

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



**Česká
zemědělská
univerzita
v Praze**

**Zasakování dešťových vod jako způsob nakládání s
dešťovými vodami**

Infiltration of storm water as approach to storm
water management

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Bakalant: Kateřina Tomanová

Vedoucí práce: prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kateřina Tomanová

Environmentální vědy

Aplikovaná ekologie

Název práce

Zasakování dešťových vod jako způsob nakládání s dešťovými vodami

Název anglicky

Infiltration of storm water as approach to storm water management

Cíle práce

Cílem práce je na základě literární rešerše zmapovat přístupy k zasakování dešťových vod v ČR a zahraničí, porovnat různá technická řešení a zjistit stav na českém trhu

Metodika

Literární rešerše

Doporučený rozsah práce

50

Klíčová slova

dešťové vody, zasakování, urbanizace,

Doporučené zdroje informací

Bonneau, J., Fletcher, T.D., Costelloe, J.F., Poelsma, P.L., James, R.B., Burns, M.J. 2018: Where does infiltrated stormwater go? Interactions with vegetation and subsurface anthropogenic features, *Journal of Hydrology*, Volume 567, Pages 121-132

Lancaster, B., *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond, Volume 1 : Guiding Principles to Welcome Rain into Your Life and Landscape*. Tuscon: Rainsource Press 2013

Vítek, J., Stránský D., Kabelková, I., Bareš, V., Vítek, R., *Hospodaření s dešťovou vodou*

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2019

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 05. 2020

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. RNDr. Dany Komínkové, Ph.D. a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce.

V Praze, dne 8. 6. 2020

Podpis:

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala především své vedoucí bakalářské práce, prof. RNDr. Daně Komínkové, Ph.D. za odborné vedení práce, hodnotné rady, lidský přístup, trpělivost a motivaci. Dále patří mé poděkování rodině, partnerovi, přátelům, spolužákům, Rektorátu ČZU, vyučujícím a referentkám studijního oddělení za celkovou podporu a vstřícný přístup během studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce komplexně popisuje přístupy k zasakování dešťové vody v České republice (ČR) z technického i legislativního hlediska a aspekty ovlivňující výběr konkrétního způsobu řešení zasakování dešťové vody na našem území. V rámci této práce byly vybrány přístupy a praxe ze Švýcarska a Německa, s cílem posouzení vlivu jejich přístupu k zasakování dešťové vody na stav v ČR. Ze zemí mimo evropský kontinent byla vybrána Austrálie z důvodu nalezení ukázky inovativního přístupu k celkové problematice hospodaření s dešťovou vodou a její infiltrace v urbanizovaném území. V další části práce je ukázka produktového portfolia zasakovacích systémů dohromady čtyř vybraných společností působících na českém trhu a v Austrálii, pro posouzení nabídky produktů a technologií v oblasti podzemních zasakovacích systémů využívající technický prvek. Práce je završena ukázkou inovativního přístupu k infiltraci a efektivnímu hospodaření s dešťovou vodou ze západní Austrálie prostřednictvím případové studie z oblasti White Gum Valley. Závěrem práce je zhodnocení situace v ČR, porovnání vybraných přístupů s výše zmíněnými zeměmi a nastínění možnosti pro zlepšení na našem území.

Klíčová slova

Dešťová voda, zasakování, urbanizace

Abstract

This bachelor's thesis comprehensively describes the approaches to rainwater infiltration in the Czech Republic from technical and legislative points of view, as well as the aspects influencing the choice of a specific solution of rainwater infiltration on our territory. The thesis covers Swiss and German approaches and practices in order to assess their impact on rainwater infiltration in the Czech Republic. As a case of a non-European country, Australia was chosen in order to find an example of an innovative approach to rainwater management in general and rainwater infiltration in urbanized areas. The second part of the thesis includes a demonstration of product portfolios with infiltration systems from four selected companies operating on the Czech market on the Australian market in order to assess the availability of products and technologies in terms of underground infiltration systems with a technical element. Finally, the thesis is completed with a demonstration of an innovative approach to rainwater infiltration and efficient rainwater management found in Western Australia using a case study from the White Gum Valley region. The thesis is concluded with an assessment of the situation in the Czech Republic, a comparison of selected approaches with the aforementioned countries, and outlining the possibility for improvement on our territory.

Keywords

Rainwater, infiltration, urbanization

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl práce.....	9
3	Historické počátky nakládání s dešťovými vodami.....	10
4	Koncepční přístupy v hospodaření s dešťovou vodou.....	10
4.1	Konvenční přístup odvodnění	10
4.2	Decentrální přístup odvodnění	11
5	Technická řešení odvádění srážkových vod	11
5.1	Prevence a snížení vzniku srážkového odtoku u zdroje	12
5.2	Akumulace a využívání srážkové vody	12
5.3	Odvádění do povrchových vod.....	12
5.4	Odvádění do jednotné kanalizace	13
5.5	Regulační zařízení	13
6	Legislativa a technické předpisy ovlivňující zasakování.....	14
6.1	Zákony	14
6.1.1	Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů	14
6.1.2	Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území 15	
6.2	Technické normy	15
6.2.1	ČSN 75 9010	15
6.2.2	TNV 75 9011	16
6.3	Technické směrnice v Německu.....	16
7	Aspekty zasakování dešťové vody	16
7.1	Ekologické důvody zasakování dešťové vody	16
7.1.1	Voda v krajině v ČR.....	17
7.1.2	Urbanizace v ČR	18
7.2	Technické důvody zasakování dešťové vody	18
7.3	Ekonomické důvody zasakování dešťové vody	18
8	Přístupy k zasakování v zahraničí.....	19
8.1	Německo	19
8.2	Švýcarsko	19
8.3	Austrálie	20
8.3.1	Srážkové poměry.....	21
8.3.2	Urbanizace.....	22
8.3.3	Přístup k hospodaření s dešťovou vodou	22

9	Vzdělávací přístup k hospodaření s dešťovou vodou	25
9.1	ČR.....	25
9.2	Austrálie	25
10	Technické principy návrhu vsakovacích zařízení.....	26
10.1	Stanovení odstupové vzdálenosti	26
10.2	Dimenzování vsakovacích zařízení	26
10.2.1	Odvodňovaná plocha.....	26
10.2.2	Vsakovaný odtok.....	27
10.2.3	Vsakovací plocha	28
10.2.4	Retenční objem vsakovacího zařízení	28
10.2.5	Doba prázdnění vsakovacího zařízení.....	29
11	Podklady pro návrh vsakovacího zařízení.....	30
11.1	Geologický průzkum	30
11.1.1	Řešitel geologického průzkumu.....	31
11.1.2	Přírodní poměry	31
11.1.3	Horninotvorné prostředí	31
11.1.4	Dělení staveb dle ČSN 75 9010	31
11.1.5	Závěrečná zpráva geologického průzkumu.....	32
12	Kvalita dešťové vody	32
12.1	Znečištění dešťové vody a přípustnost vsakování.....	32
12.1.1	Dělení dešťové vody dle kvality -ČR.....	32
12.2	Znečišťující látky.....	34
12.2.1	Hodnoty znečištění ČR	36
12.3	Dělení dešťové vody dle kvality - Německo	39
12.4	Filtrace dešťové vody	41
13	Vsakování dešťové vody	41
13.1	Povrchová vsakovací zařízení	42
13.2	Podzemní vsakovací zařízení	42
13.3	Účel využití vsakovacího zařízení	43
14	Technická řešení zasakování dešťové vody	43
14.1	Plošné vsakování přes půdní profil	43
14.2	Plošné vsakování přes technické prvky	45
14.3	Vsakovací průleh a nádrž	46
14.4	Vsakovací rýha vyplněná šterkem.....	47
14.5	Vsakovací rýha vyplněná vsakovacími bloky	48

14.6	Vsakovací šachta	49
14.7	Vsakovací průleh-rýha	49
15	Kategorizace vsakování dle Mapy vsaku ČR.....	50
16	Ukázka produktového portfolia	51
16.1	ASIO – ČR	51
	Vsakovací tunel AS-KRECHT	51
16.1.1	Systém AS-NIDAPLAST	53
16.1.2	Zasakovací rošty pro zpevněné propustné povrchy - AS-TTE ROŠT.	55
16.2	ACO Česká republika a ACO Australia.....	55
16.3	HUMES AUSTRALIA – Austrálie.....	56
16.4	GRAF ČR a Austrálie.....	58
17	Případová studie White Gum Valley	59
17.1	Nakládání s dešťovou vodou ve WGV	61
18	Výsledné zhodnocení.....	65
18.1	Srovnání přístupů ČR a zahraničí.....	65
19	Diskuze.....	66
20	Závěr	67
21	Přehled použité literatury a zdrojů.....	68
21.1	Literární a internetové zdroje:	68
21.2	Legislativní zdroje	70
22	Seznam obrázků.....	70
23	Seznam tabulek	72
24	Přílohy.....	73

1 Úvod

Voda a její koloběh je zásadním činitelem ovlivňující veškeré dění na planetě Zemi. Člověk, jakožto obyvatel Země, by měl jednat v souladu s tímto základním cyklem a využívat nejlepších možných prostředků ke správnému hospodaření s vodou ve všech jejích formách. Nacházíme se v době, kdy již na světě přibývá zemí řešící problémy s celkovým nedostatkem vody, poklesem hladiny podzemních vody a vysoušením půdy. Nesprávné hospodaření s vodou ovlivňuje jak životní prostředí člověka, zemědělství, příslušnou faunu a flóru, tak ekonomické a sociální faktory.

Správné zasakování dešťové vody je jedním ze způsobů, jak s vodním bohatstvím efektivně zacházet a vyvarovat se budoucím civilizačním problémům. Proto jsou příslušné postupy zasakování, metody a technologie s tím spojené nezbytnou součástí legislativy, stavebnictví, urbanizačních plánů a dalších odvětví.

V minulosti byla dešťová voda odváděna především do kanalizace a docházelo tak k několika problémům: při vysokých srážkách se kapacita kanalizací přetěžovala a voda se nedostala zpět do země v místě srážek, kam přirozeně patří. Celosvětově zvyšující se procento urbanizovaného území a zastavených ploch značně ovlivnilo celkový pokles podzemní vody a tím i koloběh vody. To jsou hlavní důvody, proč jsou nyní využívány nové a moderní technologie pro zasakování dešťových vod přímo v lokalitě a na pozemcích, kde ke srážce dojde.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je technická specifikace konkrétních typů, modelů a náplní zasakovacích systémů dostupných v České republice a vymezení jejich aplikace v souladu s naší platnou legislativou, srovnání s využívanými technologiemi v Austrálii, která je považována za zemi s dobrou praxí v oblasti hospodaření s dešťovou vodou. Na území Evropy je v práci zmíněna také praxe z Německa a Švýcarska především v jejich přístupech k hospodaření s dešťovou vodou. V bakalářské práci jsou popsány nabídky a portfolia konkrétních společností, které se na území Česka a Austrálie nejvíce podílí na prodeji a projektové činnosti v zasakování dešťových vod. Cílem práce je porovnat technologie zasakovacích systémů využívaných pro zasakování v ČR a Austrálii.

3 Historické počátky nakládání s dešťovými vodami

Řešení odvodňování měst můžeme zaznamenat již v Antice. V období starověku na území Řecka a Říma bylo budováno mnoho cisteren pro účely akumulace dešťové vody a následné využití pro potřeby osídlených oblastí a jejich obyvatel. Během Byzantské říše bylo vybudováno více než 60 cisteren (Doğan a Osmanoğlu 2013). Za zmínku stojí otevřená venkovní cisterna Aetius z 5. století s rozměry 244 x 82 x 13-15 metrů, která se nacházela v tehdejší Konstantinopoli. Dnes plní funkci fotbalového stadionu. Mezi významnou krytou vodní cisternu patří cisterna „Philoxenos“, (známa taktéž pod názvem Binbirdirek), s objemem 40 000 m³. Cisternu podpíralo 224 dvojitych sloupů. Největším dílem byla cisterna „Basilica“, taktéž vybudována v Konstantinopoli, s počtem 336 sloupů, objemem 80 000 m³ a rozměry 138 x 65 metrů (Kaldellis 2017).

4 Koncepční přístupy v hospodaření s dešťovou vodou

Novodobé koncepce hospodaření s dešťovou vodou (HDV) se snaží o co největší napodobení přirozeného odtoku před urbanizací lokalit. Hlavním směrem HDV je podpora přírodě blízkých opatření a zařízení podporující vsakování, výpar a odtok do lokálního koloběhu vody. Zároveň je kladen důraz i na zařízení, která alespoň směřují k zachování přirozeného vodního koloběhu a ochraně vodních toků. Mezi takové nástroje řadíme např. akumulaci a následné využívání dešťové vody, její retenci a regulovaný odtok do stokové sítě (Stránský a kol. 2008).

4.1 Konvenční přístup odvodnění

Při konvenčním způsobu odvodnění urbanizovaného území je dešťová voda odváděna ze zpevněných ploch a staveb do recipientu tou nejkratší cestou. Recipientem je v tomto případě kanalizace, nebo vodní tok. Tento přístup řešení odvedení dešťové vody z místa vzniku. Ve většině měst je jednotný systém odvodnění, při kterém je dešťová i splašková voda odváděna jedním potrubím. V situaci přívalových dešťů je funkčnost těchto systémů řešena pomocí dešťových oddělovačů neboli odlehčovacích komor. Od určité koncentrace je část objemu splaškových a dešťových vod směřována do přilehlého vodního toku. S cílem snížit znečištění a hydraulické zatížení, se začaly na odlehčovacích stokách umisťovat retenční nádrže, a to právě mezi kanalizaci a vodní tok. Konvenční přístup odvodnění lze tedy aplikovat pouze na území do

omezené míry zastavěné plochy. Pro velké městské aglomerace není konvenční způsob řešení s ohledem na množství vyprodukované vody. Pro tyto aglomerace není často ani technicky možné postavit kanalizace, retenční nádrže nebo koryta toků, které by měly dostatečnou kapacitu a zajistily tak bezpečný odtok dešťové vody (Vítek a kol. 2015).

4.2 Decentrální přístup odvodnění

Základním přístupem je decentralizace odvodnění na co nejmenší jednotky povodí (ideálně jednotlivé pozemky či nemovitosti), případně aplikace centralizovaného systému, kde jsou objekty řešící zasakování a retenci společné pro více pozemků (majitelů). V obou případech je DV před tím, než odeče do recipientu (tj. do povrchových či podzemních vod) předčištěna přes humusovou vrstvu nebo ve stavebně-technickém objektu (filtrace, adsorpce, sedimentace) a svedena do retenčního objektu s regulovaným odtokem.

Výběr konkrétního způsobu odvodnění je ovlivněn podložím a jeho stavem, který se zpracovává v podrobném hydrogeologickém průzkumu. Dále typem budovy, zda se jedná o novou stavbu či již stávající, ekonomický aspekt a návratnost investice. V ČR je v rámci hospodaření s dešťovou vodou upřednostňováno její vsakování.

Norma ČSN 75 9010 pro návrh, výstavbu a provoz vsakovacích zařízení srážkových vod udává povinnost vytvoření podkladů pro samotný návrh vsakovacího zařízení.

K dalším způsobům nakládání s dešťovou vodou se přistupuje v případě, že pro vsakování nejsou vhodné hydrogeologické podmínky. V takovém případě se odvádí voda po retenci do recipientu. Regulace odtoku se provádí skrze škrtecí ventily. Pokud nelze realizovat výše zmíněné možnosti, přechází se k odvedení dešťových vod jednotnou stokovou sítí směřující k čistírně odpadních vod. (Stránský a kol. 2008)

5 Technická řešení odvádění srážkových vod

Hospodaření s dešťovou vodou nabízí více variant, jak s dešťovou vodou dále nakládat než ji pouze odvést do jednotné či dešťové kanalizace. Příjemcem srážkové vody je prostředí, kam je dešťová voda odváděna. Rozumí se tím např. ovzduší, horninové prostředí, půda, povrchová voda. Priority při výběru příjemce vod ze srážkového odtoku jsou v ČR zákonně stanoveny (Vítek a kol. 2015). Vsakování je jeden ze

způsobů odvádění srážkové (dešťové) vody a tento způsob blíže specifikují další samostatné kapitoly této práce.

Technická norma TNV 75 9011 charakterizuje následná technická řešení dle přístupu odvodnění:

5.1 Prevence a snížení vzniku srážkového odtoku u zdroje

Do této skupiny spadají vegetační a štěrkové střechy. Hlavním úkolem tohoto řešení je snížit srážkový odtok a kulminační průtok a naopak zvýšit evapotranspiraci. Vegetační střechy obnáší vegetační pokryv a filtrační vrstvu. Filtrační vrstva musí být dostatečně propustná, mít vysokou retenční schopnost a nízkou měrnou hmotnost. Naopak součástí štěrkové střechy není vegetační pokryv (TNV 75 9011).

5.2 Akumulace a využívání srážkové vody

Cílem tohoto přístupu je využití vody ze srážek v nemovitosti a na pozemku. Dle účelu jsou systémy na akumulaci a úpravu vody děleny na

- systémy pro využívání srážkové vody určené výhradně k zavlažování
- systémy, které upravují vodu k činnostem jako jsou např. splachování toalety, praní prádla, mytí aut a úklid.

Účel využití srážkové vody ovlivňuje celkový systém akumulace a úpravu vody, kdy nároky na kvalitu vody jsou u systémů např. výhradně pro zavlažování vyšší než v případě cíle využít srážkovou vodu uvnitř budovy.

Systémy pro akumulaci a využívání srážkové vody jsou zapojovány mezi odvodňovanou plochu a následný prvek HDV, kterým může být např. retenční nádrž či vsakovací zařízení. Pro tyto účely je vhodné používat vodu, která odtéká ze střechy nemovitosti s ohledem na minimalizaci znečištění (TNV 75 9011).

5.3 Odvádění do povrchových vod

Před posouzením proveditelnosti a přípustnosti odvádění srážkových vod do povrchových vod je nutné provést posouzení proveditelnosti a přípustnosti vsakování.

U každé stavby je nutné provést terénní průzkum zhodnocující dostupnost dešťové kanalizace, svodnic nebo povrchových vod. Dostupnost povrchových vod je závislá na vzdálenosti vhodného místa pro napojení do povrchových vod od dané stavby.

Za proveditelné je považováno napojení do vzdálenosti 100 m, a to v případě jednoduchých staveb pro bydlení a rekreaci. U větších stavebních objektů je udávána vzdálenost až 500 m (TNV 75 9011).

V otázce přípustnosti se TNV 75 9011 odkazuje na body z ČSN EN 752, která byla anotována na ČSN EN 752 (756110), dle které závisí: „na míře a druhu jejich znečištění; na požadované míře ochrany povrchových vod (např. citlivé oblasti, rybne vody, vodárenské účely) a na ohrožení vodních toků hydrobiologickým stresem, způsobeným nárazovým přítokem srážkových vod“.

5.4 Odvádění do jednotné kanalizace

Mezi způsoby odvádění srážkových vod do kanalizace se upřednostňuje odvod do jednotné kanalizace prostřednictvím svodnic. Tento způsob snižuje kulminační odtok a podporuje výpar.

Dle TNV 75 9011 „*Před zaústěním srážkových vod do jednotné kanalizace je nutné realizovat opatření zamezující vniku nerozpuštěných látek podle ČSN 75 6101 a ČSN EN 752 a ropných látek podle ČSN 75 6551, popř. ČSN EN 858-1 a ČSN EN 858-2*“.

