek na všechny budovy, kromě budov, které budou přilehlé Boreckému potoku</b>	<b>50</b>
<b>5.5</b>	<b>Shrnutí výsledků</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>Závěr</b>	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>Literatura</b>	<b>60</b>



# 1 Úvod

Voda na Zemi je významnou součástí života a její využití a nakládání s ní je velmi důležité z hlediska životního prostředí. Dnes se pitnou vodou nešetří, spíš až plýtvá a toto plýtvání se odráží jak z finanční stránky, protože je započítáno stočné, ale taky na potřebné energii, která je důležitá k čištění pitné vody. Na Zemi jsou 3% pitné vody, a k dispozici pro obyvatele jsou pouze 0,3 % vody [1], kterou někteří využívají na zahradách a to převážně k zalévání záhonů, dále v domácnostech ke splachování toalet, mytí nádobí, praní prádla a podobně. Podobně je to takto i u budov státních organizací, které bývají většinou většího rozsahu a převážně obývané vyšším počtem lidí a spotřeba vody v těchto organizacích bývá příliš vysoká a to i díky tomu, že lidé v těchto organizacích nemají potřebu vodou šetřit.

Přitom právě budovy s větší plochou střešní krytiny jsou ideální pro sběr a následné zpětné využití dešťové vody a tím šetřit právě vodu pitnou, které není na Zemi mnoho [1]. Je potřeba zvyšovat povědomí o tom, jak důležité je šetřit vodou a efektivně s ní nakládat, abychom mohli lépe chránit tento důležitý zdroj pro budoucí generace.

## 2 Cíl práce

Tato práce si klade za cíl shromáždit a porovnat informace, které nám pomůžou určit jaký nejvhodnější typ nádrží použít k zachycování dešťové vody ve věznici Vykmánov. Dále je nutné vypočítat, kolik dešťové vody se dá za rok v této oblasti zachytit a reálně to porovnat se spotřebou vody určenou pro toaletní zařízení ve věznici. V posledním bodě spočítáme roční náklady věznice na spotřebu vody a kolik by se díky retenčním nádržím dalo ušetřit finančních prostředků a za jakou dobu by se investice vrátila. Hospodaření s dešťovou vodou, zejména v objektech většího rozsahu je důležité, protože právě tyto objekty spotřebují hodně pitné vody, protože lidé nemají potřebu šetřit.

### 3 Literární řešení

#### 3.1 Voda na Zemi

Vodu je možno rozdělit na vodu pitnou, odpadní a vodu srážkovou [33]. Pitná voda se čerpá z povrchu země nebo podzemních zdrojů ale, aby byla pitná, musí se dále upravit, aby splňovala jakost pro konzumaci člověkem [34]. Pitná a srážková voda, která se použije ve výrobcích, v domácnostech a je znečištěná se nazývá vodou odpadní [35]. Voda srážková se tvoří v oblacích a v kapalné formě padá na zem [36]. Být Země velikostně jako basketbalový míč, její voda by byla o velikosti pingpongového míčku [2]. Více než 71% Země pokrývá voda, z toho více než 97% plochy vody tvoří moře a oceány, sladká voda zastupuje 3% hydrosféry (obr. 1). Bohužel, zatím nebyl vymyšlen způsob využití slané vody v domácnostech, či dokonce úprava slané vody na pitnou. Ledovce v polární oblasti tvoří 68,1 % sladké vody, kde 30,1 % je podzemní voda a pouze 0,3% je voda povrchová a atmosférická [3]. Prvenství v zásobě pitné vody je Brazílie, která má ohromných 8233 kubických kilometrů [31].



Obr. 1 Rozdělení zásob vody na Zemi. Zdroj [53]

### 3.1.1 Spotřeba pitné vody

Pitnou vodu získáme z vrtů, studní, nebo pramenišť, která dále prochází úpravou. Druhou možností, jak získávat pitnou vodu je úprava vody z povrchu země a to z potoků, řek, nebo vodních nádrží. Podzemní vodu není náročné upravovat, protože nedochází k takovému znečištění jako u vody povrchové. Čím je pramen podzemní vody hlubší, tím je voda čistější, tato voda je bohatá na minerály, je stabilnější, ale také tvrdší [32]. Od roku 1989 v České republice klesla spotřeba pitné vody o 45,5 %. V roce 1989 dosahovala spotřeba pitné vody až k 171 litrům na osobu denně. Zatím co v roce 2021 to bylo pouhých 93,2 litrů pitné vody na osobu a v roce 2020 dokonce jen 89,2 litru. Jedná se o spotřebu pitné vody v domácnostech. Údaje vychází z dokumentu Informace o stavu v zásobování pitnou vodou a o jakosti dodávané vody připravené MZe a Ministerstvem zdravotnictví [4].

Česká republika patří mezi země, které mají nejnižší spotřebu pitné vody v Evropě, ale i přes to, je nadále potřeba hledat řešení jak s pitnou vodou šetřit. Dubaj, který je spotřebou pitné vody na první příčce díky spotřebě vody 550l na osobu denně, má Česká republika spotřebu pouhých 100 litrů vody na osobu za den [5]. Průměrná denní spotřeba vody na osobu v roce 2021 byla 116 litrů, tedy o něco výše než je celorepublikový průměr (tab. 1).

Tab. 1, průměrná spotřeba vody v na osobu. Zdroj [80]

Zařízení	Průměrná denní spotřeba v litrech	Průměrná denní spotřeba v procentech	Cena za vodu na osobu za den
WC	52 l	43,33 %	4,74 Kč
Osobní hygiena	30 l	25,34 %	2,8 Kč
Praní a úklid	13 l	12,83 %	1,18 Kč
Příprava jídla a mytí nádobí	8 l	6,67 %	0,73 Kč
Mytí rukou	4 l	3,33 %	0,44 Kč
Zalévání a ostatní	9 l	8,50 %	1,00 Kč
CELKEM	116 l	100 %	10,89 Kč

Dalším velkým problémem mohou být úniky vody z potrubí nebo kohoutků, proto je vhodné toto udržovat v dobrém stavu. Rosení hadic, ventilů a kapající kohoutky, nebo také protékající toaleta může zapříčinit, že díky těmto únikům přijdeme o velké množství vody, která by se dala využít jiným a lepším způsobem. Přibližně o 170 – 2050 litrů vody denně nás může připravit takový nenápadný kapající kohoutek s protékající toaletou [6].

### 3.1.2 Cena pitné vody v České republice

Celková cena pitné vody se rozděluje do tzv. vodného a stočného (tab. 2). Vodné je platba za odběr a distribuci vody z vodovodu a stočné je úhrada za odvedení odpadní vody do veřejné kanalizace a její čištění. Česká republika patří mezi státy, které platí za pitnou vodu méně, než okolní státy v EU. Nejnižší cena pitné vody (vodné a stočné) v ČR je ve slezském Krnově, kde 1000 litrů stojí 56,10 Kč a nejdražší je v severočeském Frýdlantu, tady stojí 1000 litrů pitné vody (vodné a stočné) 138,23 Kč. Pro naše zájmové území čítá cena v roce 2021 vodné a stočné 79,46 Kč [7].

Tab. 2 cena vodného a stočného v Ostrově 2021. Zdroj [81]

vodné		stočné		celkem vodné a stočné	
bez DPH	s DPH (10%)	bez DPH	s DPH (10%)	bez DPH	s DPH (10%)
40,74 Kč	44,81 Kč	31,50 Kč	34,65 Kč	72,24 Kč	79,46 Kč

### 3.2 Legislativa

Nakládání s vodou i likvidace splaškových vod je České republice ošetřena právními předpisy a normami:

- *Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách*
- *Nářízení vlády č.61/2003 Sb. (novelizace č. 229/2007 Sb.), o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech*

*povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a kanalizací a o citlivých oblastech.*

- *Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích.*
- *Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu ve znění pozdějších předpisů.*

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

- *ČSN EN 12056-3 (75 6760) Vnitřní kanalizace, Odvádění dešťových vod ze střech – navrhování a výpočet*
- *ČSN EN 75 6261 Dešťové nádrže 4*
- *ČSN EN 17176 Plastové potrubní systémy pro rozvody vody a tlakové kanalizační přípojky, stokové sítě a odvody dešťové vody uložené v zemi i nad zemí – Molekulárně orientovaný neměkčený polyvinylchlorid (PVC-O)*
- *ČSN EN 1717 Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem*
- *ČSN EN 806-1 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě – Část 1: Všeobecně je podle třídícího znaku 73 6660 zařazena do třídy 73 NAVRHOVÁNÍ a PROVÁDĚNÍ STAVEB*
- *ČSN EN 806-2 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě - Část 2: Navrhování je podle třídícího znaku 75 5410 zařazena do třídy 75 VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ*
- *ČSN EN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod*
- *ČSN 75 5409 Vnitřní vodovody*
- *ČSN EN 13076 (75 5461) Zařízení na ochranu proti znečištění pitné vody zpětným průtokem – Neomezený volný výtok – Skupina A – Druh A*
- *ČSN EN 13077 (75 5418) Zařízení na ochranu proti znečištění pitné vody zpětným průtokem – Volný výtok s nekrhovým přepadem (neomezený) – Skupina A – Druh B*
- *ČSN EN 75 6760 Vnitřní kanalizace*
- *ČSN EN 16941-1 Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod [40].*

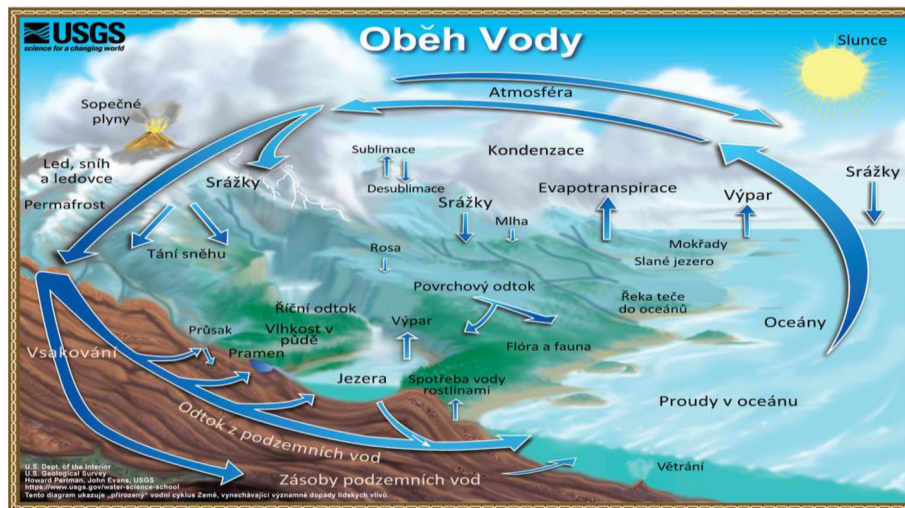
### 3.3 Dešťová voda

Dešťová voda není pitná, ale je nezávadná. Výhodou je, že dešťová voda je bezplatná a dá se využít v mnoha případech, dešťová voda je přírodní zdroj, který je věcný a využít ji může každý obyvatel Země. V některých případech a na některé účely je dešťová voda dokonce vhodnější, než voda pitná [23]. Díky zvyšující se populaci na Zemi, pitné vody značně ubývá [24]. Pokud bude dešťovou vodou zbytečně plýtváno, odhaduje se, že kolem roku 2050 budou na území České republiky subtropy. Častější budou přivalové deště, tedy srážky, kdy napadne příliš vody, která nebude schopna vsáknout se do země, ale bude odtékat po povrchu, bez užitku, popřípadě bude způsobovat škody na půdě. Značně bude přibývat tropických dnů [25]. Dešťová voda se zdá být vodou čistou, pitnou, ale není tomu tak. Důležitým faktorem čistoty dešťové vody záleží na regionu, z jakého se voda odpařuje. Z průmyslových oblastí bude dešťová voda kontaminovaná více, než z oblastí bez průmyslové výroby [37].

#### 3.3.1 Vznik srážek

Kapky vody jako je déšť, mrholení dále částice ledu jako je sníh, kroupy nazýváme srážky. Vznikají srážením vodní páry [27]. Akumulují se v atmosféře a následně dochází k padání srážek směrem k Zemi. Srážky vznikají v různých typech oblaků, jako jsou Cumulus, CirrusCumulonimbus, Stratus [28].

Hydrologický cyklus, nazývaný také jako koloběh vody, je proces, během kterého voda putuje mezi zemským povrchem a atmosférou. Sluneční energie a gravitace jsou klíčovými faktory tohoto cyklu, který ovlivňuje počasí a teplotu na Zemi. Malý koloběh zahrnuje dešťové srážky a změny teplot na souši, zatímco velký koloběh převádí vodu mezi oceány a pevninskými oblastmi [38].



