

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



**VARIANTY ODVODNĚNÍ MÍSTNÍCH
KOMUNIKACÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

DANIELA RUNCZIKOVÁ

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Kříž, Ph.D.

květen 2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Runcziková Jméno: Daniela Osobní číslo: 460665

Zadávací katedra: K144 - Katedra zdravotního a ekologického inženýrství

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Varianty odvodnění místních komunikací

Název bakalářské práce anglicky: Variants of urban roads drainage

Pokyny pro vypracování:

Bakalářská práce bude zaměřena na problematiku možností řešení srážkových vod z místních komunikací. Bude provedena literární rešerše problematiky prvků a objektů pro odvodňování těchto ploch včetně objektů a opatření pro podporu retence a vsakování. Zároveň bude brán zřetel na typické znečišťující látky dle dopravního zatížení. V konkrétní lokalitě bude navrženo řešení odvodnění místních komunikací.

Seznam doporučené literatury:

Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup (V. Krejčí a kol., 2000), Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech (Bavorský zem. úřad pro ŽP, 2005), Hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaném území (Hlavínek a kolektiv, 2005), TP 83, ČSN 75 6101, ČSN 75 9010, TNV 75 9011, ČSN 73 6110.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Karel Kříž, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

.....

Místo vypracování, úplné datum

.....

Daniela Runcziková

Poděkování:

Děkuji všem, kteří přispěli radou a pomocí při tvorbě této bakalářské práce, především Ing. Karlu Křížovi, Ph.D.

Annotation

The bachelor's thesis deals with the issue of stormwater from urban roads. The first part is focused on themes of urban roads, precipitation-runoff process, pollution of stormwater runoff and possibilities of infiltration and regulated discharge. In the second part are designed variants of stormwater drainage of urban roads in residential zone in chosen locality.

Keywords: urban road, drainage, stormwater, stormwater soakaway

Anotace

Bakalářská práce se zabývá možnostmi řešení srážkových vod z místních komunikací. V první části je řešena tematika místních komunikací, srážkoodtokových procesů, znečištění srážkového odtoku a možností jeho vsakování a regulovaného odvádění. Ve druhé části jsou vypracovány varianty řešení srážkových vod z místních komunikací obytné zóny v konkrétní lokalitě.

Klíčová slova: místní komunikace, odvodnění, srážkové vody, vsakovací zařízení

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíle práce.....	9
3	Rešerše.....	10
3.1	Místní komunikace.....	10
3.1.1	Odstavné a parkovací plochy.....	11
3.1.2	Plošné zklidnění dopravy.....	13
3.2	Srážkoodtokové procesy	16
3.2.1	Srážky	16
3.2.2	Odtok	17
3.3	Znečištění odtoku.....	21
3.3.1	Znečištění odtoku z pozemních komunikací	25
3.4	Varianty odvodnění místních komunikací	28
3.4.1	Vsakování	28
3.4.2	Regulované odvádění srážkových vod	34
3.5	Geologický průzkum.....	39
3.5.1	Vsakovací zkouška	41
3.5.2	Koeficienty	43
3.6	Návrh vsakovacího zařízení.....	44
3.6.1	Dimenzování vsakovacího zařízení	45
3.7	Provoz vsakovacího zařízení.....	48
4	Praktická část.....	49
4.1	Charakteristika lokality	49
4.1.1	Klima, hydrologie	49
4.1.2	Geologie, hydrogeologie	50
4.1.3	Vegetace	52
4.1.4	Geodetické zaměření	53

4.2	Navrhované místní komunikace	53
4.3	Odvodnění místních komunikací lokality	57
4.3.1	Návrh liniových odvodňovacích zařízení	57
4.3.2	Návrh variant	61
5	Závěr	74
6	Literatura	76
7	Seznam příloh	80
	Přílohy	81

1 Úvod

Pro nově navrhované a rekonstruované místní komunikace vzniká povinnost „zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby v souladu se stavebním zákonem“ [1].

Vhodným návrhem by mělo dojít k propojení dopravních a vodohospodářských přístupů k zajištění bezpečného řešení srážkových vod s ohledem na životní prostředí. Za tímto účelem je například doporučeno navrhovat propustné zpevněné dopravní plochy a do prostoru místních komunikací začlenit dostatek zeleně, která by však měla být navrhována v souladu s vedením technické infrastruktury [2, 3].

V bakalářské práci je zpracována řešerše týkající se místních komunikací a jejich odvodnění, na jejímž základě jsou následně v praktické části navrženy jednotlivé varianty odvodnění komunikací obytné zóny v konkrétní lokalitě.

2 Cíle práce

Cílem rešeršní části bakalářské práce je shrnout požadavky a doporučení vztahující se k odvodnění místních komunikací se zaměřením na vsakovací zařízení. Praktická část se zabývá variantami řešení odvodnění místních komunikací, resp. obytné zóny konkrétní lokality.

3 Rešerše

3.1 Místní komunikace

Pozemní komunikace (PK) jsou rozdělovány do 4 kategorií: dálnice, silnice, místní komunikace (MK) a účelové komunikace [4]. „Místní komunikace je veřejně přístupná pozemní komunikace“ sloužící především k přesunu osob a zboží pomocí dopravních prostředků na území obce, která je většinou jejím vlastníkem [4, 5]. Oproti ostatním kategoriím PK je na MK předpokládán vyšší výskyt chodců a cyklistů [5].

Dle [4] se MK „rozdělují podle dopravního významu, určení a stavebně technického vybavení do těchto tříd:

- a) místní komunikace I. třídy,
- b) místní komunikace II. třídy, kterou je dopravně významná sběrná komunikace s omezením přímého připojení sousedních nemovitostí,
- c) místní komunikace III. třídy, kterou je obslužná komunikace,
- d) místní komunikace IV. třídy, kterou je komunikace nepřístupná provozu silničních motorových vozidel nebo na které je umožněn smíšený provoz.“

V [3] je upřednostňováno dělení dle urbanisticko-dopravní funkce do funkčních skupin a podskupin označovaných písmenem, případně číslem:

A – rychlostní, s funkcí dopravní

B – sběrné, s funkcí dopravně-obslužnou

C – obslužné, s funkcí obslužnou

D – komunikace se smíšeným provozem a komunikace s vyloučením motorového provozu

D1 – komunikace se smíšeným provozem

D2 – komunikace nepřístupné provozu silničních motorových vozidel

Životnost řešení místních komunikací odpovídá předpokládané životnosti okolní zástavby, tedy 80 a více let [3].

„Součástími dálnice, silnice a místní komunikace jsou

- a) všechny konstrukční vrstvy vozovek a krajnic, odpočívky, stavby a technická a jiná zařízení určená k provádění kontrolní činnosti při dohledu na bezpečnost a plynulost provozu na pozemních komunikacích, přidružené a přídatné pruhy, včetně zastávkových pruhů linkové osobní dopravy,

- b) mostní objekty (nadjezdy), po nichž je komunikace vedena, včetně chodníků, revizních zařízení, ochranných štítů a sítí na nich, strojní vybavení sklopných mostů, ledolamy, propustky, lávky pro chodce nebo cyklisty,
- c) tunely, galérie, opěrné, zárubní, obkladní a parapetní zdi, tarasy, násypy a svahy, dělicí pásy, **příkopy a ostatní povrchová odvodňovací zařízení**, silniční pomocné pozemky,
- d) svislé dopravní značky, **zábradlí**, odrazníky, svodidla, pružidla, směrové sloupky, dopravní knoflíky, staničníky, mezníky, vodorovná dopravní značení, dopravní ostrůvky, odrazné a vodící proužky a **zpomalovací prahy**,
- e) únikové zóny, protihlukové stěny a protihlukové valy, pokud jsou umístěny na silničním pozemku“ [4].

„**Kanalizace**, včetně úprav k odvádění vody, lapolů a sedimentačních nádrží, je součástí dálnice, silnice nebo místní komunikace jen tehdy, slouží-li výlučně k odvádění povrchových vod z této komunikace. V ostatních případech je součástí pouze **dešťová vpust' s šachtou a přípojkou** do kanalizačního řádu“ [4].

Prostor místní komunikace (PMK) se skládá z hlavního dopravního prostoru (HDP) a přidruženého prostoru, který slouží především k dopravě chodců a cyklistů a zahrnuje se do něj i zeleň. Z důvodu bezpečnosti jsou navrhována opatření vedoucí k dodržování dovolené rychlosti, např. zmenšení šířky jízdního pruhu a zklidňovací prvky. Jakožto příjezdová komunikace a nástupní plocha vozidel hasičského záchranného sboru musí MK splňovat následující rozměry: šířka prostoru MK min. 3,5 m, šířka mezi obrubami min. 3,0 m, šířka jednopruhového jízdního pásu zpevněné části komunikace min. 2,5 m [3].

Hodnoty maximálního podélného sklonu se liší pro každou funkční skupinu MK, jejich hodnoty jsou uvedeny v [3]. Minimální podélný sklon je shodný pro všechny funkční skupiny a je roven 0,5 %. Příčný sklon MK je stanoven na 2,5 %. Pro odvodnění se na směrově rozdělených komunikacích používá jednostranný příčný sklon pro každý jízdní pás, zatímco na směrově nerozdělených komunikacích je prováděn i sklon střechovitý [3]. Dále je stanoveno, že hodnota příčného sklonu pásu pro chodce má být 0,5 až 2,0 % [3, 6].

3.1.1 Odstavné a parkovací plochy

Parkovací a odstavné plochy jsou plochy určené ke krátkodobému i k dlouhodobému stání vozidel. Umisťují se mimo jízdní pruhy PK:

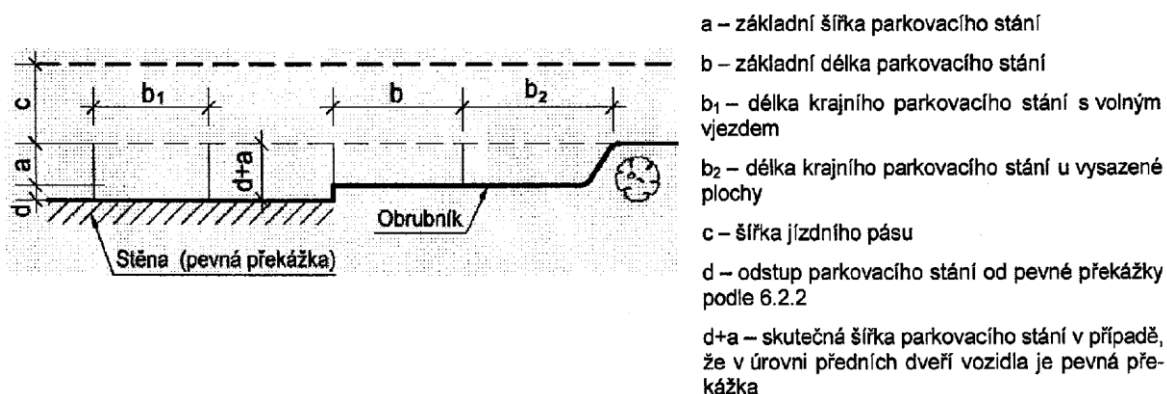
- na parkovací pruhy podél jízdního pásu (podélné stání),

- na parkovací pásy podél jízdního pásu (kolmé, šikmé stání),
- na středním dělicím pásu směrově rozdělené pozemní komunikace,
- na samostatném parkovišti s podélným, šikmým nebo kolmým řazením parkovacích stání,
- v jednotlivé, řadové nebo hromadné garáži [7].

Parkovací stání je až na výjimky zakázáno z důvodu bezpečnosti navrhovat na křižovatky a jejich rozhledová pole, minimálně 5 m od hranice křižovatky, a na přechodech pro chodce a v jejich blízkosti [7].

Maximální příčný sklon parkovacích stání je stanoven na 5 %, v případě parkovacího pásu podél jízdního pruhu až na 9 %. Podélný sklon stání smí činit maximálně 3 %, v případě parkovacího stání v parkovacích pruzích maximálně 6 % [7]. Maximální podélný sklon stání vyhrazeného pro osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace je 2 %, maximální příčný 2,5 % [6].

Rozměry parkovacích stání závisí na vnějších rozměrech směrodatných vozidel, bezpečnostních odstupech vč. odstupů vozidla od pevné překážky a mezi vozidly, na způsobu parkování a na prostoru pro nástup, výstup osob a manipulaci s přepravovanými předměty, přičemž k umožnění otevření zavazadlového prostoru je vyhrazen prostor minimálně 2,4 m nad parkovacím stáním. Dále je nutno zajistit odvodnění parkovacích stání, v případě stání podél jízdního pásu je doporučeno zahrnout i vegetační úpravy. Prostorové uspořádání a rozměry stání s podélným řazením udává Obr. 1 a Tab. 1 [7]. Pro osoby s omezenou schopností pohybu se délka parkovacího stání prodlužuje na 7 m a šířka se zvětšuje na 3,5 m včetně 1,2 m široké manipulační plochy [6].

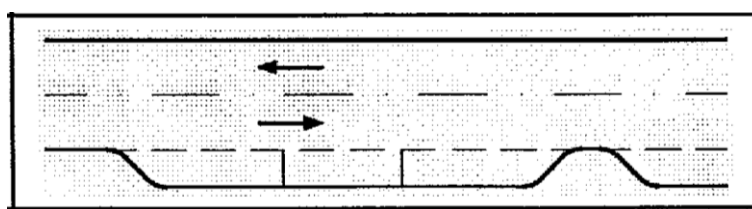


Obr. 1: Prostorové uspořádání parkovacího stání s podélným řazením [7]

Tab. 1: Rozměry parkovacího stání pro osobní a lehká užitková vozidla (dodávky) při podélném řazení a šířka přilehlého jízdního pruhu/pásu [7]

skupina vozidel	způsob parkování	základní šířka stání		délka stání	délka krajního stání		šířka jízdního pruhu/pásu
		a (m)	d (m)	b (m)	b ₁ (m)	b ₂ (m)	c (m)
osobní	jízda vpřed	2,00	0,40	6,75	5,25	7,75	3,25
	couvání			5,75	-	6,75	3,75
lehké užitkové (dodávky)	jízda vpřed	2,25	0,40	8,25	6,50	9,00	3,50
	couvání			7,50	-	8,00	3,75

U MK skupin C je doporučeno parkovací stání navrhovat v zálivu podélně s pozemní komunikací, viz Obr. 2 [7].



Obr. 2: Řazení parkovacích stání v zálivu podélně s PK [7]

3.1.2 Plošné zklidnění dopravy

Plošné zklidnění dopravy má za cíl regulovat rychlost a redukovat intenzitu motorizované dopravy. Je založena na principu sdílení veřejných prostor pro různé druhy dopravy. Mezi typy plošného zklidnění patří zóny 30, pěší a obytné zóny [8].

Zóna 30 je zóna s maximální dovolenou rychlostí 30 km/h. Prostor je členěn na vozovku a chodník, který je vyhrazen chodcům a hrajícím si dětem. Parkování je dovoleno při okraji vozovky [8].

Obytná zóna je zóna s maximální dovolenou rychlostí 20 km/h [9, 10]. Je zde dovolen pohyb chodců a hrajících si dětí v celé šířce komunikace, pokud to umožňuje jízdu vozidlům [9]. „Stání je dovoleno jen na místech označených jako parkoviště“ [10].

Pěší zóna je zóna, do níž je povolen vjezd vozidel uvedených ve spodní části dopravní značky „Pěší zóna“, přičemž jejich rychlost smí být maximálně 20 km/h [9, 10]. V této zóně je upřednostňován pohyb chodců před ostatními druhy dopravy a jejich pohyb je dovolen v celé šířce pěší zóny [9]. Stejně jako v obytné zóně je parkování „dovoleno jen na místech označených jako parkoviště“ [10].

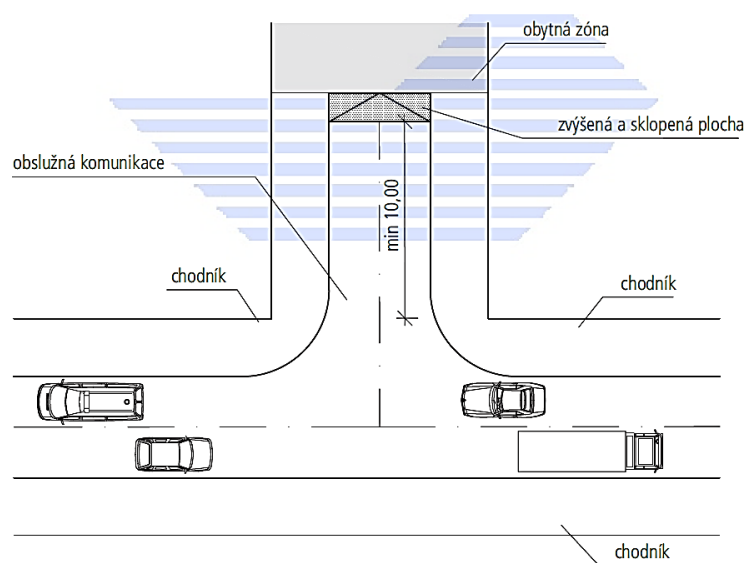
3.1.2.1 Obytné zóny

Obytné zóny jsou tvořeny MK funkční podskupiny D1. Skládají se z dopravního prostoru o minimální šířce 3,5 m a pobytového prostoru [3].