U každé stavby jsou hodnoceny podmínky pro odvádění srážkových vod do jednotné kanalizace. V posouzení hraje roli dostupnost jednotné kanalizace závisící na vzdálenosti vhodného místa napojení na jednotnou kanalizaci od odvodňované stavby, na majetkoprávních vztazích a územních výškových poměrech. Za proveditelné je označováno zpravidla napojení do vzdálenosti 100 m, a to v případě jednoduchých staveb pro bydlení a rekreaci. U větších stavebních objektů je udávána vzdálenost až 500 m. *Připojením srážkových vod do jednotné kanalizace nesmí být překročeny hodnoty ukazatelů znečištění stanované v kanalizačním řádu pro odpadní vody (TNV 75 9011).*

5.5 Regulační zařízení

Důležité je vymezit pojem regulační zařízení, které reguluje odtok do jednotné kanalizace či do povrchových vod. Toto zařízení bývá součástí vsakovacích zařízení s prostorem pro retenci a při nedostatečné schopnosti půdního a horninového prostředí vsakovat. Regulační zařízení má svůj maximální průtok. Ten musí být deklarován ze strany výrobce dle typu výrobku či stanoven pomocí hydraulického výpočtu maximálního průtoku (TNV 75 9011).

6 Legislativa a technické předpisy ovlivňující zasakování

6.1 Zákony

6.1.1 Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů je přezdíván jako „vodní zákon“. Cílem tohoto zákona je ochrana podzemní a povrchové vody, zlepšování jejich kvality, stanovení podmínek hospodaření s vodními zdroji. Vodní zákon vymezuje v Hlavě I. v § 2 pojmy jako např. povrchové a podzemní vody, stav povrchových a podzemních vod, nakládání povrchovými nebo podzemními vodami. Hlava II. obsahuje nakládání s povrchovými vodami, povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami, minimální hladiny podzemních vod, závadné látky a další.

V § 5 je udávána povinnost v oblasti nakládání se srážkovou vodou přímo na pozemku.

„Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním, akumulací nebo čištěním odpadních vod s následným vypouštěním do vod povrchových nebo podzemních odpadních vod z nich v souladu s tímto zákonem a zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážkové vody“) v souladu se stavebním zákonem.“ (Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách)

Ustanovení § 5 tímto požaduje aplikaci HDV v souladu se stavebním zákonem jak u novostaveb, tak zároveň při provádění stavebních změn či změn v užívání stavby. Vítek a kol. (2015) výklad zákona komentují jako „V případě provádění některých změn se jeví požadavek vodního zákona jako nepřiměřeně přísný a ve svém důsledku může působit i kontraproduktivně na prosazování nového způsobu odvodnění“.

Dle výkladu Ministerstva pro místní rozvoj je kompetentní k posuzovat nutnosti přestavby odvodnění u staveb, na nichž jsou prováděny změny, právě místně příslušný stavební úřad a v případě pochybností příslušný Krajský úřad. Odborníci v tomto spatřují možnost pro nejednoznačné určování pravidel, které by měla být v celé ČR aplikovány stejným způsobem. V běžné praxi tedy orgány nepožadují u přestaveb přebudování odvodnění, pokud zde nedochází ke zvýšení výměry nepropustné plochy (Vítek a kol. 2015)

Srážková voda z regulovaných odtoků může být odváděna z pozemku pryč v případě bezpečnostních přelivů a pokud nejsou příznivé podmínky pro vsakování (Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách).

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

Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území udává priority a konkrétní postupy ohledně způsobu nakládání se srážkovými vodami přímo na pozemku. Řeší především kam a jakým způsobem odvádět dešťovou vodu.

Využití srážkové vody upravuje § 20, odst. 5 v následujících bodech:

(5) „Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno

c) vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno

1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování,

2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo

3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace.“ (Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území).

Zařízení pro vsakování i zadržování dešťové vody je dle této vyhlášky nutné vymezit na všech stavebních pozemcích, a to na pozemku majitele nemovitosti, kde k odvodnění dochází. S těmito náležitostmi musí majitelé počítat již ve fázi plánu stavby, aby následně nedošlo k míchání srážkových vod mezi majiteli a problémy při provozu zařízení na HDV.

6.2 Technické normy

6.2.1 ČSN 75 9010

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod je technickou normou z roku 2012. Obsahuje především problematiku zasakování dešťové vody ze staveb. Dle názoru Vítka a kol. (2015) v normě chybí komplexní pojetí v rámci městských odvodňovacích systémů.

Norma specifikuje především formu hydrogeologického průzkumu, způsob dimenzování zasakovacích prvků a jejich výběr. Zaměřuje se např. na makadamové a šterkové vsakovací rýhy a šachty či plastové vsakovací koše. V případě splnění podmínek lze využít i povrchová vsakovací zařízení, příkopy, nádrže a průlehy (ČSN 75 9010).

6.2.2 TNV 75 9011

TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami je norma zaměřující se na decentrální způsob odvodnění (na pozemku stavby). Zároveň uvádí i opatření centrálního charakteru, která řadí za decentrální přístup, s cílem zavedení přírodě blízkého způsobu odvodnění. Norma dělí srážkovou vodu dle míry znečištění, což je zásadní především v kategorii nepřípustných vod (tzv. „potencionálně vysoce znečištěných vod“), kterou tato norma zavádí (TNV 75 9011).

6.3 Technické směrnice v Německu

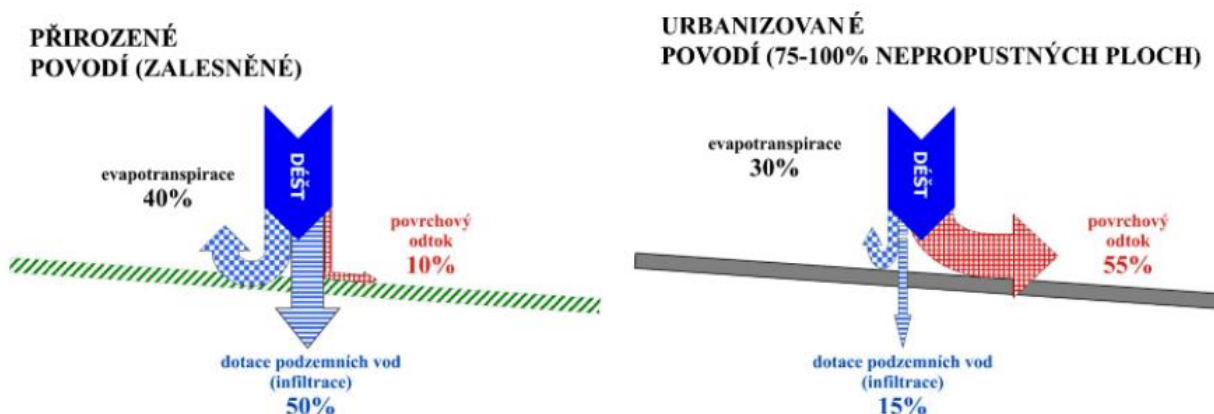
Následující 2 technické směrnice jsou tématickou obdobou naší TNV 75 9011 a ČSN 75 9010. V technické směrnici DWA-Arbeitsblatt A138 z r. 2005 jsou popsány pokyny pro návrh, stavbu a provoz vsakovacích zařízení včetně technických postupů k jednotlivým možnostem řešení, které jsou srovnatelné s ČR – plošné vsakování, vsakovací průlehy, příkopy, drenáže, šachty či jejich kombinace. Technická směrnice DWA-Merkblatt M153 z r. 2007 obsahuje návrhy způsobu předčištění srážkových vod (Novotná a kol. 2015).

7 Aspekty zasakování dešťové vody

7.1 Ekologické důvody zasakování dešťové vody

V **hydrologickém** cyklu je vsak dešťové vody zpět do půdy přirozenou součástí. V přírodě má cyklus následující fáze: srážení, infiltrace, odtok, odpařování. V případě, že dešťová voda padá na přírodní terén, většina vody proniká do půdy a stává se tak součástí podzemní vody (Hlavínek a Zeleňáková 2014). Vlivem neustále se zvyšující urbanizace a nárůstu zastavěných ploch je přirozený koloběh vody značně ovlivněn a dochází ke kvantitativním i kvalitativním změnám. Změny ve vodní bilanci území jsou vysoce ovlivňovány přítomností a množstvím nepropustných ploch. Tyto plochy jsou prvkem uměle vytvořeným člověkem a jsou tvořeny z materiálů, které nejsou schopny

propouštět vodu: beton, asfalt, kamení či kov. Jedná se především o dopravní infrastrukturu a komunikace, střechy budov, parkovací plochy a další. Skrze takovéto plochy voda přirozeně neprosakuje v místě srážky. Dochází tak následně ke snížení evapotranspirace v porovnání s přirozenými podmínkami (Paul a Mayer 2001).



Obrázek 1: Porovnání odtoku srážkových vod v přirozeném a urbanizovaném povodí (Slavíková a kol. 2007).

7.1.1 Voda v krajině v ČR

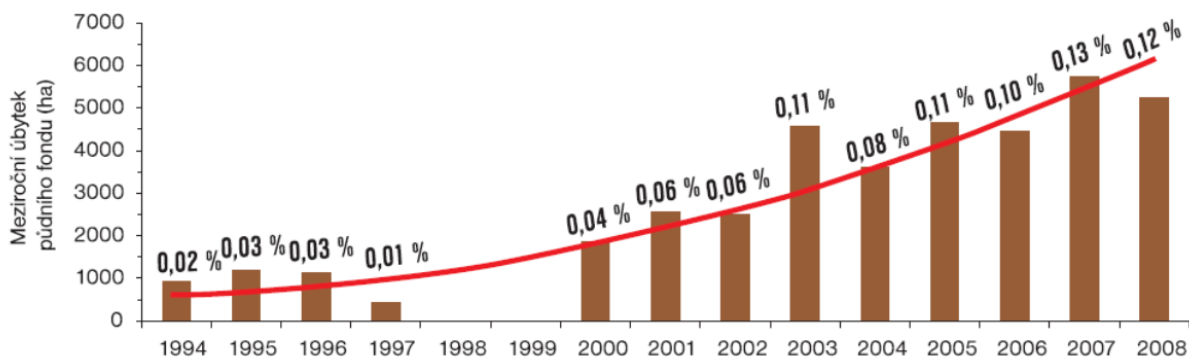
Voda v krajině je ČR dlouhodobě sledovaným ukazatel a je vnímána jako „základní podmínkou pro život všech organismů a pro fungování přírodních ekosystémů i jednotlivých hospodářských odvětví.“

Vláda ČR hodnotí stav povrchové a podzemní vody v ČR jako „nevyhovující“. Pouze 21 % povrchových vod dosáhlo „dobrého nebo ještě lepšího ekologického stavu“. Celkem 57 % je hodnoceno „dobrým chemickým stavem“. V hodnocení podzemních vod odpovídá „vyhovujícímu chemickému stavu“ 27% a „vyhovujícímu kvantitativnímu stavu“ 69% (Úřad vlády ČR ©2016).

V Analýze jsou zmíněny aspekty odtoku z krajiny v minulosti. Regulace vodních toků a plošné odvodňování lesnických a zemědělských pozemků významně přispělo k odtoku vody z krajiny. Zásahy vedly ke zrychlení odtoku vody do dolních částí povodí, kde se nachází většina lidských sídel. Vliv na celkový vodní režim v krajině má také zvyšující se rozsah zastavěných ploch a nevhodné odvodňování komunikací (Úřad vlády ČR ©2016).

7.1.2 Urbanizace v ČR

V r. 2013 byl meziroční nárůst zastavěných a ostatních ploch o 2,4 tisíc ha, tj. 0,3 %. Mezi lety 2000–2013 došlo ke zvýšení rozsahu zastavěných a ostatních ploch o 3,5 % (Novotná a kol. 2015). Míru urbanizace v ČR lze označit jako srovnatelnou s Německem (Úřad vlády ČR ©2016).



Obrázek 2: Meziroční úbytek půdního fondu v ČR (ha) (Ministerstvo životního prostředí, 2017)

7.2 Technické důvody zasakování dešťové vody

Oblasti s vysokým % zastavěných ploch se mohou potýkat s problémem snižující se hladiny podzemní vody a zvyšujícím se povrchovým odtokem a následnými čtenějšími záplavami. Velký objem dešťové vody tak směřuje do stokové sítě. Důležitým aspektem není pouze objem, ale také rychlost povrchového odtoku a následné snížení schopnosti transformace kulminačního průtoku. Mnohá centra městských aglomerací jsou tvořena 70 i více % nepropustnými plochami (Vítek a kol. 2015). Přirozený vegetační kryt umožňuje v povodích infiltraci až 50 % objemu dešťové vody, která na povrch dopadne. Povrchový odtok tak dosahuje přibližně 10 %, kdy dešťová voda odtéká do řek nebo je odváděna drenážními systémy. V městských aglomeracích je tomu naopak a povrchový odtok tvoří až 55 % objemu dešťové srážky (Slavíková a kol. 2007).

7.3 Ekonomické důvody zasakování dešťové vody

Hospodářsky vyspělé země, které se potýkají s rychle se zvyšující mírou urbanizace, považují konvenční odvodnění nejen za ekologicky nepřínosné, ale také za finančně neefektivní. Zvětšování profilů stokové sítě a koryt řek, náklady spojené s výkupem

pozemků pro dešťové zdrže či škody způsobené lokálními povodněmi, jsou vysokou a stále se opakující finanční zátěží. Dalším ekonomickým aspektem je i klesající hladina podzemní vody a ubývající zdroje pitné vody, což může mít vliv na cenu pitné vody (Stránský a kol. 2007).

8 Přístupy k zasakování v zahraničí

Již od 70. let 20. století se v zahraničí např. ve Velké Británii, Německu, Švýcarsku, USA, Nizozemí) upřednostňuje přírodě blízké odvodňování měst ve snaze v co největší míře napodobit či zachovat stav přirozeného odtoku v dané lokalitě před urbanizací. Základem toho přístupu je decentralizovaný způsob odvodnění, který řeší srážkový odtok přímo v místě jeho vzniku a jehož cílem je návrat srážkového odtoku do přirozeného koloběhu vody. Zasakováním se tak přímo podporuje přirozený koloběh vody. K podpoře výparu ve městech se přispívá spojením vody a zeleně skrze tzv. Blue Green Cities či Blue Green Infrastructure. Vzorem pro ČR mohou být z území Evropy Švýcarsko a Německo, kde je problematika zasakování obsažena v legislativě již mnoho let včetně dostupných technologií.

8.1 Německo

V Německu byl přístup ohledně ochrany vodních toků od antropogenních vlivů a užívání včetně posílení okolí toku zakomponován již při novelizaci Zákona o vodním hospodářství (WGH) v r. 1996. V novele se již objevuje text: „zachovat režim odtoku a zabránit jeho zvýšení nebo zrychlení“, což znatelně odmítá co nejrychlejší odvádění dešťové vody z urbanizovaného území. Spolkové země mají své zemské Vodní zákony jednotlivě, WGH jimi však splňují. Vsakování dešťových vod u nově zastavěných pozemků předepisují zemské Vodní zákony např. v Baden-Würtembergu, Saarlandu, Severním Porýní-Vestfálsku. Stejně jako v ČR je i v Německu ochrana podzemní vody, půdy i staveb při vsakování opatřena regulacemi v zákonech, technických směrnících a nařízeních, kde je stanoveny formy vsakování a parametry přípustnosti.

8.2 Švýcarsko

Ve Švýcarsku je vsakování dešťové vody na prvním místě při nakládání s dešťovou. Dle Vodního zákona GSchG 1991 je vsakování povinností. „Neznečištěná odpadní

voda se má podle pokynů kantonálních úřadů nechat vsakovat. Pokud to místní poměry neumožňují, smí být s povolením kantonálních úřadů odvedena do povrchových vod. Přitom se mají udělat taková retenční opatření, aby voda při velkých objemech odtékala rovnoměrně“. „Znečištěnou odpadní vodu je nutno předčistit a do povrchových nebo podzemních vod smí být odváděna nebo vsakována jen s povolením kantonálních úřadů“ (Novotná a kol. 2015). Nařízení na ochranu vod GSchV z r. 1998 rozlišuje odpadní vody na znečištění a neznečištěné. Nakládání s dešťovými vodami a odvodnění obcí je ve Švýcarsku řešeno na úrovni kantonů. Kantony mají na starost mají na starost vytvoření Nařízení na ochranu vod Generální plány odvodnění – GEP. Tyto GEP stanovují oblasti, z jejichž zpevněných či zastavěných ploch se dešťový odtok odvádí separátně od odpadních vod, dále oblasti vsakování neznečištěných vod, oblasti pro odvádění neznečištěných odpadních vod do povrchových recipientů, oblasti ochrany podzemních vod, kde je zasakování dešťových vod zakázáno. GEP se vytváří na základě směrnice VSA 1989, 1992. GEP na úrovni obce obsahuje Situační zprávu Vsakování, která je doplněna o mapu vsakování. Tato mapa není náhradou za hydrogeologický průzkum dané lokality, který je pro návrh zařízení nutný. Jedná se především o informativní rámec, který pomáhá vymezit oblasti, kde je vsakování nemožné.

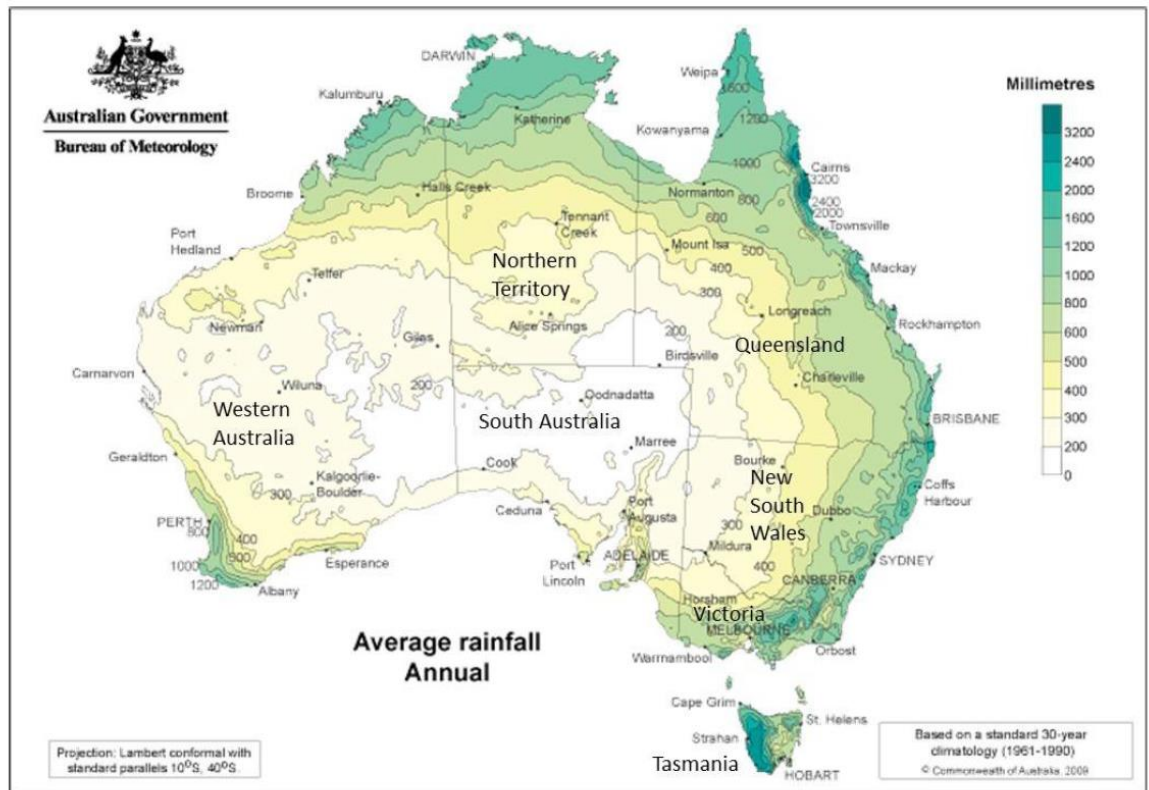
Směrnice ke vsakování, retenci a odvádění dešťové vody v urbanizovaných oblastech“ – Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, ©2002 (VSA 2002) stanovuje priority při odvádění dešťových vod a udává podklady volbu způsobu nakládání s dešťovými vodami z hlediska přípustnosti, proveditelnosti a finančního aspektu. Přístupnost se dle této směrnice klasifikuje dle znečištění dešťového odtoku na základě typu plochy, ze které odtéká.

