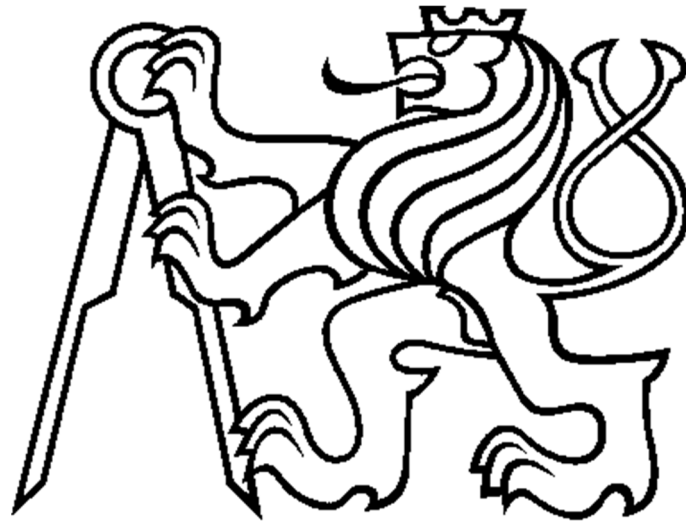


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNOLOGIE



**PROBLEMATIKA VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD
S NÁVRHEM MOŽNÉHO VYUŽITÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval: Bc. Radek Trantýr

Vedoucí práce: Ing. Karel Polák, Ph.D.

2019/2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne

.....

Bc. Radek Trantýr

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval katedře K122 za umožnění zpracování diplomové práce a především děkuji Ing. Karlu Polákovi, Ph.D. za odborné vedení a připomínky k mé diplomové práci.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Trantýr</u>	Jméno: <u>Radek</u>	Osobní číslo: <u>438409</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Příprava, realizace a provoz staveb</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Problematika využití dešťových vod s návrhem možného využití</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Problems of use of rainwater with a proposal of possible use</u>	
Pokyny pro vypracování: Rámcový obsah DP: 1) Současný stav problematiky (Legislativa, klimatické problémy, hydrogeologie a problematika zadržení vody v krajině, možnosti využití zadržené vody) 2) Vymezení řešeného území s návrhem biotopu, jako charakteristického reprezentanta jednoho z možných řešení nakládání s dešťovou vodou 3) Technologický rozbor navrženého řešení biotopu, včetně stavebně technologického pohledu na celoživotní cyklus navrženého projektu	
Seznam doporučené literatury: Chytrý M., Kučera T., Kočí N. (eds) (2001): Katalog biotopů České republiky Kočí B. a kol.: Technologie pozemních staveb 1 - Technologie stavebních procesů, 1997 AN CERM Brno Jarský Č., Musil F., Příprava a realizace staveb, CERM Brno 2003	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Karel Polák, PhD.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>30.9.2019</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>5.1.2020</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____	_____
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
_____	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Anotace

Diplomová práce se zabývá nakládáním s dešťovou vodou. Úvodem jsou definovány legislativní požadavky na nakládání s dešťovou vodou, dále je stručně analyzována změna klimatu. V práci jsem se také soustředil na přírodní koupací jezírka a způsoby čištění vody. Provedl jsem návrh konkrétního jezírka s technologickým rozbořem a stavebně technologickým pohledem na celoživotní cyklus stavby.

Klíčová slova

dešťová voda, legislativa, klimatické změny, způsob odvodnění, biotop, jezírko, technologie čištění, filtry, biologie, náklady, výdaje

Abstract

The diploma thesis deals with rainwater management. Legislative requirements for rainwater management are defined at the beginning, and afterwards a climate change is briefly analysed. In my work I also focused on natural swimming pools and methods of water purification. I made a design of a specific pond with a technological analysis and a construction technology perspective on the life cycle of the building.

Key words

rainwater, legislation, climate change, drainage, biotope, pond, purification technology, filters, biology, costs, expenses

Obsah

Úvod:.....	11
1. Současný stav problematiky.....	12
1.1. Legislativa.....	12
1.2. Klimatické problémy.....	14
1.2.1. Sucho a povodně	14
1.2.2. Přívalové deště	14
1.2.3. Druhy sucha	15
1.2.3.1. <i>Zemědělské sucho</i>	15
1.2.3.2. <i>Hydrogeologické sucho</i>	16
1.2.3.3. <i>Dopad sucha na lesnictví</i>	16
1.3. Hydrogeologie a problematika zadržetí vody v krajině	16
1.3.1. Voda	16
1.3.2. Hydrologie	18
1.3.2.1. Modrá voda.....	18
1.3.2.2. Zelená voda.....	19
1.3.2.3. Šedá voda.....	21
1.3.3. Hydrogeologie.....	22
1.3.3.1. Hydrologický cyklus.....	23
1.3.3.2. Podzemní voda.....	23
1.3.3.2.1. Pohyb podzemní vody	24
1.3.3.3. Hydrogeologický průzkum	25
1.3.4. Nakládání s dešťovou vodou na stavebním pozemku.....	25
1.3.4.1. Volba způsobu odvodnění	25
1.3.4.2. Vsakování srážkové vody	27
1.3.4.3. Odvádění srážkové vody do vod povrchových.....	28
1.3.4.4. Odvádění srážkové vody do jednotné kanalizace	29

1.3.4.5.	Technické řešení	29
1.3.4.5.1.	Snížení a prevence vzniku srážkového odtoku u zdroje.....	29
1.3.4.5.2.	Akumulace a využívání srážkové vody.....	31
1.3.4.5.3.	Povrchové vsakování.....	31
1.3.4.5.4.	Podzemní vsakování.....	34
1.3.4.5.5.	Vsakování s regulovaným odtokem	35
1.3.4.5.6.	Odvádění do povrchových vod.....	35
1.3.4.5.7.	Odvádění do jednotné kanalizace.....	37
2.	Vymezení řešeného území s návrhem koupacího biotopu, jako charakteristického reprezentanta možného řešení nakládání s dešťovou vodou.....	38
2.1.	Historie koupacích jezírek.....	39
2.2.	Biotop.....	39
2.3.	Koupací jezírko	40
2.3.1.	Druhy koupacích jezírek	41
2.3.1.1.	Jednokomorová jezírka	41
2.3.1.1.1.	Rozdělení jednokomorových jezírek dle plochy regenerační zóny	41
2.3.1.2.	Dvoukomorová koupací jezírka.....	42
2.3.2.	Technologie čištění vody	42
2.3.2.1.	Mechanické čištění vody	43
2.3.2.1.1.	Bubnové filtry.....	43
2.3.2.1.2.	Štěrbínové.....	44
2.3.2.1.3.	Vliesové.....	44
2.3.2.1.4.	Vortexy	45
2.3.2.2.	Biologické čištění vody	45
2.3.2.2.1.	První fáze – nitrifikace	45
2.3.2.2.2.	Druhá fáze	46

2.3.2.2.3.	Třetí fáze – denitrifikace	47
2.3.2.2.4.	Skrápěné filtry	48
2.3.2.2.5.	Bead filtry	48
2.3.2.3.	Kombinované čištění vody	48
2.3.2.3.1.	Komorové filtry	49
2.3.2.3.2.	Tlakové filtry	49
2.3.2.4.	UVC lampy	50
2.4.	Návrh biotopu	50
2.4.1.	Rozsah řešeného území	50
2.4.2.	Dosavadní využití území	51
2.4.3.	Stavební řešení	52
2.4.4.	Souhrnné údaje o stavbě	53
2.4.5.	Návrh technologie čištění vody	56
2.4.5.1.	Princip technologie	56
2.4.5.2.	Hladinové sběrače a dnové vpusti	57
2.4.5.3.	Návrh cirkulačních čerpadel	58
2.4.5.4.	Slučovací nádrže	59
2.4.5.5.	Bubnový filtr	60
2.4.5.6.	Biologický filtr	61
2.4.5.7.	Laguna s rostlinami	63
3.	Stavebně technologický pohled na celoživotní cyklus navrženého projektu	64
3.1.	Investiční náklady projektu	65
3.1.1.	Cena pozemku	65
3.1.2.	Cena projektových prací	65
3.1.3.	Cena stavebního díla	66
3.1.4.	Celková cena investičního záměru	66
3.2.	Výdaje na provoz	66

3.2.1.	Výdaje na elektřinu	67
3.2.2.	Výdaje na vodné a stočné.....	68
3.2.3.	Výdaje na mzdy	70
3.2.4.	Výdaje na servis koupaliště.....	70
3.2.5.	Ostatní výdaje.....	71
3.3.	Příjmy.....	72
3.4.	Náklady na ekologickou likvidaci.....	73
3.5.	Vyhodnocení návratnosti investice	74
3.6.	Vyhodnocení investice z hlediska dopadu na okolí	75
3.6.1.	Enviromentální hledisko	75
3.6.2.	Sociální hledisko	76
4.	Závěr	77
5.	Použité zdroje a literatura.....	78
6.	Seznamy	80

Úvod:

V této diplomové práci uvedu legislativní požadavky na nakládání s dešťovou vodou. Dále se zmíním o změně klimatu a suchu. V kapitole o hydrogeologii uvedu zajímavosti o vodě a rozeberu druhy vod. Dále budu řešit problematiku nakládání s dešťovou vodou na stavebním pozemku a uvedu konkrétní způsoby řešení. Následně definuji biotop a přírodní koupací jezírka. Popíšu mechanické a biologické čištění vody v přírodních jezírkách, včetně filtrů, rostlin a UVC lamp.

V další kapitole se budu věnovat návrhu technologie čištění vody přírodního koupacího biotopu.

Provedu stavebně technologický rozbor přírodního koupacího biotopu, zpracuji harmonogram prací, zařízení staveniště a vyhodnotím investici z finančního, environmentálního a sociálního hlediska a z pohledu na celoživotní cyklus stavby.

Toto téma jsem si vybral, jelikož jsem se podílel na přípravě a realizaci projektu a celkově mě projekt zaujal svou různorodostí stavebních prací a náročností na realizaci.

1. Současný stav problematiky

1.1. Legislativa

Povinnost hospodaření stavebníka s dešťovou vodou udává stavební zákon č. 183/2006 Sb., v platném znění podle § 110 odstavce 5 stavebního zákona: Obsahové náležitosti žádosti o stavební povolení, rozsah a obsah projektové dokumentace stanoví prováděcí právní předpis. Prováděcím právním předpisem je vyhláška č. 499/2006 Sb., v platném znění.¹

Paragraf 2 vyhlášky o dokumentaci staveb č. 499/2006 Sb., v platném znění říká: Rozsah a obsah projektové dokumentace pro ohlášení stavby uvedené v § 104 odst. 1 písm. a) až e) stavebního zákona nebo pro vydání stavebního povolení je stanoven v příloze č. 12 k této vyhlášce.

Příloha číslo 12 k vyhlášce 499/2006 Sb.: Rozsah a obsah projektové dokumentace pro ohlášení stavby uvedené v § 104 odst. 1 písm. a) až e) stavebního zákona nebo pro vydání stavebního povolení stanovuje pod bodem B.1 Popis území stavby, písmenem i) vliv stavby na okolní stavby a pozemky, ochrana okolí, vliv stavby na odtokové poměry v území.² Toto je řešeno ve vyhlášce o obecných požadavcích na využívání území č. 501/2006 Sb., v platném znění.

V § 20 odst. 5 vyhlášky o obecných požadavcích na využívání území se uvádí, že se stavební pozemek vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno.

- 1) přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování,
- 2) jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo
- 3) není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace.

¹ Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

² Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

Příčemž dle § 26 vyhlášky č. 501/2006 Sb., je možná výjimka z ustanovení § 20 odst. 5 za podmínek stanovených v § 169 stavebního zákona.

Podle § 21 odst. 3 vyhlášky o obecných požadavcích na využívání území: vsakování dešťových vod na pozemcích staveb pro bydlení (jak uvádí § 20 odst. 5 této vyhlášky) je splněno, jestliže poměr výměry části pozemku schopné vsakování dešťové vody k celkové výměře pozemku činí v případě

a) samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4,

b) řadového rodinného domu a bytového domu 0,3.³

Dále v příloze č. 12 k vyhlášce 499/2006 Sb. je bod B.3 Připojení na technickou infrastrukturu, kterým se dále zabývá vyhláška o technických požadavcích na stavby č. 268/2009 Sb., v platném znění. Podle § 6 odstavce 4 této vyhlášky: Stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen „srážkové vody“), musí mít zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací.⁴

Nakládání s dešťovou vodou na pozemku se také zakresluje do situačního výkresu stavby.⁵

Z výše uvedeného vyplývá, že česká legislativa projektantovi nařizuje, jak postupovat při řešení odvodnění pozemku a v dokumentaci nesmí chybět konkrétní řešení. Úlevou jsou případy definované ve vyhlášce o obecných požadavcích, kdy nemusí být řešeno vsakování.

³ Vyhláška 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území

⁴ Vyhláška 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

⁵ Podle jakého zákona je povinnost hospodaření s dešťovou vodou definována pro stavebníky? | Počítáme s vodou. Počítáme s vodou [online]. Copyright ©2019 Počítáme s vodou [cit. 27.12.2019]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/otazky-a-odpovedi/13-podle-jakeho-zakona-je-povinnost-hospodareni-s-destovou-vodou-definovana-pro-stavebniky/>

1.2. Klimatické problémy

1.2.1. Sucho a povodně

Světový oceán pojal do hloubky až 2 kilometrů neobvykle vysoký obsah tepla, které bude ztrácet přinejmenším dvě desetiletí. Prohloubila se nerovnováha zemského systému, ve kterém dříve panoval nulový režim (množství přicházející sluneční energie se rovnalo množství odcházející energie). Rozdílné teploty mezi oceánem a souší proměňují směry větrného proudění, kvůli čemuž na mnoha místech prší jindy a jinak, než tomu bývalo dříve. Země vstupuje do nové klimatické fáze sucha a povodně. Toto nové počasí je bohatší na extrémní události, nemusí však nutně znamenat další oteplování. Tající arktické ledovce mohou omezit oceánské proudění, a naopak vést k ochlazení severní a střední Evropy.

1.2.2. Přívalové deště

Starodávné přívalové deště vznikaly z horka a vybily se nad jednou či dvěma vesnicemi, kde kroupy poničily úrodu a vyplavily obecní pastoušku. Přívalové deště jsou v současné době schopny vytvořit přívalovou vlnu o pozorované výšce kolem tří kilometrů, zabít až desítky lidí a způsobit velké škody jak na majetku, tak na hospodářské úrodě. Jak je to možné? Jedná se o souhru několika okolností. Krajina kvůli hospodaření člověka hůře pohlcuje vodu, dochází k posunům ročního chodu, tím pádem se častěji střídají chladné a horké dny či týdny a dochází ke globálnímu ovlivnění lokálních bouřek. Tento jev si můžeme představit jako přísun vodní páry zdaleka i jako okolnost, kdy teplý vzduch obsahuje víc vodní páry, což znamená, že ve vzduchu je více vody. V praxi to znamená, že pokud tento vlhký vzduch stoupá bouřkovými mraky nahoru, kde je chladno, dojde k vysrážení velkého množství vody a tím vzniknou silné srážky nebo krupobití.

Kroupa je zmrzlá kapka vody, kterou ve vysokých mracích silné vzdušné proudy vynášejí nahoru a až se stane pro větrný proud moc těžká, spadne dolů. Čím padají větší kroupy, tím je v mracích silnější vítr.

Se střídáním horkých a studených dní souvisí i vznik tornád. Větrná tornáda vznikají v důsledku teplotní nerovnováhy, například ostré teplotní rozhraní mezi chladným hlubokým jezerem, ve kterém se voda pomalu zahřívá a horkým dnem.

Velkou měrou se na existenci přívalových dešťů podílí vyšší teplota oceánu, nad kterým se odpaří více vody a silnější větrné proudění je schopné vodní páru ve vzduchu dopravit až do vnitrozemí. Vlhký vzduch k nám proudí převážně ze Středozemního moře a Atlantského oceánu. Středozemní moře se otepluje za posledních 30 let více než dvakrát rychleji oproti globálnímu průměru. Nejnepokojivějším jevem je letní teplotní anomálie, kdy povrch moře v některých oblastech dlouhodobě překročí 27,5 °C. Tato teplota je pro plankton a ryby nebezpečná, protože klesá rozpustnost kyslíku ve vodě. Největším problémem u nás není, že nám bude z vln veder horko, ale že dojde k úhynu ryb v rybnících a smrků v nižších polohách. Základním problémem středozemní oblasti je to, že i malé zvýšení teplot otevírá cestu dál na sever pro horké proudění ze Sahary a strhává s sebou vlhký vzduch nad stále teplejším mořem.