Obr. 21 Hydrologický cyklus – oběh vody. Zdroj [73]

### 3.3.2 Dělení srážek

Srážky dělíme na konveční tzv. přehánkové a na trvalé. Konveční srážky mají charakter lijáků nebo přeháněk, trvají krátkou dobu a mají často velkou intenzitu. Můžeme je chápat jako přívalové deště. Trvalé srážky nemají takovou intenzitu jako srážky přehánkové, ale naopak padají delší dobu a jejich intenzita je neměnná [8].

Děšť lze chápat jako kapky vody, které padají z oblaků směrem k zemi. Aby se jednalo o dešť, musí být velikost kapky od 0,5 mm, ale nesmí být větší než 0,7 mm. Pokud kapky splňují tuto velikost a vypadají hustě, jedná se o dešť [29]. Mrholení definujeme jako pád drobných vodních kapek, které mají průměr do 0,5 mm a nejsou tak intenzivní jako dešť [30]. Ledové krystalky se nazývají sněhem. Pokud je přibližně teplota  $-5^{\circ}\text{C}$  vločky jsou samostatné a menší. Pokud jsou teploty vyšší, tak se tvoří velké shluky vloček. Sníh lze chápat jako pevné dešťové srážky [29].

### 3.3.3 Složení dešťové vody

Dešťová voda je zařazena do druhů vod odpadních, vzniká srážkami a jako ostatní druhy odpadních vod je dešťová voda také znečištěná. I když je znečištění dešťové vody malé, i toto malé množství se s vodou dostane do kanalizace. Dešť v podobě kapek spadne na zem, a smývá povrchy ploch, které jsou kontaminované,



a proto se znečišťuje. Konkrétně se voda znečišťuje pylem, listím, klacíky a převážně prachem a jinými různými látkami a toto znečištění je „nejvýznamnější“ [9].

Dešťová voda sama o sobě je chápána jako voda destilovaná, protože vzniká odpařováním vody v troposféře, ale právě průchodem vody atmosférou dochází ke kontaktu s chemickými látkami, které vodu znečistí. Dešťová voda má pH kolem 5,6. Již zachycená dešťová voda je tedy znečištěná převážně ze spalování fosilních paliv a z průmyslových zdrojů. Také záleží, v jaké lokalitě prší. Oblast s průmyslovou výrobou bude dešťovou vodu znečišťovat více, než oblast bez průmyslového oboru [10].

### 3.3.4 Čištění dešťové vody pro další využití

Většina lidí čištění dešťové vody odkládá, ale je důležité, aby se znečištění nedostalo až do retenční nádrže, proto jsou nádrže opatřeny filtry, protože nečistoty mohou snížit účinnost čerpadel. Nečistoty mohou ucpat potrubí a oprava potrubí a čerpadla jsou finančně nákladné. Dále hrubé nečistoty mohou způsobit nenávratné poškození čerpadla [11].

Dešťová voda, která se sbírá do retenčních nádrží a je využívána převážně na zálivky, nebo splachování toalet, se musí vyčistit, hlavně od hrubých těles. Začít by se mělo už od žlabů a to u kotlíku svodu. Do kotlíku ve žlabu se instalují lapače, které zabrání hrubým nečistotám průchod do svodu (obr. 2).



Obr. 2 lapač listí DBA (hrubých nečistot) a jeho instalace ve žlabu. Zdroj [54]

Ovšem tento systém není vhodný u vysokých budov, protože hrubé nečistoty zůstávají ve žlabu a jejich vrstvení může zapříčinit ucpání žlabu. Použitím toho systému čištění, mohou růst finanční náklady z důvodů čištění externí firmou. Vhodnějším způsobem pro čištění od hrubých nečistot jsou takzvané gajgry. Tyto systémy se instalují na konec svodu, takže jejich čištění zvládne každý sám a nehrozí nebezpečí pádu jako u předchozího systému (obr. 3) [12]. Další variantou sběru dešťové vody je sběr z pevných ploch. Stékající voda po spádované ploše s sebou nese spoustu druhů hrubých nečistot. Převážně klacíky, kamínky a různá tělesa, která se v nádrži usazují a která tam nechceme. Proto se instalují do pevných ploch odvodňovací žlaby s mřížkou (obr. 4). Právě tato mřížka pomáhá k oddělení dešťové vody od hrubých nečistot. I tento typ systému je snadný čistit, protože je instalován zároveň se zemí. Před vtok do nádrže se může osadit filtrační koš, který zachytí jemnější části, jako jsou kamínky a větší částice prachu (obr. 5). Když už se voda dostane až do retenční nádrže, bez hrubých nečistot, je důležité se dál o vodu starat. Pořád jsou ve vodě jemné částice prachu a pylu, proto se instalují jemné filtry do čerpadla. Tyto filtry je velice důležité pravidelně čistit, hlavně po velkých deštích [13].



Obr. 3 sběrač hrubých nečistot ENPRO (gajgr). Zdroj [55]



Obr. 4 odvodňovací žlab BIELBET. Zdroj [56]



Obr. 5 filtrační koš umístění před vtok do nádrže. Zdroj [57]

### 3.3.5 Uložení dešťové vody

Dešťová voda se ukládá v betonových (obr. 6) nebo plastových (obr. 7) nádržích. Můžeme se setkat i s nádrží ocelovou (obr. 8) nebo sklolaminátovou (obr. 9), ale jejich využití není tak rozsáhlé. Nejrozšířenější, nejžádanější a nejpraktičtější nádrže jsou plastové. Plast je v této době nejrozsáhlejší, protože se jedná o lehký a trvanlivý materiál, který se dá uložit do všech typů půd. Dle umístění na pozemku se vybírají nádrže kulaté, válcové nebo hranaté. Objem nádrže se vybírá podle

vytíženosti objektu a podle jejího využití, proto je důležité znát spotřebu vody k přesné kalkulaci a výběr objemu nádrže. Díky výpočtům a zvolení správného objemu nádrže, lze ročně ušetřit i několik desítek tisíc [14]. Dešťová voda se může skladovat na povrchu v sudech, nebo v nadzemních nádržích, ale tato varianta se využívá pouze k zálivce menších zahrad, protože působící teplota a okolní podmínky mohou vodu zkazit. Pokud se voda využívá v domácnosti na praní, splachování toalet, sprchování, volí se umístění nádrží pod zem, kde na ni nepůsobí okolní podmínky a voda se nekazí. Při využití splachování a sprchování, je nutné na čerpadle použít jemné filtry, které zabrání ucpaní trysek a baterii [26]. Důležité je, aby voda měla stabilní teplotu, ta by měla být kolem 16°C. Využití vody v domácnosti může být celoroční, ale důležitou podmínkou je instalace nádrže pod zem, do nezámrazné hloubky. Zámrazná hloubka je rozmezí 80 až 140 cm pod povrchem, podle druhu zeminy [15].



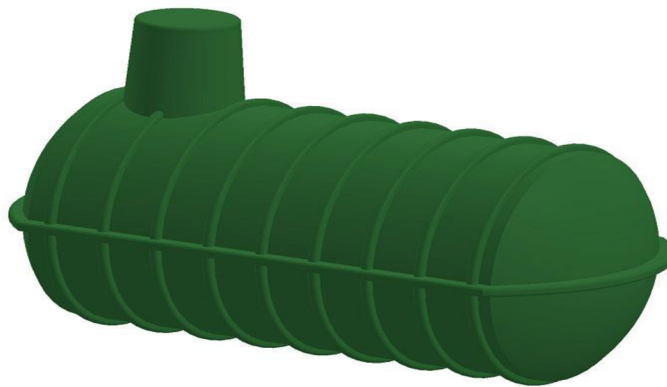
Obr. 6 betonová retenční nádrž PREFA. Zdroj [58]



Obr. 7 plastová retenční nádrž MRAVEC PLAST. Zdroj [59]



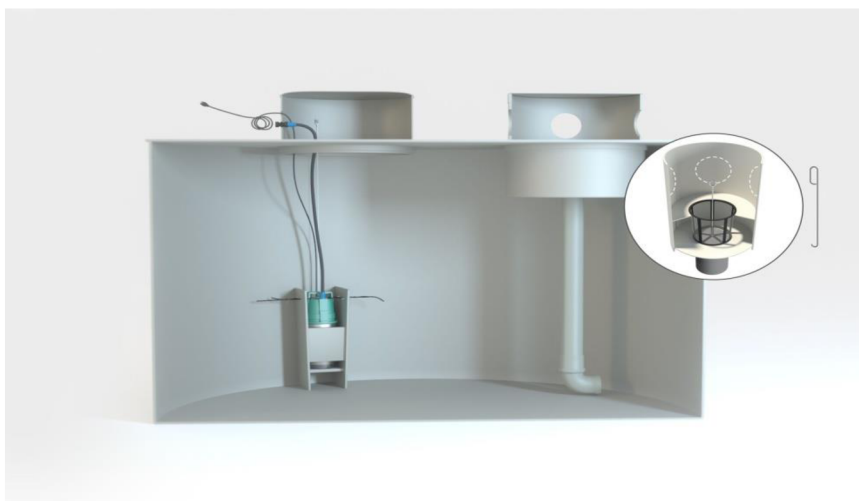
Obr. 8 ocelová retenční nádrž PURECO SPIREL. Zdroj [60]



Obr. 9 sklolaminátová retenční nádrž DAZIbetón. Zdroj [61]

### 3.3.6 Funkce retenční nádrže

Hlavní složkou nádrže je voda, bez vody nádrž nefunguje. Jak už bylo řečeno, voda, která stéká ze střech, se filtruje přímo ve žlabu, nebo v gajgru a v sacím koši před vtokem do nádrže. Voda do nádrže se dostane samospádem [16]. V nádržích jsou osazena čerpadla. Na výběr je ze dvou variant použití čerpadel, první čerpadlo se umísťuje přímo do nádrže (obr. 10), které je celé ponořené do vody v nádrži. Toto čerpadlo se nazývá ponorné. Druhou variantou je povrchové čerpadlo, které se umístí vždy mimo nádrž (obr. 11) [17]. Čerpadlo má čidla, díky kterým je rozpoznáno, kdy se splachuje, nebo zalévá zahrada a čerpadlo dodá potřebné množství vody z nádrže potrubím.



Obr. 10 ponorné čerpadlo retenční nádrže. Zdroj [62]



Obr. 11 Povrchové čerpadlo retenční nádrže SAER. Zdroj [63]

### 3.3.7 Uložení retenční nádrže

Uložení nádrží se zvládne i svépomocí, ale je potřeba dodržet technologický postup, který udává výrobce nádrží. Prvním krokem je potřeba znát, jak objemnou nádrž potřebujeme, a dále vybrat tvar nádrže a podle toho zhotovit výkop. Výkop by měl být asi o 15cm hlubší než výška nádrže a o 50cm širší než šířka nádrže. Když je výkop hotový, je potřeba zhotovit základovou desku (obr. 12). Ta může být betonová, nebo může být ze zhutněného štěrku frakce 8/16. Štěrky bývají hutněny vibračním pěchem (obr. 13) nebo vibrační deskou (obr. 14). Právě kvůli základní desce bylo důležité výkop vykopat o 15cm hlubší. Když je výkop a základní deska

hotová, je potřeba do výkopu nádrž usadit. Pokud je nádrž menšího objemu, je možné takovou nádrž usadit ručně. Na větší a těžší nádrže je potřeba ukládání např. bagrem, nebo jiným vhodným prostředkem (obr. 15) [18]. Po uložení nádrže je potřeba nádrž napojit na svody. To se provede potrubím KG. Průměr potrubí se odvíjí od nádrže a je možnost použít potrubí o průměru od 100mm do 160mm. Spád od gajgru do nádrže by měl být 1% vzdálenosti nádrže od gajgru. Po tomto kroku přivedeme k domu potrubí, díky kterému dostaneme vodu do nemovitosti. To provedeme černou PE hadicí s průměrem 32mm [19]. Pokud jsou všechny tyto body hotové, dostaneme se k zásypu nádrže. Nejčastějším zásypem bývá štěrk [20]. Štěrk není jediný zásyp, může se k zásypu použít i písek. [50] Čím je štěrk jemnější frakce, tím méně působí tlaky na nádrž a minimalizujeme riziko zničení nádrže. Může se také použít zemina, která neobsahuje větší kameny. Nejhorší pro nádrž jsou právě velké a hranaté kameny, které mohou nádrž zničit. Každý výrobce nádrží udává technologický postup, který je důležitý dodržet. Pokud se postup výrobce nedodrží, nebude uznaná záruka při poškození nádrže [20].



