

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Možnosti zasakování srážkových vod u dopravních
staveb**

Vedoucí práce: Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Bakalant: David Lambert

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

David Lambert

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Možnosti zasakování srážkových vod u dopravních staveb

Název anglicky

Possibilities of rainwater infiltration in transport structures

Cíle práce

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku hospodaření s dešťovou vodou v oblasti výstavby pozemních komunikací a liniových staveb. Potřeba odvedení srážkových vod z povrchu místních komunikací je vnímána zejména ve smyslu podpory zadržetí vody v krajině formou vhodných způsobů liniového zasakování.

Cílem práce je řešení odvodnění u vybrané zpevněné plochy v urbanizovaném území a návrh vhodných opatření přírodě blízkého charakteru, umožňujících alternativní nakládání se srážkovou vodou v místě jejího spadu. Konkrétním cílem je návrh vhodného vsakovacího zařízení a retenčních prvků odvodnění místní komunikace v obci Budiměřice s ohledem na místní podmínky (zjm. možnosti vsakování).

Metodika

- literární rešerše dotčené problematiky
- přehled platné legislativy
- návrh hospodaření s dešťovými vodami na modelovém území
- zhodnocení zjištěných informací
- shrnutí

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

hospodaření s dešťovou vodou; urbanizované území; zasakování; dopravní stavby

Doporučené zdroje informací

Butler, D., Davies, J.W., 2004: Urban drainage. 2nd. Abingdon: Spon Press, 2004. 543 p.

Hlavínek, P., Prax, P., Kubík, J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území, Brno: ARDEC. 164 s.

Krejčí, V. a kolektiv autorů, 2002: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000. 562 s.

Vítek, J., Stránský, D., Kabelková, I., Bareš, V., Vítek, R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Praha: 01/71ZO ČSOP Koniklec, 127 s.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 9. 3. 2022

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2022

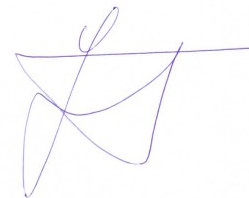
Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti zasakování srážkových vod u dopravních staveb" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce.

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

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

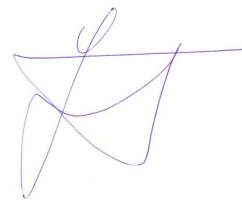
Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti GDPR.



V Praze dne 28. 3. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Petře Sychové, Ph.D., za rady a veškeré připomínky v průběhu zpracování této práce.



V Praze dne 28. 3. 2022

Možnosti zasakování srážkových vod u dopravních staveb

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na možnosti zasakování srážkových vod u dopravních staveb. Práce se zabývá způsoby zasakování dešťových vod v místě spadu. Podrobněji jsou popsány vsakovací zařízení a retenční prvky pro odvodnění zpevněných ploch v urbanizovaném území za účelem snížení odtoku srážkových vod do recipientu. Cílem je se zaměřit na vhodné konstrukční možnosti s ohledem na trvalou udržitelnost projektovaných objektů a také s ohledem na ochranu životního prostředí.

Předmětem práce je konkrétní řešení a návrh odvodnění nové lokality v obci Budiměřice na Nymbursku. Nová místní komunikace se nachází v JV části obce a je navržena ze zámkové dlažby o celkové délce 239 m a šířce 5,5 m. Dešťová voda se bude odvádět podélným a příčným sklonem k šesti uličním vpustem, které budou napojeny do nově vybudovaných vsakovacích objektů. Celková výměra zpevněných ploch je 1314,5 m². Tato plocha bude rozdělena do dvou vsakovacích objektů s revizními šachtami.

Klíčová slova: hospodaření s dešťovou vodou; urbanizované území; zasakování;
dopravní stavby

Possibilities of rainwater infiltration in transport structures

Abstract

This bachelor's thesis focuses on possibilities of rainwater infiltration in transport structures. It deals with means of rainwater infiltration in sloping areas. The thesis more thoroughly describes infiltration and retention components for drainage of paved areas in urban environment to lower the rainwater outfall into a recipient. The thesis aims on appropriate construction possibilities with regard to sustainability of designed objects and environmental protection.

Topic of this thesis is a specific design and solution of the drainage in a newly built district in Budiměřice municipality near Nymburk city. A new local road is placed in the south-east part of the municipality and is made out of 239 m long and 5,5 m wide interlocking concrete paver. Rainwater will be drained with help of transverse and longitudinal slant to six curb inlets, which will be connected with the infiltration components. Total surface of the paved area is 1314,5 m². This area will be divided into two infiltration sections with inspection shafts.

Keywords: rainwater management; urbanized area; infiltration;
transport structures

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce.....	2
3. Atmosférická srážka a její cyklus.....	3
3.1. Atmosférická srážka.....	3
3.2. Vývoj atmosférické srážky.....	3
3.3. Srážkové poměry v ČR	3
3.4. Vsakování srážkové vody a koncentrace odtoku	5
3.5. Výpar.....	6
3.6. Retence.....	6
3.7. Infiltrace	6
3.8. Znečištění srážkových vod.....	6
4. Legislativa	7
5. Dopravní stavby	10
5.2. Místní komunikace.....	10
5.3. Dělení místních komunikací	10
5.4. Rozdělení krytů komunikací dle materiálů	11
5.4.1. Asfaltové vozovky	12
5.4.2. Cementobetonové vozovky.....	12
5.4.3. Vrstvy z dlažeb a dílců.....	13
5.4.4. Propustné zpevněné plochy	13
6. Odvodňovací zařízení dopravních staveb	14
6.1. Typy odvodňovacích zařízení	15
6.1.1. Rigoly.....	16
6.1.2. Příkopy.....	16
6.1.3. Odvodňovací proužky.....	17
6.1.4. Otevřené žlaby, odvodňovací žlábký a štěrbinové žlaby.....	17
6.1.5. Skluzy, kaskády, stupně, prahy a vývary.....	17
6.1.6. Uliční vpusti a horské vpusti	18
6.1.7. Vsakovací jámy a vsakovací prostory	19
6.1.8. Odvodňovací potrubí, kryté žlaby a stoky	19
6.1.9. Drenáže	20
7. Technické parametry a konkrétní příklady zasakovacích zařízení	21
7.1. Proveditelnost.....	21
7.2. Přípustnost.....	22
7.3. Příklady zasakování srážkových vod	23

7.3.1.	Obrubníková odvodnění	23
7.3.2.	Propustná dlažba Birkerød, Dánsko.....	24
7.3.3.	Zelená ulice v Portlandu v USA	25
7.3.4.	Vsakovací systém MEA-ENREGIS X-BOX.....	26
7.3.5.	Vsakovací systém NICOLL GARANTIA	27
7.3.6.	Vsakovací systém WAVIN AQUACELL	28
8.	Metodika	30
8.1.	Odvodňovaná plocha.....	30
8.2.	Vsakovací plocha	31
8.3.	Retenční objem vsakovacího zařízení	32
8.4.	Doba prázdňení vsakovacího zařízení.....	33
9.	Výsledky.....	34
9.1.	Popis území	34
9.2.	Odvodňovaná plocha.....	35
9.3.	Vsakovací plocha	35
9.4.	Retenční objem vsakovacího zařízení	36
9.5.	Doba prázdňení vsakovacího zařízení.....	38
9.6.	Návrh.....	38
10.	Diskuse	40
11.	Závěr	41
12.	Seznam použitých zdrojů	42

1. Úvod

V urbanizovaném prostředí je malý koloběh vody výrazně ovlivněn. V souvislosti s těmito změnami se častěji objevují hydrologické extrémy (povodně a sucha), které způsobují problémy s dostupností pitné vody.

V minulých letech se navrhovalo odvodnění srážkových vod, co nejrychleji z obytných částí do recipientu, protože v této době toto řešení mělo své opodstatnění z důvodu šíření nemocí a ničení majetku.

V současné době je snaha zasakovat srážkovou vodu v místě spadnutí srážky a zamezit tím pokles hladiny podzemních vod a ochránit ČOV před hydraulickým zatížením srážkovými vodami.

Vzhledem k dostupným materiálům a technologiím lze navrhnout řešení zasakovacího nebo retenčního zařízení i ve složitých urbanizovaných podmínkách.

2. Cíl práce

Bakalářská práce je zaměřena na možnosti zasakování srážkových vod v oblasti výstavby pozemních komunikací a liniových staveb. Potřeba odvedení srážkových vod z povrchu místních komunikací je vnímána zejména ve smyslu podpory zadržení vody v krajině formou vhodných způsobů liniového zasakování.

Cílem práce je řešení odvodnění u vybrané zpevněné plochy v urbanizovaném území a návrh vhodných opatření přírodě blízkého charakteru, umožňujících alternativní nakládání se srážkovou vodou v místě jejího spadu. Konkrétním cílem je návrh vhodného vsakovacího zařízení a retenčních prvků odvodnění nové místní komunikace v obci Budiměřice s ohledem na místní podmínky.

3. Atmosférická srážka a její cyklus

3.1. Atmosférická srážka

Dešťové srážkové vody jako běžně užívaný termín nedefinuje žádný právní předpis. Obecně lze konstatovat, že se jedná o vodu v různém skupenství nedotýkající se žádnou částí svého momentálního objemu zemského povrchu ani staveb na něm umístěných (Chaloupka, 2006).

Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu. Tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních. Srážková voda se stává vodou povrchovou po dopadu na zemský povrch nebo stavby na něm umístěné a pokud se dále zasáhne pod zemský povrch, stane se vodou podzemní (Chaloupka, 2006).

3.2. Vývoj atmosférické srážky

Atmosférické srážky vznikají kondenzací ve vzduchu obsažených par. Dělí se dle skupenství na srážky pevné a kapalné. Dále dle způsobu a místa vzniku a na srážky vertikální (dešť, sníh a kroupy) a horizontální (srážky z mlh, jinovatky, ledovky a námrazy). Množství srážek se vyjadřuje zpravidla jako srážková výška v mm, což je výška vrstvy vody, která se vytvořila z deště (případně roztopením pevných srážek) na dané ploše bez odtoku, výparu a vsaku (Synáčková, 2014).