Průměrný roční úhrn srážek v České republice se nijak výrazně nezměnil, i přesto je větší sucho. Tento jev je dán tím, že neprší mírně několik dní v kuse tak, aby zdravá zem dokázala většinu srážkové vody vsáknout, ale dochází k extrémním přívalovým dešťům, které v kombinaci se zhoršeným stavem půdy způsobují rychlý odtok srážkové vody do vodních toků a následné záplavy.⁶

1.2.3. Druhy sucha

1.2.3.1. Zemědělské sucho

Zemědělské sucho ovlivňuje zemědělskou produkci a obvykle trvá od několika týdnů až do 6-9 měsíců. Největší výskyt zemědělského sucha ve sledovaném období 1961-2010 byl na jižní Moravě, v severozápadních Čechách, obecně na jihovýchodě republiky a v nížině řeky Labe. Krátkodobé (meteorologické sucho) a střednědobé

⁶ CÍLEK, Václav, Tomáš JUST, Zdenka SŮVOVÁ, et al. Voda a krajina: kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině.

(sucho ovlivňující zemědělskou produkci) se za poslední čtyřicetiletí opakuje v intervalu 3-5 let.

1.2.3.2. Hydrogeologické sucho

Hydrogeologické sucho se vyznačuje vysycháním stojatých i tekoucích vod a s tím spojeným nebezpečím pro biotu která v nich žije. Důležitou roli pro biotu hraje také charakter vodních děl, zda jsou přírodní nebo technicky upravená, například vydlážděné koryto řeky. V tom případě je živočichům ve vysychajícím korytě upřeno přirozené zavrtání do dna vodního toku, které je i po vyschnutí nějakou dobu vlhké a lze v něm přečkat období sucha.

1.2.3.3. Dopad sucha na lesnictví

Sucho v lesnictví zhoršuje fyziologický stav dřevin a přispívá k tvorbě vhodných podmínek pro kolonizaci dřevin biologickými škůdci. Sucho může být příčinou poklesu růstu a úhynu dřevin. Při poklesu půdní vlhkosti se výrazně snižuje transpirace (nejvíce u smrků z důvodu vertikální distribuce kořenů). Neméně závažným dopadem sucha na lesnictví je nebezpečí vzniku požáru v parných letních měsících.⁷

1.3. Hydrogeologie a problematika zadržení vody v krajině

1.3.1. Voda

Voda je jednou z nejfantastičtějších sloučenin. Dokážeme ji vnímat všemi smysly. Čichem vnímáme vůni látek rozpuštěných ve vodě, zrakem vidíme hladinu, sněhovou

⁷ BRÁZDIL, Rudolf a Miroslav TRNKA. Historie počasí a podnebí v Českých zemích: minulost, současnost, budoucnost.

pokrývku, led a mraky, receptory v kůži pocítujeme vlhkost, dokážeme vnímat vodu působící na čidla jazyka a v neposlední řadě dokážeme slyšet vodu, jak se pohybuje.

Voda je základní podmínkou k životu, proto se obraz dnešní krajiny a osídlení vyvíjel v závislosti na vodních tocích, kde vznikaly města a osady. Vodní toky byly důležitou dopravní tepnou, které dříve sloužily jako jeden z mála efektivních způsobů přepravy zboží.

Názor, že voda je elementární, se traduje od nejstarších kultur. Až v letech 1780-1785 Henry Cavendish, Antoin-Laurent de Lavoisier, James Watt a další ve svých pracích dokázali, že vodu lze připravit hořením plynu. Plyn byl nazván vodíkem a voda, jako produkt jeho spalování, už nemohla být považována za element. Lavoisier zjistil, že převádění vodní páry nad rozžhaveným železem vede rovněž ke vzniku vodíku, z čehož vyplývá, že voda lze rozložit na ještě jednodušší látky. Vědělo se, že se voda skládá z kyslíku a vodíku, avšak jejich poměr ve sloučenině zůstával neznámou. Až po značné době a vynaloženém úsilí se podařilo zjistit přesné složení vody, jak ji známe dnes (H_2O) a opustil se Daltonův vzorec HO.

Voda má několik mimořádných vlastností jako je bod varu, tepelná kapacita, povrchové napětí apod. Podivnou vlastností je však závislost hustoty kapalné vody na teplotě. Pro naprostou většinu látek hustota kapaliny roste s klesající teplotou až k bodu tání, tedy pohyb molekul ustává s klesající teplotou, těsněji se přimknou k sobě, díky čemuž mají látky větší hustotu. Voda se chová stejně, avšak pouze do teploty $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ za normálního tlaku. Při této teplotě voda dosahuje největší hustoty o velikosti 999 kg/m^3 , poté hustota kapalné vody klesá až k bodu tání. Tato anomálie má dalekosáhlé důsledky. S nástupem podzimu se začíná ochlazovat vodstvo a chladná voda klesá do hlubin jezer a rybníků, neboť má vyšší hustotu než voda teplá ležící ve větší hloubce. Vodní sloupec se tak postupně promíchává až u dna vody zůstane voda o teplotě $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, která má největší hustotu. Jak zima přituhuje, poklesne teplota vody na hladině pod $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ale protože má díky anomálii nižší hustotu než voda o teplotě $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, zůstává plavat jako horní vrstva. Po příchodu mrazů dosáhne voda teploty $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, začne krystalizovat led a vodní plocha zamrzá. K zamrznutí ledu dochází u hladiny, takže pod vrstvou ledu je voda o teplotě $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, v níž přežívají živé organismy.

Pokud by tato anomálie hustoty vody neexistovala, vodní sloupec by zamrzl najednou ode dna až po hladinu s fatálními důsledky pro vše živé ve vodě.⁸

1.3.2. Hydrologie

Hydrologie je obecně nauka o vodě. Existuje řada definic, které se snaží vymezit široký význam hydrologie, například:

„Hydrologie je věda, která se zabývá zákonitostmi nepřetržitě probíhajícího oběhu vody a jejího výskytu v přírodě, se zvláštním zřetelem na její množství, kvalitu a účinek v přírodě a společnosti.“ (Netopil, 1972)

Jak již bylo zmíněno, pojem hydrologie má široký význam a zahrnuje v sobě poznatky základních vědních disciplín jakými jsou například matematika, statistika, fyzika, chemie, geologie, pedologie, klimatologie, meteorologie, hydrotechnika, vodní hospodářství a spoustu dalších. Hydrologii nelze chápat pouze jako fyzicko-geografickou disciplínu. V posledních letech společnost stále více zajímají problémy, které vyplývají na povrch, jako jsou například změna klimatu, eroze a znehodnocování zemědělské půdy, extrémní hydrologické jevy (sucho a povodně). V souvislosti s tím se hydrologie dostává do kontaktu se sociálně-geografickou sférou. Tedy novodobá hydrologie by navíc v definici mohla obsahovat: „se zvláštním zřetelem na vzájemnou interakci vody a lidské společnosti“.⁹

1.3.2.1. Modrá voda

Modrá voda je déšť, řeky, potoky a podzemní voda v zásobnících. Pokud doma otočíme kohoutkem, teče nám modrá voda. O získanou modrou vodu se musíme rozdělit s přírodou. Po letech vědeckého sledování životního cyklu stromů, rostlin a půdních organismů máme dobrou představu, kolik toho denně „vypije“ třeba

⁸ CÍLEK, pozn. 6, s. 15.

⁹ Katedra geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci [online]. Copyright ©5 [cit. 27.12.2019]. Dostupné z: <https://geography.upol.cz/soubory/studium/DS-GVS/Opora-DHYDR.pdf>

borovice nebo hektar brambor. Tedy po sečtení výdajů modré vody pro lidi a přírodu v určitém území (nejčastěji čtverce o hraně 200-500 km) a porovnání s příjmy (dešť) nám vyjde bilanční rovnice, která pokud je v rovnováze, pak se ve skutečnosti pohybujeme na hranici potíží, protože nemáme rezervy například na horký srpen. Pokud jsou vodní výdaje 1,5 až 2krát vyšší než příjmy, tak dochází k nouzovým stavům. Tato situace je dlouhodobě neudržitelná, časem dojde i k vyčerpání podzemních zásobníků modré vody. Čtyř až šestiměsíčním suchem je ohroženo asi půl miliardy lidí, z toho 180 miliónů žije v Indii, 73 miliónů v Pákistánu, 27 miliónů v Mexiku a další v arabských zemích.

Pro představu uvedu několik čísel. Obyvatel průměrného českého města spotřebuje denně 80–100 litrů vody. Američané běžně spotřebují 400 litrů vody na den a osobu. Jak vidíme z čísel, spotřeba vody na osobu v České republice není nikterak velká, avšak zapracovat bychom měli na vodovodní síti. Průměrně se v České republice ve vodovodní síti ztratí 20 % vody a na některých místech i dvojnásobek.

Veřejný vodovod se vyvinul ze sto let starých předpokladů, tedy že bude sloužit k pití a vaření. To však dnes už neplatí a myslím si, že s rostoucím množstvím spotřebitelů se novou technologickou normou stane oddělování pitné a technické vody, tedy modré a šedé.

1.3.2.2. Zelená voda

Zelená voda je část vody, která je obsažena v půdě a slouží primárně k růstu rostlin. Její celkový objem je větší než objem modré vody, přesto jí není věnováno příliš pozornosti. Zhruba dvě třetiny dešťové vody sytí půdu a jedna třetina stéká po povrchu a vytváří síť vodotečí a jezer. Obě vody se vrací výparem do atmosféry, ale zelená voda se větším dílem odpařuje z listů procesem evapotranspirace. Modrá voda má globální charakter, je transportována stovky kilometrů. Naproti tomu zelená voda má lokální charakter. Je nutné ji spotřebovat tam, kde dopadla. Existuje řada výpočtů, jaký je poměr zelené a modré vody. Nejrealističtěji se jeví odhad, že 60 tisíc krychlových kilometrů se na zemi váže do půd a 40 tisíc krychlových kilometrů do řek a jezer.

Půdu si můžeme představit jako uspořádanou směs agregátů, vody a vzduchu. V krychlovém metru půdy je průměrně 150–300 litrů vody. Roční srážky se na většině našeho území pohybují kolem 560 litrů na metr čtvereční. Pokud by se nám podařilo zvýšit schopnost půdy ukládat vodu, tak po celodenním dešti by se hladiny řek ani nezachvěly. Dříve tomu tak bývalo. Staří hospodáři si pamatují, že teprve po třídenním dešti se začaly zvedat hladiny řek, a povodně tak nastupovaly mnohem pomaleji.

V roce 2015 se během sucha několikrát stalo, že zapršelo, ale voda ve studních se nedoplnila, a to ani po několika srážkově průměrných měsících. Dešťová voda pronikla jen nehluboko pod povrch, kde zaplňovala nenasycenou oblast, až teprve hlouběji ležely zásobníky podzemní vody. Ve zdravé půdě by stačilo několikadenní mrholení, aby se voda dostala do podzemních zásobníků. Podzemní zásobníky se také v některých oblastech doplňují z tajícího sněhu, a to až ze 40 %. Problémem jsou tedy i zimy beze sněhu.

V podstatě existují tři hlavní způsoby, jak zelenou vodu zadržet. Prvním je péče o krajinu, druhým o kvalitu půdy a třetím o množství půdy. Abychom zadrželi co nejvíce zelené vody, je zapotřebí zmenšit zrno krajiny a zvýšit hrubost povrchu. Jinými slovy, je potřeba aby krajina alespoň ve svažitých terénech byla dělena mezemi a remízky, bylo v ní více mokřadů a míst umožňujících vsak. Poznatky z polopouštních oblastí ukazují, že meze slouží také jako zásobárna zelené vody na horší časy, což s přibývajícími tropickými letními dny je poměrně závažná informace. Pod plodinami, jako je kukuřice, je vhodné půdu přikrýt jinou plodinou, zabraňující erozi. Dalším problémem je styl orby, většinou se dnes orá kolmo na vrstevnice, jelikož je to snazší, ale důsledkem toho je odplavování půdy z polí. Správně by se mělo orat po vrstevnicích. Důležitá je také péče o kvalitu půdy, zejména nadměrně nezhutňovat půdy těžkou technikou a tím zamezovat vsaku. Při silných zimách, jaké jsou dnes už vzácností, docházelo k promrznutí půdy a jehličky ledu půdu načechrávaly. Organická hmota se do půdy dostávala jako chlívská mrva, vyzrálý hnůj, či zelené hnojivo. Dříve bylo hospodářství dimenzováno na optimální poměr mezi počtem dobytka a rozlohou půdy, tak aby se do půdy dostal dostatek uleželého hnoje. Organická hmota v půdě bobtná a odtlačuje od sebe půdní agregáty a tím půdu rozvolňuje. Kromě toho také na sebe váže živiny a vodu. Dnes však poměr mezi počtem dobytka a rozlohou půdy neplatí. Jako perspektivní se jeví průmyslové

kompostování, avšak je možné, že se v budoucnu budeme dívat na říční nivy jako na ložiska půdy.

Organické látky také slouží jako potrava pro drobné býložravce, jakými jsou například žížaly či krtci. Na dobře oživených polích se více než polovina dešťové vody vsakuje do různých nor a děr. Razantní použití pesticidů proto vede k ochuzení půdního života a dlouhodobě snižuje retenční vlastnosti a úrodnost půdy.

1.3.2.3. Šedá voda

Šedou vodou rozumíme veškerou vodu v městském prostředí včetně odpadních vod. Při zpracování odpadních vod je možné získávat jako vedlejší produkt fosforečnany nebo alespoň energetické pelety, když už ne hnojivo.

Způsoby, jak nakládat s šedou vodou jsou tři. Za prvé šetřit s pitnou vodou, za druhé zachytávat dešťovou vodu a dále ji využívat například na splachování záchodu, či zavlažování zahrady a za třetí recyklovat použitou vodu. Pokud budeme splachovat jen mírně upravenou dešťovou vodou, tak pitnou vodu ušetříme, a ještě uděláme něco málo pro povodňovou prevenci. Rovněž zalévání pitnou vodou je uši rvoucí, i když většinou nemáme jinou možnost.

Pokud ale vlastníme dům se zahradou, máme možnost provést úpravy zahrady tak, abychom jen neodváděli spadlou dešťovou vodu pryč z pozemku, ale využili ji v místě spadu. Mezi nejjednodušší úpravy, které může udělat kdokoliv téměř zadarmo, patří profilace zahrady a postavení překážek v místech, kudy dochází k odtoku vody z pozemku. Postavením překážky z kamenů či valu hlíny osázeným rostlinami dojde ke zpomalení odtoku a v kombinaci se zasakovacím průlehem zůstane i v případě vydatnějších dešťů většina dešťové vody na pozemku. Rovněž je vhodné zahradu osázet stromy a keři. Ty nejenom stíní a zabraňují přehřátí půdy a nadměrnému odparu vody, ale také tlumí přívalové deště. Kapka vody tak nedopadne velkou rychlostí na zem a nezpůsobí erozi půdy, ale postupně prostupuje list po listu stromem či keřem a až následně pomalu dopadne na zem a snadněji se vsákne. Rovněž zachytávání vody ze střech není nikterak technicky náročné. Pokud jsme toto nemuseli řešit ve fázi projektu a výstavby, můžeme využít ke sběru vody například sud, do kterého svedeme

vodu z okapových žlabů. Pozor si jen musíme dát na přeplnění sudu. Ideální je zajistit přeпад do zasakovacího průlehu, aleje stromů či vodního recipientu, pokud máme na zahradě třeba jezírko. V případě, že žádnou z těchto možností nelze provést, je možné přeпад ze sudu svézt do kanalizace, kam by ostatně dešťová voda bez použití sudu odtékala rovnou.

Ideální je však řešit nakládání s dešťovou vodou již ve fázi projektu. Legislativa v České republice umožňuje výjimku, kdy není potřeba řešit vsakování dešťové vody, a to, pokud poměr výměry části pozemku schopné vsakování dešťové vody k celkové výměře pozemku činí v případě:

a) samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4,

b) řadového rodinného domu a bytového domu 0,3.

Pokud splňujeme tyto podmínky, nemusíme vsak řešit a můžeme rovnou přistoupit k variantě akumulace vody v nádrži. Pokud nádrž na dešťovou vodu není z různých důvodů možné realizovat, je poslední možností odvod dešťové vody do kanalizace. V létě ale přibývají tropické dny, zahrady jsou vyprahlé a nezdravě vypadající, a proto je vhodné mít alespoň nějakou vodu v akumulární nádrži pro zalévání, abychom nemuseli příliš plýtvat pitnou vodou.¹⁰

1.3.3. Hydrogeologie

Hydrogeologie je vědní obor, který se zabývá původem, výskytem, pohybem, fyzikálními a chemickými vlastnostmi podzemních vod ve vztahu ke složení a stavbě podzemních vod. Hlavním cílem hydrogeologie je vyhledávání zdrojů podzemní vody, hodnocení její jakosti a využitelného množství. Dalším neméně důležitým úkolem hydrogeologie je ochrana a sanace podzemních vod v rámci ochrany životního prostředí.¹¹

¹⁰ CÍLEK, pozn. 6, s. 15.