Pokud je okolní zástavba tvořena rodinnými domy, činí minimální šířka MK při obousměrném provozu 8 m, při jednosměrném 6,5 m. V bytové zástavbě je minimální šířka při obousměrném provozu 12 m, při jednosměrném 10,5 m. K návrhu jednosměrného provozu v obytných zónách se běžně nepřistupuje [11].

Zpravidla je obytná zóna napojena na MK funkční skupiny C. Pokud by byl předpokládán na napojované MK zvýšený provoz, je doporučeno vjezd do obytné zóny odsadit 10 m od hranice křižovatky (Obr. 3). Obytná zóna nesmí být napojena na MK funkční skupiny A a B. Vzdálenost vjezdu smí být maximálně 300 m od nejbližšího místa obytné zóny [9].

Vjezd do obytné zóny musí být opatřen příslušným dopravním značením, veřejným osvětlením a varovným a signálním pásem pro osoby s omezenou schopností orientace. Je řešen vhodným umístěním prvku zklidňujícího dopravu, např. vjezdem přes snížený průběžný obrubník s maximálním výškovým rozdílem oproti HDP 0,02 m kvůli bezpečnosti cyklistů a motocyklistů, nebo vjezdem přes dlouhý zpomalovací práh [3, 9]. Vhodnou volbou zpomalovacího prvku vjezdu lze ovlivnit odvodnění oblasti vjezdu, např. šířkou prvku vůči šířce celé komunikace a umístěním odvodňovacích zařízení. Návrh zpomalovacího prvku závisí i na sklonových poměrech obytné zóny a MK, na niž je obytná zóna napojena [12].

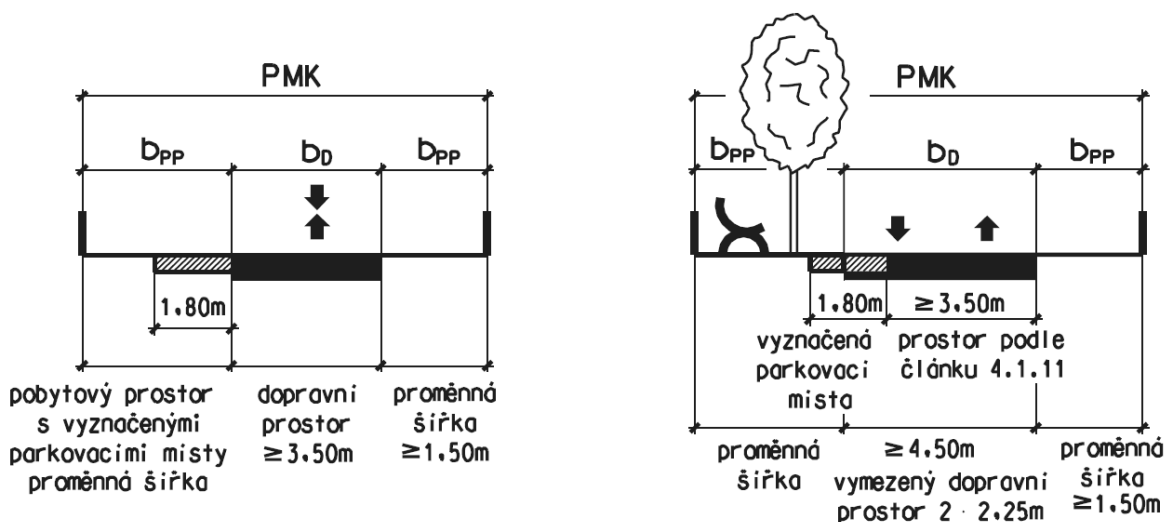


Obr. 3: Příklad uspořádání vjezdu do obytné zóny [9]

V obytných zónách je povrch obvykle navrhován v jedné výškové úrovni, k odlišení jednotlivých funkčních ploch dochází opticky (barevně) či hmatově [3]. Vzhledem k pohybu cyklistů a pěších není doporučeno povrch provádět z hrubého materiálu, ze zatravnovacích tvárnic nebo z dlažby se širokými spárami [9].

Maximální podélný sklon komunikace je podle [3] stanoven na 5 %, dle [9] na 8,33 %, odůvodněně ve stávající zástavbě 12,5 % [3, 9]. Hodnota minimálního podélného sklonu je stejná jako pro ostatní funkční skupiny MK [3]. Příčný sklon je minimálně 0,5 %, maximálně 2 %. Minimální výsledný sklon má činit 0,5 % [9]. Dle [3] je navrhován především jednostranný příčný sklon.

Parkovací stání jsou navrhována pouze pro osobní vozidla [3]. Je doporučeno, aby celková plocha stání tvořila maximálně 20 % z plochy PMK. Vedle parkovacího stání musí být zajištěna průjezdná šířka minimálně 3 m. Minimální rozměry podélného parkovacího stání činí 2 (1,8) x 5,5 m [9]. Je povoleno, aby parkovací záliv byl částečně součástí pobytového prostoru, jak je patrné z Obr. 4, a aby při jednopruhovém provozu komunikaci s obousměrným provozem zároveň sloužil k vyhýbání vozidel [3].



Obr. 4: Příklad typů komunikací v obytné zóně – jednopruhá obousměrná (vlevo), dvoupruhová obousměrná (vpravo) [3]

Pozn.: PMK: prostor místní komunikace; b_{PP} : pobytový prostor; b_D : dopravní prostor [3]

Součástí MK je také zeleň. Stromy však nesmí zasahovat do veřejného osvětlení a dopravního značení [3]. Zároveň jejich kořenové systémy nesmí proniknout do inženýrských sítí, především kanalizace a plynu [9]. Doporučená minimální vzdálenost kmene stromu a podzemního vedení inženýrské sítě činí 2 m [9], pro stokovou síť 1,5 m

[13]. K zamezení průniku kořenů k inženýrským sítím je doporučeno použít kořenovou bariéru nebo vést inženýrské sítě v chráničkách [9].

3.2 Srážkoodtokové procesy

Srážkoodtokové procesy představují komplexní procesy spjaté se vznikem, průběhem a odtokem srážek v povodí. Závisí na charakteru a vlastnostech srážek a prostředí, jeho povrchu, podloží a vodoteče [14].

3.2.1 Srážky

Procesy vzniku a průběhu srážek se vyznačují svým složitým dynamickým chováním. Mezi faktory ovlivňující tyto procesy patří např. nasycení vzduchu vodními parami, teplota a přítomnost kondenzačních jader [14]. Srážky jsou hydrometeory uvolněné z oblaků, přičemž hydrometeory jsou jevy či útvary vzniklé z částic vody vyskytující se v atmosféře či na zemském povrchu [15, 16].

Srážky se dělí podle několika hledisek:

- dle skupenství na kapalné (déšť), tuhé (sníh) a smíšené (déšť se sněhem),
- dle původu na vertikální (déšť, sníh) a horizontální (rosa, námraza),
- dle příčin vzniku na konvektivní (krátkodobé lokální srážky o vysoké intenzitě), cyklonální (rozsáhlejší území, trvání v hodinách, nižší intenzity), orografické (způsobené „výstupem vzdušných proudů do chladnějšího prostředí při překonávání“ horského reliéfu [17], dlouhodobější trvání, nízké intenzity) [15, 16].

Déšť je kapalná vertikální srážka. Dešťová událost představuje „časově ohraničený úsek, během něhož nedošlo k přerušení deště po větší než stanovenou dobu“ [15]. K jejich popisu slouží několik veličin, jsou to především srážkový úhrn, doba trvání deště, intenzita a vydatnost deště [15], četnost nebo pravděpodobnost výskytu (periodicita) [17].

Srážkový úhrn (mm) je podílem celkového objemu srážek spadlých na povodí za dané časové období a plochy povodí [18]. Intenzita deště, též nazývaná vydatnost, (mm/min) je poměrem srážkového úhrnu a trvání deště [19]. K přepočtu jednotky intenzity deště z (mm/min) na ($l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$) dochází vynásobením intenzity hodnotou 166,67 [20, 21]:

$$1 \text{ mm/min} = \frac{0,01 \text{ dm} * (1000 \text{ dm})^2}{60 \text{ s} * 1 \text{ ha}} = 166,67 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$$

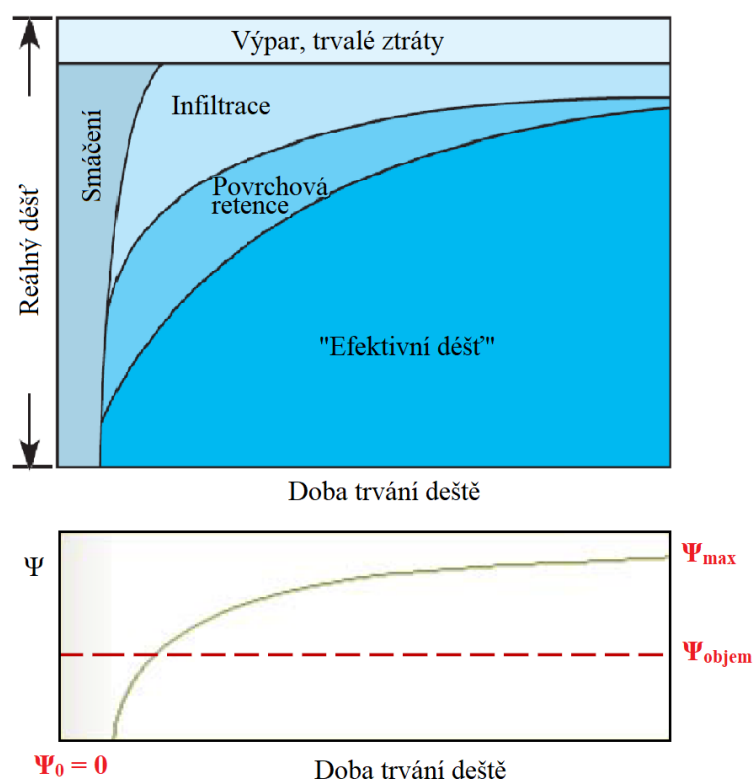
Pozorováním jsou získávána data tzv. historických dešťů. Statistickým vyhodnocením řad historických dešťů jsou tvořeny tzv. modelové deště [14, 15].

Nejjednodušší modelový dešť, jehož intenzita je stále konstantní, se nazývá blokový dešť [15]. Dále existují syntetické deště, neboli deště s proměnnou intenzitou, které přesněji napodobují typické chování deště, např. Šifaldův dešť či dešť Chicago [14, 15].

3.2.2 Odtok

Existují 4 typy odtoku. Podzemní odtok se odehrává ve větších hloubkách pod terénem, především ve zvětralých horninách. Podpovrchový odtok, někdy též nazývaný hypodermický či zpožděný odtok, probíhá ve svrchních vrstvách pod terénem. Povrchový či též přímý odtok odtéká po povrchu terénu. Dále dochází k odtoku vodotečí [14, 22]. V případě urbanizovaného povodí se oproti přirozenému povodí zvyšuje povrchový odtok v důsledku většího množství zpevněných nepropustných ploch [14].

Povrchový odtok je tvořen efektivním deštěm, který je částí reálného deště. Další část reálného deště tvoří ztráty vzniklé smáčením, výparem, infiltrací, povrchovou retencí a ostatní ztráty, viz Obr. 5 [14, 23]. Ke smáčení povrchů dochází na začátku deště, poté následuje infiltrace a povrchová retence vody. Zároveň se začíná tvořit efektivní dešť. Výpar probíhá během celé doby trvání deště [23].



Obr. 5: Tvorba dešťového odtoku (nahore) [14] a průběh součinitele odtoku Ψ v závislosti na době trvání deště (dole) [23]

3.2.2.1 Součinitel odtoku

Součinitel odtoku Ψ , též nazývaný koeficient odtoku, odtokový koeficient nebo odtokový součinitel, je bezrozměrná veličina měnící se v průběhu trvání deště [23]. Vyjadřuje, jakou část zaujímá povrchový odtok vůči celé srážce. Součinitel odtoku $\Psi(t)$, tzv. okamžitý součinitel odtoku, je funkcí doby trvání deště. Na začátku deště je roven tzv. počátečnímu součiniteli odtoku Ψ_0 , průměrná hodnota je označována Ψ_{objem} a maximální Ψ_{max} (Obr. 5) [23].

Průměrný, resp. objemový součinitel odtoku Ψ_{objem} představuje poměr objemu povrchového odtoku a objemu deště spadlého na téže povodí za stejnou dobu [23, 24]. „Rovná se poměru odtokové výšky k srážkové výšce“ [24]. Jedná se tedy o průměrnou hodnotu $\Psi(t)$ používanou např. při modelování srážkoodtokových procesů [23].

Špičkový, resp. maximální součinitel odtoku Ψ_{max} je podílem maximálního povrchového odtoku a součinu maximální intenzity deště s plochou povodí [25] a slouží jako návrhový součinitel odtoku v racionální metodě používané k návrhu stokové sítě [23] a odvodňovacích zařízení pozemních komunikací [26].

Hodnota součinitele odtoku pro dané území závisí na způsobu zástavby, sklonu území a druhu povrchu, viz Tab. 2, Tab. 3 a Tab. 4 [2, 19, 20].

Jednotný součinitel odtoku pro celou oblast je váženým průměrem dílčích součinitelů odtoku pomocí dílčích ploch [19, 20, 21,]:

$$\Psi = \frac{\sum(A_i * \Psi_i)}{\sum A_i}$$

kde

Ψ ... jednotný součinitel odtoku pro celou oblast (-),

Ψ_i ... dílčí součinitel odtoku plochy s danou úpravou povrchu (-),

A_i ... dílčí plocha s danou povrchovou úpravou (ha, m²).

Tab. 2: Součinitele odtoku srážkových povrchových vod Ψ pro návrh vsakovacích zařízení [2]

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 zatravněvacích 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).