3.3. Srážkové poměry v ČR

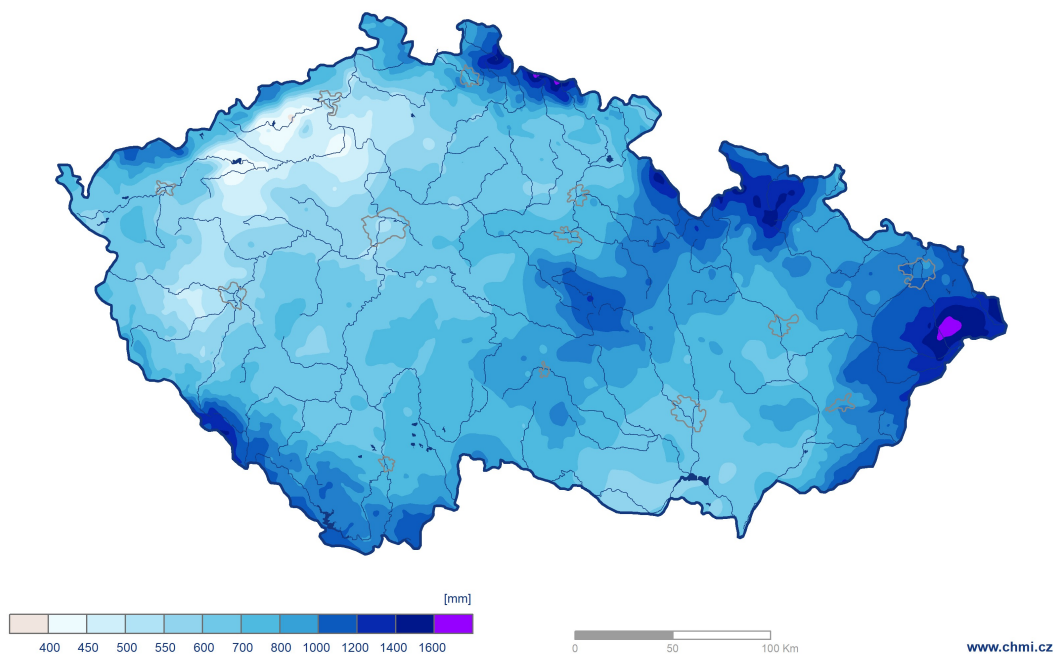
Srážkové úhrny jsou na území České republiky vzhledem k její velké vertikální členitosti velmi proměnlivé v čase a prostoru. Vliv nadmořské výšky na srážkové úhrny se projevuje jen u nejvyšších pohraničních pohoří. Významné jsou návětrné a závětrné efekty horských překážek (obr. č. 1).

Roční srážkové úhrny kolísají na území ČR od 410 mm (v Žatecké pánvi, kde se projevuje závětrí Krušných hor) po více než 1700 mm v Jizerských horách. Na více než 60 % území potom roční úhrn srážek dosahuje 600-800 mm. Nejsušší oblasti České republiky jsou Kladenská tabule, Žatecká pánev, Řípská tabule, Drnholecká a Jaroslavická pahorkatina, kde jsou srážkové úhrny nižší než 500 mm. Výrazně nízké srážkové úhrny jsou v celé západní

polovině Čech, kde spadne průměrně ročně méně než 550 mm. Směrem k východu srážkové úhrny rostou, na Českomoravské vrchovině jsou průměrné srážkové úhrny okolo 700 mm, v pohraničních horách pak mohou dosahovat i více než 1400 mm (Honsová, 2006).

Úhrn srážek v roce 2020

Český
hydrometeorologický
ústav



Obr. č. 1. Úhrn srážek v roce 2020 (ČHMÚ, 2020)

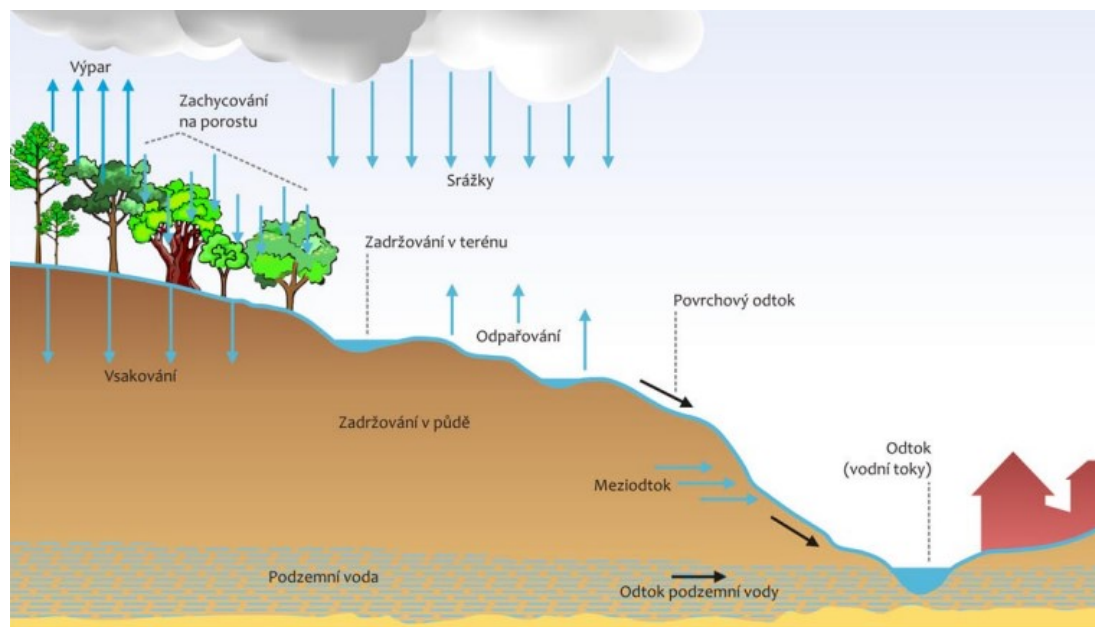
3.4. Vsakování srážkové vody a koncentrace odtoku

U přibývajících zpevněných ploch je nutno řešit otázku efektivního odvedení srážkových vod. V minulosti se srážkové vody zasakovaly přirozeně a doplňovaly tak deficit spodních vod. V současnosti je převážná část dešťové vody, která odečte ze zpevněných ploch, odváděna přes kanalizační sběrače do recipientu, čímž se odtok vody významně zrychluje. Tato voda se zpět do podzemních vod na našem území už nevrátí.

Ekologickým a vodohospodářským cílem je, aby srážkové vody zůstávaly v místě dopadu a včlenit je do přirozeného koloběhu. Proto je třeba, při zohlednění místních podmínek, sledovat v první řadě redukcii povrchového odtoku a jeho lokální vsakování a teprve v druhé řadě se uchýlit k zavedení vod do stokové sítě (Hlavínek, 2000).

Velikost a průběh odtoku jsou ovlivněny hydrologickými srážkami (déšť, sníh), charakterem prostředí (klima, roční období), charakterem povrchu (zpevnění, vegetace, spád), charakterem podloží (propustnost, hladina podzemní vody) a parametry koryta (spád, drsnost) (Krejčí, 2002).

Při vydatných srážkách se voda shromažďuje na povrchu a odtéká spádem v praménkách a potocích. Z pohledu od ústí řeky lze přesně určit, ze které oblasti do ní voda přitéká. Tuto oblast nazýváme povodím řeky. To je na okrajích ohraničeno tzv. rozvodími. Povodí větších řek zahrnuje také povodí všech jejích přítoků (obr č. 2).



Obr. č. 2. Srážkový odtok v přirozeném povodí (Slavíková, 2007)

3.5. Výpar

Během dešťových srážek nemá výpar téměř žádný vliv na tvorbu povrchového odtoku, ale hraje významnou roli během dešťových přestávek a významně ovlivňuje podmínky v povodí na počátku příštího deště. Tyto okolnosti jsou významné při dlouhodobé kontinuální simulaci srážko-odtokových procesů. Nejčastější používané hodnoty ve středoevropských podmínkách se pohybují mezi 1–3 mm/den (Krejčí, 2002).

3.6. Retence

Každé urbanizované území způsobuje změnu charakteru přímého srážkového odtoku. Problém velkých urbanizovaných ploch se dá řešit retencí (akumulací objemu vody a jejím regulovaným vypouštěním do recipientu). Retenční nádrže zajišťují nejen ochranu před velkými vodami, ale zachycují i smyvy. Ochranná funkce je však převažující (Hlavínek, 2007).

3.7. Infiltrace

Infiltrace znamená vsakování vody do zemin a propustných hornin. Spolu s kondenzací vodních par v zeminách se podílí na vzniku podzemní vody. Infiltrace dešťové vody je nejdůležitějším procesem na propustných plochách po tvorbě srážkového odtoku. Na nepropustných urbanizovaných plochách není většinou nejdůležitější složkou srážkového odtoku (Krejčí, 2002).

3.8. Znečištění srážkových vod

Znečištění se na urbanizovaných plochách akumuluje během bezdeštného období. Během dešťové srážky jsou nečistoty smývány a odváděny srážkovou vodou. Srážkové vody jsou znečištěny z důvodu oplachu znečištěných ploch (např. průmyslové areály). Znečištěné vody by měly být čištěny.

Neznečištěné dešťové vody odtékají z povrchů, které nejsou kontaminovány nebo jen minimálně. Těmito povrchy jsou pěší zóny, parky, střechy a pozemní komunikace s nízkou intenzitou. Mezi tyto povrchy lze zařadit i znečištěné, které se mohou po oplachu stát neznečištěnými. Neznečištěné vody nejsou vodami odpadními a doporučují se vsakovat nebo odvádět přímo do recipientu (Krejčí, 2002).

4. Legislativa

Právní rámec HDV

Pro zajištění kontinuity vývoje a strategických cílů v jednotlivých oblastech působnosti státu jsou prostřednictvím ministerstev vypracovány strategické plány rozvoje. Oblast hospodaření se srážkovými vodami je akcentována zejména Plánem hlavních povodí České republiky a Politikou územního rozvoje České republiky.

Plán hlavních povodí

Tento dokument stanovuje rámcové cíle pro hospodaření s povrchovými a podzemními vodami, pro ochranu a zlepšování stavu povrchových a podzemních vod a vodních ekosystémů vycházejících z cílů ochrany vod, pro udržitelné užívání těchto vod, pro ochranu před škodlivými účinky těchto vod a pro zlepšování vodních poměrů a ochranu ekologické stability krajiny.

Politika územního rozvoje

V zastavěných územích a zastavitelných plochách je snaha vytvářet podmínky pro zadržování, vsakování i využívání dešťových vod jako zdroje vody a s cílem zmírňování účinků povodní (Vítek, 2015).

