



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

HOSPODAŘENÍ SE SRÁŽKOVÝMI VODAMI

RAINWATER MANAGEMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MICHAEL OROSZ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav vodního hospodářství obcí
Student: **Bc. Michael Orosz**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23
Studijní program: N0732A260025 Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby

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

Hospodaření se srážkovými vodami

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Předmětem diplomové práce bude řešení problematiky hospodaření se srážkovými vodami ve městech a obcích. Student provede rešerši z dané problematiky. Získané informace aplikuje při řešení studie hospodaření se srážkovými vodami ve vybrané části obce.

Cíle a výstupy diplomové práce:

Cílem diplomové práce bude vypracování rešeršní části a technické zprávy z problematiky hospodaření se srážkovými vodami v části obce. Součástí práce bude výkresová dokumentace dle požadavků vedoucího diplomové práce.

Seznam doporučené literatury a podklady:

- [1] PRICE, R., VOJINOVIC Z. Urban Hydroinformatics: Data, Models and Decision Support for Integrated Urban Water Management. IWA Publishing, 2011. ISBN: 9781780401362
- [2] WILLEMS, P., at al. Impacts of Climate Change on Rainfall Extremes and Urban Drainage Systems, IWA Publishing, 2012. ISBN: 9781780401256
- [3] GUO, J. C.Y. Urban hydrology and hydraulic design, Highlands Ranch: Water Resources Publications, LLC., 2006.
- [4] LARRY W. MAYES. Stormwater collection systems design handbook. McGraw-Hill. 2001. ISBN 0-07-135471-9.
- [5] STRÁNSKÝ, D. a kol. Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. MŽP. In mzp.cz [online]. 2019 [cit. 2022-03-24]. Dostupné z WWW: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/koncepcni_dokumenty/\\$FILE/OOV-studie_HDV-20191220.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/koncepcni_dokumenty/$FILE/OOV-studie_HDV-20191220.pdf)

[6] Platné normy k dané problematice.

[7] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení DP.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2022

L. S.

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
vedoucí ústavu

doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

Abstrakt

Diplomová práca sa zaoberá problematikou decentralizovaného hospodárenia s dažďovými vodami, ktorá reaguje na legislatívne požiadavky ohľadom povinnosti akumulácie, vsakovania a retencie zrážkových vôd v mieste ich dopadu. Práca je rozdelená na rešeršnú časť, v ktorej sú predstavené možné zariadenia na hospodárenie so zrážkovými vodami, ale aj limity ich použitia a konštrukčné zásady. V praktickej časti je vypracovaná technická správa, ktorá detailne rieši 3 navrhované objekty vo vnútrobloku na Bakalovom nábreží v Brne. Súčasťou technickej správy je aj analýza územia, hydrotechnické výpočty pre jednotlivé objekty a ich funkčné a technické riešenie. Prílohou technickej správy je aj výkresová dokumentácia. Posledná časť práce sa venuje celkovému posúdeniu zámeru.

Abstract

The diploma thesis deals with the issue of decentralized stormwater management, which responds to legislative requirements regarding the obligation of accumulation, collection and retention of stormwater at the point of impact. The thesis is divided into a research part, in which possible devices for rainwater management are presented, as well as the limits of their use and design principles. In the practical part, a technical report is elaborated, which solves in more detail the 3 proposed objects in the inner block of the Bakalovo nábreží in Brno. The technical report also includes an analysis of the area, hydrotechnical calculations for individual objects and their functional and technical solutions. The technical report is also accompanied by drawings. The last part of the work is devoted to the overall project evaluation.

Klíčové slová

Hospodárenie so zrážkovými vodami, vsakovacie zariadenie, akumulčné zariadenie, retenčné zariadenie, priehľbeň-ryha, akumulčná nádrž, zelená strecha

Keywords

Rainwater management, infiltration device, accumulation device, retention device, depression-groove, accumulation tank, green roof

OROSZ, M. *Hospodaření se srážkovými vodami*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2023. 84 s. Vedoucí doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

Prehlásenie o vypracovaní záverečnej práce

Prehlasujem, že som diplomovú prácu s názvom *Hospodárení se srážkovými vodami* vypracoval samostatne a že som uviedol všetky informačné zdroje.

V Brně, dňa 13. 1. 2023

Bc. Michael Orosz

Prehlásenie o zhode listinnej a elektronickej formy záverečnej práce

Prehlasujem, že elektronická forma odovzdanej diplomovej práce s názvom *Hospodaření se srážkovými vodami* je zhodná s listinnou formou.

V Brně, dňa 13. 1. 2023

Bc. Michael Orosz

Podakovanie

Srdečne by som sa chcel poďakovať rodine, spolužiakom a kamarátom za podporu počas celého štúdia. Veľká vďaka tiež patrí môjmu vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Jaroslavovi Raclavskému, Ph.D. za odborné vedenie a cenné rady.

V Brně, dňa 13. 1. 2023

Bc. Michael Orosz

Obsah

1	Úvod	3
2	Požiadavky na HDV	4
2.1	Kvalita a zloženie dažďových vôd	4
2.2	Predčistenie a čistenie dažďových vôd	5
2.2.1	Znečistenie podľa typu plochy	5
2.2.2	Spôsoby čistenia	6
2.2.3	Zariadenia na predčistenie a čistenie dažďových vôd	8
2.3	Vybavenosť objektov HDV	12
2.3.1	Nátoky	12
2.3.2	Regulačné prvky	12
2.3.3	Bezpečnostné prelivy	14
2.3.4	Ochrana proti spätnému vzdutiu	14
2.3.5	Odvetranie	14
3	Spôsoby hospodárenia s dažďovými vodami	15
4	Vsakovanie dažďových vôd	16
4.1	Geologické požiadavky pre vsakovanie	16
4.2	Možnosti vsakovania	17
4.2.1	Plošné vsakovanie cez humusovú vrstvu	20
4.2.2	Vsakovacia priehľbeň	21
4.2.3	Vsakovacia priehľbeň s retenčnou ryhou	22
4.2.4	Vsakovacia priehľbeň-ryha s regulovaným odtokom	23
4.2.5	Vsakovacia retenčná nádrž	23
4.2.6	Vsakovacia ryha	24
4.2.7	Vsakovacia šachta	24
4.2.8	Umelý mokrad	25
4.2.9	Voštinové bloky	26
4.2.10	Vsakovacie tunely	27
5	Využitie dažďových vôd v budovách	28
5.1	Technické riešenie využitia dažďovej vody	28
5.2	Úprava dažďovej vody	29
5.2.1	Elektrokoagulácia v kombinácii s gravitačným membránovým bio-reaktorom	30
5.2.2	Domáca úpravňa dažďovej vody	31
6	Retencia dažďových vôd v mestách a obciach	33
6.1	Retenčné objekty	33
6.1.1	Dažďové zdrže	34
6.1.2	Suché retenčné nádrže (poldry)	34
6.1.3	Podzemné retenčné nádrže	35
6.1.4	Retenčné dažďové nádrže so zásobným priestorom	36

6.1.5	Protierózne nádrže	36
6.1.6	Retenčná filtračná nádrž	37
6.1.7	Strechy s retenčnou vrstvou	38
6.1.8	Priepustné a polopriepustné povrchy	42
7	Technická správa	45
7.1	Predmet diela	45
7.2	Podklady	45
7.3	Vymedzenie riešeného územia	46
7.4	Hydrologické pomery územia	47
7.4.1	Poloha voči zaplavovanému územiu	48
7.4.2	Hydrogeologická rajonizácia	48
7.5	Súvisiace vodohospodárske stavby v území	49
7.6	Súčasný stav odvodnenia územia	50
7.6.1	Odvodňovaná plocha	51
7.7	Návrhový dažď	52
7.8	Hydrotechnický výpočet akumuláčnej nádrže na dažďovú vodu	54
7.9	Hydrotechnický výpočet pre zariadenie priehlbeň-ryha	59
7.10	Hydrotechnický výpočet zelenej extenzívnej strechy	63
7.11	Jednotlivé stavebné objekty	64
7.11.1	SO.01 – akumuláčná dažďová nádrž	64
7.11.2	SO.02 – vsakovacia priehlbeň s ryhou	68
7.11.3	SO.03 – zelená extenzívna strecha	71
7.12	Ochrana ŽP a BOZP počas výstavby	73
8	Posúdenie zámeru	74
8.1	Hydrotechnické posúdenie	74
8.2	Ekonomické posúdenie	75
9	Záver	77
10	Zoznam použitých skratiek a symbolov	83
11	Zoznam príloh	84

1. Úvod

Diplomová práca sa zaoberá súčasnými trendmi a možnosťami hospodárenia so zrážkovými vodami (HDV) v mestách a obciach. V súčasnosti sa kladie stále väčší dôraz na využívanie zrážkovej vody, v reakcii na problémy spojené s rýchlym odvodom zrážkových vôd z intravilánu miest a stále extrémnejšími horúčavami a obdobiami sucha. Konvenčný centralizovaný prístup odvodnenia miest a obcí prináša riziká v spojení s klimatickou zmenou v podobe povodní, sucha a znečistení vodných tokov. Pri momentálnom stúpajúcom trende urbanizácie dochádza k prekračovaniu kapacít jednotnej aj dažďovej kanalizácie a nutnosti intenzifikácie čistiarní odpadových vôd. Decentralizovaný prístup hospodárenia s dažďovými vodami zachytáva zrážkové vody lokálne, teda na mieste ich dopadu. To má za následok mnoho výhod v podobe zlepšovania mikroklimatických podmienok v mestách, zvyšovanie vlhkosti, estetické benefity, ale aj ekonomické prínosy ako prevencia pred škodami spôsobenými účinkami povodní, alebo znižovanie nutnosti výstavby odľahčovacích komôr. Dochádza tiež k odľahčeniu náporu na celý stokový systém. V neposlednom rade dochádza pri vsakovaní zrážkových vôd k dotácii zásob podzemných vôd.

Koncept decentralizovaného hospodárenia so zrážkovými vodami je založený na uprednostňovaní akumulácie, vsakovania a retencii zrážkových vôd pred ich okamžitým odvedením kanalizáciou. Zrážkové vody obecné neobsahujú vysoké množstvo znečistenia, avšak je nutné posudzovať ich na základe typu odvodňovaného povrchu a zvoliť prípadne vhodný spôsob predčistenia.

Existuje celá rada možností prevedenia objektov hospodárenia s dažďovými vodami, ktoré budú detailne predstavené v rešeršnej časti práce. Súčasťou každého objektu sú aj rôzne komponenty, ktoré zaisťujú riadnu funkciu objektov HDV. Objekty neslúžia len na vsakovacie účely a retenčné účely spomalenia odtoku. Akumuláciou môžeme zachytené zrážkové vody využívať k zavlažovaniu počas suchých dní, alebo ich využívať v budovách ako úžitkovú vodu. Ich využívanie navyše znižuje spotrebu pitnej vody a chráni vodné zdroje.

Právny rámec ČR v súčasnosti ukladá povinnosť uplatňovať princípy hospodárenia so zrážkovými vodami. Ide predovšetkým o zákon č. 254/2001 Sb. o vodách (vodní zákon), vyhláška č. 269/2009 Sb., vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požiadavkách na stavby. Normy, na základe ktorých sú prevedené jednotlivé návrhy a ktoré sa zaoberajú HDV, sú ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod a TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami.

2. Požiadavky na HDV

2.1. Kvalita a zloženie dažďových vôd

Dažďová voda v atmosfére absorbuje rôzne chemické látky zo znečisteného vzduchu, ktorý ovplyvňuje jej zloženie a hodnotu pH. V neznečistených oblastiach sa hodnota pH pohybuje okolo 5,6. V niektorých silno znečistených priemyselných oblastiach sa hodnota pH dostáva aj pod 3,5. Hodnota pH je najdôležitejším ukazovateľom pri opätovnom využití dažďovej vody. Jej hodnotu ovplyvňujú predovšetkým oxid uhličitý a jeho iónové formy. Spomedzi ďalších plynov sú to oxidy síry a oxidy dusíka. [1, 2]

Celková mineralizácia je mimo urbanizované sídla v jednotkách mg/l. V oblastiach s antropogénnym vplyvom býva vyše 10 mg/l. V silno znečistených oblastiach môže mineralizácia dosiahnuť až 100 mg/l. [2]

Znečistenie dažďovej vody v atmosfére pochádza z:

- rozpustených a nerozpustených látok v atmosferických zrážkach;
- znečistenie nahromadené na povrchoch počas obdobia bez zrážok, ktoré je následne odvedené s dažďovou vodou;
- znečistenie pochádzajúce z povrchov materiálov, s ktorými prichádza dažďová voda do kontaktu. [1]

Počas zrážkovej udalosti voda pohlcuje látkové znečistenia zo vzduchu, čím dochádza k čisteniu atmosféry. Dažďová voda po dopade na zemský povrch pohlcuje znečistenie prírodného pôvodu (soli, pôda) a znečistenie antropogénneho pôvodu (dymové plyny a doprava). Medzi prírodné znečistenie patria predovšetkým zásadité látky ako uhličitan vápenatý a horečnatý, amoniakálny dusík. Medzi znečistenie antropogénne patria kyseliny ako kyselina sírová, dusičná, chlorovodíková. Zdrojom kyselín sú zlúčeniny síry (najmä SO_2 a H_2S) a zlúčeniny dusíka (N_2O , NO , NO_2), pochádzajúce zo spaľovania fosílnych palív, z výfukových plynov a z denitrifikačných procesov vo vode a pôde. Zdrojom zásaditých látok sú hnojivá z poľnohospodárstva, alebo uhličitan prírodného pôvodu. Medzi ďalšie znečisťujúce látky patria ťažké kovy (z priemyslu a spalovní), organické látky (uhľovodíky) a prírodné látky (fosfor a amónne soli). [2]

Chemické zloženie dažďových vôd závisí na znečistení spodných a stredných vrstiev atmosféry. Zloženie a množstvo kolíše vzhľadom k úhrnu zrážky, doby trvania a intenzite. Mení sa pomer medzi aniónmi a kationmi, obsiahnutými v dažďovej vode. [2]

Z kationov sa v dažďovej vode nachádza predovšetkým amónny dusík a vápnik. Menej horčík, draslík a sodík. Medzi najčastejšie anióny patria sírany, dusičnany a menej chloridy. Spomedzi kovov prevládajú železo, hliník a zinok. Narastajúcu tendenciu má chróm a nikel. Klesajúci trend vykazujú Cu, Cd, Pb, As, Be, V, Fe, Mn a Al. [2]

Kórejskí výskumníci sledovali v roku 2003 vybrané parametre u dažďovej vody zo strechy. Výsledky zobrazuje nasledovná tabuľka:

Tab 2.1: Kvalita dažďovej vody [3]

Parameter	Dažďová voda
pH	7,41
Konduktivita [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$]	187,1
Zákal [NTU]	4,76
Farba [$\text{mg}\cdot\text{Pt}^{-1}$]	24
CHSK_{Cr} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	12,6
Počet častíc [2–15 μm]	2570
Koliformné baktérie celkom počet. 100ml^{-1}	>2419

Užívaním dažďovej vody z hľadiska jej zloženia nesmie dôjsť:

- k ohrozeniu zdravia užívateľa;
- k ohrozeniu kvality pitnej vody (chyba pri inštalácii);
- k obmedzeniu komfortu užívania vody;
- ku kontaminácii životného prostredia (predovšetkým pôdy a podzemnej vody). [1]

2.2. Predčistenie a čistenie dažďových vôd

Znečistenie zo spevnených a nespevnených povrchov v mestách a obciach je pri zrážkových udalostiach splachované do mestskej kanalizácie. V prípade vsakovania do podlažia môže navyše dochádzať k infiltrácii zrážkovej vody do pôdy spolu s polutantmi. Pre ochranu pôdy, podzemných a povrchových vôd je preto nutné zvoliť správne zariadenie s dostatočnou schopnosťou čistiť zrážkové vody.

Medzi typické zdroje znečistenia v mestskom prostredí patrí automobilová doprava, priemysel, lokálne poľnohospodárstvo, či záhrady. Hlavnými polutantmi sú sedimenty, organické živiny, ťažké kovy (napr. meď, zinok, olovo), pesticídy, detergenty, uhľovodíky ropného pôvodu, mikroorganizmy a iné.

Smernica DWA, ktorá vychádza z nemeckých noriem člení zrážkové vody podľa ich vplyvu na podzemné vody na 3 kategórie:

- neškodné – ide o zrážkové vody zo striech budov;
- tolerovateľné – patria sem zrážkové vody z rezidenčných oblastí, sídlisk, areálov;
- netolerovateľné – ak zrážkové vody pochádzajú z komunikácii s vysokou intenzitou dopravy, zo zasolovaných chodníkov počas zimných mesiacov atď. [4]

2.2.1. Znečistenie podľa plochy

Strechy

Dôležitým faktorom pri znečistení dažďovej vody zo striech je typ strechy (šikmá, plochá) a materiál, z ktorého je strecha skonštruovaná. U plochých strechách, ktoré sú pokryté štrkom s obsahom vápniku, je pri vsakovaní voda vyčistená a je zvýšené jej pH.

2.2. PREDČISTENIE A ČISTENIE DAŽĎOVÝCH VÔD

U plechových strechách z ťažkých kovov, ako sú meď, zinok a olovo, sa tieto nebezpečné prvky môžu dostať do odtekajúcej vody. Ťažké kovy sa do vody uvoľňujú aj z odkvapových rúr. Pri strechách z betónu sa zas môžu dostať do vody častice betónu.

Strechy väčšinou však sú opatrené povrchovou úpravou a tak nedochádza k vylučovaniu nebezpečných látok do vody. Preto je miera znečistenia vody zo striech nízka a je tak možné vodu infiltrovať bez ďalšej technologickej úpravy. [5]

Pozemné komunikácie

Pri zrážkovej udalosti je voda z komunikácii znečistená o zvyšky pohonných hmôt, častíc pneumatík, brzdových kvapalín, olejov. Tieto častice obsahujú rôzne ťažké kovy (predovšetkým meď a zinok), soli, nerozpustené látky, uhľovodíky a iné.

Za málo znečistené komunikácie sa dajú považovať chodníky pre chodcov, cestičky pre cyklistov a parkoviská. [5]

Komunikácie v rámci priemyselných areálov

Pri manipulácii, nakladaní, balení tovaru môže dochádzať k úniku rôznych látok na plochy priemyselných areálov. Ide o znečistenie chemickými prostriedkami, úniky olejov a pohonných hmôt, časti tovarov atď.

Plochy areálov, manipulačné plochy, parkoviská pre nákladné automobily vykazujú vysokú mieru znečistenia a je u nich nevyhnutné posúdenie prípustnosti infiltrácie vody. [5]

Predčistenie zrážkových vôd od hrubých nečistôt a nerozpustných látok zároveň chráni objekty HDV pred mechanickým poškodením, upchaním, poškodením regulačných prvkov a zvyšuje ich životnosť.

2.2.2. Spôsoby čistenia

- fyzikálne;
- chemické;
- biologické procesy.

Procesy prebiehajú buď samostatne, alebo sa môžu vzájomne dopĺňať, ak to vyžaduje povaha znečistenia, či miesto vsakovania, alebo vypúšťania zrážkovej vody.

Fyzikálne čistenie

Sem patria spôsoby na báze fyzikálnych mechanizmov ako sú: separácia, filtrácia, sedimentácia a adsorpcia.

Separáciou dochádza k zachyteniu hrubých nečistôt pomocou mreží, lapačov, česiel a sít. Jedná sa o predčistenie, ktoré zabraňuje vtoku hrubých nečistôt do ďalších stupňov čistenia. Separácia sa používa v systémoch čistenia aj pri oddelení prvého splachu, kedy sa napríklad odbočkou, alebo obtokom oddelia nerozpustné látky od podstatne čistejšej vody.

2.2. PREDČISTENIE A ČISTENIE DAŽĎOVÝCH VÔD

Gravitačná separácia sa uplatňuje u sedimentačných zariadeniach a v odlučovačoch ropných látok. Gravitačnou separáciou dochádza k zamedzeniu nerozpustných látok (piesok, hlina, kal) do vsakovacieho zariadenia. [6]

K filtrácii znečistenej vody sa využívajú pieskové, štrkové filtre, pôda, organický materiál, geotextília alebo iné porézne médium. Pri filtrácii sa na filtračnom médiu zachytávajú usadené a rozpustené častice znečistenej látky fyzikálnym pôsobením a adsorpciou. K účinnej filtrácii pomáha údržba filtračného média, čím sa zároveň predlžuje jeho životnosť. [7]

K adsorpcii sa používa granulované aktívne uhlie, zeolity. Pri adsorpcii dochádza k odstráneniu ťažkých kovov, uhľovodíkov (olejov, ropných látok). [6]

Biologické čistenie

Biologické čistenie prebieha vo vodných nádržiach (mokrade, retenčné nádrže, jazerá). V nádržiach dochádza k procesom ako sú sedimentácia, mikrobiálny rozklad, výmena plynných zložiek vody. [6]

Odbúranie polutantov je možné aj vsakovaním cez vegetačnú vrstvu, alebo pomocou vsakovacích priekopov, priehlbín. Pri pozemných komunikáciách sa môže použiť napríklad drenážna ryha so štrkovým materiálom.

Chemické čistenie

Pomocou adsorpcie na granulované hydroxidy železa a hliníku. Používajú sa v kombinácii s vápнитým pieskom k adsorpcii ťažkých kovov. [6]

2.2.3. Zariadenia na predčistenie a čistenie dažďových vôd

Nasledujúca tabuľka zobrazuje účinnosť odstránenia rôznych druhov znečistenia podľa zvoleného zariadenia:

Tab. 2.1. Spôsoby predčistenia zrážkových vôd pri vsakovaní a účinnosť pre rôzne druhy znečistenia [6]

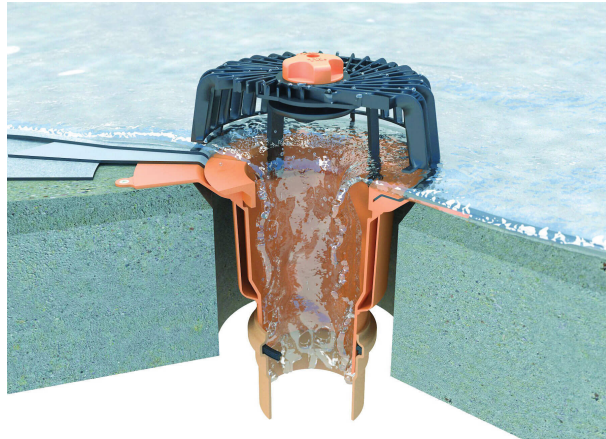
Spôsob znečistenia	Zariadenie	Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné častice	Ťažké kovy a ich nerozpustné zlúčeniny	Uhlíkovodíky (minerálne oleje, ropné látky)	Organické látky (nepatria k jemným alebo hrubým časticiam)	Živiny
Zachytenie hrubých nečistôt	Vtokové mriežky	++	--	--	--	--	--
	Lapače lístia	++	--	--	--	--	--
	Česlá	++	--	--	--	--	--
	Sitá	+0	--	--	--	--	--
Vsakovanie cez zatrávenú humusovú vrstvu (filtrácia, adsorbcia, biologické čistenie)	Priehlbeň Priehlbeň-ryha Vsakovacia nádrž	++	++	++	++	++	++
Gravitačná separácia látok (sedimentácia pevných častíc a vyplavovanie ľahkých látok)	Kalová nádrž Usadzovacia nádrž	++	++	++	++	--	--
	Odlučovače ľahkých kvapalín s kalovou nádržou	++	++	+	++	--	--
Filtrácia mechanická	Pieskové a štrkové filtre	++	++	+	--	--	+
	Geotextília	++	++	+	--	--	--
Filtrácia cez adsorbčný materiál	Aktívne uhlie, koks	0	0	++	++	++	--
	Zeolity	0	0	++	++	+	--
	Hydroxidy železa a hliníku	0	0	++	--	--	--
	Adsorbenty olejov	--	--	--	++	--	--
Vysvetlivky: ++ vhodné + podmiennečne vhodné 0 v spojení s ďalšími opatreniami - skôr nevhodné -- nevhodné							

Na predčistenie a čistenie dažďových vôd ponúkajú výrobcovia širokú škálu zariadení, napríklad:

Strešné vpuste s ochranným košom

Odvodnenie strechy má byť pomocou najmenej dvoch strešných vpustí, ktoré musia byť doplnené bezpečnostných prepados. Strešné vpusti je vhodné zvoliť s ochranným košom. Takto opatrené vpusti fungujú na princípe separácie. Ide teda o fyzikálne predčistenie a zachytenie nerozpustných látok zo striech. [8]

2.2. PREDČISTENIE A ČISTENIE DAŽĎOVÝCH VÔD



Obr. 2.1: Strešná vpusť s ochranným košom (firma TOPWET) [8]

Filtračná šachta

Ide o podzemné zariadenie, ktoré sa osadzuje pred retenčnú nádrž, alebo vsakovacie zariadenie. Šachta sa skladá z prítokového a odtokového potrubia a šachty s filtračným košom. Filtračný kôš z plastu zachytí lístie, vetvičky, a častice nad 0,5 mm. Údržba šachty je jednoduchá a spočíva vo vytiahnutí filtračného koša uvoľnením skrutky. Šachta môže byť pochôdzia, alebo pojazdná, v závislosti od zvoleného poklopu. Dno šachty je nutné obaliť geotextíliou a podsypať štrkom. [9]



Obr. 2.2: Filtračná šachta [9]

Dažďové sedimentačné nádrže

Sedimentačné nádrže sú podzemné zariadenia, slúžiace k usadeniu hrubých nečistôt ako sú: piesok, štrk, ropné produkty. Pri sedimentácii platia zákonitosti usadzovania častíc. Na častice pôsobia proti sebe sily:

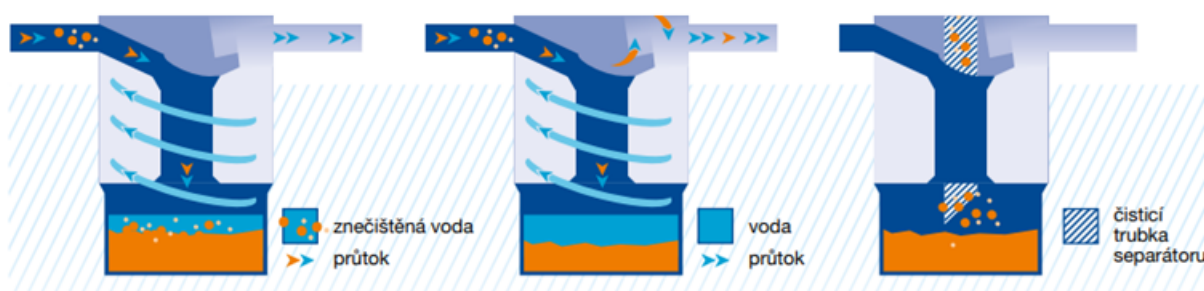
- tiažová F_g ;
- vztlaková F_v .

2.2. PREDČISTENIE A ČISTENIE DAŽĎOVÝCH VÔD

Ak je hustota častice väčšia, než je hustota kvapaliny, častica vykonáva smer ku dnu. Ak je naopak hustota častice menšia, smeruje k hladine. Na časticu v pohybe zároveň pôsobí aj sila trecia F_r . Výsledná sila F je rovná $F = F_g - F_v - F_r$.

Nádrže sa vyrábajú prefabrikované z plastu, ocele, alebo monolitické z betónu. Prítok a odtok vody je zabezpečený gravitačne. Hlavný sedimentačný priestor slúži k usadeniu splavenín s vyššou hustotou ako voda. Usadeniny sa odstraňujú z nádrže buď ručne alebo pomocou čerpadla.