Tab. 3: Odtokové koeficienty Ψ [20]

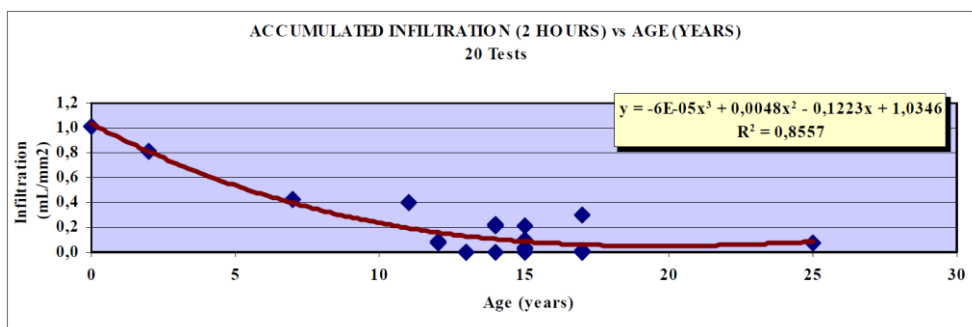
Způsob zastavění a druh pozemku, příp. druh úpravy povrchu	Konfigurace území								
	propustná půda (písek)			středně propustná půda			nepropustná půda (jíl, skála)		
	rovinná do 1 %	svažitá 1 - 5 %	prudce svažitá nad 5 %	rovinná do 1 %	svažitá 1 - 5 %	prudce svažitá nad 5 %	rovinná do 1 %	svažitá 1 - 5 %	prudce svažitá nad 5 %
Zastavěné plochy (střechy)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Asfaltové a betonové vozovky, dlažby se zálivkou spár	0,70	0,80	0,90	0,70	0,80	0,90	0,70	0,80	0,90
Obyčejné dlažby (pískové spáry)	0,45	0,54	0,63	0,50	0,60	0,70	0,55	0,66	0,77
Štěrkané silnice a cesty, dlažby z tzv. kočičích hlav	0,27	0,36	0,45	0,30	0,40	0,50	0,33	0,44	0,55
Nezastavěné plochy, drážní pozemky, parkové cesty	0,18	0,22	0,27	0,20	0,25	0,30	0,22	0,28	0,33
Hřbitovy, sady, hřiště	0,09	0,13	0,18	0,10	0,15	0,20	0,11	0,17	0,22
Zelené pásy, pole, louky	0,04	0,09	0,13	0,05	0,10	0,15	0,06	0,11	0,17
Lesy	0,00	0,04	0,09	0,00	0,05	0,10	0,00	0,06	0,11

Tab. 4: Doporučené součinitele odtoku Ψ pro výpočet stokové sítě racionální metodou [13]

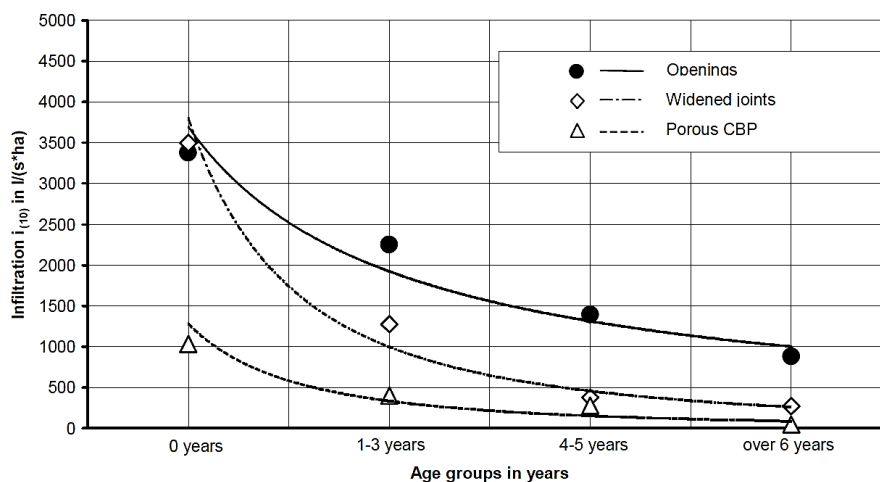
Způsob zástavby a druh pozemku		Součinitel odtoku ψ při konfiguraci území		
		rovinné při sklonu do 1 %	svažité při sklonu 1 až 5 %	prudce svažité při sklonu nad 5 %
Budovy	v uzavřených blocích (vydlážděné nebo zastavěné dvory)	0,70	0,80	0,90
	v uzavřených blocích (uvnitř bloku zahrady)	0,60	0,70	0,80
	v otevřených blocích	0,50	0,60	0,70
	při volné zástavbě (izolované)	0,40	0,50	0,60
Rodinné domky	sružené v zahradách	0,20	0,40	0,50
	izolované v zahradách	0,20	0,30	0,40
Tovární objekty	starší typ (hustější zástavba)	0,50	0,60	–
	nový typ (volné a travnaté plochy)	0,40	0,50	–
zpevněné pozemní komunikace (např. asfalt, beton, dlažba)		0,70	0,80	0,90
nezpevněné pozemní komunikace (např. štěrk)		0,50	0,60	0,70
Železniční pozemky		0,25	–	–
Hřbitovy, sady, hřiště		0,10	0,15	0,20
Zelené pásy, pole, louky		0,05	0,10	0,15
Lesy		0,00	0,05	0,10

3.2.2.2 Změna odtoku z betonových dlažeb

Během doby provozu betonových dlažeb dochází ke snižování infiltrační schopnosti povrchu téměř k nule (Obr. 6, Obr. 7), a tím k výraznému zvyšování povrchového odtoku, a tudíž i nároků na odvodňovací zařízení. Tento jev závisí na typu a konstrukci dlažby vč. velikosti a materiálu dlažebních kostek a spár, dále na znečištění komunikace (jemné částice, organický materiál), způsobu čištění komunikace, intenzitě dopravy apod. [27, 28, 29]. Podle [28], ve kterém byla stanovována infiltrační kapacita 16 ploch betonových dlažeb různého stáří v rezidenčních lokalitách (max. rychlost vozidel 30 km/h), je doporučeno obnovit betonovou dlažbu přibližně po 10 letech provozu pro zachování její infiltrační schopnosti.



Obr. 6: Průběh kumulativní infiltrace (ml/mm²) v závislosti na stáří betonové dlažby (roky) [27]



Obr. 7: Snižování infiltrační schopnosti různých typů dlažeb v závislosti na jejich stáří [29]

Pozn.: Openings ... dlažba s otvory; Widened joints ... dlažba se širokými spárami; Porous CBP ... porézní betonová dlažba

3.3 Znečištění odtoku

Srážková voda obsahuje rozpuštěné i nerozpuštěné látky, různé plyny (kyslík, oxid uhličitý, oxidy dusíku a síry) a organismy, např. bakterie [16]. K dalšímu znečištění dochází smyvem látek z povrchů, případně reakcí s nimi [14].

Srážkové vody se dle [13] rozdělují na:

- neznečištěné,
- znečištěné,
- znečištěné srážkové vody z extrémně znečištěných ploch.

Neznečištěné srážkové vody pocházejí z neznečištěných povrchů, např. pěších zón, parků a neznečištěných PK. Znečištěné srážkové vody odtékají po dobu oplachu ze znečištěných povrchů průmyslových a zemědělských areálů, a tudíž by měly být předčištěny. Znečištěné srážkové vody z extrémně znečištěných ploch jsou považovány za druh odpadní vody [13].

Podle [2] se srážkové povrchové vody dělí do 3 kategorií dle obsahu znečišťujících látek a „možného následného ohrožení podzemní vody“ na:

- přípustné,
- podmíněčně přípustné,
- potenciálně vysoce znečištěné vody, tj. vody z potenciálně výrazněji znečištěných ploch.

Přípustné srážkové vody je možno vsakovat přes nenasyčenou zónu bez předčištění, případně jen se zachycováním splavenin, a tvoří je povrchový odtok z komunikací pro pěší a cyklisty, z vjezdů do individuálních garáží, z příjezdů k rodinným domům aj. Podmínečně přípustné srážkové vody je nutno předčistit. Jsou tvořeny povrchovým odtokem z PK pro motorová vozidla, z parkovišť motorových vozidel do 3,5 t a autobusů apod. V případě, že se jedná o srážkové vody z potenciaálně výrazněji znečištěných ploch, které není doporučeno vsakovat, musí souhlas k jejich vsakování udělit příslušný vodoprávní úřad. Mezi tyto plochy patří např. plochy využívané k zimní údržbě letadel, k opravě a skladování většího počtu aut [2].

Je doporučeno zamezit míchání srážkových vod rozdílné míry a složení znečištění [30]. Na složení znečištění závisí volba způsobu předčištění srážkové vody (Tab. 5, Tab. 6), které probíhá pomocí fyzikálních, chemických a biologických procesů [2, 30]. Mezi fyzikální procesy patří např. zachycování hrubých nečistot česlemi (Obr. 8), sedimentace pevných částic, filtrace vody a oddělení látek s rozdílnou hustotou v odlučovačích. K chemickým a biologickým procesům dochází mj. ve vegetační vrstvě zařízení. Odstraňovány jsou např. organické látky a uhlovodíky, rozpuštěné a nerozpuštěné sloučeniny kovů [2].



Obr. 8: Česle sloužící k předčištění dešťového odtoku [31]

Tab. 5: Způsoby předčištění srážkových vod při zaústění do povrchových vod a jejich účinnost pro různé druhy znečištění [30]

Způsob čištění	Zařízení	Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy a jejich nerozpust. sloučeniny	Uhlovodíky (minerální oleje, ropné látky)	Organické látky (nepatřící k jemným či hrubým částicím)	Živiny
Gravitační separace látek (sedimentace pevných částic a vyplavání lehkých látek)	Kalové jímky Usazovací nádrže	++	++	++	++	-	--
	Dešťové nádrže	++	++	++	++	--	--
	Hydrodynamické odlučovače	++	+	+	--	-	--
	Odlučovače lehkých kapalin	++	++	+	++	-	--
Sedimentace a biologické čištění	Retenční nádrže se zásobním objemem, mokřady	+, o	++	++	-, o	++	++
Filtrace mechanická	Pískové a štěrkové filtry	++	++	+	--	-	+
	Geotextilie	++	++	+	--	-	--
Filtrace a biologické čištění (popř. přes půdní vrstvu)	Pískové a štěrkové filtry porostlé vegetací	+, o	++	++	-	++	++
	Průlehy – rýhy	+, o	++	++	++	++	++
	Retenční půdní filtry	+, o	++	++	++	++	++
Filtrace přes adsorpční materiál	Aktivní uhlí, koks	o	o	++	++	++	--
	Zeolity	o	o	++	++	+	--
	Hydroxidy železa a hliníku	o	o	++	--	--	--
	Adsorbenty olejů	--	--	--	++	-	--
++	vhodné						
+	podmínečně vhodné						
o	ve spojení s dalšími opatřeními						
-	spíše nevhodné						
--	nevhodné						

Tab. 6: Způsoby předčištění srážkových vod při vsakování a jejich účinnost pro různé druhy znečištění [30]

Způsob čištění	Zařízení	Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy a jejich nerozp. sloučeniny	Uhlovodíky (minerální oleje, ropné látky)	Organické látky (nepatřící k jemným či hrubým částicím)	Živiny
Zachycení hrubých nečistot	Vtokové mřížky	++	--	--	--	--	--
	Lapače listí	++	--	--	--	--	--
	Česle	++	--	--	--	--	--
	Síta	+, o	--	--	--	--	--
Vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu (filtrace, adsorpce, biologické čištění)	Průlehy Průlehy-rýhy Vsakovací nádrže	++	++	++	++	++	++
Gravitační separace látek (sedimentace pevných částic a vyplavání lehkých látek)	Kalové jímky Usazovací nádrže	++	++	++	++	--	--
	Odlučovače lehkých kapalin s kalovou jímkou	++	++	+	++	--	--
Filtrace mechanická	Pískové a štěrkové filtry	++	++	+	--	--	+
	Geotextilie	++	++	+	--	--	--
Filtrace přes adsorpční materiál	Aktivní uhlí, koks	o	o	++	++	++	--
	Zeolity	o	o	++	++	+	--
	Hydroxidy železa a hliníku	o	o	++	--	--	--
	Adsorbenty olejů	--	--	--	++	--	--
++	vhodné						
+	podmínečně vhodné						
o	ve spojení s dalšími opatřeními						
-	spíše nevhodné						
--	nevhodné						

Čistící účinek vsakovacího zařízení je nepřímě úměrný poměru redukováného půdorysného průmětu odvodňované plochy a vsakovací plochy zařízení A_{red}/A_{vsak} , resp. hodnotě hydraulického zatížení vsakovacího zařízení. Tzn. čím je hodnota A_{red}/A_{vsak} nižší, tím větší má zařízení čistící účinek. U plošného vsakování se účinnost čištění snižuje se snižující se mocností zatravněné humusové vrstvy. Vsakování v centrální nádrži nebo pomocí soustavy průlehu a rýh ($A_{red}/A_{vsak} > 15$) vykazuje nižší účinnost čištění [30].

3.3.1 Znečištění odtoku z pozemních komunikací

Dle [1] není srážková voda z pozemních komunikací odpadní vodou. Znečištění komunikací je spojené s provozem vozidel, vzniká např. emisemi ze spalování, obrusem vozovky, opotřebením prvků vozidel, korozí, únikem pohonných hmot a jiných kapalin, aplikací prostředků pro údržbu. Dalším zdrojem znečištění je zeleň (půda, listí), chodci a cyklisté. Odtok obsahuje nerozpuštěné a rozpuštěné látky, mj. těžké kovy, uhlovodíky vč. minerálních olejů, benzínu a nafty. Míra znečištění závisí na dopravním zatížení (intenzitě dopravy) dané komunikace, viz Tab. 7 a Tab. 8, dále také na četnosti a způsobu čištění komunikace [30]. Doporučené způsoby vsakování dle [30] jsou uvedeny v Tab. 9.

Tab. 7: Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch a očekávané znečištění srážkových vod [30]

Typ plochy		Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy	Uhlovodíky	Organické znečištění, BSK ₅	Živiny N, P	Patogenní mikroorganismy	Chloridy
Parkoviště	málo frekventovaná (osobní auta)	••	•	•	•	•	•	•	•
	(vysoce) frekventovaná (os. auta a busy)	••	••	••	••	•	•	•	••
	nákladní auta ^d	•••	•••	•••	•••	•	•	•	••
Pozemní komunikace	málo frekventované ^a (příjezdy k domům)	••	•	•	•	•	•	•	•
	středně frekventované ^b	••	••	••	••	•	•	•	••
	vysoce frekventované ^c	••	•••	•••	•••	•	•	•	•••
○ neznečištěná srážková voda • mírně znečištěná srážková voda •• středně znečištěná srážková voda ••• vysoce znečištěná srážková voda ^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									

Tab. 8: Průměrné koncentrace znečištění odtoku z různých typů ploch [32]

Parametr	Jednotka	Komunikace pro pěší a cyklisty, zahrady	Parkoviště	Místní komunikace	Silnice	Dálnice
Fyzikálně-chemické parametry						
konduktivita	μS/cm	-	-	-	470	414
pH	-	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Celkové parametry						
NL	mg/l	7,4	150	150	163	153
BSK	mg/l	-	11	11	11	32
CHSK	mg/l	70	70	70	105	107
Nutrienty						
P _{celk.}	mg/l	-	0,18	0,2	0,3	0,2
NH ₄	mg/l	-	0,1	0,1	0,9	0,5
NO ₃	mg/l	-	2,78	2,8	5	2,52
Těžké kovy						
Cd	μg/l	0,8	1,2	1,6	1,9	3,7
Zn	μg/l	585	400	400	407	345
Cu	μg/l	23	80	86	97	65
Pb	μg/l	107	137	137	170	224
Ni	μg/l	-	-	14	11	27
Cr	μg/l	-	-	10	11	13
Ionty						
Na	mg/l	-	18	-	108	194
Mg	mg/l	-	-	-	1	5
Ca	mg/l	-	-	-	31	37
K	mg/l	-	4	-	2	5
SO ₄	mg/l	-	-	-	15	39
Cl	mg/l	-	-	-	106	159
Organické parametry						
PAU	μg/l	1	3,5	4,5	1,7	2,61
MOH	mg/l	0,16	0,16	0,2	4,2	4,76

Tab. 9: Doporučené způsoby vsakování srážkových vod z různých typů ploch s ohledem na jejich znečištění [30]

Typ plochy	Způsob vsakování							
	Povrchové vsakování					Podzemní vsakování		
	Přes zatravněnou humusovou vrstvu			Přes nesouvisle zatravněnou humus. vrstvu		Bez zatravněné humusové vrstvy		
	Plošné $A_{red}/A_{vsak} \leq 5$	Decentrální $5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$	Centrální $A_{red}/A_{vsak} > 15$	Plošné		Plošné	Liniové a plošné	Bodové
				Zatrahňovací tvárnice	Zatrahňovací			
Široké plochy a zatrav. příkopy	Průlehy a průlehy-rýhy	Systém průlehu, vsakovací nádrže	Zatrahňovací tvárnice	Zatrahňovací	Propustné zpevněné povrchy	Štěrky, příkopy, potrubí, rýhy, prostory vyplněné štěrkem/bloky	Vsakovací šachty	
Komunikace pro chodce a cyklisty	++	++	+	+	+	+	-	
Málo frekventovaná parkoviště os. aut	++	++	+	+	+	-	-	
Málo frekventované pozemní komunikace ^a (příjezdy k domům)	++	++	+	+	+	-	-	
Středně frekventované pozemní komunikace ^b	++	++	+	--	--	--	--	
(Vysoce) frekventovaná parkoviště (osobní auta a autobusy)	++	+	+	-/--	-/--	--	--	
Vysoce frekventované pozemní komunikace ^c	++	+	+	--	--	--	--	
Parkoviště nákladních aut ^d	--	--	--	--	--	--	--	

++ přípustné
 + zpravidla přípustné, popřípadě vhodné předčištění
 - problematické, nutné předčištění
 -- nepřipustné, nevhodné způsoby uvedenými v této tabulce; vody z těchto ploch mohou být ve výjimečných případech vsakovány
 / až
 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

3.4 Varianty odvodnění místních komunikací

„Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání“ vzniká povinnost „zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby v souladu se stavebním zákonem“ [1]. Jsou stanoveny 3 možnosti řešení srážkových vod stavebního pozemku, „pokud se neplánuje jejich jiné využití“ [33]. První možností je jejich vsakování, případně vsakování s regulovaným odváděním do vod povrchových [30, 33, 34]. Pokud nelze vsakování uskutečnit, mohou být srážkové vody zadržovány a regulovaně odváděny do povrchových vod oddílnou dešťovou kanalizací. Teprve když nelze využít dvou předešlých možností, je povoleno jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace [33, 34]. Zároveň je nutno předřadit předčištění srážkových vod vždy, když jsou znečištěny [33].