V urbanizovaném prostředí zasakování dešťových vod funguje jinak než v přírodě a je řešeno platnými zákony a vyhláškami.

Srážkové vody komplexně podléhají ochraně dle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) a při jejich odtoku zákonu č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Při stavbě nebo rekonstrukci staveb se řídí zákonem č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).

Vodní zákon tedy jednoznačně požaduje, že při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání je stavebník povinen podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním odpadních vod kanalizací k tomu určenou. Není-li kanalizace v místě k dispozici, odpadní vody se zneškodňují přímým čištěním s následným vypouštěním do vod povrchových nebo podzemních. V případě technické

neproveditelnosti způsobů podle vět první a druhé lze odpadní vody akumulovat v nepropustné jímnici (žumpě) s následným vyvážením akumulovaných vod na zařízení schválené pro jejich zneškodnění. Dále je stavebník povinen zabezpečit omezení odtoku povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen "srážková voda") akumulací a následným využitím, popřípadě vsakováním na pozemku, výparem, anebo, není-li žádný z těchto způsobů omezení odtoku srážkových vod možný nebo dostatečný, jejich zadržováním a řízeným odváděním nebo kombinací těchto způsobů. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby (§ 5, odst. 3, zákon č. 254/2001 Sb.). Resp. vyhlášku č. 501/2006 Sb. – tedy pokud se neplánuje jiné využití srážkové vody pak přednostně vsakování, pokud nejde pak zadržení s regulovaným odvodem do dešťové kanalizace, není-li možné odvádění do vod povrchových, tak regulovaným odváděním do jednotné kanalizace (§20, odst. 5, písm. c, vyhláška 501/2006 Sb.).

Norma TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami reaguje na současné trendy a předpisy v oblasti vodního a stavebního práva a zabývá se způsoby nakládání se srážkovými vodami odtékajícími z povrchu urbanizovaného území. Jedná se o návod pro návrh a provoz odvodnění urbanizovaného území způsobem blízkým přírodě (TNV 75 9011, 2013).

Norma ČSN 75 9010 reaguje na současné trendy a předpisy. Norma se zabývá vsakováním srážkových povrchových vod jako jedním ze způsobů hospodaření se srážkovými vodami. Stanovuje hlavní zásady pro navrhování, výstavbu a následný provoz povrchových a podzemních vsakovacích zařízení (ČSN 75 9010, 2017).

TP 83 Odvodnění pozemních komunikací obsahují zásady pro návrh odvedení srážkové vody z pozemních komunikací a případné úpravy kvality před jejím vsakováním či odváděním do povrchových vod či jiného recipientu a pro případné další nakládání s těmito vodami. TP obsahují soubor požadavků na způsob navrhování, posuzování a provádění objektů odvodnění pozemních komunikací (dále PK). TP jsou určeny zejména projektantům, zadavatelům staveb a správcům PK (TP 83, 2014).

TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací uvádí nové označení konstrukčních vrstev podle platných evropských norem ČSN EN, jejich národních příloh a navazujících ČSN (TP 170, 2004).

ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací řeší nejdůležitější veřejné prostory v obcích (městech) všech velikostí. Ve velké míře vtiskují obci její jedinečnost a prožitek daného okolního prostředí. Tyto prostory neslouží jenom dopravě, nýbrž poskytují také rámec rozmanitým jiným projevům života, což se projevuje nejrůznějšími požadavky a funkcemi. Tvorba prostoru místní komunikace má proto prvořadý význam při řešení problematiky zastavěného prostředí a navrhování komunikací uvnitř zastavěného území je těsně spojeno s urbanismem a architekturou v utváření tohoto prostoru. Projektování komunikací v zastavěném území souvisí vždy s utvářením prostorů místních komunikací, tj. veřejného uličního prostoru a musí se vždy chápat jako komplexní projektování (ČSN 73 6110, 2006).

5. Dopravní stavby

S ohledem na zaměření praktické části práce je pozornost věnována charakteristice místních komunikací.

5.2. Místní komunikace

Prostory místních komunikací jsou nejdůležitější veřejné prostory v obcích a městech všech velikostí. Ve velké míře dávají obci její jedinečnost a prožitek daného okolního prostředí. Tyto prostory neslouží jenom dopravě, ale poskytují také rámec rozmanitým jiným projevům života, což se projevuje nejrůznějšími požadavky a funkcemi.

Tvorba prostoru místní komunikace má proto prvořadý význam při řešení problematiky zastavěného prostředí a navrhování komunikací uvnitř zastavěného území je těsně spojeno s urbanismem a architekturou v utváření tohoto prostoru (ČSN 73 6110, 2006).

5.3. Dělení místních komunikací

Charakter komunikací lze rozlišit dle různých hledisek. Místní komunikace se dělí na místní komunikace I. až IV. třídy. Podle své urbanisticko-dopravní funkce se místní komunikace dělí na čtyři funkční skupiny (tab. č. 1):

Funkční skupina	Charakteristické použití	Poloha v obci	Typické požadavky
A	rychlostní komunikace v obcích nad 50 tisíc ^{a)} obyvatel, zajišťují vazbu na vnější síť dálnic a rychlostních silnic (viz 5.1.6)	na hranici vyšších urbanistických útvarů	vyločení (případně omezení) přímého styku s okolním územím
B	sběrné komunikace obytných útvarů, spojení obcí, průtahy silnic I., II. a III. třídy a vazba na tyto komunikace (viz 5.1.7)	na hranici nižších urbanistických útvarů, nebo mezi nimi	dopravní význam, částečné omezení přímé obsluhy
C	obslužné komunikace ve stávající i nové zástavbě (viz 5.1.8). Mohou jimi být průtahy silnic III. třídy a v odůvodněných případech i II. třídy	mezi zónami obce (města) a uvnitř těchto zón	umožnění přímé obsluhy všech staveb
D	D 1 pěší zóny, obytné zóny (viz 5.1.9)	v historických a obchodních centrech obcí, ve stávajících i nově budovaných obytných souborech	smíšený provoz chodců a vozidel, omezen přístup motorových, popř. dalších vozidel
	D 2 stezky, pruhy a pásy určené cyklistickému provozu, stezky pro chodce, chodníky, průchody, schodiště a ostatní komunikace nepřístupné provozu silničních motorových vozidel (viz 5.1.9), pokud nejsou součástí komunikací funkčních skupin B a C ^{b)}	neomezená	vyločení, nebo přísné omezení přístupu motorové dopravy

Tab. č. 1. Charakteristiky funkčních skupin a podskupin místních komunikací podle dopravního významu a ve vztahu ke struktuře osídlení (ČSN 73 6110, 2006).

Termín rychlostní komunikace pro místní komunikace funkční skupiny A odpovídá jejich příčnému uspořádání, které vychází z příčného uspořádání dálnic a rychlostních silnic, na které místní rychlostní komunikace v území zastavěném obvykle navazují. Účelem místní rychlostní komunikace je zajistit dostatečnou kapacitu a plynulost dopravy v přijatelné úrovni kvality. Základní komunikační systém obce tvoří vybrané komunikace, které plní převážně dopravní funkci. Podle velikosti obce nebo města to jsou komunikace funkčních skupin A nebo B případně C. Ostatní komunikační síť je tvořena zejména na komunikace funkční skupiny C a D (ČSN 73 6110, 2006).

5.4. Rozdělení krytů komunikací dle materiálů

Komunikace se dle krytu vozovek a v závislosti na vlastnostech konstrukčních vrstev dělí na vozovky asfaltové, cementobetonové a dlážděné ze silničních dílců. Vozovky se podle krytu vozovek a v závislostech na vlastnostech konstrukčních vrstev dělí na vozovky s krytem cementobetonovým, asfaltovým, dlážděným, ze silničních dílců nebo nestmelených vrstev. Místní komunikace se převážně realizují s krytem z asfaltových vrstev. V obytných zónách se zachovávají vozovky s krytem z dlažebních prvků. Cementobetonové kryty se v rámci místních komunikací realizují jen zřídka (TP 170, 2004).

5.4.1. Asfaltové vozovky

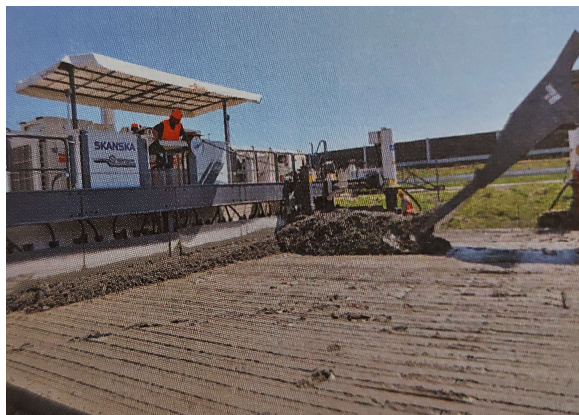
Asfaltové vrstvy jsou nejrozšířenějším typem vrstev, které se používají pro kryt vozovky. Výroba probíhá na obalovnách, kde se směs kameniva obaluje asfaltem za vysoké teploty. Asfaltová směs je tvořena z kostry vzájemně zaklíněných zrn kameniva, která je na povrchu obalena tenkou vrstvou asfaltu. Při výrobě těchto směsí se neříká, že se míchají, ale že se obalují, a proto se zařízení na výrobu těchto směsí nazývají obalovny. Po dopravení materiálu na stavbu se směsi pokládají finišery (obr. č. 3) a hutní se pomocí vibračních válců (Zajíček, 2021).



Obr. č. 3. Pokládka asfaltové vozovky (Zajíček, 2021)

5.4.2. Cementobetonové vozovky

Cementobetonové vozovky jsou určeny pro velmi vysoké dopravní zatížení. Používají se zejména při stavbě dálnic, rychlostních komunikací a letištních drah. Vyrábějí se z betonu, který musí splňovat přísné požadavky na zpracovatelnost (obr. č. 4). Cementobetonové kryty musí být z důvodu teplotních změn opatřeny dilatačními spárami (Zajíček, 2021).