Obr. 12 výkop pro retenční nádrž se základovou deskou. Zdroj [64]



Obr. 13 vibrační pěk pro hutnění šterku WACKER. Zdroj [65]



Obr. 14 vibrační deska pro hutnění šterku NTC VDR. Zdroj [66]



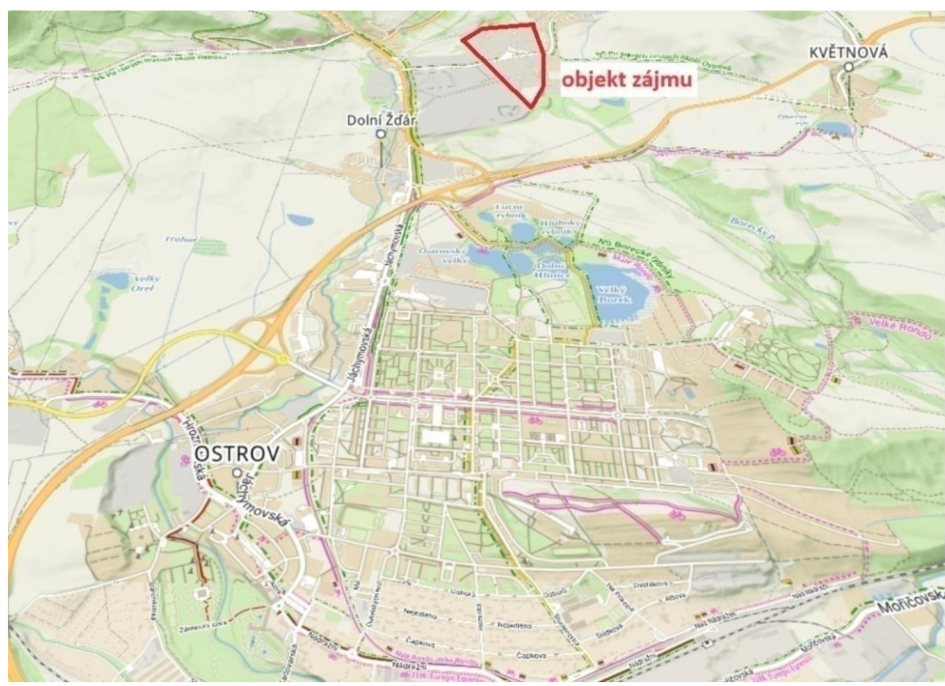
Obr. 15 uložení nádrže pomocí bagru. Zdroj [67]



## 4 Metodika

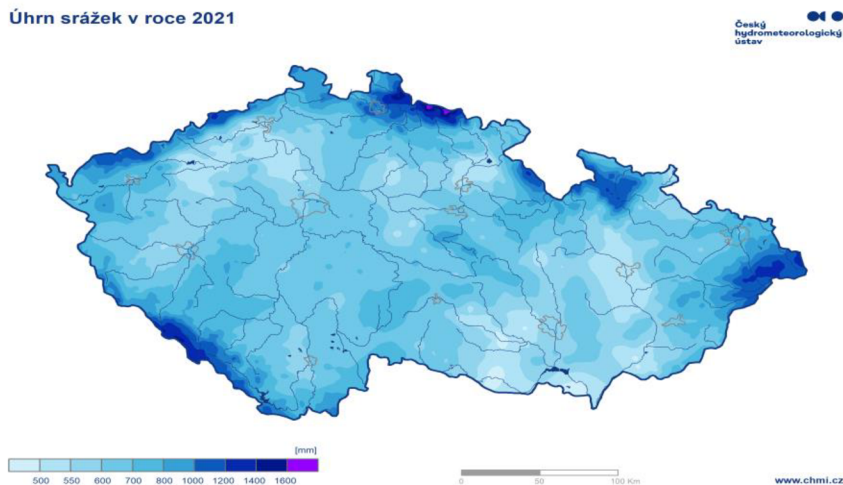
### 4.1 Popis lokality

Věžnice Vykmánov se nachází na samotném okraji města Ostrov. Město Ostrov se nachází v okrese Karlovy Vary a má rozlohu 50,41 km<sup>2</sup>. Ostrov lze najít na GPS souřadnicích 50°18'21"N, 12°56'20"E [47]. Žije zde přibližně 17 230 obyvatel a počet pořád vzrůstá díky výstavbě nových bytových jednotek a nových hal pro výrobu, kdy se díky tomuto město Ostrov stává průmyslově silnější než v předchozích letech. První informace o Ostrově se datují k roku 1269 a tím předpokládaný vznik města. Ostrov lze také vyhledat podle názvu Ostrov nad Ohří, kde se takto jmenuje i hlavní vlakové nádraží ve městě [48]. Městu zůstalo historické jádro, které bylo roku 1992 vyhlášeno památkovou zónou. V této části lze spatřit románskou architekturu, gotiku i renesanci. Historickými památkami jsou zde například areál zámku, dnes již městský úřad, zámecký park, Stará radnice, Staré náměstí a Malé náměstí, kde je kostel sv. Michaela. Součástí klášterního areálu je i hojně navštěvované ekocentrum, které disponuje více než dvě stovkami zvířat. Město Ostrov je svou polohou velice optimální bodem pro letní i zimní turistiku. V letním období lze navštívit moderní koupaliště a několik hřišť s umělým či travnatým povrchem, bowling. V okolí města lze narazit i na skály, které lákají horolezce. V zimním období je možnost využít lyžařské areály na Božím Daru, Klínovci a Perninku, které jsou v krátké vzdálenosti od města [49]. V této lokalitě, tedy v karlovarském kraji je srážkový úhrn za rok 2021 727mm/rok (obr. 19) [22].



Obr. 27 Město Ostrov – mapka. Zdroj [79]

Úhrn srážek v roce 2021



Obr. 19 srážkový úhrn za rok 2021. Zdroj [71]

## 4.2 Spotřeba a náklady věznice

Věznice Vykmánov (obr. 16) se nachází v karlovarském kraji na okraji města Ostrov. Její souřadnice jsou 50.3325050N, 12.9552700E. V současnosti je věznice rozdělena do dvou objektů, A (obr. 17) a C (obr. 18) a mezi nimi vede civilní cesta,

silnice. Objekt A má rozlohu 86 631 m<sup>3</sup> a objekt C má rozlohu 49 675 m<sup>3</sup>. Celková plocha vnitřních prostor věznice je 136 306 m<sup>3</sup>. Kapacita věznice je cca 1109 vězňených osob [21]. Právě kvůli velké kapacitě a obsazenosti dochází mimo jiné k velké spotřebě pitné vody, protože věznice nedisponuje žádnými zádržnými systémy dešťové vody a proto nedochází k jejímu využití. Dešťová voda ze střech se momentálně odvádí do kanalizačního systému.

V roce 2021 ve věznici Vykmánov vodné činilo 115 184 m<sup>3</sup>. Cenově je to 4 954 857,16 Kč. Stočné za rok 2021 je přibližně o 48 000 m<sup>3</sup> vyšší a to 163 489 m<sup>3</sup>. Stočné vychází na 5 289 242,83 Kč. Celkem za rok činí vodné a stočné 10 244 100 Kč. Věznice má asi 21 budov, ze kterých se dá dešťová voda sbírat.



Obr. 16 věznice Vykmánov. Zdroj [68]



Obr. 17 věznice Vykmánov – objekt A. Zdroj [69]



Obr. 18 věznice Vykmánov – objekt C. Zdroj [70]

### 4.3 Obecné výpočty

Budeme instalovat retenční nádrže a vsakovací jímky, proto potřeba znát vzorce, abychom došli ke správným výsledkům. Důležité je zjistit množství zadržené dešťové vody ze střech. První ze vzorců je tedy množství zachycené srážkové vody [41]:

$$Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} \text{ kde:}$$

$Q$  = množství zachycené srážkové vody ( $\text{m}^3/\text{rok}$ ) [41]

$j$  = množství srážek ( $\text{mm}/\text{rok}$ ) [41], zjistíme dle obrázku č. 19

$P$  = využitelná plocha střechy ( $\text{m}^2$ ) [41], zjistíme vlastním měřením nebo výpočtem plochy z mapy Marushka z nahlížení do KN. [52]

$f_s$  = koeficient odtoku střechy (uvedeno v tabulce 3) [41]

$f_f$  = koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot [41]

Nutností je posudek, zdali je střecha budovy vhodná k zachycení dešťové vody. Vhodnost k zachycení vody zjistíme z tabulky 3, kde i zjistíme koeficient odtoku střechy, který následně doplníme do vzorce pro výpočet množství zachycené vody. Koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot udává výrobce filtru, popřípadě se použije koeficient 0,9 (90%) [39].

Tab. 3 koeficienty odtoku střechy  $f_s$ . Zdroj [82]

<b>tvar střechy</b>	<b>střešní krytina</b>	<b>koeficient odtoku střechy</b>	<b>vlastnosti z hlediska znečištění</b>
plochá	asfalt s násypem křemíku	0,6	velmi vhodná
	plast	0,7	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,7	vhodná
	ozelenění	0,2	méně vhodná
šikmá	pálené tašky	0,75	velmi vhodná
	betonové tašky	0,75	velmi vhodná
	břidlice	0,75	velmi vhodná
	asfaltová šindel	0,6	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,8	vhodná
	plast	0,8	velmi vhodná
	ozelenění	0,25	méně vhodná
	osinkocement	-	nevhodná

Dalším důležitým vzorcem je spotřeba pitné vody na splachování toalet za rok na osobu. Budeme vycházet ze vzorce počet osob \* 52l/os/den \* 365/dní [51], kde máme počet osob na ubytovně, vynásobíme 52l, které jsou za den spotřebovány na splachování toalet (tab. 1) a je to násobeno 365dní/rok, protože potřebujeme výsledek za rok.

Následujícím vzorcem vypočítáme objem retenční nádrže a vypočítá se dle vzorce [42]:

$$V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} \text{ kde:}$$

$V_v$  = objem nádrže dle spotřeby vody ( $m^3$ ) [42]

$n$  = počet obyvatel v domácnosti – celkový počet osob v místě ubytování [42]

$S_d$  = celková spotřeba vody na splachování na jednoho obyvatele za den – kolik osoba za den spotřebuje pitné vody na splachování [42]

$R$  = koeficient využití srážkové vody – obvykle 0,5 [42]

$z$  = koeficient optimální velikosti – obvykle 20 [42]

Jako poslední využitý vzorec bude vzorec pro výpočet velikosti vsakovací nádrže [45]:

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

$A_{red}$  X m<sup>2</sup> redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy (střechy) [45]

$A_{vz}$  0 m<sup>2</sup> plocha hladiny vsakovacího zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení) [45]

$k_v$  ?? m/s<sup>-1</sup> koeficient vsaku [45], který se uvádí v tabulce 3

$F$  2 součinitel bezpečnosti vsaku [45]

$A_{vsak}$  0 m<sup>2</sup> velikost vsakovací plochy [45]

$h_d$  70,9mm návrhový úhrn srážek [45]

$t_c$  4380 min doba trvání srážky [45]

$V_{vz}$  ?? m<sup>3</sup> největší vypočtený retenční objem vsakovacího zařízení (návrhový objem) [45]

Jako u retenčních nádrží známé koeficienty odtoku střechy  $f_s$  (tab. 3), které jsou pro výpočet důležité, tak u vsakovacích jímek je důležitý koeficient vsaku  $K_v$  (tab. 4). Bez těchto koeficientů by výpočet nebyl přesný.

Tab. 4 koeficient vsaku  $K_v$ . Zdroj [83]

Druh zeminy	$k_v$ (m.s <sup>-1</sup> )
Štěrka	$5 \cdot 10^{-3}$
Štěrkopísek	$1 \cdot 10^{-3}$
Hrubozrný písek	$5 \cdot 10^{-4}$
Písek	$1 \cdot 10^{-4}$
Jemný písek	$5 \cdot 10^{-5}$
Hlína	$1 \cdot 10^{-5}$
Hlína s jílem	$5 \cdot 10^{-6}$
Jíl s hlínou	$1 \cdot 10^{-6}$
Jíl	$1 \cdot 10^{-7}$

#### 4.4 Postup při návrhu řešení

V první příkladu se zaměříme na snížení vodného pomocí využití a zachytávání dešťové vody. Dešťová voda se bude zachytávat a využívat na splachování toalet v místech ubytování vězňených osob. Tato varianta sníží výši vodného. Druhá varianta nám bude zachytávat dešťovou vodu, která se bude vsakovat do půdy, a tím dojde k zachycení vody v krajině. V blízkosti věznice protéká Borecký potok, proto budovy, které jsou od potoka ve větší vzdálenosti, budou mít systém vsakovacích jímek a budovy v blízkosti potoka budou svádět vodu do něj, čímž zajistíme zachování vody v krajině. Varianta zpětného využití dešťové vody bude aplikovaná na budovy, kde se nachází pouze vězňené osoby. Druhá varianta se aplikuje na všechny budovy ve věznici. Věznice Vykmánov žádným systémem zpětného využití dešťové vody nedisponuje, proto je vodné tak vysoké a s tím spojené náklady. V současnosti je situace řešena svedením dešťové vody do kanalizačního systému. Potřebná data pro instalaci jímek jsem zjišťoval na webových stránkách a z vlastních zkušeností. Pro druhou variantu jsem se rozhodl z důvodu vhodnosti půdy, která je pro tyto dvě varianty vhodná. Jak pro zabudování nádrží, tak pro vsak dešťové vody. Prvním krokem bylo měření plochy střech, kde jsem využil mapovou aplikaci Marushka katastru nemovitostí. Na základě vlastních zjištění byl určen materiál použitý na střechách budov ve věznici. Dále jsem postupoval podle manuálu zvolených nádrží.