K odvodu srážkových vod slouží primárně podélný a příčný sklon komunikace, jimiž je voda odváděna do odvodňovacích zařízení nebo do okolní zeleně např. pomocí zapuštěných obrubníků [9, 26]. Odvodňovací zařízení se dělí na otevřená, např. rigoly, příkopy, odvodňovací proužky, otevřené žlaby, a krytá, např. oddílná dešťová kanalizace a kryté žlaby [26].

V obytných zónách jsou s ohledem na pohyb chodců a cyklistů navrhována liniová odvodňovací zařízení nebo vpusti s menšími rozměry a mřížemi s malými otvory či s podélnými otvory kolmo ke směru jízdy, dále také rigoly z kamenné dlažby, které v případě, že vedou šikmo nebo kolmo k jízdnímu pruhu, mohou sloužit i jako opatření k regulaci rychlosti vozidel. V tomto případě je doporučeno dno rigolu rozšířit a svahy rigolu vést v menším sklonu [9].

3.4.1 Vsakování

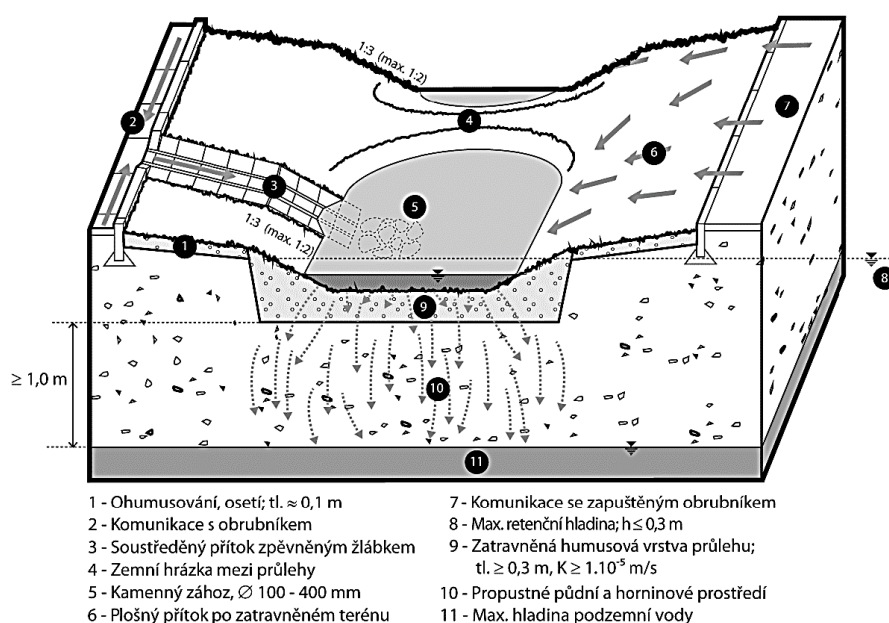
Ke vsakování srážkové vody slouží vsakovací zařízení. Dělí se dle umístění vůči terénu na povrchová vsakovací zařízení, podzemní vsakovací zařízení a jejich kombinace [2].

3.4.1.1 Povrchové vsakovací zařízení

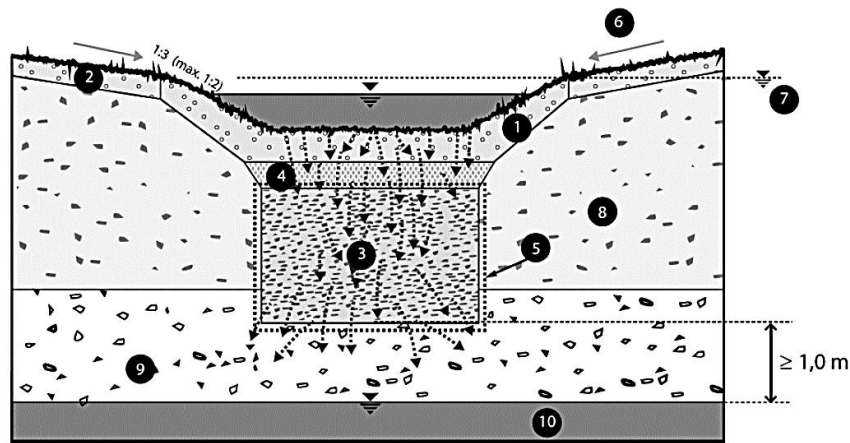
Povrchové vsakovací zařízení je umístěno na povrchu terénu, kterým je voda vsakována. Horní vrstvou zařízení, která je často osazena vegetací, je zachycováno či odstraňováno znečištění. Tento povrch nesmí být poškozen erozí způsobenou přitékající vodou. Návrh povrchového vsakovacího zařízení „musí umožnit únik živočichů“ a snadnou

údržbu zařízení. Součástí zařízení je vždy bezpečnostní přeliv [2]. Povrchové vsakování je limitováno sklonem území nad 5 %, při němž se vsakování stává obtížným až neuskutečnitelným [30]. Povrchovými vsakovacími zařízeními jsou průlehy, vsakovací nádrže a příkopy a plošné vsakování [2].

Průleh (Obr. 9) je mělká deprese terénu s krátkou povrchovou retencí [2]. Maximální doporučená hloubka vody v průlehu je 0,3 m [2, 30]. Je doporučeno, aby horních 100 mm průlehu bylo tvořeno orníci, pod níž by se nacházelo minimálně 100 mm šterkopísku. Tyto vrstvy je doporučeno navzájem oddělit geotextilií [2]. Obvyklý sklon svahů průlehu je 1:3, jejich doporučený maximální sklon je 1:2. Přítok je vhodné uskutečnit např. přes zatravněný pruh z důvodu předčištění a snížení erozního působení vody. Soustředěný přítok je nutno opevnit a také vložit předčištění pro snížení kolmatace průlehu. Je vhodné při liniovém vedení průlehu vložit po úsecích menší příčné zemní hrázky. Poměr A_{red}/A_{vsak} by se měl pohybovat v intervalu 5 až 15. Je doporučeno, aby hodnota nasycené hydraulické vodivosti zeminy činila minimálně $5 \cdot 10^{-6}$ m/s, pokud je hodnota menší, je navrhována kombinace průlehu a rýhy pro zvětšení retenčního objemu (Obr. 10). Rýha vyplněná šterkem o doporučené zrnitosti 16/32 mm nebo prefabrikovanými bloky se nachází pod zatravněným průlehem [30].



Obr. 9: Vsakovací průleh s povrchovým přívodem vody [30]

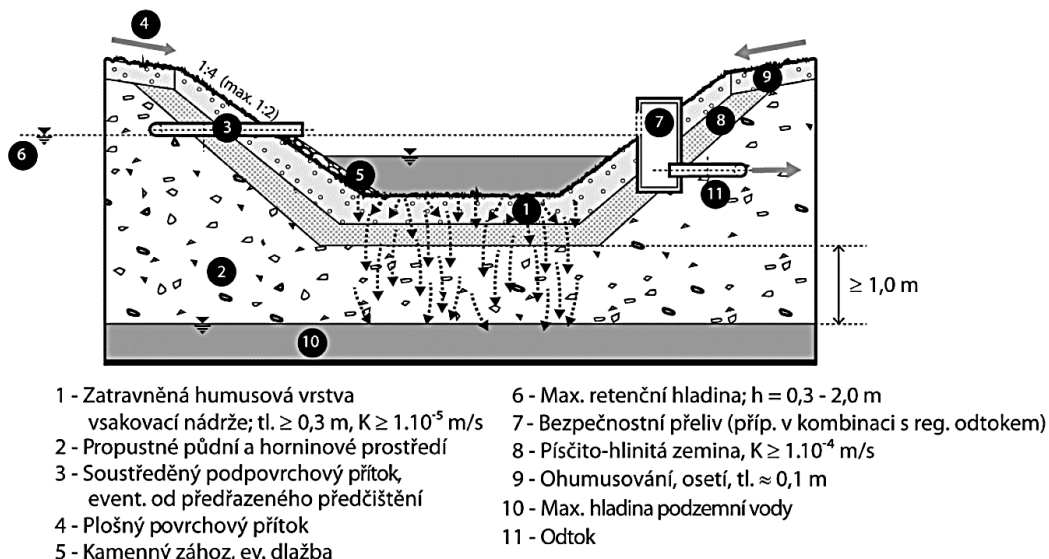


- | | |
|--|--|
| 1 - Zatravněná humusová vrstva průlehu; tl. $\geq 0,3$ m, $K \geq 1.10^{-5}$ m/s | 5 - Geotextilie |
| 2 - Ohumusování, osetí; tl. $\approx 0,1$ m | 6 - Plošný povrchový přítok |
| 3 - Retenční/vsakovací rýha (štěrk 16/32mm / prefabrikované bloky) | 7 - Max. retenční hladina; $h \leq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

Obr. 10: Vsakovací průleh-rýha [30]

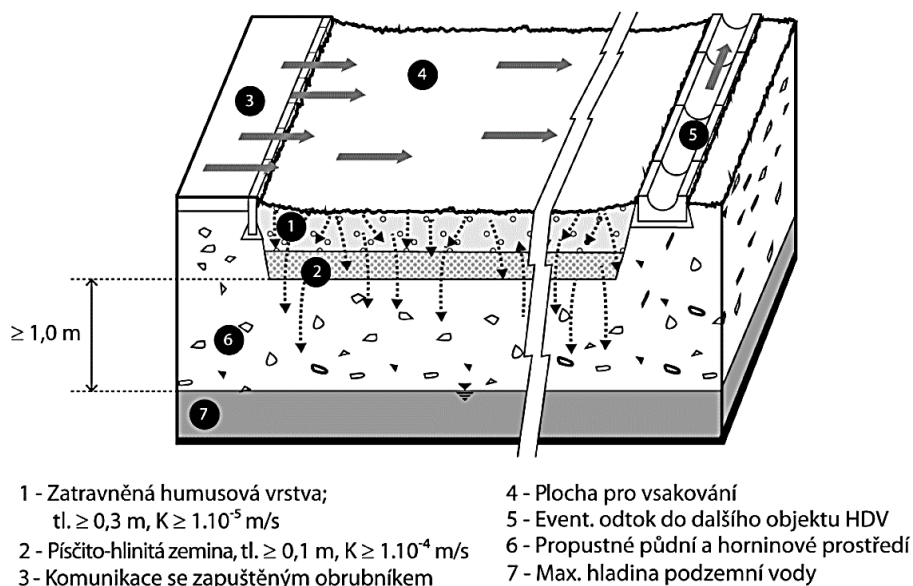
Přítoky do **vsakovacích příkopů** je vhodné vést přímo ze zpevněných ploch, aby bylo zabráněno soustředěnému přítoku a nedocházelo k erozi povrchu. Pokud je sklon terénu větší, je navrhováno rozdělení příkopů příčnými hrázkami. Doporučená maximální hloubka vody je 0,5 m. Při větší návrhové hloubce vody je nutno zajistit ochranu před utonutím [2].

Ve vsakovacích nádržích (Obr. 11) je hloubka vody dle [30] obvykle 0,3 až 2,0 m. Podle [2] činí doporučená maximální hloubka vody v nádržích 0,5 m a obdobně jako u příkopů musí být při větší návrhové hloubce vody zajištěna ochrana před utonutím. Z bezpečnostních důvodů je maximální sklon svahů nádrže stanoven na 1:4. Při návrhu většího sklonu, který však z důvodu stability humusové vrstvy smí činit maximálně 1:2, je nutno nádrž zabezpečit např. oplocením [30]. Pokud je voda přiváděna do zařízení potrubím či žlábkem je doporučeno vtok a jeho okolí vhodně upravit [2]. Jelikož se vsakovací nádrž vyznačuje vysokou hodnotou hydraulického zatížení, tj. $A_{red}/A_{vsak} > 15$, může u ní docházet ke zvýšené kolmataci a snížení vsakovací schopnosti. Z tohoto důvodu je při navrhování doporučena hodnota součinitele bezpečnosti $f = 5$. Při hodnotě nasycené hydraulické vodivosti menší než 1.10^{-5} m/s se nádrže nenavrhují kvůli snížení vsakovacího výkonu a dlouhé době zatopení [30].



Obr. 11: Vsakovací nádrž [30]

Dalším typem je **plošné vsakování** (Obr. 12). „Retenční objem vsakovacího zařízení je rozložen na velké ploše, a proto se u plošného vsakování počítá s velmi malou hloubkou“ [2]. Doporučená půdní skladba plošného vsakování se podle [2] sestává ze 3 vrstev. Pod horní vegetační vrstvou s vyšším obsahem humusu a výskytem kořenů se nachází střední půdní vrstva s minimálním obsahem humusu a nižším zastoupením kořenů. Spodní vrstvu tvoří málo zvětralá nebo nezvětralá hornina bez obsahu organické hmoty [2]. Maximální sklon činí 1:20. Pro plošné vsakování je udáván poměr $A_{red}/A_{vsak} \leq 5$ [30].

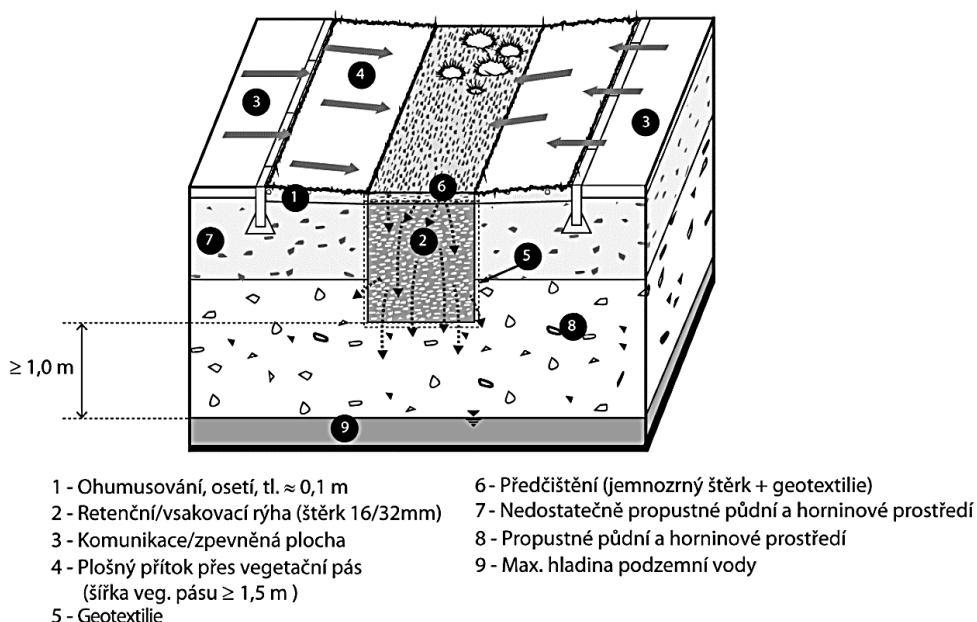


Obr. 12: Objekt plošného vsakování [30]

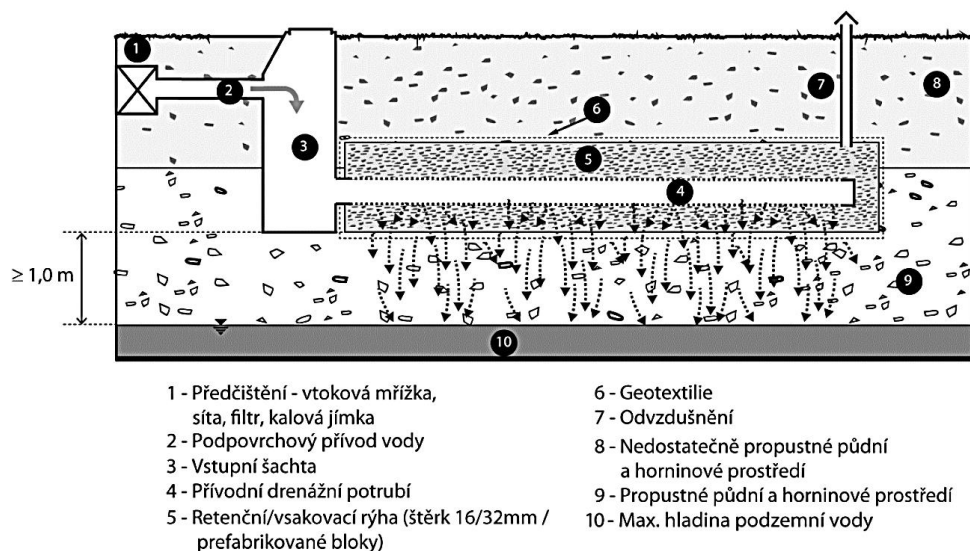
3.4.1.2 Podzemní vsakovací zařízení

Podzemní vsakovací zařízení je umístěno pod terénem. Součástí zařízení je vždy retenční prostor a bezpečnostní přeliv. Zároveň musí být zajištěno odvětrání podzemního zařízení, např. větracím potrubím, otvory v poklopu či mříži. Před podzemní vsakovací zařízení se především v případě vsakování podmínečně přípustných srážkových vod předřazuje předčištění. K tomuto účelu jsou využívány např. lapače splavenin, česle, usazovací nádrže, pískové a šterkové filtry, dále také aktivní uhlí a zeolity odstraňující mj. ropné látky, aromatické uhlovodíky a sloučeniny kovů. Pro zachycení ropných látek lze použít i odlučovače lehkých kapalin. Z provozních důvodů jsou navrhovány také kontrolní prvky a prvky k údržbě [2]. Mezi podzemní vsakovací zařízení patří vsakovací rýhy, podzemní prostor vyplněný šterkem, podzemní prostor vyplněný bloky, tunelové systémy a vsakovací šachty [2, 30].