Firma Wavin vyrába hydrodynamické separátory z plastu, zložené z prítokového potrubia, centrálneho tubusu so sedimentačným priestorom, skrutkovice z lamiel a odtokového potrubia. V sedimentačnom priestore sa usadzujú veľké častice a zo sedimentačného priestoru voda stúpa nahor cez lamely skrutkovice, kde sa zachytávajú častice veľkosti len $75 \mu\text{m}$. [10]



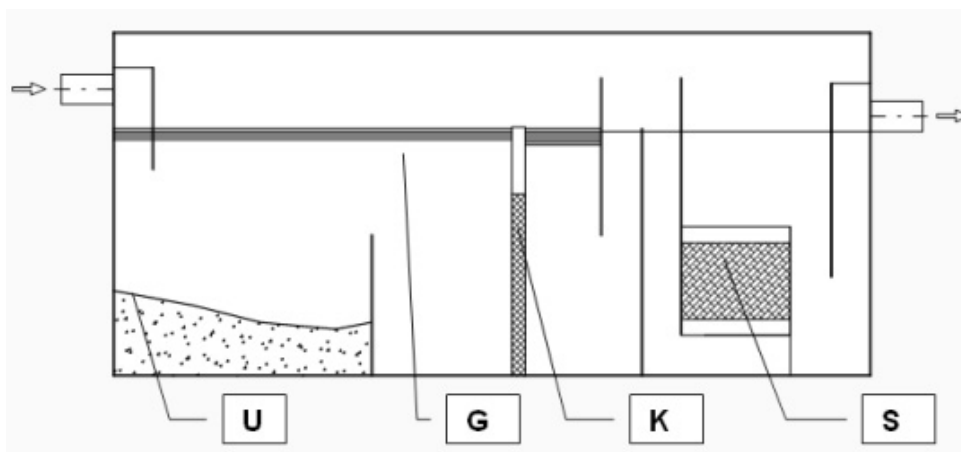
Obr. 2.3: Hydrodynamický separátor Certaro HDS Pro (Wavin) [10]

Odlučovače ropných látok

Zariadenie zachytáva ropné látky, ktoré sú splachované z pozemných komunikácií, parkovacích plôch, plôch v technologických areáloch. Ropné látky vo vode vytvárajú emulziu. Ide o disperznú sústavu dvoch kvapalín, ktorá sa vzájomne nemiešajú, ale vytvárajú ostré rozhranie. Emulzia z ropných látok má nižšiu hustotu než voda a preto pláva na hladine. Nezmiešané ropné látky môžu byť z daždovej vody odlúčené nasledovnými spôsobmi:

- gravitačné odlúčenie ropných látok;
- koalescenčné odlúčenie ropných látok, pomocou koalescenčného filtru;
- adsorpčné odlúčenie ropných látok, pomocou sorpčného filtru.

Tieto spôsoby čistenia sú v zariadeniach využívané buď samostatne, alebo súčasne viaceré z nich. Koncentrácia ropných látok je po vyčistení $\leq 3\text{mg/l}$ C10-C40 (označenie uhľovodíkov z tukov, olejov a ropných produktov). [11]



Obr. 2.4: Odlučovač ropných látok [11]

- U – Usadzovanie nerozpustných látok
- G – Gravitačné odlúčenie
- K – Koalescenčné odlúčenie
- S – Adsorpcia

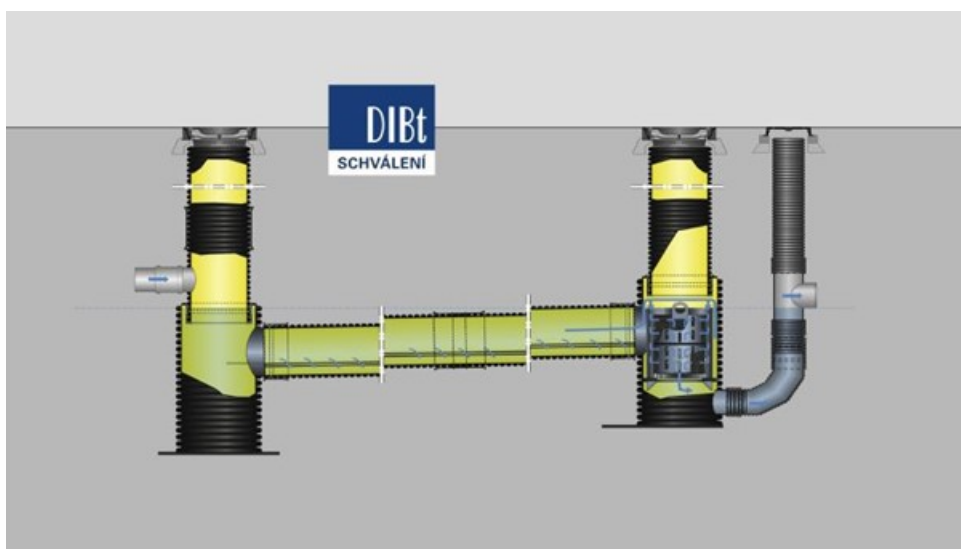
Sedimentačné zariadenie s filtračným substrátom SediSubstrator XL

Silne zaťažené komunikácie bývajú znečistené nebezpečnými ropnými látkami, suchými soľami ako chlorid sodný a skrúpenými soľami ako chlorid horečnatý a chlorid vápenatý. Toto znečistenie sa môže dostať do pôdy a podzemných vôd. Zariadenie na odstránenie takto znečistených látok prepája sedimentáciu s adsorpčnou technológiou SediSorp.

A – Počiatočná šachta slúži na báze sedimentácie ako lapač splavenín hrubých nečistôt.

B – Jemné nečistoty sú ďalej sedimentované v zúženom sedimentačnom priestore.

C – Ťažké kovy, rozpustené látky a oleje sú pomocou adsorpcie zachytávané na povrch. K povrchu adsorbentu sú priťahované pomocou van der Waalsových síl znečistené látky z kvapalného prostredia. [12]



Obr. 2.5: SediSubstrator L (FRANKISCHE) [12]

2.3. Vybavenosť objektov HDV

Zariadenia HDV sú opatrené týmito prvkami:

- nátoky;
- regulačné prvky;
- bezpečnostné prielivy;
- ochrana proti spätnému vzdutiu;
- odvetranie. [6]

2.3.1. Nátoky

Nátokmi sa rozumie miesta, v ktorých dažďová voda vteká do zariadenia HDV. Nátoky sú povrchové a podzemné, alebo bodové a laterálne. Pri povrchovom natekaní vody do nádrže je potreba zamedziť erózii plošným natekaním a spomalením prítoku. Pri bodovom natekaní je vhodné miesto vtoku spevniť. Laterálne natekanie sa uskutočňuje cez znížený obrubník, alebo cez prerušovaný obrubník. Pri podzemnom natekaní sa používa perforované potrubie, pre lepšiu distribúciu vody do podzemného zariadenia, napr. u vsakovacej ryhe. Nátoky zároveň plnia často funkciu predčistenia. [6]

2.3.2. Regulačné prvky

Retenčný objekt musí byť vybavený regulačným prvkom, ktorý reguluje odtok na hodnotu nižšiu než predpísaný prípustný odtok. Regulovať prietoky môžeme zmenou smeru prúdenia, zmenou veľkosti prietokovej plochy alebo trením. [13]

Regulačné prvky plnia dva účely:

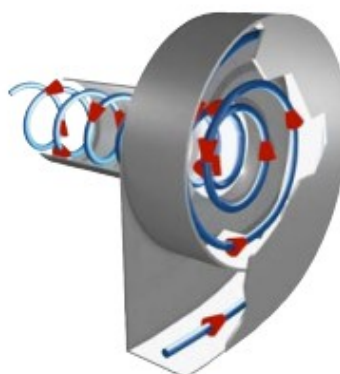
1. zaistenie stáleho odtoku za retenčnou nádržou;
2. zabránenie vyplavovania sedimentov pred sedimentačnými nádržami. [14].

Návrh vhodného zariadenia pre reguláciu odtoku závisí na parametroch ako:

- maximálny povolený odtok (l/s);
- tlakovú výšku (maximálna úžitná výška hladiny v retenčnej nádrži);
- dimenzia prítokového potrubia. [14].

Regulácia pomocou zmeny smeru

K zmene smeru sa využíva vírový regulátor. Voda tangenciálne prúdi do vírovej komory, kde sa jej prúdenie špirálovito točí. V strede tohto vírenia vzniká výtokový prstenec, naplnený vzduchom, ktorý priškrtní výtokový otvor. Výhodou je zachovanie prietokového profilu, vďaka čomu nedochádza k upchaniu výtokového otvoru. [14]



Obr. 2.6: Vírový separátor [14]

Regulácia pomocou zmeny prietokovej plochy

Patria sem statické regulačné prvky, u ktorých sa priškrcuje prietok zúžením prierezu. V mieste zúženia dôjde k nárastu prietokovej rýchlosti a ku zníženiu statického tlaku podľa Bernoulliho rovnice. K regulácii slúžia sekčné uzávery (posúvače). Využitie je vhodné pri menších tlakových výškach. [13, 14]



Obr. 2.7: Regulátor do plastovej alebo betónovej šachty [14]

Regulácia pomocou trenia

Škrtiaca trať so zmenšenou kapacitou ako meandre využíva efektu trenia. Toto riešenie je ekonomicky nákladné a nie je možná dodatočná zmena hydraulických parametrov. [13]

Ďalšími zariadenia sú: plovákový regulátor, filtračná lož.

2.3.3. Bezpečnostné prelivy

Bezpečne prevádzajú prietok s hodnotou vyššou než návrhová zrážka, alebo pri prekročení kapacity zariadenia HDV. Z dôvodu zabránenia spätného vzdutia musí byť navrhnutý na rovnakú hodnotu ako prítok vody do zariadenia. Podľa ČSN 75 9010 môže byť bezpečnostný prieliv zaústený do recipientu, do jednotnej kanalizácie, alebo výnimočne na vlastný pozemok. Riešenie bezpečnostného prielivu:

- do vertikálneho potrubia;
- cez korunu, alebo hranu;
- ako horizontálne uložené perforované potrubie. [6]

2.3.4. Ochrana proti spätnému vzdutiu

Napríklad pomocou spätnej armatúry. [6]

2.3.5. Odvetranie

Nutné riešiť pri podzemných objektoch HDV. [6]

3. Spôsooby hospodárenia s dažďovými vodami

Podľa vyhlášky č. 501/2006 o obecných požiadavciach na využívaní území musí byť na stavebnom pozemku vyriešené hospodárenie s dažďovými vodami predovšetkým:

1. akumuláciou a jej následným využitím, vsakovaním alebo výparom, ak to dovoľujú hydrogeologické a priestorové pomery;
2. odvádzaním do vodného toku pomocou dažďovej kanalizácie, ak nie je možná akumulácia, vsakovanie, alebo výpar;
3. retenciou s regulovaným vypúšťaním do jednotnej kanalizácie, ak nie je možné odvádzanie do vodného toku.

Z vyhlášky vyplýva, že je vlastníkom stavebného pozemku povinný primárne akumulovať, vsakovať, alebo vyparovať dažďovú vodu. Až potom nasleduje retencia.

4. Vsakovanie dažďových vôd

4.1. Geologické požiadavky pre vsakovanie

Hlavným predpokladom pre vsakovanie dažďových vôd do podzemných vrstiev je dostávajúca priepustnosť pôdy. K vyhodnoteniu vhodnosti pôdy slúži norma ČSN 75 9010.

Pred zahájením výstavby vsakovacieho zariadenia je nevyhnutné vykonať geologický a hydrogeologický prieskum zameraný na vhodnosť horninového prostredia pre vsakovanie. Vhodnosť vsaku je vyjadrená koeficientom vsaku k_v (m/s), rýchlosťou vsaku, úrovňou hladiny podzemnej vody, zatriedením podzemnej vody podľa typu (podzemná voda s voľnou hladinou, podzemná voda s napätou hladinou), kvalitou podzemnej vody. Výstupom geologického prieskumu je aj vyhodnotenie vplyvu na vodné zdroje, ochranné pásma vodných zdrojov, ekologické dopady a ďalšie. Vsakovacie zariadenie by malo mať základovú spáru minimálne 1 m nad úrovňou maximálnej hladiny podzemnej vody. Geologický a hydrogeologický prieskum vykonáva oprávnená osoba k vykonávaniu inžinierskogeologických a hydrogeologických prieskumov.

Podklady pre geologický prieskum:

- projektová dokumentácia stavby, polohopis a výškopis stavieb a inžinierskych sietí;
- údaje o stavbe, redukovaná odvodňovaná plocha A_{red} . [15]

Nezáväznou pomôckou pre určenie potenciálneho vsaku môže poslúžiť syntetická mapa zraniteľnosti, spracovaná inštitúciou VÚMOP a spoločnosťami v.v.o. a GEOTest, a.s. Mapa však nenahrádza hydrogeologický prieskum. Výstupom mapy v prostredí GIS sú jednotlivé vrstvy podľa:

- zraniteľnosti horninového prostredia;
- zraniteľnosti pôdy;
- vlhovej bilancie.

Vo všeobecnosti platí, že najviac vhodné horninové prostredie je také, ktoré je najviac zraniteľné z pohľadu podzemných vôd. Ide teda predovšetkým o horninové prostredie s výrazne puklinovým, prielinovo-puklinovým a krasovo-puklinovým typom priepustnosti. Zraniteľnosť podzemných vôd sa dá určiť aj na základe koeficientu transmisivity (prietochnosti) kolektoru a platí čím vyšší koeficient, tým zraniteľnejšie prostredie. Najmenej zraniteľné podzemné vody sú vedené izolátorom. [16]

Pri jednoduchších stavbách môžeme vychádzať z hodnotenia priepustnosti horninového prostredia pomocou hydraulického vodivosti K_s . Veľkosť hydraulického vodivosti závisí na vlastnostiach pórovitého prostredia a na vlastnostiach vody a je možno ju chápať ako schopnosť pôdy prepúšťať vodu. U ílu je veľkosť spomedzi všetkých zemín najnižšia, naopak štrkopiesok vykazuje najvyššiu hydraulickú vodivosť. [17]

Orientačné hodnoty súčiniteľa hydraulického vodivosti sú znázornené na nasledujúcom obr. 4.1:

Druh zeminy	k [m/s]
Jíl	$1 \cdot 10^{-8}$ a menší
Písčitá hlína	$1 \cdot 10^{-6}$ a menší
Ulehlý hlinitý piesek	$1 \cdot 10^{-6} \div 5 \cdot 10^{-6}$
Piesek s jílovitými časticami	$1 \cdot 10^{-6} \div 2 \cdot 10^{-6}$
Jemný piesek, kyprý hlinitý piesek	$1 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-5}$
Hrubozrnný piesek	$1 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-4}$
Štěrkopísek	$2 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-3}$ i větší

Obr. 4.1: Hodnoty hydraulického vodivosti k [17]

Za prijateľné koeficienty vsaku K_v sa dajú považovať z empirického hľadiska hodnoty nad $K_v = 10^{-6}$ m/s. Pre hodnoty od 10^{-8} do 10^{-6} m/s je potrebné počítať so zariadeniami s dočasnou retenciou a možnosťou regulácie odtoku. [5]

Z geologického hľadiska je vsakovanie problematické v týchto prípadoch:

- hladina podzemnej vody menej než 2 m pod terénom;
- zeminy s koeficientom vsaku menším než 1×10^{-7} (ílovité zeminy);
- skalné podložie;
- ochranné pásmo 1. a 2. stupňa;
- blízkosť budov a sklepov;
- riziko svahových zosuvov. [18]

4.2. Možnosti vsakovania

Súčasná legislatíva v ČR (hlavne vyhláška č. 268/2009 Sb. a vyhláška č. 269/2009 Sb.) uprednostňuje v rámci hospodárenia s dažďovými vodami vsakovanie na mieste dopadu zrážky. Vsakovaniu dažďových vôd sa venuje predovšetkým norma ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod a Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech: T 1.20. [18]

Vsakovanie dažďovej vody je prírode blízke opatrenie, definované ako decentrálny systém odvodnenia. Ide o hospodárenie, ktoré podporuje prirodzený kolobeh vody a prispieva k ochrane vodných tokov. [18]

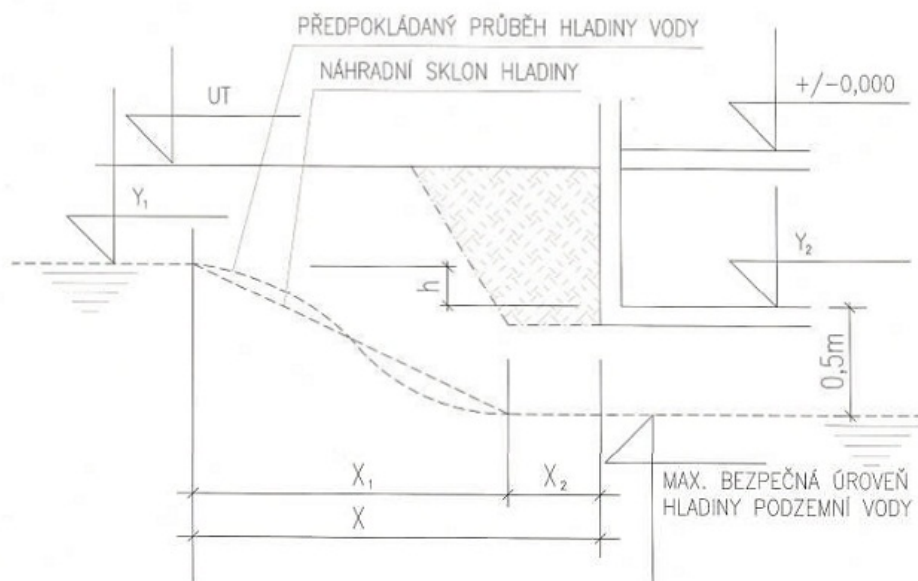
Prípustnosť vsakovania sa posudzuje podľa typu plochy, na ktorú dažďová voda spadne. V nasledujúcej tab. 4.1 sú jednotlivé plochy rozdelené podľa prípustnosti vsakovania:

Tab 4.1: Prípustnosť vsakovania podľa TNV 75 9011 a ČSN 75 9010

Dažďové vody prípustné	Dažďové vody podmiennečne prípustné	Dažďové vody nevhodné k vsakovaniu
Zatrávnené plochy, lúky	Pozemné komunikácie pre motorové vozidlá	Plochy u opravovní vozidiel, autobazárov, autovrakovísk
Strechy s redukovanou plochou menšou než $200 m^2$	Strechy s redukovanou plochou väčšou než $200 m^2$	Plochy na letiskách, kde dochádza k zimnej údržbe lietadiel
Terasy v obytných častiach	Parkoviská motorových vozidiel do 3,5 t	Plochy pre uskladnenie áut
Komunikácie pre chodcov a cyklistov	Plochy na letiskách pre vzlet a pristávanie lietadiel	Plochy pre hospodárenie s odpadmi a pre manipuláciu s nebezpečnými látkami
Vjazdy do garáží, do rodinných domov, k rekreačným stavbám	Komunikácie priemyselných a poľnohospodárskych areálov	Ďalšie plochy podľa individuálneho zváženia možných rizík

Voľba vsakovacieho zariadenia závisí nielen od typu plochy, ale aj od množstva znečistenia. Nevyhnutnosťou pre vsakovanie sú vhodné geologické podmienky a dostatočný priestor pre vsakovacie zariadenie. Väčšie plochy zlepšujú čistiacu účinnosť cez aktívnu vegetačnú vrstvu vďaka nižšiemu hydraulickému zaťaženiu objektu na jednotku plochy. Hydraulické zaťaženie je vyjadrené ako pomer redukovanej plochy A_{red} ku ploche pre vsakovanie A_{vsak} . Plocha má byť nízko zaťažovaná, a to v pomere $A_{red}/A_{vsak} \leq 5$. Ak je pomer vyšší ($5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$), možnosťou je navrhnutie vsakovacej priehlbne, alebo vsakovacej ryhy. Tento spôsob je vhodný pre odstránenie znečistenia z prípustných a podmiennečne prípustných dažďových vôd vhodných k vsakovaniu. Odporúča sa predovšetkým povrchové vsakovanie, ktoré podporuje výpar, zlepšuje mikroklimu prostredia. V prípade limitujúceho priestoru sa volí podzemné vsakovacie zariadenie. U podzemného vsakovacieho zariadenia je vhodnejšie plošné a líniové vsakovanie pred bodovým vsakovavím. [18]

Pri umiestnení vsakovacieho zariadenia je dôležitá jeho odstupová vzdialenosť od budovy. Vsakovacie zariadenie nesmie spôsobiť škody na budovách a studniach s pitnou vodou. Hladina podzemnej vody nesmie ohroziť podsklepené priestory na budove. Pri posúdení sa vychádza z priebehu hladiny podzemnej vody pri maximálnej hladine vody vo vsakovacom zariadení a z hĺbky podsklepenej budovy. Úroveň základovej spáry má byť minimálne 0,5 m nad maximálnou hladinou podzemnej vody. [19]



Obr. 4.2: Odstupová vzdialenosť vsakovacieho zariadenia od budovy [19]

Odstupová vzdialenosť X vsakovacieho zariadenia od podsklepeného priestoru budovy, ktorý sa nachádza pod maximálnou úrovňou hladiny vo vsakovacom zariadení sa stanoví podľa:

$$X = X_1 + X_2$$

Pre vzdialenosť X_1 platí:

$$X_1 = \frac{h + 0,5}{15 \cdot k_v^{0,25}} + 2$$

[19]

Vsakovacie zariadenia majú okrem iného aj významnú estetickú, architektonickú a ekologickú funkciu a zlepšujú vlhové podmienky v mestách. Vsakovacie objekty je možné rozdeliť podľa spôsobu vsakovania na:

Povrchové vsakovanie

- plošné vsakovanie cez humusovú vrstvu;
- vsakovacia priehlbeň;
- vsakovacia priehlbeň-ryha;
- vsakovacia nádrž.

Podzemné vsakovanie

- plošné vsakovanie cez humusovú vrstvu;
- vsakovacia ryha;
- podzemné priestory vyplnené štrkom, alebo blokmi;
- vsakovacia šachta. [18]

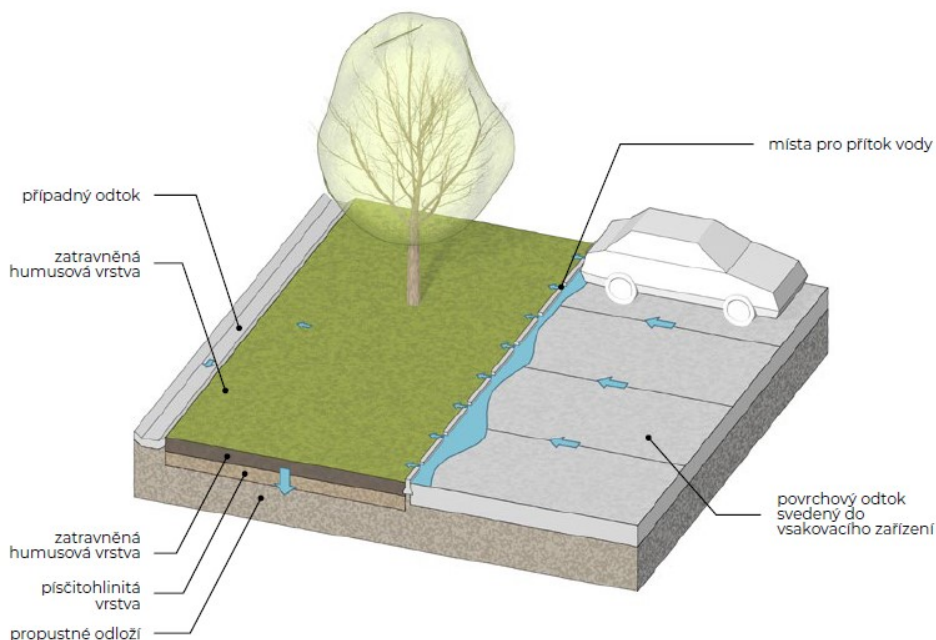
4.2.1. Plošné vsakovanie cez humusovú vrstvu

Plošné vsakovanie využíva trávnatú vrstvu k vsakovaniu odvodňovaných plôch, alebo k priamemu vsakovaniu zrážky. Plošné vsakovanie vyžaduje veľké priestorové možnosti a preto je vhodné predovšetkým v mestských verejných priestranstvách ako sú parky, sídliska, trávnaté areály škôl, nemocníc, verejných budov, atď. Plošné vsakovanie je vďaka svojej veľkej filtračnej ploche vhodné pre vsakovanie dažďovej vody z málo frekventovaných komunikácií a parkovísk. Má viacúčelové využitie a je nenáročné na údržbu (postačí kosenie, mulčovanie, hnojenie). [20, 21]

Sklon plošného vsaku nemá prekročiť 5 %. Vsakovacia schopnosť pôdy by mala byť $k_v \geq 5 \times 10^{-5}$ m/s. Orientačná plocha zariadenia je 20 % z plochy odvodňovaného územia. Hrúbka humusovej vrstvy má byť väčšia než 300 mm, pod ňou piesčito-hlinitá vrstva o hrúbke min. 100 mm a najnižšie rastlý priepustný terén s hrúbkou min. 1 m od maximálnej hladiny podzemnej vody. Pri väčších zrážkových udalostiach je potrebné vyriešiť odvodnenie nevsiaknutej vody pomocou retenčného objektu, alebo vyústením do vodného toku, či kanalizácie. [20, 21]

Funkcie:

- predčistenie zrážkového odtoku zo spevnených plôch;
- ochrana ďalších zariadení HDV pred zanesením z prvého splachu;
- podporuje evapotranspiráciu;
- zvyšuje pôdnu vlhkosť.