Obr. č. 4. Pokládka horní vrstvy krytu cementobetonové vozovky (Zajíček, 2021)

5.4.3. Vrstvy z dlažeb a dílců

Vozovky z dlažeb jsou z historického hlediska první masově rozšířené zpevněné vozovky. Jejich použití má dnes význam především estetický v historických oblastech (obr. č. 5). Vozovky z dílců se uplatňují při stavbě dočasných vozovek nebo zpevněných manipulačních ploch (Zajíček, 2021). V dnešní době převládá trend vozovek ze zámkových dlažeb a odstavných parkovacích ploch s dlážděným povrchem s drenážními spárami (obr. č. 6).



Obr. č. 5. Vozovka ze silničních dílců (Zajíček, 2021)



Obr. č. 6. Plocha z vegetačních dílců (Zajíček, 2021)

5.4.4. Propustné zpevněné plochy

Často používané opatření k vsakování srážkových vod v zastavěném území jsou propustné zpevněné povrchy. Jedná se o povrchy, které jsou tvořeny z komunikací a veřejných prostranství, ale umožňují pohyb automobilové dopravy i pěších a zároveň umožňují vsakování srážkových vod do podloží a tím podporovat hydrologickou obnovu (Sansalone, 2012).

Povrch těchto systémů je tvořen především z různých druhů dlažby, propustný asfaltů či betonů. V případě nových staveb, ale i rekonstrukcí, nahrazují propustné povrchy ve prospěch hospodaření s dešťovými vodami konvenční povrchy. Propustné povrchy z asfaltu a betonu se těm konvenčním do velké míry podobají, rozdíl je pouze v tom, že neobsahují jemný materiál, který zaplňuje mezery a umožní vodě protéci touto vrstvou (Hein, 2014).

6. Odvodňovací zařízení dopravních staveb

Odvodnění krytu vozovky se zajišťuje podélným a příčným sklonem komunikace. Dešťová voda z povrchu vozovky se může zachytit na okraji zpevněné plochy do rigolů nebo přetéká přes nezpevněnou krajnici do příkopů (zpevněných nebo nezpevněných). U komunikací nižších tříd může odtékat srážková voda přímo do okolí, zejména pokud se terén snižuje směrem od komunikace. Z rigolů jsou dešťové vody obvykle odváděny pomocí dešťových vpustí do kanalizace nebo vyústěny jednotlivě do svahu tělesa pozemní komunikace a pomocí skluzů do podélných příkopů.

Obdobnou funkci plní přejezdňý obrubník, osazený za zpevněnou částí krajnice, ve kterém jsou vynechány mezery ve vzdálenostech podle výpočtu odtokového množství, tak aby dešťová voda nezasahovala do pojezděné části vozovky.

V těchto mezerách navazují na obrubník skluzy, kterými je voda odváděna do zpevněných podélných příkopů. Tento způsob odvodnění se používá tam, kde se má zabránit vsakování znečištěných vod do okolního terénu. Je vhodný především z ekonomického hlediska (úspora kanalizace i dešťových vpustí a tam kde je nutno zabránit erozi svahu) a použije se tam, kde je dostatek prostoru pro kapacitní podélný příkop pod svahem tělesa pozemní komunikace. Úsporu počtu dešťových vpustí a tím i překopů vozovky lze dosáhnout užitím štěrbinových trub místo rigolů. Tyto trouby mají větší kapacitu pro odvod vody, a proto vzdálenost osazovaných vpustí může být větší. Nevýhodou těchto trub je náročnější údržba a nedoporučuje se je osazovat tam, kde je větší výskyt hrubých nečistot např. listí, úlomků větví, splavenin atp. Obdobnou funkci plní liniové odvodňovače s rošty, které se používají na odstavných plochách, parkovištích atp.

Dešťové vpusti jsou součástí komunikace a jsou zpravidla provozované správcem pozemní komunikace. Dešťové vpusti se zřizují k odvodnění vozovek, zpevněných ploch a chodníků. Při optimálním návrhu odvodňování vozovek se vpusti rozmísťují tak, aby byla využita jejich hltnost, která při dostatečné kapacitě odtokového potrubí závisí především na velikosti a hydraulické účinnosti vtokové mříže, sklonu a způsobu osazení. Vzájemná vzdálenost dešťových vpustí závisí na podélném sklonu komunikace, chodníku nebo jiných zpevněných ploch, na návrhovém přítoku srážkových vod, na hltnosti vpustí a nemá být větší než 50 m. Při návrhu rozmístění dešťových vpustí se postupuje podle ČSN 73 6005, ČSN 73 6101 a ČSN 73 6110.

V místech, kde se požaduje mimořádná bezpečnost odvedení přítékajících srážkových vod v celé šířce komunikace nebo na jiných exponovaných místech (vjezd do podzemí, autobusové zastávky, železniční přejezdy apod.) se navrhuje přednostně odvodňovací žlábký (liniové vpusti).

Odvodnění pozemních komunikací, kde se očekává přítok srážkových vod z nebezpečných ploch nebo v silničních a jiných otevřených příkopech se použijí lapače splavenin a horské vpusti. Lapač splavenin musí být vybaven česlemi, sedimentačním prostorem a prohlubní na zachycení těžkých unášených látek (splavenin). Druh vtokové mříže dešťové vpusti se volí podle místa jejího osazení, velikosti očekávaného přítoku srážkových vod, množství přinášených splavenin a podélného sklonu komunikace, chodníku či jiných odvodňovaných ploch (TP 83, 2014).

6.1. Typy odvodňovacích zařízení

Odvodňovací zařízení dopravních staveb mohou mít otevřený či krytý charakter (TP 83, 2014):

Otevřená:

- rigoly;
- příkopy;
- odvodňovací proužky;
- otevřené žlaby, odvodňovací žlábký a štěrbinové žlaby;
- skluzy, kaskády, stupně, prahy a vývory;
- uliční vpusti a horské vpusti;
- vsakovací jámy a vsakovací prostory.

Krytá:

- odvodňovací potrubí, kryté žlaby a stoky;
- drenáže.

6.1.1. Rigoly

V rigolech se shromažďuje povrchová voda, která přitéká z ploch pozemních komunikací. Podélný sklon dna rigolu sleduje obvykle podélný sklon okraje vozovky. Pokud tento sklon není pro další vedení vody dostatečný, lze průtočnost zvýšit zvětšením sklonu dna, zvětšením průřezu, vestavbou hladkého zpevnění dna nebo nahrazením rigolu šterbinovými žlaby (obr. č. 7). Opevnění rigolů musí vždy odpovídat množství a agresivitě převáděné vody (TP 83, 2014).



Obr. č. 7. Odvodňovací rigol (Meißner, 2006)

6.1.2. Příkopy

Příkopy plní stejné úkoly jako rigoly, vykazují však zpravidla větší průtočnost. Protože příkopy oddělují komunikaci od přilehlého terénu, tvoří často recipientní prostor pro zachycení vod přitékajících z přilehlých povodí (obr. č 8). V základním návrhu odvodnění je třeba vždy posoudit příkopy z hlediska dostatečné kapacity pro vody z přilehlých ploch. Podélný sklon příkopu musí být větší nebo rovný 0,5 %, u zpevněného dna 0,3 %. Opevnění příkopů musí vždy odpovídat množství a agresivitě převáděné vody. Příkopy je možno opevňovat buď tvárnicemi, pohozen kamenitým materiálem nebo vegetačně osetím. O typu opevnění rozhoduje podélný sklon dna (TP 83, 2014).



Obr. č. 8. Odvodňovací příkop podél komunikace (Meißner, 2006)

6.1.3. Odvodňovací proužky

Odvodňovací proužky jsou umístovány na okraj komunikace k obrubě, mezi pruh a parkovací pás apod. Slouží k podélnému odvodnění komunikace (TP 83, 2014).

6.1.4. Otevřené žlaby, odvodňovací žlábký a štěrbinové žlaby

Otevřené žlaby se používají ke zpevnění dna příkopů a skluzů, štěrbinové žlaby k liniovému odvodnění komunikací. Velikost se stanoví dle průtočného množství (TP 83, 2014).

6.1.5. Skluzy, kaskády, stupně, prahy a vývary

Skluzy svým opevněním odpovídají příkopům. Opevnění musí spolehlivě odolávat působení tekoucí vody. Při návrhu skluzů je nutno dodržet podmínku odolnosti opevnění minimálně na dvacetiletou vodu. U skluzů nutno provést zabezpečení proti podélnému posunu (např. prahy) a na koncové části navrhnout vhodný tlumicí objekt (vývar), pokud to návazná vodoteč vyžaduje (TP 83, 2014).

6.1.6. Uliční vpusti a horské vpusti

Dešťové vpusti jsou součástí komunikace a jsou zpravidla provozované správcem pozemní komunikace. Dešťové vpusti se zřizují k odvodnění vozovek, zpevněných ploch a popř. chodníků (obr. č 9). Při optimálním návrhu odvodňování vozovek se vpusti rozmísťují tak, aby byla využita jejich hltnost, která při dostatečné kapacitě odtokového potrubí závisí především na velikosti a hydraulické účinnosti vtokové mříže, sklonu a způsobu osazení (TP 83, 2014).



Obr. č. 9. Uliční vpust (foto: autor, 2021)

6.1.7. Vsakovací jámy a vsakovací prostory

Vsakování se děje přes oživenou vrstvu půdy v zemní nádrži. Pro vsakovací jámy je zpravidla poměr mezi napojenou nepropustnou plochou a plochou vsakovací větší než 1:15 (obr. č. 10). Smysluplné použití je jen při větších odvodňovaných územích nebo v nových zástavbách a územích s dostatečnou využitelnou plochou (Hlavínek, 2000).



Obr. č. 10. Vsakovací jámy (Hlavínek, 2007)

6.1.8. Odvodňovací potrubí, kryté žlaby a stoky

Srážková kanalizace je podzemní trubní vedení sloužící k odvádění srážkových vod do příslušného vodního recipientu (obr. č. 11). Při vyšších rychlostech může docházet k rychlejšímu opotřebení materiálu stěny stoky a tím k rychlejšímu vzniku netěsností a zkrácení její životnosti. Snížení rychlosti srážkových vod lze provést například snížením spádu stokového potrubí a navržením spadiště, či tlumením kinetické energie proudící vody v šachtách se speciálním vnitřním tvarem (TP 83, 2014).

Maximální sklony stok jsou dány maximální rychlostí, kterou může dosáhnout odváděná voda. Při příliš velkých rychlostech může dojít k poškození potrubí. Maximální přípustná rychlost ve stokách při kapacitním plnění je 5 m/s. V objektech a stokách z vhodných a odolných materiálů může být maximální rychlost až 10 m/s. V betonových a železobetonových stokách je doporučená rychlost 3 m/s.