Vsakovací rýha je liniové podzemní vsakovací zařízení vyplněné šterkem (zrnitost 16/32 mm). Přítok vody je buď povrchový (Obr. 13), např. přes zatravněným pás, nebo podpovrchový (Obr. 14) s kalovou jímkou a revizní šachtou na vtoku a v některých případech i proplachovací šachtou na konci [30].



Obr. 13: Vsakovací rýha s povrchovým plošným přítokem [30]



Obr. 14: Vsakovací rýha s podpovrchovým přítokem [30]

Podzemní prostor vyplněný štěrkem je tvořen štěrkovým polštářem (zrnitost 16/32 mm) o doporučené minimální šířce dna 0,5 m a s vloženým drenážním potrubím o doporučeném sklonu 0,5 až 1 % [2, 30]. Maximální počet drenážního potrubí vloženého do 1 zařízení je stanoven na 5. Obsyp potrubí je obvykle prováděn štěrkopískem. Kontrolu a proplach umožňují vstupní a revizní šachty o maximální délce 30 m a průměru minimálně 600 mm [2].

Do **podzemního prostoru vyplněného bloky** je voda přiváděna vstupní šachtou či vstupním otvorem. Kontrola zařízení může či nemusí být umožněna [2]. Předčištění vody přitékající do podzemního prostoru může zajišťovat např. kalová jímka nebo filtrační šachta [30].

Tunelový systém je tvořen klenbovým retenčním prostorem. Ke vsakování dochází dnem a bočními otvory [2].

Vsakovací šachta je bodové vsakovací zařízení, u nějž „hloubka převažuje nad půdorysnými rozměry“ [2, 30]. Plášť šachty je tvořen prefabrikovanými betonovými skružemi či zdívem z cihel, kamene či betonových tvárnic. Přívod vody je proveden svislým potrubím vedeným ke dnu šachty. Pod výtokem z potrubí je uložena dlaždice, např. betonová deska. Dno šachty je tvořeno vrstvou štěrkopísku o minimální mocnosti 300 mm. Na tuto vrstvu je doporučeno uložit ochrannou geotextilii. Poklop šachty s odvětráním či mříž jsou navrhovány minimálně 150 mm nad okolní terén [2]. Šachty se dělí na kopané, u nichž jsou skruže vkládány do již vyhloubeného prostoru, a spouštěné, jejichž plášť je spouštěn

„za současného těžení materiálu zevnitř“ [2]. Z důvodu ochrany podzemní vody není vhodné, aby šachta procházela skrz vrstvy s nízkou propustností [30].

3.4.1.3 Kombinovaná vsakovací zařízení

Mezi kombinovaná vsakovací zařízení patří např. vsakovací nádrž s podzemním prostorem vyplněným šterkem nebo vsakovací jezírko s trvalou výškou hladiny vody a vsakováním propustnou částí břehů [2].

3.4.2 Regulované odvádění srážkových vod

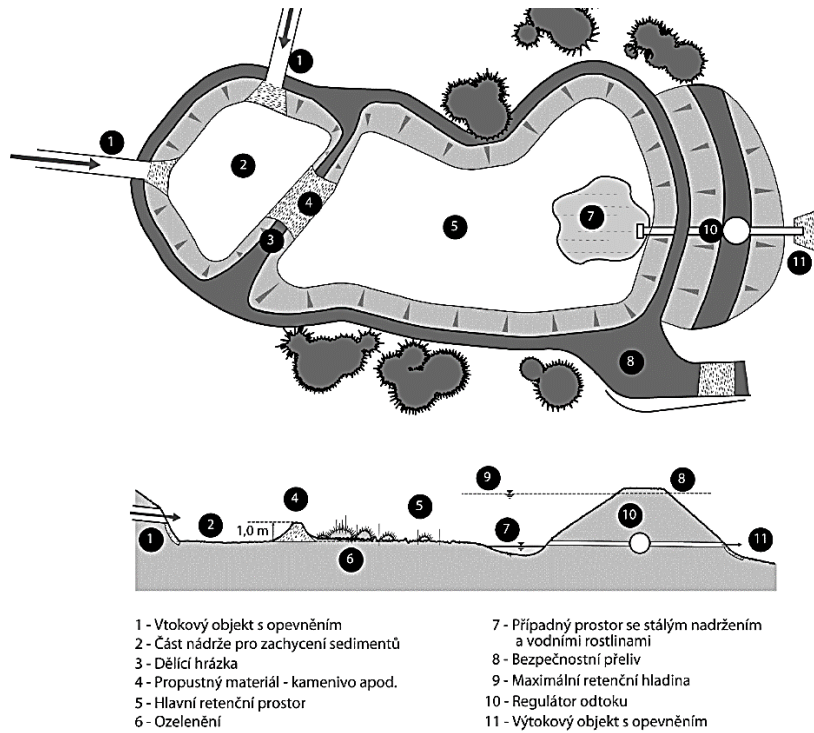
Při návrhu regulovaného odvádění srážkových vod je důležitým prvkem retenční objekt, jehož účelem je zpomalení odtoku a snížení hodnoty kulminačního odtoku do vodního toku. Každý retenční objekt musí být opatřen bezpečnostním přelivem a regulátorem odtoku, případně zpětnou armaturou. Na přítoku do objektu je vhodné navrhnout konstrukčně oddělený sedimentační prostor. Vzhledem k podpoře evapotranspirace jsou upřednostňovány povrchové nádrže se zatravněnými břehy. Mezi retenční objekty se řadí suché retenční dešťové nádrže, podzemní retenční dešťové nádrže, retenční dešťové nádrže se zásobním prostorem a umělé mokřady [30].

Suché retenční dešťové nádrže (Obr. 15) sloužící k odvodnění komunikací mohou být řešeny „jako liniové průlehy, jejichž dno je v určitém sklonu a jsou rozděleny na více celků zemními hrázkami“ [30]. Jejich povrch je obvykle osazen vegetací [30].

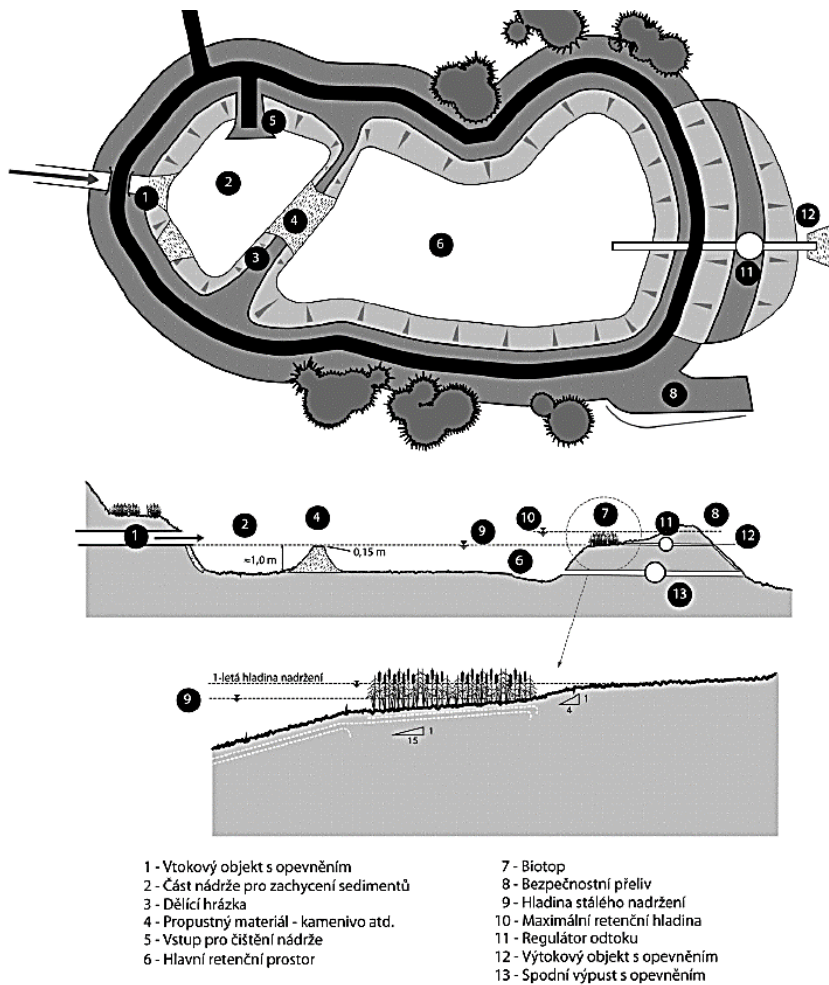
Podzemní retenční dešťové nádrže jsou tvořeny velkopřůměrovým potrubím nebo vodotěsnými jímkami uloženými pod terénem. Součástí je i uzavíratelný přístup a odvětrání [30].

Retenční dešťová nádrž se zásobním prostorem (Obr. 16) slouží nejen k transformaci vlny pomocí retenčního prostoru nádrže, ale i k jiným účelům, např. zlepšení mikroklimatu, biologickému čištění vody [30].

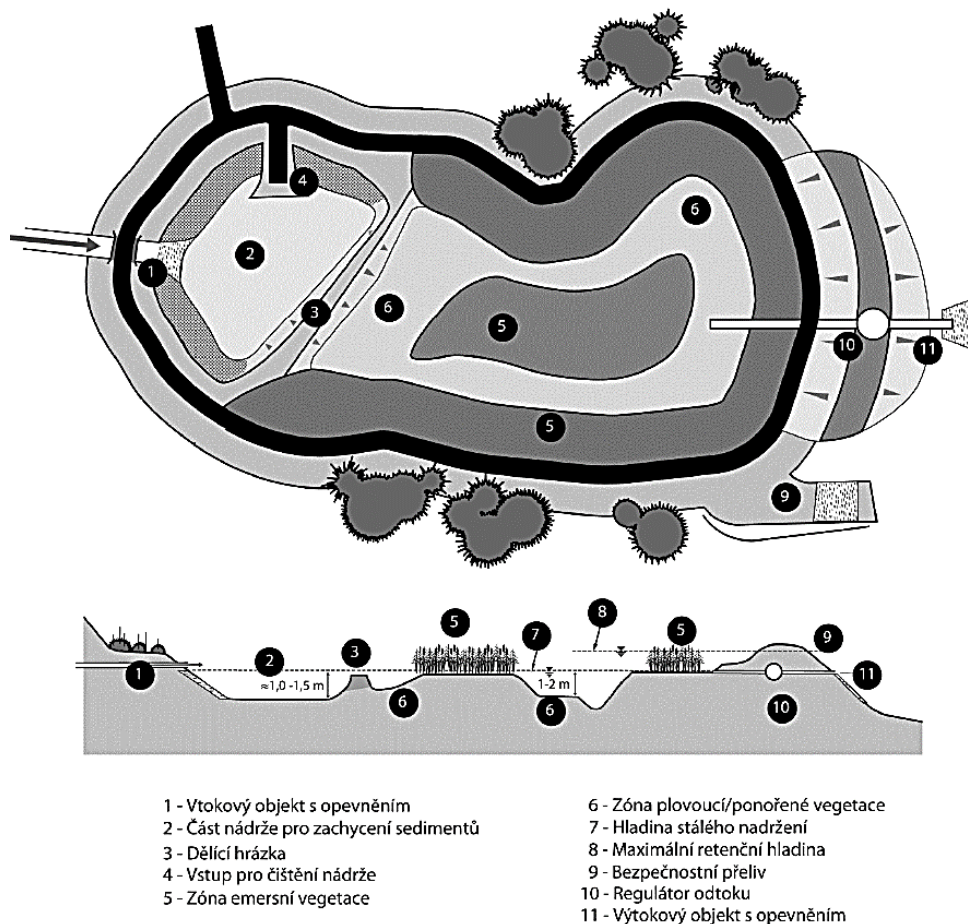
Umělé mokřady (Obr. 17) „jsou mělké nádrže se stálým nadržáním a s vodními rostlinami, které plní funkci biologického čištění srážkových vod“ [30].



Obr. 15: Suchá retenční dešťová nádrž [30]



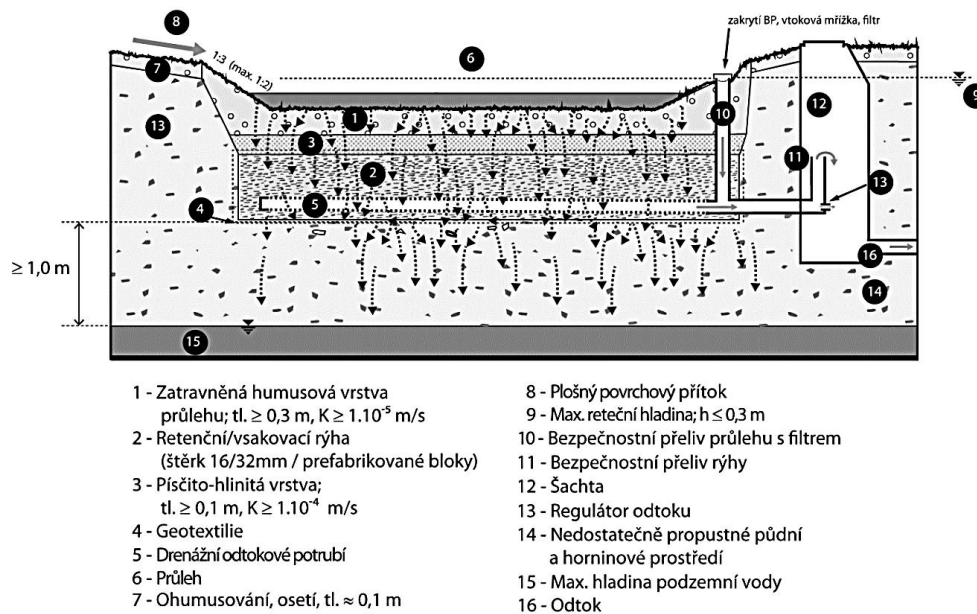
Obr. 16: Retenční dešťová nádrž se zásobním prostorem [30]



Obr. 17: Umělý mokřad [30]

3.4.2.1 Vsakovací zařízení s regulovaným odtokem

Ke kombinaci vsakovacího zařízení a regulovaného odvádění srážkových vod do vodního toku se přistupuje, jestliže „vsakovací schopnosti půdního a horninového prostředí (orientačně $K < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s) a vsakovacího zařízení“ jsou nedostatečné [30]. Ve vsakovacím zařízení průleh-rýha (Obr. 18) je regulovaný odtok zajišťován drenážním potrubím uloženým v rýze, které je na konci osazeno regulátorem odtoku. Zařízení má 2 bezpečnostní přelivy: 1 pro průleh a 1 pro rýhu, jehož úroveň se doporučuje menší či shodná s úrovní horní strany stavební konstrukce rýhy [30].



Obr. 18: Vsakovací průleh-rýha s regulovaným odtokem [30]

3.4.2.2 Stoková síť

K odvodnění může být použita oddílná dešťová síť, případně síť jednotná. Srážkové vody jsou do stokové sítě přiváděny kanalizačními přípojkami dešťových vpustí a lapáků splavenin, k nimž jsou přiváděny např. příkopy či rigoly [13, 26]. Kanalizace je vodním dílem [35].

Minimální průměr potrubí gravitační stokové sítě je DN/ID (DN/OD) 250 mm, resp. DN/ID 300 mm, jestliže se jedná o potrubí vyrobené z jiného materiálu, než je kamenina, plasty a sklolaminát [13, 26]. Maximální průřezová rychlost v potrubí při kapacitním plnění činí 5 m/s [26], pro betonová potrubí 3 m/s [13].