¹¹ Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright © [cit. 28.12.2019]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf)

1.3.3.1. Hydrologický cyklus

Hydrologickým cyklem nazýváme neustálý oběh vody spojený se změnami jejího skupenství. Voda se vypařuje (evaporace) z oceánů, řek, vodních nádrží a zemského povrchu, stejně tak jako z rostlin a stromů (transpirace). Pohybem vzduchových mas způsobených nestejným zahříváním vzduchu nad pevninou a oceány je vodní pára a drobné kapičky vody v oblacích neustále přemísťována, až zkondenzuje a dopadá zpět ve formě srážek či sněhu na zemský povrch. Část vody odtéká jako povrchová voda, část se vypařuje zpět do ovzduší nebo se vsakuje do půdy, tzv. zelená voda. V případě dlouhých dešťů se voda infiltruje přes půdu hlouběji a doplňuje zásoby podzemní vody. Tato voda pak po určité době znovu vystupuje na povrch ve formě pramenů nebo vyvěrá přímo v korytech vodních toků a celý cyklus se znovu opakuje.¹²

1.3.3.2. Podzemní voda

Podzemní voda je veškerá voda v kapalném skupenství pod zemským povrchem, nikoliv však voda vázaná na částice minerálů a hornin. Voda obsažená v půdě při styku s atmosférou se nazývá vodou půdní a dohromady s podzemní vodou tvoří vodu půdní. Podzemní voda s běžným obsahem rozpuštěných látek je voda prostá a používá se pro úpravu na pitnou vodu, naopak podzemní voda s obsahem rozpuštěných minerálních látek splňující požadavky lázeňského zákona č. 164/2001 Sb. se nazývá vodou minerální. Má-li voda minerální léčivé účinky, jedná se o vodu léčivou.

Podzemní voda se v horninách vyskytuje v dutinách. Nejvýznamnější z dutin jsou průliny neboli póry, v těch se drží nejvíce vody. Na území České republiky se hojně vyskytují pukliny, oproti průlinám v nich není tak velké množství vody a jsou tím pádem náchylné na počasí (v období sucha vyschne studna, kterou napájí puklina). Ojedinele se můžeme setkat i s krasovými dutinami. Poměrný objem dutin v půdě se nazývá pórovitost, která je úzce spjata se schopností půdy zadržovat vodu.

¹² Koloběh vody – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kolob%C4%9Bh_vody

Propustná hornina schopná zadržovat vodu se nazývá hydrogeologický kolektor, nepropustná je hydrogeologický izolátor. Voda vyplňující kolektor se stejnými vlastnostmi vod a znaky hydrogeologického režimu se nazývá zvodeň. Pokud je tlak v kolektoru na hladině podzemní vody rovný atmosférickému, jedná se o volnou hladinu, pokud je vyšší než atmosférický, tak po proražení izolátoru nad zvodní dojde k vystoupaní hladiny až do úrovně, která odpovídá jejímu tlaku. Tato úroveň se nazývá piezometrickou úrovní. Svislá vzdálenost podzemní vody od terénu je hloubka hladiny podzemní vody. V případě napjaté hladiny, je svislou vzdáleností od terénu piezometrická výška. Podzemní voda s napjatou hladinou, která vystoupá nad terén, má kladnou hladinu a nazývá se artéskou vodou. V případě, že voda nevystoupá nad terén, má hladinu zápornou.

Spojením míst se stejnou úrovní hladiny v mapovém podkladu vzniknou hydroizohypsy. Podzemní voda se dostává do pohybu účinkem vnějších sil, obzvláště gravitací. Rychlost proudění je vektor. K měření rychlosti a směru proudění se používají stopovače neboli látky, které se dají ve vodě zjistit i při velkém zředění.

1.3.3.2.1. Pohyb podzemní vody

Srážková voda, která neodteče po zemském povrchu a neodpaří se do atmosféry, se dostává infiltrací pod zemský povrch a po dosažení hladiny podzemní vody pokračuje ve svém oběhu horninovým prostředím k místu odvodnění. Část podzemní vody vyvěrá na zemský povrch formou pramenů, ale značná část vyvěrá přímo do povrchových toků či nádrží povrchových vod.

Pohyb vody je určen vlastnostmi horninového prostředí, prostorovým uspořádáním kolektorů a izolátorů, působením energie (je dána spádem mezi místy infiltrace a odvodnění). Směr pohybu je dán prostorovým uspořádáním dutin v horninách a směrem působení hydraulického gradientu. V rámci hydrogeologie se uvažuje laminární proudění vody, na které se vztahuje Darcyův zákon. Horninové prostředí má v různých směrech různou propustnost, je anizotropní. Příkladem jsou sedimentární horniny, které mají propustnost ve směru vrstev několikanásobně vyšší než ve směru kolmém k vrstvám.

1.3.3.3. Hydrogeologický průzkum

Hydrogeologický průzkum se provádí za účelem získání potřebných informací o poměrech výskytu podzemní vody, v horninovém prostředí pro jejich využívání a ochranu. Hydrogeologický průzkum se dělí na základní (stanovení základních hydrogeologických charakteristik), regionální (ocenění využitelnosti zásob podzemní vody v nižších kategoriích) a účelový (podrobnější ověření využitelnosti podzemní vody). K provádění hydrogeologického průzkumu se používají různé metody, jako například hydrologické (bilance podzemních vod, měření srážek a výparu, stanovení odtoku apod.), sondážní, hydrogeochemické, hydrodynamické a mnoho dalších.¹³

1.3.4. Nakládání s dešťovou vodou na stavebním pozemku

1.3.4.1. Volba způsobu odvodnění

Obecně by na stavebním pozemku měl být podporován výpar srážkové vody do ovzduší za účelem zlepšení mikroklimatu urbanizované oblasti. Do ovzduší by se mělo odpařit alespoň 30 % spadlé srážkové vody. U rodinného domu se zahradou to většinou nebývá takový problém. Komplikace nastávají u bytových domů a obecně v městské zástavbě, kde jen malá část pozemku zůstane vyčleněna na zahradu a zbytek pozemku je zastavěn či vydlážděn. V takovém případě je vhodné si pomoci zelenými střechami nebo vegetační fasádou, kde k odparu dochází hlavně prostřednictvím vegetace (transpirace).

Při volbě způsobu odvodnění se musí brát zřetel na místní proveditelnost a přípustnost. Volba způsobu odvodnění se řídí prioritami v následujícím pořadí. První na řadu přichází odvádění srážkových vod do půdního a horninového prostředí (vsakování). Při nedostatečné vsakovací schopnosti hornin se provádí kombinace vsaku s retenční nádrží a regulovaným odtokem. Pokud z důvodu nepropustnosti hornin nelze provést první variantu, na řadu přichází retence srážkové vody s regulovaným odtokem do

¹³ Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright © [cit. 28.12.2019]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf)

povrchových vod. V případě, že není možnost odvádění srážkové vody do vodního recipientu, je poslední variantou retence dešťové vody a její regulovaný odtok do jednotné kanalizace. Je to nejméně vhodná varianta, vodu z pozemku odvádíme hned pryč bez využití. Nepřispíváme k tvorbě lepšího mikroklimatu, ani k doplňování podzemních vod.

Pro případ, že půda bude nasycená a voda se nebude vsakovat dostatečně rychle, je zapotřebí zbudovat bezpečnostní přeliv vsakovacího objektu.

Při regulovaném odtoku srážkových vod do povrchových vod lze hospodaření s dešťovou vodou řetězit. Nejprve se provedou úpravy přímo u zdroje, tedy minimalizace zpevněných povrchů, použití propustných zpevněných povrchů, pravidelné čištění povrchů, zelené střechy, akumulace srážkové vody například pro zalévání zahrady apod. Poté je vhodné provést opatření na odvodňovaném pozemku, jako například průlehy, rýhy, vsakovací šachty. Posledním článkem v řetězci hospodaření s dešťovou vodou je opatření společné pro více pozemků. Spočívá v zaústění regulovaných odtoků a vod z bezpečnostních přelivů do umělých mokřadů či suchých zatravněných retenčních nádrží.

System hospodaření s dešťovou vodou je potřeba chránit před extravilánovými vodami, se kterými je vhodné nakládat mimo zastavěné území.

Přípustnost

Přípustnost je nutno posuzovat ve vztahu s příjemci srážkových vod. Nejdůležitějšími aspekty jsou ochrana povrchových vod, půdy a podzemních vod. Srážkové vody jsou znečištěny látkami v atmosféře a látkami obsaženými v materiálech, po kterých stékají (střechy, zpevněné plochy). Stupeň znečištění srážkových vod je zapotřebí zohlednit při volbě způsobu nakládání.

Proveditelnost

Proveditelnost se zkoumá na základě místních podmínek v pořadí priorit viz kapitola volba způsobu odvodnění. Závisí na geologických podmínkách, velikosti odvodňované plochy, dostupnosti vodního toku nebo kanalizace, na množství srážkových vod, na možnostech retence a technologických možnostech. Je zapotřebí

vybrat jak vhodnou variantu pro životní prostředí, tak i ekonomicky přijatelnou pro stavebníka.

1.3.4.2. Vsakování srážkové vody

Nejdříve se musí provést geologický průzkum, který zhodnotí, zda je vsakování srážkových vod na pozemku možné a v jaké míře.

Parametry rozhodující o proveditelnosti vsakování z geologického hlediska:

- vsakovací schopnost půdy, na čemž závisí velikost vsakovacího zařízení
- mocnost špatně propustných vrstev nad horninovým prostředím do něhož se vsakuje, která ovlivňuje technické řešení vsakování
- hloubka podzemní vody, přičemž základová spára vsakovacího zařízení má být alespoň 1,0 m nad hladinou podzemní vody

Parametry ovlivňující technické řešení vsakování:

- prostorové možnosti, které jsou podstatné pro návrh velikosti retenčního objemu a vsakovací plochy
- poměr odvodňované plochy a vsakovací plochy, který je směrodatný pro hydraulické zatížení vsakovacího zařízení a jeho čistící účinek
- prostorové možnosti rozhodují o použití povrchového nebo podzemního vsakovacího zařízení
- sklon terénu – maximální sklon terénu, který je ještě vhodný pro povrchové vsakování je 5 %

Parametry rozhodující o přípustnosti vsakování:

Dle ŠSN 75 9010 jsou srážkové vody klasifikovány podle stupně znečištění na vsakování přípustné, podmíněně přípustné a vody z potenciálně výrazněji znečištěných ploch.

- pro vody přípustné lze použít povrchové i podzemní vsakování
- podmíněně přípustné vody smí být zasakovány povrchově přes zatravněnou humusovou vrstvu sloužící jako filtr nebo v podzemním vsakovacím objektu s předčištěním
- potenciálně vysoce znečištěné vody je zakázáno vsakovat, pokud je to nevyhnutelné, je potřeba celý jejich objem zachytit, předčistit, prokázat, že voda je přípustná k vsakování a získat souhlas vodoprávního úřadu
- vsakování v místech se starou ekologickou zátěží je zakázáno

- v případě znečištění půdy v důsledku vsakování se půda stává součástí vsakovacího objektu a je na ní zakázáno pěstovat plodiny určené ke konzumaci
- srážkovou vodu dopadající na střechy s celkovou plochou neošetřených kovových částí větší než 50 m², napojenou na jedno vsakovací zařízení je zakázáno vsakovat

Volba technického řešení

- upřednostňované vsakování je povrchové přes souvislou zatravněnou vrstvu humusu
- plošné vsakování přes nesouvisle zatravněnou vrstvu (zatravněvací tvárnice) nebo přes plochu s nedostatečnou humusovou vrstvou (porézní materiály) má velmi nízkou čisticí účinnost, proto tyto plochy neslouží jako vsakovací zařízení, do něhož je svedena voda z ostatních ploch, ale ke snížení odtoku srážkové vody
- centrální způsob vsakování ať už v nádrži nebo v systému průlehů a rýh má v důsledku vyššího hydraulického zatížení nižší účinnost čištění, proto znečištěné vody je nutno doplnit předčištěním
- podzemní vsakování s přímým vsakováním do propustnějších vrstev půdního prostředí bez průchodu zatravněnou humusovou vrstvou je povoleno jen nejméně znečištěné srážkové vodě
- upřednostňuje se vsakování liniové (vsakovací rýhy) a plošné (podzemní prostory vyplněné šterky nebo plastové bloky) před zasakováním bodovým (vsakovací šachty)

Podzemní vsakovací zařízení je nutné chránit mechanickým přečištěním, aby nedocházelo k nadměrnému zanášení vsakovacího zařízení a snížení vsakovací schopnosti.

1.3.4.3. Odvádění srážkové vody do vod povrchových

Pokud není možné vsakování, přichází na řadu odvádění dešťové vody do vodního recipientu. Nejdříve je nutné provést terénní průzkum podmínek pro odvádění dešťových vod do vod povrchových. Tím se zhodnotí dostupnost povrchových vod, svodnic nebo dešťové kanalizace, jejichž prostřednictvím by měla být voda dopravována do vod povrchových. V případě jednoduchých staveb pro bydlení a rekreaci se za proveditelné považuje napojení do vzdálenosti 100 m, v případě větších staveb až 500 m. Odvodnění musí být proveditelné gravitačně.

Parametry ovlivňující přípustnost odvádění srážkových vod do povrchových vod:

- míra a druh znečištění
- citlivost povrchových vod (ryby apod.)
- velikost hydrobiologického stresu vodních toků, způsobeným nárazovým přítokem

Preferovaným způsobem odvádění srážkových vod do vod povrchových je pomocí svodnic, které podporují výpar, například příkop. Pokud to není možné, voda se odvádí potrubím. V potrubí nedochází k odparu ani vsaku, všechna voda odeče do vodního toku, který je více zatěžován kulminačním odtokem než v případě otevřených svodnic. V případě znečištěných vod je dle míry znečištění potřeba vodu před vypuštěním do povrchových vod předčistit.

1.3.4.4. Odvádění srážkové vody do jednotné kanalizace

Pokud není možné vsakování ani odvod dešťové vody do povrchových vod, je poslední variantou odvod dešťové vody jednotnou kanalizací. Jedná se o nejméně vhodný odvod dešťové vody, protože veškerou vodu odvedeme pryč bez dalšího využití. Nijak tím nepřispíváme lokálnímu mikroklimatu, ani zásobám podzemní vody. Naopak zatěžujeme kanalizaci a tím, že je dešťová voda svedena do kanalizace společně se splašky, ji znehodnotíme.

Při návrhu je potřeba zkontrolovat schopnost kanalizace bezpečně odvést srážkovou vodu. Pro snížení kulminačního odtoku se navrhuje akumulární nádrže s regulovaným odtokem do kanalizace.

1.3.4.5. Technické řešení

1.3.4.5.1. Snížení a prevence vzniku srážkového odtoku u zdroje

Vegetační a štěrkové střechy

Navrhují se za účelem snížení srážkového odtoku, zvýšení evapotranspirace a celkově ke zlepšení místního mikroklimatu. Zelené střechy tak přispívají k čištění srážkové

vody, která se čistí při průchodu souvrstvím střechy a již není zapotřebí ji dále dočišťovat před vsakováním, odvodem do povrchových vod či jednotné kanalizace.

Vegetační střecha se skládá z konstrukce střechy, filtrační vrstvy a vegetačního pokryvu. Štěrková střecha nemá vegetační pokryv. Filtrační vrstva u vegetačních střech musí být dobře propustná s vysokou retenční schopností a zároveň lehká. Štěrkové střechy se navrhují jako ploché, vegetační mohou mít sklon až 1:3.

Jsou to střechy náročné na nosné konstrukce, jelikož je zapotřebí nosné konstrukce navrhnout nejen na zatížení od souvrství střechy, ale musí se přičíst i hmotnost vody při plném nasycení souvrství.

Extenzivní vegetační střechy

Jsou to střechy nenáročné na údržbu, zpravidla nepochozí. Vegetační pokryv je na celé ploše střechy, kvůli požadavkům na minimální údržbu se využívají rostliny s nízkou mírou růstu a nízkými nároky na údržbu. Ideálními adepty jsou víceleté suchomilné rostliny, protože se na extenzivních střechách nepočítá se závlahovým systémem.

Intenzivní vegetační střechy

Navrhují se zpravidla jako pochozí, část střechy tvoří vegetace, část je vyčleněna pro užívání, například terasy. Vegetace je obhospodařována a tvoří okrasnou funkci. Obvykle má vyšší vrstvu filtrační vrstvy, jelikož se na ní pěstují náročnější a větší druhy rostlin a dřevin než na střechách extenzivních. Z toho plyne velké zatížení na stavební konstrukce, které se promítá hlavně do ekonomické stránky.

Propustné zpevněné plochy

Již na počátku návrhu projektu je vhodné rozmyslet množství nepropustných zpevněných ploch. Je vhodné co nejvíce zachovat propustné plochy nebo alespoň využívat tzv. polopropustné materiály, jako jsou například zatravnovací tvárnice, kamenná či betonová dlažba s pískovými spárami, porézní asfalt, štěrkové vrstvy apod. Nejlépe ale z hlediska ochrany přírody a nakládání s dešťovou vodou vychází přirozený vegetační pokryv s humusovou vrstvou a přirozeným vsakem.