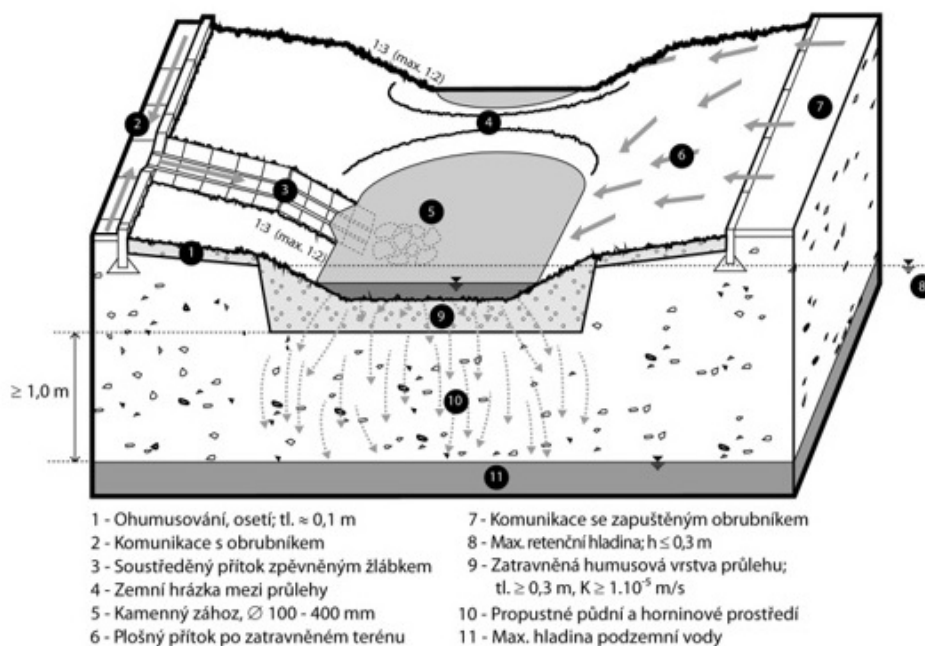


Obr. 4.3: Plošné vsakovanie [21]

4.2.2. Vsakovacia priehlbeň

Priehlbeň sa navrhuje na miestach, kde nie je dostatočný priestor pre plošné vsakovanie. Prehĺbenie terénu do miskovitého tvaru umožňuje krátkodobé zadržanie vody (maximálne 24 hodín) s následným vsakom cez humusovú vrstvu s filtračnou schopnosťou. Vsakovacia schopnosť pôdy k_v by mala byť väčšia než 5×10^{-6} m/s. Pomer redukovanej plochy A_{red} ku ploche pre vsakovanie A_{vsak} sa pohybuje v rozmedzí $5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$. Priestor priehlbeň môže byť doplnený o okrasnú vegetáciu (trvalky, kríky, stromy). Výber nevhodnej vegetácie môže narušiť vsakovaciu schopnosť objektu, preto je vhodné návrh konzultovať so záhradným architektom. Ide o líniový prvok a je vhodný pre odvodnenie spevnených plôch parkovísk, alebo uličných komunikácií. Môže poslúžiť ako deliaci líniový prvok medzi dvomi pozemnými komunikáciami, napr. medzi chodníkom pre peších a chodníkom pre cyklistov. [5, 21]

Sklon svahov priehlbeň by mal byť 1:3, maximálne 1:2. V obmedzených priestorových možnostiach je možné navrhnuť priehlbeň s kolmými spevnenými stenami. Hĺbka priehlbeň by mala byť max. 0,3 m. Prítok vody nemá byť sústredený v jednom bode, ale má byť rozložený po celej dĺžke priehlbeň. Priehlbeň podporuje evapotranspiráciu a zvyšuje bioretenčnú a mikroklimatickú funkciu prostredia. Priestorovo zaberajú približne 7-20 % rozlohy z odvodňovanej spevnenej plochy. [5, 21]



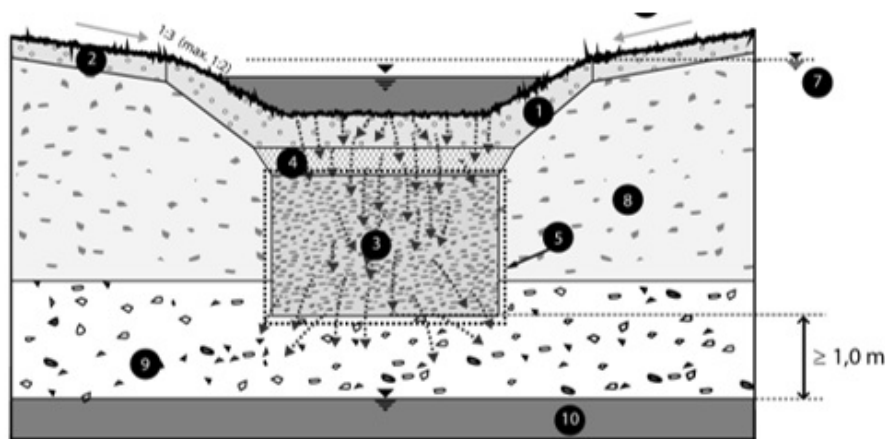
Obr. 4.4: Vsakovacia priehlbeň [5]



Obr. 4.5: Vsakovacia priehlbeň [22]

4.2.3. Vsakovacia priehlbeň s retenčnou ryhou

Navrhuje sa v prípade, ak má pôda zhoršené vsakovacie schopnosti a k_v je menšie než 5×10^{-5} m/s, alebo ak je vrchná vrstva nepriepustná a pod ňou sa nachádza vrstva priepustná. V takomto prípade sa použije zatravnená priehlbeň a pod ňu ryha, vyplnená štrkom, alebo prefabrikovanými boxmi z plastov. Na spodku ryhy sa nachádza drenáž, ktorá je ukončená v revíznej šachte bezpečnostným prielivom. Drenážou je voda odvedená pri úplnom naplnení ryhy. Pomer redukovanej plochy A_{red} ku ploche pre vsakovanie A_{vsak} sa pohybuje v rozmedzí $5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$. [5, 21]

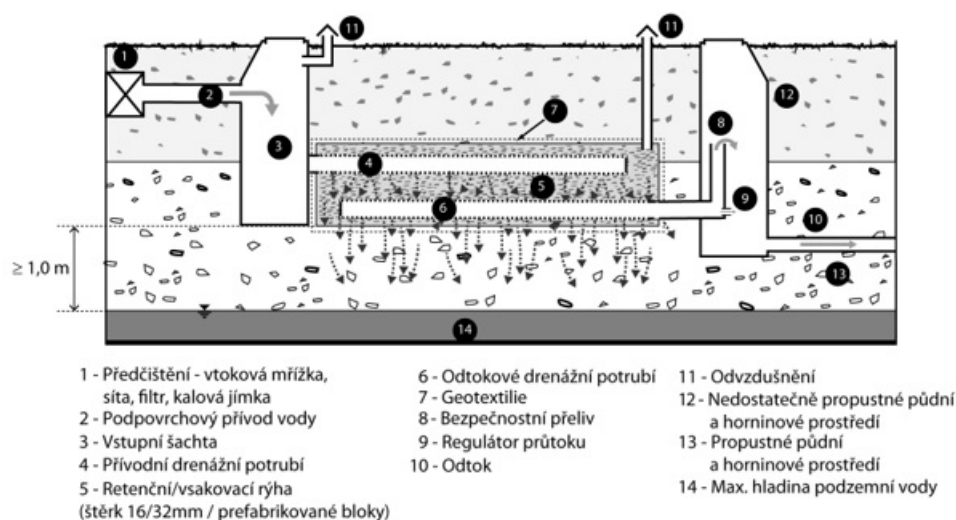


- | | |
|---|---|
| 1 - Zatravněná humusová vrstva
průlehu; tl. $\geq 0,3$ m, $K \geq 1.10^{-5}$ m/s | 5 - Geotextilie |
| 2 - Ohumusování, osetí; tl. $\approx 0,1$ m | 6 - Plošný povrchový přítok |
| 3 - Retenční/vsakovací rýha
(štrk 16/32mm / prefabrikované bloky) | 7 - Max. retenční hladina; $h \leq 0,3$ m |
| 4 - Písčito-hlinitá vrstva,
tl. $\geq 0,1$ m, $K \geq 1.10^{-4}$ m/s | 8 - Nedostatečně propustné půdní
a horninové prostředí |
| | 9 - Propustné půdní a horninové prostředí |
| | 10 - Max. hladina podzemní vody |

Obr. 4.6: Vsakovacia priehlbeň s retenčnou ryhou [5]

4.2.4. Vsakovacia priehľbeň-ryha s regulovaným odtokom

Navrhuje sa v prípade, ak má pôda zlé vsakovacie schopnosti (k_v je menšie než 5×10^{-6} m/s) a nie je možné vsakovať ani retenovať objem odvedenej zrážkovej vody do 24 hodín (nutná doba prázdnenia). Preto je potrebné objekt doplniť o regulačné zariadenie na konci drenážneho potrubia v revíznej šachte.



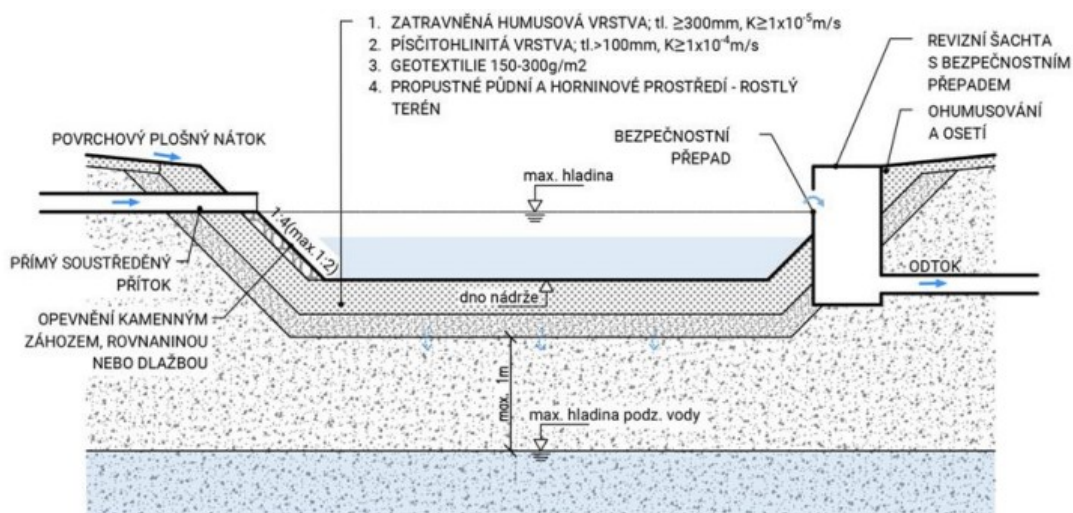
Obr. 4.7: Vsakovacia priehľbeň-ryha s regulovaným odtokom [5]

4.2.5. Vsakovacia retenčná nádrž

Jedná sa o objekt s veľkým retenčným objemom. Vyžaduje menšie priestorové nároky než plošné vsakovanie a je vhodný na miestach ako sú sídliska, nové námestia, parky. Čistenie vody prebieha cez humusovú vrstvu. V prípade, aj pod humusovou vrstvou málo priepustná vrstva (k_v menšie než 1×10^{-5} m/s), nádrž sa doplní o revíznú šachtu s bezpečnostným prepadom. V takom prípade ide o regulovaný odtok do povrchového toku, alebo do kanalizácie. [20, 21]

Sklony svahov sa volia ideálne 1:4 až 1:2 (z bezpečnostného hľadiska a jednoduchšieho úniku zvierat z vody menej strmé). Hĺbka vody v nádrži by mala byť po zrážkovej udalosti 0,3 až 2 m. Orientačná plocha, ktorú nádrž vyžaduje je 7 % z rozlohy odvodňovanej plochy. Pomer redukovanej plochy A_{red} ku ploche pre vsakovanie A_{vsak} je $A_{red}/A_{vsak} > 15$. Miesto dna nátoku do nádrže by malo byť v prípade sústredeného nátoku opevnené, aby nedochádzalo k erózii. Vhodnejší je rovnomerný prítok po celej dĺžke nádrže pomocou otvorených prítokových žliabkov. [20, 21]

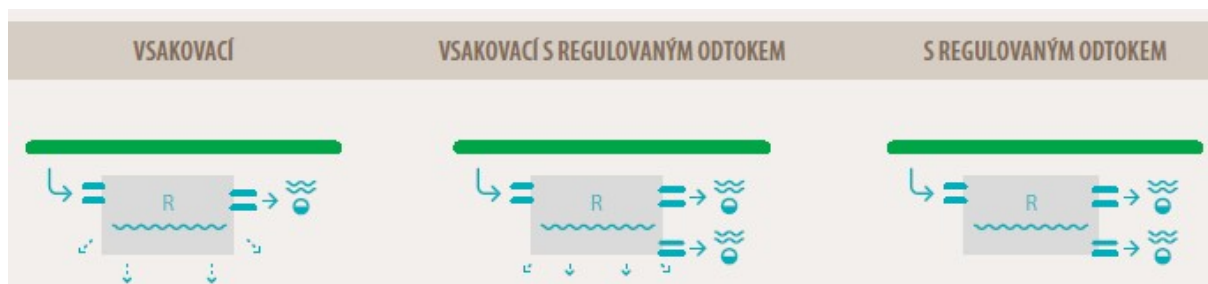
Vsakovacia retenčná nádrž odstraňuje hrubé nečistoty, jemné častice a splaveniny. Adsorbujú ťažké kovy a uhľovodíky, ropné látky a oleje. Odstraňuje organické znečistenie a živiny z povrchového odtoku. [20, 21]



Obr. 4.8: Vsakovacia retenčná nádrž [20]

4.2.6. Vsakovacia ryha

Podzemné retenčné objekty, vyplnené štrkom, alebo prefabrikovanými blokmi. Nemajú čistiacu schopnosť a preto je potrebné na prítoku osadiť zariadenie zabraňujúce kolmatácii vody, alebo privádzať vodu cez trávnatú vrstvu s filtračnou schopnosťou. Vsakovacia ryha môže byť vo variante vsakovacej, vsakovacej s retenciou, alebo čisto s retenčnou funkciou. [6, 19]

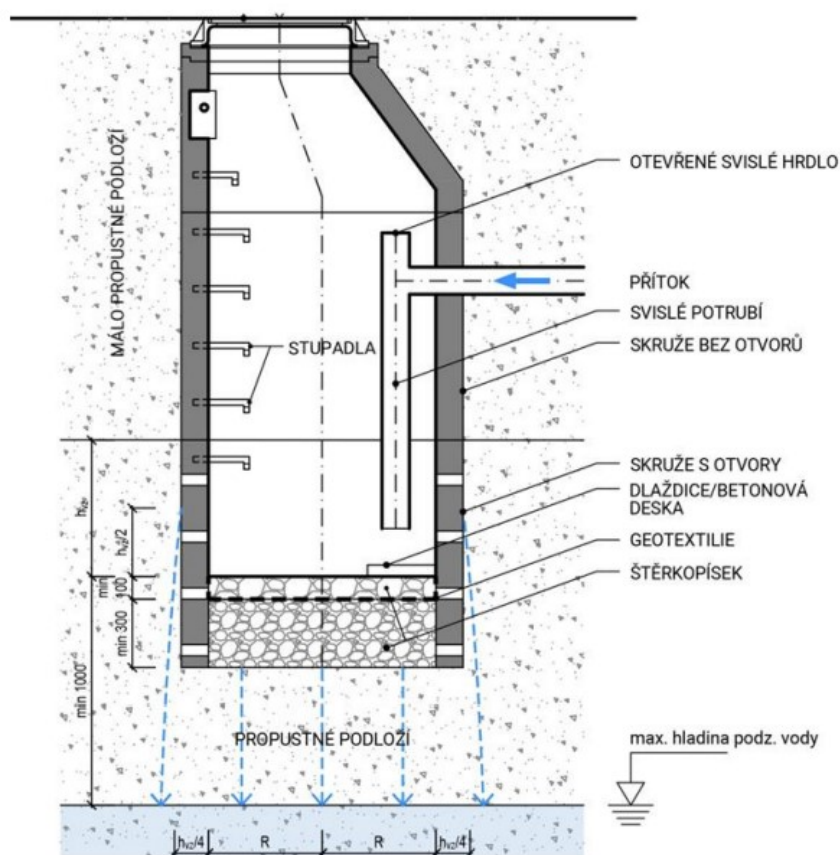


Obr. 4.9: Vsakovacia ryha [6]

4.2.7. Vsakovacia šachta

Jedná sa o podzemný vsakovací objekt, s poklopom aspoň 150 mm nad terénom. Konštrukcia šachty je z betónových skruží, prefabrikovaná z plastu, alebo aj murovaná. V hornej časti musí byť prívodné potrubie opatrené otvorom pre odvod vzduchu pri naplnení šachty vodou. V spodnej časti šachty sú v stene diery. Šachta je položená na priepustnom podloží a je zasypaná štrkopieskom s hrúbkou min. 300 mm. Nad vrstvou štrkopiesku je geotextília a nad ňou ďalšia vrstva štrkopiesku s hrúbkou min 100 mm. [20, 21]

Vsakovacia šachta sa smie použiť len na základe hydrogeologického posúdenia prípustnosti pre vsakovanie. Vsakovanie je možné len z málo znečistených odvodňovaných plôch (strechy). Doporučené je predčistenia vsakovanej vody pomocou kalovej jímky, alebo filtračnej šachty. [20, 21]



Obr. 4.10: Vsakovacia šachta [20]

4.2.8. Umelý mokraď

Ide o povrchový vsakovací a retenčný objekt. Vytvára akýsi prírodný biotop v urbanizovanom prostredí. Má čistiacu, vsakovaciu, akumuláciu, ale aj rekreačnú a estetickú funkciu. Pomocou diverzifikácie hĺbky vody a tvarovej variácii dna, vytvára plytké priestory, v ktorých rastliny svojím koreňovým systémom biologicky čistia zadržanú vodu. Súčasťou mokraďu sú plávajúce, ponorné a bahenné rastliny. Mokraď z dôvodu vegetačnej rozmanitosti nie je vhodný k zachyteniu povodňovej vlny. Priestor stáleho zatopenia vody je vymedzený odtokovým potrubím, pomocou regulátoru odtoku. Minimálna hĺbka stálej hladiny je 1 m. Dno a brehy tohto priestoru sú vodotesné. Nad touto hladinou sa nachádza akumulčný priestor pre zachytenie dažďovej vody. Jeho brehy a dno prepúšťajú vodu. Nutné je doplnenie cirkulácie vody a zaistenie podmienok pre zamedzenie úhynu rýb tak, aby počas mrazivých dní nezamrzla voda až ku dnu. Potrebné je aj zaistiť prívod vody z ďalšieho zdroja počas suchých letných dní. [19, 21]



Obr. 4.11: Umelý mokrad [19]

4.2.9. Voštinové bloky

Sú to vsakovacie bloky, v tvare koša, vyrobené z plastu. Voda sa dutinami do blokov akumuluje zo vstupnej šachty. Akumulačná schopnosť blokov je okolo 95 % z celkového objemu, čo je 4-krát viac než u štrkových drenáží. Voštinové bloky sa ukladajú do výkopov, následne sa prikryjú geotextíliou a zasypú štrkom a zeminou. [19, 23]



Obr. 4.12: Voštinové bloky [23]

4.2.10. Vsakovacie tunely

Vsakovací tunel sa skladá z HDPE polkruhových schránok s deravým dnom. Tunely sa ukladajú na štrkový podsyp. Tunely sa po pokládke zasypú štrkom a zeminou, oddelenou od štrku geotextíliou. Hornú stenu tunela je vhodné opatriť odvzdušňovacím otvorom. Daždová voda môže prenikať do okolitej zeminy dnom, alebo bokmi tunelov. V porovnaní s klasickými štrkovými drenážami potrebujú vsakovacie tunely menej než 1/3 objemu. [19, 23]



Obr. 4.13: Vsakovacie tunely [23]

5. Využitie dažďových vôd v budovách

Využitím dažďových vôd v budovách sa zaoberá norma ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích.

Akumulácia dažďovej vody, úprava a jej následné využívanie v budovách má mnoho pozitívnych dopadov. Upravenou zrážkovou vodou je dnes možné nahradiť cca 40-50 % spotrebovanej vody v domácnostiach, čo spotrebiteľom šetrí náklady na vodné a stočné. Úspora pitnej vody má však aj významný pozitívny vplyv na životné prostredie, napr. v podobe ochrany zdrojov podzemných vôd a úspory odoberanej vody z vodných tokov a vodných nádrží. Akumuláciu je možné riešiť pomocou akumuláčnych nádrží, alebo ako vymedzený bezodtokový priestor. [19, 24]

Akumulované dažďové vody sa ďalej môžu využívať aj pre zalievanie mestskej zelene, čistenie pozemných komunikácií, alebo pre ochladzovanie povrchov počas horúcich letných dní. Využívanie dažďovej vody má predovšetkým tieto funkcie:

- akumulácia dažďových vôd;
- ochrana proti suchu;
- znižovanie objemu zrážkového odtoku a kulminačného prietoku;
- úspora pitnej vody.

Podmienkou užívania dažďových vôd v budovách je umiestnenie nádrže pod úroveň terénu, z dôvodu zamedzenia prístupu tepla, zaistenia konštantnej teploty a zamedzenia zmien kvality vody. Technológia úpravy zrážkovej vody sa volí na základe ďalšieho účelu využitia vody. Pre účely zalievania sú nároky na úpravu dažďovej vody nižšie. [5]

V budovách sa upravená dažďová voda smie využívať ku:

- splachovaniu WC;
- praniu;
- čisteniu a upratovaniu;
- závlaha. [19, 24]

5.1. Technické riešenie využitia dažďovej vody

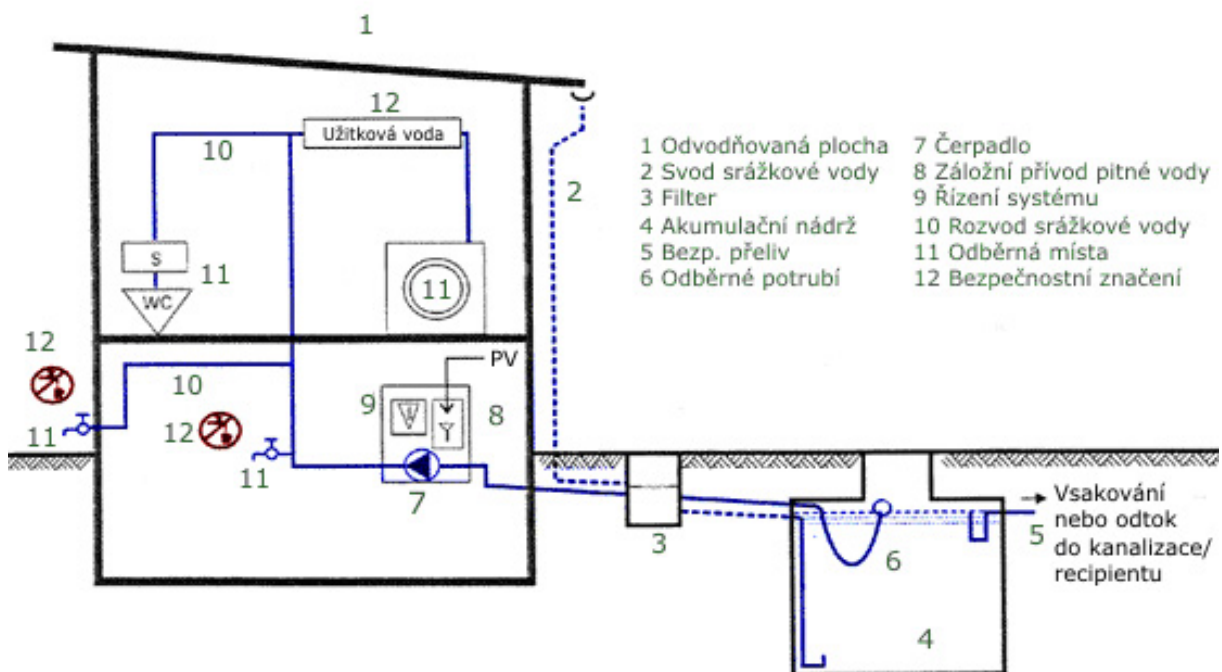
Aby sa zamedzilo vnášaniu nerozpustných látok, sedimentov a ropných látok, za najvhodnejší zdroj dažďovej vody pre účely využívania vody v budovách je dažďová voda zo striech budov. Voda zo striech takisto obsahuje znečistenie rôzneho druhu, ako je prach, lístie, zvieracie exkrementy, meď a zinok zo striech. Odporúča sa preto dažďovú vodu z prvého splachu (1–3 mm úhrnu zrážok) odvieť obtokom mimo akumuláčnú nádrž, alebo riešiť predčistovacie zariadenie (napr. filtračná šachta). Ďalšia voda sa zo strechy cez zvody

odvedie do akumuláčnej nádrže a upravená je ďalej rozvedená do budovy ako voda úžitková. V prípade získavania vody zo zelených striech sa považuje za vhodnú len extenzívna zelená strecha, ktorá neobsahuje organické znečistenie, hnojivá a pesticídy. [5, 19, 21]

Základnými prvkami rozvodného systému upravenej úžitkovej vody sú:

- domáca vodáreň;
- filtračná jednotka;
- vodomer;
- záložný prívod pitnej vody. [19]

V prípade nedostatku dažďovej vody sa pridáva pitná voda do systému. Pridávať sa musí vždy nad maximálnu hladinu v akumuláčnej nádrži, aby nedošlo k vmiešaniu dažďovej vody do potrubia s pitnou vodou a jej kontaminácii. K správnej funkcii systému je dôležité splnenie požiadavok – napojenie vhodných plôch k zariadeniu. [19, 24]



Obr. 5.1: Schéma rozvodu upravenej dažďovej vody [19]

5.2. Úprava dažďovej vody

Dažďová voda musí byť pred využitím v budovách prefiltrovaná. Podmienkou je zachytenie častíc väčších ako $50 \mu m$. Filtráciu môže zabezpečovať napr. samočistiaci vcezovací filter. Upravenú vodu je nutné hygienicky zabezpečiť dezinfekčným činidlom. Dávkovanie dezinfekčného činidla sa prevedie na základe prietoku vody filtrom. Objem pretečenej vody sa zmeria napr. pulzným vodomerom. [19]

Z hľadiska jednotlivých spôsobov užívania dažďovej vody sú požiadavky na jej látkové zloženie rôzne:

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

Obr. 5.2: Požadavky na zloženie dažďových vôd určených k využitiu [1]

5.2.1. Elektrokoagulácia v kombinácii s gravitačným membránovým bioreaktorom

Nakoľko sa v urbanizovaných územiach kladie stále väčší dôraz na využívanie dažďových vôd, narastá motivácia aj k ich vyčisteniu a nasledovnému využitiu pre opätovné využitie vody, alebo dokonca k decentralizovanému zásobovaniu pitnou vodou. V Česku nemá úprava dažďovej vody na vodu pitnú zatiaľ oporu v legislatíve, v zahraničí však rôzne vedecké tímy zostrojujú zariadenia umožňujúce upraviť dažďovú vodu na limity odpovedajúce vode pitnej.

K úplnému odstráneniu ťažkých kovov, rozpustených organických látok, koloidných roztokov, alebo k odstráneniu soli z dažďových vôd sú vhodné membránové technológie. Ide o nákladnejšie riešenie, vykazujúce najúčinnjšie odstránenie rôznych patogénov, baktérii a vírusov.

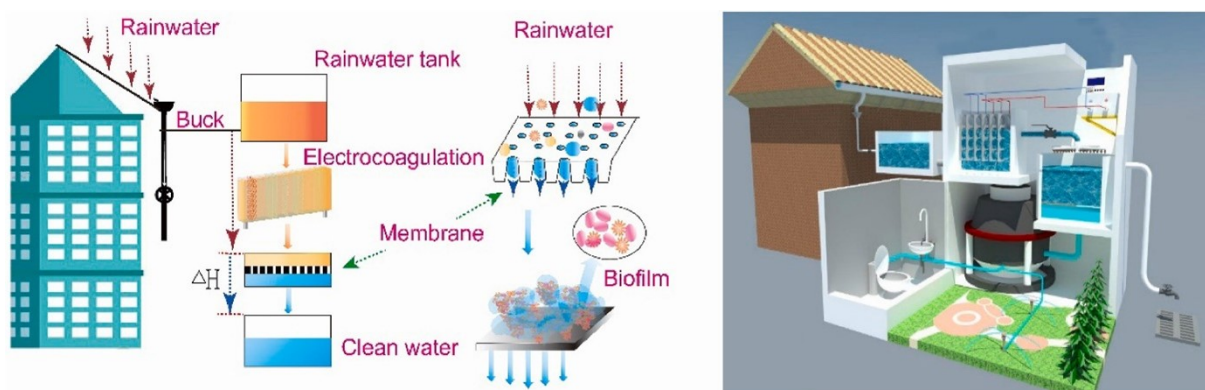
Rozdelenie membránových technológií podľa veľkosti zachytených častíc:

- mikrofiltrácia – väčšie než 0,1 μm ;
- ultrafiltrácia – od 10 do 100 nm;
- nanofiltrácia – od 1 do 10 nm;
- reverzná osmóza – od 0,1 do 1 nm.

Ako materiál membrány sa najčastejšie používa acetát celulózy, syntetické organické polyméry, membrány zo sintrovaných kovov a membrány keramické.

V prípade použitia membrány bez predchádzajúcich stupňov úpravy, dochádza k zanášaniu membrány suspendovanými látkami. To má za dôsledok skrátenú životnosť membrány a nutnosť častej údržby. Vhodné je preto priradiť ďalších stupňov čistenia ako sú mikrofiltrácia, alebo adsorpcia a koagulácia. Použitie koagulantu pri koagulácii však významne zvyšuje prevádzkové náklady.

Zariadenie EC-GDMBR spája elektrokoaguláciu s gravitačne riadeným bioreaktorom. Dažďová voda zo strechy je gravitačne odvedená do nádrže, v ktorej prebieha elektrokoagulácia pomocou elektrolýzy a hydraulického miešania, bez pridania chemikálie. Počas elektrokoagulácie sa zhlukujú mikrovločky do makrovločiek a vytvárajú na hladine vrstvu koláča. Po elektrokoagulácii voda putuje do reaktoru GDMBR, kde je pomocou membrány z polyvinylidenfluoridu voda vyfiltrovaná a zároveň vyčistená aktivitou biomasy na dne bioreaktoru. Vyčistená voda nakoniec putuje do nádrže na čistú vodu. Takto vyčistenú vodu je možné použiť k splachovaniu, praniu, sprchovaniu, alebo k závlaha. Úprava pre účely pitnej vody si vyžaduje dôkladnejšie rozbor a legislatívne zapracovanie. [25]



Obr. 5.3: Zariadenie EC-GDMBR [25]

5.2.2. Domáca úpravňa dažďovej vody

Na trhu je množstvo výrobcov, ponúkajúcich domáce úpravne dažďovej vody pre účely splachovania WC a prania. Rainsmart Headertank System od firmy Owlshall ponúka systém pozostávajúci z:

- 1x Akumulačnej nádrže s objemom 3000 l, predinštalovaným filtrom zachytávajúcím hrubé nečistoty, upokojujúcim prívodom a s bezpečnostným prepacom;
- 1x čerpadlo Divertron 1200X so sitovým filtrom 0,5 mm;
- 1x dvojplášťový poklop s detskou poistkou;
- MDPE potrubie DN 25;
- jemný 3-stupňový filter: 1x 90 μm , 1x 10 μm , 1x aktívne uhlie;
- vyrovnávací nádrž: 2x prívod vody, 1x výstup pre WC, 1x výstup pre pranie, 1x bezpečnostný prepac. [26]



Obr. 5.4: Zariadenie 3000L Rainsmart Headertank System [26]

6. Retencia dažďových vôd v mestách a obciach

Urbanizované prostredie s prevažne spevnenými plochami výrazne pozmeňuje prirodzené odtokové pomery v krajine. Pri intenzívnych dažďoch dochádza k dosiahnutiu hydraulickej kapacity potrubí a k zvýšenému množstvu znečisťujúcich látok v potrubí, ktoré majú negatívne dopady na čistiarne odpadových vôd a recipient. Agresívne prívalové vlny môže napáchať v mestách významné škody. Pri tlakovom prúdení v kanalizačnom potrubí navyše môže dôjsť k poškodeniu potrubia. S vhodne použitými retenčnými zariadeniami môžeme eliminovať nežiadúce vplyvy dažďového odtoku. [27]

Retenciou dažďových vôd rozumieme zdržovanie dažďovej vody a jej regulovaným odtokom do kanalizácie alebo recipientu. [27]

Retenčné nádrže majú predovšetkým ochrannú funkciu, ale takisto chránia mestá pred veľkými vodami a zachytávajú odnosy pôdy. [27]

V rezidenčných častiach, alebo v priemyselných areáloch s trávnatými plochami je možné zdržiavať dažďovú vodu terénnymi depresiami v kombinácii s technickými zariadeniami. Ďalším riešením je vytvorenie ihriska, parku, alebo športoviska, ktoré v prípade intenzívnych dažďov poslúži dočasne zatopením ako akumulácia vody s následným odtokom. Riešením sú aj povrchové a podzemné retenčné nádrže v rôznych materiálových a konštrukčných prevedeniach. Retenčné nádrže môžu byť navrhnuté aj pod pozemnými komunikáciami, alebo pod parkoviskami. [13]

6.1. Retenčné objekty

Používajú sa v prípade, kde hydrogeologické podmienky podložia neumožňujú vsakovanie, alebo nie je vsakovanie možné z dôvodu umiestnenia objektu v blízkosti ochranného pásma. [28]

Navrhovanie retenčných objektov by sa malo z estetického, ale aj funkčného hľadiska čo najviac približovať prirodzeným prírodným podmienkam v krajine. Ak to priestorové možnosti dovoľujú, je vhodné navrhovať retenčné objekty ako povrchové s vegetačnými brehmi. [28]

Retenčné objekty delíme na:

- ochranné retenčné nádrže;
- decentralizované retenčné nádrže na jednotlivých pozemkoch.