3.4.2.2.1 Oddílná dešťová síť

Srážkové vody jsou oddílnou dešťovou sítí gravitačně odváděny do vodního toku, případně do vsakovacího zařízení [26, 36]. Na rozdíl od jednotné stokové sítě, nemusí být oddílná dešťová síť uložena hlouběji než vodovodní potrubí [13]. Ukládá se do nezamrzé hloubky, minimálně 1 m z důvodu napojení uličních vpustí [36]. Výústní stoky je nutno osadit uzávěrem, příp. zpětnou armaturou k zamezení zpětného vzduší vody z vodního toku. Odtok je doporučeno zpomalit např. povrchovou či trubní retencí nebo retenčními nádržemi. K předčištění vody slouží např. kalové koše dešťových vpustí, nebo usazovací dešťové nádrže, jejichž návrh se přizpůsobuje místním podmínkám, průtoku a kvalitě vody ve vodním toku [13].

V případě, že doba dotoku trvá maximálně 15 minut a plocha povodí je menší či rovna 200 ha, používá se k návrhu stokové sítě pomocí racionální metody patnáctiminutový dešť dle Tab. 10. Maximální dešťový odtok Q_r (l/s) je stanoven jako součin součinitele odtoku Ψ (-), intenzity i ($l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$) směrodatného deště dané periodicity a plochy povodí A (ha) stoky měřené horizontálně [13].

Tab. 10: Doporučené četnosti a periodicity výpočtových dešťů při použití racionální metody [13]

Druh lokality	Četnost výskytu ¹⁾ návrhových dešťů	Periodicita návrhových dešťů ¹⁾ p rok ⁻¹	Orientační rozsah intenzit patnáctiminutových (neredukovaných) dešťů podle [1] a [2] i l/(s . ha)
Venkovská území	1 × za 1 rok	1	98 až 144
Obytná území	1 × za 2 roky	0,5	133 až 200
Městská centra, území průmyslová a drobných provozů	1 × za 5 let	0,2	170 až 235
Podzemní dopravní zařízení a podjezdy	1 × za 10 let	0,1	202 až 275

¹⁾ Při použití návrhového deště nesmí u nově navrhovaných stok docházet ke zpětnému vzdutí.

3.4.2.2.2 Jednotná stoková síť

Při odvádění srážkové vody pomocí jednotné stokové sítě se srážkové vody stávají vodou odpadní [35]. Dochází ke smísení vod srážkových a dalších odpadních vod, při kterém „nesmí být překročeny hodnoty ukazatelů znečištění stanovené v kanalizačním řádu pro odpadní vody“ [30]. Předčištěním srážkové vody musí být odstraněny především ropné a nerozpuštěné látky [30].

Jestliže největší bezdeštný průtok překračuje hodnotu návrhového průtoku srážkových vod, je síť navrhována na dvojnásobek bezdeštného průtoku a návrhový průtok srážkových vod se zanedbává. Pokud největší bezdeštný průtok je větší než 10 % návrhového průtoku srážkových vod, je síť dimenzována na celkový největší průtok všech odpadních vod. V opačném případě lze bezdeštný průtok zanedbat [13].

Výhodou využití jednotné stokové sítě k odvádění srážkových vod oproti oddílné je zejména existence pouze jednoho trubního vedení [36]. Přináší však hygienické a ekologické nevýhody způsobené např. možným zhoršením procesu čištění odpadních vod a nutností zřizovat odlehčovací komory [13, 36].

3.4.2.3 Vodní tok

Povrchové vody slouží jako příjemce srážkových vod. Vodní tok či vodní nádrž by neměly být vzdáleny více jak 100 m u jednoduchých staveb bydlení a rekreace, nebo 500 m u staveb složitějších. Přípustnost odvádění srážkových vod do vodního toku je dle [30] dána mírou a druhem znečištění, požadovanou mírou ochrany povrchových vod a ohrožením vodního toku hydrobiologickým stresem. Pro návrh regulovaného odvádění je doporučen specifický odtok $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ a regulovaný odtok z 1 zařízení minimálně 0,5 l/s [30].

3.5 Geologický průzkum

Před návrhem vsakovacího zařízení je nutno provést geologický a hydrogeologický průzkum. Je stanovována vsakovací schopnost půdního a horninového prostředí v podobě koeficientu vsaku, uložení a mocnost špatně propustných vrstev a úroveň hladiny podzemní vody (HPV), jelikož dno vsakovacího zařízení musí být navrženo minimálně 1 m nad HPV [30, 37].

Jednotlivé etapy geologického průzkumu jsou dány náročností stavby:

- nenáročné stavby ($A_{\text{red}} < 200 \text{ m}^2$),
- náročné stavby ($A_{\text{red}} \geq 200 \text{ m}^2$) [37],

dále stupněm projektové přípravy:

- a) dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení [37],
- b) dokumentace pro vydání společného povolení [38],
- c) projektová dokumentace pro ohlášení stavby nebo projektová dokumentace pro vydání stavebního povolení,
- d) dokumentace pro provádění stavby [37]

a přírodními poměry lokality:

- jednoduché přírodní poměry,
- složité přírodní poměry [37].

Jednoduché přírodní poměry se vyznačují monotónní geologickou stavbou v horizontálním a vertikálním směru, horniny a zeminy se řadí do skupin V.1 a V.4 (Tab. 11, Tab. 12), HPV je v hloubce $\geq 2 \text{ m}$ a není napjatá [37].

Při složitých přírodních poměrech je geologická stavba heterogenní s horninami skupin V.2, V.3, V.5, V.6, které mají odlišné fyzikálně-mechanické a hydrofyzikální parametry, ustálená HPV je napjatá a v hloubce $< 2 \text{ m}$, průměrný úhel svahu lokality je větší

než 7°, lokální topografie je velmi nepravidelná, lokalita se nachází v ochranném pásmu vodního zdroje, ve významném vodohospodářském území, v inundačním území, v sesuvném území, v území se starou ekologickou zátěží či v území, kde „může dojít k ohrožení vodního zdroje pro individuální zásobování“ [37].

Tab. 11: Orientační rozdělení horninového prostředí (zeminy) pro návrh rozsahu geologického průzkumu [37]

Skupina	Popis podle ČSN EN ISO 14688-1 ^{a)}	Zatřídění podle ČSN EN ISO 14688-2 ^{b)}	Popis podle ČSN P 73 1005 ^{a)}	Zatřídění podle ČSN P 73 1005 ^{b)}
V.1	velký balvan, balvan, valoun, štěrk hrubozrný, štěrk středně zrný, štěrk jemnozrný, písek hrubozrný, písek středně zrnitý, navázka ^{c)}	Bo, Co, Gr, Sa, coGr, cosaGr, saGr, grSa, sasiGr, Mg	štěrk, štěrk s příměsí jemnozrné zeminy, písek, písek s příměsí jemnozrné zeminy	G1 GW, G2 GP, G3 G-F, S1 SW, S2 SP, S3 S-F
V.2	písek jemnozrnitý, prach hrubozrný, jílovitý písek, hlinitý písek, navázka ^{c)}	Si, clSa, saSi, sagrSi, siSa, grsiSa, siGr, orSa, saclGr, Mg	štěrk hlinitý, písek hlinitý, štěrk jílovitý, písek jílovitý, štěrkovitá hlína, písčité hlína	G4 GM, S4 SM, S5 SC, G5 GC, F1 MG, F3 MS
V.3	prach středně zrný, prach jemnozrný, jíl, písčité jíl, jílovitý prach, organická zemina ^{c)} , navázka ^{c)}	Cl, Or, sagrCl, siCl, clSi, saclSi, clSi, saOr, siOr, clOr, orCl, orSi	štěrkovitý jíl, písčité jíl, hlína, jíl	F2 CG, F4 CS, F5 (MI, ML), F6 (CL, CI), F7 (MH, MV, ME), F8 (CH, CV, CE)

a) Pro jednoduché poměry, nenáročné stavby a stupeň DÚR, na základě makroskopického popisu.
b) Pro složité poměry, náročné stavby a stupeň DSP na základě laboratorních zkoušek.
c) Podle charakteru a samostatného posouzení.

Legenda

Bo – Balvany	Co – Valouny
Gr – Štěrk	Sa – Písek
Si – Prach	Cl – Jíl
Or – Organická zemina	Mg – Navázka (výsypka, sypanina)

Tab. 12: Orientační rozdělení horninového prostředí (horniny) pro návrh rozsahu geologického průzkumu [37]

Skupina	Vzdálenost diskontinuit ^{a)} [mm]	Rozevření diskontinuit ^{a)} [mm]
V.4	malá (< 60)	rozevřené (> 2,5)
V.5	střední (60 až 200)	otevřené (0,5 až 2,5)
V.6	velká (> 200)	sevřené (< 0,5)

a) Upraveno podle ČSN EN ISO 14689-1.

Geologický průzkum se rozděluje na etapy:

- orientační průzkum
- podrobný průzkum
 - podrobný I.
 - podrobný II.
- doplňkový průzkum
- analýza rizika při realizaci vsakování [37]

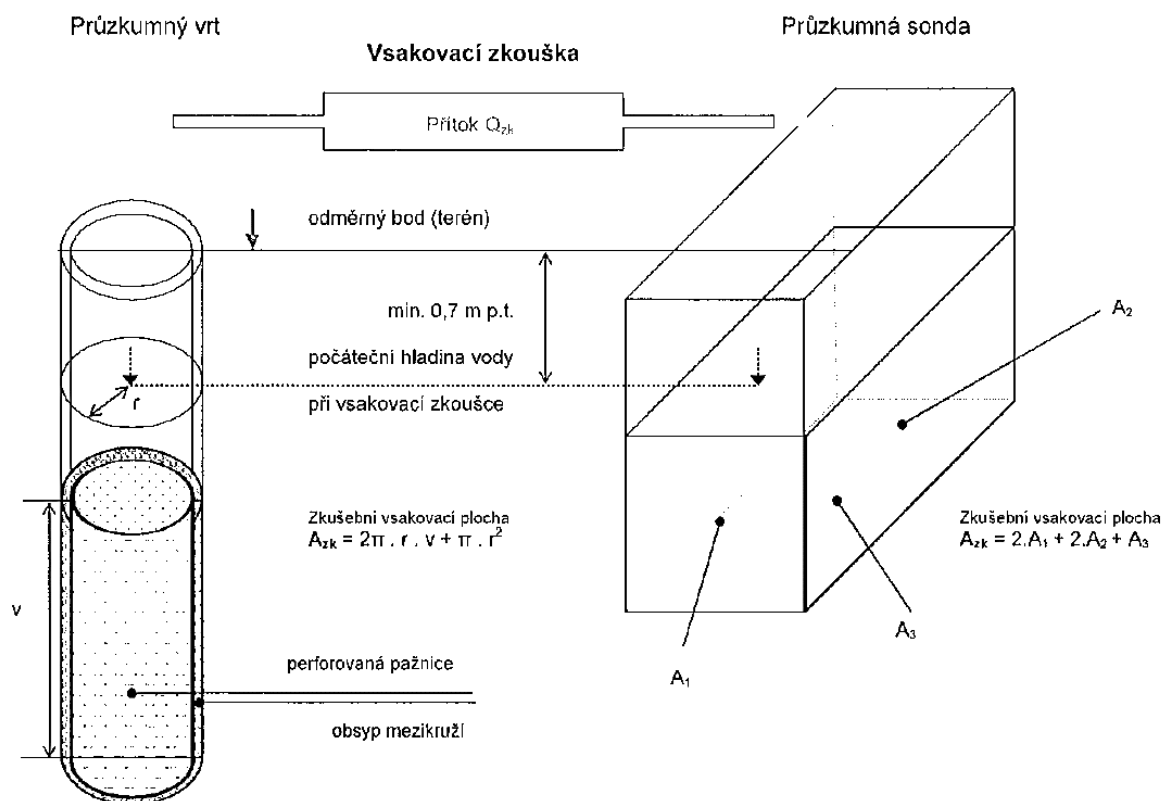
Rozdělení jednotlivých etap na základě náročnosti stavby, přírodních poměrů a stupně projektové přípravy je uvedeno v Tab. 13. Orientační průzkum je rešeršního charakteru, výstupem je zpráva o vsakovacích poměrech lokality vč. kvalifikovaného odhadu koeficientu vsaku. Podrobný průzkum zahrnuje i terénní a laboratorní práce vč. stanovení koeficientu vsaku vsakovací zkouškou. Doplňkový průzkum slouží k doplnění podkladů z předešlých etap. K vypracování analýzy rizika při realizaci vsakování se přistupuje pouze v případě možného ohrožení významného vodního zdroje, nebo na požadavek dotčeného orgánu státní správy [37].

Tab. 13: Etapy geologického průzkumu pro vsakování [37]

Stupeň projektové přípravy	Nenáročné stavby		Náročné stavby	
	Jednoduché poměry	Složité poměry	Jednoduché poměry	Složité poměry
a)	orientační	orientační	podrobný I.	podrobný II.
b), c)	orientační	podrobný I.	podrobný II.	podrobný II.
d)	doplňkový	doplňkový	doplňkový	doplňkový

3.5.1 Vsakovací zkouška

Součástí geologického průzkumu je tzv. vsakovací zkouška (Obr. 19) sloužící k určení koeficientu vsaku. Zkouška je prováděna v průzkumných vrtech o zkušební vsakovací ploše A_{zk} minimálně $0,04 \text{ m}^2$ nebo v sondách o minimální A_{zk} 4 m^2 , přičemž dno průzkumného objektu by mělo být minimálně 1 m nad ustálenou HPV [37].



Obr. 19: Schéma vsakovací zkoušky v průzkumném vrtu a v průzkumné sondě [37]

Vsakovací zkoušku je možno provádět 2 metodami:

- zkouška s ustálenou hladinou vody,
- zkouška s proměnnou hladinou vody [37].

Při zkoušce s ustálenou hladinou vody je průzkumný objekt napuštěn vodou do úrovně maximálně 0,7 m pod terén. V průběhu zkoušky je měřen přítok vody do objektu Q_{zk} a také „hladina vody v průzkumném objektu, hladina podzemní vody v okolních monitorovacích objektech a suterény okolních stavebních objektů“ [37]. Doporučuje se, aby objem vsáknuté vody činil 1 m^3 . Tato „zkouška je vhodná pro zeminy (horniny) skupin V.1 a V.4“ [37].

Při zkoušce s proměnnou hladinou vody je objekt naplněn vodou stejně jako u zkoušky s ustálenou hladinou a následně již není voda do objektu přiváděna [37]. Průběžně je sledován pohyb hladiny vody v objektu a také „hladina podzemní vody v okolních monitorovacích objektech a suterény okolních stavebních objektů“ [37]. „Celková doba trvání zkoušky je minimálně 24 h“, a pokud hladina poklesne „na 1/3 výšky sloupce za méně než 6 h od zahájení zkoušky“, musí být zkouška zopakována [37]. Tato metoda „je vhodná pro zeminy (horniny) skupin V.2, V.3., V.5 a V.6“ [37].

Následně je stanoven koeficient vsaku k_v (m/s) dle vzorce:

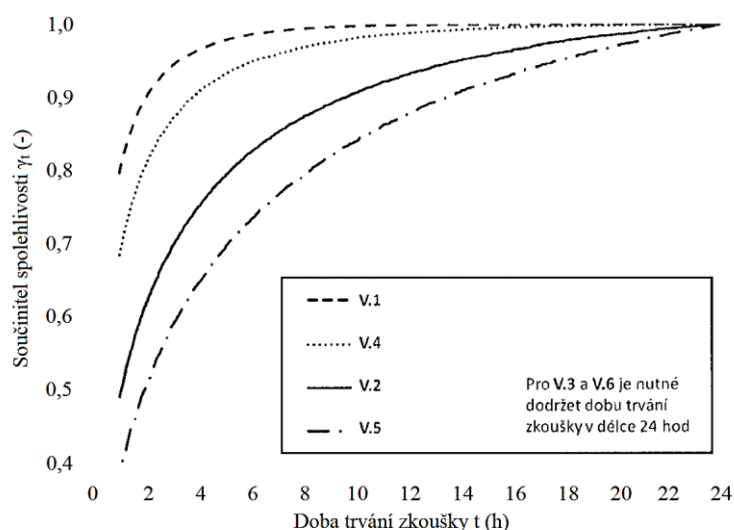
$$k_v = \frac{Q_{zk}}{A_{zk}}$$

kde

Q_{zk} ... přítok vody do průzkumného objektu během zkoušky (m^3/s),

A_{zk} ... zkušební vsakovací plocha během zkoušky (m^2) [37].