1.3.4.5.2. Akumulace a využívání srážkové vody

Srážkovou vodu lze využívat všude tam, kde není zapotřebí voda pitná. Jako například zalévání zahrady, praní, mytí aut, splachování WC a úklid. Uspoříme tak pitnou vodu, a ještě se vypořádáme se spadlou dešťovou vodou, která v případě přívalových dešťů kulminačním průtokem zatěžuje kanalizaci a přispívá k tvorbě povodní. Podle účelu, pro který bude srážková voda využívána, volíme systém akumulace vody. První způsob je se sníženými nároky na jakost dešťové vody, která bude využívána pouze k zavlažování. V případě využívání dešťové vody k ostatním činnostem jsou kladeny zvýšené nároky na jakost vody a technologické vybavení systému.

Můžeme zvolit mezi nádrží podzemní nebo stojící na terénu. Nádrž stojící na terénu je méně náročná na stavební práce, avšak má řadu nevýhod. Akumulační nádrž stojící na terénu nebývá nikterak pohledná a její velkou nevýhodou je nemožnost akumulovat vodu v zimních měsících, kdy je teplota pod bodem mrazu. Navíc v letních měsících je voda více zahřívána než voda v podzemních nádržích a rychleji se kazí.

Systém akumulace nelze použít jako samostatný prvek. Je zapotřebí jej vhodně doplnit například vsakovacím zařízením, aby nedošlo k přeplnění akumulační nádrže.

1.3.4.5.3. Povrchové vsakování

Jak již bylo zmíněno, nejvhodnější variantou vsakování je povrchové. Existuje několik způsobů povrchového vsakování jako například plošné vsakování, vsakovací průleh, vsakovací průleh-rýha a vsakovací nádrž.

Vsakování plošné

Pro plošné vsakování se využívá zatravněná plocha s humusovou vrstvou se sklonem maximálně 1:20. Při tomto způsobu vsakování dochází k filtraci nerozpuštěných látek, iontové výměně, adsorpci těžkých uhlovodíků a k biologickému rozkladu rozložitelného znečištění. Účinnost filtrace závisí na zrnitosti materiálu (nejvhodnější je jemnozrný) a účinnost sorpce závisí na obsahu humusu, jílu, oxidů železa, hliníku a manganu. Plošné vsakování se využívá zejména k odvodňování komunikací

a parkovišť. Při plném nasycení vsakovacího zařízení vodou je nutno zajistit odvod dešťové vody do vod povrchových, do jednotné kanalizace či zařadit za objekt plošného vsakování další objekt, například vsakovací průleh.

Složení vsakovací svrchní vrstvy:

- minimálně 20 cm humusové vrstvy
- hmotnostní obsah jílu přibližně 10 %
- obsah humusu minimálně 3 %
- hodnota pH půdy 6 až 9
- hydraulická vodivost K od 10^{-4} m/s až 10^{-5} m/s

Složení vsakovací spodní vrstvy:

- minimálně 30 cm písčitojílité půdy
- hmotnostní obsah jílu 10 % až 35 %
- hmotnostní obsah humusu méně než 1 %

Svrchní vrstva je brána za součást vsakovacího zařízení a nevztahují se na ni ochranná opatření. Je ale potřeba kontrolovat míru kontaminace svrchní vrstvy a v případě potřeby půdu vyměnit. Možné je i předřadit před plošné vsakování adsorpční zařízení.

Vsakovací nádrž

Hovoříme-li o vsakovací nádrži, poměr mezi redukovanou a odvodňovanou plochou musí být větší než 15. Ve vsakovací nádrži je zatravněná plocha s humusovou vrstvou stejná jako u plošného vsakování, ale výhodou je možná retence vody, která se odvíjí od velikosti vsakovací nádrže. Hydraulická vodivost podloží by měla být větší než $1 \cdot 10^{-5}$, protože jinak by docházelo k příliš pomalému vsakování a voda by zůstávala v nádrži příliš dlouho.

Hloubka nadržení ve vsakovací nádrži se pohybuje od 0,3 m až 2,0 m. Sklon svahů nádrže by kvůli bezpečnosti pohybu osob a zvířat neměl být vyšší než 1:4. V případě oplocení nádrže je možné sklon zvýšit až na 1:2, což je hranice pro udržení humusové vrstvy na svahu nádrže.

Při návrhu je potřeba brát v úvahu možnou kolmataci nádrže (zanášení). V některých případech je vhodné před nádrž zařadit další objekt, například kalovou jímku.

Vsakovací průleh

Pokud není k dispozici dostatečná plocha pro plošné vsakování, navrhuje se vsakovací průleh. Jedná se o mělké povrchové vsakovací zařízení, kde může docházet ke krátkodobé retenci. Vsakování probíhá přes zatravněnou humusovou vrstvu. Pro zvýšení filtračního efektu a snížení rizika eroze je vhodné vodu přivádět do vsakovacího zařízení po délce průlehu přes zatravněný pás. Hloubka nadržení by ve vsakovacím průlehu neměla přesáhnout 0,3 m a hydraulická vodivost má být vyšší než $5 \cdot 10^{-6}$, aby vlivem dlouhé retence vody nedocházelo ke snížení vsakovací schopnosti a úhynu vegetačního krytu na dně průlehu. Svah průlehu by neměl být vyšší než 1:2.

Opět je potřeba brát zřetel na možnou kolmataci a v případě potřeby předřadit zařízení pro zachytávání nečistot.

Poměr mezi redukovanou odvodňovanou plochou a vsakovací plochou se u průlehu pohybuje obvykle od 5 do 15.

Vsakovací průleh – rýha

Vsakovací průleh-rýha se navrhuje tam, kde je zapotřebí zvýšit retenční schopnost a vsakovací výkon do propustnějších půdních vrstev, kvůli špatným vsakovacím schopnostem vrchních vrstev $K < 5 \cdot 10^{-6}$. Jedná se o kombinaci vsakovacího průlehu a rýhy, která je umístěna pod vsakovacím průlehem a vyplněna kamenivem zbaveným prachu frakce 16/32 mm. Místo štěrku lze použít plastové zasakovací bloky.

Pro návrh vsakovacího průlehu s rýhou platí stejné podmínky jako pro návrh vsakovacího průlehu. V případě, kdy je zařízení průleh-rýha navržena jako liniová stavba, je vhodné ji kvůli možné erozi přehradit příčnými zemními hrázkami.

1.3.4.5.4. Podzemní vsakování

Pokud není možné povrchové vsakování, přichází na řadu podzemní vsakování. Oproti povrchovému vsakování se jedná o způsob více technicky náročný a s potřebou předčištění vody, jelikož srážková voda neprochází skrze zatravněnou humusovou vrstvu simulující filtraci.

Vsakovací rýha

Vsakovací rýhou je liniové vsakovací zařízení vyplněné štěrkovým materiálem frakce 16/32 mm s retencí a vsakováním do propustnějších půdních vrstev.

Přívod vody je vhodné realizovat povrchově přes zatravněný pás, pokud to není možné a přívod vody se musí realizovat jako podpovrchový, je potřeba před zařízením instalovat kalovou jímku s revizní šachtou.

Podzemní prostory vyplněné štěrkem nebo bloky

Jedná se o plošný objekt, do kterého se voda přivádí přes vstupní šachtu nebo vstupním otvorem. Před objekt je vhodné předřadit zařízení pro zachytávání kalu.

Vsakovací šachta

Vsakovací šachta slouží k bodovému vsakování a používá se spíše jen na zasakování dešťové vody ze střech, na kterých se nenachází neošetřené kovové části nad 50 m². Šachta by neměla prostupovat nepropustnými vrstvami, které chrání podzemní vodu. Před vsakovací šachtou se zpravidla umísťují prvky pro předčištění srážkových vod, například filtrační šachta, kalová jímka apod.

Pro návrh vsakovací šachty se musí posoudit vhodnost tohoto řešení v závislosti na ochraně jímacích zdrojů a obecné ochrany podzemních vod provedené v geologickém průzkumu pro vsakování.

1.3.4.5.5. Vsakování s regulovaným odtokem

Pokud půdní a horninové prostředí nemá dostatečné vsakovací schopnosti ($K < 1 \cdot 10^{-6}$), jako alternativa se nabízí kombinace vsakování s regulovaným odtokem do povrchových vod či jednotné kanalizace. Nejvhodnějším řešením je použití vsakovacího zařízení s regulovaným odtokem v kombinaci se zasakováním přes zatravněnou humusovou vrstvu.

Vsakovací průleh-rýha s regulovaným odtokem

V tomto případě je rýha doplněna drenážním odvodňujícím potrubím zakončeným regulátorem odtoku. Pro průleh i pro rýhu musí být bezpečnostní přeliv vyhotoven zvlášť.

Vsakovací nádrž s regulovaným odtokem

Regulátor je umístěn ve sdruženém objektu s bezpečnostním přelivem. Šachtu s regulátorem je potřeba chránit před zanesením.

Vsakovací rýha s regulovaným odtokem

Rýha je odvodněna drenážním potrubím zakončeným regulátorem odtoku.

1.3.4.5.6. Odvádění do povrchových vod

Pro odvádění srážkových vod do vod povrchových je nutné použít retenční nádrže ke snížení kulminačního odtoku, čímž dojde k zabránění narušení přirozeného prostředí v příjemci (vodní nádrže, řeky) srážkové vody. Retenční nádrže se navrhuje jako suché nebo se stálým nadržáním. Pro zlepšení místního mikroklimatu je vhodné navrhovat retenční objekty jako povrchové nádrže, které podporují evapotranspiraci.

Retenční objekt je pak vybaven regulátorem odtoku, který se nastaví v závislosti na požadavcích příjemce srážkových vod. Každý retenční objekt musí být také vybaven bezpečnostním přelivem pro případ přeplnění při přívalových deštích. Přepad se většinou realizuje do jednotné kanalizace nebo do příkopu, pokud to místní podmínky dovolí.

Suché retenční nádrže

Nádrž se plní při srážkovém odtoku, čímž snižuje kulminační průtok a pomocí regulátoru se postupně vyprazdňuje. Nejčastěji se suché nádrže navrhují s vegetačním pokryvem. Regulátor odtoku se osazuje do samostatné šachty. K zabránění zanášení retenční nádrže je vhodné na přítoku vody zbudovat oddělený prostor určený k usazování naplavenin.

Suché retenční nádrže mohou být navrhovány pro několik stavebních objektů dohromady, ale i jako decentrální nádrže u jednotlivých nemovitostí, což bývá většinou řešeno jako průleh.

Pro odvodnění pozemní komunikace se navrhují průlehy jako liniové stavby se sklonem a jsou rozděleny kvůli erozi zemními hrázkami.

Podzemní retenční nádrže

Pokud je to možné, umisťují se vně budovy. Jsou tvořeny buď potrubím o velkém průměru nebo vodotěsnou jámkou z betonu či plastu. Místo odtoku je v nejnižším místě nádrže a je osazené regulátorem odtoku. Stejně jako u suché nádrže se doporučuje v místě vtoku zbudovat oddělený sedimentační prostor. Podzemní retenční nádrž musí být osazena poklopem, který plní funkci revizní a odvětrávací, z toho vyplývá, že nelze používat vzduchotěsné poklopy, ale spíše poklopy zajišťující výměnu vzduchu, například mříže.

Retenční dešťové nádrže se zásobním prostorem

Jedná se o kombinaci akumulární a retenční nádrže. Přijdou-li přívalové deště, retenční nádrž zadrží vodu a postupně ji vypouští, čímž napomáhá k zabránění vzniku kulminačního průtoků s následnou možností vzniku povodní. Avšak nádrž se nevypouští celá, ale pouze po úroveň zásobního prostoru, kde zůstává zadržená voda k dalšímu využití.

V zastavěném prostředí plní hlavně estetickou funkci, zlepšují mikroklima, ochlazují okolí a podporují výpar vody.

Regulátor odtoku se nachází v jímce na úrovni hladiny stálého nadržení. Pro omezení vnosu nerozpuštěných látek je vhodné zbudovat v místě vtoku oddělený sedimentační prostor.

Retenční dešťové nádrže lze provozovat jako biotop. Pro zvýšení účinnosti čištění je vhodné vodu cirkulovat přes biologické čištění vody. Tématu biotop se budu podrobně věnovat v následujících kapitolách.

Umělé mokřady

Umělé mokřady jsou mělké nádrže se stálým nadržáním a vegetačním porostem, který plní funkci biologického čištění vody. Jejich hlavní funkcí je zvlhčování prostředí, biologické čištění vody, zadržování a plynulý odtok vody. Regulátor odtoku je umístěn v jímce na úrovni hladiny stálého nadržení. Umělé mokřady je opět vhodné na vtoku doplnit sedimentačním prostorem.

1.3.4.5.7. Odvádění do jednotné kanalizace

Poslední nejméně vhodnou variantou nakládání s dešťovými vodami je její odvod do jednotné kanalizace. Zpravidla kvůli nadměrnému zatěžování kanalizace kulminačním průtokem se navrhuje retenční nádrž, která obsahuje regulátor odtoku nastavený dle místních podmínek. Součástí nádrže je přeliv, který bezpečně odvede srážkovou vodu v případě přívalových dešťů.¹⁴

¹⁴ TNV 75 9011: HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVÝMI VODAMI.

2. Vymezení řešeného území s návrhem koupacího biotopu, jako charakteristického reprezentanta možného řešení nakládání s dešťovou vodou

V posledním desetiletí se rozmohlo budování malých vodních ploch na soukromých zahradách. Dříve byly využívány hlavně bazény, nyní ale trend modrých bazénů ustupuje a přenechává svou pozici přírodně vypadajícím koupacím jezírkům. Velkou nevýhodou bazénů je jejich nepřirozený vzhled a používání chemie k udržení průzračně čisté vody. Taková voda se nazývá vodou „mrtvou“. Nežijí v ní žádné organismy, jelikož chemie používaná do bazénů je všechny zahubí. Ani pro člověka není voda z bazénů nikterak prospěšná, obzvláště pro malé děti a alergiky. Člověk vodu z bazénu sice přímo nepije, ale naše sliznice a kůže jsou na ni velmi citlivé.

Přínos nově budovaných malých vodních děl na zahradách se zdá být pro životní prostředí zanedbatelný, ale opak je pravdou. Díky svému velkému počtu přispívají hlavně v urbanizovaných oblastech ke zlepšení místního mikroklimatu. Jezírka ještě navíc poskytují útočiště pro vodní živočichy, rostliny, ptáky, hmyz a obojživelníky. Typickými zástupci jezírkových obyvatelů jsou skokani, ropuchy, čolci, pakomáři, vážky, šidélka a ploštice.¹⁵

Důvody pro zřízení koupacího jezírka:

- estetika a duševní hygiena
- zlepšení mikroklimatu, vodní plocha odparem ochlazuje prostředí, čistí vzduch a přispívá k tvorbě rosy
- využití vody z jezírka na zavlažování
- žáby a vážky okupující jezírko likvidují typické zahradní škůdce
- sport a rekreace
- podpora biodiverzity
- možnost chovu ryb a mnoho další

¹⁵ CÍLEK, pozn. 6, s. 15.

2.1. Historie koupacích jezírek

První koupací jezírka pocházejí z Německa, kde z koupacího bazénu doplněním o koupací zónu vzniklo koupací jezírko, ve kterém rostliny vysázené při břehu čistily vodu z koupací části. V osmdesátých letech 20. století se koupací jezírka začala šířit i do Rakouska.

Rozvoj zakládání jezírek v německých zemích do jisté míry ovlivnil mimo jiné zvýšení cen energií, jelikož provoz koupacího jezírka je v porovnání s bazénem podstatně levnější, a to i když koupací jezírko doplníme čerpadlem a čističkou. Svou zásluhu na rozvoji jezírek má paradoxně velký nárůst alergologických onemocnění, rakoviny a potíží s dýchacími cestami, jelikož k těmto nemocem výrazně přispívají chemické látky, které se přidávají do bazénů.

V Rakousku a Německu se již veřejná koupací jezírka stala běžnou součástí veřejného prostoru, zatímco u nás s tím teprve začínáme a po technické stránce je ještě co vylepšovat.

2.2. Biotop

Přírodní biotop je jezírko fungující bez technického čistícího systému a bez přidávaných chemikálií, kde můžeme pozorovat rostliny, ryby, hmyz a další živočichy v přirozeném prostředí. Narazíme-li v přírodě na čisté jezírko, v němž můžeme pozorovat život pod hladinou díky průzračné vodě, nebude z estetického hlediska nijak „hezké“. V jezírku bude spadané listí, vyvrácené stromy a tlející rostliny. O čištění vody a vyvážený stav biotopu se stará sama příroda. Reguluje stav vodního hmyzu a ryb, které jsou součástí potravinového řetězce, a z odpadních látek vytváří hnojivo pro rostliny, řasy a bakterie.

Nejdříve začínají bujet řasy, které jsou důležité, protože snižují množství dusíkatých látek ve vodě a zároveň jsou potravou pro vodní živočichy. Řasy žere převážně vodní hmyz, pulci, šneci a ryby. Ryby žerou pulce a vodní hmyz. Exkrementy ryb slouží jako

potrava pro vodní rostliny. Příroda sama nastolí v biotopu rovnováhu, je to nelítostný boj, přežijí jen ti nejsilnější.