Retenčný objekt musí byť konštrukčne a hydraulicky vybavený bezpečnostným prelivom, pre prípad, kedy bude prietok vyšší než maximálny prietok, na ktorý je objekt navrhnutý. [28]

Ochranné retenčné nádrže

Primárnou funkciou je ochrániť urbanizované územie pred škodami spôsobenými povodňovou vlnou a eliminovať kulminačný prietok.

Medzi ochranné retenčné nádrže patria:

- dažďové zdrže;
- suché retenčné nádrže – poldre;
- podzemné retenčné nádrže;
- retenčné nádrže so zásobným priestorom;
- protierózne nádrže;
- infiltračné výtopové zdrže;
- nárazové nádrže. [29]

6.1.1. Dažďové zdrže

Funkciou dažďových zdrží je zachytenie prvého splachu a jeho rovnomerné odvedenie na ČOV, ale aj ochrana recipientu pred znečistením. Jedná sa o záchytné alebo prietokové nádrže, v ktorých môže prebiehať sedimentácia, alebo retencia. [28]

Vystrojenie dažďových zdrží môže byť doplnené o diaľkovo ovládané a riadené elektrické zariadenie, pomocou ktorého je možné regulovať odtok z dažďovej zdrže, riadiť chod čerpadiel, alebo merať výšky hladín.



Obr. 6.1: Dažďová zdrž pred ČOV [30]

6.1.2. Suché retenčné nádrže (poldry)

Ide o povrchové nádrže s protipovodňovou funkciou. Nádrže bývajú spravidla zatravnené a znižujú kulminálny prietok. Ich objem zachytáva vodu z povodňovej vlny a je vyprázdňovaný pomocou regulovaného odtoku. Väčšinu času v roku sú nádrže prázdne a voda sa v nich akumuluje len počas zrážkových udalostí.

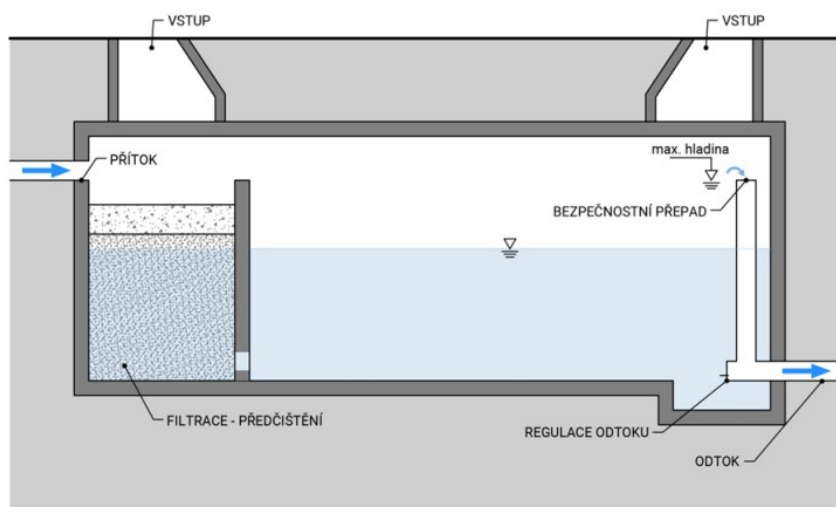
Poldre môžu v mestách zachytávať dažďovú vodu z pozemných komunikácií. V takom prípade sa navrhujú líniové priehlbne. Aby sa zabránilo vnášaniu znečisteným nerozpusteným látkam do vsakovacieho priestoru, je vhodné pri vtoku vytvoriť sedimentačný priestor. Dno sa využíva k poľnohospodárskym účelom, alebo ako zelený prvok v mestách, osadený mobiliárom, prípadne drevinami. [28]



Obr. 6.2: Suchá retenčná nádrž (polder) [31]

6.1.3. Podzemné retenčné nádrže

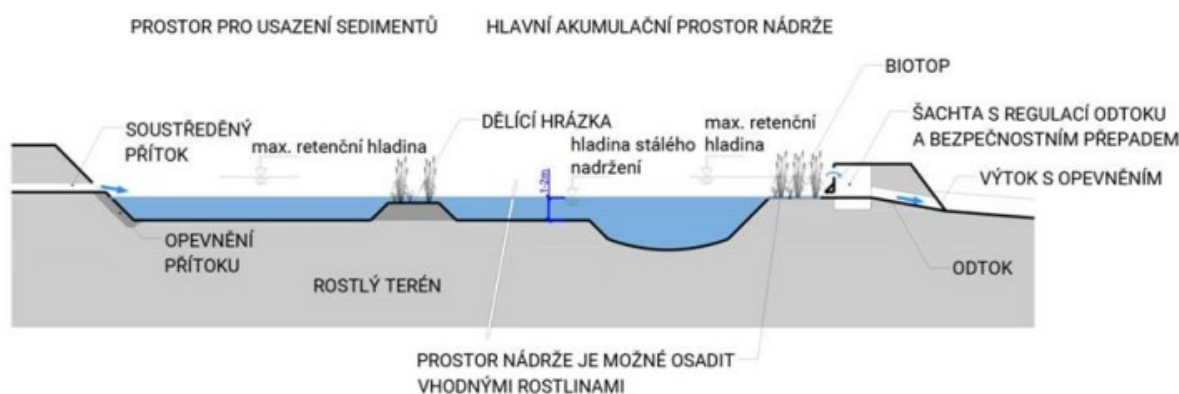
Podzemné nádrže slúžia ku krátkodobej akumulácii dažďovej vody, jej úprave a následnému využitiu buď k vsakovaniu do podzemných vôd, regulovanému odtoku pomocou regulačného prvku do vodných tokov, alebo v prípade veľkého znečistenia do kanalizácie. Vyrábajú sa z plastu, betónu, alebo z plastových boxov utesnených fóliou. Používajú sa na miestach, kde nie je dostatočný priestor na nádrže povrchové. Retenčný priestor nádrže je uložený pod úrovňou terénu. [6, 28]



Obr. 6.3: Schéma železobetónovej podzemnej retenčnej nádrže [20]

6.1.4. Retenčné dažďové nádrže so zásobným priestorom

Pri povodňovej udalosti transformujú povodňovú vlnu. Majú jednoznačne vymedzený ochranný a zásobný priestor. Ochranný priestor je vymedzený od bezpečnostného prelivu po hladinu zásobného priestoru. Po prechode povodňovej vlny je ochranný priestor vypúšťaný pomocou regulačného prvku. Zásobný priestor môže byť využívaný ako prírodný biotop, v ktorom prebiehajú biologické procesy čistenia vody. Proces čistenia je možné posilniť stálou cirkuláciou vody. Retenčné nádrže so zásobným priestorom posilňujú biodiverzitu územia, tvoria kvalitný mestský prvok, zvyšujú pôdnu vlhkosť a majú ochrannú funkciu. Okrem ochrannej funkcie plnia aj funkciu estetickú a rekreačnú, funkciu evapotranspirácie a vsaku. Pre zabránenie zanášania priestoru nádrže sa navrhujú konštrukčne oddelené sedimentačné priestory. [27, 28]



Obr. 6.4: Schéma retenčnej dažďovej nádrže so zásobným priestorom [20]

6.1.5. Protierózne nádrže

Jedná sa o ochranné nádrže, ktorých funkciou je krátkodobo zadržať povodňovú vlnu a tým chrániť nižšie položené poľnohospodárske pozemky pred vodnou eróziou a obývané územie pred ničivými účinkami povodne. Ďalšími funkciami sú retencia, retardácia a infiltrácia povrchového odtoku a sedimentácia splavenín. Objekty protieróznych nádrží sú: hrádza, výpustné zariadenie, výpusť, bezpečnostný preliv, nájupný objekt.

Požiadavky na návrh protieróznych nádrží:

- súlad s ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže;
- komplexné posúdenie hydrologických, morfológických a geologických pomerov;
- vhodné geomorfologické a geologické podmienky pre vytvorenie akumulčného priestoru a hrádzky. [32]



Obr. 6.5: Protierózná nádrž (Hustopeče u Brna) [33]

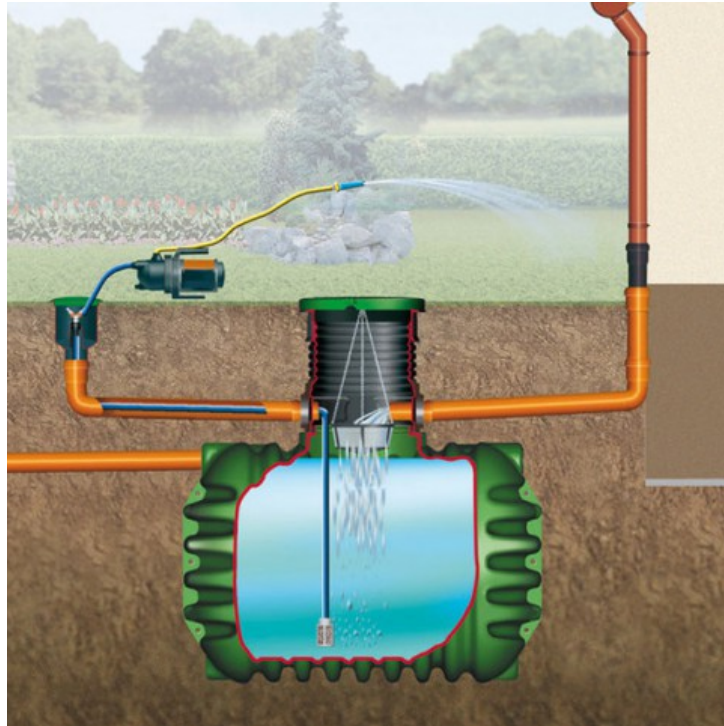
Decentralizovaná retencia dažďových vôd

Ide o retenciu dažďových vôd priamo na pozemkoch nehnuteľností. Z hľadiska modrozelenej infraštruktúry sa považuje akumulácia, vsakovanie a vyparovanie dažďovej vody na mieste jej dopadu za najvhodnejší spôsob hospodárenia s dažďovými vodami. Medzi decentralizovanú retenciu dažďovej vody patria objekty:

- strechy s retenčnou vrstvou (extenzívna, polointenzívna, intenzívna, bez vegetácie);
- priepustné a polopriepustné na parkoviskách a pozemných komunikáciách;
- filtračná jímka;
- retenčná dažďová nádrž. [29]

6.1.6. Retenčná filtračná nádrž

Vhodná pre spomalenie odtoku dažďových vôd a dosiahnutie maximálneho povoleného odtoku do jednotnej kanalizácie. Nádrže môžu byť doplnené jemným filtrom, filtrom hrubých nečistôt, ale aj odlučovačom ropných látok, alebo UV filtrom. Využívajú sa aj pre čistenie veľmi znečistenej dažďovej vody z frekventovaných komunikácií. Predčistená voda môže byť použitá aj k závlahe. Nádrž by mala byť optimálne v nezámrznej hĺbke.



Obr. 6.6: Retenčná filtračná nádrž [34]

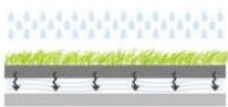
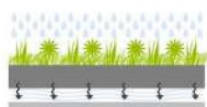

6.1.7. Strechy s retenčnou vrstvou

Strecha pokrytá pórovitým materiálom s retenčnou schopnosťou. Ak je strecha pokrytá vegetáciou ide o zelenú strechu extenzívnu, polointenzívnu, alebo intenzívnu. Tieto strechy výrazne znižujú zrážkový odtok, výpar ochladzuje ovzdušie, vegetačná vrstva ochladzuje prostredie budovy. Zelené strechy sú domovom rôznych druhov hmyzu a vtákov, čím zvyšujú biodiverzitu v mestách. Ďalšie výhody zelených striech:

- predčistenie dažďových vôd;
- znižovanie prašnosti;
- predĺženie životnosti izolácie striech;
- znižujú energetickú náročnosť budovy;
- zatriaktívňujú mestský priestor. [6, 20]

Skladba a materiál zelených striech sa líši predovšetkým hrúbkou pôdneho substrátu. Hrubšia skladba adsorbuje a vyčistí väčšie množstvo vody. Dôležitým faktorom substrátu je jeho odolnosť voči nežiadúcim parazitujúcim druhom rastlín. Ako substrát nie je vhodné použiť ornicu, kvôli prenikaniu jemných častíc do spodných vrstiev zelenej strechy, čím dochádza k tvorbe nepriehľadného filmu. U väčších strešných plochách je vhodné navrhnuť štrkový pás po okraji strechy a okolo šachiet, z dôvodu lepšieho odvodu prebytočnej dažďovej vody k odkvapom. [29]

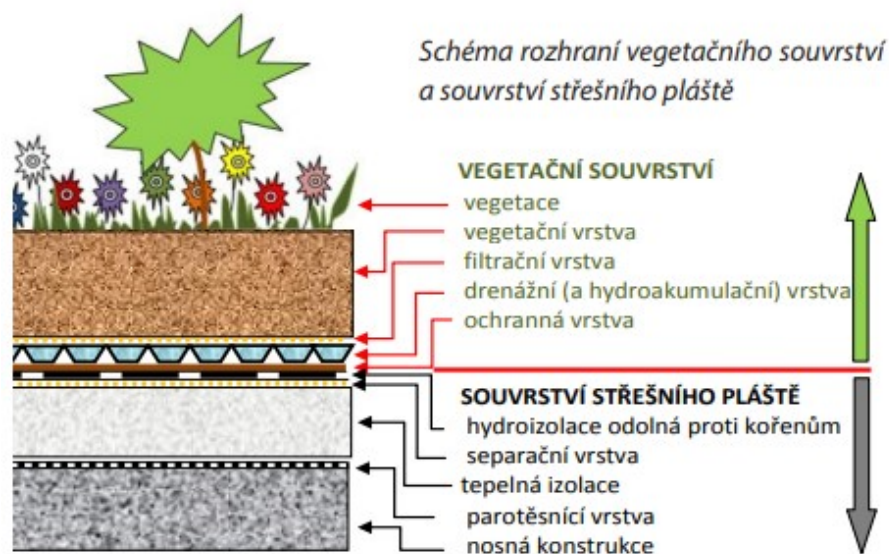
Porovnanie jednotlivých zelených striech zobrazuje nasledujúci obr. 6.7:

Typ zelenej strechy	Extenzívna zelená strecha	Polointenzívna zelená strecha	Intenzívna zelená strecha
Schematický nákres			
Plošná hmotnosť v nasýtenom stave	80-200 kg/m ²	200-400 kg/m ²	viac ako 400 kg/m ²
Charakteristika	Nižšie zaťaženie, minimálna údržba, bez nutnosti zalievania. Súvislý pokryv nenáročnými rastlinami. Vrstva substrátu 60-150 mm. Sklon strechy do 20°.	Prechodný typ medzi extenzívnou a intenzívnou zelenou strechou. Vegetácia jako u extenzívnej zelenej strechy doplnená o suchomilné trvalky. Výška substrátu 150-300 mm. Sklon strechy do 20°.	Pochôdzia strešná záhrada s funkciou rekreačnou, pobytovou, alebo športovou. Doplnená o závlahový systém. Údržba a starostlivosť o intenzívnu zelenú strechu je nevyhnutnosťou. Výška substrátu je viac ako 300 mm. Sklon strechy do 5°.
Vegetácia	Rozchodníky, netrasky, suchomilné trávy, zelené machy, kostrava, koniklec, divozel, šalvia.	Trávnaté plochy, náročnejšie rastliny, stromy, kry.	Trávnaté plochy, náročnejšie rastliny, stromy, kry.
Konštrukčné zásady	Doporučený min. sklon strechy 2°. Strecha musí mať zaistené odvodnenie pomocou strešných vtokov, alebo odvodňovacích žliabov. Filtračná vrstva je tvorená netkanou, alebo tkanou geotextíliou s gramážou min. 300 g/m ² . Separáčna vrstva z PE fólií tl. 0,2 mm. Hydroizolácia aspoň dvojvrstvá z asfaltových pásov, alebo jednovrstvá z hydroizolačnej fólie tl. min. 1,5 mm.		
Normy	ČSN 73 1901 Navrhování střech, ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace, Standardy pro navrhování, provádění a údržbu vegetačních souvrství zelených střech (Svaz zakládání a údržby zeleně, 2019).		

Obr. 6.7: Porovnanie extenzívnej, polointenzívnej a intenzívnej zelenej strechy [6, 32]

Skladba zelených striech sa delí podľa vrstiev na jednovrstvové a viacvrstvové. Jednovrstvové bývajú extenzívne zelené strechy, môžu byť však aj viacvrstvové. Viac vrstiev spravidla mávajú polointenzívne a intenzívne strechy. Skladba jednovrstvových zelených striech pozostáva z vegetačnej, ochrannej, separačnej vrstvy a hydroizolácie. Viacvrstvové zelené strechy sú doplnené o filtračnú a drenážnu vrstvu. [35]

Na obr. 6.8 je schematicky znázornená skladba zelených striech.



Obr. 6.8: Skladba zelenej strechy [35]

Vegetačná vrstva

Rastliny vo vegetačnej vrstve korenia a získavajú potrebné živiny a vodu. Vegetačná vrstva plní aj funkciu zadržovania a spomaľovania odtoku. Vegetačná vrstva je tvorená substrátovou zmesou. [35]

Substrátová zmes by musí byť priepustná, hydroakumulačná, odolná voči veternej a vodnej erózii. Mala by mať nízky podiel ílovitých častíc, organických látok a rôznych semien burín. Z materiálov pre výrobu substrátových zmesí sú vhodné drvené expandované íly a bridlice, porézne horniny, drvené tehly, drvené kamenivo, piesok a zeminy. [35]

Filtračná vrstva

Nachádza sa medzi vegetačnou a drenážnou vrstvou. Chráni drenážnu vrstvu pred upchaním jemnými časticami. Tvorená býva geotextíliou s otvormi 0,06 až 0,2 mm. [35]

Drenážna vrstva

Odvádza prebytočné množstvo vody do odvodňovacieho zariadenia a chráni rastliny pred premočením. Tvorená býva materiálmi ako nopová fólia, drenážne panely (EPS, minerálna vlna, recyklát), sypké hmoty (keramzit, láva, štrk, penosklo) a slučkové rohože. [35]

Drenážna vrstva sa dimenzuje na 15 minútovú špičku extrémneho 10-ročného dažďa. Voda musí byť vsiaknutá vegetačnou a hydroakumulačnou vrstvou a jej prebytok odvedený drenážou do drenážneho zariadenia. Požadovaný výkon drenážnej vrstvy sa stanovuje podľa rovnice:

$$q' = \frac{A \cdot C \cdot q}{b}$$

kde je

q' – celkový odtok dažďovej vody zo strechy [$l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$],

- A – odvodňovaná plocha [m^2],
 C – súčiniteľ odtoku podľa normy ČSN 75 6760 [-],
 b – výpočtová odtoková šírka (voľná šírka u vpusti alebo žlabu) [m],
 q – návrhový 15 minútový dážď podľa normy ČSN 75 9010 [$l \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$] [35]

Ochranná vrstva

Chráni hydroizoláciu pred mechanických poškodením. Tvorená je geotextíliou zo syntetických materiálov ako PP, PE, PES, ktoré nepodliehajú bakteriálnej alebo plesňovej degradácii. [35]

Hydroizolačná vrstva

Ako hydroizolačný materiál sa používajú asfaltové pásy alebo hydroizolačné fólie. Hlavnými požiadavkami na materiál sú odolnosť proti prerastaniu koreňov, odolnosť proti UV žiareniu a vodotesnosť. [35]

Separáčna vrstva

Oddeluje hydroizolačnú vrstvu od tepelnej izolácie. Používa sa u jednoplášťových plochých striech s hydroizoláciou, u striech s opačným poradím vrstiev alebo u DUO striech. Ako separáčna vrstva sa používa geotextília. Jej funkciou je oddelenie chemicky nekompatibilných materiálov a zamedzenie starnutiu, alebo poškodeniu tepelnej izolácie (z EPS a XPS). Bez použitia separačnej vrstvy dochádza k poškodeniu prechodom PVC zmäkčovadiel z hydroizolačnej vrstvy do vrstvy tepelnej izolácie. [35]

Tepelná vrstva

Materiálny tepelnej izolácie sú:

- penový polystyrén EPS;
- penový polyuretan PUR – výborné hodnoty tepelnej vodivosti, čím umožňuje zníženie hrúbky strešnej konštrukcie;
- extrudovaný polystyrén XPS – pri teplote nad 70 °C hrozí deformácia dosiek z XPS, preto sa odporúča použitie separačnej geotextílie zo svetlej farby;
- penové sklo – dobré hydroizolačné vlastnosti a vysoká pevnosť v tlaku;
- dosky z minerálnej vlny – obmedzené použite. [35]

Parotesniaca vrstva

Zabraňuje prenikaniu vodných pár z vnútorného prostredia do stavebnej konštrukcie. Bez parozábrany by mohlo dochádzať k trvalej kondenzácii vodných pár v strešnom plášti. Parozábrana je preto nutnou súčasťou striech s vegetačných súvrstviem. Vhodná je napr. parozábrana z asfaltových pásov. [35]

6.1.8. Priepustné a polopriepustné povrchy

V urbanizovaných územiach prevládajú nespevnené povrchy ako betón, asfalt a dlažba, z ktorých všetká voda odteká do kanalizačnej siete. Zníženie zrážkového odtoku môžeme dosiahnuť premenou nepriepustných povrchov na povrchy priepustné alebo polopriepustné. Takéto povrchy sú vhodné ako chodníky, parkovacie plochy, obslužné komunikácie, pešie zóny. Ide o opatrenie hospodárenia so zrážkovými vodami decentrálne, čiže zadržanie zrážky na mieste jej dopadu. Priepustné a polopriepustné povrchy neslúžia k vsakovaniu dažďových vôd z okolitých plôch. Majú len obmedzenú schopnosť vsaku a vedia zadržať len určitý úhrn zrážky. Medzi priepustné a polopriepustné povrchy patria:

- štrkové a mlatové povrchy;
- zasakovacie rošty;
- zatrávňovacie dlažby, zatrávňovacie tvárnice, polopriepustné dlažby. [6, 21]

Štrkové a mlatové povrchy

Mlat a mechanicky spevnené kamenivo sú mäkkšie v porovnaní so štrkom a preto sa častejšie používajú pre chodníky, v parkoch, v záhradách. Vrchnú vrstvu u štrkových povrchoch tvorí frakcia kameniva v závislosti od účelu komunikácie. Menšia frakcia je vhodná pre chodníky, väčšia pre komunikácie pre automobily. [21]

Mlat je tvorený 40 mm vrstvou hlinito-pieskovej lomovej prosívky frakcie 0/4. Podkladné vrstvy sa navrhujú v závislosti od očakávaného zataženia. [21]

U mechanicky spevneného kameniva sa jedná o premiešanú zmes niekoľkých frakcií kameniva hutneného v jednej vrstve o mocnosti 100 až 150 mm. [21]

Štrkové a mlatové povrchy sú náchylné k vodnej erózii, preto sú vhodné len u povrchoch so sklonom do 5 %. Nevhodné je odvádzanie vody na tieto povrchy z okolitých priestranstiev. [21]



Obr. 6.9: Mlatový povrch [36]

Zasakovacie rošty

Roštové systémy môžeme definovať ako priepustné. Vrchná časť tvorená roštami plní funkciu roznášania zataženia do spodnejších vrstiev. Pod vrchnou vrstvou sa nachádza tenká urovnávacia medzivrstva a pod ňou spodná nosná vrstva zo štrku, doplného substrátom, alebo zeminou, ktoré plnia zároveň filtračnú funkciu. Využitie humusovej vrstvy v roštach zlepšuje čistiacu schopnosť. Ak chceme zasakovacie rošty použiť v areáloch s vysokou intenzitou dopravy, je potrebné posúdiť vhodnosť skladby s dostatočnou čistiacou schopnosťou. Skladba musí spĺňať požiadavky na adsorbciu uhľovodíkov. [6]



Obr. 6.10: Zasakovací rošt TTE od firmy Geosynthetics [37]

Zatvráňovacie dlažby, zatrávňovacie tvárnice, polopriepustné dlažby

Vsakovaciu schopnosť dlaždíc je možné zaistiť zväčšením spár. Konštantnú veľkosť spár zaisťujú tvarové prevedenie dlaždice, alebo distančná náliska. [21]

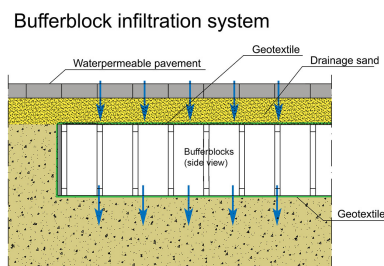
Ďalším spôsobom je použitie priepustného betónu, alebo liatej gummy. Povrch umožňuje vsakovať vodu cez celú jeho plochu. Dnes je na trhu mnoho výrobcov, ponúkajúcich priepustné materiály dlažieb. Použiť sa dajú napr. recyklované materiály ako sklo, recyklovaná guma, atď. V súčasnosti prebiehajú výskumy zamerané na použitie prímiesy do betónu, ktorá má schopnosť odstrániť z vody ťažké kovy, ropné látky a jemné častice. [21]



Obr. 6.11: Ihrisko z liatej gummy od firmy INTERSYSTEM EU [38]

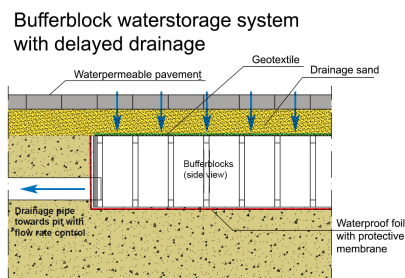
Bufferblock – betónové vsakovacie bloky

Holandská firma vyrába betónové bloky Bufferblock, ktoré sú vhodné na miesta s vysokým dopravným zatažením a intenzitou dopravy. Sú navrhnuté ako odvodňovací prvok mestskej infraštruktúry. Nad blokmi sa nachádza piesok, ktorý plní drenážnu funkciu. Kryt nad pieskovou vrstvou je tvorený priepustnou dlažbou so špármi, pomedzi ktoré preteká voda ku piesku a ďalej do akumulačného priestoru blokov. Bloky sú schopné naakumulovať dokopy 365 l/m^2 . Pod blokmi sa nachádza geotextília, cez ktorú sa voda vsakuje do pôdy. 1. varianta:



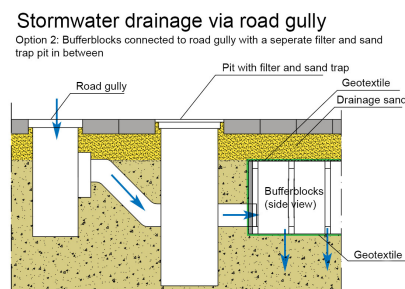
Obr. 6.12: 1. varianta s použitím Bufferblock [39]

Ak nie je vsakovanie možné, miesto geotextílie sa použije vodotesná fólia a voda bude regulovane vypúšťaná do kanalizácie. 2. varianta:



Obr. 6.13: 2. varianta s použitím Bufferblock [39]

Ak je nutné predčistenie vody, miesto povrchu z priepustných dlaždíc sa použije nepriepustný povrch a voda bude odvedená cez uličnú vpusť do pieskového filtra a následne do akumulačného priestoru blokov. 3. varianta: [39]



Obr. 6.14: 3. varianta s použitím Bufferblock [39]

7. Technická správa

7.1. Predmet diela

Názov stavby/akcie: ŠTÚDIA – HOSPODÁRENIE SO ZRÁŽKOVÝMI VODAMI, BAKALOVO NÁBREŽIE

Investorom stavby sú Brněnské komunikace a.s.