## 5 Výsledky

### 5.1 První varianta na objektu A – využití dešťové vody na splachování WC



Obr. 20 Věznice Vykmánov objekt A (označení budov + zahrada). Zdroj [72]

Na objektu A se nachází přibližně 614 vězňů. Nachází se zde 11 budov z toho 6 budov, kde jsou ubytováni odsouzení a dva prostory vedené jako zahrada, které jsou červeně ohraničeny (obr. 20). Těmto zahradám stačí zálivka ze sudů, do kterých steče voda ze střech skleníků. Zbytek budov slouží k jiným účelům. Plocha první zahrady vyznačená trojúhelníkem má celkovou plochu 1206m<sup>2</sup> a jsou na ní tři skleníky a druhá zahrada označená červeným obdélníkem má 365m<sup>2</sup> a nachází se na ní jeden skleník. Na zálivku těchto zahrad postačí sudy s dešťovou vodou. V tabulce číslo 1 je uvedené, že průměrná spotřeba pitné vody je 52 l/os/den na splachování toalet. Spotřebu pitné vody na splachování vypočítáme počet osob \* 52l/os/den \* 365/dní a vyjde nám spotřeba vody na ubytovnu za rok. Na objektu A

k celkovému počtu vězněných osob, kterých je na objektu A celkem 614, činí spotřeba pitné vody na splachování toalet 31 928 l/den. Když vynásobíme spotřebu vody za den rokem, tj. 365 dní, vyjde nám, že roční spotřeba vody na splachování toalet je 11 653m<sup>3</sup>. Celková cena vodného na splachování toalet na objektu A je 522 170 Kč/rok a cena stočného je 403 776 Kč/rok. Celkové náklady vodného a stočného jsou 925 947 Kč/rok. Na všechny budovy, kde jsou ubytovaný odsouzení, budou instalovány retenční nádrže na zpětné využití vody ke splachování toalet.

### **Popis označených budov na objektu A:**

- Budova č. 1 – ubytovna odsouzených. Je zde ubytováno 130 odsouzených. Střecha má plochu 1191 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 2 – budova je vedena jako tělocvična, plocha střechy je 594 m<sup>2</sup> a její krytina je hladký plech.
- Budova č. 3 – víceúčelová budova, plocha střechy je 1327 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 4 – je ubytovna pro odsouzené. Ubytováno je 130 odsouzených a plocha střechy je 1269 m<sup>2</sup> a krytinou je asfaltová šindel.
- Budova č. 5 – je ubytovna odsouzených. Je zde ubytováno 120 osob. Plocha střechy je 927 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 6 – je ubytovna odsouzených. Je zde ubytováno 40 osob. Plocha střechy je 691 m<sup>2</sup>. Krytinou je asfaltová šindel.
- Budova č. 7 – je ubytovnou pro odsouzené. Je zde ubytováno 160 osob. Plocha střechy je 3222 m<sup>2</sup>. Krytina je asfaltová šindel.
- Budova č. 8 – ubytovna odsouzených. Celkem je zde 34 osob. Plocha střechy je 655 m<sup>2</sup>. Jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 9 – je sklad, plocha střechy je 515 m<sup>2</sup>. Krytina je asfaltová šindel.
- Budova č. 10 a 11 – je pracoviště. Celková plocha střech je 2590 m<sup>2</sup>. Krytina je asfaltová šindel.

## Spotřeba pitné vody na splachování toalet za rok na objektu A:

Budeme vycházet ze vzorce počet osob \* 52l/os/den \* 365/dní

- Budova č. 1 – spotřeba vody na splachování: 2467 m<sup>3</sup>
- Budova č. 2 – spotřeba vody na splachování: 0 m<sup>3</sup>
- Budova č. 3 – spotřeba vody na splachování: 0 m<sup>3</sup>
- Budova č. 4 – spotřeba vody na splachování: 2467 m<sup>3</sup>
- Budova č. 5 – spotřeba vody na splachování: 2277 m<sup>3</sup>
- Budova č. 6 – spotřeba vody na splachování: 759 m<sup>3</sup>
- Budova č. 7 – spotřeba vody na splachování: 3036 m<sup>3</sup>
- Budova č. 8 – spotřeba vody na splachování: 645 m<sup>3</sup>
- Budova č. 9 – spotřeba vody na splachování: 0 m<sup>3</sup>
- Budova č. 10 a 11 – spotřeba vody na splachování: 0 m<sup>3</sup>

## Zadržení dešťové vody ze střechy se vypočítá dle vzorce [41]:

$$Q = \frac{j * P * f_s * f_f}{1000} \text{ kde:}$$

Q= množství zachycené srážkové vody (m<sup>3</sup>/rok)

j= množství srážek (mm/rok)

P= využitelná plocha střechy (m<sup>2</sup>)

f<sub>s</sub>= koeficient odtoku střechy (uvedeno v tabulce 3)

f<sub>f</sub>= koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot – udává výrobce, popřípadě se použije koeficient 0,9 (90%) [39].

Nutností je posudek, zdali je střecha budovy vhodná k zachycení dešťové vody. Vhodnost k zachycení vody zjistíme z tabulky 3, kde zjistíme koeficient odtoku střechy, který následně doplníme do vzorce pro výpočet množství zachycené vody. Na objektu A se nikde nenachází plochá střecha, proto při výpočtu množství zadržené vody, budeme dosazovat koeficient odtoku střechy f<sub>s</sub> z tabulky 3 z kolonky šikmá. Koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot udává výrobce, popřípadě se použije koeficient 0,9 (90%) [39].

### Možné množství zachycené dešťové vody ze střech na objektu A [44]:

- Budova č. 1-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 1191 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 468 \text{ m}^3$
- Budova č. 2-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 594 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{1000} = 311 \text{ m}^3$
- Budova č. 3-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 1327 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 521 \text{ m}^3$
- Budova č. 4-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 1269 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 498 \text{ m}^3$
- Budova č. 5-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 927 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 364 \text{ m}^3$
- Budova č. 6-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 691 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 271 \text{ m}^3$
- Budova č. 7-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 3222 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 1265 \text{ m}^3$
- Budova č. 8-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 655 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 257 \text{ m}^3$
- Budova č. 9-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 515 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 202 \text{ m}^3$
- Budova č. 10 a 11-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 2590 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 1017 \text{ m}^3$

Na objektu A jsme schopni zachytit dešťovou vodu pomocí střech ubytoven pro odsouzené v objemu  $3123 \text{ m}^3$  a ostatní střechy na objektu A zachytí  $2051 \text{ m}^3$ . Celkem střechy na objektu A zachytí  $5174 \text{ m}^3$  dešťové vody. Dále musíme vypočítat velikost objemu nádrže.

### Potřebný objem retenční nádrže se vypočítá dle vzorce [42]:

$$V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} \text{ kde:}$$

$V_v$  = objem nádrže dle spotřeby vody ( $\text{m}^3$ )

$n$  = počet obyvatel v domácnosti

$S_d$  = celková spotřeba vody na splachování na jednoho obyvatele za den

$R$  = koeficient využití srážkové vody – obvykle 0,5

$z$  = koeficient optimální velikosti – obvykle 20

- Budova č. 1-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} = V_v = \frac{130 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 68 \text{ m}^3$
- Budova č. 2-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} = V_v = \frac{0 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 0 \text{ m}^3$
- Budova č. 3-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} = V_v = \frac{0 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 0 \text{ m}^3$
- Budova č. 4-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} = V_v = \frac{130 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 68 \text{ m}^3$
- Budova č. 5-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} = V_v = \frac{120 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 62 \text{ m}^3$
- Budova č. 6-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} = V_v = \frac{40 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 21 \text{ m}^3$
- Budova č. 7-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} = V_v = \frac{160 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 83 \text{ m}^3$
- Budova č. 8-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} = V_v = \frac{34 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 18 \text{ m}^3$
- Budova č. 9-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} = V_v = \frac{0 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 0 \text{ m}^3$
- Budova č. 10 a 11-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} = V_v = \frac{0 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 0 \text{ m}^3$

U budov číslo 2, 3, 9, 10, 11 vyšlo  $0 \text{ m}^3$  z důvodu, že v těchto budovách nejsou ubytované žádné osoby. Když jsou známé hodnoty objemu velikosti nádrže, můžeme vybrat vhodný typ nádrže pro instalaci na budovy, kde se voda bude zpětně využívat na splachování toalet.

#### **Na budovy číslo 1, 4, 5, 6, 7, 8 se budou instalovat tyto typy nádrží [43]:**

- Budova č. 1- 1x plastová nádrž Bravo 40000l + 1x plastová nádrž Bravo 30000l (obr. 22 + obr. 23)
- Budova č. 4- 1x plastová nádrž Bravo 40000l + 1x plastová nádrž Bravo 30000l (obr. 22 + obr. 23)
- Budova č. 5- 2x plastová nádrž Bravo 30000l (obr. 23)
- Budova č. 6- 1x plastová nádrž Atlanta 20000l (obr. 24)
- Budova č. 7- 2x plastová nádrž Bravo 40000l (obr. 22)
- Budova č. 8- 1x plastová nádrž Atlanta 20000l (obr. 24)



Obr. 24 plastová nádrž Atlanta 20000. Zdroj [76]



Obr. 22, obr. 23 plastová nádrž Bravo 40000 + nádrž 30000. Zdroj [74, 75]

Cena plastové nádrže Bravo 40000 je 260 000 Kč včetně DPH, nádrže Bravo 30000 je cena 185 000 Kč včetně DPH a cena nádrže Atlanta 20000 je 115 000 Kč včetně DPH. Instalovali jsme celkem čtyři nádrže Bravo 40000 za cenu 1 040 000 Kč, čtyři nádrže Bravo 30000 za cenu 740 000 Kč a dvě nádrže Atlanta 20000, které staly 230 000 Kč. Celková cena nádrží je 2 010 000 Kč s DPH.

Pokud máme zvolené nádrže, je potřeba k těmto nádržím vybrat příslušenství, které nám dodají dešťovou vodu k toaletám. Na všechny nádrže bude zapojen set čerpadla Acuastop 4/8 AX s plovákovým sáním (obr. 25) pro splachování WC v ceně jednoho setu 19 900 Kč. Celkem máme deset nádrží, proto bude potřeba deset čerpadel v hodnotě 199 900 Kč s DPH.



Obr. 25 set čerpadla ke splachování WC ČESKÁ NÁDRŽ. Zdroj [77]

Nyní můžeme hrubě navrhnout cenu ostatní práce a materiálu. Jde o výkopové práce pro nádrže, šterkové podloží nádrží, zásyp nádrží, rozvody k toaletám. Hrubý odhad těchto prací je 850 000 Kč s DPH. Součtem ceny nádrží, čerpadel a hrubého odhadu prací dostaneme částku 3 059 900 Kč včetně DPH pro využití dešťové vody ke splachování na objektu A. Celkem investice 3 059 900 Kč/rok, návratnost 21,8 let na 614 ODS.

## 5.2 První varianta na objektu C – využití dešťové vody na splachování WC



Obr. 26 Věznice Vykmanov objekt C (označení budov). Zdroj [78]

Na objektu C se nachází přibližně 495 vězňů. Nachází se zde 10 budov z toho 7 budov, kde jsou ubytováni odsouzení. Zbývající budovy slouží k jiným účelům. I v tomto případě budeme vycházet z tabulky číslo 1, která udává odhad spotřeby vody na splachování 52l/os/den. Jak je již zmíněno, počet osob na objektu C je 495 a můžeme vypočítat spotřebu vody na objekt za rok. Vypočítáme dle stejného vzorce jako na objektu A, počet osob x spotřeba 52l/os/den a vyjde nám 25740l/den. Opět vynásobíme spotřebu vody za den rokem, tj. 365 dní a vyjde nám, že roční spotřeba vody na splachování toalet na objektu C je 9395m<sup>3</sup>. Celková cena vodného na splachování toalet na objektu C je 420 990 Kč/rok a cena stočného je 325 537 Kč/rok. Celkové náklady vodného a stočného jsou 746 527 Kč/rok.