Procesy v biotopu probíhají velmi pomalu. Musíme se smířit s tím, že v přechodových měsících vypadá často nevábně. Na jaře je hladina posetá řasami a žabincem, na podzim pak biotop zamoří padající listí a větvičky stromů. Zezelená-li voda, biotop tento stav obvykle sám zvládne, vodní živočichové jsou schopni drobné zelené řasy zcela zlikvidovat.

Biotopy se v přírodě samy rodí, ale i samy umírají. Náhodně vzniklé jezírko například v prohlubni vyvráceného stromu má jen omezenou životnost. Prohlubeň se zaplní vodou, začne být okupována vodními rostlinami, hmyzem a obojživelníky. Ptáci čase zanesou i jikry ryb. V případě nadbytku krmiva se ryby množí až dojde k jejich přemnožení. Kvůli zhoršeným podmínkám následně uhynou a rozloží se. Hnilobné procesy přispívají k rozvoji rostlin a planktonu a vodní hmyz se stává potravou pro nové ryby. Tento cyklus se může několikrát opakovat až do zániku biotopu, například v důsledku sucha.

Základním kamenem k návrhu správně fungujícího biotopu je porozumění procesům probíhajících v přírodních vodních nádržích.

V České republice se nyní hojně realizují „přírodní koupací biotopy“ pro veřejnost. Tento název v člověku evokuje dojem, že se jedná o jezírko, které se čistí zcela samo na základě přírodních procesů. Jelikož se ale má jednat o zařízení, které budou denně navštěvovat stovky lidí, koupací nádrž by musela mít mnohonásobně větší regenerační zónu, aby si udržela kvalitu vody požadovanou pro veřejná koupaliště. Proto se čištění vody napomáhá technickými prostředky, avšak zcela bez použití chemie. Správným názvem by tedy spíše mělo být „přírodní koupací jezírko“.

2.3. Koupací jezírko

Koupací jezírko je specifické svým rozdělením na koupací hlubokou část bez rostlin a bez substrátu a na mělkou část se substrátem, ve kterém rostou vodní rostliny, které si živiny berou z vody a tím ji čistí. Snahou u koupacího jezírka je udržet ve vodě

rovnováhu. Není zde nadbytek živin, ale ani jejich nedostatek. Lze jej realizovat čistě jako přírodní se samočisticím efektem, ale samozřejmě nikdy nedosáhneme takové kvality vody, jako u jezírek doplněných o čisticí technologii. Při návrhu koupacího jezírka musíme brát v úvahu jaké máme nároky na kvalitu vody a k jakým účelům bude využíváno.

2.3.1. Druhy koupacích jezírek

2.3.1.1. Jednokomorová jezírka

Skládá se z koupací části hluboké obvykle 1,5 – 2,5 m, a mělké regenerační zóny o hloubce do 1 m. Důležitý je poměr těchto zón, čím větší je regenerační část, tím dochází k účinnějšímu čištění. Zóny musí být od sebe odděleny tak, aby nedocházelo k úniku substrátu z regenerační zóny do koupací části.

2.3.1.1.1. Rozdělení jednokomorových jezírek dle plochy regenerační zóny

Regenerační zóna tvoří 70 % plochy

Rostliny a bakterie zvládají čistit vodu bez problémů, voda je průzračně čistá bez řas, a to vše bez použití techniky. Jezírko tedy nemá žádné náklady za spotřebu elektrické energie. Provádí se standartní údržba jako odstraňování kalu ze dna, odumřelých rostlin v regenerační části a nečistot na hladině. Přestože regenerační část zaujímá většinu plochy jezírka, nelze zaručit stálou kvalitu vody, zvláště při prudkých změnách počasí.

Regenerační zóna tvoří 50 % plochy

Čistící proces funguje, ale většinou se doplňuje čerpadlem, které přivádí vodu do pohybu a zajišťuje cirkulaci mezi regenerační částí a koupací zónou.

Regenerační zóna tvoří 30 % plochy

Zde již rostliny nestíhají čistit vodu a je zapotřebí je vhodně doplnit technickými zařízeními jako jsou mechanické a biologické filtry či UV lampy.

Technologie čištění, kdy regenerační zóna tvoří pouze zlomek celkové plochy jezírka, bude detailněji zpracována dále.

2.3.1.2. Dvoukomorová koupací jezírka

Ve většině případů se tvoří dvě komory. Koupací a regenerační část je oddělena a propojena potrubím. Čerpadlo přes mechanický a biologický filtr žene vodu do regenerační části, odtud voda odtéká samospádem do nátokového kamene nebo laguny. Z toho plyne, že je vhodné umístit regenerační část výše, než je koupací část. Pokud je regenerační část ve stejné výšce jako koupací, využívá se principu spojených nádob, kdy v koupací části odsáváním vody hladinu trvale snižujeme a voda z regenerační části jezírka se snaží rozdíl hladin dorovnat. Vývěr vody z regenerační části do koupací části je vhodné volit co nejdále od nasávání, aby docházelo k promíchávání vody.

Dvoukomorový systém čistí vodu lépe než jednokomorový, ale je technicky a finančně náročnější. Oddělení koupací a regenerační části chrání před poškozením rostlin a vyplavováním substrátu do koupací části.¹⁶

2.3.2. Technologie čištění vody

V této kapitole se zaměřím na jezírka, u nichž je čištění vody podporováno mechanickým a biologickým čištěním vody. Vlastníci většinou upřednostňují co největší jezírko a regenerační zóna je až na druhé koleji. Zároveň jsou ale na jezírko kladeny čím dál větší nároky na čistotu vody, často připodobovanou chemicky ošetřené vodě v umělých bazénech. Z toho důvodu se čištění vody napomáhá technologickými zařízeními, která nám oproti pouze biologickému čištění rostlinami

¹⁶ SEDLÁK, Jiří. *Koupací jezírka* [online].

zaručí téměř průzračnou vodu, a navíc ušetříme místo pro koupací část jezírka na úkor biologické.

2.3.2.1. Mechanické čištění vody

Úkolem mechanického čištění vody je odstranění nerozpustných látek z vody přes filtrační médium. Nerozpustné látky jsou všechny pevné nečistoty, které můžeme ve vodě vidět, jako například spadané listí, písek, nebo odpadní látky živých organismů, jako například ryb, vyskytují-li se v jezírku. K mechanickému čištění vody se využívají různé filtry.

2.3.2.1.1. Bubnové filtry

Jedná se o nejúčinnější zařízení čistící vodu od hrubých nečistot. Velkou výhodou bubnové filtrace je samočištění bez potřeby výměny filtru či filtračního média. Voda do filtru přitéká z dnových vpustí a hladinových sběračů, ve filtru prochází přes síto ve tvaru bubnu obvykle o hustotě 60 mikronů. Dokud je síto čisté, voda je ze dna bubnu odčerpávána čerpadlem, které je umístěné vně filtru. Pokud se síto zanes, zvedne se hladina v bubnu, jelikož voda nestíhá protékat přes síto dostatečně rychle a plovák sepne oplach bubnového síta. Z trysek umístěných v horní části bubnu stříká proudem voda na síto, které se zároveň otáčí. Nečistoty spadávají do koryta odkud jsou svedeny do odpadu.

Nevýhodou bubnového filtru je vyšší cena a potřeba zbudování technologické šachty pro filtr a čerpadlo, jelikož hladina jezera musí být ve stejné výšce jako nátok do bubnu. Jedná se o samotížné zapojení.

2.3.2.1.2. Štěrbínové

Štěrbínové filtry jsou tvořeny dvěma komorami. První komora se plní vodou z dnových vpustí a hladinových sběračů. Pokud není možné gravitační zapojení, lze filtr plnit čerpadlem umístěným v jezírku. Po naplnění první komory dopadá voda přepadem na nerezové nebo plastové síto, které je v druhé komoře. Hustota síta je 300 mikronů. Větší částice se zachytí, přečištěná voda je pak na dně druhé komory nasávána čerpadlem umístěným stejně jako v případě bubnové filtrace vně filtru. Síto je umístěné ve druhé komoře pod úhlem 45°, zachycené nečistoty se proudem posouvají směrem dolů, kde jsou odváděny do odpadu. Vše řídí plovák, který podle výšky hladiny v druhé komoře sleduje zanešení síta a podle toho otevírá klapku, přes kterou jsou zachycené nečistoty vypouštěny do odpadu.

Výhodou štěrbínové filtrace je provoz bez elektrické energie, snadná instalace a malé rozměry.

Nevýhodou je časté odstraňování větších nečistot, při gravitačním zapojení je zapotřebí zrealizovat šachtu.

2.3.2.1.3. Vliesové

Vliesový filtr se skládá z jedné komory, kam je čerpadlem nebo gravitačně přiváděna voda z jezírka. Voda prochází přes speciální tkaninu – vlies, která se odvíjí z role. Tkanina velice dobře filtruje hrubé částice, na výběr jsou tkaniny o hustotě 5 až 30 mikronů. Odvíjení tkaniny zajišťuje voda, která po zaplnění komory z důvodu neprůchodnosti zaneseného vliesu přeteče do druhé komory, kde její proud otočí roli a odvine nový kus tkaniny.

Výhodou jsou malé rozměry, provoz bez elektrické energie a téměř dokonalé čištění vody.

Velkou nevýhodou je ale spotřeba vliesové tkaniny, čímž se podstatně prodražuje provoz. Taktéž pořizovací náklady jsou vysoké a pro gravitační zapojení je potřeba vystavět šachtu.

2.3.2.1.4. Vortexy

Vortex neboli odstředivka, je kruhová nádoba, do níž je voda přivedena souběžně s její stěnou, čímž se voda roztočí a těžší částice sedimentují odstředivou silou na jejím dně. Vortex opouští voda středovou trubkou ukončenou těsně pod hladinou.

Tento druh filtru je vhodný až na finální dočištění po průchodu vody biologickou filtrací nebo naopak na přečištění vody před kombinovaným filtrem.¹⁷

2.3.2.2. Biologické čištění vody

Biologické čištění vody pomocí bakterií je nezbytné v každém jezírku. Přesto, že bakterie nejsou viditelné, jejich činnost v jezírku je znatelná každý den. Existuje mnoho druhů bakterií. Ke svému životu potřebují kyslík, čpavek, dusitany (zdroj energie), uhlík (potrava) a některé navíc dusičnany (rozkladem získávají kyslík). Podle způsobu života se dělí na aerobní a anaerobní. Aerobní potřebují ke svému životu kyslík, anaerobní si ho dokážou rozkladem samy vytvořit. Biologický rozklad v jezírku probíhá ve třech fázích.

2.3.2.2.1. První fáze – nitrifikace

V první fázi filtrování vody bakterie využívají toxický čpavek (NH_3), který svou činností rozkládají na dusitany (NO_2). Pro nitrifikaci slouží aerobní bakterie rodu *Nitrosomonas*. Podmínkou pro jejich správné fungování je dostatek kyslíku a co největší plocha materiálů, které tyto bakterie mohou osidlovat, stabilní PH a zdroj potravy.

¹⁷ Filtry – E-shop Jezírka Banat. Jezírka Banat – E-shop Jezírka Banat [online]. Copyright © 2019, Jezírka Banat s.r.o. [cit. 29.12.2019]. Dostupné z: <https://www.jezirkabanat.cz/clanek/78/filtry>

Prokysličení vody

Bakterie rodu *Nitrosomonas* spotřebovávají velké množství kyslíku, který je potřeba pro jejich správnou funkci. Pro rozložení jedné molekuly čpavku spotřebují čtyři molekuly kyslíku. V některých případech bakteriím postačí kyslík z protékající vody filtrem. Ten však musí využívat maximální výrobcem udávaný průtok a 24hodinový provoz. Lepší je použití provzdušňujících kompresorů, ale důležité je kvalitní mechanické předčištění, aby nedocházelo v biologické části k přílišnému víření kalů.

Plochy filtračních materiálů

Využívají se materiály s co největší plochou, kterou mohou osidlovat bakterie. Povrch těchto materiálů je velmi členitý, s výstupky a nerovnostmi, navyšujícími celkovou plochu materiálů. Vhodným materiálem jsou například plastové válečky kaldness, biomolitan, či aqurock. V případě kombinovaných filtrů se umísťují do poslední komory, kde je již voda vyčištěna od mechanických nečistot.

Zdroj potravy

Zdrojem potravy bakterií, které jsou využívány pro čištění vody, je uhlík. Dostatek uhličitany zajišťuje správná úroveň uhličitánové tvrdosti (KH), která by měla být v rozmezí 5 až 8 ppm.

2.3.2.2.2. Druhá fáze

Pro druhou fázi se využívají aerobní bakterie rodu *Nitrobacter* a *Nitrospira*. V první fázi se začnou bakterie množit hned, jelikož mají dostatek potravy, přičemž rozvoj bakterií druhé fáze je pomalejší. Tyto bakterie rozkládají dusitany (NO_2), které se ve vodě teprve musí objevit činností bakterií první fáze. Dusitany přeměňují na dusičnany (NO_3).¹⁸

¹⁸ Jak funguje biologické čištění vody ve filtru? - E-shop Jezírka Banat. Jezírka Banat - E-shop Jezírka Banat [online]. Copyright © 2019, Jezírka Banat s.r.o. [cit. 29.12.2019]. Dostupné z: <https://www.jezirkabanat.cz/clanek/9/jak-funguje-biologicke-cistení-vody-ve-filtru>

2.3.2.2.3. Třetí fáze – denitrifikace

Úkolem denitrifikace je rozklad dusičnanů (NO_3) na neškodný volný dusík (N_2), který při filtrování odchází jako plyn do atmosféry. Důvodem k jejich rozkladu je fakt, že slouží jako potrava pro všechny druhy řas, stejně jako pro druhy rostlin, které je přijímají volnými kořeny. Biologický rozklad dusičnanů je možný pouze ve vodě s minimálním obsahem kyslíku.

Regulace dusičnanů pomocí rostlin

Dusičnany jsou hlavní složkou hnojiva rostlin. Rostliny je snadno přijímají kořeny, ale problémem je fakt, že rostliny dusičnany přijímají primárně ze substrátu, a ne z vody. Pro přijímání dusičnanů z vody jsou nejlépe uzpůsobeny vodní řasy, které ale nejsou v jezírku žádoucí. Rostliny plovoucí na hladině dusičnany z vody rozkládají, ale hladina posetá plovoucími rostlinami znepříjemňuje koupání. Možným řešením, jak bahenní rostliny přinutit odebírat dusičnany z vody, a ne ze substrátu, je umístění rostlin do košů vyplněných štěrkem, aby voda mohla volně obtékat kořeny.

Regulace dusičnanů odvětráním

Dusičnany jsou produktem čpavku a dusitanů. Čím méně čpavku ve vodě, tím méně bude vyprodukováno dusitanů. Čpavek se v jezírku vyskytuje jako nebezpečný rozpuštěný (NH_3), vázaný (NH_4) a plynný (NH_3). Mimo rozkladu čpavku pomocí bakterií lze jeho koncentraci snižovat odvětráním, jelikož snadno přechází do plynné formy. Snižováním koncentrace čpavku snížíme i jeho produkty po rozkladu bakteriemi, tedy dusitany a následně dusičnany. Pro tento účel se využívají skrápěné filtry.

Ředění dusičnanů

Jedná se o nejjednodušší způsob, kdy do jezírka přitéká nová voda a stará odtéká přepadem. Je potřeba dát pozor na kvalitu přitékající vody.¹⁹

¹⁹ Dusičnany a jejich redukce v zahradním jezírku – E-shop Jezírka Banat. Jezírka Banat – E-shop Jezírka Banat [online]. Copyright © 2019, Jezírka Banat s.r.o. [cit. 29.12.2019]. Dostupné z: <https://www.jezirkabanat.cz/clanek/8/dusicnany-a-jejich-redukce-v-zahradnim-jezirku>

2.3.2.2.4. Skrápěné filtry

Filtr je tvořen vertikálně umístěnými komorami z pórovitého materiálu s co největší plochou. Voda je čerpadlem dopravována nad horní úroveň komor filtru, kde je tlakem rozstříkována. Voda stéká po pórovitém materiálu směrem dolů za současného odpařování čpavku a přepadem se vrací zpět do jezírka. Podmínkou pro správné fungování filtru je dokonalé mechanické předčištění vody, aby se nezanášel rozstříkovač vody a samotný pórovitý materiál filtru. Tento filtr má větší výkon než komorové filtry s médii, problémem ale je mechanické předčištění, nevzhledný vysoký filtr nad hladinou jezírka a velká spotřeba elektrické energie.