Predmetom technickej štúdie je hospodárenie so zrážkovými vodami na riešených parcelách. Stavba rieši návrh prvkov akumulácie, vsakovania a retencie dažďových vôd pre vnútroblok, nachádzajúci sa na Bakalovom nábreží. Súčasťou riešeného územia sú spevnené a nespevnené povrchy pozemných komunikácií, strechy budov a nespevnené plochy slúžiace k rekreačným účelom. Návrh je v súlade s platnou legislatívou:

- zákon č. 254/2001 Sb. o vodách (vodní zákon) v znení neskorších predpisov;
- vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požiadavciach na využívaní území v znení neskorších predpisov;
- vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požiadavciach na stavby v znení neskorších predpisov;
- norma ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod;
- norma TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami;
- norma ČSN EN 752:2019 (756110) Odvodňovací a stokové systémy vně budov - Management stokového systému;
- metodická pomôcka Ministerstva pre miestny rozvoj ČR – Vsakování srážkových vod;
- Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy;
- Vegetační souvrství zelených střech – standardy pro navrhování, provádění a údržbu.

7.2. Podklady

1. vymedzenie riešených lokalít vrátane zobrazenia spevnených plôch v majetku mesta Brna;
2. letecké snímky lokalít (WMS);
3. katastrálna mapa s vymedzením parcel;
4. technická mapa mesta Brna – polohopis, výškopis, inžinierske siete;
5. polohopisné a výškopisné zameranie kanalizácie a vodovodu pre verejnú potrebu;
6. Geovědní mapy 1:25 000, Hydrogeologická rajonizace (Česká geologická služba);
7. Georizika – zasakování (GIS města Brna);

8. aktuálna výzva OPŽP „Programové obdobie 2021-2027“;
9. Územní plán města Brna.

7.3. Vymedzenie riešeného územia

Územie spadá pod K.Ú. Štýřice, mesta Brno. Vnútroblok je vymedzený ulicami Polní, Vojtova, Renneská tř., na severozápade Základnou školou Bakalovo nábřeží 8 a na severe riekou Svratka. Plocha vymedzeného územia je 1,32 ha. Plochy sú tvorené nepriepustným povrchom (strechy budov, pozemné komunikácie a parkovacie plochy), polopriepustným povrchom (časť parkovacích plôch) a priepustným povrchom (zelené plochy).

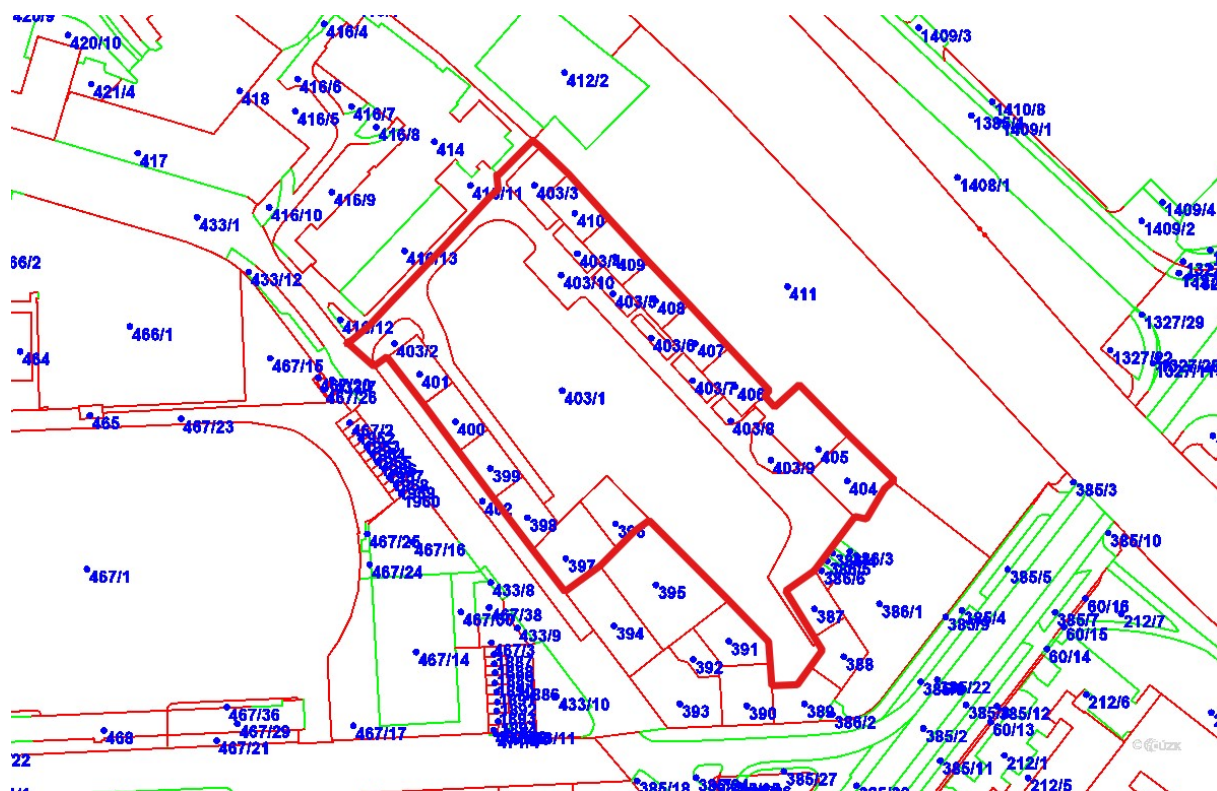


Obr. 7.1: Vymedzenie riešeného územia

Riešené územie pozostáva z parciel:

- budovy: 410, 409, 408, 407, 406, 405, 404, 401, 400, 399, 398, 397, 396;
- zelené plochy: 403/9, 403/8, 403/7, 403/6, 403/5, 403/4, 403/3, 403/2, 403/1;
- pozemná komunikácia a parkovacia plocha: 403/10.

Podľa Územného plánu mesta Brna sa na riešenom území nachádzajú plochy bývania, plochy obecné a verejnej vybavenosti, zmiešané plochy a zvláštne plochy, ktoré slúžia rekreácii.



Obr. 7.2: Vymedzenie parciel

7.4. Hydrologické pomery územia

Územie spadá pod povodie rieky Svratka. Svratka je najväčším ľavobrežným prítokom rieky Dyje. Veľká časť rieky Svratka spadá pod Juhomoravský kraj, okres Brno-mesto, okres Brno-venkov, mesto Břeclav. Rieka Svratka pramení na úbočí Krivého javoru a Žákovkej hory v Žďárskych horách. Prameň spadá pod okres mesta Žďár nad Sázavou. Rieka ďalej tečie cez Hornosvrateckú vrchovinu. Nad Tišňovom sa do nej pravobrežne vlieva prítok Loučky. Pri obci Přizrenice sa na jej ľavom brehu vlieva najväčší prítok Svitava. Pokračuje Dyjsko-svrateckým úvalom a v Židlochoviciach sa do nej vlieva Litava. Svratka sa zlieva s riekou Jihlava. Celková dĺžka toku Svratka je 174 km. Číslo hydrogeologického poradia v záujmovom území je 4-15-01.

7.4.1. Poloha voči zaplavovanému územiu

Zájmové územie sa nachádza podľa Územného plánu mesta Brna v záplavovom území vodného toku Svratka. Na hranici zájmového územia sa ďalej nachádza biocentrum, patriace do Územného systému ekologickej stability.



Obr. 7.3: Záplavové územie a biocentrum

Pri zájmovom území sa nachádza limnigrafická stanica Svratka – Poříčí.

Tab 7.1: N-ročné prietoky v profile Brno – Poříčí

N-ročné	1	5	10	50	100
Prietok [$m^3 \cdot s^{-1}$]	52,8	115	148	238	283

Dáta povodňových aktivít

1. stupeň povodňovej aktivity: 120 cm
 2. stupeň povodňovej aktivity: 160 cm
 3. stupeň povodňovej aktivity: 260 cm
- Historicky najväčšia povodeň: $346,0 m^3 \cdot s^{-1}$ (26.08.1938)

7.4.2. Hydrogeologická rajonizácia

Hydrogeologické rajóny sú územia s obdobnými hydrogeologickými pomermi, typom zvodnenia a prúdením podzemnej vody. Sú to navyše územné jednotky slúžiace na zisťovanie a hodnotenie stavu podzemných vôd a vedenie evidencií pre účely rôznych inštitúcií a spoločností.

Podľa regionálneho hydrogeologického pohľadu je zájmové územie tvorené sprašou a sprašovými hlinami. Ide o moravský úval, útvaru Kvartér. Éra je Kenozoikum a oddelenie pleistocén.

7.5. SÚVISIACE VODOHOSPODÁRSKE STAVBY V ÚZEMÍ

Tab 7.2: Hydrogeologická rajonizácia

Číslo	1643
Názov	Kvartér Svratky
Rozloha v km^2	152,302
Hlavné povodie	Dunaj
Povodie	Dyje
Skupina rajónov	Kvartérne sedimenty v povodí Moravy
Geologická jednotka	Kvartérne a prepojené kvartérne a neogénne sedimenty
Kolektor	vrchný kolektor
Litológia	štrkopiesok
Typ kvartérneho sedimentu	fluviálny
Deliteľnosť rajónu	nie je možné deliť
Mocnosť súvislého zvodnenia	5 až 15 m
Hladina	volná
Typ priepustnosti	puklinová
Transmisivita	vysoká $> 1 \cdot 10^{-3} m^2/s$
Mineralizácia	0,3-1 g/l
Chemický typ	Ca- HCO_3

7.5. Súvisiace vodohospodárske stavby v území

Predmetný záujmový úsek sa nachádza v povodí kmeňovej jednotnej stoky A a splaškovej kmeňovej stoky BI. Riešené územie spadá do povodia odľahčovacej komory OKA09.

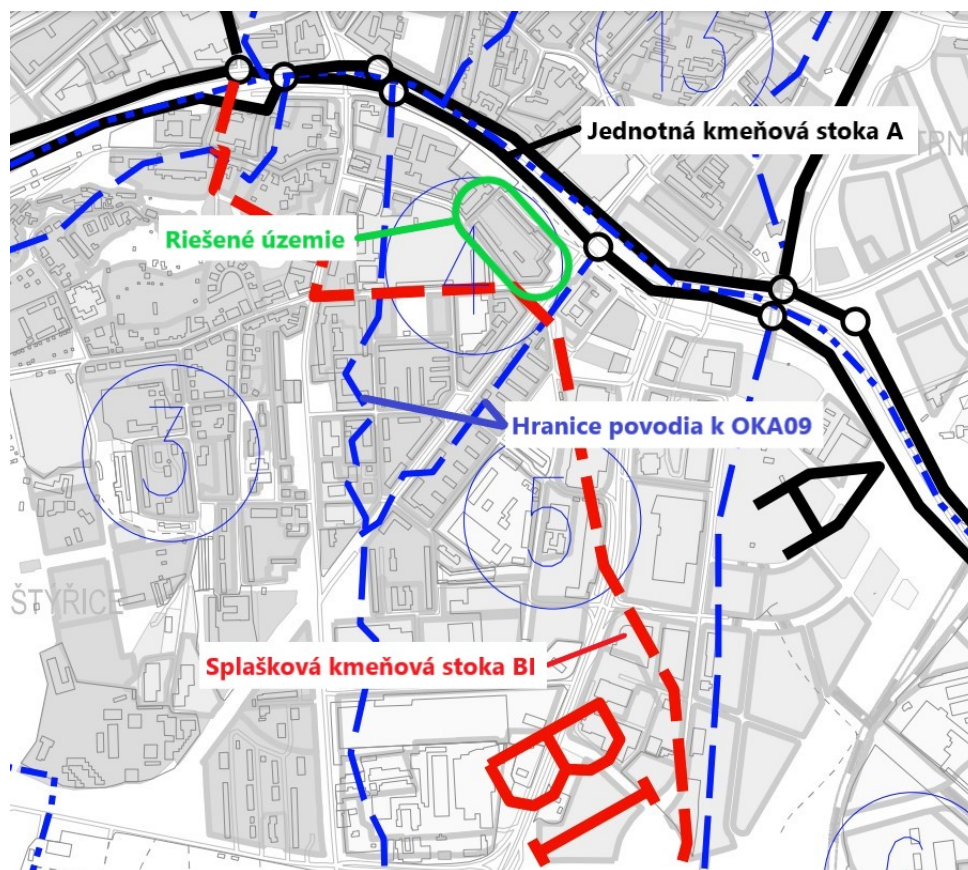
Jednotná kmeňová stoka A – pravobrežná svratecká, jednotná o dĺžke 7,6 km vedúca zo Starého Brna pod Modřice, kde podchádza zhybkou rieku Svratku a je cez čerpaciu stanicu napojená na ČOV.

Splašková kmeňová stoka BI – "štola pod Žlutým kopcem" – splašková vedúca z Bystřice ku Kamenomlýnskému jezu na Svratke a ďalej do priestoru križovatky ulíc Rybářská – Poříčí.

Odlahčovacia komora OKA09 Štýřice Renneská, s navrhovaným pomerom riedenia: 1+4 a skutočným pomerom riedenia: 1+46,5.

Pre kanalizáciu mesta Brna platia koncepčné zásady Generelu odvodnenia mesta Brna, časť Kanalizácie, ktoré sú v súlade s koncepciou odkanalizovania mesta Brna. Návrh GomB je spracovaný v súlade s existujúcou legislatívou a reaguje na existujúce požiadavky na zlepšovanie kvality vody vo vodných tokoch.

Stavba bude taktiež v súlade so spracovanou PPO Prírode blízka POP a revitalizácia údolnej nivy hlavných brnenských tokov.

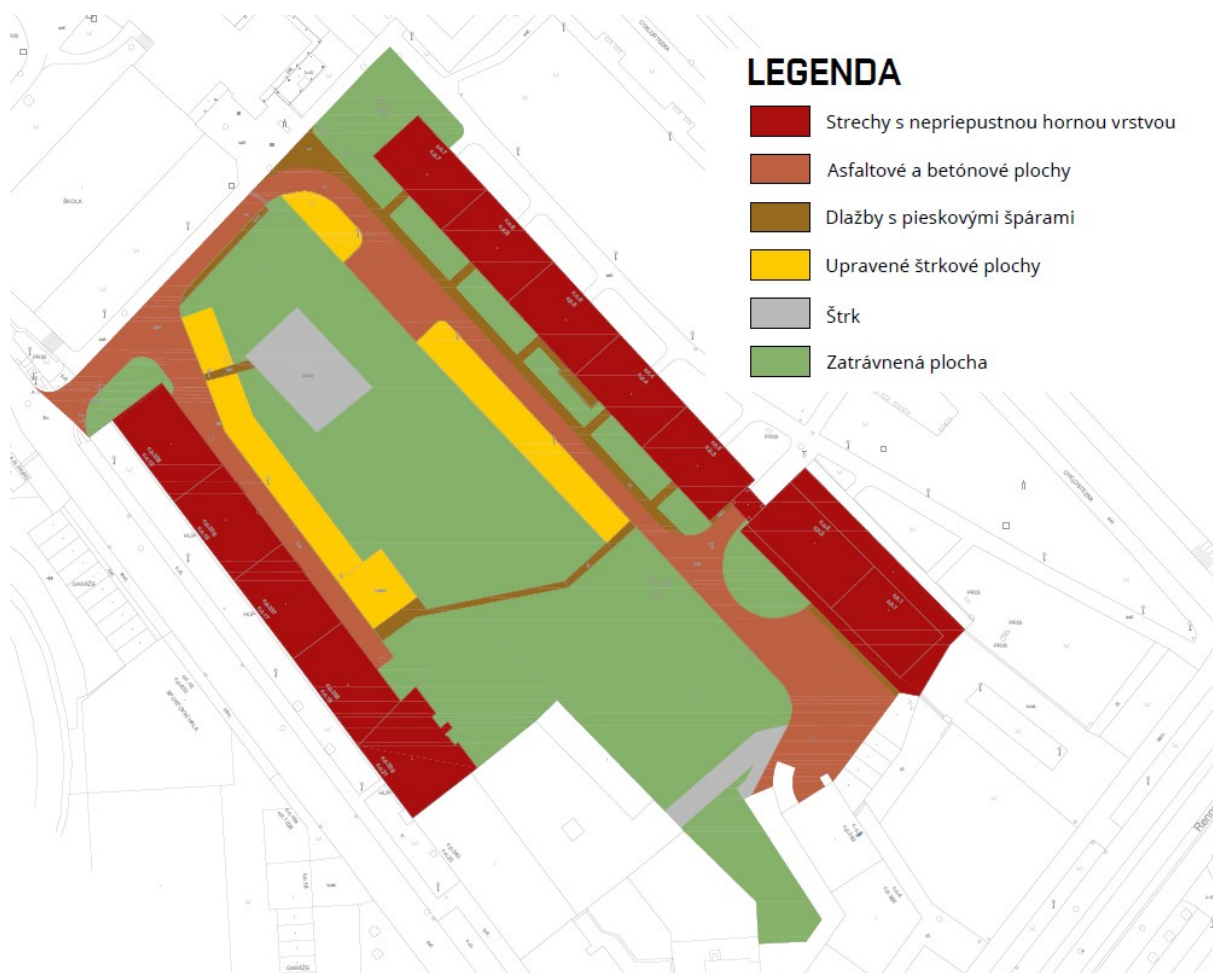


Obr. 7.4: Kmeňové stoky

7.6. Súčasný stav odvodnenia územia

V súčasnej dobe je dažďová voda zo striech budov a spevnených povrchov odvodnená do dažďovej kanalizácie, ktorá je súčasťou vnútrobloku. Kanalizácia je vyústená do blízkeho recipientu alebo dochádza k neriadenému vsaku dažďových vôd. Odtok do recipientov je neregulovaný a nezabezpečený proti znečisteniu vôd v recipiente ropnými látkami a usaditeľnými časticami, na ktoré sú viazané spravidla ďalšie škodlivé látky. Známe výusti sú zaústené do rieky Svratka.

Tento systém odvodnenia nevyhovuje súčasným legislatívnym predpisom a je v rozpore s celkovou presadzovanou koncepciou odvodnenia a hospodárenia s dažďovou vodou. Z týchto dôvodov je nutné odvodnenie riešeného územia znovu posúdiť a navrhnúť celkové vyhovujúce vodohospodárske riešenie. Súčasný odvodnenie bude touto stavbou zrušené.



Obr. 7.5: Rozdelenie podľa typu odvodňovanej plochy

7.6.1. Odvodňovaná plocha

K stanoveniu redukovanej plochy A_{red} [m^2] sa využije vzťah:

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \psi_i$$

kde:

A_i ... pôdorysný priemet odvodňovanej plochy určitého druhu podľa Tab. 7.3 [m^2]

ψ_i ... súčiniteľ odtoku zrážkových povrchových vôd pre odvodňovanú plochu určitého druhu podľa Tab. 7.3 [-]

n ... počet odvodňovaných plôch určitého druhu

Tab 7.3: Stanovenie redukovanej plochy riešeného územia

Druh odvodňovanej plochy	Plocha A [m ²]	Súčiniteľ odtoku ψ	Redukovaná plocha A_{red} [m ²]
Strechy s nepriepustnou hornou vrstvou	2 921,5	1,0	2 921,5
Asfaltové a betónové plochy	1 833,0	0,8	1 466,4
Dlažby s pieskovými špárami	440,2	0,6	264,1
Upravené štrkové plochy	863,9	0,4	345,5
Štrk	392,6	0,3	117,8
Zatrávnená plocha	5 614,6	0,1	561,5

Navrhnuté riešenie vsakovaniu, akumulovania a retenovania dažďových vôd v riešenom území spočíva v návrhu akumuláčnej nádrže pre zalievanie (prípadne v budúcnosti pri rekonštrukcii budovy pre splachovanie WC), vsakovacej priehlbne s ryhou a zelenej strechy. Akumulačná nádrž bude zachytávať dažďovú vodu z jednej strechy s plochou 1116,6 m². Vsakovacia priehlbňa s ryhou bude slúžiť k vsiaknutiu a retenovaniu dažďovej vody z pozemnej komunikácie a parkovacej plochy a zelená strecha sa bude nachádzať na druhej streche s výmerou 1048 m².

7.7. Návrhový dážď

Celková plocha riešeného územia na Obr. 7.5 je cca 1,21 ha. Norma ČSN 75 9010 v prílohe A uvádza, že pri odvodňovaných plochách väčších ako 3,0 ha sa odporúča retenčný objem vsakovacieho zariadenia stanoviť deterministicky, pomocou dlhodobej simulácie. Pre návrh vsakovacieho zariadenia pomocou dlhodobej simulácie zrážkoodtokových pomerov v záujmovej oblasti je nutné mať k dispozícii validované (miestne platné) historické zrážkové rady s minimálnou dĺžkou 10 rokov pre návrhovú periodicitu zrážok $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$ a 20 rokov pre návrhovú periodicitu zrážok $p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$.

Riešená odvodňovaná plocha nie je väčšia ako 3,0 ha, a navyše bude k zasakovaniu navrhnutých viac ako jedno vsakovacie zariadenie. Preto budú návrhové hodnoty množstva zrážkových vôd na vsakovanie stanovené z údajov v tabuľkách A.1 a A.2 v ČSN 75 9010 a nie pomocou dlhodobej simulácie zrážkoodtokových pomerov.

Návrhová periodicitu zrážok pre dimenzovanie vsakovacích zariadení podľa ČSN 75 9010 je:

- $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$, ak:
 - pri pretečení vsakovacieho zariadenia je možný odtok zrážkovej vody zo vsakovacieho zariadenia po povrchu terénu alebo prepadovým potrubím mimo budovy, pozemky iných súkromných vlastníkov alebo podzemné dopravné zariadenia;
 - pri spätnom vzduť v dažďovej kanalizácii, ktorá je zaústená do vsakovacieho zariadenia, je možný odtok zrážkovej vody z dažďovej kanalizácie po povrchu terénu mimo budovy, pozemky iných súkromných vlastníkov alebo podzemné dopravné zariadenia;

– priestory odvodnené do dažďovej kanalizácie nachádzajúce sa pod hladinou spätného vzdutia sú proti vniknutiu vzdutej vody z dažďovej kanalizácie chránené technickým opatrením podľa ČSN EN 12056-4 a ČSN 75 6760.

- $p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$, pokiaľ nie je splnená niektorá z podmienok uvedených v predchádzajúcich troch bodoch. Napr. pri vsakovacích zariadeniach, ktoré slúžia iba na odvodnenie podzemných dopravných zariadení a/alebo vstupov do budov nachádzajúcich sa pod úrovňou okolitého terénu, a odvodňované priestory pod úrovňou terénu nemôžu byť pred vodou pretekajúcou zo vsakovacieho zariadenia chránené.

Všetky parcely mimo budov v riešenom území sú vo vlastníctve mesta Brno. Nehrozí tak pri spätnom vzduť v dažďovej kanalizácii, do ktorej je zaústené vsakovacie zariadenie, odtok zrážkovej vody cez pozemky iných vlastníkov. Na návrh vsakovacieho zariadenia je napriek tomu použitá návrhová periodičita zrážok na menej priaznivý stav $p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$.

V tabuľkách A.1 a A.2 v ČSN 75 9010 sú uvedené návrhové úhrny zrážok pre zrážkomernú stanicu na území mesta Brna (nadmorská výška 257,0 m n. m.). Pre bilanciu s blokovými dažďami sa jedná o intenzitu blokového dažďa o danej dobe trvania t s návrhovou periodičitou zrážky.

Tab 7.4: Návrhové úhrny zrážok pre mesto Brno v mm s dobou trvania 5 – 120 min pre $p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$ (1x za 10 rokov) a $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$ (2x za 10 rokov)

Doba trvania zrážky [min]	5	10	15	20	30	40	60	120
Úhrn [mm], $p=0,1 \text{ rok}^{-1}$	11,1	15,7	19,4	21,6	25,1	28,2	31,0	38,9
Úhrn [mm], $p=0,2 \text{ rok}^{-1}$	9,5	13,5	16,5	18,5	21,3	23,9	26,2	33,1

Tab 7.5: Návrhové úhrny zrážok pre mesto Brno v mm s dobou trvania 4 – 72 hod pre $p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$ (1x za 10 rokov) a $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$ (2x za 10 rokov)

Doba trvania zrážky [hod]	4	6	8	10	12	18	24	48	72
Úhrn [mm], $p=0,1 \text{ rok}^{-1}$	43,8	47,3	48,6	49,3	50,0	52,2	53,8	63,9	70,9
Úhrn [mm], $p=0,2 \text{ rok}^{-1}$	37,1	38,7	39,4	40,1	40,7	42,7	44,2	53,9	60,2

Pre bilancie na základe dlhodobých ročných či mesačných úhrnov sa spravidla počíta priamo s úhrnom za dané časové obdobie v mm. Mesačné úhrny zrážok v porovnaní s normálom 1981–2010 platné pre juhomoravský kraj sú zobrazené v Tab. 7.6. Tabuľka slúži napríklad pre výpočet akumuláčnej nádrže na dažďovú vodu.

7.8. HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET AKUMULAČNEJ NÁDRŽE NA DAŽĎOVÚ VODU

Tab 7.6: Mesačné úhrny zrážok v porovnaní s normálom 1981–2010 platné pre územie Brna

Mesiac	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Úhrn [mm]	28	27	35	35	63	72	73	64	52	34	39	36

7.8. Hydrotechnický výpočet akumuláčnej nádrže na dažďovú vodu

Výpočet je prevedený na základe ČSN 75 9010 (759010) Vsakovací zařízení srážkových vod a publikácie – Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy.

Zrážková voda bude zvedená zo strechy s nepriepustnou hornou vrstvou s plochou $A = 1116,6 \text{ m}^2$ a súčiniteľom odtoku $\psi = 1,0$. Zrážková voda bude zvedená do akumuláčnej nádrže a ďalej využívaná počas vegetačného obdobia (od apríla do októbra) na zavlažovanie trávniku s plochou $2316,3 \text{ m}^2$. Navrhnutá akumuláčná nádrž bude pokrývať 60 % potreby vody pre zalievanie. Mimo vegetačné obdobie bude akumuláčná nádrž naplnená po bezpečnostný prepád, avšak voda v nej nebude slúžiť k žiadnym účelom. Začiatkom marca dôjde k kompletnému vyprázdneniu pomocou čerpadla a vyčisteniu nádrže. Zrážková voda privedená do akumuláčnej nádrže počas marca bude pripravená k zalievaniu pre začiatok vegetačného obdobia (apríl).

Výpočet sa stanoví na základe mesačnej bilancie. Vstupnými dátami sú:

- dlhodobé mesačné zrážkové úhrny (Tab. 7.6);
- dáta o odvodňovanej ploche (rozloha);
- súčiniteľ odtoku;
- údaje o mesačnej potrebe prevádzkovej (zrážkovej) vode pre zavlažovanie.

Výpočet vychádza zo vzťahu medzi akumuláčným objemom nádrže V_A a stupňom pokrytia potreby vody C_r .

Objem akumuláčnej nádrže V_A [m^3] sa výpočtom stanovil na:

$$V_A = 0,09 \cdot A_{red} = 0,09 \cdot A \cdot \psi = 0,09 \cdot 1116,6 \cdot 1,0 = 100,49 \text{ m}^3$$

kde:

A_{red} ... redukovaná odvodňovaná plocha [m^2];

0,09 ... zvolených 9 % z redukovanej odvodňovanej plochy, aby sme dosiahli stupeň pokrytia potreby vody pre závlahu 60 % (veľkosť nádrže má vplyv na stupeň pokrytia) [m^2].