8.3 Austrálie

Pro správné koncepční pochopení australských přístupů a systému nakládání s dešťovou vodou je nutno znát situaci srážkového poměru, nárustu počtu obyvatel a jejich rozvrstvení na australském území. V kapitole jsou proto přiblížena i politická situace země.

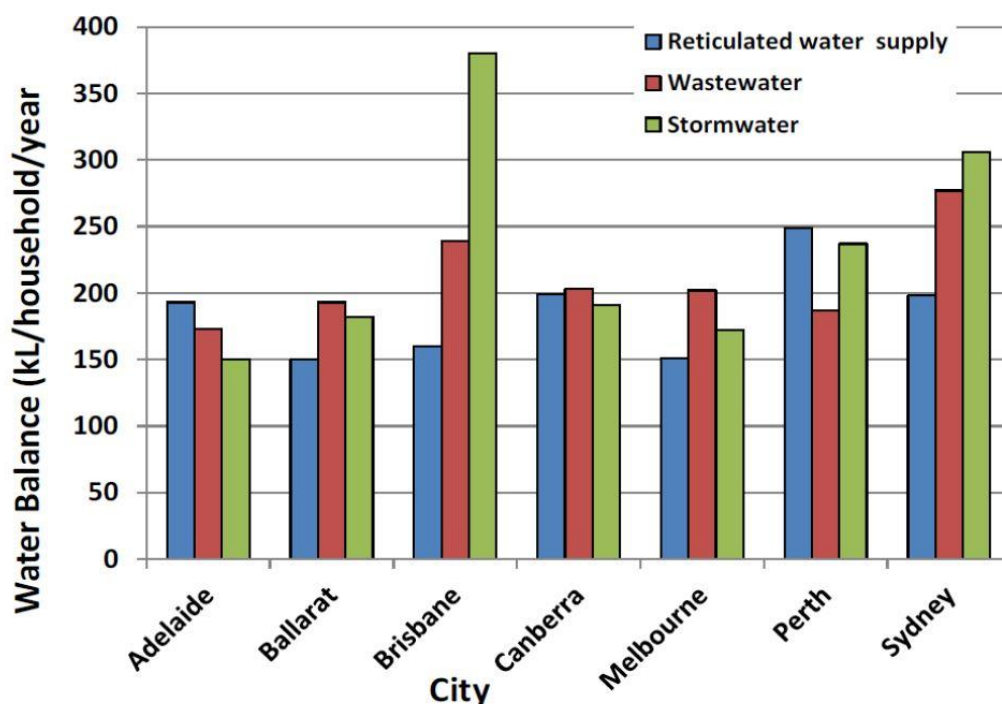
8.3.1 Srážkové poměry

Nejhustší srážky jsou podél východního a jižního pobřeží nebo na jihozápadě země viz. Obrázek 3. Dvě třetiny populace žije ve městech Brisbane, Sydney, Melbourne, Adelaide, Perth a v hlavní městě Austrálie Canberra (Radcliffe 2018).



Obrázek 3: Srážkové poměry v Austrálii (Australian Government, Bureau of Meteorology)

Graf na obrázku 4 ukazuje, dle australských měst, roční průměr objemu dešťové vody na domácnost, objem odpadní vody a objem tzv. Reticulated water supply (jedná se o Australský termín sítě pro zásobování vodou) v



Obrázek 4 Průměrná roční vodní bilance z domácností různých měst. (Commonwealth of Australia, ©2015)

8.3.2 Urbanizace

V roce 2019 byl nárůst populace 1,4 %. Australský nárůst je tvořen z 39,8 % přirozeným nárůstem obyvatel a 60,2 % zahraniční migrací (ABS - AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS ©2019).

Většina z celkové migrace směřuje do hlavních měst, konkrétně Brisbane, Sydney a Melbourne. Výsledkem je nižší hustota vzniku samostatných rodinných domů a zvyšující se vyšší bytová zástavba uvnitř hranic města a na předměstí (Radlicliffe 2018).

8.3.3 Přístup k hospodaření s dešťovou vodou

V Austrálii je ve vodohospodářském sektoru obecně věnována dešťové vodě velká pozornost díky celkovému ekologickému povědomí obyvatelstva po zkušenostech s dlouhodobým suchem v minulosti. V současné době jsou tamními dotčenými úřady nabízeny různé dotace, s cílem přesvědčit obyvatele, aby se uchýlili ke sběru dešťové vody. V městských oblastech, kde existuje systém zásobování vodovodními potrubím, je zadržovaná dešťová voda zpět využívána k zavlažování zahrad, splachování wc, k mytí vozů a komunikací. Avšak ve venkovských oblastech, kde není přívod vody

z potrubí zatím dostatečně rozvinut, je uchovaná dešťová voda používána jako zdroj vody téměř pro všechny účely včetně zajištění pitné vody (Haq a PEng 2017).

COAG

COAG je „The Council of Australian Governments“. Rada australských vlád (COAG) je vrcholným mezivládním fórem v Austrálii. Členy COAG jsou předseda vlády, státní a teritoriální premiéři a prezident australské asociace místní správy (ALGA). Předseda vlády předsedá COAG (COAG). Znalost australského politického uspořádání je nutností pro pochopení integrování WUSD a dalších rámců pro národní hospodaření s dešťovou vodou. Všechny australské vlády mají ohledně vodního hospodářství národní společné cíle, jejich naplnění je však aplikováno pomocí lokálních řešení spadající pod konkrétní vládu a skrze samosprávu aplikována skrze plány a programy lokálního charakteru.

NWI

NWI je společným závazkem australských vlád zvýšit účinnost australského využívání vody. NWI je stavěn na vodním reformním rámci COAG z r. 1994 (Australian Government ©2004).

Mezivládní dohoda o národní iniciativě pro vodu (NWI 2004) vypracovala pokyny pro rok 2006. Urban Sensitive Urban Design (Společný řídicí výbor pro města citlivá na vodu, 2009). Tyto směrnice integrují komponenty městského vodního cyklu, včetně dodávek vody, řešení odpadních vod, hospodaření s dešťovou a podzemní vodou, urbanismus a ochrana životního prostředí (Radcliffe 2018).

WUSD

V Austrálii je systém hospodaření s vodou v urbanizovaném území označován jako „Water Sensitive Urban Design“, zkratka – WSUD. WSUD byl schválen radou australských vlád COAG v roce 2014.

WSUD je součástí integrovaného vodního hospodářství měst (IUWM). IUWM podporuje koordinované plánování přístupu k pitné vodě, odpadních vod a dešťových vod.

Prvky WSUD mají obvykle multifunkční cíle, které mohou zahrnovat zmírnění povodní, ochrana pitné vody ze sítě (potrubí), zlepšování kvality vody a vybavenost krajiny.

Nástroje a přístupy použité k dosažení cílů WSUD jsou přizpůsobeny dle specifických podmínek dané lokality a jejího cíle rozvoje. V jižní Austrálii byla vytvořena technická příručka WSUD, který vytyčil 12 nástrojů k implementaci pro oblast Adelaide (Tabulka 1) Přístup je srovnatelný s ostatními federativními státy Austrálie (Council of Australian Governments ©2014).

Table 1. The Water Sensitive Urban Design (WSUD) tools for adoption [16].

No.	WSUD Approach/Tools	No.	WSUD Approach/Tools
1	Demand reduction	7	Bioretention systems for streetscapes
2	Rain gardens, green roofs and infiltration systems	8	Swales and buffer strips
3	Rainwater tanks	9	Sedimentation basins
4	Pervious pavement	10	Constructed wetlands
5	Urban water harvesting/ reuse	11	Wastewater management
6	Gross pollutant traps	12	Siphonic roofwater systems

Tabulka 1: Nástroje k implementaci WSUD (Council of Australian Governments ©2014).

Tabulka 2 ukazují prevalenci nástrojů WSUD v Jižní Austrálii v oblasti Greater Adelaide. Zkoumáno bylo 220 případů využití prvků WSUD. Nejvíce využívanými nástroji jsou bioretenční systémy, mokřady a infiltrační (vsakovací) systémy.

Table 2. Summary of WSUD systems.

No.	WSUD System	Numbers
1	Bioretention system sites (group installation streetscape)	192 (50 sites)
2	Wetland sites	82
3	Aquifer Storage and Recovery (ASR) sites	55
4	Infiltration only systems	30
5	Community wastewater management schemes	24
6	Projects incorporating harvesting and reuse	23
7	Permeable pavements	17
8	Wastewater reuse schemes	17
9	Green roofs	8 (5 sites)
10	Ponds	2

Tabulka 2: Prevalence nástrojů v Jižní Austrálii (Council of Australian Governments ©2014).

Vsakování Austrálie

Infiltrace dešťové vody skrz infiltrační zákopy, systémy příkopů a příkopů, infiltrační oblasti, propustné vozovky, dešťové garáže a povodí bioretence je součástí

australského WUSD (Hydrologic impact of urbanization with extensive stormwater infiltration)

9 Vzdelávací přístup k hospodaření s dešťovou vodou

9.1 ČR

Environmentální vzdělávání a osvěta je sice nedílnou součástí vzdělání ve školách, nicméně problematice hospodaření s dešťovou vodou není věnován velký prostor. V České republice tak není většinou environmentální vzdělávání a osvěta řešena přímo státními orgány, ale prostřednictvím vypisovaných dotačních programů, kdy z těchto dotačních titulů čerpají finanční prostředky zejména neziskové organizace či spolky, které se věnují tématům ochrany životního prostředí. Tyto organizace v rámci projektů zajišťují vzdělávání a osvětu například na základních školách, jako příklad uvedme aktivity spolku pro ekologickou výchovu a ochranu přírody Rezekvítek, z.s. který měl v rámci projektu „Voda kolem nás“ za cíl vzdělávat žáky základních škol a pedagogické pracovníky v otázkách hospodaření s vodou (Rezekvítek z.s. ©2015)

9.2 Austrálie

Vzdelávací programy k dešťové vodě

V Austrálii funguje vzdělávání ohledně nakládání s dešťovou vodou z vládní iniciativy. Ukázkovým příkladem je přístup federálního státu Victoria, který má nejen pro tyto účely zřízený statutární orgán „Melbourne water“. Tento orgán připravuje vzdělávací programy již pro děti nastupující na základní školu až po studenty středních škol. Programy obsahují přesné metodické pokyny pro vyučující, informace, se kterými mají pracovat, interaktivní podklady, terénní plány a další nástroje potřebné k výuce. Téma dešťová voda v městském prostředí je dle statutárního orgánu „Melbourne water“ připraveno pro žáky ve věku 8-10 let. Součástí vyučované lekce dešťové vody a jejího využití je celková cesta dešťové vody, jak protéká krajinou a zachycuje znečišťující látky z cest, přináší je do řek, potoků a nakonec do velké zátoky Phillip Bay nedaleko Melbourne (Melbourne Water).

10 Technické principy návrhu vsakovacích zařízení

V této kapitole jsou uvedeny technické principy dle normy ČSN 75 9010.

10.1 Stanovení odstupové vzdálenosti

Vsakovacím zařízením nesmí být poškozena odvodňovaná stavba, ale také sousední budovy, komunikace ani jiná zařízení (především studny pro zásobování pitnou vodou). Informace z geologického průzkumu pomáhají stanovit odstupovou vzdálenost zařízení pro vsak srážkových povrchových vod od takovéto studny. Vsakovací zařízení nesmí být umístěno v zásypu výkopu pro základy budovy. *„Úroveň základové spáry vsakovacího zařízení by měla být alespoň 1,0 m nad maximální hladinou podzemní vody. Ve výjimečných případech lze na základě geologického průzkumu tuto vzdálenost snížit.“* (ČSN 75 9010).

10.2 Dimenzování vsakovacích zařízení

Při dimenzování vsakovacích zařízení je rozdílně přistupováno k odvodňovaným plochám do 3 ha a nad 3 ha. Především retenční objem a dobu prázdnění zařízení je nutné při dimenzování správně stanovit.

V případě odvodňovaných ploch do 3 ha slouží pro stanovení objemu vztah viz. 9.2.4

U odvodňovaných ploch nad 3 ha je doporučeno stanovit retenční objem pomocí *„dlouhodobé nestacionární simulace srážkoodtokového děje s využitím závazných, místně platných hydrologických podkladů“* (ČSN 75 9010).

10.2.1 Odvodňovaná plocha

Redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy A_{red} , v m² je stanovován dle vztahu:

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

Kde je:

- A_i půdorysný průmět odvodňované plochy určitého druhu (viz tabulka 1), v m²;
- ψ_i součinitel odtoku srážkových povrchových vod pro odvodňovanou plochu určitého druhu podle tabulky 1
- n počet odvodňovaných ploch určitého druhu.

V případě projektování zařízení vsakování srážkových vod z více než 1 nemovitosti, může být také využit součinitel odtoku srážkových povrchových vod dle ČSN 75 6101.

Druh odvodňované plochy; druh úpravy povrchu	Sklon povrchu		
	do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
	Součinitele odtoku srážkových povrchových vod ψ		
Střechy s propustnou horní vrstvou (vegetační střechy)	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,5 až 0,7 ¹⁾
Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,8 až 0,9 ¹⁾
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 zálivkou 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
¹⁾ Podle tloušťky propustné horní vrstvy (s rostoucí tloušťkou propustné horní vrstvy se součinitel odtoku srážkových povrchových vod snižuje až na uvedenou dolní mezní hodnotu).			

Tabulka 3: Součinitele odtoku srážkových povrchových vod (ψ) (ČSN 75 9010)

10.2.2 Vsakování odtok

Vsakovaný odtok Q_{vsak} , v m³ · s⁻¹, závisí na koeficientu vsaku a vsakovací ploše. Je stanoven vztahem:

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

kde je:

f součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se $f \geq 2$);

k_v koeficient vsaku, v m · s⁻¹;

A_{vsak} vsakovací plocha vsakovacího zařízení, v m²

Součinitel bezpečnosti vsaku udává předpoklad změn schopnosti vsaku v horninotvorném prostředí po určité době provozu vsakovacího zařízení. Koeficient vsaku je součástí geologického průzkumu pro vsakování.

10.2.3 Vsakovací plocha

Pokyny ke vsakovací ploše byly v r. 2017, oproti původnímu znění ČSN 75 9010, upraveny. V případě podzemního prostoru s propustnými i nepropustnými stěnami je za vsakovací plochu vsakovacího zařízení, A_{vsak} , v m^2 , považována plocha dna vsakovacího zařízení. U kombinovaných vsakovacích zařízeních je vsakovací plocha stanovena individuálně.

Vsakovací šachta s kruhovým půdorysem a propustnými stěnami ve spodní části se stanovuje dle vztahu (ČSN 759010/Z1 Oprava 2):

$$A_{vsak} = \pi \cdot R'^2 = \pi \cdot \left(R + \frac{h_{vz}}{4} \right)^2$$

kde je:

h_{vz} výška propustných stěn, v m;

R poloměr vsakovací šachty, v m;

R' poloměr vsakovací plochy vsakovací šachty, v m.

U kombinovaných vsakovacích zařízeních je vsakovací plocha stanovena individuálně.

„Při nepropustných stěnách vsakovacího zařízení nebo pro zjednodušení výpočtu lze předpokládat, že vsakovací plocha A_{vsak} se rovná ploše propustného dna vsakovacího zařízení.“ (ČSN 759010/Z1 Oprava 2).

10.2.4 Retenční objem vsakovacího zařízení

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

kde je:

h_d návrhový úhrn srážek podle přílohy A nebo přesnějších místně platných hydrologických údajů s odpovídající dobou trvání t_c a stanovenou periodicitou podle tabulky 2, v mm;

A_{red} redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy, v m^2 , podle 6.2.2; f součinitel bezpečnosti vsaku.

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

A_{vsak} vsakovací plocha vsakovacího zařízení podle, v m^2 ;

- A_{vz} plocha hladiny vsakovacího zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení), v m²;
- t_c doba trvání srážky určité periodicity podle přílohy A v ČSN 75 90 10 nebo přesnějších místně platných hydrologických údajů, v min (doby trvání srážek t_c , uvedené v tabulce A.2 v ČSN 75 90 10 v hodinách, je nutno přepočítat na minuty).

10.2.5 Doba prázdnění vsakovacího zařízení

Doba prázdnění vsakovacího zařízení je určována podle vztahu:

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

kde je:

- V_{vz} největší vypočtený retenční objem (návrhový objem) vsakovacího zařízení podle v m³;
- Q_{vsak} vsakovaný odtok v m³ · s⁻¹. Doba prázdnění vsakovacího zařízení nemá překročit 72 h.

11 Podklady pro návrh vsakovacího zařízení

Norma ČSN 75 9010 pro návrh, výstavbu a provoz vsakovacích zařízení srážkových vod udává za nejdůležitější podklad pro návrh vsakovacího zařízení získání informací z geologického průzkumu a stanovení kvality srážkových povrchových vod dle typu odtokové plochy. Norma ČSN 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami se v části „Proveditelnost“ přímo odkazuje na technické parametry z ČSN 75 9010.

Nezbytné podklady pro provedení geologického průzkumu dle čl. 4.4 ČSN 75 9010 jsou:

- mapy vhodného měřítká odpovídajícího příslušnému stupni dokumentace stavby, včetně polohopisu a výškopisu;
- podélné řezy v případě liniových staveb;
- základní údaje o stavbě (způsob a úroveň založení objektů, redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy Ared, předpokládané umístění vsakovacího zařízení).

11.1 Geologický průzkum

Výstupy geologického průzkumu pro vsakování viz. ČSN 75 9010 a 75 9011 obsahují:

- stanovení koeficientu vsaku, který je důležitou informací pro stanovení velikosti vsakovací plochy zařízení. Koeficient udává schopnost půdního a horninového prostředí vodu vsakovat.
- posouzení vhodnosti vsakování z hlediska ochrany stávajících i plánovaných jímacích zdrojů, obecné ochrany podzemních vod, potenciálních svahových deformací, ohrožení okolních stavebních objektů, střetů s dalšími zájmy chráněnými zvláštními předpisy;
- zhodnocení vhodnosti vsakování z geologického hlediska, doporučení vhodného typu vsakovacího zařízení, doporučení pro provedení a umístění vsakovacího zařízení, s přihlédnutím ke sklonu terénu a vhodnosti vsakování.

Etapy geologického průzkumu jsou dle ČSN 75 9010 rozděleny podle typů staveb na orientační průzkum, podrobný průzkum, doplňkový průzkum a analýzu rizika při realizaci vsakování, která se provádí, pokud by vsakování srážkových vod mohlo ohrozit významný vodní zdroj a v dalších situacích normou uvedených.

11.1.1 Řešitel geologického průzkumu

Geologický průzkum pro vsakování může provádět fyzická či právnická osoba oprávněna k činnostem hydrogeologického a inženýrskogeologického průzkumu. Možné řešitele průzkumu stanovuje Vyhláška 206/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce.

11.1.2 Přírodní poměry

Návrh geologického průzkumu ovlivňují tzv. přírodní poměry, které jsou dle typu zeminy, hladiny podzemní vody a dalších aspektů, např. leží-li území v ochranném pásmu vodního zdroje, děleny na jednoduché a složité. Hladina podzemní vody se u jednoduchých přírodních poměrů nachází 2 m a více pod terénem a není napjatá. V případě složitých je hladina podzemní vody napjatá nebo se nachází méně než 2 m pod terénem. Hladina vody je sledovaným aspektem i při samotné realizaci vsakovacího zařízení. Základové spáry by se měly nacházet alespoň 1,0 m nad maximální hladinou podzemní vody (ČSN 75 9010).