### **Popis označených budov na objektu C:**

- Budova č. 1 – sklad. Střecha má plochu 496 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 2 – je ubytovna odsouzených. Je zde ubytováno 16 osob. Plocha střechy je 468 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 3 – kuchyně a jídelna pro odsouzené. Střecha je plochá a krytina je folie a má 1765 m<sup>2</sup>.
- Budova č. 4 – sklad. Střecha má plochu 641 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 5 – je ubytovna odsouzených. Je zde ubytováno 120 osob. Plocha střechy je 864 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 6 – je ubytovna odsouzených. Je zde ubytováno 70 osob. Plocha střechy je 589 m<sup>2</sup>. Krytinou je asfaltová šindel.
- Budova č. 7 – je ubytovnou pro odsouzené. Je zde ubytováno 80 osob. Plocha střechy je 589 m<sup>2</sup>. Krytina je asfaltová šindel.
- Budova č. 8 – ubytovna odsouzených. Celkem je zde 70 osob. Plocha střechy je 589 m<sup>2</sup>. Jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 9 – je ubytovna odsouzených. Je zde ubytováno 70 osob. Plocha střechy je 589 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 10 – je ubytovna odsouzených. Je zde ubytováno 69 osob. Plocha střechy je 589 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.

## Spotřeba pitné vody na splachování toalet za rok na objektu C:

Budeme vycházet ze vzorce počet osob \* 52l/os/den \* 365/dní

- Budova č. 1 – spotřeba vody na splachování: 0 m<sup>3</sup>
- Budova č. 2 – spotřeba vody na splachování: 303 m<sup>3</sup>
- Budova č. 3 – spotřeba vody na splachování: 0 m<sup>3</sup>
- Budova č. 4 – spotřeba vody na splachování: 0 m<sup>3</sup>
- Budova č. 5 – spotřeba vody na splachování: 2277 m<sup>3</sup>
- Budova č. 6 – spotřeba vody na splachování: 1328 m<sup>3</sup>
- Budova č. 7 – spotřeba vody na splachování: 1518 m<sup>3</sup>
- Budova č. 8 – spotřeba vody na splachování: 13828 m<sup>3</sup>
- Budova č. 9 – spotřeba vody na splachování: 1328 m<sup>3</sup>
- Budova č. 10 – spotřeba vody na splachování: 1309 m<sup>3</sup>

## Zadržení dešťové vody ze střechy se vypočítá dle vzorce [41]:

$$Q = \frac{j * P * f_s * f_f}{1000} \text{ kde:}$$

Q= množství zachycené srážkové vody (m<sup>3</sup>/rok)

j= množství srážek (mm/rok)

P= využitelná plocha střechy (m<sup>2</sup>)

f<sub>s</sub>= koeficient odtoku střechy (uvedeno v tabulce 3)

f<sub>f</sub>= koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot – udává výrobce, popřípadě se použije koeficient 0,9 (90%) [39].

Nutností je posudek, zdali je střecha budovy vhodná k zachycení dešťové vody. Vhodnost k zachycení vody zjistíme z tabulky 3, kde zjistíme koeficient odtoku střechy, který následně doplníme do vzorce pro výpočet množství zachycené vody. Na objektu C se nachází jedna plochá střecha, a to konkrétně na jídelně odsouzených, proto zde bude použit jiný koeficient odtoku z tabulky 3. Koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot udává výrobce, popřípadě se použije koeficient 0,9 (90%) [39].

### Možné množství zachycené dešťové vody ze střech na objektu C [44]:

- Budova č. 1 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 496 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 195 \text{ m}^3$
- Budova č. 2 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 468 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{1000} = 245 \text{ m}^3$
- Budova č. 3 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 1765 \cdot 0,7 \cdot 0,9}{1000} = 808 \text{ m}^3$
- Budova č. 4 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 641 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 252 \text{ m}^3$
- Budova č. 5 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 864 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 894 \text{ m}^3$
- Budova č. 6 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 589 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 231 \text{ m}^3$
- Budova č. 7 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 589 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 231 \text{ m}^3$
- Budova č. 8 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 6589 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 231 \text{ m}^3$
- Budova č. 9 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 589 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 231 \text{ m}^3$
- Budova č. 10 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 589 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 231 \text{ m}^3$

Na objektu C jsme schopni zachytit dešťovou vodu pomocí střech ubytoven pro odsouzené v objemu 2294 m<sup>3</sup> a ostatní střechy na objektu C zachytí 1255 m<sup>3</sup>. Celkem střechy na objektu C zachytí 3549 m<sup>3</sup> dešťové vody. Dále musíme vypočítat velikost objemu nádrže.

### Potřebný objem retenční nádrže se vypočítá dle vzorce [42]:

$$V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} \text{ kde:}$$

$V_v$  = objem nádrže dle spotřeby vody (m<sup>3</sup>)

$n$  = počet obyvatel v domácnosti

$S_d$  = celková spotřeba vody na splachování na jednoho obyvatele za den

$R$  = koeficient využití srážkové vody – obvykle 0,5

$z$  = koeficient optimální velikosti – obvykle 20

- Budova č. 1-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot Z}{1000} = V_v = \frac{0 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 0 \text{ m}^3$
- Budova č. 2-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot Z}{1000} = V_v = \frac{16 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 8,32 \text{ m}^3$
- Budova č. 3-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot Z}{1000} = V_v = \frac{0 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 0 \text{ m}^3$
- Budova č. 4-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot Z}{1000} = V_v = \frac{0 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 0 \text{ m}^3$
- Budova č. 5-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot Z}{1000} = V_v = \frac{120 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 62 \text{ m}^3$
- Budova č. 6-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot Z}{1000} = V_v = \frac{70 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 36 \text{ m}^3$
- Budova č. 7-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot Z}{1000} = V_v = \frac{80 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 42 \text{ m}^3$
- Budova č. 8-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot Z}{1000} = V_v = \frac{70 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 36 \text{ m}^3$
- Budova č. 9-  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot Z}{1000} = V_v = \frac{70 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 36 \text{ m}^3$
- Budova č. 10 -  $V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot Z}{1000} = V_v = \frac{69 \cdot 52 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 36 \text{ m}^3$

U budov číslo 1, 3, a 4 vyšlo 0 m<sup>3</sup> z důvodu, že v těchto budovách nejsou ubytovány žádné osoby. Když jsou známy hodnoty objemu velikosti nádrže, můžeme vybrat vhodný typ nádrže pro instalaci na budovy, kde se voda bude zpětně využívat na splachování toalet.

#### **Na budovy číslo 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10 se budou instalovat tyto typy nádrží [43]:**

V předešlém návrhu se vybíraly plastové nádrže od firmy Ger – ekoplas.LK s.r.o., které oproti ostatním firmám měly příznivé ceny, proto i v tomto návrhu budou vybrány nádrže od této firmy.

- Budova č. 2 - 1x plastová nádrž Bravo 10000l (obr. 24)
- Budova č. 5 - 2x plastová nádrž Bravo 30000l (obr. 23)
- Budova č. 6 - 1x plastová nádrž Bravo 40000l (obr. 22)
- Budova č. 7 - 1x plastová nádrž Bravo 40000l (obr. 22)
- Budova č. 8 - 1x plastová nádrž Bravo 40000l (obr. 22)
- Budova č. 9 - 1x plastová nádrž Bravo 40000l (obr. 22)
- Budova č. 10 - 1x plastová nádrž Bravo 40000l (obr. 22)

Cena plastové nádrže Bravo 40000 je 260 000 Kč včetně DPH, nádrže Bravo 30000 je cena 185 000 Kč včetně DPH, cena nádrže Atlanta 20000 je 115 000 Kč a nádrže Bravo 10000 je cena 25 782 Kč včetně DPH. Instalovali jsme celkem pět nádrže Bravo 40000 za cenu 1 300 000 Kč, dvě nádrže Bravo 30000 za cenu 370 000 Kč a jednu nádrž Atlanta 10000, která stála 25 782 Kč. Celková cena nádrží je 1 695 782 Kč s DPH.

V návrhu na objektu C se pro dopravu dešťové vody k toaletám použily stejné typy čerpadel Acuastop 4/8 AX s plovákovým sáním (obr. 25). Na objektu C bude potřeba osm čerpadel, protože zde máme osm retenčních nádrží. Cena jednoho čerpadla je 19 900 Kč. Cena těchto čerpadel je celkem 159 200 Kč. Pokud bude hrubý návrh na instalaci nádrží, čerpadel a připojení k toaletám 600 000 Kč, tak nám celková cena vyšplhá na 2 254 200 Kč s DPH. Celkem investice 2 454 982 Kč/rok, návratnost 23,8 let na 498 ODS.

### 5.3 Druhá varianta na objektu A – instalace vsakovacích jímek na všechny budovy, kromě budov, které jsou přilehlé Boreckému potoku



Obr. 20 Věznice Vykmánov objekt A (označení budov + zahrada). Zdroj [72]

Podmínkou vsakování je hydrogeologický posudek, který určí, zda je vsakování možné. Na objektu A se nachází 11 budov (obr. 20). Budovy číslo 9, 7, 10 a 11 se nachází v blízkosti Boreckého potoka a proto není nutné na tyto budovy instalovat vsakovací jímky, protože dešťová voda bude svedena do Boreckého potoka. Vsakovací jímky budou u budov číslo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8. Z předchozího návrhu jsou známy vzorce pro výpočet množství zachycené dešťové vody.

### Plochy střech označených budov na objektu A:

- Budova č. 1 – Střecha má plochu 1191 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 2 – Plocha střechy je 594 m<sup>2</sup> a její krytina je hladký plech.
- Budova č. 3 – Plocha střechy je 1327 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 4 – Plocha střechy je 1269 m<sup>2</sup> a krytinou je asfaltová šindel.
- Budova č. 5 – Plocha střechy je 927 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 6 – Plocha střechy je 691 m<sup>2</sup>. Krytinou je asfaltová šindel.
- Budova č. 7 – Plocha střechy je 3222 m<sup>2</sup>. Krytina je asfaltová šindel.
- Budova č. 8 – Plocha střechy je 655 m<sup>2</sup>. Jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 9 – Plocha střechy je 515 m<sup>2</sup>. Krytina je asfaltová šindel.
- Budova č. 10 – Celková plocha střech je 1070 m<sup>2</sup>. Krytina je asfaltová šindel.
- Budova č. 11 – Celková plocha střech je 1520 m<sup>2</sup>. Krytina je asfaltová šindel.

### Možné množství zachycené dešťové vody ze střech na objektu A [44]:

- Budova č. 1-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 1191 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 468 \text{ m}^3$
- Budova č. 2-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 594 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{1000} = 311 \text{ m}^3$
- Budova č. 3-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 1327 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 521 \text{ m}^3$
- Budova č. 4-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 1269 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 498 \text{ m}^3$
- Budova č. 5-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 927 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 364 \text{ m}^3$
- Budova č. 6-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 691 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 271 \text{ m}^3$
- Budova č. 7-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 3222 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 1265 \text{ m}^3$
- Budova č. 8-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 655 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 257 \text{ m}^3$
- Budova č. 9-  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 515 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 202 \text{ m}^3$

- Budova č. 10 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 1070 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 420 \text{ m}^3$
- Budova č. 11 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 1520 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 597 \text{ m}^3$

**Při výpočtu potřebné velikosti vsakovací nádrže se vychází ze vzorce [45]:**

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

Pokud známe vzorec, ze kterého vypočítáme velikost vsakovací nádrže a všechny veličiny, je potřeba zjistit koeficient vsaku. Ten zjistíme z tabulky číslo 4. Ve věznici Vykmánov, je na objektu A i na objektu C zemina hlína s koeficientem  $1 \cdot 10^{-5}$ . Jestliže se budovy nachází ve stejné oblasti na stejné půdě, bude se ve vzorci měnit pouze půdorys odvodňované plochy  $A_{red}$ . Pokud známe všechny proměnné, můžeme je doplnit do vzorce a vypočítat potřebnou velikost vsakovacích jímek

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

- Budova č. 1 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (1191 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 84,4 \text{ m}^3$
- Budova č. 2 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (594 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 42,1 \text{ m}^3$
- Budova č. 3 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (1327 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 94,1 \text{ m}^3$
- Budova č. 4 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (1269 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 90 \text{ m}^3$
- Budova č. 5 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (927 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 65,7 \text{ m}^3$
- Budova č. 6 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (691 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 49 \text{ m}^3$
- Budova č. 8 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (655 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 46,4 \text{ m}^3$

U budov číslo 9, 7, 10 a 11 není výpočet potřebný, jelikož se bude voda ze střech svádět do potoka a náklady na toto svedení bude hrubě odhadnuto.

Jsou-li známé objemové velikosti vsakovacích jímek, je potřeba zvolit tu nejvhodnější. Dodavatel Ceko s.r.o. nabízí vsakovací jímky různých velikostí, které se dají napojit k sobě a tím dosáhnout potřebného objemu [46].