Využitelné množstvo zrážkovej vody v jednotlivých mesiacoch $V_{prit,m}$ [m^3] sa stanoví z dlhodobých mesačných úhrnov zrážok a z redukovanej odvodňovanej plochy. V mimovegetačné obdobie (od novembra do apríla) sa voda z nádrže nevyužíva a preto je využitelné množstvo v mesiacoch od novembra do februára uvažované ako 0 m^3 . Zrážková

7.8. HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET AKUMULAČNEJ NÁDRŽE NA DAŽĎOVÚ VODU

voda privedená počas marca zo strechy bude slúžiť k prvej zálievke pre mesiac apríl. $V_{prit,m}$ sa stanoví ako:

$$V_{prit,m} = \frac{h_m}{1000} \cdot A \cdot \psi \cdot \eta$$

kde:

h_m ... mesačný zrážkový úhrn [mm] v Tab. 7.6;

$A = 1116,6 \text{ m}^2$... pôdorysný priemet odvodňovanej plochy [m^2];

$\psi = 1,0$... súčiniteľ odtoku;

$\eta = 0,9$... súčiniteľ straty vo filtri (spravidla hodnota 0,9).

Pre jednotlivé mesiace je $V_{prit,m}$ vypočítané v nasledovnej Tab. 7.7

Tab 7.7: $V_{prit,m}$ pre jednotlivé mesiace

Mesiac	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$V_{prit,m}$	0,0	0,0	35,2	35,2	63,3	72,4	73,4	64,3	52,3	34,2	0,0	0,0

Hodnoty potrebného množstva závlahy pre trávnaté plochy pre jednotlivé mesiace sú uvedené v nasledovnej Tab. 7.8. Hodnoty sú prevzaté z publikácie Standardy hospodárenú se srážkovými vodami na území hlavného mesta Prahy. Hodnoty potrebného množstva závlahy približne 200 l/m^2 na vegetačné obdobie uvádza napr. aj internetový portál svet-travniku.cz.

Tab 7.8: Potrebné množstvo závlahy [l/m^2] pre jednotlivé mesiace [7]

Mesiac	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Potreba závlahy [l/m^2]	25	30	35	40	35	30	25

Potreba prevádzkovej (zrážkovej) vody za daný mesiac $V_{potr,m} [\text{m}^3]$ sa stanoví podľa vzťahu:

$$V_{potr,pl,m} = \nu_{potr,pl,d} \cdot n \cdot d$$

kde:

$\nu_{potr,pl,d}$... špecifická denná potreba prevádzkovej (zrážkovej) vody pre zalievanie na danú jednotku [$\text{m}^3/\text{jednotka}/\text{den}$], vychádza z Tab. 7.8;

$n = 2316,3 \text{ m}^2$... plocha pre zalievanie [m^2];

$d = 30$... počet dní v danom mesiaci, kedy sa prevádzková (zrážková) voda využíva.

Vzorovo pre mesiac apríl:

$$V_{potr,pl,april} = \frac{\frac{25}{30} \cdot 2316,3 \cdot 30}{1000} = 57,9 \text{ m}^3$$

7.8. HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET AKUMULAČNEJ NÁDRŽE NA DAŽĎOVÚ VODU

Pre ďalšie mesiace je $V_{potr,m}$ vypočítané v nasledovnej Tab. 7.9

Tab 7.9: $V_{potr,m}$ pre jednotlivé mesiace

Mesiac	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$V_{potr,m}$	0,0	0,0	0,0	57,9	69,5	81,1	92,7	81,1	69,5	57,9	0,0	0,0

Následne sa vypočíta bilancia medzi plnením a prázdnením nádrže, na základe akumuláčného objemu nádrže V_A , mesačnom odbere zrážkových vôd z nádrže $V_{odber,m}$ a prítoku do nádrže $V_{prit,m}$. Na začiatku apríla sa uvažuje nádrž ako prázdna.

Mesačný odber zrážkových vôd z akumuláčného zariadenia $V_{odber,m}$ [m^3] sa stanoví ako:

$$V_{odber,m} = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{potr,m} \\ V_{A,(m-1)} \end{array} \right\}$$

kde:

$V_{potr,m}$... potreba prevádzkovej (zrážkovej) vody za daný mesiac [m^3];

$V_{A,(m-1)}$... je objem zrážkových vôd v nádrži na konci predchádzajúceho mesiaca [m^3].

Pre jednotlivé mesiace je $V_{odber,m}$ vypočítané v nasledovnej Tab. 7.10

Tab 7.10: $V_{odber,m}$ pre jednotlivé mesiace

Mesiac	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$V_{odber,m}$	0,0	0,0	0,0	35,2	35,2	63,3	37,2	63,3	37,2	52,3	0,0	0,0

Objem zrážkových vôd v akumuláčnej nádrži $V_{A,m}$ [m^3] na konci mesiaca sa stanoví ako:

$$V_{A,m} = \min \{ V_{A,(m-1)} + V_{prit,m} - V_{odber,m}; V_A - V_{odber,m} \}$$

kde:

$V_{prit,m}$... využiteľné množstvo zrážkovej vody v danom mesiaci [m^3];

$V_{odber,m}$... je mesačný odber zrážkových vôd z akumuláčnej nádrže [m^3];

$V_{A,(m-1)}$... je objem zrážkových vôd v nádrži na konci predchádzajúceho mesiaca [m^3].

Pre jednotlivé mesiace je $V_{A,m}$ vypočítané v nasledovnej Tab. 7.11

Tab 7.11: $V_{A,m}$ pre jednotlivé mesiace

Mesiac	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$V_{A,m}$	0,0	0,0	35,2	35,2	63,3	37,2	63,3	37,2	52,3	34,2	0,0	0,0

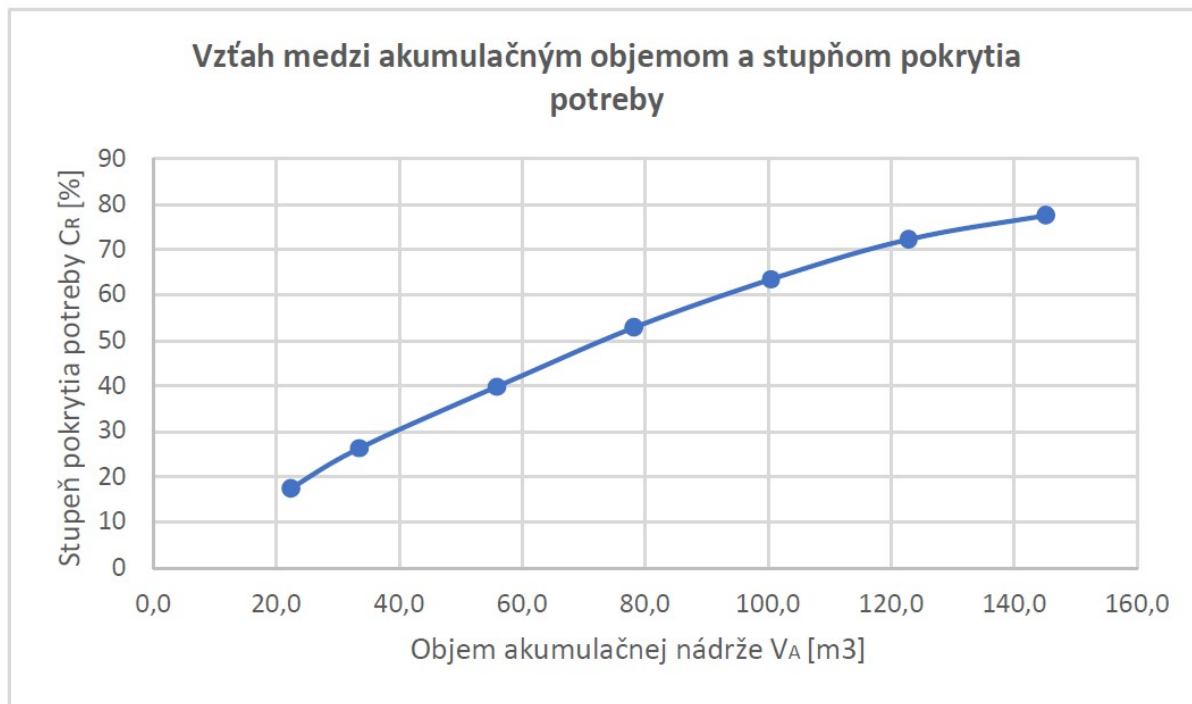
Stupeň pokrytia C_r pre zvolený objem V_A je:

$$C_r = \frac{\sum V_{odber,m}}{\sum V_{potr,m}} \cdot 100 \% = \frac{323,6}{509,6} \cdot 100 = 63,5 \%$$

Stupeň pokrytia $C_r = 63,5 \% > 60 \%$, pre zvolený objem $V_A = 100,49 m^3$ je podmienka splnená. Navrhovaná nádrž bude rozmerov 9x5,6x2 m a objemu 100,8 m^3 .

7.8. HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET AKUMULAČNEJ NÁDRŽE NA DAŽĎOVÚ VODU

Na základe požiadavky investora by bolo možné zmeniť akumulčný objem nádrže. Následujúci obr. 7.6 zobrazuje vzťah medzi akumulčným objemom a stupňom pokrytia potreby závlahy pre riešenú nádrž:



Obr. 7.6: Vzťah medzi akumulčným objemom a stupňom pokrytia potreby závlahy pre riešenú nádrž

Náklady na 1 m^3 podzemnej akumuláčnej nádrže zo železobetónu vrátane zemných prác, izolácií sú podľa Ústavu územného rozvoja (UUR) 18 500 až 28 500 Kč. V nasledujúcej tabuľke sú zobrazené približné ceny za akumulčné nádrže rôznych objemov a stupňov pokrytia potreby závlahy.

V_A [m ³]	C_R [%]	Náklady
22,3	17,5	636 451 Kč
33,5	26,3	954 676 Kč
55,8	39,8	1 591 127 Kč
78,2	52,9	2 227 577 Kč
100,5	63,5	2 864 028 Kč
122,8	72,3	3 500 478 Kč
145,2	77,6	4 136 929 Kč

Obr. 7.7: Náklady na výstavbu akumuláčnej nádrže pre rôzne objemy

Vypočítaný objem 100,5 m^3 so stupňom pokrytia 60 % by stál približne 2,8 milióna Kč. Na základe upresnenia zadania od investora stavby a finančných, či priestorových možností je možné zvoliť iný objem akumuláčnej nádrže.

V prípade budúcej rekonštrukcie budovy, z ktorej je voda odvedená do akumuláčnej nádrže, je možné vodu z akumuláčnej nádrže využívať nielen pre zalievanie, ale aj ako vodu úžitkovú pre splachovanie WC.

7.8. HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET AKUMULAČNEJ NÁDRŽE NA DAŽĎOVÚ VODU

V takom prípade bude nutné vybudovať oddelené vnútorné rozvody zvlášť pre vodu pitnú a vodu úžitkovú. Ak by sa voda využívala súčasne pre zalievanie, aj pre splachovanie, bolo by nutné navrhnuť väčší akumulčný objem nádrže. V prípade, ak by sa zrážková voda pre splachovanie WC využívala len počas mimovegetačného obdobia, navrhovaný objem akumulčnej nádrže $100,8 \text{ m}^3$ by pokryl potrebu vody pre splachovanie.

K výpočtu akumulčného objemu nádrže pre splachovanie WC je použitá metóda ročnej bilancie. Ročný úhrn je súčtom jednotlivých mesiacov z Tab. 7.6. Úžitková voda bude slúžiť 60 bytovým jednotkám s približným počtom obyvateľov 150. Dĺžka suchého obdobia sa uvažuje 28 dní.

Využiteľné množstvo zrážkovej vody za rok $V_{prit} [\text{m}^3]$ sa stanoví na základe dlhodobého ročného úhrnu zrážok 559 mm a redukovanej odvodňovanej plochy ako:

$$V_{prit} = \frac{h_A}{1000} \cdot A \cdot \psi \cdot \eta = \frac{559}{1000} \cdot 1116,58 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 561,8 \text{ m}^3$$

kde:

$h_A = 559 \text{ mm}$... ročný zrážkový úhrn pre mesto Brno;

$A = 1116,58 \text{ m}^2$... pôdorysný priemet odvodňovanej plochy $[\text{m}^2]$;

$\psi = 1,0$... súčiniteľ odtoku pre strechu;

$\eta = 0,9$... súčiniteľ straty na filtri.

Ročná potreba zrážkovej vody $V_{potr,celk} [\text{m}^3]$ sa stanoví na základe dennej potreby zrážkovej vody súvisiacej s osobami ako:

$$V_{potr,celk} = V_{potr,den} \cdot 365 = 4,5 \cdot 365 = 1642,5 \text{ m}^3$$

kde:

$V_{potr,den} = 4,5 \text{ m}^3$... celková potreba nepitnej vody na deň $[\text{m}^3/\text{den}]$, denná potreba nepitnej vody pre splachovanie WC je 30 l/os/deň, pre 150 osôb je celková potreba nepitnej vody na deň $30 \cdot 150 = 4500 \text{ l}$

Potrebná veľkosť akumulčnej nádrže $V_A [\text{m}^3]$ sa stanoví ako:

$$V_A = \left\{ \begin{array}{l} V_{prit} \\ V_{potr,celk} \end{array} \right\} \cdot \frac{R}{365} = \left\{ \begin{array}{l} 561,8 \\ 1642,5 \end{array} \right\} \cdot \frac{28}{365} = 43,1 \text{ m}^3$$

kde:

V_{prit} ... ročná potreba zrážkovej vody $[\text{m}^3]$;

$V_{potr,celk}$... využiteľné množstvo zrážkovej vody za rok $[\text{m}^3]$;

R ... dĺžka suchého obdobia [dni].

Navrhnutý objem akumulčnej nádrže je $43,1 \text{ m}^3$ a je menší než navrhnutý objem akumulčnej nádrže pre zalievanie. To znamená, že keď postavíme akumulčnú nádrž s objemom $100,8 \text{ m}^3$, bude možné počas mimovegetačného obdobia používať vodu pre splachovanie. Navrhnuté objemy $43,1 \text{ m}^3$ ani $100,8 \text{ m}^3$ však nepokryjú 100 % potreby vody pre splachovanie a preto bude nutné vodu pre splachovanie dopĺňať vodou pitnou.

7.9. Hydrotechnický výpočet pre zariadenie priehlbeň-ryha

Výpočet je prevedený na základe ČSN 75 9010 (759010) Vsakovací zařízení srážkových vod a publikácie – Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy.

Zrážková voda sa bude pomocou vsakovacieho zariadenia kombinujúceho priehlbeň s ryhou vsakovať a retenovať zo spevnenej komunikácie s polopriepustnou dlažbou s pieskovými špármi. Povrch komunikácie bude zrekonštruovaný, aby bol zaistený potrebný sklon vody smerom ku priehlbi s ryhou. Zároveň bola za povrch zvolená dlažba, ktorej súčiniteľ odtoku je stanovený na hodnotu 0,6. Odvodňovaná plocha má rozlohu 2532,55 m². Podmienky pre vsakovanie nie sú v oblasti príliš priaznivé. Koeficient vsaku je stanovený podľa mapy Georizika – zasakování (GIS města Brna) na hodnotu 6.10⁻⁶, čo odpovedá podmienčne vhodným podmienkam pre vsakovanie. Tento koeficient je orientačný a vychádza z faktu, že sa jedná o sprašové podložie a nie je podložený riadnym hydrogeologickým prieskumom, ktorý by mohol zásadne zmeniť návrh. Preto je toto riešenie uvažované skôr ideologicky. Pre potreby vypracovania projektovej dokumentácie pre vsakovacie zariadenie je hydrogeologický prieskum nevyhnutný.

Navrhnutým vsakovacím objektom je vsakovacia priehlbeň s podzemnou ryhou. Je navrhnutý na dážď s najvyššími nárokmi na retenciu, preto je zvolená periodičita $p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$. Podzemná ryha je doplnená o perforované drenážne potrubie, s odtokom do regulačnej šachty.

Redukovaná plocha A_{red} :

$$A_{red} = A \cdot \psi = 2532,55 \cdot 0,6 = 1519,53 \text{ m}^2$$

kde:

$A = 2532,6 \text{ m}^2$... pôdorysný priemet odvodňovanej plochy [m²];

$\psi = 0,6$... súčiniteľ odtoku pre dlažbu s pieskovými špármi.

Pre výpočet priehlbeň sa počíta s k_v v rozmedzí 10⁻⁴ až 10⁻⁵ m/s. Použitý bude pôdny filter s $k_{v,priehlben} = 5 \cdot 10^{-5}$.

Vsakovacia plocha sa určí na základe doporučeného pomeru pre vsakováciu priehlbeň $5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$. Zvolená hodnota $A_{red}/A_{vsak} = 11$.

$$A_{vsak,priehlben} = \frac{A_{red}}{11} = \frac{1519,53}{11} = 138,14 \text{ m}^2$$

Súčiniteľ bezpečnosti pre vsakovacie zariadenie je $f = 2$. Vsakovaný prietok sa vypočíta ako:

$$Q_{vsak,priehlben} = \frac{1}{f} \cdot k_{v,priehlben} \cdot A_{vsak,priehlben} = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 138,14 = 0,00345 \text{ m}^3/\text{s}$$

7.9. HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET PRE ZARIADENIE PRIEHLBEŇ-RYHA

Ďalej sa vypočítajú pre rôzne doby trvania blokového dažďa objem privedenej zrážkovej vody V_{prit} [m^3], objem vsiaknutej vody V_{vsak} [m^3] a retenčný objem $V_{R,priehiben}$ [m^3] podľa vzorcov:

$$V_{prit} = i \cdot (A_{red} + A_{vsak/priehiben}) \cdot \frac{t}{10^7}$$

$$V_{vsak,priehiben} = Q_{vsak,priehiben} \cdot t$$

$$V_{R,priehiben} = V_{prit} - V_{vsak,priehiben}$$

Hodnoty návrhových úhrnov zrážok sú použité z Tab. 7.4 a Tab. 7.5.

Doba trvania blokového dažďa [min]	Intenzita blokového dažďa [mm]	Intenzita blokového dažďa [l/s/ha]	V_{prit} [m^3]	$V_{vsak,priehiben}$ [m^3]	$V_{R,priehiben} = V_{prit} - V_{vsak,priehiben}$ [m^3]
5	11,1	370	18,40	1,04	17,36
10	15,7	262	26,03	2,07	23,95
15	19,4	216	32,16	3,11	29,05
20	21,6	180	35,81	4,14	31,66
30	25,1	139	41,61	6,22	35,39
40	28,2	118	46,75	8,29	38,46
60	31	86	51,39	12,43	38,96
120	38,9	54	64,48	24,87	39,62
240	43,8	30,4	72,61	49,73	22,88
360	47,3	21,9	78,41	74,60	3,81
480	48,6	16,9	80,56	99,46	-18,90
600	49,3	13,7	81,72	124,33	-42,60
720	50	11,6	82,89	149,19	-66,31
1080	52,2	8,1	86,53	223,79	-137,25
1440	53,8	6,2	89,18	298,38	-209,20
2880	63,9	3,7	105,93	596,76	-490,83
4320	70,9	2,7	117,53	895,14	-777,61

Obr. 7.8: Výpočet retenčného objemu vsakovacej priehlbni

Najvyššiu požiadavku na retenčný objem priehlbni $V_{R,priehiben} = 39,62 m^3$ je pri blokovom daždi s dobou trvania 120 min.

Doba prázdnenia $T_{pr,priehiben}$ musí byť menšia než 24 hodín. Vypočíta sa ako:

$$T_{pr,priehiben} = \frac{0,7 \cdot V_R}{3600 \cdot Q_{vsak,priehiben}} = \frac{0,7 \cdot 39,62}{3600 \cdot 0,00345} = 2,23 \text{ hod}$$

Doba prázdnenia 2,23 hod < 24 hod; podmienka je splnená.

7.9. HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET PRE ZARIADENIE PRIEHLBEŇ-RYHA

Nasleduje výpočet maximálnej hĺbky vody v priehlbni $h_{max,priehlben}$, ktorá musí byť menšia než 0,30 m.

$$h_{max,priehlben} = \frac{V_R}{A_{vsak,priehlben}} = \frac{39,62}{138,14} = 0,29 \text{ m}$$

Maximálna hĺbka vody 0,29 m < 0,30 m; podmienka je splnená. Pre navrhnutú priehlbeň so svahmi so sklonom 1:3 bude maximálna hĺbka vody v priehlbni 155 mm.

Nasleduje výpočet retenčného objemu podzemnej ryhy. Šírka podzemnej ryhy b_{ryha} bude 0,55 m. Pórovitosť výplne podzemnej ryhy je $m = 0,30$.

Dĺžka podzemnej ryhy sa vypočíta zo vsakovacej plochy priehlbni a šírky podzemnej ryhy ako:

$$l_{ryha} = \frac{A_{vsak,priehlben}}{b_{ryha}} = \frac{138,14}{0,55} = 251,16 \text{ m}$$

Maximálna hĺbka vody v podzemnej ryhe $h_{max,ryha}$ je stanovená iteráciou na hodnotu 0,403 m.

Do podzemnej ryhy sa vsakuje prečistená zrážková voda cez humusovú vrstvu vsakovacej priehlbni. Preto sa uvažuje pri návrhu s bezpečnostným koeficientom $f = 1$.

Vsakovací prietok podzemnej ryhy je:

$$\begin{aligned} Q_{vsak,ryha} &= k_v \cdot A_{vsak,ryha} = k_v \cdot (b_{ryha} + 2 \cdot \frac{h_{max,ryha}}{4}) \cdot (l_{ryha} + 2 \cdot \frac{h_{max,ryha}}{4}) \\ &= 6 \cdot 10^{-6} \cdot (0,55 + 2 \cdot \frac{0,403}{4}) \cdot (251,16 + 2 \cdot \frac{0,403}{4}) = 0,001133 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Ďalej sa vypočítajú pre rôzne doby trvania blokového dažďa objem privedenej zrážkovej vody V_{prit} [m^3], objem vsiaknutej vody $V_{vsak,ryha}$ [m^3], retenčný objem $V_{R,ryha}$ [m^3] a obstavaný objem retenčnej ryhy $W_{R,ryha}$ [m^3] podľa vzorcov:

$$V_{prit} = i \cdot (A_{red} + A_{vsak/priehlben}) \cdot \frac{t}{10^7}$$

$$V_{vsak,ryha} = Q_{vsak,ryha} \cdot t$$

$$V_{R,ryha} = V_{prit} - V_{vsak,ryha} - V_{R,priehlben}$$

$$W_{ryha} = \frac{V_{R,ryha}}{m}$$

7.9. HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET PRE ZARIADENIE PRIEHLBEŇ-RYHA

Hodnoty návrhových úhrnov zrážok sú použité z Tab. 7.4 a Tab. 7.5.

Doba trvania blokového dažďa [min]	Intenzita blokového dažďa [mm]	Intenzita blokového dažďa [l/s/ha]	$V_{\text{prit}} [\text{m}^3]$	$V_{\text{sak,ryha}} [\text{m}^3]$	$V_{R,ryha} = V_{\text{prit}} -$ $V_{\text{sak,ryha}} -$ $V_{R,\text{priehlbň}} [\text{m}^3]$	$W_{ryha} [\text{m}^3]$
5	11,1	370	18,40	0,34	-21,56	-71,86
10	15,7	262	26,03	0,68	-14,27	-47,58
15	19,4	216	32,16	1,02	-8,48	-28,27
20	21,6	180	35,81	1,36	-5,17	-17,24
30	25,1	139	41,61	2,04	-0,05	-0,17
40	28,2	118	46,75	2,72	4,41	14,69
60	31	86	51,39	4,08	7,69	25,63
120	38,9	54	64,48	8,16	16,70	55,68
240	43,8	30,4	72,61	16,32	16,67	55,55
360	47,3	21,9	78,41	24,48	14,31	47,69
480	48,6	16,9	80,56	32,64	8,30	27,67
600	49,3	13,7	81,72	40,81	1,30	4,33
720	50	11,6	82,89	48,97	-5,70	-19,00
1080	52,2	8,1	86,53	73,45	-26,54	-88,46
1440	53,8	6,2	89,18	97,93	-48,37	-161,22
2880	63,9	3,7	105,93	195,86	-129,56	-431,86
4320	70,9	2,7	117,53	293,80	-215,88	-719,62

Obr. 7.9: Výpočet retenčného objemu a obstavaného objemu podzemnej ryhy

Najvyššia požiadavka na obstavaný objem podzemnej ryhy je $W_{R,ryha} = 55,68 \text{ m}^3$. To odpovedá dobe trvania blokového dažďa 120 min.

Navrhnutá priehlbňa má objem $39,62 \text{ m}^3$. Podzemná ryha má objem $55,68 \text{ m}^3$. Dĺžka a šírka priehlbni a ryhy sú totožné: dĺžka je 251,16 m a šírka 0,55 m.

7.10. Hydrotechnický výpočet zelenej extenzívnej strechy

Výpočet je prevedený v súlade s normami ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace a ČSN EN ISO 12958 Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím - Zjišťování schopnosti proudění vody v jejich rovině. K výpočtu bol ďalej použitý štandard Vegetační souvrství zelených střech - standardy pro navrhování, provádění a údržbu.

Zelená strecha je navrhnutá na streche so sklonom 2 % a plochou 1048,04 m².

Pre dimenzovanie drenážnej vrstvy sa použije 15-minútová špička extrémneho desať-ročného dažďa s periodicitou $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$. Hodnota návrhového dažďa pre územie mesta Brna je pre zrážkový úhrn po dobu 15 minút intenzívneho dažďa 16,5 mm, čo odpovedá hodnote 0,0183 l/s/m².

Drenážna vrstva odvádza prebytočnú vodu do strešného žlabu. Spoľahlivá musí byť aj pri prívalovom daždi, aby sa voda nehromadila na povrchu strechy. Celková mocnosť súvrstvia zelenej strechy je 155 mm. Plošným odvodňovacím prvkom je drenážna nopová fólie FKD 40 od firmy Datenblatt, ktorá má pri 2% sklone strechy a zatažení 20 kPa hodnotu hydraulického výkonu 2,31 l.s⁻¹.m⁻¹. Súčiniteľ odtoku charakterizuje schopnosť odvádzať zrážkovú vodu a je stanovený výrobcom pre danú mocnosť zelenej strechy na hodnotu $C = 0,4$, čo znamená, že odtečie 40 % zrážkovej vody (rovnaký súčiniteľ odtoku je pre mocnosť 155 mm deklarovaný aj v ČSN 75 6760 (756760) Vnitřní kanalizace). Požadovaný výkon drenážnej vrstvy sa vypočíta ako:

$$q' = \frac{A \cdot C \cdot q}{b} = \frac{1048,04 \cdot 0,40 \cdot 0,0183}{182,94} = 0,0419 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

kde:

A = 1048,04 m² ... odvodňovaná plocha strechy;

C = 0,40 ... súčiniteľ odtoku stanovený výrobcom na základe mocnosti vegetačného súvrstvia;

q = 0,0183 ... návrhový dážd, hodnoty uvedené v ČSN 75 9010;

b = 182,94 m ... výpočtová odtoková šírka (u strešného žlabu je to dĺžka spodnej časti strechy), v našom prípade je to 2x 91,47 m.

Dimenzovaná strecha potrebuje plošný odvodňovací prvok s drenážnym výkonom 0,0419 l.s⁻¹.m⁻¹. Pripustnosť nopovej fólie sa časom znižuje, preto je potrebné znížiť výrobcom stanovenú hodnotu hydraulického výkonu 2,31 l.s⁻¹.m⁻¹ o 20 % na hodnotu 1,848 l.s⁻¹.m⁻¹.

$$q'_{\text{vypočítane}} = 0,0419 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} < q'_{\text{od výrobcu}} = 1,848 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

Strecha z hľadiska odvodnenia cez odtokový žlab vyhovuje s veľkou rezervou a nehrozí tak státie prebytočnej vody, ani vyplavenie humusovej vrstvy, či rozchodníkovej rohože.

7.11. Jednotlivé stavebné objekty

Súčasťou stavby „ŠTÚDIA – HOSPODÁRENIE SO ZRÁŽKOVÝMI VODAMI, BAKALAVO NÁBREŽIE”, bude výstavba objektov:

- S01 – Akumulačná nádrž;
- S02 – Vsakovacia priehlbeň-ryha;
- S03 – Zelená extenzívna strecha.

7.11.1. SO.01 – akumulácia dažďová nádrž

Popis charakteristík objektu

Akumulačná nádrž zachytáva dažďovú vodu zo strechy s plochou 1116,58 m². Ide o strechu panelovej budovy, ktorá sa rozprestiera na parcelách 397, 398, 399, 400 a 401. Voda je v súčasnosti odvedená strešným žlabom a potrubím do dažďovej kanalizácie. Po novom nebude voda zo strechy odvedená do kanalizácie, ale bude napojená potrubím do akumuláčnej nádrže. Naakumulovaná dažďová voda bude následne počas vegetačného obdobia slúžiť k zavlažovacím účelom. V budúcnosti môže byť voda z akumuláčnej nádrže využívaná mimo vegetačného obdobia pre splachovanie záchodov.