11.1.3 Horninotvorné prostředí

Rozdělení horninotvorného prostředí pro návrh rozsahu geologického průzkumu pro vsakování je součástí Přílohy E v normě ČSN 75 9010 (viz. Příloha č. 1). V Příloze F této směrnice dále udává dle typu průzkumu příslušný minimální počet vrtů, sond a zkoušek.

11.1.4 Dělení staveb dle ČSN 75 9010

Stavby jsou pro účely rozsahu geologického průzkumu pro vsakování děleny jako:

a) nenáročné stavby: redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy A_{red} , je menší než 200 m².

b) náročné stavby: redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy A_{red} , se rovná nebo je větší než 200 m².

Způsob stanovení redukovaného půdorysného průmětu odvodňované plochy A_{red} , v m² je popsán v podkapitole Odvodňovaná plocha.

11.1.5 Závěrečná zpráva geologického průzkumu

ČSN 75 9010 zadává parametry, které má závěrečná zpráva obsahovat v čl. 4.10.8. Součástí zprávy není pouze zhodnocení stavu, ale také konkrétní doporučení typu vsakovacího zařízení, jeho možné umístění s ohledem na sklon terénu a celkové vhodnosti.

12 Kvalita dešťové vody

12.1 Znečištění dešťové vody a přípustnost vsakování

12.1.1 Dělení dešťové vody dle kvality -ČR

Součástí HDV je posuzování kvality dle míry znečištění dešťové vody a způsobu jejího předčištění. Klasické znečišťující látky dle různých typů ploch, úrovně znečištění srážkové vody a vhodný způsob předčištění pro vypouštění či znovu využití srážkových vod udává norma TNV 75 90 11.

Míra znečištění a obsah látek jsou ovlivněny místem, kde ke srážce dochází. Na urbanizovaném území dochází ke znečištění látkami obsaženými v atmosféře a těmi, které jsou součástí materiálů, ze kterého jsou odvodňované plochy tvořeny a způsobem jejich užití. Především se míní plochy zastavěné a využívané pro dopravu, skladování a manipulaci.

Srážkové povrchové vody jsou v ČR dle kvality děleny na: pro vsakování přípustné, podmíněčně přípustné a vody potenciálně vysoce znečištěné. Vody přípustné mohou být využity pro povrchová a podzemní vsakovací zařízení. Podmíněčně přípustné vody lze vsakovat v podzemních vsakovacích zařízeních až po předčištění. Povrchově smí být vsakovány skrze zatravněnou vrstvu humusu. Vsakování vod potenciálně vysoce znečištěných představuje vysoké riziko pro životní prostředí. Je potřeba zachycení celkového objemu a velmi důkladné předčištění. Před vpuštěním do vsakovacího zařízení je třeba ověření jakosti a odebrání vzorků a zároveň je nutný souhlas Vodoprávního úřadu (ČSN 75 9010).

Vsakováním srážkové povrchové vody nesmí dojít k překročení hodnot ukazatelů přípustného znečištění podzemních vod, dle ČSN 75 9010 by to měla zajišťovat

aplikace předchozích ustanovení. Orientační hodnocení znečištění srážkových vod dle TNV 75 9011 a ČSN 759010 je uvedeno v tabulce 4.



Tab. 1: Orientační hodnocení znečištění srážkových vod z hlediska znečištění nerozpuštěnými látkami, toxickými kovy a ropnými uhlovodíky (dle TNV 75 9011 a ČSN 759010).

Míra rizika znečištění srážkových vod a přípustnost vsakování	Typ odvodňované plochy
Přípustné vsakování	zatravněné plochy, louky a kulturní krajina s možným odtokem srážkových vod do odvodňovacích systémů
	střechy o redukované odvodňované (redukované) ploše <200 m ² (výpočet redukované plochy viz ČSN 75 9010)
	terasy v obytných částech a jim podobné plochy
	komunikace pro pěší a cyklisty
Podmínečně přípustné vsakování	vjezdy do individuálních garáží a příjezdy k rodinným domům a stavbám pro individuální rekreaci
	střechy o redukované odvodňované redukované ploše $\geq 200 \text{ m}^2$ (výpočet redukované plochy viz ČSN 75 9010)
	pozemní komunikace pro motorová vozidla;
	parkoviště motorových vozidel do 3,5 t a autobusů
Nevhodné vsakování ^{*)}	letištní plochy pro startování a přistávání letadel
	komunikace průmyslových a zemědělských areálů
	parkoviště u opraven vozidel a ploch opraven vozidel, autobazarů a autovrakovišť
	letištní plochy, na nichž je prováděna zimní údržba letadel (rozmrazování povrchu pomocí chemických prostředků)
	plochy pro uskladnění aut (ošetřených z výroby)
plochy pro hospodaření s odpady a pro manipulaci s nebezpečnými a zvláště nebezpečnými látkami	
další plochy dle individuálního zvážení možných rizik	
^{*)} Vsakování srážkových povrchových vod z potenciaálně výrazněji znečištěných ploch není vhodné a může být ve výjimečných případech povoleno pouze v případě účinného předčištění těchto srážkových vod a pouze se souhlasem vodoprávního úřadu. Srážkové vody z těchto ploch je vhodnější po mechanickém odvádění do povrchových vod, pokud je není možné odvádět do vhodné kanalizační sítě.	

Tabulka 4 Orientační hodnocení znečištění srážkových vod z hlediska znečištění nerozpuštěnými látkami, toxickými kovy a ropnými uhlovodíky (Ministerstvo životního prostředí ©2015)

Následující tabulka znázorňuje vztah mezi odvodněnými plochami a příslušnou kvalitou srážkových vod z hlediska znečištění nerozpuštěnými látkami, těžkými kovy a uhlovodíky.

Druh odvodňované plochy		Stupeň znečištění srážkových vod
Střechy	Vegetační	nízký
	Z inertních materiálů	
	S neošetřenou plochou do 50 m ²	
Komunikace	Pro chodce a cyklisty	
	Málo frekventovaná parkoviště	
	Málo frekventované komunikace	
Střechy	S neošetřenou plochou do 500 m ²	střední
Komunikace	Středně frekventovaná parkoviště	
	Středně frekventované komunikace	
Střechy	S neošetřenou plochou nad 500 m ²	vysoký
Komunikace	Vysoce frekventované (vše)	
	Plochy skladišť	
	Zemědělské areály	
	Parkoviště nákladních aut a strojů	

Tabulka 5 Stupeň znečištění srážkových vod dle druhu odvodňované plochy (www.topin.cz)

12.2 Znečišťující látky

Znečištění dešťové vody je samozřejmě rozdílné nejen s ohledem na typ plochy, ale také dle konkrétních zemí a měst.

Hlavními znečišťujícími látkami v městských dešťových vodách jsou:

- živiny: celkový dusík Kjeldahla (TKN), celkový fosfor (TP), NO₃ a PO₄;
- těžké kovy (antimon, arsen, berylium, kadmium, chrom, měď, olovo, rtuť, nikl a zinek);
- olej a tuk;
- bakterie; a • souhrnné parametry: celkové suspendované pevné látky (TSS), celkové rozpuštěné pevné látky (TDS), chemická spotřeba kyslíku (COD) a biologická spotřeba kyslíku (BOD).

Způsob užívání odvodňovaných ploch (doprava, průmysl, apod.) ovlivňuje míru znečištění mnoha látkami např. organická hmota, hrubé a jemné nerozpuštěné látky, ropné uhlovodíky, těžké kovy, detergenty, biocidy, minerální oleje. Srážkové vody, které odtékají z pěších a cyklistických komunikací obsahují hrubé a jemné nerozpuštěné látky jako je např. hlína, písek, obrus či štěrk. V zimním období je se jedná o posypový materiál a soli. U dopravních ploch a komunikací určených pro motorová vozidla jsou srážkové vody znečištěny emisemi ze spalování pohonných hmot, pohonnými hmotami, materiálem využívaného k údržbě či opravě silnic apod. Mezi látky nejvíce znečišťující srážkové vody odtékajících z dopravních komunikací patří vysoce koncentrované nerozpuštěné látky, chloridy, těžké kovy (zinek, měď) a uhlovodíky (nafta, benzín a minerální oleje). U komunikací zemědělských areálů se jedná o pohonné hmoty doplňované do zemědělských vozidel, manipulace a uskladňování močůvky a kejdy, organických a anorganických hnojiv a pesticidů, údržba a čištění strojů a nádrží na zemědělskou činnost, které mohou srážkové vody specificky znečistit. Typické znečišťující látky dle typů ploch a příslušná míra znečištění srážkové vody jsou uvedeny v tabulce 6. (Pírek 2012)

Typ plochy		Hrubé nečistoty, splavniny	Jenné částice	Těžké kovy	Uhlíkové oděly	Organické znečištění BSK5	Živiny N,P	Patogenní mikroorganismy	Chloridy
Komunikace pro pěší a cyklisty		••	•	○/•	○/•	•	•	•	○/•
Parkoviště	málo frekventovaná (osobní auta)	••	•	•	•	•	•	•	•
	(vysoce) frekventovaná (os. auta a busy)	••	••	••	••	•	•	•	••
	nákladní auta ^d	•••	•••	•••	•••	•	•	•	••
Silnice, dopravní komunikace	málo frekventované ^a (přijezdy k domům)	••	•	•	•	•	•	•	•
	středně frekventované ^b	••	••	••	••	•	•	•	••
	vysoce frekventované ^c	••	•••	•••	•••	•	•	•	•••
Plochy u skladišť, manipulační plochy		•/•••	•/•••	•/•••	•/•••	•	•	•	•/••
Komunikace zemědělských areálů		•••	•••	••	••	•••	•••	•••	○/•
○		neznečištěná							
•		mírně znečištěná							
••		středně znečištěná							
•••		vysoce znečištěná							
a		< 300 automobilů za 24 h, např. příjezdy k domům a místní komunikace v obytné zástavbě							
b		300 automobilů až 15 000 automobilů za 24 h							
c		nad 15 000 automobilů za 24 h, obvykle dálnice a rychlostní silnice							
d		parkoviště, která nejsou součástí veřejných komunikací							

Tabulka 6 Typické znečišťující látky dle typů ploch a příslušná míra znečištění srážkové vody (Pírek 2012)

12.2.1 Hodnoty znečištění ČR

Dešťová voda odtékající ze střech je zpravidla mnohem méně znečištěná než voda odtékající z dopravních ploch. Dešťová voda stékající ze střechy budov obsahuje vysoký podíl rozpuštěných oxidů (CO₂ a SO₂) a variabilní podíl organických látek (pyl, tyčinky, listy, ptačí trus, prach a bakterie). Koncentrace znečišťujících látek také závisí na materiálu daného povrchu, po kterém voda stéká. Vlivem mrazu, slunce, deště materiály různým způsobem degradují a postupně se z nich uvolňují částice. Záleží také na stáří a úpravě povrchu, např. barvě a lakování v případě střešních a okapových materiálů. Děšťové žlaby a jiné kovové části střechy korodují a uvolňují toxické látky, jako je měď, chrom nebo zinek (Hlavínek a Zelenáková 2015).

Znečištění dešťové vody je uvedeno v tabulce 7, průměrné koncentrace znečišťujících látek v odtoku ze střech je uvedeno v tabulce 8.

Table 1 Chemical composition of rain in the Czech Republic—average concentrations (Czech hydrometeorological Institute)

Chemicals	Ca	Mg	Na	K	NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
mg l ⁻¹	0.37	0.06	0.25	0.19	0.9	1.7	0.31
Chemicals	NO ₃ ⁻	Fe	Mn	Pb	Zn	F	
mg l ⁻¹	2.4	0.017	0.007	0.002	0.007	0.012	

Tabulka 7: Znečištění dešťové vody v ČR (Hlavínek a Zelenáková 2015)

Znečištění ulic a silnic ČR

Znečištění nastává při manipulaci a zpracování surovin, chemikálií v průmyslových provozech, ve stavebnictví (mytí strojů, úniky oleje), v dopravě (chemikálie k regulaci námrazy, pesticidy) viz. tabulka 9

Table 2 Average concentrations of substances in runoff (VSA 2002)

Indicator	Size	Slanted roof	Flat roofs with gravel-sand layer
pH		5.5–7.7	5.5–7.9
TOC	mg l ⁻¹	5–10	5–10
TSS	mg l ⁻¹	15–40	2–5
Cl	mg l ⁻¹	0.3–1	0.5–1
SO ₄	mg l ⁻¹	2–6	2–8
SiO ₄	mg l ⁻¹	0.3–0.4	1–2
NO ₃	mg l ⁻¹	0.3–0.7	2–5
NO ₂	mg l ⁻¹	0.05–0.1	0.1–0.15
NH ₄	mg l ⁻¹	0.4–2	0.01–0.07
N _t	mg l ⁻¹	1.5–5	3–5
P _t	mg l ⁻¹	0.08–0.15	0.02–0.05
Ca	mg l ⁻¹	1.5–2.5	10–25
Mg	mg l ⁻¹	0.2–0.7	0.7–1
Na	mg l ⁻¹	0.2–0.3	0.2–0.3
Cr	mg l ⁻¹	0.5–0.8	0.3–0.6
Mu	mg l ⁻¹	5–12	5–12
Fe	mg l ⁻¹	90–1000	100–200
Cu	mg l ⁻¹		
Roof without Cu ⁻		15–30	15–25
Roof with Cu ⁻ installations		100–300	100–300
Cu-roof		800–2000	
Zn	mg l ⁻¹		
Roof without Zn ⁻		20–70	10–40
Roof with Zn ⁻		50–200	50–200
Titanium-Zn-roof		1000–4000	
Pb			
Roof without Pb ⁻		10–30	2–10
Roof with Pb ⁻		100–300	
Pb-roof	mg l ⁻¹	5000–7000	
Cd	mg l ⁻¹	0.1–0.5	0.05–0.1

Tabulka 8 Průměrná koncentrace znečišťujících látek z odtoku ze střech (Hlavínek a Zelenáková 2015)

Indicator	Size	Average concentration
PH		7.4
TOC	mg l ⁻¹	16
TSS	mg l ⁻¹	240
Cl	mg l ⁻¹	150
SO ₄	mg l ⁻¹	40
NO ₃	mg l ⁻¹	6
N0 ₂	mg l ⁻¹	0.4
NH ₄	mg l ⁻¹	0.4–2
Pt	mg l ⁻¹	0.7
Fe	mg l ⁻¹	6
Pb	mg l ⁻¹	0.3
Zn	mg l ⁻¹	500
Cr	mg l ⁻¹	15
Ni	mg l ⁻¹	40
Cu	mg l ⁻¹	150
Cd	mg l ⁻¹	4.5

Tabulka 9: Průměrné hodnoty znečišťujících látek odtoku z ulice (Hlavínek a Zelenáková 2015)

12.3 Dělení dešťové vody dle kvality - Německo

Německo je v této kapitole zpracování z důvodu porovnání přístupu ke kvalitě dešťové vody související se znečištěním z konkrétních povrchů, jakožto naši sousední zemí, se kterou máme mnoho typů povrchů sousedící (např. silnice).

Kvalita dešťové vody je v Německu dle míry znečištění dělena do 3 kategorií na neškodné, tolerované a netolerované (viz. tabulka 10). S ohledem na míru znečištění je doporučen konkrétní způsob vsakování či je vsakování úplně zakázáno.

Plocha	obsah škodlivých látek	kvalitativní zařazení	nadzemní zasakovací zařízení			podzemní zasakovací zařízení	
			$A_{0,5}$: $A_{0,5} \leq 5$ zpravidla širokoploché zasakování	$5 < A_{0,5}$: $A_{0,5} \leq 15$ zpravidla decentralizované plošné zasakování a zasakování v průřezích, preek průřeh - rýha	$A_{0,5} : A_{0,5} > 15$ zpravidla centrální zasakování v průřezích a nádržích	zasakovací rýhy a rýhy s drenáží	zasakovací šachty
1	2	3	4	5	6	7	8
LEGENDA: + zpravidla přípustné (+) zpravidla přípustné, po odstranění škodlivin předčištěním, např. podle ATV-DVWK-M 153 (-) pouze výjimečně přípustné - nepřípustné (1) v rámci zimního provozu je nutný individuální přístup							
1 zelené střechy, louky a obdělávané plochy s možným odtokem dešťů do odvodňovacího systému		neškodné	+	+	+	+	+
2 střechy z inertních materiálů a bez instalací z neošetřených kovů (měď, zinek, olovo); terasy v obydlených a srovnatelných komerčních oblastech			+	+	+	+	(+)
3 střechy s obvyklým podílem neošetřených kovů (měď, olovo, zinek)			+	+	+	(+)	(+)
4 cyklistické stezky a chodníky v obytných oblastech mimo dosah kropení při čištění ulic; zóny s rychlostním omezením (30 km/h)			+	+	(+)	(-)	(-)
5 hospodářské plochy a parkoviště pro osobní automobily bez časté výměny vozidel, málo frekventované dopravní plochy (do 300 vozidel/den) v obytných a srovnatelných komerčních oblastech			+	+	(+)	(-)	-
6 silnice s 300 – 5000 vozidel/den vozidel; např. obslužné komunikace, přístupové silnice, okresní silnice			+	+	(+)	(-)	-
7 rolovací, startovací a přistávací dráhy menších letišť, rolovací dráhy velkých letišť (1)			+	+	(+)	(-)	-
8 střešní plochy v komerčních a průmyslových zónách s výrazným znečištěním ovzduší			+	+	(+)	(-)	-
9 silnice s 5000 - 15000 vozidel/den, např. hlavní dopravní tepny, startovní a přistávací dráhy velkých letišť (1)			+	+	(+)	-	-
10 frekventovaná parkoviště pro osobní automobily, např. u nákupních středisek			+	(+)	(+)	-	-
11 střešní plochy s krytinami z neošetřených kovů (měď, zinek a olovo); silně znečištěné komunikace a plochy (zemědělství, autodoprava, jízdná, tržnice)			+	(+)	(+)	-	-
12 silnice s nad 15 000 vozidel/den; např. hlavní tahy nadregionálního významu dálnice			+	(+)	(+)	-	-
13 hospodářské plochy a komunikace v komerčních a průmyslových oblastech se silným znečištěním ovzduší			(-)	(-)	(-)	-	-
14 zvláštní plochy - např. parkoviště pro nákladní vozidla, odstavné plochy, odstavné letištní plochy			-	-	-	-	-
		netolerovatelné					

Tabulka 10: Znečištění dešťového odtoku a přípustný způsob vsakování dle DWA-ArbeitsblattA138 (www.pocitamesvodou.cz)

12.4 Filtrace dešťové vody

Znečišťující látky mohou vsakovací objekty zanášet a snižovat propustnost zeminy, a proto je nutné takové nečistoty odstranit. K tomu slouží externí filtrační zařízení či přímo zakomponované ve vsakovacím objektu.

13 Vsakování dešťové vody

Pro dělení zařízení a objektů určených k zasakování dešťové vody existuje několik přístupů a pohledů. Pro účely této práce je použito přehledné komplexní dělení dle Novotné a kol. (2015), které jsou zpracovány pro účely Ministerstva životního prostředí.

Základní přístup dělení vsakování dešťové vody je dle povrchu terénu, a to na:

- Vsakování z povrchu terénu (plošné)
- Podzemní vsakování

Dle OPŽP (Operační program Životní prostředí) se opatření pro vsakování dělí na:

- přírodě blízká
- technická

Dle způsobu přivedení vody:

- s povrchovým přítokem
- s podpovrchovým přítokem

Dle objemu zadržené vody:

- bezodtoková
- s regulovaným odtokem

Povrchové i podzemní vsakování lze společně kombinovat. V případě kombinace se jedná o využití obou prvků zároveň. Pod povrchový prvek je umístěn prvek podzemní. Tento způsob vsakování je velice účinný, jelikož dochází ke zvýšení objemu zadržené vody. Díky půdnímu horizontu se tak zároveň voda před samotným vsakováním předčistí (Novotná a kol. 2015).

13.1 Povrchová vsakovací zařízení

Povrchová vsakovací zařízení jsou obecně upřednostňovaným způsobem řešení s ohledem příznivost k evapotranspiraci a jejich schopnost čištění (TNV 75 9011).