Při sklonu vyšším než 3 % je třeba brát v úvahu provzdušnění proudu. To zmenšuje kapacitu stokové sítě.

Minimální sklon je také možné určit pomocí minimální transportní rychlosti a to tak, že minimální transportní rychlost pro dešťovou kanalizaci je 0,75 m/s. Pro posouzení se použije srážka s těmito charakteristikami – 15 min déšť s periodicitou 0,2 (Metodická pomůcka MMR, 2019).



Obr. č. 11. Dešťová kanalizace (foto: autor, 2021)

6.1.9. Drenáže

Drenáže jsou zařízení zachycující a svádějící podpovrchovou a podzemní vodu do vhodného místa. Dle potřeby mají umožnit volný průchod vody horizontálně či vertikálně (obr. č. 12). Drén tedy nemusí být jen perforované potrubí, ale též i štěrková vrstva či konstrukce ze speciální geotextilie (TP 83, 2014).



Obr. č. 12. Drenážní rýha (foto: autor, 2021)

7. Technické parametry a konkrétní příklady zasakovacích zařízení

Při volbě způsobu odvodnění musí být zohledněna jeho místní proveditelnost a přípustnost, z nichž vyplyne technické řešení včetně případné nutnosti předčištění srážkových vod. Volba způsobu odvodnění se řídí těmito prioritami (TNV 75 9011, 2013):

- 1) odvádění srážkových vod do půdního a horninového prostředí (vsakování)
- 2) retence a regulované odvádění srážkových vod do povrchových vod
- 3) retence a regulované odvádění srážkových vod jednotnou kanalizací.

7.1. Proveditelnost

Technická proveditelnost určitého způsobu odvodnění v dané lokalitě se zkoumá v pořadí priorit a závisí především na velikosti odvodňované plochy a na množství srážkových vod, na geologických podmínkách, na dostupnosti vodního toku nebo kanalizace, na prostorových možnostech, na možnostech retence, na stavebních a technologických možnostech a na sousedsko-právních vztazích.

U každé stavby musí být proveden geologický průzkum, který zhodnotí možnost vsakování srážkových vod. Způsob, rozsah a výstupy geologického průzkumu pro vsakování podrobně stanoví ČSN 75 9010. Nejdůležitější aspekty, směrodatné pro proveditelnost vsakování z geologického hlediska dle normy TNV 75 9011 jsou:

–vsakovací schopnost půdního a horninového prostředí, která určuje velikost vsakovací plochy vsakovacího zařízení (čím větší je koeficient vsaku, tím menší může být tato plocha)

–mocnost špatně propustných krycích vrstev (nad půdním a horninovým prostředím, do něhož se vsakuje), která ovlivňuje technické a konstrukční řešení vsakovacího zařízení

–vzdálenost hladiny podzemní vody, která limituje možnou hloubku vsakovacího zařízení; úroveň základové spáry vsakovacího zařízení by měla být alespoň 1,0 m nad maximální hladinou podzemní vody.

7.2. Přípustnost

Přípustnost určitého způsobu odvodnění je nutno posuzovat ve vztahu k příjemci srážkových vod. Nejdůležitějšími kritérii přípustnosti jsou aspekty ochrany podzemních vod a povrchových vod a aspekty ochrany půdy. Srážkové vody odtékající z urbanizovaného území jsou znečištěny látkami obsaženými v atmosféře a látkami pocházejícími z materiálu a užívání odvodňovaných ploch. Není vhodné směřovat málo znečištěné a vysoce znečištěné srážkové vody (tab. č. 2) a také srážkové vody s různými typy znečišťujících látek, vyžadující odlišné způsoby předčištění (TNV 75 9011, 2013).

Typ údržby	Úkon údržby	Četnost údržby
Pravidelná údržba	Čištění povrchů	3× ročně, popřípadě dle specifických potřeb (instrukce výrobce)
Příležitostná údržba	Stabilizace (z hlediska sedimentů) a kosení přilehlých ploch	Dle potřeby
	Pletí	Dle potřeby
Opravy	Snížení okolních ploch, aby z nich nedocházelo k odnosu sedimentů na propustné zpevněné povrchy (viz 5.1.3.2)	Dle potřeby
	Oprava míst, kde se v důsledku poklesu povrchu tvoří kaluže	Dle potřeby
	Oprava povrchu a podpovrchové vrstvy	Dle potřeby (pokud je snížena vsakovací schopnost zařízení díky jeho zanesení)
Kontrola	Počáteční kontrola	1× měsíčně po dobu 3 měsíců po dokončení
	Kontrola známek snížené funkčnosti a výskytu plevele	1× za 3 měsíce, po přivalových deštích
	Kontrola akumulace prachu a sedimentu ve spárách propustných zpevněných povrchů za účelem správného určení četnosti jejich čištění	Každoročně
	Kontrola (případných) kontrolních šachet	Každoročně

Tab. č. 2. Úkony údržby propustných zpevněných povrchů (TNV 75 9011, 2013)

7.3. Příklady zasakování srážkových vod

7.3.1. Obrubníková odvodnění

Jedná se o prefabrikované betonové celky buď v jednom kuse, nebo složené z horní a spodní části. Při pokládce souvislých bloků se vytvoří souvislý uzavřený vnitřní kanál. Část jednotky vyčnívající nad povrch vozovky vypadá jako široký obrubník a na přední straně má předlisovaný otvor, který vpouští vodu do vnitřní dutiny a tím zaručí rychlé a plynulé odvodnění komunikací, protože voda nemusí urazit dlouhou vzdálenost k nejbližší vpusti, nerozlévá se po krajnici (obr. č. 13). Tyto jednotky jsou zvláště užitečné tam, kde jsou obrubníky nezbytné v místech s malým nebo žádným podélným gradientem. Mohou být také užitečné tam, kde je na okraji silnice řada veřejných služeb, zejména v městských oblastech. Při použití obrubníkového odvodnění se vyřeší tři požadavky v jediném produktu: spolehlivě se odvede voda z komunikace, instaluje se obrubník a nemusí se kopat a hutnit další kanalizace ve vozovce (Department of the environment, heritage and local government, 2014).



Obr. č. 13. Obrubníkové odvodnění (MEA water management, 2021)

7.3.2. Propustná dlažba Birkerød, Dánsko

Společnost Orbicon spolupracovala s oddělením dálnic v Rudersdal a navrhla rozšíření pěší ulice v Birkerødu. Povrch nové ulice pro pěší zajišťuje městský design citlivý na vodu (známý jako WSUD) a současně udržuje kanalizační systém bez dešťové vody (obr. č. 14). Dešťová voda je napájena speciálním povrchem, který mimo jiné filtruje dešťovou vodu a přivádí ji do zásobníku podzemní vody (trativodu), z něž voda klesá do podzemní vody. Toto řešení je navrženo tak, aby se vyrovnalo silným objemům dešťů; mimo jiné bylo i vytvořeno odtokové potrubí, které v krátké době zvládá obrovské deště. Zahrada byla také postavena uprostřed pěší ulice, která shromažďuje dešťovou vodu používanou pro zalévání stromů (Water Sensitive Urban Design in Denmark, 2011).



Obr. č. 14. Propustná dlažba Birkerød, Dánsko
(Water Sensitive Urban Design in Denmark, 2011)

7.3.3. Zelená ulice v Portlandu v USA

Kampus státní univerzity v Portlandu obsahuje řadu krajinářských prvků, které zachycují a infiltrují velké množství vody z ulice. Tento inovativní projekt Streetscape efektivně spravuje odtok z ulice při zachování silné cirkulace chodců a parkování na ulici. Tento projekt modernizace ulice a ukazuje, jak navrhnout nové i stávající ulice v centru města nebo vysoce urbanizované oblasti, které mají přímý přínos pro životní prostředí a jsou esteticky integrovány do městské ulice (obr. č. 15). Tento efektivní, funkční projekt zelené ulice úspěšně začleňuje krajinářské prvky do městské oblasti. Tento systém spravuje téměř veškerý roční průtok ulice (The city of Portland, Oregon, 2018).



Obr. č. 15. Zelená ulice v Portlandu v USA (The city of Portland, Oregon, 2018)

7.3.4. Vsakovací systém MEA-ENREGIS X-BOX

System pro vsakování dešťových vod naplňuje požadavky na účinnost, údržbu a životnost.

Tento systém výškově modifikovaných bloků v rozmezí standardních výšek 100-200-300-400-500-600 mm umožňuje vyřešit téměř veškeré požadavky na uložení a dostatečnou kapacitu. Kombinací jednotlivých elementů můžeme docílit přesně takové hloubky vsakovací galerie, jakou nám prostor umožňuje. Extrémně pevné vsakovací boxy, které jsou certifikovány až na 600 kN/m², zaručují absolutní spolehlivost a stabilitu i v extrémních podmínkách. Kvalita a pevnost vsakovacích bloků umožňuje vyřešit i problematické projekty (obr. č. 16).

Při napojení na systém boxů lze páteřní kanál snadno revidovat a čistit integrovanou kontrolní šachtou. Tato kontrolní šachta a čistící box slouží zároveň jako sedimentační komora. Při použití filtrační textilie kolem centrálního kontrolního boxu, kterým probíhá páteřní vtékání vody do systému, získáme další prostor pro zachycení sedimentů. Celá vsakovací galerie je opatřena filtrační geotextílií, která zabraňuje pronikání sedimentů do vsakovací galerie (MEA water management, 2021).



Obr. č. 16. Ukázka z realizace vsakovacích a retenčních objektů
(MEA water management, 2021)

7.3.5. Vsakovací systém NICOLL GARANTIA

Povrchová a dešťová voda, která vtéká do vsakovacího, retenčního nebo akumulacího objektu vždy vyžaduje nějakou úpravu. Může to být odlučovač lehkých kapalin, lapač písku, filtrační šachta nebo filtr, který odstraňuje z přitékající vody olej, nečistoty a unášené částice. Pronikání nečistot do vsakovacího objektu je třeba vždy zabránit. Jinak je velké riziko zanášení vsakovacího/retenciho objektu a postupného snižování vsakovací nebo retenci schopnosti.