26. vsakovací jímka CEKO 15 m<sup>3</sup>. Zdroj [78]

**Sestavy jímek a jejich cena budou sestaveny takto:**

- Budova č. 1 – 6x jímka 15 m<sup>3</sup> v celkové hodnotě 234 534 Kč včetně DPH
- Budova č. 2 – 3x jímka 15 m<sup>3</sup> v celkové hodnotě 117 267 Kč včetně DPH
- Budova č. 3 – 6x jímka 15 m<sup>3</sup> a 1x jímka 4 m<sup>3</sup> celkové hodnotě 253 498 Kč včetně DPH
- Budova č. 4 – 6x jímka 15 m<sup>3</sup> v celkové hodnotě 234 534 Kč včetně DPH
- Budova č. 5 – 4x jímka 15 m<sup>3</sup> a 1x jímka 7 m<sup>3</sup> v celkové hodnotě 175 320 Kč včetně DPH
- Budova č. 6 – 3x jímka 15 m<sup>3</sup> a 1x jímka 4 m<sup>3</sup> v celkové hodnotě 136 231 Kč včetně DPH
- Budova č. 8 – 3x jímka 15 m<sup>3</sup> a 1x jímka 4 m<sup>3</sup> v celkové hodnotě 136 231 Kč včetně DPH.

Náklady na svedení dešťové vody u budov 9, 7, 10 a 11 do Boreckého potoka jsou hrubě odhadnuty na 150 000 Kč včetně DPH.

Hrubý návrh na instalaci vsakovacích jímek je odhadnut na 300 000 Kč. V tomto návrhu je výkop, betonové podloží, štěrk na usazení jímek. Celkem náklady na pořízení vsakovacích jímek vybraných budov na objektu A je 1 151 384 Kč včetně DPH. Celková investice na objektu A je 1 601 384 Kč s DPH.

#### 5.4 Druhá varianta na objektu C – instalace vsakovacích jímek na všechny budovy, kromě budov, které budou přilehlé Boreckému potoku



Obr. 26 Věznice Vykmánov objekt C (označení budov). Zdroj [78]

Na objektu C se nachází 10 budov (obr. 26). Budovy číslo 5, 7, 10 se nachází v blízkosti Boreckého potoka, proto postup bude totožný jako v návrhu na objektu A. Z těchto budov bude voda sváděna do Boreckého potoka. Vsakovací jímky budou u budov číslo 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9. Z předchozích návrhů jsou známé vzorce pro výpočet množství zachycené dešťové vody a výpočet velikosti vsakovací nádrže.

### Plochy střech označených budov na objektu C:

- Budova č. 1 – Střecha má plochu 496 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 2 – Plocha střechy je 468 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 3 – Střecha je plochá a krytina je folie a má 1765 m<sup>2</sup>.
- Budova č. 4 – Střecha má plochu 641 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 5 – Plocha střechy je 864 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 6 – Plocha střechy je 589 m<sup>2</sup>. Krytinou je asfaltová šindel.
- Budova č. 7 – Plocha střechy je 589 m<sup>2</sup>. Krytina je asfaltová šindel.
- Budova č. 8 – Plocha střechy je 589 m<sup>2</sup>. Jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 9 – Plocha střechy je 589 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.
- Budova č. 10 – Plocha střechy je 589 m<sup>2</sup> a jako krytina je použita asfaltová šindel.

### Možné množství zachycené dešťové vody ze střech na objektu C [44]:

- Budova č. 1 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 496 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 195 \text{ m}^3$
- Budova č. 2 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 468 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{1000} = 245 \text{ m}^3$
- Budova č. 3 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 1765 \cdot 0,7 \cdot 0,9}{1000} = 808 \text{ m}^3$
- Budova č. 4 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 641 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 252 \text{ m}^3$
- Budova č. 5 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 864 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 894 \text{ m}^3$
- Budova č. 6 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 589 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 231 \text{ m}^3$
- Budova č. 7 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 589 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 231 \text{ m}^3$

- Budova č. 8 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 6589 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 231 \text{ m}^3$
- Budova č. 9 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 589 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 231 \text{ m}^3$
- Budova č. 10 -  $Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = Q = \frac{727 \cdot 589 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{1000} = 231 \text{ m}^3$

**Při výpočtu potřebné velikosti vsakovací nádrže se vychází ze vzorce [45]:**

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

Z tabulky č. 4 zjistíme koeficient vsaku, který je stejný jako na objektu A, protože i zde je zemina hlína s koeficientem  $1 \cdot 10^{-5}$ . Jestliže se budovy nachází ve stejné oblasti na stejné půdě, bude se ve vzorci měnit pouze půdorys odvodňované plochy  $A_{red}$ .

### **Výpočet velikosti vsakovacích jímek**

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

- Budova č. 1 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (496 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 35,2 \text{ m}^3$
- Budova č. 2 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (468 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 33,2 \text{ m}^3$
- Budova č. 3 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (1765 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 125,1 \text{ m}^3$
- Budova č. 4 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (641 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 45,4 \text{ m}^3$
- Budova č. 6 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (589 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 41,8 \text{ m}^3$
- Budova č. 8 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (589 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 41,8 \text{ m}^3$
- Budova č. 9 -  $V_{vz} = \frac{70,9}{1000} * (589 + 0) - \frac{1}{2} * 1 \cdot 10^{-5} * 0 * 4380 * 60 = 41,8 \text{ m}^3$

U budov číslo 5, 7, 10 není výpočet potřebný, jelikož se bude voda ze střech svádět do potoka a náklady na toto svedení bude hrubě odhadnuto.

Jako v předchozím návrhu budou zde použity vsakovací jímky plastové o kombinaci objemů a jejich vzájemného propojení. I nyní bude zvolen dodavatel jímek Ceko s.r.o. [46].



26. vsakovací jímka CEKO 15 m<sup>3</sup>. Zdroj [78]

**Sestavy jímek a jejich cena budou sestaveny takto:**

- Budova č. 1 – 2x jímka 15 m<sup>3</sup> a 1x jímka 6 m<sup>3</sup> v hodnotě 101 742 Kč včetně DPH
- Budova č. 2 – 2x jímka 15 m<sup>3</sup> a 1x jímka 6 m<sup>3</sup> v hodnotě 101 742 Kč včetně DPH
- Budova č. 3 – 8x jímka 15 m<sup>3</sup> a 1x jímka 6 m<sup>3</sup> v hodnotě 336 276 Kč včetně DPH  
Budova č. 4 – 3x jímka 15 m<sup>3</sup> v celkové hodnotě 117 267 Kč včetně DPH
- Budova č. 6 – 2x jímka 15 m<sup>3</sup> a 1x jímka 10 m<sup>3</sup> a 1x jímka 1m<sup>3</sup> v celkové hodnotě 124 731 Kč včetně DPH
- Budova č. 8 – 2x jímka 15 m<sup>3</sup> a 1x jímka 10 m<sup>3</sup> a 1x jímka 1m<sup>3</sup> v celkové hodnotě 124 731 Kč včetně DPH
- Budova č. 9 – 2x jímka 15 m<sup>3</sup> a 1x jímka 10 m<sup>3</sup> a 1x jímka 1m<sup>3</sup> v celkové hodnotě 124 731 Kč včetně DPH

Náklady na svedení dešťové vody u budov 5, 7, 10 do Boreckého potoka jsou hrubě odhadnuty na 120 000 Kč včetně DPH. Hrubý návrh na instalaci vsakovacích

jímek je odhadnut na 260 000 Kč. V tomto návrhu je výkop, betonové podloží, štěrky na usazení jímk.

Celkem náklady na pořízení vsakovacích jímk vybraných budov na objektu C je 1 031 220 Kč včetně DPH. Celková investice na objektu C je 1 411 220 Kč s DPH.

## 5.5 Shrnutí výsledků

První varianta objektu A, kdy bylo využito sběru dešťové vody do nádrží a její zpětné využití pro splachování toalet v místě ubytování odsouzených osob vyšla tak, že by potřebná investice byla 3 059 900 Kč, přičemž by věznice ušetřila 139 942 Kč a návratnost investice by byla za 21,8 let, pokud by cena pitné vody nestoupala a zůstala na hranici 44,81 Kč. Po 21,8 letech fungování by objekt A využíval vodu na splachování toalet zdarma, až na základní údržbu nádrží. Výsledek lze zobrazit přehledně formou tabulky takto:

Tabulka 5, shrnutí varianty 1 objektu A. Zdroj vlastní [84]

investice do systému - Kč	úspora Kč	úspora m <sup>3</sup>	návratnost
3 059 900 Kč	139 942 Kč	3123 m <sup>3</sup>	21,8 let

První varianta objektu C, kdy bylo využito sběru dešťové vody do nádrží a její zpětné využití pro splachování toalet v místě ubytování odsouzených osob vyšla tak, že by potřebná investice byla 2 454 982 Kč, přičemž by věznice ušetřila 102 794 Kč a návratnost investice by byla za 23,8 let, pokud by cena pitné vody nestoupala a zůstala na hranici 44,81 Kč. Po 23,8 letech fungování by objekt C využíval vodu na splachování toalet zdarma, až na základní údržbu nádrží. Výsledek lze zobrazit přehledně formou tabulky takto:

Tabulka 6, shrnutí varianty 1 objektu C. Zdroj vlastní [85]

investice do systému - Kč	úspora Kč	úspora m <sup>3</sup>	návratnost
2 454 982 Kč	102 794 Kč	2294 m <sup>3</sup>	23,8 let

Druhá varianta objektu A, kdy se dešťová voda vsakuje, nebo je svedena do Boreckého potoka, zadržela vodu o celkovém objemu 5174 m<sup>3</sup>, kdy 2690 m<sup>3</sup> bylo řešeno vsakem a zadržením vody v krajině a zbylých 2484 m<sup>3</sup> bylo svedeno do Boreckého potoka a celková investice byla 1 601 384 Kč. Výsledek lze zobrazit formou tabulky takto:

Tabulka 7, shrnutí varianty 2 objektu A. Zdroj vlastní [86]

investice do systému Kč	zadržení vody celkem m <sup>3</sup>	vsak m <sup>3</sup>	do potoka m <sup>3</sup>	návratnost
1 601 384 Kč	5174 m <sup>3</sup>	2690 m <sup>3</sup>	2484 m <sup>3</sup>	bez návratnosti

Druhá varianta objektu C, kdy se dešťová voda vsakuje, nebo je svedena do Boreckého potoka, zadržela vodu o celkovém objemu 3549 m<sup>3</sup>, kdy 2193 m<sup>3</sup> bylo řešeno vsakem a zadržením vody v krajině a zbylých 1356 m<sup>3</sup> bylo svedeno do Boreckého potoka a celková investice byla 1 411 220 Kč. Výsledek lze zobrazit formou tabulky takto:

Tabulka 8, shrnutí varianty 2 objektu C. Zdroj vlastní [87]

investice do systému Kč	zadržení vody celkem m <sup>3</sup>	vsak m <sup>3</sup>	do potoka m <sup>3</sup>	návratnost
1 411 220 Kč	3548 m <sup>3</sup>	2193 m <sup>3</sup>	1356 m <sup>3</sup>	bez návratnosti

Pokud by se věznice řešila jako celek a investovalo by se do obou objektů zároveň, vypadala by tabulka pro první variantu objektu A s C takto:

Tabulka 9, shrnutí varianty 1 objektu A + C. Zdroj vlastní [88]

investice do systému - Kč	úspora Kč	úspora m <sup>3</sup>	návratnost
5 514 882 Kč	242 736 Kč	5417 m <sup>3</sup>	22,7 let

Podobně se dá vyjádřit i druhá varianta objektu A + C:

Tabulka 10, shrnutí varianty 2 objektu A + C. Zdroj vlastní [889]

investice do systému Kč	zadržení vody celkem m <sup>3</sup>	vsak m <sup>3</sup>	do potoka m <sup>3</sup>	návratnost
3 012 604 Kč	8722 m <sup>3</sup>	4883 m <sup>3</sup>	3840 m <sup>3</sup>	bez návratnosti



## 6 Diskuze

Zachycení dešťové vody je v dnešní době velmi populární a je několik způsobů, jak dešťovou vodu zadržet v krajině, či jí zpětně využít. Dva způsoby, které se jeví, jako neefektivnější jsou představeny v této práci. Existují ale i další, jako jsou například zelené střechy a fasády, dešťové zahrady, sběr dešťové vody do nadzemních nádob, hasičské nádrže. První variantu jsem vybral, protože využití dešťové vody na splachování toalet je efektivní a ekologický způsob, jak pitnou vodou šetřit a tím snižovat negativní dopady na životní prostředí. Z provedeného výpočtu vyplývá, že instalace toho systému je technicky proveditelná a nahrává tomu i lokalita, z důvodu velkých ploch, kam nádrže instalovat. Tento systém retenčních nádrží se snadno instaluje do nových, ale i stávajících objektů a provoz je snadný na údržbu. Splachování toalet je největší spotřebou v domácnostech, pracovištích, ale právě i ve věznicích, proto použití alternativního zdroje, jako je dešťová voda, může výrazně snížit celkovou spotřebu pitné vody. Využitím dešťové vody nedochází k přetížení vodohospodářských systémů a nedochází k nadměrnému čerpání podzemních vod. Používání dešťové vody tak přispívá ke zvýšení udržitelnosti vodního hospodářství a ochraně vodních ekosystémů. U této varianty shledávám pouze jednu nevýhodu, kterou je nutnost dostatečně zásobovat nádrže dešťovou vodou, hlavně v období sucha.