Jedná se o vsakování nejvíce se přibližující přirozenému vsakování srážkových povrchových vod. Tato vsakovací zařízení jsou vhodná pro přípustné a podmíněčně přípustné srážkové vody (ČSN 75 9010).

13.2 Podzemní vsakovací zařízení

„Podzemní vsakovací zařízení jsou uměle vytvořené prostory pod úrovní terénu nad vsakovací plochou a jsou vždy kombinována s retencí srážkové vody (retenční objem vsakovacího zařízení)“ (ČSN 75 9010).

Tato zařízení lze využít pro vsakování přípustných a podmíněčně přípustných srážkových povrchových vod. *„U podmíněčně přípustných srážkových povrchových vod je vsakování v podzemních vsakovacích zařízeních možné po jejich předčištění. Před zaústěním srážkové vody do vsakovacích zařízení se podle její jakosti má předřadit hydroseparace (předčištění). Součástí podzemních vsakovacích zařízení mají být kontrolní a čisticí prvky. Podzemní vsakovací zařízení musí být opatřeno odvětráním“ (ČSN 75 9010).*

Níže jsou uvedena již konkrétní možnosti řešení vsakování dle povrchu terénu:

Vsakování z povrchu terénu:

- Plošné vsakování přes půdní profil – humusovou vrstvu
- Plošné vsakování přes technické prvky
- Vsakovací průleh
- Vsakovací nádrž (jezírko)

Opatření pro podzemní vsakování:

- Vsakovací rýha vyplněná štěrkem
- Vsakovací rýha vyplněná vsakovacími bloky
- Vsakovací šachty

Opatření kombinující povrchové a podzemní vsakování: •

- Vsakovací průleh – rýha

Opatření kombinovaná s retenčním účinkem a výparem: •

- Retenční nádrže
- Umělé mokřady

13.3 Účel využití zasakovacího zařízení

Zasakovací zařízení jsou obecně známá také pod názvy infiltrační či vsakovací zařízení. Tato zařízení jsou určena k přirozené infiltraci dešťové vody ze zpevněných povrchů a střech budov. Základním účelem a funkcí všech typů zařízení pro zasakování je co nejrychleji odvést dešťovou vodu do tzv. infiltrační zóny a umožnit její infiltraci do okolní půdy. Návrh a využití infiltračních zařízení jako udržitelné metody likvidace odtoku dešťové vody se stávají nedílnou součástí koncepcí hospodaření s dešťovou vodou a projektů kanalizačního systému budov a jiných zpevněných ploch. Nakládání s dešťovou vodou je problém téměř každé nové budovy v městské oblasti a v oblasti s nedostatečně dimenzovanými kanalizačními systémy. Systémy odpadních vod, čistírny odpadních vod a příjemci z řad vodních toků jsou kapacitně přetíženy a roste tak riziko povodní. To vede k nutnosti používat systémy pro infiltraci dešťové vody nebo dešťovou vodu efektivně zachycovat pro další opětovné použití.

14 Technická řešení zasakování dešťové vody

Níže jsou uvedeny charakteristiky jednotlivých opatření a objektů zasakování dešťové vody. Nároky na údržbu jsou shrnuty v Příloze 2

14.1 Plošné vsakování přes půdní profil

Plošné vsakování přes půdní profil je povrchovým vsakováním, které se řadí mezi přírodě blízká opatření. Jedná se o nejpřirozenější způsob zasakování a je využíváno jak v místě, kde srážka dopadne, tak v prostoru, kam je voda svedena z nepropustných ploch. Při tomto způsobu se nevytváří retenční prostor, a proto je pro zasakování nutno počítat s větší plochou (Novotná a kol. 2015). V případě plošného vsakování je vhodné, aby byla spodní vrstva půdy složena převážně neztvrdlou či málo ztvrdlou horninou (ČSN 75 9010).

Plocha se zatravněnou humusovou vrstvou má být navrhována se sklonem maximálně 1:20. Poměr mezi odvodňovanou redukovanou plochou A_{red} a plochou pro vsakování

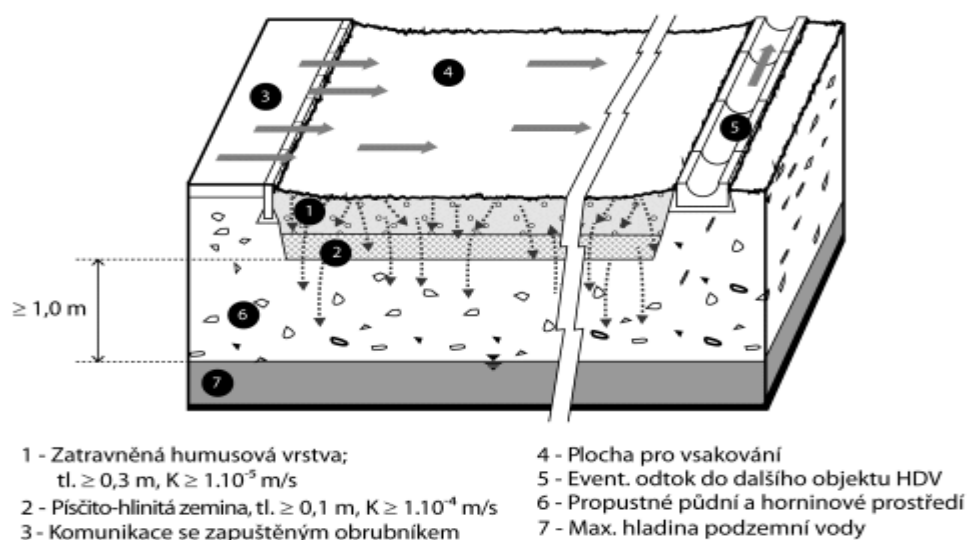
A_{vsak} je přibližně $A_{red}/A_{vsak} \leq 5$ (TNV 75 9011). Objekt plošného vsakování je uveden na obrázku 5.

Travní porost je potřeba pravidelně udržovat kosením, a to při dosažení výšky 100-150 mm. Pro efektivní fungování vsakování je nezbytné z plochy odstranit pokosenou trávu, plevel, listí, naplavené sedimenty a nečistoty. Travní porost bývá také provzdušňován vertikulátorem (Novotná a kol. 2015).

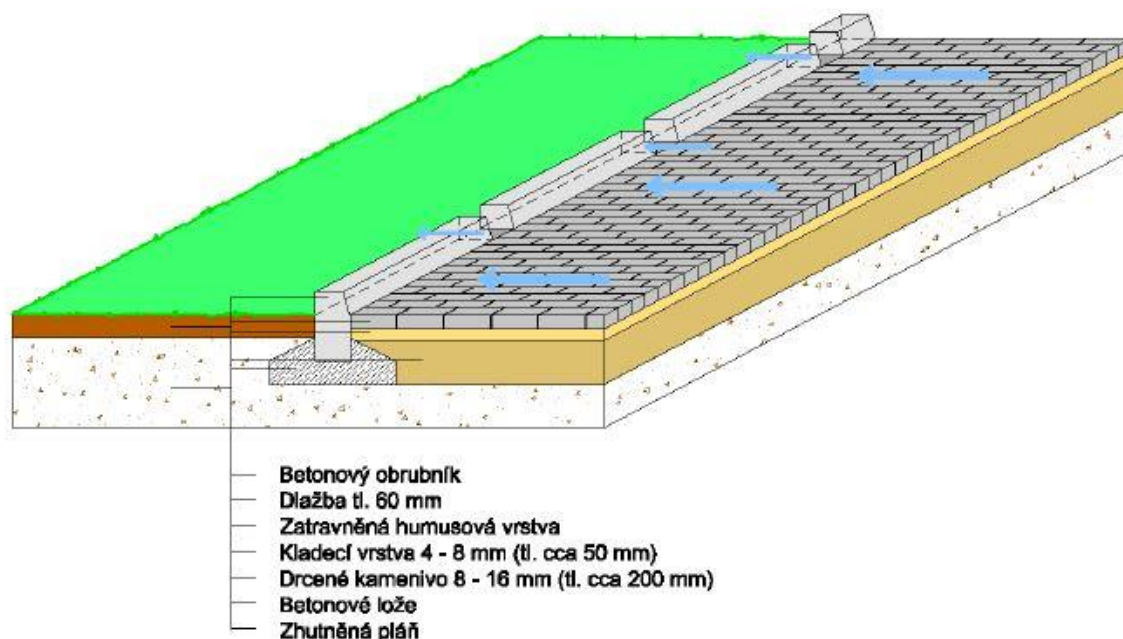
Jedná se o řešení vhodné jako návaznost na plochu, ze které není soustředěn průtek, ale je v dostatečně dlouhé linii rozprostřený. Mezi takové plochy se řadí např. chodníky, parkoviště a silnice nižších tříd, na které často navazuje zatravněná plocha.

Dopravní koridory mohou být s ohledem na prostorové možnosti přerušeny pomocí zatravněných vsakovacích ploch např. zatravněným pásem mezi komunikací a chodníkem (Novotná a kol. 2015).

Na obrázku č. 6 je znázorněno řešení včetně silniční komunikace. Modré šipky znázorňují směr dešťového odtoku.



Obrázek 5 Objekt plošného vsakování (TNV 75 9011)



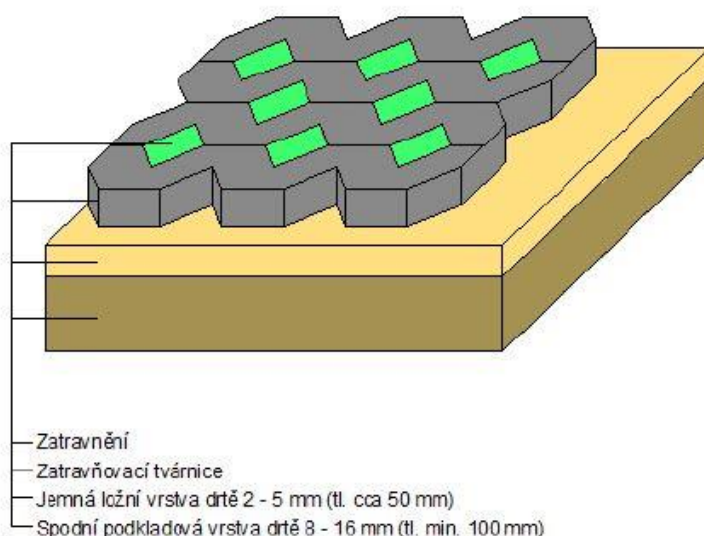
Obrázek 6: Příklad možného řešení nátoky na zasakovací plochu přes otvory v obrubníku (Novotná a kol. 2015)

14.2 Plošné vsakování přes technické prvky

Plošné vsakování přes technické plochy je příznivým způsobem pro zasakování srážky v místě dopadu. Využívá se, pokud je plocha více zatěžována a vyžaduje se určitá odolnost a únosnost. Při nízkém požadavku na únosnost je využíván štěrk, písek, kamenná drť, štěrkopísek, kůra po rozdrčení a další. V případě potřeby zachování maximální kondice zpevněné plochy jsou aplikovány technické prvky průmyslové výroby. Mezi takové prvky patří tzv. „zasakovací systémy“, které jsou vyráběny nejčastěji z plastu či betonu. Tyto systémy se skládají z nosné konstrukce, která obsahuje mezery propouštějící vodu do podloží (Novotná a kol. 2015).

Tento způsob vsakování je vhodný pro chodníky, zpevněné parkovací plochy, malé komunikace typu příjezdové cesty a další. Řešení je používáno i v místech s estetickými nároky (Novotná a kol. 2015). Příklad řešení za použití technického prvku – zatrávňovací tvárnice je uveden na obrázku 7.

Zatravňovací tvárnice



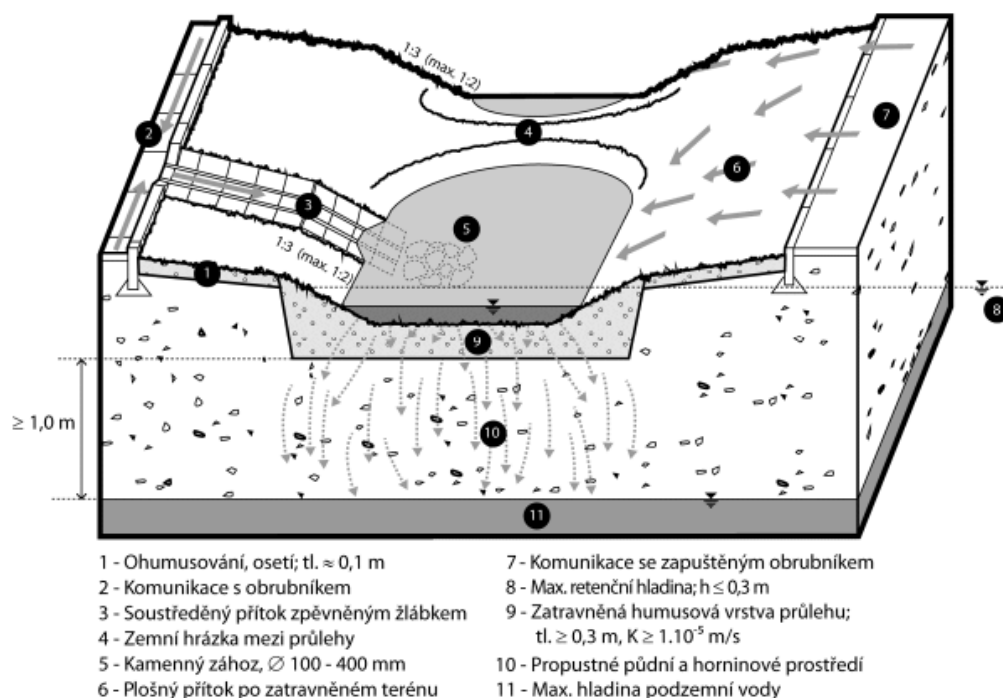
Obrázek 7: Příklad řešení za použití technického prvku – zatravňovací tvárnice (Novotná a kol. 2015)

14.3 Vsakovací průleh a nádrž

Vsakovací průleh či nádrž jsou povrchovým vsakovacím zařízením, obsahující zatravněnou humusovou vrstvu. Využívá se především pokud nejsou optimální podmínky pro plošné vsakování, a to v případě nedostatečně velké plochy či pokud není plocha dostatečně propustná. Aby bylo opatření maximálně účinné, neměla by v něm být voda zadržovat příliš dlouho. Dle TNV 75 9011 „*Hydraulická vodivost K rostlé zeminy by měla být orientačně větší než $5 \cdot 10^{-6}$ m/s. Svahy průlehu se navrhují ve sklonu 1:3. Vzhledem ke stabilitě zatravněné humusové vrstvy by sklon svahů průlehu neměl být větší než 1:2*“. Přítok by měl do nádrže či průlehu směřovat rovnou ze zpevněné plochy, aby se zamezilo soustředěnému toku vody a erozi svahů.

Pod vrstvu ornice lze umístit geotextílii a pod ni minimálně 100 mm vysokou vrstvu štěrkopísku. V případě vedení přítoku vody skrze žlábek dlažby či potrubí, se musí upravit přímá oblast vtoku až ke dnu zařízení a zamezit tak k případné erozi okolního povrchu (TNV 75 9011).

Vsakovací nádrže jsou hojně využívány pro rozsáhlejší odvodňované plochy či zařízení pro větší množství pozemků. Bezpečnostní přeliv lze řešit i prostřednictvím sruženého objektu s regulovaným odtokem. Na Obrázku 8 je zobrazen vsakovací průleh a řešení soustředěného přítoku přes žlábek (TNV 75 9011).



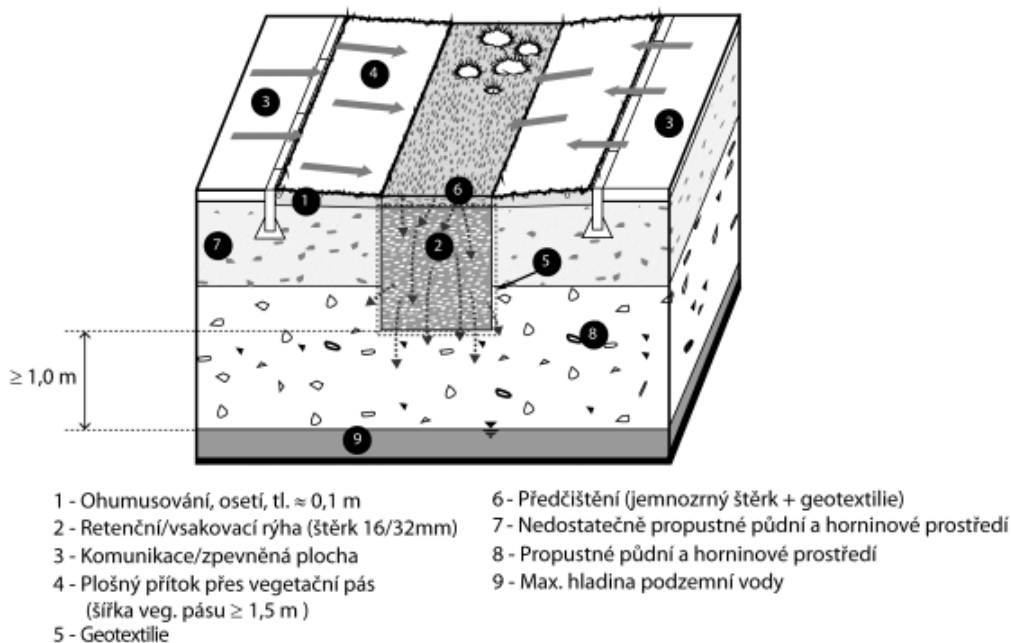
Obrázek 8: Vsakovací průleh s površovým přívodem vody (TNV 75 9011)

14.4 Vsakovací rýha vyplněná štěrkem

Vsakovací rýha vyplněná štěrkem je podzemním způsobem vsakování technického typu. Zrnitost štěrku bývá 16/32 mm (TNV 75 9011). Řešení je vhodné především pro málo znečištěné povrchy, menší stavby, rodinné domy, chaty a v případech, kdy je podloží málo propustným, a je tak nutno vodu déle zdržovat a dále při nedostatečně velké ploše pro povrchové vsakování. Výplň prostoru pro zadržení srážkové vody činí většinou štěrk. Skrze usazovací a rozdělovací šachtu je voda potrubím přiváděna do retenčního prostoru. Nutností je vodu před vtokem do akumulčního prostoru předčistit od splavenin. V případě delší vsakovací rýhy je potřeba stavebně zajistit rovnoměrnou distribuci vody na celou délku rýhy např. pomocí podélného potrubí (Novotná a kol. 2015).

Obrázek 9 znázorňuje vsakovací rýhu s površovým plošným přítokem. Vrchní filtrační vrstva společně s geotextílií zaručují předčištění vody a tím ochranu objektu.

Vsakovací rýha s podpovrchovým odtokem je znázorněna v Příloze 3. Vsakovací rýha vyplněná štěrkem s podpovrchovým přítokem a regulovaným odtokem je znázorněna v Příloze 4.



Obrázek 9 Vsakovací rýha s povrchovým plošným přítokem (Novotná a kol. 2015)

14.5 Vsakovací rýha vyplněná vsakovacími bloky

Vsakovací rýha vyplněná vsakovacími bloky je podzemním způsobem vsakování technického typu. Toto řešení vyhovuje především případům, kdy není dostatečná velikost plochy pro zasakování. Bloky jsou schopny vodu zadržet a postupně vsakovat. Přívod vody je skrze potrubí přes usazovací a rozdělovací šachtu. Instalace vsakovacích bloků patří mezi jednoduché stavební úkony. Vytvoří se výkop a štěrkový podklad, a který se uloží bloky obalené do geotextílie (Novotná a kol. 2015).