Dno výkopu musí být vždy připraveno jako vodorovné lože stavební jámy s příslušnou únosností. Ostré předměty a větší kameny či podobná cizí tělesa je třeba odstranit. Potom se vytvoří šterkové lože o tloušťce nejméně 80 mm. Upraví se do roviny a slouží jako základ pro další fáze stavby. V rohu výkopu je vhodné prohloubit jámu, do které se může případná srážková voda během výstavby vsakovacího/retenciho objektu stahovat.

Geotextilie vytváří ochrannou vrstvu pro vsakovací/retenci objekt a brání pronikání nečistot dovnitř. Geotextilii (min. 200 g/m²) je třeba chránit před poškozením. Geotextilie se položí v pásích na podkladní vrstvu. Přesah jednotlivých pásů musí být minimálně 200 mm. Je vhodné si již v této fázi připravit dostatek geotextilie i na boky vsakovacího objektu.

Vsakovací blok se umístí na podkladovou desku, do které zapadne pomocí tlaku shora. Pro využití inspekční funkce je třeba všechny bloky pokládat ve stejném směru a to tak, aby otevřené strany každého bloku směřovaly ke kratším stranám celého vsakovacího/retenciho objektu. Ke vzájemnému spojení bloků v jednotlivých vrstvách je možné použít spojek. Ve většině případů stačí propojit spojkami všechny základny a vsakovací bloky v každé vrstvě po obvodu celého objektu. Soudržnost je zajištěna zacvaknutím jednotlivých bloků nad sebou. Moduly musejí být orientovány v jednom směru, aby vytvořily inspekční tunely. Díky vylisovaným otvorům a výstupkům na sloupcích bloku je možné zacvaknutí pouze v jednom směru. Po sestavení celého vsakovacího/retenciho objektu se nasadí koncové desky na všechny otevřené stěny bloků. Jakmile jsou jednotlivé moduly a bloky usazeny, celý systém se obalí geotextilií minimální plošné hmotnosti 200 g/m². Tím se zabrání průniku nečistot do objektu (obr. č. 17).

Před zasypáním objektu je nutno připojit veškeré vstupy, odvětrání a šachty. Je třeba zajistit, aby při zásypu nedošlo k rozhrnutí geotextilie. Přesahy geotextilie musí být zachovány i při zasypávání (Nikoll, 2021).



Obr. č. 17. Ukázka z realizace vsakovacích a retenčních objektů (Nikoll, 2021)

7.3.6. Vsakovací systém WAVIN AQUACELL

Koncept je založen na malém počtu systémových komponentů. Ty mohou plnit různé funkce podle typu konstrukce. Díky modulárnímu systému je možné využít prostorově místní podmínky stavby a navrhování v různých tvarech. Patentované integrované konektory snižují časovou náročnost na montáž spojovacích elementů k zajištění stability sestavy. Při pokládce se do sebe konektory zamykají a zajišťují tak svou vzájemnou pozici v podélném a příčném směru. Při skládání více vrstev na sebe se horní vrstva zasouvá do předpřipravených fixačních pouzder ve spodní vrstvě. Boční desky uzavírají po obvodu vyskládaný objekt. Desky se zavěšují do předpřipravených pouzder, po uvolnění se deska zafixuje na doraz opěrných sloupů.

Na vybraných pozicích se osadí vstupní hrdlo v rozmezí DN 160, 200, 315 a DN 400. Boční desku lze půlit a ukončit tak chybějící boční stěnu. Vstupní hrdlo lze osadit k hornímu nebo spodnímu okraji akumulárního boxu. Při montáži nezůstávají na povrchu akumulárních boxů montážní elementy, otevřené otvory či jiné překážky. Povrch je ideálně rovný. Hrany jsou zaoblené, aby nehrozilo poranění nebo protržení obalových materiálů. Ke spojování není

potřeba jiných nástrojů nebo spojovacích elementů. Celá sestava se dokončuje obalením geotextilie nebo hydroizolačním souvrstvím při splnění montážních předpisů (obr. č. 18). Hutnění začíná z bočních stran, přičemž se hutní po vrstvách max. 30 cm. Postupné hutnění probíhá až do dosažení horního okraje sestavy (Wavin, 2021).



Obr. č. 18. Ukázka z realizace vsakovacích a retenčních objektů (Wavin, 2021)

8. Metodika

V praktické části práce je proveden výpočet a návrh zasakovacího zařízení pro výstavbu nové komunikace v obci Budiměřice.

Při dimenzování vsakovacích zařízení je nutné stanovit retenční objem vsakovacího zařízení a dobu jeho prázdnění. Způsob výpočtu vsakovacích zařízení je navržen dle ČSN 75 9010.

8.1. Odvodňovaná plocha

Redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy A_{red} [v m²] se stanoví podle vztahu:

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

kde je

A_i – půdorysný průmět odvodňované plochy určitého druhu, v m²

ψ_i – součinitel odtoku srážkových povrchových vod pro odvodňovanou určitý druhu (tab. č. 3)

n – počet odvodňovaných ploch určitého druhu

Druh odvodňované plochy; druh úpravy povrchu	Sklon povrchu		
	do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
	Součinitel odtoku srážkových povrchových vod ψ		
Střechy s propustnou horní vrstvou o tloušťce větší než 100 mm (střešní zahrady)	0,7 ⁿ	0,7 ⁿ	0,7 ⁿ
Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě nebo střechy s propustnou horní vrstvou o tloušťce do 100 mm (střešní zahrady)	0,9 ⁿ	0,9 ⁿ	0,9 ⁿ
Střechy s nepropustnou horní vrstvou	1,0	1,0	1,0
Střechy s nepropustnou horní vrstvou o ploše větší než 10 000 m ²	0,9	0,9	0,9
Asfaltové a betonové plochy, dlažby se záhlvkou spár	0,7	0,8	0,9
Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
Upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
Komunikace ze zatravnovacích tvárnic	0,2	0,3	0,4
Komunikace ze vsakovacích tvárnic	0,2	0,3	0,4
Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
Zatravněné plochy	0,05	0,1	0,15

ⁿ Tyto součinitele odtoku srážkových povrchových vod platí pouze pro dimenzování vsakovacích zařízení.

Tab. č. 3. Součinitele odtoku srážkových povrchových vod (Vrána, 2011)

8.2. Vsakovací plocha

Vsakovací plocha vsakovacího zařízení A_{vsak} [m²] se stanoví podle vztahu:

$$A_{vsak} = L \cdot b' = L \cdot \left(\frac{h_{vz}}{2} + b \right)$$

kde je

L – délka podzemního prostoru, v m

b – šířka podzemního prostoru, v m

b' – šířka vsakovací plochy podzemního prostoru, v m

h_{vz} – výška propustných stěn, v m

Při nepropustných stěnách vsakovacího zařízení nebo pro zjednodušení výpočtu lze předpokládat, že vsakovací plocha A_{vsak} se rovná ploše propustného dna vsakovacího zařízení. Vsakovací plocha kombinovaných vsakovacích zařízení se stanoví individuálně.

Před výpočtem retenčního objemu povrchových vsakovacích zařízení nebo podzemních prostorů a tunelových podzemních vsakovacích zařízení je možné odhadnout vsakovací plochu vsakovacího zařízení A_{vsak} [m²] podle vztahu:

$$A_{vsak} = (0,1 \text{ až } 0,3) \cdot A_{red}$$

kde je

A_{red} - redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy v m²

8.3. Retenční objem vsakovacího zařízení

Přítok do vsakovacího zařízení je zpravidla rychlejší než odtok (vsakování). Proto je nutné, aby povrchová i podzemní vsakovací zařízení měla určitý retenční objem V_{vz} [m³], který se pro odvodňované plochy do 3 ha stanoví podle vztahu:

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

kde je

h_d – návrhový úhrn srážek podle přílohy A normy ČSN 75 9010 s odpovídající dobou trvání t_c a stanovenou periodicitou dle ČSN 75 9010, v mm (tab. č. 4)

A_{red} – redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy, v m²

f – součinitel bezpečnosti vsaku dle ČSN 75 9010

k_v – koeficient vsaku, v m·s⁻¹

A_{vsak} – vsakovací plocha vsakovacího zařízení v m²

A_{vz} – plocha hladiny vsakovacího zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení), v m²

t_c – doba trvání srážky určité periodicity dle přílohy A ČSN 75 9010 nebo přesnějších místě platných hydrologických údajů ‰ (tab. č. 4)

Nadmořská výška (m n. m.)	Periodicita P (rok ⁻¹)	Doba trvání srážek t_c (min)																
		5	10	15	20	30	40	60	120	240	360	480	600	720	1080	1440	2880	4320
		Návrhové úhrny srážek h_d (mm)																
Do 650	0,2	12	18	21	23	25	27	29	35	39	44	49	50	51	54	55	73	85
	0,1	14	21	24	27	30	32	35	42	46	54	56	58	59	63	66	88	100
Nad 650	0,2	11	15	17	20	23	26	30	40	49	58	67	76	85	99	104	156	179
	0,1	12	17	20	22	26	30	35	46	56	67	77	87	98	122	130	200	235

Tab. č. 4. Návrhové úhrny srážek v ČR (Vrána, 2011)

8.4. Doba prázdnění vsakovacího zařízení

Doba prázdnění vsakovacího zařízení T_{pr} [s] se stanoví podle vztahu:

$$T_{pr} = \frac{f \cdot V_{vz}}{k_v \cdot A_{vsak}}$$

kde je

f – součinitel bezpečnosti vsaku

V_{vz} – retenční objem vsakovacího zařízení v m^3

k_v - koeficient vsaku, v $m \cdot s^{-1}$

A_{vsak} - největší vypočtený retenční objem (návrhový objem) vsakovacího zařízení, v m^3

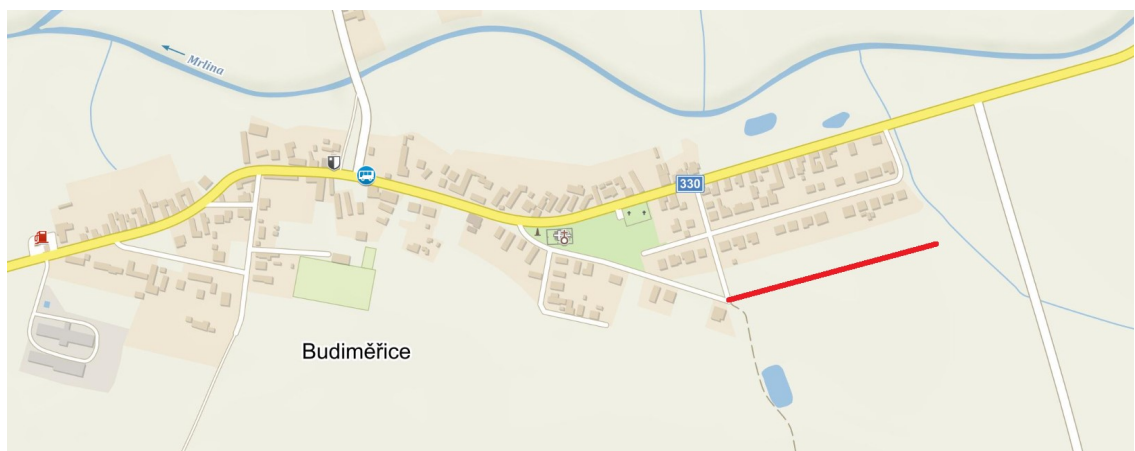
9. Výsledky

9.1. Popis území

Sledovaná lokalita se nachází v obci Budiměřice v okrese Nymburk. Stavba se nachází v jihovýchodní části obce na stávající orné půdě (obr. č. 19). Výstavbou místní komunikace bude zabezpečena obsluha nově vznikající rodinné zástavby.