2.3.2.2.5. Bead filtry

Bead filtr je tlaková nádoba, do které je voda vháněna silným čerpadlem. Pomocí rozptylovací růžice voda míchá plastovými válečky s velkým povrchem, které jsou uvnitř tlakové nádoby. Plastové válečky jsou osídleny bakteriemi a díky silnému proudu se k nim dostává dostatek potravy, minerálů a kyslíku. Čištění Bead filtru zajišťuje vícecestný ventil, který přeměruje proud vody na místo zpět do jezírka do odpadu, obdobně jako u bazénové pískové filtrace.

Výhodou je vysoká účinnost, malé rozměry a možnost umístění i pod hladinu jezera.

Nevýhodou je potřeba dokonalého mechanického předčištění vody. Bead filtry se příliš nehodí na venkovní použití, jejich využití je spíše u vnitřních nádrží.

2.3.2.3. Kombinované čištění vody

Při kombinovaném čištění vody je mechanická i biologická filtrace součástí jednoho zařízení.

2.3.2.3.1. Komorové filtry

Filtr je tvořen několika komorami. Obvykle třemi až pěti, které jsou mezi sebou propojeny. Voda do každé komory natéká spodem a horním přepadem přetéká do prázdné přepážky, odkud opět spodem natéká do další komory. Tím je zaručený prostup vody odspodu celým sloupcem filtračních materiálů. Z poslední komory horním přepadem voda natéká zpět do jezírka. Nade dnem každé komory je filtrační mřížka, která drží filtrační materiál ve sloupci, a nedochází tak k jeho zanášení od sedimentovaného kalu.

Komorové filtry jsou převážně postaveny na terénu nad úrovní hladiny jezera a voda je do nich dopravována čerpadlem. Lze je také umístit do šachty a zapojit gravitačně, ale pouze filtry s minimálním průtokem 16 m³/hod, aby bylo dosaženo potřebného výkonu odsávání z dnových vpustí a hladinových sběračů. Stěny filtru jsou vyrobeny z materiálu, který nepropouští světlo, aby nedocházelo k růstu řas.

Výhodou filtru je vyřešení mechanické a biologické filtrace v jednom a provoz bez elektrické energie.

Nevýhodou jsou větší rozměry a z vlastní zkušenosti nedostatečná účinnost.

2.3.2.3.2. Tlakové filtry

V tomto případě probíhá mechanická a biologická filtrace v jedné nádobě. Tlakové filtry jsou zapojeny čerpadlově, mohou se tedy umístit nad i pod hladinu jezírka. Do filtru je vrchem přiváděna voda, konstrukce filtru zaručuje průchod vody tlakem přes molitanový tubus. Ve středu prstence je umístěna UV lampa, kolem níž voda pokračuje směrem k víku do výtokového potrubí. Voda z tlakového filtru odtéká s mírným tlakem, čehož lze využít na potůček či vodopád.

Nevýhodou tohoto filtru je malá účinnost čištění, spotřeba elektrické energie a potřeba filtr pravidelně čistit.²⁰

²⁰ Filtry – E-shop Jezírka Banat, pozn. 17, s. 45.

2.3.2.4. UVC lampy

Slouží k odstraňování řas. Existují dva druhy řas. První skupinou jsou řasy tvořené dlouhými vlákny nebo chomáči a jsou pevně přirostlé k podkladu. Druhou skupinou jsou řasy mikroskopické, jednobuněčné, které se volně vznášejí ve vodě a způsobují zezelenání vody. Velikost řas se pohybuje od 5 do 10 mikronů. Z toho plyne, že je nelze zachytávat v mechanických filtrech.

K likvidaci řas se proto používají UVC lampy, které vyzařují UVC záření. UVC záření je jednou ze tří složek slunečního záření, je nebezpečné, ale zemská atmosféra ho zachycuje. Zářivka, která UVC záření vyzařuje, je umístěna v křemíkovém ochranném tubusu a voda obtéká kolem něj. UVC záření narušuje buněčné stěny řas, které se poté rozpadají a shlukují do chomáčů. Ty už je poté mechanický filtr schopen zachytit.

Důležitý je správný návrh technologického řešení. Voda musí obtékat UVC lampu dostatečně dlouho, aby docházelo k účinné likvidaci řas. Zároveň musí protékat dostatečné množství, v opačném případě by řasy rostly v jezírku rychleji, než by je byla lampa schopna ničit.

Lampy nejsou nijak škodlivé, voda kolem nich protéká v uzavřeném prostoru a nijak neovlivňují kvalitu vody v jezírku.²¹

2.4. Návrh biotopu

2.4.1. Rozsah řešeného území

Biotop je navržen v městysu Divišov ležícím ve středočeském kraji u hranic okresu Benešov. V okolí jsou chatové oblasti, některé celoročně obývané. Městyssem prochází silnice II. třídy (II/113) - Vlašimská. V bezprostřední blízkosti zamýšleného biotopu se nachází výrobní areál JAWA Divišov a. s. a fotbalové hřiště. Průměrná nadmořská

²¹ UVC lampa – ano, či ne? - E-shop Jezírka Banat. Jezírka Banat – E-shop Jezírka Banat [online]. Copyright © 2019, Jezírka Banat s.r.o. [cit. 29.12.2019]. Dostupné z: <https://www.jezirkabanat.cz/clanek/11/uvc-lampa---ano-ci-ne>

výška lokality je zhruba 444,50 m. n. m. Souřadnice JTSK přibližného středu koupaliště jsou $X = 714923.12$; $Y = 1080719.15$. Jmenovitě jde o parcely 399/1, 399/2, 399/3, 398/4, 398/3, 409/9, 459, 400/1, 400/3, 402/7, 1408/1.



Obrázek 1: Poloha areálu²²

2.4.2. Dosavadní využití území

Jedná se o bývalou hasičskou nádrž. Do hasičské nádrže je zaústěno trubní vedení, které slouží k dopouštění nádrže a má stálý přítok. Stávající vypouštění je zaústěno do kanalizace DN 700 vedoucí do divišovského potoka. Areál je zatravněn, dále je zde několik vzrostlých stromů, z nichž některé budou odstraněny. Do řešeného území se přivede voda, elektrická energie a provede se kanalizační přípojka. Zdrojem užitkové vody bude stávající vrt o hloubce 40 metrů.

²² Zdroj: Mapy.cz. Mapy.cz [online]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.5148001&y=50.0765991&z=11>

2.4.3. Stavební řešení

Koupací biotop je navržen jako objekt fyzicky oddělující vodu od podloží. V závislosti na požadované hloubce a poloze bude provedeno odpovídající stavební řešení. Konstrukce stěn a dna je tvořena sanovanými stávajícími konstrukcemi požární nádrže. Některé části, zejména v oblasti neplavecké části a brouzdaliště, budou odbourány, upraveny a nahrazeny novými dělicími konstrukcemi ze systému ztraceného bednění. Dno nádrže bude v plavecké části tvořeno stávajícím dnem doplněným o prosívku o 10 cm tloušťce. Neplavecká část a brouzdaliště budou zavezeny zeminou a zhutněny. Následovat bude hydroizolační souvrství uložené na ochranné vrstvě geotextílie.

Povrch chodníku okolo biotopu a vnitřních ploch mimo plaveckou část pro plavce bude tvořen dlažbou s vymývaným kamenivem. Tím bude vytvořen homogenní povrch přírodního charakteru.

Pro biotop a biologickou část bude potřeba provést terénní úpravy. Zeminu pro výše uvedené úpravy bude nutné dodat.

Pro technologickou šachtu, vodoměrnou šachtu, šachtu pod skluzavkou, biologickou šachtu a čerpací jímku bude nutné provést výkop odpovídající rozměrům a hloubce šachet.

Pro technologické vedení a vedení areálových rozvodů IS budou provedeny výkopy příslušné šířky a hloubky.

Pro objekty zázemí areálu jsou navrženy 2 budovy. Jedná se o objekt s hygienickým zázemím pro veřejnost a hygienickým zázemím pro zaměstnance a dále pak o objekt s provozem občerstvení a zázemím plavčíka.

Areál bude napojen na vedení IS pomocí nových přípojek – vody, kanalizace a NN.²³

²³ Zdroj: Projektová dokumentace stavby

2.4.4. Souhrnné údaje o stavbě

Areál

Celková plocha areálu:	5753 m ²
Kapacita vodní plochy:	116 osob
Denní návrhová návštěvnost areálu:	348–580 osob

SO 01 – Přírodní koupací biotop včetně biologické části a technologie

Plocha biotopu:	1740 m ²
Plocha biologické části:	565 m ²
Hloubka koupací části (plavci):	2,9 m
Hloubka koupací části (neplavci):	1,2 m
Hloubka brouzdaliště:	max. 0,4 m
Hloubka biologické části:	0,6 m
Celkový objem vody vč. biologické části:	2240,00 m ³
Objem vody v biotopu:	2117,00 m ³
Objem vody biologie:	123,00 m ³
Počet bubnových filtrů:	3 ks
Počet hladinových skimmerů:	8 ks
Počet spodních výpustí:	4 ks
Výpust' (bezpečnostní přepad):	1 ks
Oběhová čerpadla (biotop):	2 ks
Oběhové čerpadlo (vodní hřib + chrlič):	1 ks
Oběhové čerpadlo (skluzavka):	1 ks
Nerezový hřib	1 ks
Nerezový chrlič	1 ks
Nerezová skluzavka:	1 ks
Výšková úroveň hrany biotopu:	444,20 m n. m.
Výšková úroveň hladiny koupací části:	444,10 m n. m.
Výšková úroveň dna koupací části (nejnižší úroveň):	441,50 m n. m.
Výšková úroveň hrany nejvyšší biologické části:	449,80 m n. m.

Výšková úroveň hladiny nejvyšší biologické části:	449,70 m n. m.
Výšková úroveň hrany nejnižší biologické části:	448,20 m n. m.
Výšková úroveň hladiny nejnižší biologické části:	448,10 m n. m.
Technologická šachta	31,5 m ²
Čerpadlová šachta	4,1 m ²
Šachta spodního vypouštění	5,38 m ²

SO 02 – Areálové vedení inženýrských sítí

Areálové vedení pitné vody HDPE DN50/DN25:	228 m
Areálové vedení vody z vrtané studny HDPE DN50/DN25	102 m
Areálové vedení NN:	291 m
Areálové vedení VO:	153,4 m
Čerpadlo – vrtaná studna:	1 ks
Areálové splaškové kanalizační vedení PVC KG DN125	95 m
Areálové splaškové kanalizační vedení PVC KG DN160	40 m
Areálové dešťové kanalizační vedení PVC KG DN125	165 m
Areálové splaškové kan. vedení tlak PE DN63	5 m

SO 03 – Zpevněné plochy a terénní úpravy

Zpevněné plochy – betonová dlažba (celkem):	722 m ²
Šířka hlavní areálové komunikace:	1,5 m

SO 04 – Mobiliář a vybavení areálu

Převlékárny venkovní:	4 ks
Venkovní sprchy:	3 ks
Lavičky:	5 ks
Odpadkové koše:	5 ks
Informační tabule:	10 ks
Stojany na jízdní kola:	18 ks
Skříňky na cennosti:	40 ks

SO 05 – Oplocení areálu

Délka celkem:	415 m
Délka – nové:	340 m
Délka – stávající:	75 m
Výška:	1,8 m
Vstupy:	hlavní vstupní branka, šířky 1,0 m obslužná brána, šířky 4,0 m

SO 06 – Přípojky inženýrských sítí

Vodovodní přípojka, DN40:	6,64 m
Kanalizační přípojka, DN200:	2,5 m
Přípojka NN:	4,7 m

SO 07 – Objekty zázemí

Hygienické zázemí:

Zastavěná plocha budovy zázemí:	69,45 m ²
Obestavěný prostor:	245,10 m ³
Zpevněné plochy okolo budovy	cca 25 m ²
Podlahová plocha:	58,74 m ²

Zázemí, bufet:

Zastavěná plocha budovy zázemí:	50,00 m ²
Obestavěný prostor:	173,70 m ³
Zpevněné plochy okolo budovy	cca 25 m ²
Podlahová plocha:	40,82 m ²

SO 08 – Nezpevněné plochy a vegetační úpravy

Zatravněné plochy pobytových ploch a zeleň v areálu:	2517 m ²
--	---------------------

SO 09 Odklon stávajícího nátoku

PVC DN 300	cca 110 m
------------	-----------

Akumulační nádrž	15 m ³
Revizní šachta v lomových bodech	3 ks
Průtočná šachta s šachtovým dnem s odbočkou	2 ks

2.4.5. Návrh technologie čištění vody

2.4.5.1. Princip technologie

Systém čištění vody tvoří dva typy sání vody. Prvním je sání vody z hladinových sběračů (tzv. skimmerů), které slouží k odvádění nečistot z hladiny a zabraňují uzavření hladiny a zhoršení rozpustnosti kyslíku ve vodě. Druhým typem je sání z dnových vpustí (tzv. gulí), které jsou umístěny ve dně jezera.

Voda ze skimmerů je samospádem přivedena potrubím do technologické šachty. Nejprve je sloučena ve slučovací nádrži, kde jsou instalovány UVC lampy na likvidaci řas, poté natéká do bubnového filtru. Jakmile projde voda sítím bubnového filtru, je čerpadlem umístěným za bubnovým filtrem tlačena do biologické čisticí zóny.

Voda z dnových vpustí je díky hydraulickému tlaku dopravována potrubím do druhé slučovací nádrže v technologické šachtě, tam se voda smísí, UVC lampy naruší řasy a prochází dál přes síto bubnového filtru. Čerpadlo umístěné za bubnovým filtrem vyčištěnou vodu tlačí do biologické čisticí zóny.

Biologická zóna se skládá z biologického filtru, laguny s rostlinami a bubnového filtru pro dočištění mechanických nečistot. Část vody ze skimmerů a část z gulí prochází biologickým filtrem, druhá část prochází přes lagunu s rostlinami. V šachtě v biologické části se přečištěná voda mísí ve slučovací nádrži, prochází přes bubnový filtr a samospádem natéká do nátokového kamene v koupacím jezeře.



Obrázek 2: Areál přírodního koupacího biotopu²⁴

2.4.5.2. Hladinové sběrače a dnové vpusti

Hladinové sběrače a dnové vpusti se navrhují v závislosti na celkovém objemu jezera. Hladinové sběrače je zapotřebí navíc rozmístit tak, aby nikde v jezeře nedocházelo ke hromadění nečistot na hladině. Vhodné je zmapovat směry větrů, které v daném území převládají a přizpůsobit jim rozmístění hladinových sběračů.

Návrhové parametry:

Objem jezera:	2240 m ³
Počet obrátek vody:	2krát/den

²⁴ Zdroj: Městys Divišov

	Počet	Průměr potrubí [mm]	Sklon [%]	Hydraulická kapacita [l/s]	Hodinový průtok [m ³ /hod]	Denní průtok [m ³ /den]
Hladinový sběrač	8	DN 100	1	4,2	120,96	2903,04
Dnová vpust	2	DN 150	1	12,8	92,16	2211,84
Celkem						5114,88

Tabulka 1: Návrh hladinových sběračů a dnových vpustí²⁵

Celkový objem vody v koupacím jezeře činí 2240 m³. Návrh byl proveden tak, aby denně všechna voda vstoupila do systému filtrace alespoň 2krát. Navržený průtok vody je 5114,88 m³, voda v jezeře tedy projde přes filtrační technologii 2,28krát denně.

2.4.5.3. Návrh cirkulačních čerpadel

Čerpadlo navrhuji v závislosti na výtlačné výšce neboli převýšení mezi jezerem a biologickou čisticí zónou a potřebným výkonem, který jsme vypočetli při návrhu počtu hladinových sběračů a dnových vpustí.

Potřebný výkon: 120,96 m³/h

Převýšení: 5,6 m

Průtok m ³ /h Flow m ³ /h										
	6 m	8 m	10 m	12 m	14 m	16 m	18 m	20 m	22 m	L
Magnus 300 / Kontra 300	62	54	43	26	10					840/903
Magnus 400 / Kontra 400	74	66	56	42	29	14				840/903
Magnus 550 / Kontra 550	123	104	84	57	30					865/923
Magnus 750 / Kontra 750	143	127	107	85	57	12				888/923
Magnus 1000 / Kontra 1000	160	145	126	107	80	48	14			888/923
Magnus 1250 / Kontra 1250		167	152	136	118	99	80	47		888/923
Magnus 1500 / Kontra 1500		188	177	162	146	130	112	92	66	888/923

Obrázek 3: Návrh čerpadla²⁶

²⁵ Projekční podklady a pomůcky – Tabulky pro návrh kanalizačního potrubí dle ČSN 75 6760 a ČSN EN 12056-1 až 5. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=36>.

²⁶ Zdroj: Katalog Vagner Pool. 2019. Praha: Hájek Studio, 2019.

Jako cirkulační čerpadlo pro hladinové sběrače i dnové vpusti navrhuji čerpadlo Magnus 550.