Obr. 7.10: Odvodňovaná strecha

Funkčné a technické riešenie

Nádrž je podzemná, vodotesná s obdĺžnikovým tvarom a vnútornými rozmermi 9,0 x 5,6 m. Hĺbka nádrže je 2,9 m s maximálnou hĺbkou hladiny 2,0 m. Maximálna hĺbka je zaistená bezpečnostným prepacom z PE potrubia DN 200. Bezpečnostný prepád bude doplnený o spätnú klapku, aby sa zabránilo spätnému prítoku vody z jednotnej stoky. Maximálny objem nádrže je 100,8 m³.

Dno dažďovej nádrže sa nachádza viac ako 1 m nad hladinou podzemnej vody. Z tohto dôvodu nehrozí jej vyplavenie. Nádrž je zastropená a je zasypaná hutným recyklátom. Stropná konštrukcia bude chránená pred zemnou vlhkosťou hydroizoláciou. V strope sa nachádza vstupný otvor s uzamykateľným poklopom triedy B 125. Vstup do šachty je zaistený karpovým stúpadlom a oceľovými stúpadlami s povrchovou plastovou úpravou. Pre vyberanie čerpadla je určená druhý otvor, nachádzajúci sa nad čerpadlom. Otvor je rozmerov 700 x 700 mm a je opatrený liatinovým poklopom triedy A. Nad nádržou sa nachádza voľný terén z trávnatého pokryvu.

Voda bude zo strešných zvodov odvedená do novej navrhovanej prípojky pre dažďovú vodu z PE DN 200, ktorá bude zaústená do akumuláčnej nádrže. Celková dĺžka po akumuláčnú nádrž bude 86,3 m. Sklon prípojky bude 1 ‰. Na prípojku sa budú napájať 4 strešné zvody. Každý lom a napojenie bude osadený revíznou šachtou DN 400. Celkovo ide o 6 ks šachiet. Potrubie bude do nádrže pripojené pomocou tesniaceho krúžku, na utesnenie proti beztlakovej vode, ktorý pozostáva zo špeciálne profilovanej neoprénovej gumeny, odolnej proti starnutiu. Tesniaci krúžok sa zabetónuje. Prítok do nádrže sa nachádza o 200 mm vyššie než bezpečnostný prepád. Dno pod prítokovým potrubím bude opevnené čadičovou dlažbou.

Kvôli zmršťovaniu betónu bol zvolený betón s pomalým nárastom pevnosti (56 dní) C30/37 – XC4 (prostredie striedavo mokré a suché). Ide o betón odolávajúci korózii vplyvom karbonizácie. S ohľadom na vodotesnosť a trvanlivosť betónu je požadovaný maximálny povolený priesak 35 mm resp. 50 mm podľa ČSN EN 12 309-8. Plochy železobetónových konštrukcií budú zhotovené v kvalite pohľadového betónu, triedy pohľadovosti PB 1 (bez nutnosti vysokých požiadavok na vzhľad). Krytie výstuže bude všeobecne 45 mm.

Konštrukcia železobetónu môže byť buď prefabrikovaná, alebo monolitická. Akumulačná nádrž bude uložená na podkladný betón C16/20 – X0 (bez nebezpečenstva korózie) hrúbky 0,1 m, ktorý bude zhotovený na štrkopieskovom podsype v hrúbke min. 150 mm.

Akumulačná nádrž bude slúžiť počas vegetačného obdobia (od apríla do októbra) k zavlažovaniu. Závlaha bude riešená automatizovaným zavlažovacím systémom, ktorý bude využívať vodu z akumuláčnej nádrže pomocou čerpadla. Čerpadlo bude zároveň bude udržiavať požadovaný tlak v systéme. Zavlažovací systém bude obsahovať plne automatickú riadiacu jednotku, napojenú na elektrickú sieť.

Zavlažovací systém sa skladá z komponentov ako: postrekovače, podzemné plastové rúrové rozvody z PE, elektromagnetické ventily, elektrorozvody, ventilové šachty, ovládacie jednotky, dažďové senzory a filtračné zariadenia.

Pre ideálne pokrytie celého trávniku postrekovačmi bude potrebné vykonať podrobný návrh rozmiestnenia jednotlivých postrekovačov, ich počet a množstvo pre jednu zálievku. Postrekovače budú od firmy Irimon, typu PGP ADJ AJ. Postrekovače sú výsuvné, s teleskopickým výsuvníkom. Maximálny polomer dostreku je 15,8 m, s možnosťou regulácie od 6,4 do 15,8 m. Pracujú od tlaku 1,7 do maximálneho pracovného tlaku 4,5 baru. Výšec

7.11. JEDNOTLIVÉ STAVEBNÉ OBJEKTY

postreku sa dá nastaviť od 40 do 360°. Postrekovače sú pripojené na prípojné potrubie s DN 40. Potrubie je možné použiť do tlaku 0,6 MPa. [40]

Rozvodné potrubie sa napája na elektromagnetické ventily, vždy na jeden ventil pre jednu sekciu postrekov. Elektromagnetické ventily sú pripojené na ovládacie zariadenie pomocou ktorého sa nastavujú zavlažovacie cykly. Presný počet postrekovačov a ich rozmiestnenie bude upresnené v ďalších stupňov PD. [40]



Obr. 7.11: Postrekovače PGP ADJ AJ [40]

Na čerpanie dažďovej vody bude určené zariadenie Wilo Rain 1-25 EM (2551469). Jedná sa o automatické čerpacie zariadenie so samonasávacím čerpadlom. Zariadenie je schopné v prípade nedostatku vody v nádrži prepnúť na sekundárny zdroj (pitnú vodu). Musí byť však zabránené vniknutiu zrážkovej vody do vodovodu. Dopravná výška čerpadla je 50 m, maximálny prevádzkový tlak 8 bar. Prietok čerpadla 4,5 m³/h. Sacia výška je 8 m a jeho hmotnosť je 24,5 kg. [41]



Obr. 7.12: Zariadenie na čerpanie vody Wilo Rain 1-25 EM (2551469) [41]

Mimo vegetačné obdobie bude nádrž naplnená a nevyužívaná. Využívaná môže byť mimo vegetačného obdobia až po rekonštrukcii budovy a vnútorných rozvodov. Boli by doplnené rozvody o úžitkovú vodu, čerpanú z akumuláčnej nádrže a využívanú pre splachovanie. V takom prípade bude nutné vyhodnotiť spoľahlivosť čerpadla návrhom na

základe dopravnej výšky, ktorá vychádza predovšetkým z miestnych strát, zo strát trením a z výšky vodovodu. Návrh vnútorných rozvodov sa stanoví na základe ČSN EN 806-3 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě a ČSN 75 5455 (755455) Výpočet vnitřních vodovodů.

Voda z nádrže bude odtekať potrubím PE DN 200 v sklone 1 %. Dĺžka je 24,4 m. Potrubie bude napojené na stávajúcu jednotnú kanalizáciu DN 300. Zmeny smeru potrubia a pripojenie na stávajúcu kanalizáciu budú doplnené revíznou šachtou DN 400 v počte 2 ks.

Stavebne-konštrukčné riešenie akumuláčnej nádrže je patrné z výkresových príloh C.2 Koordinačný situačný výkres a D.1 SO.01 – akumuláčná dažďová nádrž.

Zaústenie bezpečnostného prepadu do kanalizácie

Súčasťou vnútrobloku je jednotná kanalizácia určená na odvádzanie všetkých zrážkových vôd záujmového územia. Do jednotnej kanalizácie bude zaústený aj bezpečnostný prepad z akumuláčnej nádrže. Zaústenie strešných zvodov z odvodňovanej strechy do jednotnej kanalizácie bude zrušené a nahradené potrubím PE DN 200 a privedené do akumuláčnej dažďovej nádrže. Dažďové zvody budú doplnené o filtračné koše, ktoré zamedzia vnikaniu nerozpustených látok do prítokového potrubia.

Úprava režimu povrchových a podzemných vôd a ich ochrana

Nádrž neovplyvní režim povrchových a podzemných vôd. Nádrž je navrhnutá ako vodotesná. Skúšky vodotesnosti nádrže musia byť vykonané podľa príslušných ČSN a predpisov platných v ČR.

Zvláštne požiadavky na postup stavebných prác, na prevádzku na údržbu

Stavba akumuláčnej nádrže bude prebiehať ako celok. Z pohľadu SO nie sú kladené zvláštne požiadavky na postup výstavby. Stavba bude prebiehať od základovej dosky, cez steny po stropnú konštrukciu.

Obsyp a zásyp nádrže môže byť vykonaný až po vyhodnotení skúšok vodotesnosti. Úpravy na povrchu môžu prebiehať až po vyzretí všetkých betónových konštrukcií.

Postup výstavby musí zaistiť logickú nadväznosť medzi stavebnými objektmi, aby bola zaistená správna funkcia systému. Postup stavebných prác musí byť koordinovaný s ostatnými stavebnými objektmi.

Nádrž bude počas celého roka akumulovať vodu. Na začiatku marca dôjde ku kompletnému vyčerpaniu vody z nádrže a vyčisteniu nádrže. Počas marca sa bude prirodzene nádrž naplňať vodou na základe prirodzených zrážok. Naakumulovaná voda bude pripravená pre prvý zavlažovací proces v mesiaci apríl.

Pozemky sú v majetku mesta Brno a investorom stavby sú Brněnské komunikace a.s., ktoré budú vykonávať potrebnú prevádzku a údržbu akumuláčnej nádrže a zavlažovacieho systému.

7.11. JEDNOTLIVÉ STAVEBNÉ OBJEKTY

Nároky na prevádzku a údržbu podzemných akumulčných nádrží podľa „Standardy hospodárení se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy“:

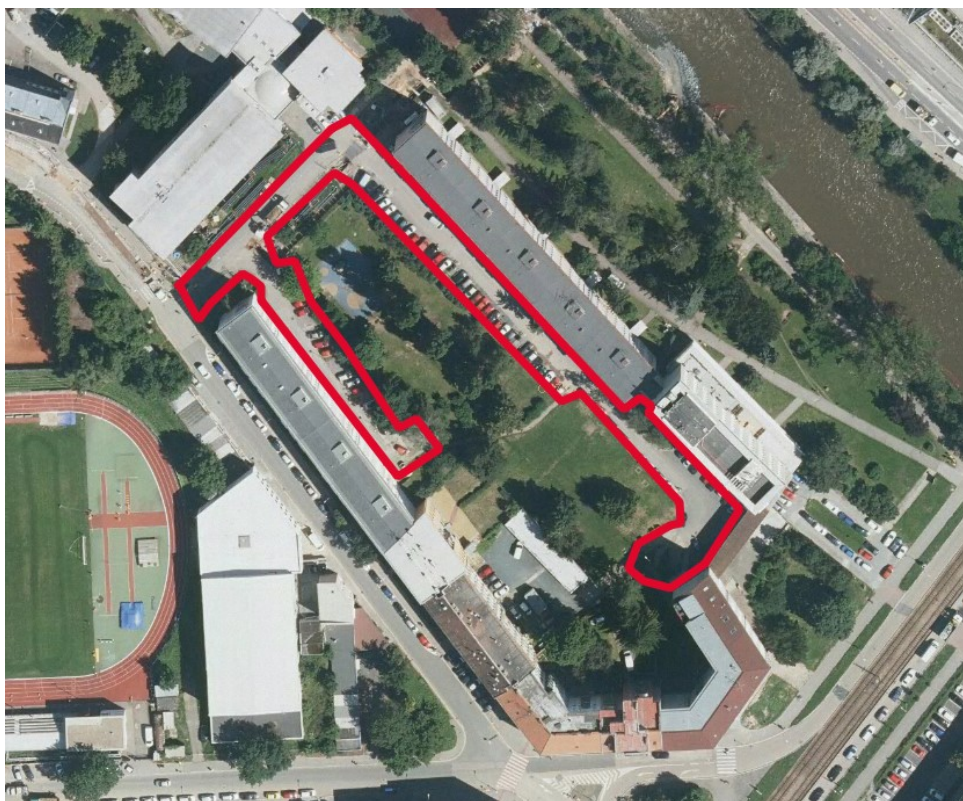
- odstránenie sedimentov z hrubých nečistôt z nádrže, nátoky a odtoku – 1x ročne;
- čistenie, výmena filtrov na strešných vpustiach – 1x za 3 mesiace;
- kontrola čerpadla – 2x ročne.

Súčasne bude potrebné udržiavať v riadnej funkcii aj zavlažovací systém a vykonávať opravy, čistenie a prevádzku jednotlivých komponentov systému.

7.11.2. SO.02 – vsakovacia priehľeň s ryhou

Popis charakteristík objektu

Vsakovacia priehľeň s ryhou dĺžky 251,16 m bude mať vsakovaciu a regulačnú funkciu. Do objektu bude zachytávaná dažďová voda z parkovacej plochy a obslužnej komunikácie s celkovou plochou 2532,6 m². Asfaltový kryt vozovky bude nahradený polopriepustnou dlažbou s pieskovými špárami. Súčiniteľ odtoku dlažby je 0,6. Redukovaná odvodňovaná plocha je 1519,5 m². Odvodňovaná plocha má parcelné číslo 403/10. Priehľeň s ryhou sa bude nachádzať na zelenej ploche s parcelným číslom 403/1. Vsakovací objekt bude doplnený drenážnym potrubím na dne ryhy, bezpečnostným prepacom a revíznou šachtou. Odtok z revíznej šachty bude do stávajúcej dažďovej kanalizácie.



Obr. 7.13: Odvodňovaná pozemná komunikácia

Funkčné a technické riešenie

Odvodnenie spevnených plôch je riešené povrchovo. Nátok je laterálny cez prerušovaný obrubník. Medzerami v obrubníku každých približne 5 m nateká voda po vydláždenom spevnenom žlabe do vsakovacej priehlbne. Zatrávnená vsakovacia priehlbeň je s regulovaným odtokom do stávajúcej dažďovej kanalizácie.

Súčasťou výstavby bude rekonštrukcia pozemnej komunikácie a parkovacej plochy. Bude prevedená výmena krytu na polopriepustnú dlažbu so súčiniteľom odtoku 0,6. Rekonštrukciou sa zabezpečí priečny sklon komunikácie 2,5 %, tak aby bol zaistený odtok zrážkovej vody cez prerušovaný obrubník do vsakovacej priehlbne s ryhou. Prerušovaný obrubník bude z betónu, s rozmermi 150/250/1000 mm a prerušenie bude každých 5 m. Nevyplnený priestor medzi dvomi obrubníkmi bude 500 mm a ku vsakovacej priehlbni potečie voda po vydláždenom žlabe. Projektovú dokumentáciu pre rekonštrukciu pozemnej komunikácie vypracuje autorizovaná osoba, s poverením pre projektovanie miestnych komunikácií. Návrh bude v súlade s normou ČSN 73 6110 (736110) Projektování místních komunikací.

Priehlbeň s ryhou bude zložená z troch hlavných častí. Nadzemného retenčného priestoru, podzemného retenčno/vsakovacieho priestoru a revíznej šachty na odtoku.

Vrchná časť priehlbne bude prehĺbená od okolitého terénu o 0,2 m. Maximálna hladina vody v priehlbni je stanovená na 155 mm. Maximálnu hladinu zaistí bezpečnostný prepád s vtokovou mrežou a filtrom. Bezpečnostný prepád bude z vertikálneho plastového potrubia, zaústeného do revíznej šachty. Svahy priehlbne budú zatrávnené, so sklonmi 1:3. Pozdĺžny sklon bude po celej dĺžke 0,5 %. Dno tohto prehĺbenia bude prevedené zo zatrávnenej humusovej vrstvy o $k_v = 1.10^{-5}$ m/s. Humusová vrstva bude mať funkciu pôdneho filtru. Mocnosť vrstvy bude 300 mm a bude zložená z cca 10 % ílu a minimálne 3 % humusu. Medzi humusovou vrstvou a ryhou bude piesočnato-hlinitá vrstva s $k_v = 1.10^{-4}$ m/s. Pod touto vrstvou bude ryha, ktorá plní drenážnu funkciu. Drenážna vrstva ryhy bude mať 403 mm a bude vyplnená štrkom frakcie 16-32 Celý tento priestor bude obalený geotextíliou na zamedzenie vnikaniu nečistôt z okolitého prostredia. Na dne priehlbne bude uložené perforované drenážne potrubie PE DN 200.

Vývod z drenážneho potrubia bude vedený do prefabrikovanej šachty DN 1000, v ktorej bude umiestnená regulačná armatúra (clona) na zaistenie potrebného odtoku a bezpečnostný prepád. Revízna šachta bude na podkladnom betóne C12/15 – X0 (CZ, F.2). Vstup do šachty bude po ocelových stúpadlách s plastovou povrchovou úpravou. Poklop šachty bude liatinový, s triedou zataženia B 125. Okolo poklopu budú žulové kocky 100/100/100 mm uložené do cementovej malty. Odtok z tejto šachty bude napojený na stávajúcu dažďovú kanalizáciu. Navrhnutý úsek pripojenia má dĺžku 18,1 m a bude z potrubia PE DN 200. Zmena smeru na úseku bude doplnená revíznou šachtou DN 400.

Vrchná časť priehlbne môže byť doplnená vhodnou vegetáciou na ohraničenie priehlbne. Výber vegetácie (kríky, trvalky, atď.) bude zvolený podľa požiadavok v ďalších stupňoch PD v spolupráci s krajinárskym architektom.

Spodná časť šachty a úseky potrubia budú zafúkané cementopopolčekom alebo chudým betónom. Svah koryta bude naviazaný na okolitý profil.

Zásyp bude hutnený po vrstvách do 15 cm na 95 % PS, u zatrávnených plochách po vrstvách do 30 cm na 92 % PS. Dno ryhy bude zhnutnené na 95 % PS.

Stavebne-konštrukčné riešenie vsakovacej priehlbne je patrné z výkresových príloh C.2 Koordinačný situačný výkres a D.2 SO.02 – vsakovacia priehlbeň s ryhou.

Popis napojenia na stávajúce siete alebo recipient

Koncové prvky odvodnenia budú napojené na stávajúcu kanalizáciu. Táto kanalizácia je zaústená do odľahčovacej komory a z nej do recipientu Svratka.

Úprava režimu povrchových a podzemných vôd a ich ochrana

Stavba zásadne neovplyvní režim povrchových a podzemných vôd. Priehlbne budú pritekajúcu vodu retenovať a čiastočne v minimálnom množstve odparovať a vsakovať do horninového prostredia. Pri dosiahnutí odtoku potom budú vody regulovane odvádzať do dažďovej kanalizácie. Odtekajúca voda bude prečistená cez humusovú vrstvu.

Zvláštne požiadavky na postup stavebných prác, na prevádzku a údržbu

Stavba odvodnenia je jednoduchou stavbou a pri dodržaní predpísaných technologických postupov nevyžaduje uplatnenie zvláštnych požiadaviek. Pri realizácii musia byť dodržané podmienky platných ČSN, najmä normy ČSN 73 6005 – Prostorové usporiadání sítí technického vybavení, ČSN 75 6101 – Stokové sítě a přípojky, TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod a všetky normy na vykonávanie prác a BOZP.

Postup výstavby musí zaistiť logickú nadväznosť medzi stavebnými objektmi, aby bola zaistená správna funkcia systému. Postup stavebných prác musí byť koordinovaný s ostatnými stavebnými objektmi.

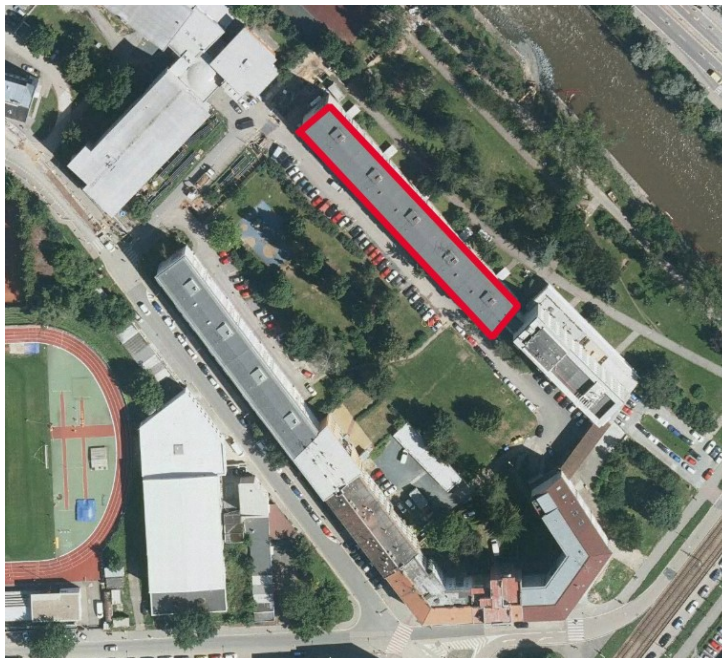
Nároky na prevádzku a údržbu vsakovacej priehlbni s ryhou sú podľa ČSN 75 9010. Niektoré nároky sú uvedené v „Standardsy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy”s vyššou frekvenciou údržby. Návrh údržby je zvolený podľa prísnejšej časnosti údržby:

- kosenie trávnatých plôch – min. 2x za leto;
- odstránenie listov a nánosov – na jeseň alebo podľa potreby;
- údržba ďalších vegetačných prvkov – podľa typu prvku a špecifikácie následnej starostlivosti – 2x ročne;
- kontrola funkčnosti (vrátane bezpečnostného prelivu) – 2x ročne;
- kontrola regulátora odtoku – 2x ročne a po väčších daždoch.

7.11.3. SO.03 – zelená extenzívna strecha

Popis charakteristík objektu

Zelená strecha bude navrhnutá ako extenzívna s rozchodníkovou rohožou, bez nutnosti doplnkovej závlahy. Bude zrealizovaná na streche s výmerou 1048 m^2 . Zelená strecha sa bude nachádzať na parcelných číslach 406, 407, 408, 409 a 410.



Obr. 7.14: Umiestnenie zelenej strechy

Funkčné a technické riešenie

Zelená strecha je pôdorysných rozmerov $92,5 \times 11,3 \text{ m}$. Strecha je mierne sedlová, so sklonom 2% na obe strany. Hmotnosť vegetačného súvrstvia je pri plnom nasýtení 114 kg/m^2 , čo predstavuje $107,7 \text{ t}$ pre plochu 945 m^2 . V spodnej časti strechy sa nachádza odvodňovací žlab, ktorý bude odvádzať prebytočnú vodu, ktorú nezachytí vegetačný substrát zelenej strechy. Prebytočná voda bude odvádzaná pomocou drenážnej vrstvy z nopovej fólie s hrúbkou 40 mm . Súčiniteľ odtoku celej strechy o mocnosti 155 mm je stanovený podľa ČSN 75 6760 (756760) Vnitřní kanalizace a takisto výrobcem zelenej strechy Envilope na hodnotu $C = 0,4$, čo znamená, že odtečie 40% zrážkovej vody.

Medzi stávajúcou konštrukciou strechy a navrhovanou zelenou strechou bude separačná vrstva pre vzájomné oddelenie dvoch vrstiev strešného plášťa. Ako separačná vrstva sa použije geotextília o hmotnosti 300 g.m^{-2} a hrúbke 5 mm .

Nad separačnou vrstvou bude drenážna vrstva z nopovej fólie FKD 40 od firmy Datenblatt, ktorá má pri 2% sklone strechy a zaťažení 20 kPa hodnotu hydraulického výkonu $2,31 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$. Hrúbka nopovej fólie je 40 mm . Požadovaný výkon drenážnej vrstvy je $0,0419 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$.

Hybridná doska enviboard s hrúbkou 20 mm zaisťuje rastlinám zásobu vody a prostredie podobné substrátu. Hybridná doska umožňuje akumuláciu vody. V plne nasýtenom stave je plošná hmotnosť dosky 13 kg/m^2 . Vstupnou surovinou na výrobu dosky Enviboard je textilný recyklát vyrábaný z odpadových plastov.

Nad hybridnou doskou bude extenzívny substrát o hrúbke 60 mm. Vo vlhkom stave má objemovú hmotnosť 1275 kg/m^3 . Substrát plní funkciu drenážnu, vegetačnú aj hydroakumulačnú. Substrát tvorí vegetačnú vrstvu extenzívnej strechy. Tvorí priestor, v ktorom rastliny korenia a z ktorého čerpajú živiny, vodu a vzduch.

Rozchodníková rohož tvorí vrchnú časť zelenej strechy. Jej hrúbka je 30 mm. Rozchodníky sú sukulentné rastliny (trvalky), schopné prežiť dlhé obdobie sucha. Rozchodníky nevyžadujú zálievku.

Kačírkové lišty budú na okraji strechy zakrývať čelo skladby. Budú umiestnené po obvode celej strechy. Lišty budú dve za sebou a budú tvoriť 500 mm pás vyplnený kačírkom praným frakcie 16/32 mm. Počet lišt typu TW KL AL 60/65/2000 mm od firmy Topwet bude 206 ks. Objem kačírku praného potrebného ako výplň medzi lištami bude 5 m^3 . Kačírkové lišty s kačírkom plnia stabilizačnú funkciu.

Prebytočná voda bude cez kačírok pretekať do strešného žlabu.

Stavebne-konštrukčné riešenie zelenej strechy je patrné z výkresovej prílohy D.3 SO.03 – zelená extenzívna strecha.

Zaústenie prebytočnej vody do dažďovej kanalizácie

Prebytočná voda zo zelenej strechy bude odvedená cez strešný žlab do stávajúcej dažďovej kanalizácie. Nedôjde teda k žiadnej zmene v porovnaní s terajším stavom.

Úprava režimu povrchových a podzemných vôd a ich ochrana

Odvodnená voda zo zelenej strechy bude zbavená znečistenia cez vegetačné súvrstvie a jej množstvo bude nižšie v porovnaní s terajším stavom, čo pozitívne ovplyvní vodný režim. Nehrozí negatívny dopad na povrchové a podzemné vody.

Zvláštne požiadavky na postup stavebných prác, prevádzku a údržbu

Stavba odvodnenia je jednoduchou stavbou a pri dodržaní predpísaných technologických postupov nevyžaduje uplatnenie zvláštnych požiadaviek. Pri realizácii musia byť dodržané podmienky platných ČSN, najmä normy ČSN 73 6005 – Prostorové usporiadání sítí technického vybavení, ČSN 75 6101 – Stokové sítě a přípojky, TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod a všetky normy na vykonávanie prác a BOZP.

Postup výstavby musí zaistiť logickú nadväznosť medzi stavebnými objektmi, aby bola zaistená správna funkcia systému. Postup stavebných prác musí byť koordinovaný s ostatnými stavebnými objektmi.

Podľa štandardu – Vegetační souvrství zelených střech standardy pro navrhování, provádění a údržbu je vhodné vykonávať údržbu u extenzívnej zelenej strechy 2 – 3 × za rok. Medzi úkony patrí: kontrola, prípadná závlaha, prihnojenie, odstraňovanie nechcených druhov a náletovej vegetácie, doplnenie vegetácie alebo redukcia expanzívnych druhov, prípadne pokosenie, doplnenie substrátu v prípade erózie, čistenie a kontrola súvisiacich technických prvkov a zariadení.

Údržbu má na zodpovednosti správca budovy, ktorý môže poveriť vykonávaním údržby profesionálnu firmu.

7.12. Ochrana ŽP a BOZP počas výstavby

Všetky požiadavky na POV, ochranu životného prostredia pri výstavbe a BOZP počas výstavby sa riadia hlavnou časťou PD, v ktorej sú koordinované všetky tieto predpisy a postupy v rámci celej PD.

Počas stavby dôjde k dočasnému zhoršeniu životného prostredia bezprostredného okolia stavby zvýšením prašnosti, hluku a prevádzky stavebných strojov, čo musí dodávateľ eliminovať na minimum optimálnou organizáciou stavby a ďalšími účinnými prostriedkami (napr. čistenie vozoviek, atď.). Zhotoviteľ stavby je povinný urobiť všetky opatrenia, aby počas stavby nemohlo dôjsť ku kontaminácii povrchových ani podzemných vôd ropnými ani akýmkoľvek inými látkami.

Zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci bude zodpovedať právnym predpisom, ktorými sú najmä zákon č. 309/2006 Sb., ktorým sa upravujú ďalšie požiadavky bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci v pracovnoprávných vzťahoch, a o zaistení bezpečnosti a ochrany zdravia pri činnosti alebo poskytovaní služieb mimo pracovnoprávne vzťahy (zákon o zaistení ďalších podmienok bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci), a jeho vykonávacie predpisy.