Při době trvání zkoušky s proměnnou hladinou vody méně než 24 h je vypočtený $k_{v(t)}$ (m/s) pro dobu trvání vsakovací zkoušky t vynásoben součinitelem spolehlivosti γ_t zahrnujícím vliv doby trvání vsakovací zkoušky [37]. Součinitel spolehlivosti γ_t je stanovován z nomogramu (Obr. 20).



Obr. 20: Závislost γ_t pro jednotlivé skupiny horninového prostředí na době trvání vsakovací zkoušky [37]

Taktéž je povoleno vsakovací zkoušky provádět pomocí polních infiltrometrů dle ČSN EN ISO 2282-1 a ČSN EN ISO 22282-5, jejichž výsledky „jsou srovnatelné s koeficientem vsaku“ [37].

3.5.2 Koeficienty

Koeficient vsaku k_v „charakterizuje vsakovací schopnost zkoumaného horninového prostředí“ [37], tj. „rychlost infiltrace srážkové vody do horninového prostředí ve vsakovacím zařízení za atmosférického tlaku při hydraulickém sklonu $I = 1$ “ [2]. Hodnoty k_v jsou udávány v jednotkách rychlosti (m/s, cm/d, cm/s) [2, 37]. Stanovuje se způsobem daným v [37] a „používá se ve výpočtech při návrhu vsakovacího zařízení“ [2]. Podle [37] jsou výstupní hodnoty uvedené pod anglickým názvem hydraulic conductivity coefficient k (m/s) zjištěné ze zkoušek provedených pomocí polních infiltrometrů dle ČSN EN ISO

22282-1 a ČSN EN ISO 22282-5 považovány za „srovnatelné s koeficientem vsaku k_v (m/s).“

Hydraulická vodivost, resp. **koeficient hydraulické vodivosti** K představuje míru, s jakou „půdní prostředí umožňuje proudění vody“ [39]. Zahrnuje koeficient nenasycené i nasycené hydraulické vodivosti. Hodnoty K jsou udávány v jednotkách rychlosti (m/s, cm/s) [40].

Nasycená hydraulická vodivost, resp. **koeficient nasycené hydraulické vodivosti** K_S je „veličina charakterizující schopnost půdy propouštět vodu při plném nasycení půdy vodou“, tedy prostředím, v němž jsou všechny póry vyplněny vodou [41]. Mezi nesprávná označení koeficientu nasycené hydraulické vodivosti patří **filtrační součinitel** [41], součinitel filtrace, součinitel průsaku [42] a Darcyho koeficient [40].

V [30] je nasycená hydraulická vodivost zkráceně nazývána hydraulická vodivost K (m/s). Je definována jako „vlastnost nasycené půdy vést vodu, charakterizována součinitelem K v Darcyho rovnici, závislým na hustotě a viskozitě vody a na půdních poměrech; rovná se makroskopické rychlosti při jednotkovém spádu I “ [30]. Následně je v [30] k definici dodáno, že „největší hodnoty dosahuje hydraulická vodivost při plné saturaci půdy vodou.“

Nenasycená hydraulická vodivost, resp. **koeficient nenasycené hydraulické vodivosti** $K(\theta)$ je funkcí závislou na vlhkosti půdy θ a představuje schopnost nenasyceného půdního prostředí vést vodu [39].

3.6 Návrh vsakovacího zařízení

Hlavními kritérii projektování vsakovacích zařízení jsou kvalita srážkových vod a vlastnosti horninového prostředí, které jsou zjištěny pro danou lokalitu geologickým a hydrogeologickým průzkumem [2].

Jelikož vsakovací zařízení nesmí ohrozit okolní objekty, jsou v [2] stanoveny minimální odstupové vzdálenosti vsakovacích zařízení od budov a jejich hydroizolačních a drenážních systémů. Pro studny sloužící k zásobování pitnou vodou jsou minimální odstupové vzdálenosti určeny „na základě výstupů geologického průzkumu“ dané lokality [2]. Jelikož vsakováním vody může dojít ke krátkodobému zvýšení hladiny podzemní vody, je dále nutno prověřit, zda nedojde k ohrožení podzemních objektů vzlakem. Také je zakázáno umisťovat vsakovací zařízení do zásypu výkopů základů budov [2].

Na dopravních plochách je podle [2] doporučeno navrhovat propustné zpevněné povrchy. Jedná se například o dlažbu s pískovými spárami a ze zatravněvacích tvárníc na komunikacích pro pěší a cyklisty a na málo frekventovaných komunikacích v obytných zónách. Dále je vhodné zřizovat povrchová vsakovací zařízení podél PK (průlehy, příkopy) se dnem umístěným „minimálně 100 mm pod úrovní komunikací“ [2]. Také by se měla PK umisťovat výše než vedlejší plochy, do kterých je srážková voda z PK přiváděna vhodným sklonem. Vhodnými opatřeními by se mělo zabránit „přejíždění a parkování na povrchových vsakovacích zařízeních“ [2].

Přednostním řešením vsakování je „povrchové vsakování přes souvislou zatravněnou vrstvu“ s poměrem $A_{red}/A_{vsak} \leq 5$, případně v průlehu či v průlehu s rýhou s $5 < A_{red}/A_{vsak} \leq 15$, a to především kvůli čištění a podpoře evapotranspirace. U podzemního vsakování jsou upřednostňována liniová vsakovací zařízení, např. vsakovací rýhy, nebo plošná zařízení, např. podzemní prostory vyplněné šterkem, dále je uvažováno bodové vsakování, např. vsakovací šachta [30].

3.6.1 Dimenzování vsakovacího zařízení

Základními parametry k dimenzování vsakovacího zařízení jsou retenční objem V_{vz} a doba prázdnění T_{pr} . Pokud je odvodňovaná plocha větší než 3 ha, nebo je dimenzováno více za sebou řazených vsakovacích zařízení měl by být retenční objem určen na základě „dlouhodobé nestacionární simulace srážkoodtokového děje s využitím závazných, místně platných hydrologických podkladů“ [2]. Při velikosti odvodňované plochy do 3 ha jsou retenční objem a doba prázdnění vypočteny způsobem uvedeným v [2, 30, 37] bilancí přítoku a odtoku (Tab. 15). Návrhová periodičita se odvíjí od rizik při přeplnění vsakovacího zařízení (Tab. 14) [2, 30].

Tab. 14: Návrhová periodičita srážek pro dimenzování vsakovacích zařízení [2]

Riziko při přeplnění vsakovacího zařízení	Návrhová periodičita srážek p (rok ⁻¹)
<p>Při přetečení vsakovacího zařízení je možný odtok srážkové vody ze vsakovacího zařízení po povrchu terénu nebo přepadovým potrubím mimo budovy nebo podzemní dopravní zařízení.</p> <p>Při zpětném vzduťi v dešťové kanalizaci, která je zaústěna do vsakovacího zařízení, je možný odtok srážkové vody z dešťové kanalizace po povrchu terénu mimo budovy nebo podzemní dopravní zařízení.</p> <p>Prostory odvodněné do dešťové kanalizace nacházející se pod hladinou zpětného vzduťi jsou proti vniknutí vzduťé vody z dešťové kanalizace chráněny technickým opatřením podle ČSN EN 12056-4 a ČSN 75 6760.</p>	0,2
<p>Pokud není splněna některá z podmínek uvedených v předcházejícím řádku této tabulky, např. u vsakovacích zařízení, která slouží pouze pro odvodnění podzemních dopravních zařízení a/nebo vstupů do budov nacházejících se pod úrovní okolního terénu, a odvodňované prostory pod úrovní terénu nemohou být před vodou přetékající ze vsakovacího zařízení chráněny.</p>	0,1
<p>V případech, kdy je zpracován generel odvodnění nebo generel kanalizace zájmového území a obsahuje návrhovou periodičitu srážek.</p>	Hodnota podle generelu
<p>V souladu s hydraulickou spolehlivostí vybudované protipovodňové ochrany.</p>	Individuálně stanovená hodnota
<p>POZNÁMKA Zpětné vzduťi v dešťové kanalizaci zaústěné do vsakovacího zařízení vznikne při naplnění vsakovacího zařízení na větší objem, než je vypočtený retenční objem. Hladinou zpětného vzduťi je úroveň terénu v místě, kde může srážková voda ze vsakovacího zařízení a/nebo připojené dešťové kanalizace přetékat (úroveň poklopu s otvory, mříže na šachtě apod.).</p>	

Retenční objem V_{vz} (m³) je vypočten vzorcem:

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

kde

h_d ... návrhový úhrn srážek podle přílohy A normy ČSN 75 9010 nebo přesnějších místně platných hydrologických údajů s odpovídající dobou trvání t_c a danou periodičitou (mm),

A_{red} ... redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy (m²),

f ... součinitel bezpečnosti vsaku (-),

k_v ... koeficient vsaku (m/s),

A_{vsak} ... vsakovací plocha vsakovacího zařízení (m²),

A_{vz} ... plocha hladiny vsakovacího zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení), uvažuje se rovna A_{vsak} (m²),

t_c ... doba trvání srážky dané periodičity podle přílohy A normy ČSN 75 9010 nebo přesnějších místně platných hydrologických údajů (min) [2].

Návrhový V_{vz} vsakovacího zařízení je roven největšímu vypočtenému retenčnímu objemu z objemů stanovených pro návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5 min až 72 h [2].

Doba prázdnění vsakovacího zařízení vychází z poměru největšího vypočteného V_{vz} a vsakovaného odtoku Q_{vsak} , případně přípustného odtoku do povrchových vod Q_c , přičemž je doporučeno, aby prázdnění vsakovacího zařízení trvalo maximálně 72 h, prázdnění objektu s regulovaným odtokem maximálně 24 h [2, 30].

Výjimku tvoří pouze plošné vsakování bez retenčního objemu, které se navrhuje na patnáctiminutový déšť periodicity $0,2 \text{ rok}^{-1}$ [30].

Při srážkových úhrnech větších než návrhových zajišťuje odtok nadbytku vody bezpečnostní přeliv vsakovacího zařízení. Bezpečnostní přeliv může být navržen jako poklop s otvory, mříž, přeпад na povrchu, přeпадové potrubí do vodoteče či stokové sítě se zajištěním proti zpětnému vzduť [2].

Tab. 15: Hydrologická bilance mezi přítokem a odtokem do vsakovacích či retenčních objektů různých typů [30]

č.	Typ objektu	Přítok ¹⁾		Odtok ³⁾				
		Objem přivedené srážkové vody ²⁾	=	Vsakování	+	Retenční objem	+	Regulovaný odtok
1	Plošné vsakování bez retence	$i.(A_{red}+A_{vsak}).t/1000$	=	$3\ 600.Q_{vsak}.t$	+	0	+	0
2	Povrchová vsakovací zařízení s retencí	$i.(A_{red}+A_{vsak}).t/1000$	=	$3\ 600.Q_{vsak}.t$	+	$V^4)$	+	0
3	Povrchová vsakovací zařízení s retencí a odtokem	$i.(A_{red}+A_{vsak}).t/1000$	=	$3\ 600.Q_{vsak}.t$	+	$V^4)$	+	$3\ 600.Q_o.t$
4	Podzemní vsakovací zařízení s retencí	$i.A_{red}.t/1000$	=	$3\ 600.Q_{vsak}.t$	+	$V^{4.5)}$	+	0
5	Podzemní vsakovací zařízení s retencí a odtokem	$i.A_{red}.t/1000$	=	$3\ 600.Q_{vsak}.t$	+	$V^{4.5)}$	+	$3\ 600.Q_o.t$
6	Retenční objekty	$i.(A_{red}+A_{ret}).t/1000$	=	$0^6)$	+	$V^4)$	+	$3\ 600.Q_o.t$

i	Intenzita srážky, v mm/h
t	Doba trvání srážky, v h
A_{red}	Průmět redukované odvodňované plochy povodí, v m ²
A_{vsak}	Vsakovací plocha vsakovacího zařízení v m ² ; pokud se jedná o vsakovací objekt se sklonitými svahy, lze hodnotu A_{vsak} uvažovat jako střední hodnotu zatopené plochy objektu
A_{ret}	Plocha nadzemního retenčního objektu, v m ² ; pokud se jedná o retenční objekt se sklonitými svahy, lze hodnotu A_{ret} uvažovat jako střední zatopenou plochu objektu. V případě podzemního retenčního objektu se plocha neuvažuje.
Q_{vsak}	Vsakovaný odtok podle ČSN 75 9010, v m ³ /s
Q_o	Regulovaný odtok z retenčního prostoru do povrchových vod nebo do jednotné kanalizace, v m ³ /s. Platí $Q_o \leq Q_c$, kde Q_c je přípustný odtok podle 5.2, popřípadě podle 5.3
V	Retenční objem $V = A_{vsak} \cdot H$ resp. $V = A_{ret} \cdot H$, v m ³ , kde H je střední hloubka vody v m

- 1) Pokud se mezi odvodňovanou plochou a objektem HDV nachází další decentrální objekt s retenčním objemem, je nutné jeho objem odečíst na levé straně bilanční rovnice od objemu srážkové vody.
- 2) Výpočet objemu povrchového odtoku podle ČSN EN 752. Alternativně lze objem povrchového odtoku vypočítat podle ČSN 75 9010 na základě celkového úhrnu srážky s periodicitou p a dobou trvání t .
- 3) V hydrologické bilanci pro návrh vsakovacích a retenčních objektů a zařízení se neuvažuje evapotranspirace. Evapotranspiraci je nutno zohlednit při dlouhodobé hydrologické bilanci (např. roční).
- 4) Pro povodí, kde hraje roli doba dotoku t_d do retenčního zařízení, je vhodné ji při výpočtu retenčního objemu zohlednit (ČSN 75 6261).
- 5) Retenční objem podzemních vsakovacích zařízení vyplněných šterkem nebo prefabrikovanými bloky je dán objemem pórů nebo retenčního prostoru v blocích (viz ČSN 75 9010).
- 6) V hydrologické bilanci pro návrh retenčních objektů, které nejsou navrženy jako kombinované objekty se vsakovacím zařízením, se nezohledňuje případný průsak vody nádrží do horninového prostředí.

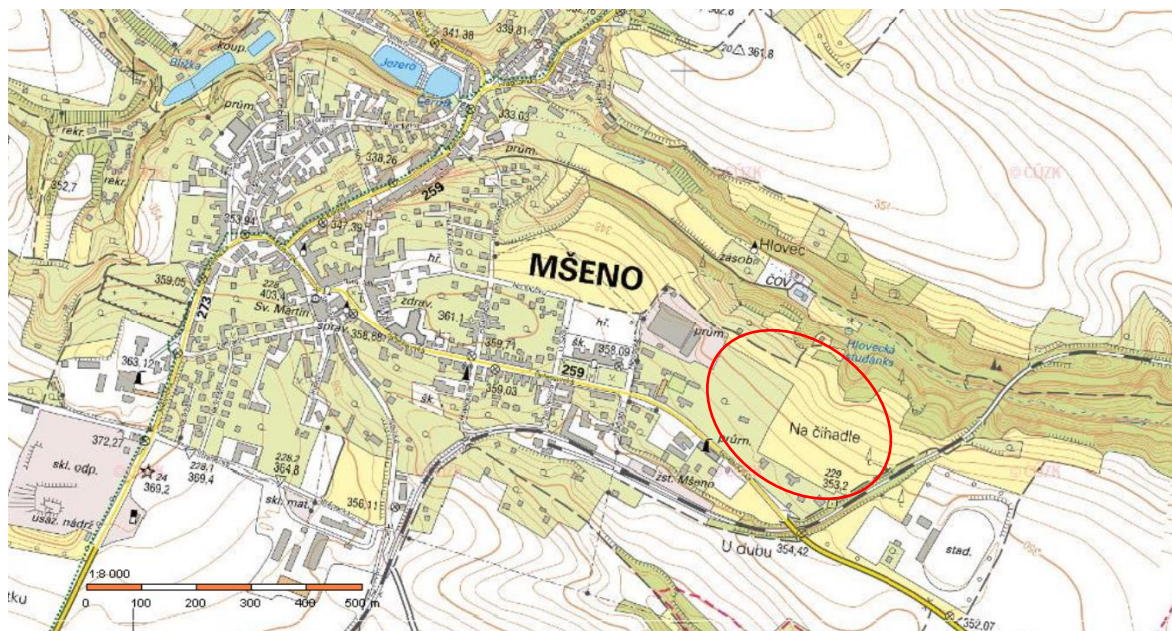
3.7 Provoz vsakovacího zařízení

Vlastník vsakovacího zařízení odpovídá „za provoz, údržbu a potřebnou obnovu všech částí vsakovacího zařízení“ po jeho výstavbě dle provozního řádu [2]. Jednotlivé činnosti údržby a intervaly jejich provádění jsou dány v [2, 30], případně návodem výrobce. Jedná se např. o kosení trávy, kontroly a čištění šachet, také odstraňování náletových dřevin [2].