Celková délka výstavby činí 239 m. Podélný sklon komunikace je 1-5 %. Příčný sklon je projektován jako jednostranný se základním sklonem 2,5 %. Nově navržená komunikace navazuje na stávající místní komunikaci v obci a je navržena jako slepá obousměrná komunikace o dvou jízdnicích š. 2,75 m v režimu obytné zóny. Komunikace je navržena ze zámkové dlažby o celkové výměře 1314,5 m². Během výstavby se nepředpokládá zastižení hladiny spodní vody. Dle posudku se hladina podzemní vody nachází v hloubce $\geq 5,0$ m.

Dešťové vody budou odváděny podélným a příčným sklonem k uličním vpustem. Odvedení dešťových vod je řešeno uličními vpustěmi s litinou mříží 500x500 D 40 t, které jsou napojeny do nově vybudovaných vsakovacích objektů. UV1, UV2 a UV3 budou zaústěny do vsakovacího objektu 1. UV4, UV5 a UV6 budou zaústěny do vsakovacího objektu 2. Součástí každého vsakovacího objektu budou dvě revizní šachty pro účely údržby a čištění.



Obr. č. 19. Poloha nově vznikající lokality v obci Budiměřice (Mapy, 2022)

9.2. Odvodňovaná plocha

Odvodňovaná plocha 1314,5 m² je rozdělena do dvou samostatně odvodňovaných ploch A1 (700 m²) a A2 (614,5 m²). Součinitel odtoku srážkových povrchových vod je dle ČSN 75 9010 pro odvodňovanou plochu tvořenou dlažbou s pískovými spárami ve sklonu povrchu 1-5 % stanoven 0,6 (tab. č. 3).

$$A_{red1} = 700 \cdot 0,6 = \underline{420 \text{ m}^2}$$

$$A_{red2} = 614,5 \cdot 0,6 = \underline{368,7 \text{ m}^2}$$

9.3. Vsakovací plocha

Pro zjednodušení výpočtu lze předpokládat, že vsakovací plocha A_{vsak} se rovná ploše propustného dna vsakovacího zařízení. Vsakovací plocha kombinovaných vsakovacích zařízení se stanoví individuálně. Vsakovací plochu vsakovacího zařízení A_{vsak} [m²] dle odhadnou podle výše uvedeného vztahu:

$$A_{vsak 1} = 0,1 \cdot 420$$

$$A_{vsak 1} = \underline{42 \text{ m}^2}$$

$$A_{vsak 2} = 0,1 \cdot 368,7$$

$$A_{vsak 2} = \underline{36,87 \text{ m}^2}$$

9.4. Retenční objem vsakovacího zařízení

Přítok do vsakovacího zařízení je zpravidla rychlejší než odtok (vsakování). Proto je nutné, aby povrchová i podzemní vsakovací zařízení měla určitý retenční objem V_{vz} [m³], který je pro odvodňované plochy vypočítán v tab. č. 7. Pro výpočet jsou použity hodnoty z nejbližší meteorologické stanice Mšeno (tab. č. 5 a tab. č. 6.).

$$A_{red} 1 = 420 \text{ m}^2$$

$$A_{vsak} 1 = 42 \text{ m}^2$$

$$A_{red} 2 = 368,7 \text{ m}^2$$

$$A_{vsak} 2 = 36,87 \text{ m}^2$$

$$f = 2$$

$$P = 0,1$$

$k_v = 4 \times 10^{-5}$ (uveden ve výstupu geologického průzkumu pro druh pískové zeminy s jílovitými částicemi)

Číslo stanice	Místo	Nadmořská výška [m n. m.]	Periodicita p [rok ⁻¹]	Doba trvání srážek t_c [min]							
				5	10	15	20	30	40	60	120
				Návrhové úhrny srážek h_d [mm]							
7	Mšeno	352	0.2	10.9	14.9	17.4	19.1	21.4	23.2	25.6	29.7
			0.1	12.6	17.7	20.7	22.8	25.9	27.8	30.9	36.0

Tab. č. 5. Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5 min až 120 min pro Mšeno

(ČSN 759010, 2017)

Číslo stanice	Místo	Nadmořská výška [m n. m.]	Periodicita p [rok ⁻¹]	Doba trvání srážek t_c [h]								
				4	6	8	10	12	18	24	48	72
				Návrhové úhrny srážek h_d [mm]								
7	Mšeno	352	0.2	33.8	36.3	38.0	39.0	39.6	41.4	42.2	52.3	56.4
			0.1	41.1	44.1	46.6	47.2	47.9	50.0	50.8	62.5	67.2

Tab. č. 6. Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 4 h až 72 h pro Mšeno

(ČSN 759010, 2017)

Výpočet V_{vz1} a V_{vz2} je uveden v tab. č. 7 pro jednotlivé návrhové úhrny srážek.

t_e [min]	h_d [mm]	V_{vz1} [m ³]	V_{vz2} [m ³]
5	12,6	5,57	4,89
10	17,7	7,67	6,74
15	20,7	8,81	7,73
20	22,8	9,53	8,36
30	25,9	10,45	9,18
40	27,8	10,83	9,51
60	30,9	11,25	9,88
120	36	10,58	9,29
240	41,1	6,89	6,05
360	44,1	2,23	1,96
480	46,6	-2,66	-2,34
600	47,2	-8,43	-7,40
720	47,9	-14,16	-12,43
1080	50	-31,33	-27,51
1440	50,8	-49,11	-43,11
2880	62,5	-116,28	-102,07
4320	67,2	-186,68	-163,88

Tab. č. 7. Výpočet V_{vz1} a V_{vz2}

Největší hodnota retenčního objemu navrhovaného zasakovacího zařízení je pro objekt 1 při návrhové srážce 60 min 11,25 m³. Pro objekt 2 vychází nejvyšší hodnota retenčního objemu 9,88 m³. Návrhová srážka je stejná jako u objektu 1 a to 60 min.

9.5. Doba prázdnění vsakovacího zařízení

Doba prázdnění vsakovacího zařízení T_{pr1} a T_{pr2} je uvedena pro největší hodnotu retenčního objemu V_{vz1} a V_{vz2} při návrhové hodnotě úhrnu srážky s dobou trvání 60 min je uvedena v tab. č. 8.

t_c [min]	V_{vz1} [m ³]	T_{pr1} [s]	V_{vz2} [m ³]	T_{pr2} [s]
60	11,25	1339	9,88	1344

Tab. č. 8. Výpočet T_{pr1} a T_{pr2}

V tab. č. 8 jsou tučně uvedeny hodnoty T_{pr1} [s] a T_{pr2} [s] pro dobu trvání srážky 60 min.

$$T_{pr1} = 1339 \text{ s} = \underline{\underline{0,4 \text{ hod.} - \text{vyhovuje}}}$$

Doba prázdnění vsakovacího zařízení je 0,4 hod, tedy menší než 72 hod.

$$T_{pr2} = 1344 \text{ s} = \underline{\underline{0,4 \text{ hod.} - \text{vyhovuje}}}$$

Doba prázdnění vsakovacího zařízení je 0,4 hod, tedy menší než 72 hod.

Protože je retenční objem počítán pro srážky s periodicitou 0,1/rok, může být doba prázdnění nejvíce 72 hodin.

9.6. Návrh

Výsledkem práce je navržení dvou zasakovacích objektů pro odvodnění nově budované místní komunikace v obci Budiměřice. Dlážděná komunikace s podélným spádem 1-5 % a příčným sklonem 2,5 % bude odvádět srážkovou vodu do 6 uličních vpustí, které budou osazeny dle staničení po 40 m. Celková plocha komunikace je dle místních poměrů rozdělena na dvě části. UV 1-3 jsou svedeny do zasakovacího objektu 1 a UV 4-6 do zasakovacího objektu 2. V místních podmínkách se neuvažuje s velkým dopravním provozem, tudíž se nepočítá s předčištěním srážkových vod. Pro mechanické čištění splavenin jsou navrženy v uličních vpustech čistící koše. Údržba zasakovacích objektů lze provést přes revizní šachty, které budou umístěny na začátku a konci zasakovacích objektů.

Dle výsledku výpočtu jsem navrhl zasakovací bloky EcoBloc o technických parametrech:

Zasakovací blok EcoBloc:

Délka 800 mm Šíře 800 mm Výška 320 mm Objem 0,2048 m³

Z těchto parametrů je znám objem jednoho zasakovacího bloku EcoBloc a v tab. č. 9 přepočten na celkové množství zasakovacích bloků EcoBloc v souvislosti na A_{red} a V_{vz} .

Název	ÚV	Technologie	A_{red}	V_{vz}	RŠ
1	UV1, UV2, UV3	EcoBloc 55 ks	42 m ²	11,25m ³	2 ks
2	UV4, UV5, UV6	EcoBloc 48 ks	36,87 m ²	9,88 m ³	2 ks
celkem	---	103 ks	78,84 m²	21,13 m³	4 ks

Tab. č. 9. Soupis počtu zasakovacích bloků EcoBloc

Celkový počet zasakovacích bloků EcoBloc pro oba zasakovací objekty je 103 ks.