Jako druhou variantu jsem vybral vsakovací jímky a tím zachování vody v krajině a svedení vody do potoka. I vsakovací jímky přinášejí výhody a nevýhody. Důležitým faktorem tohoto systému je ochrana vodních zdrojů a nižší tlak na kanalizační systémy, proto jsem tuto variantu vybral jako druhou. Umožňují vsakování vody přímo do půdy, což podporuje přirozený vodní cyklus a zlepšuje kvalitu podzemních vod. Tento systém umožňuje efektivní zpracování srážkové vody na místě, což snižuje riziko povodní a zlepšuje mikroklima. Stejně jako retenční nádrže, i vsakovací nádrže mají nevýhody. Největší nevýhodou je, že vyžadují pravidelnou údržbu a správné plánování na umístění a také hydrogeologický posudek, který určí možnost instalace. Využití vsakovacích jímek je ekologickým způsobem zpracování a využívání srážkové vody.

I ostatní systémy zadržení a využití srážkové vody mají také své výhody a nevýhody, ale vsakovací jímky a retenční nádrže jsem shledal jako nejlepší varianty pro tuto lokalitu z důvodu snadné instalace, údržby a obsluhy.

Celkově lze konstatovat, že využití dešťové vody na splachování toalet a zasakování je perspektivním a ekologickým řešením pro úsporu pitné vody, ochranu životního prostředí a využívání srážkové vody.

## 7 Závěr

V této práci byla shromážděna data, díky kterým bylo možno navrhnout dvě nejlepší varianty pro využití dešťové vody z objektů věznice Vykmánov. Bylo vypočítáno, kolik jsou střechy ubytoven ve věznici schopné zachytit dešťové vody za rok a to bylo reálně porovnáno se spotřebou pitné vody na splachování toalet za rok. Byly zvolené dvě varianty zachycení a využití dešťové vody, kde u každé varianty byly vypočítané výše investic. Vypočítaná roční spotřeba pitné vody na splachování toalet a finanční náklady za rok, kdy byly tyto dvě složky porovnány, a bylo vypočítáno, za jakou dobu se tyto investice vrátí. Hospodaření s dešťovou vodou, zejména v objektech většího rozsahu je důležité, protože právě tyto objekty spotřebují hodně pitné vody, protože lidé nemají potřebu šetřit.

## 8 Literatura

- [1] Voda v přírodě - SMVAK. *Domů - SMVAK* [online] [cit. 2022.10.7], dostupné z: <https://smvak.cz/voda-v-priode>
- [2] Kolik vody je na Zemi? | Vodatest.cz. *Rozbory, testy a analýzy vody - celá ČR | +420 228 224 790 | Vodatest.cz* [online] [cit. 2022.10.7], dostupné z: <https://www.vodatest.cz/kolik-vody-je-na-zemi>
- [3] Svět vody | Vodárenství.cz. *Vodárenství.cz* [online]. Copyright © 2017 [cit. 2022.11.8], dostupné z: <https://www.vodarenstvi.cz/svet-vody/>
- [4] Průměrná spotřeba vody v ČR se pohybuje okolo 90 litrů na osobu a den | Komunální ekologie. *Komunální ekologie | Komunální ekologie* [online]. Copyright © 2022 [cit. 2022.12.8], dostupné z: <https://www.komunalniekologie.cz/info/prumerna-spotreba-vody-v-cr-se-pohybuje-okolo-90-litru-na-osobu-a-den>
- [5] Jaká je spotřeba vody ve světě? | Vodní strážci. *Vodní strážci | Úvod* [online]. Copyright © 2022 [cit. 2022.17.8], dostupné z: <https://vodnistrazci.cz/voda-z-vodovodu/jaka-je-spotreba-vody-ve-svete>
- [6] Nepodceňujte kapající kohoutek nebo protékající WC : stredoceslavoda.cz. *Stredoceslavoda.cz* [online] [cit. 2022.11.7], dostupné z: <https://www.stredoceslavoda.cz/nepodcenujte-kapajici-kohoutek-nebo-protekajici-wc/>
- [7] Průměrná cena za vodu v ČR 97,53 koruny | Vodárenství.cz. *Vodárenství.cz* [online]. Copyright © 2017 [cit. 2022.20.8], dostupné z: <https://www.vodarenstvi.cz/2022/02/08/prumerna-cena-za-vodu-v-cr-9753-koruny/>
- [8] SIVS - kód 6. *Portál ČHMÚ :Home* [online] [cit. 2022.10.7], dostupné z: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/vystrahy/napoveda/dest.html>

- [9] PECHÁČEK, Jiří. Čištění odpadních vod. *Katedra energetických strojů a zařízení* [online]. Fakulta strojní Západočeské univerzity v Plzni [cit. 2022.28.8], dostupné z: [https://kke.zcu.cz/export/sites/kke/about/projekty/enazp/projekty/16\\_Chemie-aekologie\\_43-44/44\\_MMP/081\\_cistení-odpadních-vod---Pechacek.pdf](https://kke.zcu.cz/export/sites/kke/about/projekty/enazp/projekty/16_Chemie-aekologie_43-44/44_MMP/081_cistení-odpadních-vod---Pechacek.pdf).
- [10] Jak je to s čistotou dešťové vody? Stále je její kyselost tak vysoká? | Počítáme s vodou. *Počítáme s vodou* [online]. Copyright ©2022 Počítáme s vodou [cit. 2022.1.9], dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/otazky-a-odpovedi/jak-je-to-s-cistotou-destove-vody-stale-je-jeji-kyselost-tak-vysoka/>
- [11] Jak čistit dešťovou vodu sbíranou z okapů a zpevněných ploch? - ČESKÉSTAVBY.cz. *ČESKÉSTAVBY.cz - vše o stavbě, zahradě a bydlení* [online] [cit. 2022.8.9], dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-cistit-destovou-vodu-sbiranou-z-okapu-a-zpevněných-ploch-27335.html>
- [12] ČESKÉSTAVBY.cz. *ČESKÉSTAVBY.cz - vše o stavbě, zahradě a bydlení* [online] [cit. 2022.10.9], dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-cistit-destovou-vodu-sbiranou-z-okapu-a-zpevněných-ploch-27335.html>.
- [13] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení [online] [cit. 2022.8.9], dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>
- [14] *Díky nádrži na dešťovou vodu ušetříte. Pozor Ale na Teplotu Skladování Vody. Moderní bydlení – magazín* [online] [cit. 2022.10.9], dostupné z: <https://www.bydlimekvalitne.cz/diky-nadrzi-na-destovou-vodu-usetrite-pozor-ale-na-teplotu-skladovani-vody>
- [15] S Nádrži na dešťovou vodu úspora až 50% za vyúčtování vody! - ČESKÉSTAVBY.cz. *ČESKÉSTAVBY.cz - vše o stavbě, zahradě a bydlení* [online] [cit. 2022.10.11], dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/s-nadrzi-na-destovou-vodu-uspora-az-50-za-vyuctovani-vody-26221.html>

- [16] Jak funguje retenční nádrž na dešťovou vodu?. *Bydlení.cz* [online]. Copyright © 1999 [cit. 2022.9.9], dostupné z: <https://www.bydleni.cz/zprava/Jak-funguje-retencni-nadrz-na-destovou-vodu>
- [17] Jak funguje retenční nádrž na dešťovou vodu? – ZAKRA. *Projekční kancelář: Vodohospodářské projekty - ZAKRA* [online]. Copyright ©2020 Zakra s.r.o. [cit. 2022.10.9], dostupné z: <https://zakra.cz/blog/jak-funguje-retencni-nadrz-na-destovou-vodu-a-co-od-ni-ocekavat/>
- [18] Jak probíhá kompletní realizace nádrže na dešťovou vodu a nejčastější chyby při instalaci - ČESKÉSTAVBY.cz. *ČESKÉSTAVBY.cz - vše o stavbě, zahradě a bydlení* [online] [cit. 2022.10.25] dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-probiha-kompletni-realizace-nadrze-na-destovou-vodu-a-nejcastejsi-chyby-pri-instalaci-29108.html>
- [19] *Stavba domu svépomocí | Sami Sobě* [online] [cit. 2022.10.10], dostupné z: <https://www.selfiehome.cz/2020/06/umisteni-a-zapojeni-retencni-nadrze-na-vodu-svepomoci/>.
- [20] *Dumazahrada.cz* [online]. Copyright © [cit. 2022.1.10], dostupné z: <https://www.dumazahrada.cz/clanek/zasazeni-nadrze-na-vodu-20220426.html>.
- [21] Základní informace | Vězeňská služba České republiky. *Generální ředitelství | Vězeňská služba České republiky* [online]. Copyright © 2022 Vězeňská služba České republiky [cit. 2022.1.10], dostupné z: <https://www.vscr.cz/organizacni-jednotky/veznice-ostrov/sekce/zakladni-informace>
- [22] Portál ČHMÚ : Historická data : Počasí : Územní srážky. *Portál ČHMÚ :Home* [online],[cit. 2022.10.10], dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>
- [23] Rahman S., Khan R., Shatirah A., Din N., Biswas K., Shirazi S, 2014: Sustainability of rainwater harvesting system in terms of water quality [online], [cit. 2022.15.10], dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/721357/>

- [24] Growing at a slower pace, world population is expected to reach 9.7 billion in 2050 and could peak at nearly 11 billion around 2100 | UN DESA | United Nations Department of Economic and Social Affairs. *Welcome to the United Nations* [online], [cit. 2022.20.10], dostupné z: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>
- [25] Ministerstvo životního prostředí, ©2015: Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR [online] [cit. 2022.20.10], dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/zmena\\_klimatu\\_adaptacni\\_strategie](https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie)
- [26] Azizul S., Peng H., 2017: *Harvesting Rainwater from Buildings*, 265 s.
- [27] Husa. J.: *Digitální učebnice v oborové didaktice*. Praha. IVP ČZU v Praze, 2018, 84 s.
- [28] Druhy oblaků. *Meteorologická stanice Maruška - Hostýnské vrchy* [online]. Copyright © 2006 [cit. 30.12.2022], dostupné z: <http://maruska.ordoz.com/meteorologie/oblacnost>
- [29] VYSOUDIL Miroslav, *Meteorologie a klimatologie pro geografů*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1997. ISBN 80-7067-776-3. strany 81-87  
14. NATIONAL GEOGRAPHIC, Precipitation, [online], [cit. 2022.1.11]
- [30] Portál ČHMÚ : Předpovědi : Předpovědi počasí : Česká republika : Meteorologická terminologie. *Portál ČHMÚ :Home* [online] [cit. 30.12.2022], dostupné z: <https://www.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/ceska-republika/meteorologicka-terminologie>
- [31] Voda na Zemi: Kolik jí máme na naší planetě a kolik z toho je pitná voda? | Hydrotech. *Bringing water back to life* | *Hydrotech* [online] [cit. 5.1.2023], dostupné z: <https://www.hydrotech-group.com/cz/blog/voda-na-zemi-kolko-jej-na-planete-mame-a-ake-mnozstvo-z-toho-tvori-pitna-voda>
- [32] Odkud se voda bere - VS Chrudim, a.s.. *VS Chrudim, a.s.* [online]. Copyright © 2023 Vodárenská společnost Chrudim, [cit. 16.01.2023], dostupné z: <https://www.vschrudim.cz/cs/vodovody/odkud-se-voda-bere>

- [33] Šálek J., Kriška M., Pírek O., Plotěný K., Rozkošný M., Žáková Z., 2012: Voda v domě a na chatě - využití srážkových a odpadních vod. GradaPublishing, a.s., Praha, 144 s.
- [34] Jak se vyrábí pitná voda? | Vodní strážci. *Vodní strážci* | Úvod [online]. Copyright © 2023 [cit. 20.01.2023], dostupné z: <https://vodnistrazci.cz/voda-z-vodovodu/jak-se-vyrabi-pitna-voda>
- [35] Odpadní vody (ÚKZÚZ). [online]. Copyright © 2009 [cit. 23.01.2023], dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/pripravky-na-or/legislativa/legislativa-cr/100053094.html>
- [36] Čistota, kvalita a chemické složení dešťové vody | Vodarium. *Vodarium* | *Vaši specialisté na dešťovou vodu a její využití* [online] [cit. 30.1.2023], dostupné z: <https://vodarium.cz/cistota-kvalita-a-chemicke-slozeni-destove-vody/>
- [37] Raček, J., 2016: Metodika návrhu systému využití šedých vod ve vybraných objektech. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno. 38s.
- [38] Koloběh vody, vodní cyklus. *Voda, příroda a lidé* [online] [cit. 24.2.2023], dostupné z: <https://voda235.webnode.cz/kolobeh-vody/>
- [39] Voda, kanalizace - TZB-info. *Voda, kanalizace - TZB-info* [online]. Copyright © Copyright Topinfo s.r.o. 2001 [cit. 01.02.2023], dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/>
- [40] Normy.cz, Normy, ČSN. [online] [cit. 5.2.2023], dostupné z: <http://www.normy.cz/>
- [41] TZB-info. 2023. Výpočet množství dešťových (srážkových) odpadních vod  $Q_r$  - TZB-info. [online] [cit. 15.2.2023], dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/152-vypocet-mnozstvi-destovych-srazkovych-odpadnich-vod-qr> .
- [42] Rainshop.cz. 2023. Výběr nádrže na dešťovou vodu. [online] [cit. 21.2.2023], dostupné z: <https://www.rainshop.cz/kalkulacka-velikosti-nadrze> .