Na českém trhu působí mnoho výrobců a dodavatelů, kteří nabízejí kompletní instalaci těchto zasakovacích systémů pro domácnost, obce a města i pro průmyslové odvětví a další. Dle daného typu bloků je toto řešení vhodné i pod plochy, která má vysokou zátěž. Zařízení se může dimenzovat jako vsakovací rýha s bloky a podpovrchovým přítokem i jako řešení s regulovaným odtokem (Novotná a kol. 2015).

14.6 Vsakovací šachta

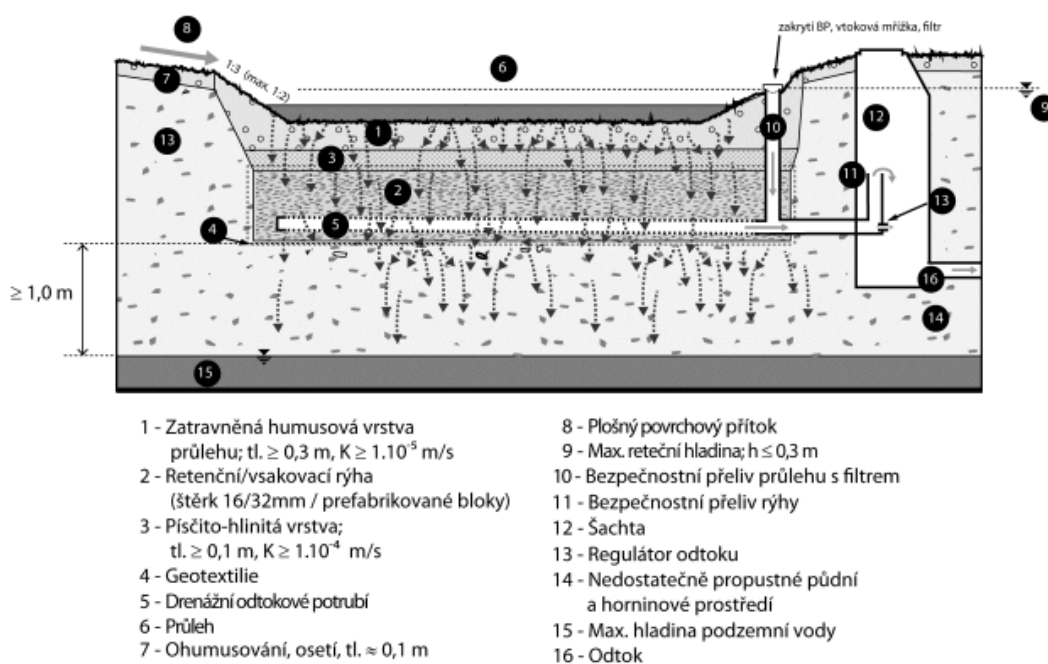
Vsakovací šachty spadají do podzemního vsakování technického typu a jsou tradičním řešením především v intravilánech obcí a i v případech, kdy není vysoký estetický požadavek (Novotná a kol. 2015).

„Srážkovou vodu je třeba přivést svislým potrubím ke dnu šachty. V horní části musí být svislé potrubí opatřeno otevřeným svislým hrdlem pro odvod vzduchu pro případ zaplnění vsakovací šachty (svislého potrubí) vodou. Na dno šachty se nasype vrstva štěrkopísku o tloušťce minimálně 300 mm. Na tuto vrstvu se položí geotextilie, kterou se doporučuje chránit vrstvou štěrkopísku. Pod vyústění potrubí pro přívod srážkové vody se osadí dlaždice (betonová deska). Poklop vsakovací šachty musí být opatřen otvory (místo poklopu lze použít také mříž) a má být nejméně o 150 mm výše než okolní terén (svahování terénu od poklopu je možné provést i s malým sklonem)“ (ČSN 75 9010).

14.7 Vsakovací průleh-rýha

Jedná se o kombinaci technického a přírodě blízkého opatření, a to povrchového zasakování v průlehu a podzemního vsakování přes štěrk či zasakovací bloky. Dešťová voda je zasakovacím průlehem zachycena a skrze půdní půdní profil se vsakuje do podzemní části, kterou tvoří např. zasakovací bloky (Novotná a kol. 2015).

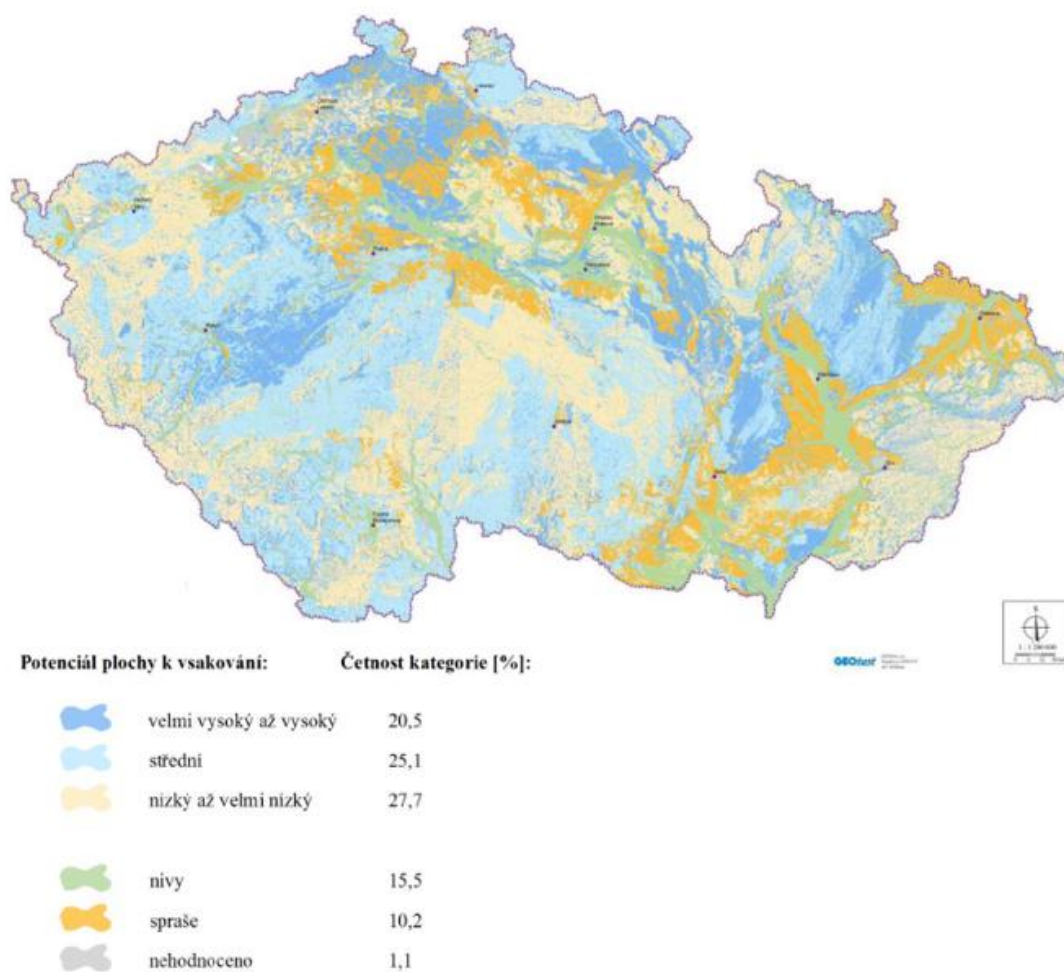
Vsakovací průleh-rýhu lze taktéž dimenzovat s regulovaným odtokem viz. Obrázek 8.




Obrázek 10: Vsakovací průleh-rýha s regulovaným odtokem. (TNV 75 9011)

15 Kategorizace vsakování dle Mapy vsaku ČR

V ČR je mapa potenciálního vsaku viz. Obrázek 11 veřejně dostupným mapovým dílem. Ve vztahu k této mapě jsou opatření potenciálního vsakování rozdělena na opatření přírodě blízká a technická viz. tabulka 11 a 12. Z hlediska míry možné infiltrace – úrovně hladiny podzemní vody, litologie hornin, změny v základových poměrech – spráše, je zřetelné, že technická opatření jsou značně mířena na oblasti s dostatečnou hladinou podzemní vody, s horninami charakteristickými hydrogeologickým izolátem nebo na ty tvořené sprašemi (Novotná a kol. 2015).



Legenda k mapě:

Barevné vyjádření	Kód vsaku	Charakteristika potenciálního vsaku
	0	bez informací
	1	vysoká až velmi vysoká
	2	střední
	3	nízká až velmi nízká
	4	sedimenty nivy
	5	spraše

Obrázek 11: Mapa potenciálního vsaku (Novotná a kol. 2015)

Barevné vyjádření	Kód vsaku	Plošné přes půdní profil	Plošné přes technické prvky	Vsakovací průleh, nádrž	Retenční nádrž
	0 bez informací	není možné posoudit	není možné posoudit	není možné posoudit	není možné posoudit
	1 vysoká až velmi vysoká	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné
	2 střední	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné
	3 nízká až velmi nízká	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné
	4 sedimenty nivy	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné
	5 spráše	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné

Tabulka 11 Kategorizace pro opatření přírodě blízká (Novotná a kol. 2015)

Barevné vyjádření	Kód vsaku	Vsakovací rýha vyplněná štěrkem	Vsakovací rýha vyplněná vsakovacími bloky	Vsakovací šachty	Vsakovací průleh - rýha (rýha tvořená štěrkem nebo zasakovacími bloky)
	0 bez informací	není možné posoudit	není možné posoudit	není možné posoudit	není možné posoudit
	1 vysoká až velmi vysoká	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné
	2 střední	vhodné	vhodné	vhodné	vhodné
	3 nízká až velmi nízká	podmíněně vhodné	podmíněně vhodné	podmíněně vhodné	podmíněně vhodné
	4 sedimenty nivy	nevhodné	nevhodné	nevhodné	nevhodné
	5 spráše	nevhodné	nevhodné	nevhodné	nevhodné

Tabulka 12.: Kategorizace pro technická opatření (Novotná a kol. 2015)

16 Ukázka produktového portfolia

Produktová portfolia společností působící na českém i australském trhu řeší vsakování pro rodinné domy, obce a města a nabízí širokou škálu řešení včetně samotné instalace a stavebních prací.

16.1 ASIO – ČR

Veškeré informace v této kapitole jsou z oficiální webové stránky společnosti www.asio.cz.

ASIO je inženýrsko-dodavatelskou společností založenou r. 1993. Společnost je zastoupena ve 32 zemí. Oborem činnosti je: vývoj výroby, úprava vod, čištění vzduchu a dodávky technologií pro čištění odpadních vod. ASIO spolupracuje s mnoha akademickými institucemi a vysokými školami.

Vsakovací tunel AS-KRECHT

Výhody:

- 100% využití akumulčního prostoru
- úspora výkopových prací

- minimální instalační a dopravní náklady (systém je lehký a skladný)
- vysoká pevnost a únosnost při zatížení
- jednoduchá a rychlá montáž
- dlouhá životnost díky recyklovatelnému polyetylenu (HDPE)

Tyto plastové konstrukce jsou běžně využívány v ČR i zahraničí. Konstrukce mají zároveň vysokou akumulaci schopnost (95-100 % využitelného objemu) a nízkou hmotnost.

Technické parametry produktu dle společnosti ASIO:

Materiál: Polyethylén (HDPE)

AS KRECHT - T 1600 střední tunel

Rozměry: 2,3 x 0,81 x 1,3 m (D x V x Š)

Efektivní délka: 2,25 m

Hmotnost: 32 kg

Objem (čistý): 1600 litrů

AS KRECHT - T 100 SE/ 100 E počáteční a koncová čela

Rozměry: 0,48 x 0,78 x 1,3 m (D x V x Š)

Efektivní délka: 0,44 m

Hmotnost: 5 kg

Mechanické vlastnosti:

únosnost při min. výšce nadloží

pro osobní automobil = 5 kN/m² krytí min. 0,5 m

pro nákladní automobil = 16,7 kN/m² krytí min. 0,8 m

Zatížení vyhovující DIN1072 v různě instalovaných hloubkách. Jiné zatížení je možné na objednávku.



Obrázek 12: Ukázka instalace tunelového systému AS-KRECHT (<https://www.asio.cz/cz/as-krecht>)

16.1.1 Systém AS-NIDAPLAST

Výhody:

- efektivní odvodnění pozemku
- dostatečný akumulční prostor (95 %)
- nenáročná výkopová práce
- nízká hmotnost celého systému (manipulaci zvládnou snadno dvě osoby)
- dostatečná pevnost celého systému a odolnost pro pojezd

Technické parametry produktu:

Materiál: PP

Rozměry: blok 2400x1200x520 mm

Průměr buňky: 50 mm

Hmotnost: 42 kg/m³

Akumulční schopnost: 95%

Objem akumulace: 950 l/m³

Mechanické vlastnosti:

Únosnost vertikální: 400 kPa

Únosnost horizontální: 20 kPa

Krátkodobý modul: 30-35 kPa

Úhel tření: 24°

Minimální krycí vrstva pro použití zhutňovacích strojů: 0,3 m šterku o zrnitosti 16/32

Minimální krytí pro pojezd stavebních strojů: 0,25 m zhutněného materiálu

Minimální krytí při provozu na parkovištích: 0,5 m

Maximální překrytí při tíze zeminy: 20 kN/m³ je 1,8 m

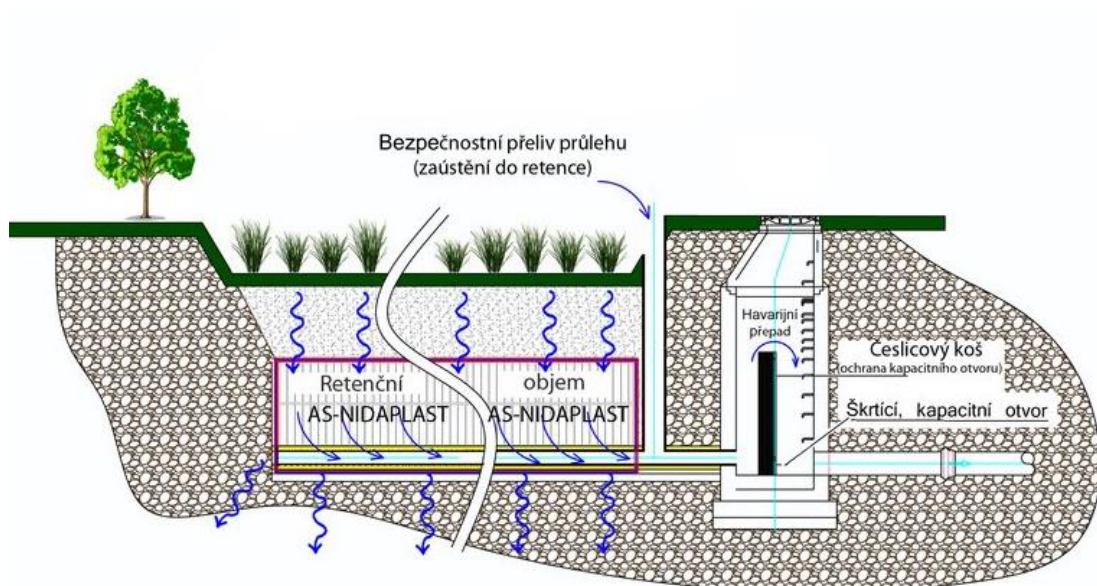
Odolnost:

UV: nejméně po dobu tří měsíců

Vliv na podzemní vody: neutrální

Odolnost vůči kyselinám: velmi dobrá

Odolnost vůči působení přírodních vlivů: velmi dobrá



Obrázek 13: Schéma systému AS-NIDAPLAST (<https://www.asio.cz/cz/as-nidaplast-link>)



Obrázek 14: Systém AS-NIDAPLAST (<https://www.asio.cz/cz/as-nidaplast-link>)

16.1.2 Zasakovací rošty pro zpevněné propustné povrchy - AS-TTE ROŠT

AS-TTE ROŠT slouží ke zpevnování povrchů. Toto řešení umožňuje zabezpečení dopravní funkce i zajištění původních odtokových poměrů na rozsáhlých plochách i odstavných plochách o domu. Rošty lze použít k zatravnění, k osazení dlažby, ke zpevnění podloží, ochraně podzemních vod i kořenů stromů. Výměna nepropustných povrchů za propustné a podzemní vsakovací zařízení jsou součástí dotační výzvy č. 119 OPŽP ("Velká dešťovka") (www.asio.cz)

16.2 ACO Česká republika a ACO Australia

Veškeré informace v této kapitole jsou z oficiálních webových stránek společnosti: www.aco.cz a www.acostormbrixx.com.au

ACO má zastoupení na čtyřech kontinentech ve 40 zemích světa. Dispouje 30 výrobními závody. Společnost má sídlo v německém Rendsburgu. V ČR i Austrálii nabízí ACO pro zasakování stejné produkty včetně totožných názvů.

ACO Stormbrixx SD je vhodným řešením pro parkoviště osobních aut s přístupem pohotovostních vozidel. ACO Stormbrixx HD je ideální pod dopravní plochy.

Výhody systémů Stormbrixx

- odolnost a zatížitelnost konstrukce díky skládání na cihelnou vazbu
- možnost jednoduché a průběžné údržby a inspekce
- nízké náklady na přepravu v důsledku stohovatelnosti základních prvků
- ekonomická doprava a praktická manipulace na staveništi - nižší produkce CO₂
- jednoduchá instalace modulárním principem

- vysoký užitný objem 95 %



Obrázek:15 Detail modulu systému ACO Stormbrixx (<https://www.aco.cz>)

16.3 HUMES AUSTRALIA – Austrálie

Veškeré informace v této kapitole jsou z oficiální webové stránky společnosti:

www.holcim.com.au/humes

Humes je divizí Holcim Australia, která je součástí LafargeHolcim se sídlem ve Švýcarsku. Humes má nyní zastoupení ve všech spolkových státech Austrálie a patří tak k jednomu z předních australských poskytovatelů konstrukčních řešení pro civilní stavebnictví.

StormTrap®

StormTrap je systémové řešení k zadržování a infiltraci dešťové vody, které splňuje regulační požadavky a zároveň minimalizuje dopad na využitelnou půdu. Díky flexibilnímu designu a jednoduché instalaci je považováno za cenově výhodné řešení pro rezidenční, komerční nebo průmyslové projekty.

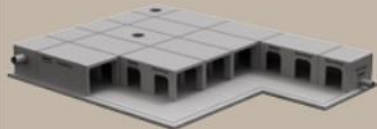
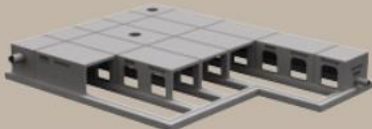
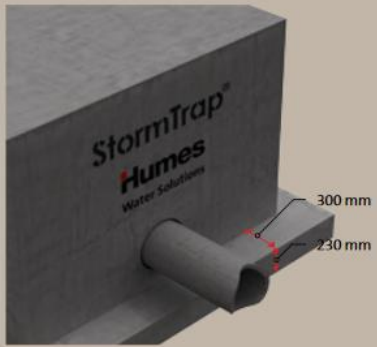
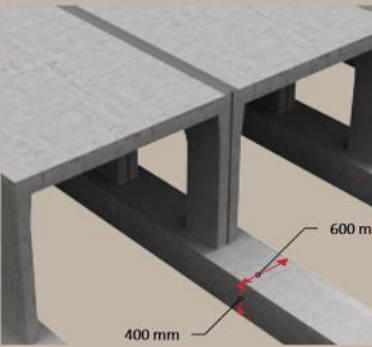
Systém spojuje jednotlivé prefabrikované betonové moduly do konfigurace, kterou lze přizpůsobit podle konkrétních požadavků projektu. Je to ideální řešení pro místa vyžadující bezpečný systém vhodný zejména pro parkovací místa, zastavěné plochy, sportovní hřiště a silnice.