10. Diskuse

Pro odvodňované území nově vznikající ulice v Budiměřicích bylo navrženo odvedení srážkových vod podélným a příčným sklonem komunikace k uličním vpustím. Tyto uliční vpusti jsou zaústěny do dvou zasakovacích objektů. Konkrétní opatření je navrženo ve výsledcích práce i s výpočtem objemu zasakovacích zařízení a přesným počtem zasakovacích boxů.

Návrh zasakovacího průlehu by byl jistě levnější alternativou, ale plánem obce je vybudování podélných parkovacích stání pro osobní automobily, a to by z prostorových důvodů nebylo možné. Toto řešení zasakovacího zařízení bylo navrženo z důvodu úspory uličního prostoru.

Udržitelný rozvoj měst obecně a zejména udržitelné hospodaření s dešťovou vodou ve městech často zdůrazňuje význam odklonu od konvenčního hospodaření s dešťovou vodou pomocí rozsáhlých potrubních infrastruktur směrem k decentralizovanějším řešením založeným na přírodě. Tato alternativní řešení pro sběr dešťové vody zahrnující takové technologie, jako jsou zelené střechy, umělé mokřady, zasakovací boxy, propustné chodníky a vsakovací příkopy jsou považována za vhodnější pro hospodaření s dešťovou vodou v hustě obydlených městech, a to ještě více v důsledku změny klimatu (Soler, 2018).

Technologii ke zlepšení kontroly odtoku z měst a zavlažování veřejných a soukromých zelených ploch srážkovou vodou je populární i v dalších zemích, jako je Rakousko, Švýcarsko, Belgie a Dánsko, přičemž hlavním hnacím motorem je cena pitné vody.

Dobrým příkladem postupů sběru nebo zasakování dešťových vod v rámci udržitelného rozvoje měst citlivého na vodu je Hammarby Sjöstad ve stockholmském Švédsku, který zahrnuje i sběr pouličních odtoků (Campisano, 2017).

Nedostatek vody je velkým problémem i v mnoha rozvojových zemích. V závislosti na intenzitě srážek představuje dešťová voda potenciální zdroj pitné vody. Kromě toho by jeho řádné řízení mohlo snížit vodní a potravinovou krizi v některých z těchto regionů (Helmreich, Horn, 2008).

11. Závěr

Hospodaření se srážkovou vodou je jedna z aktuálně nejvíce řešených problematik. Tradičně je většina srážkových vod je odváděna kanalizací. Jednotný stokový systém je, zvláště při velkých vzdálenostech, ekonomicky náročný na výstavbu, navíc nahodilost výskytu srážek vytváří tlak na ČOV. Zároveň dochází ke zrychlování odtoku vody z území. Vhodnějším řešením se v současné době jeví podpora zadržetí srážkové vody v urbanizovaném území formou tvorby ať už povrchových nebo podzemních retenčních objektů, které zbrzdí odtok vody z daného území.

Dobrým příkladem pro prezentaci možnosti odvodnění jinou alternativou než svedením do jednotné kanalizačního systému je nově budovaná lokalita s výstavbou místní komunikace v rozvíjející se obci. Je zde navržen konkrétní způsob odvodnění a následného zasakování srážkových vod. Z důvodu malé šíře uličního prostoru není možné řešit odvodnění formou příkopu nebo průlehu, odvodnění musí být tedy provedeno podzemním vsakovacím zařízením.

Návrh obsahuje odvodnění komunikace podélným a příčným sklonem do uličních vpustí, které jsou propojeny se zasakovacími objekty. Inženýrské sítě se v místě zasakovacích objektů nenacházejí.

Odvod srážkových vod z těchto ploch je řešen tak, aby srážkové vody zůstávaly v místě spadu.

Vsakování a retence srážkové vody v urbanizovaných oblastech je velmi důležitá, jelikož vrací dešťovou vodu do přirozeného koloběhu přímo v místě spadu srážek.

Provoz a údržba vsakovacích systémů je proti kanalizačním sítím a čistírnám odpadních vod levnější a jednodušší.

Vhodnou volbu objektů pro hospodaření se srážkovou vodou a správné dimenzování je jistě důležitou částí dnešního přístupu k řešení odvodnění urbanizovaného území. Ovšem zároveň je neopominutelnou součástí koncepce odvodnění i vhodná volba způsobu a intervalu údržby navržených vsakovacích systémů v obci. Provoz a údržba je sice oproti kanalizačním sítím levnější a jednodušší, ovšem neměla by být zanedbávána.

12. Seznam použitých zdrojů

CAMPISANO A., a kol., 2017: Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. Water Research 115. 195-209 s.

ČHMÚ, ©2020: Mapy charakteristik klimatu (citováno) [cit. 2021.11.03.]

dostupné z:

http://www.intranet.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/SRA_2020.gif

ČSN 73 6110: Projektování místních komunikací. Český normalizační institut, Praha. 5, 2006. 126 s.

ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017. 44 s.

DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, HERITAGE AND LOCAL GOVERNMENT, 2014: Guidelines for road drainage (citováno) [cit. 2022.02.04.]

dostupné z:

<http://www.roadex.org/wp-content/uploads/2014/01/Guidelines-on-Road-Drainage.pdf>

HEIN D.K., 2014: Přemalby Pavement Design and Construction Case Studies in North America. Conference: Transportation Association of Canada 2014 Annual Meeting (citováno) [cit. 2022.03.21.]

dostupné z:

www.researchgate.net/publication/290946871_Permeable_Pavement_Design_and_Construction_Case_Studies_in_North_America

HELMREICH B., HORN H., 2008: Opportunities in rainwater harvesting. Desalination 248. 118–124 s.

HONSOVÁ, M.,2006: Srážkové poměry v České republice (citováno) [cit. 2021.10.27.]

dostupné z:

[http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=650.](http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=650)

HLAVÍNEK, P. a kol., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. 1. Vydání. Brno: NOEL 2000. 164 s.

CHALOUPKA, V., 2006: Srážkové vody a zákon o vodovodech a kanalizacích (citováno) [cit. 2021.10.27.] dostupné z:

[http://www.voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/3757-srazkove-vody-a-zakon-o-vodovodech-a-kanalizacich.](http://www.voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/3757-srazkove-vody-a-zakon-o-vodovodech-a-kanalizacich)

KREJČÍ, V. a kol., 2002: Odvodnění urbanizovaných území - Koncepční přístup. 1. Vydání. Brno: NOEL 2000, 562 s.

MAPY,. ©2022: (citováno) [cit. 2022.02.22.]

dostupné z:

[http://www.mapy.cz/zakladni?x=15.1010914&y=50.1951627&z=16&l=0.](http://www.mapy.cz/zakladni?x=15.1010914&y=50.1951627&z=16&l=0)

MEA WATER MANAGEMENT,. ©2021: Katalog Vsakování a čištění dešťových vod. 15 s.

MEA WATER MANAGEMENT,. ©2022:Mea Kerb (citováno) [cit. 2022.02.22.]

dostupné z:

[http://www.mea-odvodneni.cz/mea-kerb/sortiment/198.](http://www.mea-odvodneni.cz/mea-kerb/sortiment/198)

MEIBNER E., NADLER A., ROSENZWEIG G., 2006: Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech Bavorský zemský vodohospodářský úřad. Ústav pro ekopolitiku pro Ministerstvo zemědělství České republiky. 40 s.

METODICKÁ POMŮCKA MMR,. ©2019: Vsakování srážkových vod. Odbor
stavebního řádu (citováno) [cit. 2022.02.04.]

dostupné z:

http://www.mmr.cz/getattachment/e16069fa-3bf8-4a1d-82af-28a17df865c5/Methodika-vsakovani_srpen2019.pdf.aspx?lang=cs-CZ&ext=.pdf.

NIKOLL,. ©2021: Hospodaření s dešťovou vodou (citováno) [cit. 2021.12.02.]

dostupné z:

http://www.aliaxis.cz/cs/produkty/inzenyrske-site/vsakovani_a_retence.

http://www.aliaxis.cz/default_upload_bucket/hospodareni_DEST_VODA_2021_web_1.pdf.

SANSALONE ., KUANG X., YING G., RANIERI V., 2012: Filtration and clogging
of permeable pavement loaded by urban drainage. Water Research 46. 6763-6774 s.

SLAVÍKOVÁ, L., (ed.), 2007: Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích.
IREAS, Institut pro strukturální politiku, Praha: 82 s.

SOLER N. G., a kol., 2018: Rain and the city: Pathways to mainstreaming rainwater
harvesting in Berlin. Geoforum 89. 96-106 s.

SYNÁČKOVÁ, M., 2014: Základy vodního hospodářství. Studijní texty ČZU v Praze.
96 s.

THE CITY OF PORTLAND, OREGON,. 2018: SW 12th Avenue Green Street
(citováno) [cit. 2022.02.04.]

dostupné z:

<http://www.portlandoregon.gov/bes/article/123776>.

TNV 75 9011,. 2013: Hospodaření se srážkovými vodami. Praha: Sweco Hydroprojekt
a.s., (citováno) [cit. 2021.12.02.] dostupné z:

http://www.eagri.cz/public/web/file/209372/TNV_75_9011_brezen_2013.pdf.

TP 83: Odvodnění pozemních komunikací. Ministerstvo dopravy České republiky, Praha, 2014. 60 s.

TP 170: Navrhování vozovek pozemních komunikací. Ministerstvo dopravy České republiky, 2014. 23 s.

VÍTEK, J. a kol., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Praha, 128 s.

VRÁNA, J., 2011: Dimenzování vsakovacích zařízení dle nové ČSN 75 9010 (citováno) [cit. 2022.02.04]

<http://www.voda.tzb-info.cz/destova-voda/7558-dimenzovani-vsakovacich-zarizeni-dle-nove-normy-csn-75-9010>.

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

WATER SENSITIVE URBAN DESIGN IN DENMARK., 2011: Propustná dlažba, Birkerød (citováno) [cit. 2022.02.04.]

dostupné z:

<http://wsud-denmark.com/permeable-paving-birkerod/home-page/34821>.

WAVIN, . ©2021: Hospodaření s dešťovou vodou (citováno) [cit. 2021.12.02.]

dostupné z:

<http://www.wavin.com/cs-cz/katalog/destova-voda/zasakovani-a-retence/akumulacni-box-aquacell>.

ZAJÍČEK, J. a kol., 2021: Technologie stavby vozovek. Praha: ČKAIT. 394 s.

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

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

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