2.4.5.4. Slučovací nádrže

Slučovací nádrže slouží ke smísení vody z jednotlivých větví. V tomto případě je jedna slučovací nádrž pro dnové vpusti a druhá pro hladinové sběrače. Do slučovací nádrže se zároveň vkládají UVC lampy pro ničení řas. Právě z důvodu účinnosti UVC lamp je zapotřebí navrhnout slučovací nádrž tak velkou, aby doba zdržení vody v nádrži byla dostatečná pro dokonalé ničení řas. Taková doba je z mých zkušeností 15 vteřin. Pozor je potřeba dát na výškové umístění nádrže, jelikož se jedná o gravitační zapojení čerpadel, a proto hladina ve slučovací nádrži musí být ve stejné výšce jako hladina jezera.

Výkon čerpadla	34,16	l/s
Doba zdržení vody	15	s
Objem slučovací nádrže	512,4	l

Tabulka 2: Výpočet objemu slučovací nádrže pro dnové vpusti²⁷

Pro dnové vpusti navrhuji slučovací nádrž o rozměrech 0,8 x 0,6 x 1,5 m, přičemž hladina vody bude 0,3 m pod horní hranou slučovací nádrže. Celkový objem vody zadržené v nádrži bude 576 l.

V případě skimmerů nelze slučovací nádrž navrhnout v závislosti na potřebné době zdržení vody. Hlavní roli zde hraje dostatečná velikost nádrže pro zaústění všech osmi trubních vedení ze skimmerů o průměru 160 mm. Navíc je potřeba uvažovat s šířkou kulových ventilů, které jsou na každé větvi osazeny před slučovací nádrží.

Šířka kulového ventilu s pákou	0,3	m
Počet kulových ventilů	8	ks
Rezerva	0,4	m
Potřebná šířka nádrže	2,80	m

Tabulka 3: Výpočet šířky slučovací nádrže hladinových sběračů²⁸

²⁷ Zdroj: vlastní zpracování autora

²⁸ Zdroj: vlastní zpracování autora

Slučovací nádrž pro hladinové sběrače navrhuji o velikosti 2,8 x 0,6 x 1,5 m, hladina vody bude 0,3 m pod horní hranou slučovací nádrže. Celkový objem vody zadržené v nádrži bude 2016 l s dobou zdržení vody 59 vteřin.

2.4.5.5. Bubnový filtr

Existuje několik velikostí bubnových filtrů lišících se průtokem vody. Do technologické šachty navrhuji bubnový filtr o maximálním průtoku 150 l/s a 60 mikronovým sítem.

Pro dočištění vody z biologické části navrhuji bubnový filtr s maximálním průtokem 250 l/s a 100 mikronovým sítem.



Obrázek 4: Šachta biologie²⁹

Na obrázku 4 je bubnový filtr se 100 mikronovým sítem osazený na ocelové konstrukci a slučovací nádrž, kde se slučuje voda z biologického filtru a z laguny s rostlinami.

²⁹ Zdroj: fotografie autora

Po mechanickém přečištění v bubnovém filtru odtéká voda samospádem zpět do jezera.

2.4.5.6. Biologický filtr

Biologický filtr je tvořen dvěma komorami. V jedné z nich je filtrační médium Kaldness a systém provzdušnění. Ve druhé komoře jsou plastové špony jako útočiště pro bakterie. V biologickém filtru dochází k rozkladu čpavku (NH_3) na dusitaný (NO_2), a dusitanů na dusičnany (NO_3).



Obrázek 5: Biologický filtr před betonáží³⁰

³⁰ Zdroj: fotografie autora



Obrázek 6: Biologický filtr a laguna s rostlinami³¹

³¹ Zdroj: fotografie autora

2.4.5.7. Laguna s rostlinami

V laguně s rostlinami dochází k rozkladu dusičnanů (NO_3) na neškodný volný dusík (N_2), který při filtrování odchází jako plyn do atmosféry.

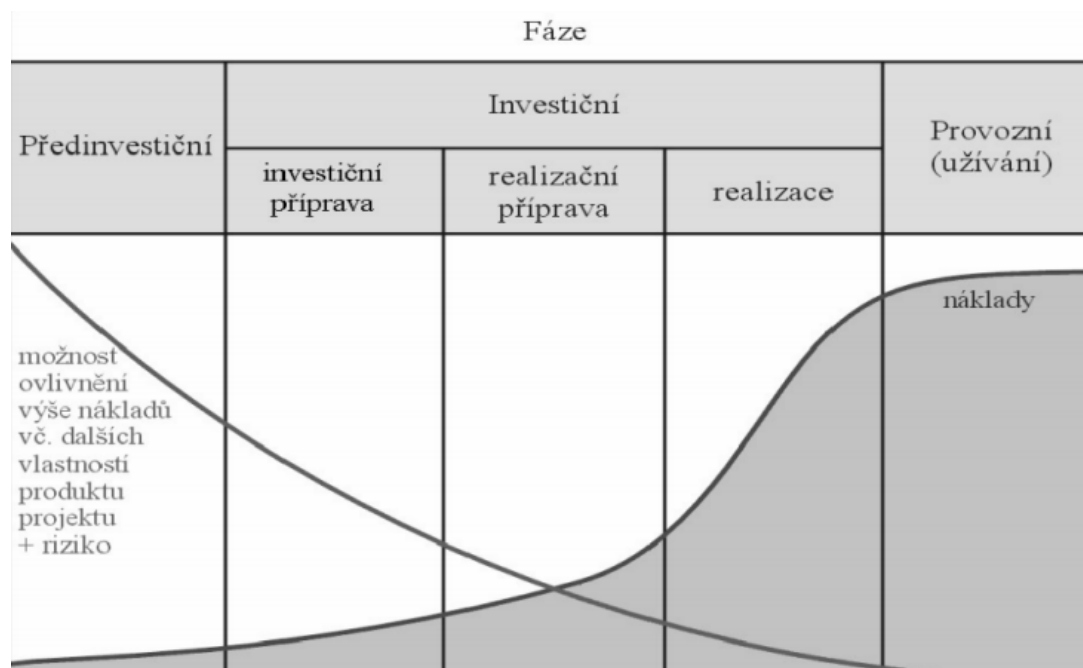


Obrázek 7: Laguna s čistícími rostlinami³²

³² Zdroj: fotografie autora

3. Stavebně technologický pohled na celoživotní cyklus navrženého projektu

V této kapitole vyhodnotím stavbu z hlediska celoživotního cyklu. Celoživotní cyklus stavby zahrnuje čtyři fáze, a to předinvestiční, investiční, provozní a náklady na ekologickou likvidaci. V předinvestiční fázi lze bez větších vynaložených nákladů významným způsobem ovlivnit celkové náklady na stavbu. Největší nárůst nákladů na stavbu nastává během realizace stavby. V provozní fázi tvoří náklady investice do údržbářských a opravářských prací a náklady na energie. Mezi životností stavby a náklady na údržbu platí přímá úměra, jelikož opravami prodlužujeme životnost stavby.



Obrázek 8: Celoživotní cyklus stavby³³

³³ Zdroj: přednáška Renáta SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, – Výstavbový projekt životní cyklus

3.1. Investiční náklady projektu

Investiční náklady se v tomto případě skládají z pořizovacích nákladů pozemků, nákladů na projekt a inženýrskou činnost a z celkové ceny díla.

3.1.1. Cena pozemku

Pozemek byl ve vlastnictví městyse Divišov již dlouho před realizací projektu, nicméně pro úplnost uvádím jeho přibližnou hodnotu, kterou jsem stanovil na základě zjištění cen podobných pozemků v okolí. Celková výměra pozemku využitého pro realizaci přírodního koupacího biotopu včetně biologické čistící zóny činí 5735 m². Cena za m² pozemku se pohybuje kolem 25 Kč/m². Celková cena za pozemek tedy činí 143 375 Kč.

3.1.2. Cena projektových prací

Cenu projektu jsem nejprve stanovil pomocí kalkulačky volně dostupné na webu České komory architektů. Kategorii náročnosti jsem zvolil II.

FS	Název fáze služby architekta/inženýra	% z celkové ceny	Počet hodin na FS	Cena za FS
1FS	Příprava projektu	1 %	28	14 000 Kč
2FS	Návrh stavby	13 %	358	179 000 Kč
3FS	Projekt pro umístění stavby	15 %	413	206 500 Kč
4FS	Projekt pro povolení stavby	22 %	606	303 000 Kč
5FS	Projekt pro provádění stavby	32 %	881	440 500 Kč
6FS	Soupis prací a dodávek	5 %	138	69 000 Kč
7FS	Autorský dozor	12 %	331	165 500 Kč
	Celkem	100 %	2755	1 377 500 Kč

Tabulka 4: Cena projektu bez DPH³⁴

³⁴ POZEMNÍ A KRAJINÁŘSKÉ STAVBY — Česká komora Architektů. [online]. Copyright © 2014 ČKA [cit. 29.12.2019]. Dostupné z: <https://www.cka.cz/cs/pro-architektury/kalkulacky/pozemni-a-krajinarske-stavby>

Je obecně známo, že cena projektových prací se pohybuje níže, než je tomu v sazebníku projektových prací. Zjistil jsem si, že projekt stál 860 000 Kč bez DPH, a proto budu dále uvažovat s touto cenou.

3.1.3. Cena stavebního díla

Rozpočet byl oceněn částkou 15 903 212 Kč bez DPH. Během výstavby se vyskytly vícepráce na základě požadavků obce. Celková cena víceprací je 333 640 Kč bez DPH. Celkové náklady na stavební část činí 16 236 852 Kč bez DPH.³⁵

3.1.4. Celková cena investičního záměru

Pozemek	143 375 Kč
Projekt	860 000 Kč
Stavba	16 236 852 Kč
Celkem bez DPH	17 240 227 Kč

3.2. Výdaje na provoz

Výdaje na provoz koupaliště se skládají z výdajů na elektřinu, vodné a stočné, mzdy, servis a z ostatních výdajů.

Provozní doba areálu je stanovena od června do září od 10:00 hod do 19:00 hod.

Pro stanovení nákladů a příjmů přírodního koupaliště je zapotřebí odhadnout roční návštěvnost. V roce 2019 po otevření areálu na začátku srpna byla průměrná denní návštěvnost 200 platících. Z toho jsem stanovil průměrnou roční návštěvnost na 24 000 platících návštěvníků.

³⁵ Zdroj: rozpočet projektu

3.2.1. Výdaje na elektřinu

Výdaje na elektrickou energii pro provoz objektů zázemí, technologii a veřejné osvětlení byly stanoveny dle skutečně nainstalovaných spotřebičů a jejich příkonů.

Doba provozu jednotlivých zařízení byla stanovena dle jejich charakteru a doby provozu koupaliště. Koeficientem soudobnosti jsou upraveny spotřebiče, které se nevyužívají nepřetržitě, jako například drobné kuchyňské spotřebiče.

Cena elektrické energie je pro výpočet uvažována 4,34 Kč/kWh.

Cena spotřeby elektrické energie byla stanovena podle vzorce:

$$\text{Cena} = n * P * t * k * 30 * 4,34 \text{ Kč}$$

n..... počet kusů spotřebičů

P..... příkon [W/ks/h]

t..... doba provozu [h/den]

k..... koeficient soudobnosti

Spotřebič	n [ks]	P [W/ks/h]	t [h/den]	k	Cena [Kč]
Čerpadlo cirkulace	2	4000	24	1	12 499 Kč
Čerpadlo atrakce	1	3000	6	1	2 344 Kč
Čerpadlo skluzavka	1	3000	6	1	2 344 Kč
Bubnový filtr	3	50	24	1	156 Kč
UVC Lampa	6	75	24	1	234 Kč
Vzduchová turbína	1	3000	24	1	9 374 Kč
Čerpadlo vysavač	1	100	3	1	39 Kč
Osvětlení objektů	35	80	9	0,1	9 Kč
Veřejné osvětlení	5	60	10	1	78 Kč
Informační tabule	1	40	9	1	47 Kč
Stolní počítač	1	300	9	1	352 Kč
Ventilátory	4	20	9	0,4	9 Kč
Vysoušeč rukou	4	750	9	0,2	176 Kč
Myčka	1	1400	9	0,4	656 Kč
Chladnička	2	140	24	1	437 Kč
Mraznička	1	100	24	1	312 Kč
Varná deska	1	4600	9	0,6	3 234 Kč
Rychlovarná konvice	2	2000	9	0,7	1 641 Kč
Mikrovlnná trouba	1	1500	9	0,5	879 Kč
Kávovar	1	1000	9	0,3	352 Kč
Fritéza	2	1700	9	0,4	797 Kč
Průtokový ohřívač	2	6000	9	0,2	1 406 Kč
El. boiler 125 l	2	900	9	1	1 055 Kč
Digestoř	1	400	9	0,8	375 Kč
Čerpadlo vrt	1	1500	9	0,1	176 Kč
Kalové čerpadlo	1	900	9	0,3	316 Kč
Ostatní	1	2000	9	1	2 344 Kč
Měsíční výdaje za elektrickou energii					41 641 Kč
Roční výdaje za elektrickou energii					166 564 Kč

Tabulka 5: Výpočet nákladů na elektrickou energii bez DPH³⁶

3.2.2. Výdaje na vodné a stočné

Výdaje na vodné a stočné pro provoz objektů zázemí, závlahy trávníku, dopouštění koupaliště, úklidu a venkovních sprch byly odhadnuty na základě předpokládaného využití jednotlivých zařízení, velikosti areálu, množství odparu vody a četnosti úklidu.

³⁶ Zdroj: vlastní zpracování autora

Areál je napojen na vodovodní řad a vrtanou studni. Vodné a stočné dle aktuálních cen bylo pro výpočet stanoveno na 56,37 Kč/m³.

Největší spotřeba vody je na doplňování výparu vody z koupaliště. Maximální výpar z koupaliště během horkého dne je až 9 m³. Nelze ale s tímto výparem uvažovat po celou dobu provozu, proto hodnotu výparu odhaduji na polovinu. Pro účely doplňování vypařené vody lze použít vrtanou studni. Vrtaná studna má dostatečnou vydatnost jak pro závlahu, tak i pro doplňování vody do biotopu. Nádrž se bude jednou za 7 let napouštět z vrtané studny.

Pro zajímavost uvedu variantu s použitím vrtané studny a variantu bez použití vrtané studny.

	MJ	MJ/rok	m ³ /MJ	m ³ /rok	vodné a stočné
Objekty zázemí	osob	22000	0,011	242	13 642 Kč
Venkovní sprchy	osob	80000	0,005	400	22 548 Kč
Závlaha	m ²	2710	0,04	108,4	6 111 Kč
Výpar	dní	120	4,5	1080	30 440 Kč
Napouštění nádrže*	m ³	2240		320	18 038 Kč
Úklid	dní	120	0,04	4,8	271 Kč
Celkem za vodné a stočné bez použití vrtané studny					91 048 Kč

Tabulka 6: Výpočet nákladů na vodné a stočné bez DPH bez použití vrtané studny³⁷

*napouštění nádrže je rozděleno do 7 let

	MJ	MJ/rok	m ³ /MJ	m ³ /rok	vodné a stočné
Objekty zázemí	osob	22000	0,011	242	13 642 Kč
Venkovní sprchy	osob	80000	0,005	400	22 548 Kč
Úklid	dní	120	0,04	4,8	271 Kč
Celkem za vodné a stočné bez výparu*					36 460 Kč

Tabulka 7: Výpočet nákladů na vodné a stočné bez DPH s použitím vrtané studny³⁸

³⁷ Zdroj: vlastní zpracování autora

³⁸ Zdroj: vlastní zpracování autora

Při využití vrtané studny, se ročně ušetří 54 588 Kč na vodném a stočném. Realizaci vrtané studny hluboké 44 m o průměru 190 mm s vstrojením o průměru 125 mm včetně vstrojení čerpadlem jsem ocenil na 83 000 Kč. Návratnost investice do vrtané studny činí jeden a půl sezóny.

3.2.3. Výdaje na mzdy

Hodinová sazba zaměstnanců koupaliště byla stanovena odhadem, dle vykonávané práce a místa výkonu práce.

	Výdaje na měsíc [Kč]	Výdaje na rok [Kč]
Údržbář	19 200 Kč	76 800 Kč
Pokladní	40 500 Kč	162 000 Kč
Plavčík	40 500 Kč	162 000 Kč
Uklízečka	12 600 Kč	50 400 Kč
Celkem	112 800 Kč	451 200 Kč

Tabulka 8: Mzdové náklady včetně sociálního a zdravotního odvodu³⁹

3.2.4. Výdaje na servis koupaliště

Každý rok jsou nevyhnutelnými náklady servisní práce na koupališti. Před zimou se musí zazimovat technologie, což spočívá v upuštění koupaliště pod úroveň skimmerů, aby nedošlo k zmrznutí vody v trubkách, které jsou mělko pod terénem. Musí dojít také k vypuštění či vyfoukání vody z potrubí v zámrazné hloubce, vypuštění vody z čerpadel a filtrů. Na jaře je naopak potřeba uvést koupaliště znovu do provozu, tedy opětovně zapojení technologie a její rozběh. Důležitá je každoroční výměna UVC lamp, aby byla zachována jejich účinnost při likvidaci řas.