Systém je schopný řešit i plochy složitějšího tvaru. Moduly lze měnit tak, aby se vyrovnaly se skloněným povrchem nebo jinými omezeními. Společnost má vlastní program pro návrh toho systému. Tým techniků je schopen

navrhnout systém do 48 hodin od získání podrobností o projektu a dodat kompletní sadu výkresů.

Model Single Trap

Instalaci modulů systému lze přizpůsobit pro řešení vsakování i pro samotnou retenci dešťové vody. V případě retence se před instalací modulů vytvoří betonové podloží, na které se poté nasazuje jednotná vrstva modulů viz. Obrázek 16.

System type	Detention	Infiltration
		
Foundation	Continuous concrete slab	Strip footing
Dimensions	Slab is 230 mm thick* and extends 300 mm past outer edge of the system. 	Slab 'strips' are 400 mm thick and 600 mm wide running underneath the line of StormTrap® feet. 
Recommended cure period	7 days	7 days

Obrázek 16 Systém single StormTrap pro retenci a zasakování (<https://www.holcim.com.au>)

Model DoubleTrap

Zatímco délka a šířka modulů zůstává konstantní, výška a následná hmotnost se liší v závislosti na výšce modulu. Výška „nohy“ se pohybuje od 600 mm do 1 500 mm a je v tomto rozsahu nastavitelná v krocích po 25 mm. Moduly mohou obsahovat otvory umožňující potrubí pro dešťovou vodu. Dolní moduly mohou mít pro infiltrační systémy jednu nebo více dutin o průměru 1 050 mm.

Vstupy a výstupy mohou být umístěny v různých inverzích a polohách kolem obvodu struktury.

Systém StormTrap® není vodotěsný, a proto se na všechny vnější spáry modulů aplikuje tmel (200 mm široká páska StormWrap™), aby se zabránilo pronikání půdy a podzemní vody do systému.

Moduly DoubleTrap™ se skládají ze dvou jednotek s maximální výškou 1 500 mm. Hmotnost např. Typu 1 viz. Obrázek X je 6,730 Kg a rozměry 4,000 x 2,350 mm.

Figure 1 – A sample layout of a DoubleTrap™ system

IV	III	III	V
II	I	I	II
II	I	I	II
V	III	III	IV

Standard type I (top)



Standard type II (top)



Standard type III (top)



Standard type IV (top)



Standard type V (top)



Standard type VI (top)



Standard type VII (top)



Obrázek 17: Ukázkové rozvržení modulů systému DoubleTrap a jednotlivé typy modulů (<https://www.holcim.com.au>)

16.4 GRAF ČR a Austrálie

Německá společnost GRAF vyvíjí, vyrábí a prodává širokou škálu produktů pro vodní hospodářství. Poskytují řešení globálních výzev, jako je ochrana vodních toků, čištění odpadních vod a prevence povodní. Společnost aktuálně působí ve více než 70-ti zemích světa. GRAF nabízí širokou škálu vsakovacích tunelů a bloků. GRAF na rozdíl od Austrálské pobočky v Petru nemá v ČR přímé zastoupení, v Polsku však ano. V ČR jsou produkty GRAF nabízeny skrze distribuční firmy.



Obrázek 18: Ukázka infiltračních tanků společnosti GRAF (<https://www.graf-water.com/stormwater-management/>)

17 Případová studie White Gum Valley

LandCorp patří mezi hlavní australské průkopníky trendu co nejvíce šetrného bydlení a zástavby k přírodním zdrojům, využívání technologií s cílem trvale udržitelného rozvoje a vývojem řešení s cílem efektivně nakládat s dešťovou vodou a snižovat celkovou spotřebu vody v domácnostech. Informace byly čerpány z případové studie Water sensitive cities (©2017).

Zúčastněné strany

LandCorp připravoval celý projekt v dlouhodobé spolupráci s místí samosprávou i státní správou.

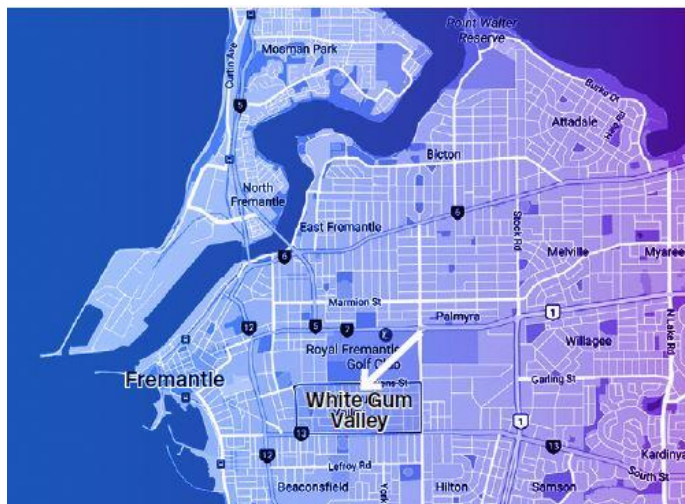
První počátky iniciativy začaly v r. 2003, kdy se odehrávaly první semiáře a diskuze a téma budoucího rozvoje inovací v oblasti. V r. 2016 WGV získalo Australskou národní cenu za nejlepší ideu a nápad v oblasti plánování v kategorii projekt malého rozsahu. WGV získal zároveň grant v hodnotě 1 milionu dolarů od australské Agentury pro obnovitelné zdroje energie (ARENA). Prodej domů výstavby s názvem „The Gen Y demonstration homes“ byl zahájen v r. 2017.

Základem projektu byla společná ambice a spolupráce ve Frematle. Místní rada byla velkým podporovatelem nového přístupu a vývoje. Starosta Brad Pettitt byl klíčovým iniciátorem v předkládání možností radě města a v apelaci směřující ke schvalovacímu řízení a přijetí projektu. Celkové inovace ve vodohospodářství byly podporovány i ze strany státu prostřednictvím odboru „Department of water“, který byl aktivně činný ve schvalovacím řízení v r. 2006.

LandCorp svými inovacemi směřující k rozvoji měst a efektivního hospodaření s vodou upoutává pozornost nejen národní, ale již i globální.

Lokace

White Gum Valley (WGV) se nachází přibližně 3 km od města Fremantle v západní Austrálii.



Obrázek 19: Lokace WGV (Water sensitive cities ©2017)

Zaměření projektu

Projekt zahrnuje přes 80 obydlí na pozemku o rozloze 2,29 ha
Typologie budov: samostatné rodinné domy, bytové domy.

Očekává se, že rozšíření zástavby WGV pojme přibližně 180 nových obyvatel prostřednictvím řady možností bydlení včetně bytů, mezonetů a 23 samostatných obytných domů.

V rámci WGV byly pro obyvatele vytvořeny metodické pokyny k využití technologií do svých domů s cílem zajistit co nejvíce šetrnou domácnost. Noví majitelé nemovitostí mohou získat balíček v hodnotě 10 000 dolarů pro naplnění těchto cílů za předem stanovených podmínek. K obdržení balíčku musí vlastník instalovat např. fotovoltaiku o určitém výkonu.

17.1 Nakládání s dešťovou vodou ve WGV

Jeden z hlavních cílů celého projektu je šetrné nakládání s vodou a efektivní způsob zasakování dešťové vody. Domy WGV se zaměřují na snížení spotřeby vody o 60 až 70 %, což se rovná 30 - 40 kL osoba/rok, na rozdíl od průměru z města Perth, který činí 106 kL osoba/rok. Mimo celkové snížení spotřeby vody probíhá také monitorování stavu v reálném čase pomocí implementace čidel do zařízení HDV a přenosu dat do příslušných softwarů. Cílem je sběr a předávání informací o stavu vody nejen obyvatelům, ale také správním orgánům.

Součástí kupní smlouvy je závazek nového vlastníka nemovitosti o naplňovaných cílů projektu, implementaci energeticky šetrných technologií.

Infiltrace dešťové vody a pasivně zavlažované stromy:

Součástí metodických pokynů pro nové obyvatele je doporučený seznam dřevin a rostlin pro designování jejich zahrad za účelem koncepčně správného vytváření propustných ploch na pozemcích.

Zajímavostí tohoto projektu jsou tzv. „Passively irrigated trees“ – pasivně zavlažované stromy. Systém spočívá ve využití dešťového odtoku ze silnic, zavlažování dřevin a vsakování dešťové vody. Voda stéká skrze vybudované jámy v blízkosti stromů. Stromy jsou zároveň umístěny v sousedství jímek na dešťovou vodu, což umožňuje proniknutí dešťové vody do půdní základny stromu. Pro tyto účely byly ve Fremantle navrženy 4 zkušební dřeviny pro následné zařazení do White Gum Valley.

Výhodou tohoto řešení je zachycení dešťové vody do půdního profilu a její předčištění před samotným vsakem. Tím se zabrání znečištění podzemních vod. Stromy jsou vybrány z řad citrusových a ovocných stromů, které zároveň zásobují místní obyvatele svými plody.

Součástí příručky WGV pro obyvatele k řešení zahrad jsou také návody k minimalizaci nepropustných povrchů, jako je dlažba nebo beton a maximalizaci propustných ploch. Obyvatelé mají přístup ke specifikaci vhodných materiálů pro budování propustných ploch i celkovému stavebnímu know-how.

Ve veřejném prostranství WGV jsou cíleně vysazovány druhy vodních rostliny, které mají vysokou schopnost absorbovat vodu.



Obrázek 20: Veřejný prostor White gum valley, tvořen propustnými plochami a vodními rostlinami (Water sensitive cities ©2017)

Infiltrační nádrže jako krajinný prvek

Klasické vsakovací nádrže jsou běžnou součástí krajiny Perthu. Nádrže jsou zde však často esteticky nevzhledným prvkem, jelikož bývají oplocené, neudržované, zarostlé plevelem a představují tak i určitou administrativní zátěž pro místní správu. Projektový tým z LandCorp se proto rozhodl přijít s inovativním řešením, a to zakomponováním infiltračních nádrží do krajinného rázu a tím tak ještě zvýšit celkovou užitekost v přístupu k dešťové vodě.

Projektový tým LandCorp vytvořil návrh terénních úprav tak, aby bylo veřejné prostranství zachováno z hlediska estetičnosti i krajinného rázu a zároveň plnilo odvodňovací funkci a disponovalo co nejvyšší infiltrační kapacitou.

Infiltrační nádrže jsou zakomponovány pod viditelný povrch terénu, shromažďují dešťovou vodu a umožňují ji postupně vsáknout do země.

Nádrže se tak stávají součástí veřejného otevřeného prostranství sloužící k běžným aktivitám obyvatel. Návrh řešení vede ke zmírnění povodní, jelikož poskytuje úložiště městského dešťového odtoku. Zároveň umožňuje vsakování dešťové vody zpět do půdy a přispívá tak k doplnění podzemí vody.

Dalším důležitým cílem terénních úprav byl cíl navýšení počtu stromů v lokalitě. Zástin, které koruny stromů vytvářejí, výrazně napomáhají v nejteplejších obdobích a zároveň jsou v případě WGV součástí řešení problematiky dešťové vody.

Ve WGV jsou efektivně budovány pěší komunikace z propustných materiálů jako je např. šterk. Na obrázku 21 jsou je chodník z propustného materiálu, vlevo se nachází zmíněná terénní úprava a zakomponování nádrží do nadzemní části krajiny. Dřevěná tyč slouží pro měření v případě povodí.



Obrázek 21 Ukázka přeměny terénu WGV z roku 2016 (Water sensitive cities ©2017)

V průběhu přívalových dešťů může voda díky technologii šachet „Bubble-up“, může po naplnění podzemního úložiště stéct zpět do nadzemní části.



Obrázek 22: Ukázka šachty Bubble-up na veřejném prostranství. (Water sensitive cities ©2017)

Investiční náklady projektu:

Tato územní změna krajiny vyžadovala značné kapitálové investice, které byly financovány společností LandCorp a městem Fremantle.

Celkové náklady 500 000 USD zahrnovaly 450 000 USD na stavební práce a technologie pro sběr dešťové vody a dalších 50 000 USD na terénní úpravy.

18 Výsledné zhodnocení

18.1 Srovnání přístupů ČR a zahraničí

V České republice bylo řešení problematiky HDV v urbanizovaných oblastech oproti Švýcarsku a Německu mírné zpoždění. Aktuálně však patříme k rychle rozvíjejícím se oblastem odvodňování měst. Legislativním základem pro HDV byl Plán hlavního povodí v ČR z r. 2007, kde došlo ke zdůraznění nutnosti zlepšit podmínky pro přímé vsakování a směřovat tak ke snížení odtoku do kanalizace. I přes tehdy chybějící legislativní rámec došlo na konci 90. let 20. století a na počátku 21. století ke vzniku jedinečných projektů dle inspirace ze zahraničí. Prvním takovýmto projektem se stal GO HMP - General odvodnění hl. m. Prahy uskutečněný dle vzoru Situační zprávy o zasakování doplněnou o mapu zasakování včetně kategorií vhodnosti území k zasakování. Aktuálně jsou v ČR již využívána podrobnější mapová díla jako např. Mapu potenciálního vsaku, která je volně stažitelná na webu vodavkrajine.cz

ČR používá se Švýcarskem i Německem srovnatelný přístup a rámec ohledně stanovení přípustnosti a proveditelnosti. Zároveň je znatelný obdobný legislativní přístup. Konkrétní specifikace možností řešení zasakování jsou ve všech 3 zemích obsaženy více v technických normách a směrnicích než v zákonných právních předpisech.

Porovnání technických řešení pro vsakování:

Plošné vsakování je jedním z nejvíce využívaných řešení.

Výhodou **plošného vsakování přes technický prvek** je jeho schopnost estetického začlenění do prostředí. Na údržbu se neřadí mezi náročné. Nevýhodou je nižší vsakovací schopnost. **Vsakovací nádrže a průlehy** je výhodný především pro decentrální způsob odvodnění. Značnou nevýhodou pro realizaci je větší souvislá plocha, která je pro toto opatření potřeba. **Vsakovací rýha vyplněná štěrkem** je výhodné z hlediska malé náročnosti na plochu oproti povrchovému vsakování. Nevýhodou je snadné zanesení pórovité výplně, což může snížit schopnost vodu zadržovat, a tak snížit infiltrační schopnost. **Vsakovací rýha vyplněná vsakovacími bloky** je řešením vhodným pro všechny typy ploch v zastavěném území. V ČR je již široká škála firem, které nabízí kompletní instalace i poradenství k tomuto řešení. Vsakovací bloky prochází neustálým procesem zlepšování a vývoje nejen v ČR.

Obrovskou výhodou vsakovacích bloků je vysoká absorpční schopnost. Aktuálně nabízené vsakovací systémy nabízí i zařízení k předčištění, a tak se již nedají hodnotit jako nevýhodné z důvodu vyššího rizika zanesení. **Vsakovací šachta** patří mezi výhodné řešení co se týče plochy pozemku, jelikož zde hraje roli výškový rozměr prvku. Její nevýhodou je však instalační náročnost – výkopové práce do hloubky. Zařízení je jednoduché a údržbu.

19 Diskuze

V ČR je potřeba především sjednocení celkové terminologie v oblasti technických norem a zákonů, aby nedošlo ke vzájemnému vylučování, na což si stěžovalo i mnoho odborníků v publikacích. Tento pocit jsem si při studiu norem, směrnic a příslušných zákonů osobně potvrdila.

Celkový rozvoj ČR hodnotím velmi kladně. Spolupráce firem s akademickými institucemi na vývoji technologií pro vsakování je nadějí jak dlouhodobě udržet příznivý trend i dospět k inovativním přístupům. Důležitá je inspirace od ostatních zemí a vzájemné sdílení know-how. Čím jsem však byla nadchnuta nejvíce byla případová studie z Austrálie, která se v otázce hospodaření se srážkovou vodou snaží o celkové propojení všech aktérů – soukromého sektoru, státu i veřejnosti. Vnímám to jako základní kámen pro lepší nakládání s vodou. Velmi mě překvapilo odborné vzdělávání dětí již od věku 6 let v tématech jako jsou znečištění srážkové vody, vliv znečištěného odtoku na místní faunu a flóru a další témata, která se v ČR tak detailní formě řeší až se staršími studenty.

Ze své osobní zkušenosti bych ráda podotkla, že v běžných rozhovorech o vsakování jsem byla běžně dotazována dospělými osobami i na zcela základní principy a důvody vsakování dešťové vody. Obyvatelé ČR ještě nestihli dostatečně pocítit opravdový problém s nedostatkem vody. Toto téma se i v médiích hojněji vyazuje až v poslední době. Domnívám se, že mimo inspiraci a aplikaci dobré praxe ze zahraničí v oblasti technologií a především zasakovacích systémů, bychom měli zlepšit celkové vzdělání v tomto tématu, zajistit větší iniciativu ze strany státu a jeho orgánů a zaměřit se také na užší spolupráci developerů a státu v přístupech a konceptech pro rozvoj efektivních technologií v nově urbanizovaných a zastavěných územích, aby budoucí zástavby byly dimenzovány pro efektivní možnost zasakování dešťové vody zpět do půdního podloží.

20 Závěr

Cílem práce bylo popsat technická řešení vsakování dešťové vody v ČR, zmapovat přístupy a pokusit se o srovnání se zahraničím. Práce se věnovala nejen samotnému technickému řešení vsakování, ale také podkladům a aspektům, které zásadně ovlivňují volbu způsobu vsakování dešťové vody a celé dimenzování opatření. Mezi tyto podklady patří geologický průzkum, informace ke kvalitě dešťové vody, legislativní rámec, typ podloží, politická i společenská součinnost. Práce se snažila prokázat důležitost a vliv všech těchto aspektů v otázce zasakování dešťové vody. Příkladem dobré praxe v projektové a administrativní se projevilo Švýcarsko. Německo je bez pochyby vzorem v otázce materiálů a technologií, kterými se zabývá na globální úrovni. Austrálie byla v této práci uvedena především jako vzor nejen v komplexním přístupu v otázce zasakování dešťové vody, ale také v celkovém přístupu v hospodaření s dešťovou vodou, kterému se s ohledem na své srážkové podmínky dlouhodobě zabývá nejen v technologické platformě, ale také ve výzkumu a především ve vzdělávání. Zatímco v ČR vznikají vzdělávací programy zaměřené na dešťovou vodu především z iniciativy neziskových spolků či aktérů EVVO, v Austrálii je to řešeno ze strany státu, který připravuje výukové plány již pro děti od 6ti let. Tento přístup dlouhodobě přispívá ke vzdělání obyvatel v oblasti nakládání s dešťovou vodou a pochopení důležitosti zasakování dešťové vody zpět do země.

21 Přehled použité literatury a zdrojů

21.1 Literární a internetové zdroje:

- ABS - AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS, ©2019: Australian Demographic Statistics (online) [cit. 2020.06.03], dostupné z <<http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/mf/3101.0>>.
- Australian Government, Department of Agriculture, Water and the Environment, ©2019: (online) [cit. 2020.06.03], dostupné z <<https://www.agriculture.gov.au/water/policy/nwi>>.
- COAG - The Council of Australian Governments: About COAG (online) [cit. 2020.06.05], dostupné z <<https://www.coag.gov.au/about-coag>>.
- Commonwealth of Australia, ©2015: Stormwater management in Australia - Chapter 2 - Overview of stormwater in Australia (online) [cit. 2020.06.19], dostupné z <https://www.aph.gov.au/Parliamentary_Business/Committees/Senate/Environment_and_Communications/Stormwater/Report/c02>.
- Doğan S., Osmanoglu Ö., 2013: Semavi Eyice ile İstanbul'a dair. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kültür A.Ş Yayınları, İstanbul.
- Forchheimer P., Strzygowski J., 1893: Die byzantinischen Wasserbehälter von Konstantinopel. Druck und Verlag Der Mechitharisten Congregation, Vídeň.
- Gurung T. R., Sharma A. K., 2014: Communal rainwater tank systems design and economies of scale. Journal of Cleaner Production Volume 67. P. 26-36.
- Haq S. A., PEng, 2017: Harvesting Rainwater from Buildings. Springer, Cham.
- Hlavínek P., Prax P., Kubík J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec, Brno.
- Hlavínek P., Zeleňáková M., 2015: Storm Water Management: Examples from Czech Republic, Slovakia and Poland. Springer, Cham.
- Kaldellis A., 2017: A Cabinet of Byzantine Curiosities: Strange Tales and Surprising Facts from History's Most Orthodox Empire. Oxford University Press, New York.
- Locatelli L., Mark O., Mikkelsen P. S., Arnbjerg-Nielsen K., Deletic A., Roldin M., Binning P. J., 2017: Hydrologic impact of urbanization with extensive storm water infiltration. Journal of Hydrology Volume 544. P. 524–537.
- Melbourne Water, Community and education (online) [cit. 2020.06.19], dostupné z <<https://www.melbournewater.com.au/community-and-education/education/browse-resources-year-level#34>>.