Ďalej nariadenie vlády č. 591/2006 Sb. o bližších minimálnych požiadavkách na bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci na staveniskách. Pre prácu s nebezpečenstvom pádu z výšky alebo do hĺbky platí nariadenie vlády č. 362/2005 Sb. Pre vykonávanie stavby budú rešpektované požiadavky stavebného zákona (zákon č. 183/2006 Sb.), jeho vykonávacích predpisov a Zákonníka práce (zákon č. 262/2006 Sb.).

Pri výstavbe budú dodržané minimálne požiadavky na bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci na stavenisku a podmienky odbornej spôsobilosti na plnenie úloh v prevencii pracovných rizík, ktoré sú povinnosťou stavebníka, zhotoviteľa stavby (dodávateľ) a iných fyzických osôb, ktoré sa osobne podieľajú na zhotovení stavby a nemajú svojich zamestnancov (iná osoba). Budú akceptované zvláštne právne predpisy, ktoré upravujú napríklad všeobecné a špeciálne požiadavky na výstavbu (stavebný zákon, vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požiadavkách na stavby, vyhláška č. 398/2009 Sb. o všeobecných technických požiadavkách zabezpečujúcich bezbariérové užívanie stavieb a pod.).

Priestor staveniska ohraničený oplotením bude riadne označený a ohraničený tak, aby bol zamedzený vstup nepovolaných osôb, rovnako tak bude ohraničený a v noci osvetlený priestor výkopov a pracoviská jednotlivých technologických zariadení.

Pre vykonávanie stavby musí mať zhotoviteľ vypracovaný program organizácie výstavby v súlade s plánom BOZP, so zahrnutím podmienok z hľadiska bezpečnosti a ochrany zdravia. Pri výstavbe budú dodržiavané príslušné predpisy bezpečnosti práce a požiarnej ochrany k jednotlivým profesným činnostiam.

8. Posúdenie zámeru

8.1. Hydrotechnické posúdenie

Posúdenie zámeru hospodárenia so zrážkovými vodami vo vnútrobluku na Bakalovom nábreží je prevedené pre dážď s periodicitou 1x za 10 rokov a pre dážď s periodicitou 1x za 5 rokov. Celkové posúdenie sa vzťahuje na extrémnejší prípad, a to dážď s periodicitou 1x za 10 rokov.

Nakoľko ide o územie malého plošného rozsahu do 3 ha, sú výpočty a dimenzovanie objektov prevedené podľa ČSN 75 9010 na základe predpokladu existencie trvalého stavu prietoku súčtovou metódou. Za kritickú zrážku sa považuje 15-minútová (neredukovaná) zrážka, vyplnenie povrchovej retencie územia sa zanedbáva. Vo výpočtoch sú skutočné plochy redukované odtokovým súčiniteľom ψ .

Podľa TNV 75 9011 Hospodárení se srážkovými vodami je prípustný povolený odtok do kanalizácie 3 l/s/ha, pričom maximálny limitný odtok je 10 l/s/ha.

Riešená plocha má výmeru 1,207 ha. Limitný odtok bude 12,07 l/s a prípustný povolený odtok 3,620 l/s. Pre posúdenie budeme uvažovať s prípustným povoleným odtokom 3,620 l/s.

V nasledujúcej tabuľke je pre periodicitu $p=0,1 \text{ rok}^{-1}$ a $p=0,2 \text{ rok}^{-1}$ vypočítaný objem zrážkových vôd a prietok zrážkových pre dobu trvania blokoveho dažďa od 5 do 120 min. Potrebný akumulčný objem získame po odčítaní prípustného odtoku od celkového prietoku zrážok.

Pre periodicitu $p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$

Doba trvania blokoveho dažďa [min]	Intenzita blokoveho dažďa [mm]	Intenzita blokoveho dažďa [l/s/ha]	Strechy s nepriepustnou hornou vrstvou [m ²]	ψ_m	Asfaltové a betónové plochy [m ²]	ψ_m	Dlažby s pieskovými špárami [m ²]	ψ_m	Upravené štrkové plochy [m ²]	ψ_m	Štrk [m ³]	ψ_m	Zatravnená plocha [m ²]	ψ_m	Objem zrážkových vôd [m ³]	Prietok zrážkových vôd [l/s]	Potrebný akumulčný objem [m ³]
5	11,1	370	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	63,01	210,04	61,93
10	15,7	262	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	89,13	148,54	86,95
15	19,4	216	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	110,13	122,37	106,87
20	21,6	180	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	122,62	102,18	118,28
30	25,1	139	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	142,49	79,16	135,97
40	28,2	118	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	160,09	66,70	151,40
60	31	86	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	175,98	48,88	162,95
120	38,9	54	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	220,83	30,67	194,77

Pre periodicitu $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$

Doba trvania blokoveho dažďa [min]	Intenzita blokoveho dažďa [mm]	Intenzita blokoveho dažďa [l/s/ha]	Strechy s nepriepustnou hornou vrstvou [m ²]	ψ_m	Asfaltové a betónové plochy [m ²]	ψ_m	Dlažby s pieskovými špárami [m ²]	ψ_m	Upravené štrkové plochy [m ²]	ψ_m	Štrk [m ³]	ψ_m	Zatravnená plocha [m ²]	ψ_m	Objem zrážkových vôd [m ³]	Prietok zrážkových vôd [l/s]	Potrebný akumulčný objem [m ³]
5	9,5	317	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	53,93	179,77	52,84
10	13,5	225	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	76,64	127,73	74,47
15	16,5	183	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	93,67	104,08	90,41
20	18,5	154	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	105,02	87,52	100,68
30	21,3	118	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	120,92	67,18	114,40
40	23,9	100	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	135,68	56,53	126,99
60	26,2	73	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	148,73	41,31	135,70
120	33,1	46	2921,5	1,0	1833	0,8	440,2	0,6	863,9	0,4	392,6	0,3	5614,6	0,1	187,90	26,10	161,84

Obr. 8.1: Potrebný akumulčný objem pri 15-minútovom extrémnom daždi, pre periodicitu $p=0,1$ a $0,2 \text{ rok}^{-1}$

Navrhnutý objem vsakovacej priehlbne z kapitoly 7.9 je $39,62 \text{ m}^3$ a ryhy $55,68 \text{ m}^3$. Zelená strecha s plochou $1048,04 \text{ m}^2$ má retenčnú schopnosť 60 % (výrobca deklaruje maximálne 40% odtok zo zelenej strechy do strešného žlabu) a teda množstvo vody pri 15-minútovom extrémnom daždi, ktoré dokáže zelená strecha zasiaкнуť je $12,2 \text{ m}^3$. Celkový akumulčný objem vsakovacej priehlbne-ryhy spolu so zelenou strechou je $107,5 \text{ m}^3$. Potrebný akumulčný objem je teda pokrytý a je splnená podmienka prípustného povoleného odtoku z územia 3 l/s/ha.

Do výpočtu nevstupovala akumulčná nádrž, avšak počas letných dní kedy bude dochádzať k využívaniu vody z nádrže pre závlahu, nebude pravdepodobne akumulčná nádrž naplnená a bude teda môcť slúžiť k retencii dažďových vôd pri extrémnom daždi.

8.2. Ekonomické posúdenie

Objekty pre hospodárenie so zrážkovými vodami nepredstavujú stavebné zásahy, ktoré sú investične výhodné z hľadiska návratnosti, respektíve zisku. Ide predovšetkým o objekty, ktoré plnia funkciu ochrany životného prostredia, vodných tokov a znižujú množstvo privedenej odpadnej vody na ČOV.

V prípade zelenej strechy je možnosť vyčíslenia finančnej úspory na klimatizovanie interiérových priestorov počas extrémnych horúčav, kedy vegetačný substrát plní funkciu tepelnej izolácie a neprepúšťa teplo.

V prípade akumulčnej nádrže spočíva úspora v neplytvaní pitnou vodou pre závlahu. Cena vodného pre Brno podľa BVK, a.s. je 50,88 Kč/m³ s DPH. Ročný odber z akumulčnej nádrže pre závlahu sme vypočítali na 323,6 m³. Ročná úspora na vodnom je teda 16 464 Kč s DPH.

V prípade vsakovacej priehlbne s ryhou ide čisto o objekt regulačno-vsakovací a nemá žiaden ekonomický prínos pre investora. Ak je však investorom mesto, ekonomickým benefitom sú znížené nároky a náklady na čistenie odpadových vôd.

Náklady výrazne preyšujú finančné benefity, avšak ekologické benefity sú v dobe klimatickej zmeny a legislatívneho tlaku zo strany inštitúcií v tomto prípade nevyčísľiteľné.

Náklady na jednotlivé stavebné objekty sú orientačné a boli vyčíslené pomocou príručky od ÚÚR – Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí, aktualizace 2021. Náklady na zelenú strechu boli vypočítané pomocou kalkulátora nákladov od firmy Ekrost. Náklady na vsakováciu priehlbne s ryhou boli vyčíslené pomocou publikácie Voda ve městě – Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu (z roku 2021). Celkové náklady sú približne 6,2 milióna Kč.

Akumulčná nádrž

	Potrubie DN 200	Čerpace zariadenie	Akumulčná nádrž	Revízná šachta DN 400
Množstvo	110,7 m	1 ks	100,8 m ³	8 ks
Cena za jednotku	5 700	30 000	28 500	2 700
Cena v Kč	630 990	30 000	2 864 028	21 600
Celkom			3 546 618 Kč	

Priehlbneň-ryha

	Priehlbneň-ryha	Revízná šachta	Revízná šachta DN 400	Potrubie DN 200
Množstvo	138 m ²	1 ks	1 ks	18,1 m
Cena za jednotku	9 770	53 000	2 700	5 700
Cena v Kč	1 348 260	53 000	2 700	103 170
Celkom			1 507 130 Kč	

Zelená strecha

	Kačirková lišta	Kačírek praný 16/32	Hnojivo	Rozchodníky	Substrát 60 cm	Hybridná doska	Nopová fólia	Separáčna vrstva
Množstvo	412 m	5 m ³	29,5 kg	98 kg	1508 ks	1310 ks	945 m ²	945 m ²
Cena v Kč	217 000	13 140	9 120	63 600	250 800	225 000	338 310	48 960
Celkom								1 165 930 Kč

Obr. 8.2: Náklady na jednotlivé objekty

Poznámka:

- u potrubia cena zahŕňa: zemné práce (hĺbka výkopu do 2 m), vlastné plastové potrubie, tvarovky, napojenie na stoku a úpravy povrchov;
- u akumuláčnej nádrže cena zahŕňa: objekt zo železobetónu, zemné práce, izoláciu;
- u priehlbne a ryhy cena vrátane: sejmutie ornice, výkopové práce, štrková výplň, drenážne potrubie, vybudovanie bezpečnostného prelivu a regulovaného odtoku, zasypenie štrkom, modeláciu a odvoz nevyužitého materiálu vrátane jeho likvidácie, trávnik doplnený o humusovú a piesočnato-hlinitú vrstvu;
- u revíznej šachty je cena vrátane zemných prác, skruží a liatinového poklopu.

Najvyššie náklady sú na podzemnú akumuláčnú nádrž, čo je spôsobené nákladnými zemnými prácami. Variantne by mohla byť akumuláčná nádrž riešená v rámci interiéru budovy, napr. v suteréne. To by bol však problém z hľadiska vlastníckych pomerov, nakoľko budovy sú vo vlastníctve viacerých súkromných osôb, zatiaľ čo zelená plocha je vo vlastníctve mesta, ktorý je aj investorom stavby.

Náklady na vsakovaciu priehlbneň s ryhou sú vyššie, než v prípade samostatnej priehlbne bez ryhy a bez drenáže s revíznou šachtou. Išlo však o nevyhnutné riešenie z hľadiska zlých geologických podmienok pre vsakovanie.

U zelenej strechy by bolo možné zvoliť menšiu mocnosť vegetačného súvrstvia, čo by znížilo náklady, no zároveň by sa znížila retenčná schopnosť zelenej strechy.

Aktuálne prebieha dotačný operačný program Životní prostředí 2021-2027, kde v rámci 19. výzvy – Srážkové vody a opatření proti povodním je možné pre verejné subjekty (obce, kraje, metské časti, mestské podniky, ai.) čerpať dotáciu až do výšky 30 % z celkových oprávnených výdajov. Dotácia sa vzťahuje na budovanie priepustných spevnených povrchov a riešiaci odtok zrážkovej vody z budov a objektov; budovanie akumuláčnych nádrží na zachytávanie zrážkových vôd, ktoré budú využívané pre zálievku ihrísk.

Po získaní dotácie by boli celkové náklady na projekt znížené na 4,35 mil. Kč.

9. Záver

Problematike hospodárenia so zrážkovými vodami sa z teoretického hľadiska v súčasnosti v ČR venuje dostatočná pozornosť, čomu odpovedá množstvo noriem, štandardov a odbornej literatúry, zaoberajúcich sa HDV. Medzi hlavné osobnosti spomedzi odbornej verejnosti mimo iných patria doc. Ing. David Stránský, Ph.D., doc. Dr. Ing. Ivana Kabelková, Ing. Jiří Vítek a prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA., ktorí vytvorili množstvo odbornej literatúry ohľadom HDV, z ktorej bolo čerpané aj v tejto diplomovej práci. Napriek množstvu literatúry je realizácia objektov HDV ešte stále skôr výnimkou. Dôvodom môže byť nedostatočná vedomosť laickej verejnosti o HDV a vysoké náklady na výstavbu objektov. Pre súkromné osoby a mestá, či obce však existuje mnoho dotačných programov, poskytujúcich niekedy až 100% finančnú podporu na realizáciu objektov HDV. Ide napríklad o Dotace Dešťovka pre súkromné osoby, alebo o dotačný operačný program Životní prostředí 2021-2027 pre mestá a obce.

Obsahom diplomovej práce bolo zhrnúť súčasné poznatky o hospodárení so zrážkovými vodami a následne s použitím platnej legislatívy a relevantných noriem, či štandardov navrhnúť objekty HDV v riešenom vnútrobloku na Balakovom nábreží v Brne. Práca je vypracovaná na základe zadania od vedúceho diplomovej práce doc. Ing. Jaroslava Raclavského, Ph.D. a je rozdelená na rešeršnú časť, technickú správu a výkresovú dokumentáciu.

V rešeršnej časti bola objasnená súčasná problematika týkajúca sa vsakovania, akumulácie a retencie zrážkových vôd v mieste ich dopadu. Boli spomenuté limity spojené s HDV ako sú kvalita a čistenie zrážkových vôd pred samotným vsakovaním, či využitím. Ďalším limitom sú geologická vhodnosť pôdy pre vsakovanie, alebo hladina podzemnej vody. Pozornosť bola venovaná aj jednotlivým objektom HDV, ich konštrukčným zásadám, špecifikácii a ich vybaveniu. Objekty HDV boli rozdelené podľa ich funkcie na vsakovacie, akumuláčnne, alebo retenčné.

V technickej správe bolo popísané riešené územie, jeho hydrologická, geologická špecifikácia, vzťah územia k územného plánu, záplavovému územiu a generelu odvodnenia. Boli navrhnuté 3 objekty, a to S01 – Akumulačná nádrž pre zalievanie zelene počas vegetačného obdobia, S02 – Vsakovacia priehľbeň s ryhou so vsakovacou a regulačnou funkciou pre spomalenie odtoku a S03 – Zelená extenzívna strecha s retenčnou a estetickou funkciou. Súčasťou výstavby bude aj rekonštrukcia krytu pozemnej komunikácie a parkovacej plochy, s využitím polopriepustnej dlažby.

Výber týchto 3 objektov a ich prevedenie nepredstavujú jediné možné riešenie. Variantne by bolo možné namiesto podzemnej akumuláčnej nádrže zvoliť nadzemnú nádrž, umiestnenú v suteréne budovy, alebo umelý mokraď, jazierko, či suchý polder. Riešenie formou vonkajšej nádrže (napr. jazierko) by ale neumožňovalo využívanie dažďovej vody k zavlažovaniu, alebo pre splachovanie. Nádrž v suteréne budovy by zas predstavovala vlastnícky problém, nakoľko nie je v majetku mesta. Vnútroblok by prípadne mohol byť riešený ako komplex viacerých menších prvkov modrozelenej infraštruktúry. Vsakovacia priehľbeň s ryhou by mohla byť po vykonaní riadneho geologického prieskumu nahradená vsakovacou priehľbňou, ak by to umožňoval priaznivejší koeficient hydraulikkej vodivosti.

Objekty HDV majú mnoho úskalí. Súčasný prípustný dovolený odtok z odvodňovaného územia je 3 l/s/ha, avšak v realite tento limit nie je kontrolovaný a môže byť prekročený bez následkov v správnom konaní. Zároveň je potrebné k dosiahnutiu limitu regulačný

prvok, napr. v podobe vírového separátoru. Objekty HDV sa dimenzujú na jeden 15-minútový extrémny blokový dážď, avšak v skutočnosti môže dôjsť k prekročeniu tohto úhrnu viacerými prívalovými dažďami za sebou. K posúdeniu skutočného stavu odtoku do kanalizácie by preto bolo potrebné vytvoriť podrobnú dlhodobú simuláciu pomocou zrážkoodtokových modelov a posúdiť tak reálne hodnoty. Ďalším úskalím je cena objektov HDV. Pri akumuláčnej nádrži by sme čiastočne ušetrili na vodnom, vďaka využívaniu zrážkovej vody k zalievaniu, prípadne pre splachovanie. U vsakovacej priehlbne s ryhou a u zelenej strechy by nedošlo k žiadnemu ekonomickému prínosu. Náklady na výstavbu akumuláčnej nádrže by však bolo možné znížiť alternatívnym riešením ako nadzemnej akumuláčnej nádrže, umiestnenej v suteréne budovy. Napriek vysokým finančným nákladom majú objekty HDV veľmi pozitívny vplyv na životné prostredie, ochranu vodných zdrojov, spomalenie odtoku z územia a celkovú hydrauliku stokovej siete. Ďalším úskalím je dôležitosť údržby objektov HDV. Zanedbanie údržby by nevyhnutne viedlo k zníženej až znemožnenej funkcii objektov. Taktiež je vždy nutné vyriešiť na koho sa bude vzťahovať povinnosť údržby a prevádzky objektov.

Z dôvodu vyššie zmieneného je zvolené technické riešenie 3 objektov pre dané územie najvhodnejšie a je možné ho aplikovať aj pre iné prípady v rámci hospodárenia so zrážkovými vodami miest a obcí.

Literatúra

- [1] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění: Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení*. In: TZB-info [online]. 2007 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>>
- [2] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. Miesto vydania: VŠCHT, Vydavateľstvo: UNITISK, s.r.o., Rok vydania: 1999, 568 strán, ISBN 80-7080-340-1.
- [3] *Graywater Reuse in Other Countries and its Applicability to Jordan: Center for the Study of the Built Environment (CSBE)* [online]. Project funded by Ministry of Planning Enhanced Productivity Program, 2003 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <<https://static1.squarespace.com/static/5671433fc647ad9f55531f40/t/56ada9c640261d97c08b8802/1454221777672/Graywater-in-other-countries-E.pdf>>
- [4] ATV-DVWK-A 138
- [5] STRÁNSKÝ, David, Vojtěch BAREŠ, Jiří VÍTEK, Milan SUCHÁNEK, Karel PLOTĚNÝ a Oldřich PÍREK. *Srážkové vody a urbanizace krajiny (TP 1.20.1)*. [online]. 2019 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <<https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-20/tp-1-20-1/>>
- [6] STRÁNSKÝ, David, David HORA, Ivana KABELKOVÁ, Michaela VACKOVÁ a Jiří VÍTEK. *Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy*. [online]. 2021 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://adaptacepraha.cz/wp-content/uploads/2022/06/Standardy_hospodareni_se_srazkovymi_vodami_na_uzemi_hlavniho_mesta_Prahy_r118-web.pdf>
- [7] *Stormwater management manual for Western Australia*. Government of Western Australia [online]. 30.05.2022 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <<https://www.wa.gov.au/government/publications/stormwater-management-manual-western-australia>>
- [8] *Střešní vpusti a nástavce*. TOPWET s.r.o. [online]. [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <<https://www.topwet.cz/stresni-vpusti-a-nastavce/>>
- [9] *FILTRAČNÍ ŠACHTA DRAINSTAR DN 400 POJÍZDNÁ*. Aquanix s.r.o. [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <<https://www.destovenadrze.cz/eshop/filtracni-sachta-drainstar-dn-400-pojizdna-detail>>
- [10] *Systémy hospodaření s dešťovou vodou*. WAVIN Ekoplastik s.r.o. [online]. [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.wavinacademy.cz/wp-content/uploads/2015/08/wavin_-katalog_hospodareni-s-destovou-vodou.pdf>
- [11] *Odlučovače ropných látek*. Hydroclar s.r.o. [online]. [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <<https://www.hydroclar.cz/odlucovace-ropnych-latek/>>
- [12] *SediSubstrator® L*. FRAENKISCHE CZ s.r.o. [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <<https://www.fraenkische.com/cs-CZ/product/sedisubstrator-l>>

- [13] SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ KONFERENCE. *Nakládání s dešťovými vodami ve městech a obcích*. In: . Praha: Aquion, 2004. ISBN 80-239-3474-0. Dostupné z: <<https://vuv-katalog.koha-system.cz/vufind/Record/15254>>
- [14] *Systémy hospodaření s dešťovou vodou: Katalog výrobků a technický manuál*. WAVIN Ekoplastik s.r.o. [online]. 2017 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://triker.cz/pool/download/soubor_1752.pdf>
- [15] ČSN 75 9010 *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [16] HARTLOVÁ, Ludmila a Jitka NOVOTNÁ. *Mapa potenciálního vsaku (potenciální infiltrace) území* [online]. MŽP a SFŽP ČR, 2014 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.vodakh.cz/wp-content/uploads/2014/10/00V_Mapu_potencialniho_vsaku_20151022.pdf>
- [17] ŘÍHA, Jaromír, 2005. *HYDRAULIKA PODZEMNÍ VODY: Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia*.
- [18] *VSAKOVÁNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD: Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj* [online]. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR - Odbor stavebního řádu, 2019 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://www.mmr.cz/getattachment/e16069fa-3bf8-4a1d-82af-28a17df865c5/Metodika-vsakovani_srpe>
- [19] ŽABIČKA, Zdeněk a VRÁNA Jakub. *Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech (TP 1.20)*. [online]. 2020 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <<https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-20/>>
- [20] JV PROJEKT VH S.R.O. *Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře: Olomoucké stavební standardy k integraci modrozelené infrastruktury* [online]. In: . 2018, s. 201 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://www.olomouc.eu/administrace/repository/gallery/articles/23_/23422/hdv_cesta_k_mzi.cs.pdf>
- [21] *Voda ve městě: Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu* [online]. ČVUT UCEEB, 2021 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <<http://www.vodavemeste.cz>>
- [22] *EVENTZENTRUM LOKSCHUPPEN DILLINGEN* [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <<https://sinai.de/projekt/projekte/eventzentrum-lokschuppen-dillingen>>
- [23] *Vsakování dešťové vody: Hospodaření s vodou*. ARCHCENTRUM s.r.o. [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <<https://www.belis.cz/50-detail-vsakovani-destove-vody-vsakovani-destove-vody>>
- [24] ČSN 75 6780 (756780) *Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.

- [25] XU, Jiongji, Xing DU, Wentao ZHAO, Zhen WANG, Xinglin LU, Lin ZHU, Zhihong WANG a Wang LIANG. *Roofing rainwater cleaner production using pilot-scale electrocoagulation coupled with a gravity-driven membrane bioreactor (EC-GDMBR): Water treatment and energy efficiency*. Journal of Cleaner Production [online]. 2021, 2021(314), 128055 [cit. 2023-01-09]. ISSN 0959-6526. Dostupné z: <[doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128055](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128055)>
- [26] *3000L Rainsmart Headertank System: Gravity feed rainwater harvesting systems*. Owls Hall Environmental Ltd [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <<https://www.owlshall.co.uk/rainwater-harvesting/complete-systems/domestic/gravity-feed/3000l/>>
- [27] HLAVÍNEK, Petr, Petr PRAX a Jiří KUBÍK. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 978-80-86020-55-6. Dostupné z: <<http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:cd6c1250-da9d-11e4-8565-005056827e52>>
- [28] VÍTEK, Jiří, David STRÁNSKÝ, Ivana KABELKOVÁ, Vojtěch BAREŠ a Radim VÍTEK. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. Praha: 01/71 ZO ČSOP Koniklec, 2015. ISBN 978-80-260-7815-9.
- [29] MIFKOVÁ, Tatiana. *Retence dešťových vod I*. In: TZB-info [online]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, 2009 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/6053-retence-destovych-vod-i>>
- [30] *Galéria - Dešťová zdrž u ČOV*. In: Družec - oficiálne stránky obce [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <http://www.obecdruzec.cz/vismo/gallery-viewer.asp?id_galerie=1157&width=412>
- [31] *Greater Copenhagen Water Utility, HOFOR A/S: Long-term supply solutions that are green, safe and inexpensive*. International Water Association [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <<https://iwa-network.org/greater-copenhagen-water-utility-hofor-as/>>
- [32] JANEČEK, Miloslav a kol. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika* [online]. In: . Praha: Česká zemědělská univerzita Praha, Fakulta životního prostředí, 2012, s. 117 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://storm.fsv.cvut.cz/data/files/předměty/YPEO/Metodika_PEO_novelizaceupravene25_1_2012.pdf>
- [33] *OCHRANA PROTI VODNÍ EROZI: Protierozní nádrže* [online]. 2019 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://encyklopedie.vumop.cz/index.php/OCHRANA_PROTI_VODN%C3%8D_EROZI#Protierozn.C3.AD_n.C3.A1dr.C5.BEe>
- [34] *CRISTALL 1600 L PODZEMNÍ NÁDRŽ NA DEŠŤOVOU VODU GRAF*. Aquanix s.r.o. [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <<https://www.destovenadrze.cz/eshop/podzemni-nadrz-na-destovou-vodu-cristall-1600-l-detail>>
- [35] BURIAN, Samuel, DOSTÁLOVÁ Jitka a spol. *VEGETAČNÍ SOUVRSTVÍ ZELENÝCH STŘECH: STANDARDY PRO NAVRHOVÁNÍ, PROVÁDĚNÍ A ÚDRŽBU* [online]. In: . Brno: Odborná sekce Zelené střechy při

- Svazu zakládání a údržby zeleně, 2019, s. 41 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.zelenestrechy.info/media/_file/412/Vegetacni_souvrstvi_zelenych_strech_Standardy_%202019_web-1.pdf>
- [36] *CESTY, CHODNÍKY, VONKAJŠIE PLOCHY, KTORÉ SÚ VODOPRIEPUSTNÉ A VODOZÁDRŽNÉ*. [online]. LOCOK Poprad, 2023 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <<https://ekomlat.sk/>>
- [37] *Total Traffic Exopave (TTE®) – Heavy Duty Paver: Geosynthetics*. Geosynthetics Limited [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <<https://www.geosyn.co.uk/product/tte-heavy-duty-paver>>
- [38] *Liata guma: Bezpečnostný povrch*. Intersystem EU s.r.o.: Detské ihriská [online]. 2023 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <<https://intersysteme.sk/produkt/liata-guma/>>
- [39] *Bufferblock* [online]. Holandsko: Bufferblock BV, 2020 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <<https://www.bufferblock.nl/en/home/>>
- [40] *PGP, výšuv 10 cm, 3/4", výsečový* [online]. Hunter - závlahové systémy [cit. 2023-01-11]. Dostupné z: <<https://zavlahy.irimon.cz/katalog/5/112/946/4076>>
- [41] *Zařízení na využití dešťové vody Wilo Rain 1-25 EM (2551469)* [online]. [cit. 2023-01-11]. Dostupné z: <<https://www.bola.cz/zarizeni-na-vyuziti-destove-vody-wilo-rain-1-25-em-2551469>>

10. Zoznam použitých skratiek a symbolov

HDV	Hospodárenie s dažďovými vodami
DWA	German Association for Water, Wastewater and Waste
pH	potenciál vodíka
UV	ultrafialové žiarenie
PE	polyetylén
PP	polypropylén
EPS	expandovaný polystyrén
XPS	extrudovaný polystyrén
PUR	penový polyuretán
PD	projektová dokumentácia
cca	cirka/približne
a i.	a iné

11. Zoznam príloh

C.1 Situačný výkres širších vzťahov

C.2 Koordinačný situačný výkres

D.1 SO.01 - akumulčná nádrž

D.2 SO.02 - vsakovacia priehlbeň-ryha

D.3 SO.03 - zelená extenzívna strecha