³⁹ Zdroj: vlastní zpracování autora

	Výdaje na rok [Kč]
Spuštění technologie	5 000 Kč
Dodávka bakterií	2 500 Kč
Výměna UVC lamp	30 000 Kč
Zazimování technologie	10 000 Kč
Neočekávaný servis	5 000 Kč
Celkové servisní náklady	52 500 Kč

Tabulka 9: Výdaje na servisní práce bez DPH⁴⁰

3.2.5. Ostatní výdaje

Mezi ostatní výdaje patří odvoz odpadu z areálu, pojištění areálu a výdaje na pronájem vstupních turniketů. Dále jsem do ostatních výdajů zařadil položku „neočekávané výdaje“, které mají pokrýt náklady na drobný spotřební materiál.

	Výdaje na rok [Kč]
Vývoz komunálního odpadu	33 000 Kč
Vývoz tříděného odpadu	36 000 Kč
Pronájem turniketů	18 000 Kč
Pojištění areálu	45 000 Kč
Neočekávané náklady	25 000 Kč
Celkové ostatní náklady	157 000 Kč

Tabulka 10: Ostatní výdaje bez DPH⁴¹

⁴⁰ Zdroj: vlastní zpracování autora

⁴¹ Zdroj: vlastní zpracování autora

3.3. Příjmy

Příjmy byly stanoveny na základě předpokládané návštěvnosti areálu a výše vstupného. Součástí příjmů je také výdělek za pronájem lehátek a sedacích pytlů a příjem z pronájmu prostor občerstvení.

	Cena [Kč]	Počet [osob/rok]	Příjmy [Kč/rok]
Vstupné	50 Kč	8000	400 000 Kč
Snížené vstupné po 16:00 hod	30 Kč	5000	150 000 Kč
Vstupné děti	30 Kč	11000	330 000 Kč
Lehátko	30 Kč	7500	225 000 Kč
Sedací pytel	30 Kč	2000	60 000 Kč
Příjmy za rok celkem			1 165 000 Kč

Tabulka 11: Příjmy z provozu areálu⁴²

	Výše měsíčního nájmu	Pronájem celkem
Pronájem prostor pro občerstvení	25 000 Kč	100 000 Kč

Tabulka 12: Příjem z pronájmu prostor občerstvení⁴³

⁴² Zdroj: vlastní zpracování autora

⁴³ Zdroj: vlastní zpracování autora

3.4.Náklady na ekologickou likvidaci

Náklady na ekologickou likvidaci byly odhadnuty dle charakteru jednotlivých stavebních objektů a aktuálních cen odvozu a likvidace odpadu.

	Stavební objekt	Cena [Kč]
SO01	Přírodní koupací biotop Divišov	270 000 Kč
SO02	Areálové vedení inženýrských sítí	62 000 Kč
SO03	Zpevněné plochy a TÚ	95 000 Kč
SO04	Mobiliář a vybavení areálu	20 000 Kč
SO05	Oplocení areálu	45 000 Kč
SO06	Přípojka inženýrských sítí	- Kč
SO07	Hygienické zázemí	215 000 Kč
SO08	Nezpevněné plochy a vegetační úpravy	- Kč
SO09	Odklon stávajícího nátoku	- Kč
Celkem za likvidaci areálu koupaliště		707 000 Kč

Tabulka 13: Náklady na ekologickou likvidaci areálu koupaliště bez DPH⁴⁴

⁴⁴ Zdroj: vlastní zpracování autora

3.5. Vyhodnocení návratnosti investice

Výdaje	[Kč/rok]
Elektřina	166 564 Kč
Vodné a stočné	36 460 Kč
Mzdy	451 200 Kč
Servis	52 500 Kč
Ostatní	157 000 Kč
Celkem	863 724 Kč

Tabulka 14: Celkové výdaje⁴⁵

Příjmy	[Kč/rok]
Vstupné a půjčovné	1 165 000 Kč
Provoz bufetu	100 000 Kč
Celkem	1 265 000 Kč

Tabulka 15: Celkové příjmy⁴⁶

Rozdílem ročních příjmů a výdajů dostaneme výdělek koupaliště v hodnotě 401 276 Kč za rok.

Celková cena investičního záměru přírodního koupacího biotopu je 17 240 227 Kč bez DPH.

Areál koupaliště je navržen s životností 50 let. V případě, že neuvažujeme inflaci peněz a změnu v návštěvnosti koupaliště, ke splacení investice dojde za 43 let. Na konci životnosti stavby bude výnos z investice činit 2 823 550 Kč. Cena ekologické likvidace se dle odhadu bude pohybovat kolem 700 000 Kč. Celkový finanční výnos z projektu po odečtení nákladů na ekologickou likvidaci bude odhadem 2 123 550 Kč.

Návratnost investice do přírodního koupaliště má mnoho faktorů a je příliš dlouhá na to, abychom mohli mluvit o výhodné investici pro obecní kasu. Přesto investici hodnotím jako správnou, protože přináší mnoho dalších pozitiv obci a okolí.

⁴⁵ Zdroj: vlastní zpracování autora

⁴⁶ Zdroj: vlastní zpracování autora

3.6. Vyhodnocení investice z hlediska dopadu na okolí

V celkové finanční analýze projektu jsem dospěl k závěru, že z hlediska dlouhodobé investice se areál přírodního koupacího biotopu nevyplatí. I přesto se přírodní koupací biotopy v poslední době často staví. Důvodem je zlepšování kvality prostředí především ze sociálního a enviromentálního hlediska.

3.6.1. Enviromentální hledisko

Cílem diplomové práce bylo přiblížit problematiku způsobu nakládání s dešťovou vodou. Právě biotop je jedním z mnoha řešení. V tomto případě je celková vodní plocha přírodního koupacího biotopu 1737 m². Hladina vody v koupališti může kolísat v průměru o 50 až 100 mm. V přepočtu na m³ vody je biotop schopen zadržet v závislosti na aktuálním stavu hladiny 86,85 m³ až 173,7 m³ dešťové vody a zabránit jejímu rychlému odtečení kanalizací, potažmo svodnicemi, potoky či řekami pryč z České republiky během několika dní. V roce 2019 byl roční úhrn srážek v okolí koupacího přírodního biotopu celkem 590 mm. Maximální měsíční úhrn srážek byl v měsíci červen, a to 72 mm. Maximální denní úhrn srážek byl 24,3 mm.⁴⁷ V případě maximálního denního úhrnu srážek naprší do biotopu 42 m³ vody denně. Jezero dokáže bez problému pojmout dešťovou vodu ze dvou po sobě jdoucích dnů s maximálním denním úhrnem srážek. Pokud by přšelo více dnů v kuse obdobným způsobem, záleželo by na počátečním stavu hladiny jezera, zda dokáže vodu pojmout nebo už hladina vody dosáhne úrovně přepadu, který je sveden do místního potoka.

Denní odpar vody z koupaliště může být v horkém létě až 9 m³ vody. Měsíční odpar tedy může dosahovat až 270 m³ vody. Měsíčně by tedy voda v koupališti klesla kvůli výparu o 155,44 mm. S tímto výparem ale nelze počítat během celé čtyřměsíční sezóny, proto výpar odhaduji na polovinu maximální hodnoty, tedy 77,72 mm měsíčně. Za sezónu se tedy z koupaliště odpaří 310,88 mm vody. Během měsíců v roce

⁴⁷ Územní srážky v roce 2018. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha, 2018 [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>

2019, kdy bylo koupaliště otevřeno (červen-září) napršelo v okolí celkem 254 mm srážek. Pokud by srážky byly vhodně rozloženy mezi horké dny, můžeme předpokládat, že by výpar bylo možné doplňovat ze srážek, za občasných pomoci vrtané studny.

Jezero funguje jako retenční nádrž, která je schopna zadržet poměrně velké množství vody a zajistit odpar vody v místě spadu. To napomáhá ke zlepšování místního mikroklimatu. V létě je u koupaliště příjemně, voda přes den ochlazuje okolí a zvlhčuje vzduch. V noci se naopak nastrádaná sluneční energie z vody uvolňuje a okolí otepluje.

Přírodní koupací biotop má celkový objem bez čisticí zóny 2240 m³ vody. Při aktuální ceně za vodné a stočné 56,37 Kč/m³ zadržuje přírodní koupaliště vodu v hodnotě 126 269 Kč.

Pokud budu uvažovat, že jezero ročně zadrží 70 % srážek, a dešťové vodě přiřadím stejnou hodnotu jako vodě pitné, zjistím, že zadržená srážková voda má hodnotu $0,7 * 0,59 * 1737 * 56,37 = 40\,439$ Kč ročně. Po dobu padesátileté životnosti koupaliště (neuvažují-li inflaci peněz) je zadržena dešťová voda o objemu 35 869 m³ a hodnotě 2 021 938 Kč. Lze však předpokládat, že hodnota vody v budoucnu rapidně poroste.

3.6.2. Sociální hledisko

Pro městys Divišov je koupací areál významný nejen z hlediska environmentálního, ale i z hlediska sociálního. Na přírodní koupaliště se sjíždí lidé z celého okolí. Před realizací koupaliště byl Divišov znám jako sídlo Jawy a místo konání závodů na ploché dráze. Nyní se ale Městys zařadil mezi obce, které investovaly do přírodního koupaliště a nebojím se říct, že co se týče zázemí a kvality vody, patří k těm nejlepším v České republice. Lidem v okolí se nyní nevybaví pod pojmem Divišov jen závody na ploché dráze a firma Jawa, ale také přírodní koupaliště, kam mohou vzít celou rodinu a kamarády na příjemně strávený den u čisté, chemicky neošetřené vody s kvalitním občerstvením.

4. Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo upozornit na důležitost nakládání s dešťovou vodou a představit konkrétní možnosti, jak s dešťovou vodou nakládat. Dále byly zmíněny výhody, které správné hospodaření s dešťovou vodou přináší.

V rámci diplomové práce byly popsány přírodní koupací jezírka, jako jeden z možných způsobů nakládání s dešťovou vodou. Byla popsána mechanická a biologická filtrace a proveden konkrétní návrh funkčního koupacího jezírka včetně hlavní výkresové dokumentace.

V rámci návrhu koupacího jezírka byl proveden technologický rozbor a časový harmonogram stavby. Stavba bude dle předpokladů trvat 8 měsíců. Dále byl proveden návrh zařízení staveniště ve dvou variantách. První variantou je zařízení staveniště pro zemní práce a zakládání, druhou variantou je zařízení staveniště pro kompletace a venkovní úpravy.

Součástí práce byla také výkresová dokumentace, ve které je zakreslena změna technologie čištění vody oproti původnímu návrhu od projekční firmy.

V závěru práce byl proveden stavebně technologický pohled na projekt. Z finančního hlediska se nejedná o ziskový projekt, jelikož ke splacení počáteční investice dojde dle předpokladů za dlouhých 43 let. Podíváme-li se ale na projekt z hlediska sociálního a environmentálního, má pro obec obrovský přínos, a proto jsou projekty podobného typu v poslední době hojně realizovány.

5. Použité zdroje a literatura

Knižní zdroje, vyhlášky, normy

- [1] Projektová dokumentace a průvodní zpráva projektu Přírodní koupací biotop Divišov od společnosti BAPO s.r.o.
- [2] CÍLEK, Václav, Tomáš JUST, Zdenka SŮVOVÁ, Pavel MUDRA, Jan ROHOVEC, Jaroslav ZAJÍC, Ivo DOSTÁL, Petr HAVEL, David STORCH, et al. Voda a krajina: kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině. Praha: Dokořán, 2017. ISBN 978-80-7363-837-5.
- [3] BRÁZDIL, Rudolf a Miroslav TRNKA. Historie počasí a podnebí v Českých zemích: minulost, současnost, budoucnost. Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, 2015. ISBN 978-80-87902-11-0.
- [4] SEDLÁK, Jiří. Koupací jezírka [online]. Praha: Grada, 2008 [cit. 2019-12-29]. ISBN 978-80-247-2554-3.
- [5] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- [6] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb
- [7] Vyhláška 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území
- [8] Vyhláška 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- [9] TNV 75 9011: HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVÝMI VODAMI. 1. Praha: Sweco Hydroprojekt, 2013.
- [10] Katalog Vagner Pool. 2019. Praha: Hájek Studio, 2019.
přednáška Renáta SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, – Výstavbový projekt životní cyklus

Elektronické zdroje

[1] Podle jakého zákona je povinnost hospodaření s dešťovou vodou definována pro stavebníky? | Počítáme s vodou. Počítáme s vodou [online]. Copyright ©2019

Počítáme s vodou [cit. 27.12.2019]. Dostupné z:

<https://www.pocitamesvodou.cz/otazky-a-odpovedi/13-podle-jakeho-zakona-je-povinnost-hospodareni-s-destovou-vodou-definovana-pro-stavebniky/>

[2] Katedra geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci [online]. Copyright ©5 [cit. 27.12.2019]. Dostupné z:

<https://geography.upol.cz/soubory/studium/DS-GVS/Opora-DHYDR.pdf>

[3] Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright © [cit. 28.12.2019].

Dostupné

z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf)

[4] Koloběh vody – Wikipedie. [online]. Dostupné z:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Kolob%C4%9Bh_vody

[5] Filtry – E-shop Jezírka Banat. Jezírka Banat – E-shop Jezírka Banat [online].

Copyright © 2019, Jezírka Banat s.r.o. [cit. 29.12.2019]. Dostupné z:

<https://www.jezirkabanat.cz/clanek/78/filtry>

[6] Jak funguje biologické čištění vody ve filtru? - E-shop Jezírka Banat. Jezírka Banat - E-shop Jezírka Banat [online]. Copyright © 2019, Jezírka Banat s.r.o. [cit. 29.12.2019]. Dostupné z:

<https://www.jezirkabanat.cz/clanek/9/jak-funguje-biologicke-cisteni-vody-ve-filtru>

[7] Jak funguje biologické čištění vody ve filtru? - E-shop Jezírka Banat. Jezírka Banat - E-shop Jezírka Banat [online]. Copyright © 2019, Jezírka Banat s.r.o. [cit. 29.12.2019]. Dostupné z:

<https://www.jezirkabanat.cz/clanek/9/jak-funguje-biologicke-cisteni-vody-ve-filtru>

[8] UVC lampa – ano, či ne? - E-shop Jezírka Banat. Jezírka Banat – E-shop Jezírka Banat [online]. Copyright © 2019, Jezírka Banat s.r.o. [cit. 29.12.2019]. Dostupné z:

<https://www.jezirkabanat.cz/clanek/11/uvc-lampa---ano-ci-ne>

[9] Mapy.cz. Mapy.cz [online]. Dostupné

z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.5148001&y=50.0765991&z=11>

[10] Projekční podklady a pomůcky – Tabulky pro návrh kanalizačního potrubí dle ČSN 75 6760 a ČSN EN 12056-1 až 5. Dostupné z:

<http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=36>.

[11] POZEMNÍ A KRAJINÁŘSKÉ STAVBY — Česká komora Architektů.

[online]. Copyright © 2014 ČKA [cit. 29.12.2019]. Dostupné z:

<https://www.cka.cz/cs/pro-architekty/kalkulacky/pozemni-a-krajinarske-stavby>

[12] Územní srážky v roce 2018. Český hydrometeorologický ústav [online]. Praha,

2018 [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>

6. Seznamy

Seznam obrázků

Obrázek 1: Poloha areálu	51
Obrázek 2: Areál přírodního koupacího biotopu	57
Obrázek 3: Návrh čerpadla.....	58
Obrázek 4: Šachta biologie	60
Obrázek 5: Biologický filtr před betonáží.....	61
Obrázek 6: Biologický filtr a laguna s rostlinami	62
Obrázek 8: Laguna s čistícími rostlinami	63
Obrázek 9: Celoživotní cyklus stavby.....	64

Seznam tabulek

Tabulka 1: Návrh hladinových sběračů a dnových vpustí	58
Tabulka 2: Výpočet objemu slučovací nádrže pro dnové vpusti	59
Tabulka 3: Výpočet šířky slučovací nádrže hladinových sběračů	59
Tabulka 4: Cena projektu bez DPH	65
Tabulka 5: Výpočet nákladů na elektrickou energii bez DPH.....	68
Tabulka 6: Výpočet nákladů na vodné a stočné bez DPH bez použití vrtané studny	69
Tabulka 7: Výpočet nákladů na vodné a stočné bez DPH s použitím vrtané studny.	69
Tabulka 8: Mzdové náklady včetně sociálního a zdravotního odvodu	70
Tabulka 9: Výdaje na servisní práce bez DPH.....	71
Tabulka 10: Ostatní výdaje bez DPH.....	71
Tabulka 11: Příjmy z provozu areálu	72
Tabulka 12: Příjem z pronájmu prostor občerstvení	72
Tabulka 13: Náklady na ekologickou likvidaci areálu koupaliště bez DPH.....	73
Tabulka 14: Celkové výdaje.....	74
Tabulka 15: Celkové příjmy	74

Seznam příloh

1. Řešení technologické a časové struktury
2. Řešení zařízení staveniště
3. Projektová dokumentace původní
4. Projektová dokumentace změněná