- [43] Plastová nádrž Bravo 40000L - Kvalitní Jímky EU. 2023. Plastová nádrž Bravo 40000L - Kvalitní Jímky EU. [online] [cit. 21.8.2023], dostupné z: <https://www.kvalitni-jimky.eu/obchod/plastove-samonosne-jimky-a-nadrze-na-destovou-nebo-splaskovou-vodu/podzemni-jimky-a-nadrze/plastova-nadrz-bravo-40000l/> .
- [44] Náповěda. 2023. Náповěda. [online] [cit. 1.9.2023], dostupné z: [https://voda.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000105\\_help.html#VN](https://voda.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000105_help.html#VN) .
- [45] Destovenadrze.cz. 2023. Výpočet velikosti vsaku - Destovenadrze.cz. [online] [cit. 15.9.2023], dostupné z: <https://www.destovenadrze.cz/vypocet-velikosti-vsaku/> .
- [46] Nádrž.cz. 2023. Vsakovací jímka 15m3 - Nádrže.cz. Nádrže.cz. [online] [cit. 16.9.2023], dostupné z: [https://nadrze.cz/vsakovaci-jimky/vsakovaci-jimka-15m3/?gad\\_source=1&gclid=EAIaIQobChMIu\\_GY9bbpggMVmax3Ch2xtAgMEAQYASABEgIsc\\_D\\_BwE](https://nadrze.cz/vsakovaci-jimky/vsakovaci-jimka-15m3/?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIu_GY9bbpggMVmax3Ch2xtAgMEAQYASABEgIsc_D_BwE)
- [47] hory, (c) 2020 Krusne (2020) *Ostrov, Ostrov (Ostrov nad Ohří)*. [online] [cit. 16.12.2023], dostupné z: <https://krusnehorycz.cz/mesta-obce/ostrov/>
- [48] *Město ostrov* |. [online] [cit. 16.12.2023], dostupné z: <https://ostrov.cz/>
- [49] Kučerová, Jana, Fáková, Eva a Boháček), Karel (2020) *Ostrov nad Ohří*. [online] [cit. 20.12.2023], dostupné z: <https://ostrov-nad-ohri.ceskehory.cz/>
- [50] Destovenadrze.cz (2020) *Nejčastější Chyby při instalaci podzemních nádrží*, *destovenadrze.cz*. [online] [7.11.2023], dostupné z: <https://www.destovenadrze.cz/blog-o-podzemnich-nadrzich-na-destovou-vodu/nejcastejsi-chyby/>
- [51] *Průměrná Spotřeba Vody Na Osobu*, *stavimbydlim.cz*. [online] [cit. 4.1.2024], dostupné z: <https://stavimbydlim.cz/prumerna-spotreba-vody-na-osobu/>

- [52] *Marushka - Mapový aplikační server*. [online] [cit. 6.1.2024], dostupné z: <https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&MarWindowName=Marushka&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=715841&MarQParamCount=1>
- 
- [53] Obrázek 1 - rozdělení zásob vody na Zemi, dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/technologie-1/odsolovani-vody-destilace-vymrazovani-kompresie-a-dalsi.aspx>
- [54] Obrázek 2 - lapač listí DBA (hrubých nečistot) a jeho instalace ve žlabu, dostupné z: [https://www.lior.cz/prislusenstvi-3/lapac-listi-do-okapu/?gclid=Cj0KCQiAtbqdBhDvARIsAGYnXBPrD1VBKEdiMdYE\\_3DbfHhkpdTnXzmNSLTZH146Jile6bo7IdplbNYaApXoEALw\\_wcB](https://www.lior.cz/prislusenstvi-3/lapac-listi-do-okapu/?gclid=Cj0KCQiAtbqdBhDvARIsAGYnXBPrD1VBKEdiMdYE_3DbfHhkpdTnXzmNSLTZH146Jile6bo7IdplbNYaApXoEALw_wcB)
- [55] Obrázek 3 - sběrač hrubých nečistot (gajgr) ENPRO, dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-cistit-destovou-vodu-sbiranou-z-okapu-a-zpevnenych-ploch-27335.html>.
- [56] Obrázek 4 - odvodňovací žlab BIELBET, dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>
- [57] Obrázek 5 - filtrační koš umístění před vtok do nádrže, dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>
- [58] Obrázek 6 - betonová retenční nádrž PREFA, dostupné z: <https://www.bydlimekvalitne.cz/diky-nadrzi-na-destovou-vodu-usetrite-pozor-ale-na-teplotu-skladovani-vody>
- [59] Obrázek 7 - plastová retenční nádrž MRAVEC PLAST, dostupné z: <https://www.bydlimekvalitne.cz/diky-nadrzi-na-destovou-vodu-usetrite-pozor-ale-na-teplotu-skladovani-vody>

- [60] Obrázek 8 - ocelová retenční nádrž PURECO SPIREL, dostupné z:  
<https://pureco.cz/ocelove-retencni-nadrze-pureco-spirel/>
- [61] obrázek 9 - sklolaminátová retenční nádrž DAZIbetón, dostupné z:  
[https://www.google.com/search?q=lapa%C4%8D+list%C3%AD+\(hrub%C3%BDch+ne%C4%8Distot\)+a+jeho+instalace+ve+%C5%BElabu&sxsrf=ALiCzsZcYnaBgVzvOU3XjddQz9SvUzo3jw:1672412014828&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjt9r6gzKH8AhVm9bsIHbgTCLYQ\\_AUoAXoECAEQAw&biw=1536&bih=696&dpr=1.25](https://www.google.com/search?q=lapa%C4%8D+list%C3%AD+(hrub%C3%BDch+ne%C4%8Distot)+a+jeho+instalace+ve+%C5%BElabu&sxsrf=ALiCzsZcYnaBgVzvOU3XjddQz9SvUzo3jw:1672412014828&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjt9r6gzKH8AhVm9bsIHbgTCLYQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1536&bih=696&dpr=1.25)
- [62] Obrázek 10 - ponorné čerpadlo retenční nádrže dostupné z:  
<https://zakra.cz/blog/jak-funguje-retencni-nadrz-na-destovou-vodu-a-co-od-ni-ocekavat/>
- [63] Obrázek 11 - povrchové čerpadlo retenční nádrže SAER, dostupné z:  
<https://zakra.cz/blog/jak-funguje-retencni-nadrz-na-destovou-vodu-a-co-od-ni-ocekavat/>
- [64] Obrázek 12 - výkop pro retenční nádrž se základovou deskou, dostupné z:  
<https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-probiha-kompletni-realizace-nadrze-na-destovou-vodu-a-nejcastejsi-chyby-pri-instalaci-29108.html>
- [65] Obrázek 13 - vibrační pěch WACKER pro hutnění šterku, dostupné z:  
[https://www.expondo.cz/msw-vibracni-pech-34-5-x-28-5-cm-10-kn-10060983?gclid=Cj0KCQiAtbqdBhDvARIsAGYnXBNY1r1K3yKr7wqdSriGguw9DdPYkkg7AKoZhLp6VrgVSj5rcP5ATCYaAILjEALw\\_wcB](https://www.expondo.cz/msw-vibracni-pech-34-5-x-28-5-cm-10-kn-10060983?gclid=Cj0KCQiAtbqdBhDvARIsAGYnXBNY1r1K3yKr7wqdSriGguw9DdPYkkg7AKoZhLp6VrgVSj5rcP5ATCYaAILjEALw_wcB)
- [66] Obrázek 14 - vibrační deska NTC VDR pro hutnění šterku, dostupné z:  
<http://www.paveldarilek.cz/vibracni-desky>
- [67] Obrázek 15 - uložení nádrže pomocí bagru, dostupné z:  
<https://www.destovenadrze.cz/blog/item/145-jak-probiha-realizace-podzemi-nadrze-na-destovou-vodu>

- [68] Obrázek 16 - věznice Vykmánov, dostupné z: <https://www.vscr.cz/organizacni-jednotky/veznice-ostrov>
- [69] Obrázek 17 - věznice Vykmánov – objekt A, dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=12.8978000&y=50.2164000&z=11>
- [70] Obrázek 18 - věznice Vykmánov – objekt C, dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=12.8978000&y=50.2164000&z=11>
- [71] Obrázek 19 - srážkový úhrn za rok 2021, dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>
- [72] Obrázek 20 - věznice Vykmánov - objekt A (označení budov + zahrada), dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=12.8978000&y=50.2164000&z=11>
- [73] Obrázek 21 - hydrologický cyklus – oběh vody, dostupné z: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/oobeh-vody-water-cycle-czech>
- [74] Obrázek 22 - plastová nádrž Bravo 40000, dostupné z: <https://www.kvalitni-jimky.eu/obchod/plastove-samosne-jimky-a-nadrze-na-destovou-nebo-splaskovou-vodu/podzemni-jimky-a-nadrze/plastova-nadrz-bravo-40000/>
- [75] Obrázek 23 - plastová nádrž Bravo 30000, dostupné z: <https://www.kvalitni-jimky.eu/obchod/plastove-samosne-jimky-a-nadrze-na-destovou-nebo-splaskovou-vodu/podzemni-jimky-a-nadrze/plastova-nadrz-bravo-30000/>
- [76] Obrázek 24 - plastová nádrž Atlanta 20000, dostupné z: <https://www.kvalitni-jimky.eu/obchod/plastove-samosne-jimky-a-nadrze-na-destovou-nebo-splaskovou-vodu/podzemni-jimky-a-nadrze/plastova-nadrz-atlanta-20000/>
- [77] Obrázek 25 - set čerpadla ke splachování WC ČESKÁ NÁDRŽ, dostupné z: <https://www.ceskanadrz.cz/dum-top-bez-dopousteni-sada-pro-vyuziti-destove-vody/>

- [78] Obrázek 26 - vsakovací jímka CEKO 15m<sup>3</sup>, dostupné z: [https://nadrze.cz/vsakovaci-jimky/vsakovaci-jimka-15m3/?gad\\_source=1&gclid=EAIaIQobChMIu\\_GY9bbpggMVmax3Ch2xtAgMEAQYASABEgIsc\\_D\\_BwE](https://nadrze.cz/vsakovaci-jimky/vsakovaci-jimka-15m3/?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIu_GY9bbpggMVmax3Ch2xtAgMEAQYASABEgIsc_D_BwE)
- [79] Obrázek 27 - město Ostrov – mapa, dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?m3d=1&height=2623&yaw=-0&pitch=-45&l=0&x=12.9443652&y=50.3101722&z=15>
- 
- [80] Tab.1. - průměrná spotřeba vody na osobu, dostupné z: <https://www.zakra.cz/blog/uspora-vody-na-wc-vse-co-jste-chteli-vedet-a-bali-se-zeptat>
- [81] Tab. 2. - cena vodného a stočného v Ostrově 2021, dostupné z: [Vodné a stočné 2022](https://vodakva.cz) | [vodakva.cz](https://vodakva.cz) - Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.
- [82] Tab. 3. - koeficienty odtoku střechy  $f_s$ , dostupné z: [https://voda.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000105\\_help.html#fs\\_tab](https://voda.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000105_help.html#fs_tab)
- [83] Tab. 4. - koeficient vsaku  $K_v$ , dostupné z: <https://www.destovenadrze.cz/vypocet-velikosti-vsaku/>
- [84] Tab. 5. – shrnutí varianty 1 objektu A. Zdroj vlastní
- [85] Tab. 6. – shrnutí varianty 1 objektu C. Zdroj vlastní
- [86] Tab. 7. – shrnutí varianty 2 objektu A. Zdroj vlastní
- [87] Tab. 8. – shrnutí varianty 2 objektu C. Zdroj vlastní