- Novotná J., Lubas M., Kabelková I., 2015: Možnosti řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných územích v ČR (online) [cit. 2020.05.15], dostupné z <http://www.povis.cz/mzp/132/vsak_destovych_vod.pdf>.
- Paul M. J., Meyer J. L., 2001: Streams in the urban landscape. Annual Review of Ecology and Systematics 32, P. 333-365.
- Pírek O., 2012: Hospodaření s dešťovou vodou (HDV) (online) [cit. 2020.03.18], dostupné z <<https://www.asio.cz/cz/96.hospodareni-s-destovou-vodou-hdv>>.
- Rezekvítek, z.s., ©2015: Metodika ke školnímu projektu voda kolem nás (online)[cit. 2020.05.15], dostupné z <http://www.rezekvitek.cz/soubory/metodika_uvod--f5147.pdf>.
- Radcliffe J. C., 2018: Australia's water sensitive urban design. International Sponge City Conference 1: 38-52, Xi'an, China, 8-10 September 2018. P. 38-52
- Sharma A. K., Pezzaniti D., Myers B., Cook S., Tjandraatmadja G., Chacko P.: Chavoshi S., Kemp D., Leonard R., Koth B., Walton A., 2016: Water Sensitive Urban Design: An Investigation of Current Systems, Implementation Drivers, Community Perceptions and Potential to Supplement Urban Water Services. Water Volume 8, Issue 8. P. 272.
- Slavíková L. (ed.), Bareš V., Beneš R., Jílková J., Stránský D., Valentová M., 2007: Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích. IREAS, Praha.
- Stránský D., Kabelková I., Vitek J., Suchánek M., 2008: Koncepce hospodaření s dešťovou vodou v ČR současný stav (online) [cit. 2020.04.02], Dostupné z <http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/12008-03-11_JVPVH_2.pdf>.
- Stránský D., Kabelková I., Vitek J., Suchánek M., 2007: Podklad pro koncepci nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaných územích (online) [cit. 2020.04.24], dostupné z <http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/2007-12-01_JVPVH.pdf>.
- ÚŘAD VLÁDY ČR, ©2016: Analýza rozvoje České republiky (online) [cit. 2020.05.04], dostupné z <https://www.vlada.cz/assets/ppov/udrzitelny-rozvoj/vybory-rvur/Priloha-zapisu-c--2_CR-2030_draft-2-0_stav-k-9-9-2016_Analyza-rozvoje.pdf>.
- Vitek J., Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Vitek R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. ZO ČSOP Koniklec, Praha.
- Water sensitive cities, ©2017: Case study – White Gum Walley (online) [cit. 2020.06.06], dostupné z <https://watersensitivecities.org.au/wp-content/uploads/2017/06/Case_Study_White_Gum_Valley.pdf>

21.2 Legislativní zdroje

- Australian Government ©2004: Intergovernmental agreement on a National Water Initiative.
- Council of Australian Governments, ©2014: Water Sensitive Urban Design.
- ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2012. 44 s.
- TNV 75 9011 (759011): Hospodaření se srážkovými vodami. Sweco Hydroprojekt a.s., Praha, 2013. 65 s.
- Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, ©2002: Regenwasserentsorgung: Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagwasser in Siedlungsgebieten.
- Vyhláška č. 501/2006 Sb., vyhláška o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění.
- Zákon č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

22 Seznam obrázků

- Obrázek 1: Porovnání odtoku srážkových vod v přirozeném a urbanizovaném povodí (Slavíková a kol. 2007).
- Obrázek 2: Meziroční úbytek půdního fondu v ČR (ha) (Ministerstvo životního prostředí (online) [cit. 2020.05.03] dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2015/01/Hospodareni-se-srazkovymi-vodami-2017.pdf>>.).
- Obrázek 3: Srážkové poměry v Austrálii (Australian Government, Bureau of Meteorology <http://www.bom.gov.au>) .
- Obrázek 4: Průměrná roční vodní bilance z domácností různých měst (Commonwealth of Australia, ©2015: Stormwater management in Australia - Chapter 2 - Overview of stormwater in Australia (online)) [cit. 2020.06.19], dostupné z https://www.aph.gov.au/Parliamentary_Business/Committees/Senate/Environment_and_Communications/Stormwater/Report/c02>.).
- Obrázek 5 Objekt plošného vsakování (TNV 75 9011).

- Obrázek 6 Příklad možného řešení nátoků na zasakovací plochu přes otvory v obrubníku (Novotná a kol. 2015).
- Obrázek 7 Příklad řešení za použití technického prvku – zatravnovací tvárnice (Novotná a kol. 2015).
- Obrázek 8 Vsakovací průleh s povrchovým přívodem vody (TNV 75 9011).
- Obrázek 9: Vsakovací rýha s povrchovým plošným přítokem (Novotná a kol. 2015).
- Obrázek 10: Vsakovací průleh-rýha s regulovaným odtokem. (TNV 75 9011).
- Obrázek 11: Mapa potenciálního vsaku (Novotná a kol. 2015).
- Obrázek 12: Ukázka instalace tunelového systému AS-KRECHT (<https://www.asio.cz/cz/as-krecht>).
- Obrázek 13: Schéma systému AS-NIDAPLAST (<https://www.asio.cz/cz/as-nidaplast-link>).
- Obrázek 14: Systém AS-NIDAPLAST (<https://www.asio.cz/cz/as-nidaplast-link>).
- Obrázek:15 Detail modulu systému ACO Stormbrixx (https://www.aco.cz/fileadmin/standard/aco.cz/01_Produkty/06_Regenwasserbewirtschaftung%20%26%20Abwasserreinigung/Stormbrixx_HD/ACO_Stormbrixx.pdf).
- Obrázek 16 Systém single StormTrap pro retenci a zasakování (<https://www.holcim.com.au>).
- Obrázek 17: Systém DoubleTrap (<https://www.holcim.com.au/sites/australia/files/atoms/files/hu-stormtrap-doubletrap-installation-guide.pdf>).
- Obrázek 18: Ukázka infiltračních tanků společnosti GRAF (<https://www.graf-water.com/stormwater-management/>).
- Obrázek 19: Lokace WGV (Water sensitive cities ©2017).
- Obrázek 20: Veřejný prostor White gum valley, tvořen propustnými plochami a vodními rostlinami (Water sensitive cities ©2017).
- Obrázek 21 Ukázka přeměny terénu WGV z roku 2016 (Water sensitive cities ©2017).
- Obrázek 22: Ukázka šachty Bubble-up na veřejném prostranství. (Water sensitive cities ©2017).

23 Seznam tabulek

- Tabulka 1: Nástroje k implementaci WSUD (COAG - The Council of Australian Governments: About COAG (online) [cit. 2020.06.05], dostupné z <<https://www.coag.gov.au/about-coag>>.).
- Tabulka 2: Prevalence nástrojů v Jižní Austrálii (COAG - The Council of Australian Governments: About COAG (online) [cit. 2020.06.05], dostupné z <<https://www.coag.gov.au/about-coag>>.).
- Tabulka 3: Součinitele odtoku srážkových povrchových vod (ČSN 75 9010).
- Tabulka 4: Orientační hodnocení znečištění srážkových vod z hlediska znečištění nerozpuštěnými látkami, toxickými kovy a ropnými uhlovodíky (Ministerstvo životního prostředí, ©2015: Možnosti řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných územích ČR, (online) [cit. 2020.04.17], dostupné z <<http://www.vodavkrajine.cz/podklad/moznosti-reseni-vsaku-destovych-vod-v-urbanizovanych-uzemich-v-cr>>.).
- Tabulka 5: Stupeň znečištění srážkových vod dle druhu odvodňované plochy ((online) [cit. 2020.05.15], dostupné z <<http://www.topin.cz/clanky/srazkove-vody-3-cast-detail-3194>>.).
- Tabulka 6: Typické znečišťující látky dle typů ploch a příslušná míra znečištění srážkové vody. (Pírek O., 2012).
- Tabulka 7: Znečištění dešťové vody v ČR (Hlavínek a Zeleňáková 2015).
- Tabulka 8: Průměrná koncentrace znečišťujících látek z odtoku ze střech (Hlavínek a Zeleňáková 2015).
- Tabulka 9: Průměrné hodnoty znečišťujících látek odtoku z ulice (Hlavínek a Zeleňáková 2015).
- Tabulka 10: Znečištění dešťového odtoku a přípustný způsob vsakování dle DWA-Arbeitsblatt A138 (Počítáme s vodou, (online) [cit. 2020.06.09], dostupné z <https://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2014/03/PSV_SBORNIK_exkurze.pdf>.).
- Tabulka 11: Kategorizace pro opatření přírodě blízká (Novotná a kol. 2015).
- Tabulka 12: Kategorizace pro technická opatření (Novotná a kol. 2015).

24 Přílohy

Příloha č. 1: Příloha E ČSN 75 9010 - Zařídění horninového prostředí do skupin podle posouzení vhodnosti pro vsakování (ČSN 75 9010)

ČSN 75 9010

Příloha E Informační

Z S Z	Úkon údržby ■ je vyžadováno □ může být vyžadováno	Objekt/zařízení HDV										
		Vegetační střechy	Propustné zpevněné povrchy	Plošné vsakování	Vsakovací průleh	Vsakovací nádrž	Vsakovací ryha	Vsakovací šachta	Prefabrikovaná podzemní vsakovací a retenční zařízení	Suché retenční nádrže	Retenční nádrže se zásobním objemem	Umělé mokřady
Pravidelná údržba												
	Kontrola	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Odstranění odpadků a listí	■	■	■	■	■	■	□	□	■	■	■
	Kosení trávy	■	□	■	■	■	■			■	■	□
	Pletí	□	□	□	□	□	□			□	□	□
	Údržba křovin	□	□	□	□	□				□	□	□
	Údržba břehové vegetace									□	■	■
	Údržba vodní vegetace									□	■	■
Příležitostná údržba												
	Odstranění sedimentu	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Výměna vegetace	□		□	□	□				□	□	□
	Čištění (zametání) propustných a polopropustných povrchů		■									
Opravy												
L E C S	Oprava objektu/zařízení či jeho části	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
	Výměna filtrační vrstvy	□	□	□	□	□	□	□				□

Cr – Organická zemina

mg – navážka (vysypka, sypalina)

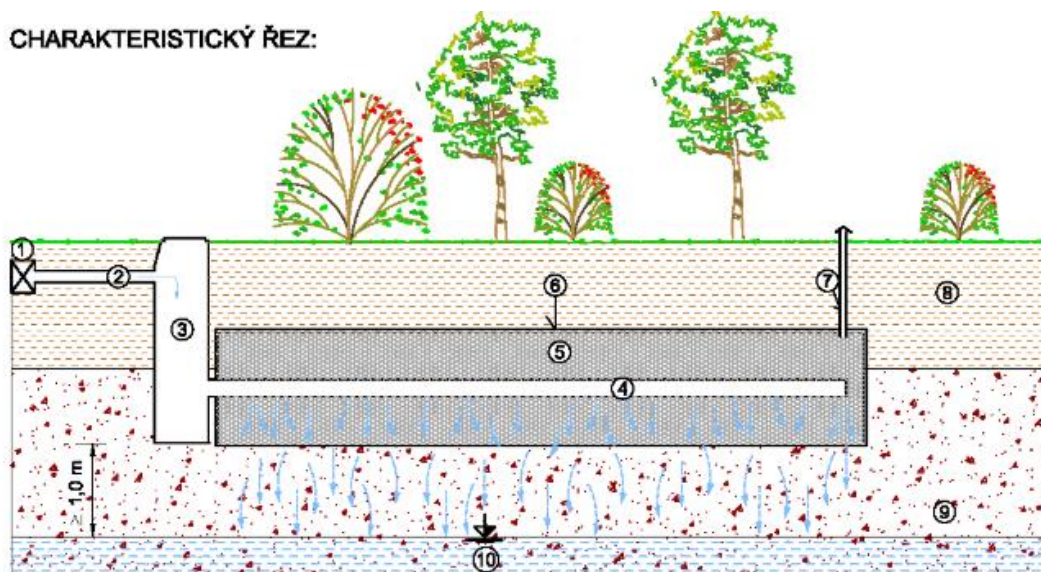
Tabulka E.2 – Orientační rozdělení horninového prostředí (horniny) pro návrh rozsahu geologického průzkumu

Skupina	Vzdálenost diskontinuit ^{a)} [mm]	Rozevření diskontinuit ^{a)} [mm]
V.4	malá (< 80)	rozevřené (> 2,5)
V.5	střední (80 až 200)	otevřené (0,5 až 2,5)
V.6	velká (> 200)	sevřené (< 0,5)

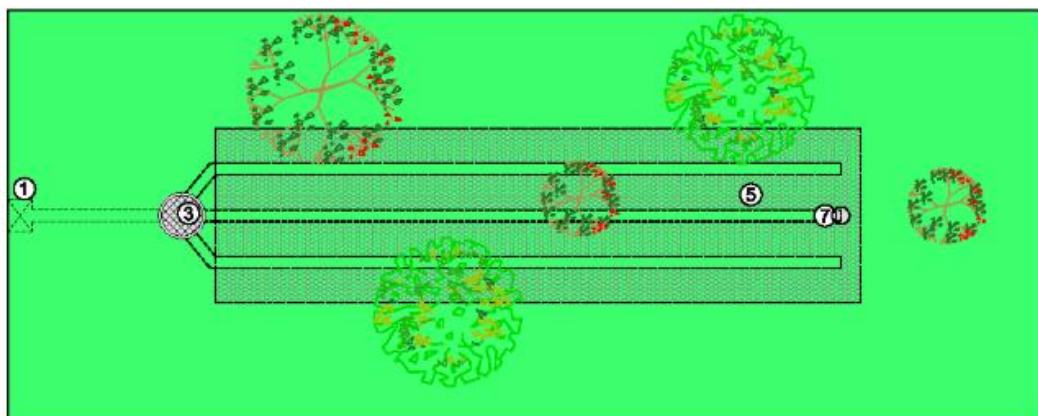
^{a)} Upraveno podle ČSN EN ISO 14689-1.

Příloha č. 2: Úkony údržby objektů a zařízení HDV (TNV 75 9011)

CHARAKTERISTICKÝ ŘEZ:



PŮDORYS:



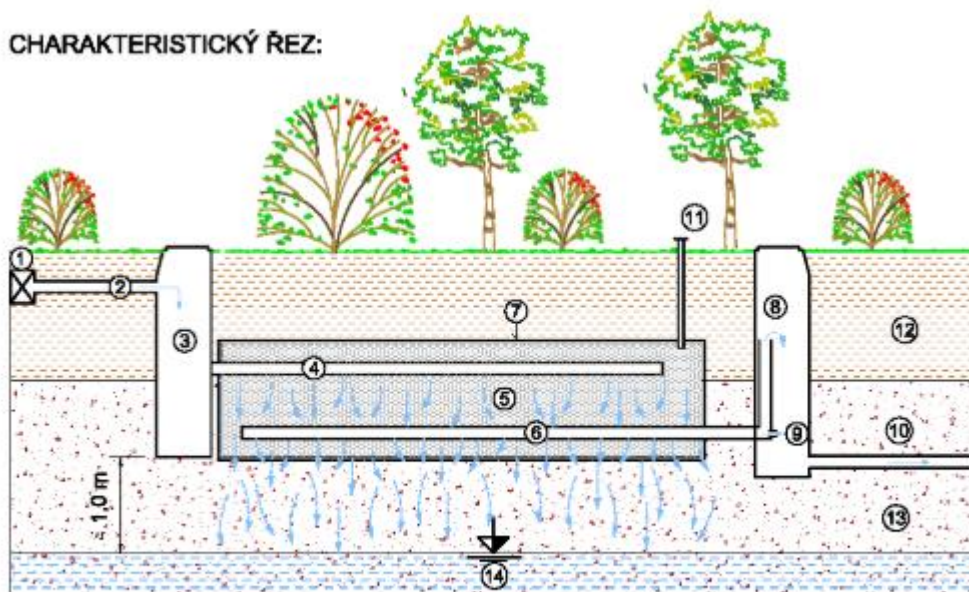
LEGENDA:

- 1 - Předčištění - vtoková mřížka, síta, filtr, kalová jámka
- 2 - Podpovrchový přívod vody
- 3 - Vstupní šachta
- 4 - Přívodní drenážní potrubí
- 5 - Retenční/vsakovací rýha (štěrk 16/32 mm)
- 6 - Geotextilie

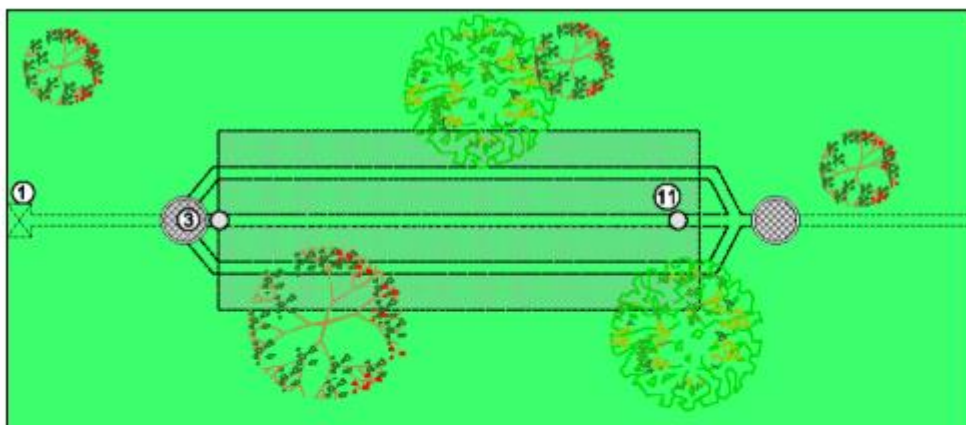
- 7 - Odvzdušnění
- 8 - Nedostatečně propustné půdní a huminové prostředí
- 9 - Propustné půdní a huminové prostředí
- 10 - Max. hladina podzemní vody

Příloha 3: Vsakovací rýha vyplněná štěrkem s podpovrchovým přítokem (Novotná a kol. 2015)

CHARAKTERISTICKÝ ŘEZ:



PŮDORYS:



LEGENDA:

- | | |
|---|---|
| 1 - Předčištění - vtoková mřížka, síta, filtr, kalová jámka | 8 - Bezpečnostní přeliv |
| 2 - Podpovrchový přívod vody | 9 - Regulator průtoku |
| 3 - Vstupní šachta | 10 - Odtok |
| 4 - Přívodní drenážní potrubí | 11 - Odvzdušnění |
| 5 - Retenční/vsakovací rýha (štěrk 16/32 mm) | 12 - Nedostatečně propustné půdní a hlinové prostředí |
| 6 - Odtokové drenážní potrubí | 13 - Propustné půdní a hlinové prostředí |
| 7 - Geotextilie | 14 - Max. hladina podzemní vody |

Příloha 4: Vsakovací rýha vyplněná štěrkem s podpovrchovým přítokem a regulovaným odtokem. (Novotná a kol. 2015)