4 Praktická část

4.1 Charakteristika lokality

Lokalita Mšeno – Na Čihadle se nachází ve Středočeském kraji (okres Mělník) ve východní části města Mšeno (Obr. 21).



Obr. 21: Umístění lokality [43]

4.1.1 Klima, hydrologie

Lokalita spadá do teplé klimatické oblasti T-2 dle Quitta (1971) [44, 45]. Průměrná roční teplota činí přibližně 8,5°C. Průměrný roční úhrn srážek za roky 1901-1950 činí 642 mm, průměrné měsíční úhrny jsou uvedeny v Tab. 16. Převládá bezvětří, případně severozápadní směr větru [44].

Tab. 16: Průměrné měsíční úhrny srážek (mm) za roky 1901-1950 [45]

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
srážkový úhrn (mm)	47	39	40	49	60	70	75	70	48	50	47	47

Lokalita patří do povodí Košáteckého potoka. Na tomto toku je instalován hlásný profil kategorie C. Nachází se v Košátkách na 13,90 ř. km. V Tab. 17 jsou uvedeny N-leté průtoky. Průměrný roční průtok je 0,375 m³/s. Extrémní ohrožení dle stupňů povodňové aktivity nastává při průtoku 20,9 m³/s, zatímco při průtoku 0,166 m³/s je vyhlášeno sucho.

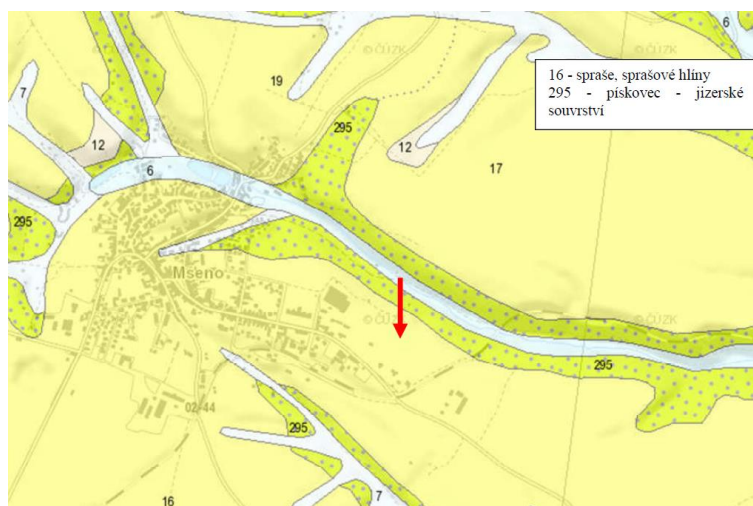
Plocha povodí je stanovena na 147,34 km² [46]. Košátecký potok slouží jako recipient Mšenské čistírny odpadních vod.

Tab. 17: N-leté průtoky Košáteckého potoka v profilu Košátky [46]

N-leté průtoky (m ³ /s)	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
	3,0	8,3	11,4	20,9	26

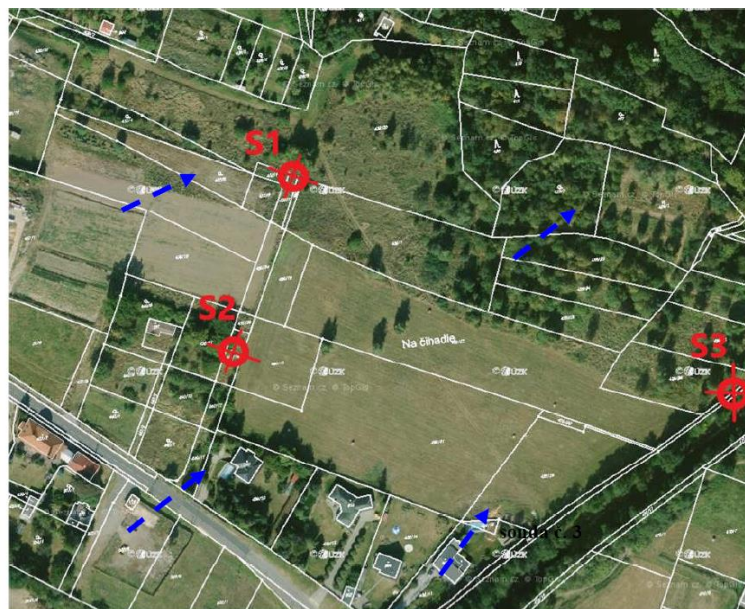
4.1.2 Geologie, hydrogeologie

Půdní horizont v lokalitě dosahuje hloubky 0,35 – 0,55 m, pod ním se nacházejí spraše a sprašové hlíny do hloubky 7 (7,4) m, hlouběji jsou uloženy zvětralé pískovce (Obr. 22). HPV je odhadována přibližně v hloubce 100-120 m. Sestup vsakované vody probíhá od terénu vertikálně [45].



Obr. 22: Výřez z Geologické mapy ČR 1:50 000, list 02-44 Štětí (ČGS) s vyznačením lokality [45]

V rámci geologického a hydrogeologického průzkumu lokality byly provedeny 3 kované sondy (Obr. 23, Obr. 24), z toho 2 do hloubky 2,5 m a 1 sonda do hloubky 2,6 m. Všechny 3 sondy byly suché, HPV nebyla naražena [45].



- ▼ směr proudění podzemní vody v přípovrchovém kolektoru
- kopaná průzkumná sonda s označením

Obr. 23: Situace lokality s vyznačenými průzkumnými sondami a směrem proudění podzemní vody [45]



Obr. 24: Kopaná sonda č. 1 (vlevo), č. 2 (uprostřed), č. 3 (vpravo) [45]

Koeficient nasycené hydraulické vodivosti byl stanoven pro 2 vzorky, přičemž 1 vzorek pocházel ze sondy č. 1 a 1 ze sondy č. 2, viz Tab. 18 [45].

Tab. 18: Koeficient nasycené hydraulické vodivosti lokality [45]

vzorek ze sondy	hloubka (m)	koeficient nasycené hydraulické vodivosti (m/s)	
		dle metody U. S. Bureau of Soil Classification (Ch. Mallet J. Pacquant)	dle metody podle Hazena
č. 1	0,40-0,60	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
č. 2	0,55-0,80	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$3,4 \cdot 10^{-7}$

Vsakovací zkouška pro stanovení koeficientu vsaku k_v horninového prostředí byla provedena v sondě č. 2 (2 x 0,5 x 2,5 m) dle ČSN 75 9010 metodou s proměnnou hladinou.

Byl pozorován pokles hladiny o 0,01 m za 1,75 h, tj. 6300 s [45], koeficient vsaku k_v je vypočten:

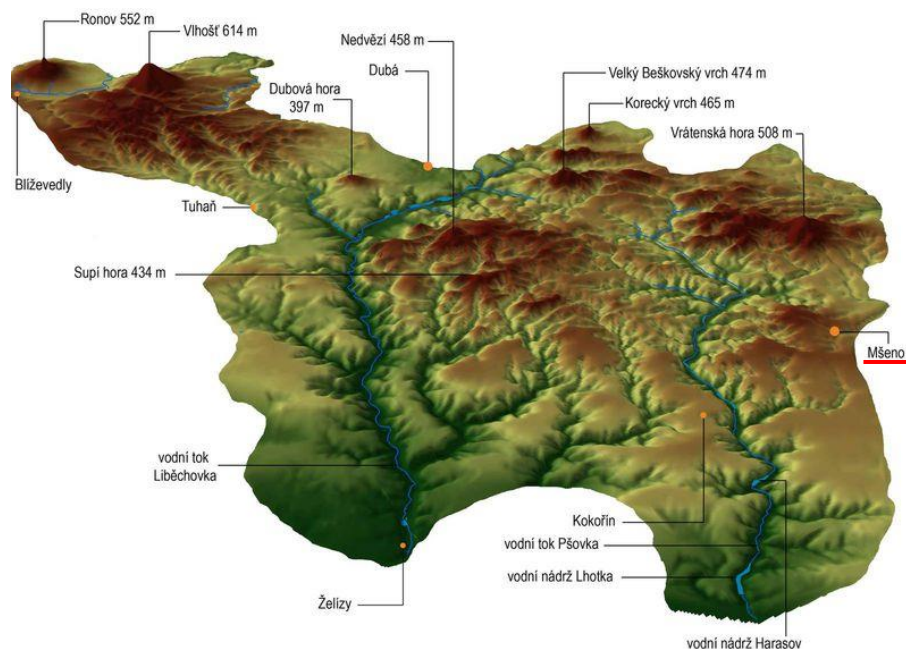
$$k_v = \frac{\text{pokles hladiny}}{\text{doba trvání vsakovací zkoušky}} = \frac{0,01}{6300} = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

Horninové prostředí v hloubce 0,5 – 7 (7,4) m tedy „jen velmi omezeně umožňuje“ vsakování a pro hydrotechnické výpočty je doporučeno výslednou hodnotu koeficientu vsaku k_v snížit na $1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s [45]. Zároveň je dle hydrogeologického průzkumu dovoleno vsakování srážkových vod za těchto podmínek:

- vsakování do spraší a sprašových hlín, které dosahují do hloubky 7 (7,4) m,
- mocnost vrstvy propustného zásypu minimálně 0,5 m,
- minimální vzdálenost vsakovacích zařízení 8 m k zabránění vzájemného ovlivňování a podmáčení terénu [45].

4.1.3 Vegetace

Zájmová lokalita Mšeno – Na Čihadle se nachází v blízkosti CHKO Kokořínsko – Máchův kraj a evropsky významné lokality Kokořínsko. V CHKO Kokořínsko (Obr. 25) se vyskytují především acidofilní bučiny, borové doubravy a dubohabrové háje [47]. U tekoucích vod se nacházejí olšiny, mokřady a mokřadní louky. Na pískovcových skalách rostou bory, případně reliktní bory, a vřesoviště. Na vápnitých pískovcích se vyskytují květnaté bučiny [47, 48]. Skály často porůstají také kapradinami, např. osladičem obecným a sleziníkem červeným. Mezi druhy, které tvoří tzv. pionýrská společenstva patří např. rozchodníky [47]. Invazními druhy jsou zde bolševník velkolepý, křídlatky, netýkavka žláznatá, zlatobýl obrovský, kolotočník ozdobný, javor jasanolistý, borovice vejmutovka aj. [49].



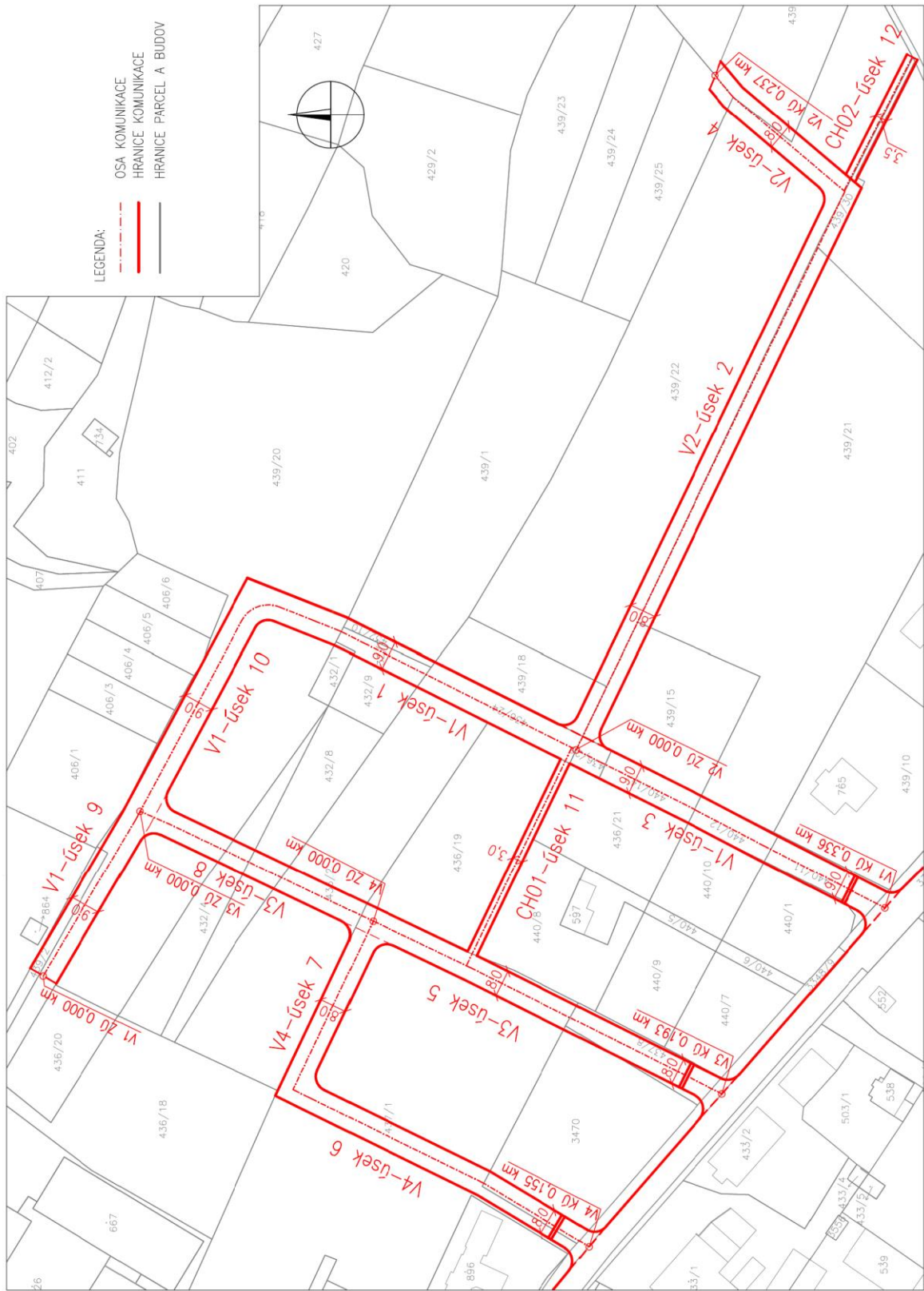
Obr. 25: Reliéf CHKO Kokořínsko [50]

4.1.4 Geodetické zaměření

Dne 15. 2., 15. 3. a 22. 3. 2019 byla lokalita zaměřena pomocí geodetické GPS stanice SOUTH S82-T GNSS a elektronické totální stanice SOUTH NTS 352 R. Na základě získaných dat v systémech S-JTSK a Bpv byl vytvořen 3D model terénu pro program AutoCAD Civil [51].

4.2 Navrhované místní komunikace

V lokalitě je navrhována obytná zóna s MK funkční podskupiny D1 (Obr. 26). Vjezd do obytné zóny je odsazen 10 m od hranice křižovatky s napojovací MK a je tvořen dlouhým zpomalovacím prahem širokým 3,5 m, čímž je umožněn nátok srážkových vod z prostoru odsazení do obytné zóny.



Obr. 26: Zákres navrhovaných MK, Mšeno – Na Čihadle

Uspořádání MK (Obr. 27) je uvažováno jednopruhé s obousměrným provozem. Šířka jízdního pruhu je 3,5 m, šířka parkovacího stání 2 m. Bezpečnostní odstup činí 0,5 m, jeho povrch může být zatravněn či vysypán štěrskem. Šířka pásu zeleně závisí na celkové šířce MK: pro MK šířky 8 m (větev 2, 3, 4) je pás zeleně široký 0,75 m, pro MK šířky 9 m (větev 1) je pás zeleně široký 1,25 m. Pro zklidnění dopravy slouží střídání 2 příčných uspořádání lišicích se v umístění jízdního pruhu a parkovacího pruhu, který je v přechodových částech uspořádání nahrazen zelení. Zpevněné plochy jízdního a parkovacího pruhu jsou tvořeny betonovou dlažbou. Povrch chodníků je upraven jako štěrková plocha.

Jednostranný příčný sklon je navrhován na úsecích 2, 7, 9, 10, 11 a 12, které vedou téměř souběžně s vrstevnicemi lokality. Kromě odvedení srážkových vod pomocí 1 žlabu umístěného na okraji zpevněné plochy, umožní jednostranný sklon i snadnější vjezd do individuálních garáží. Na úsecích 1, 3, 4, 5, 6 a 8, které vedou takřka kolmo na vrstevnice lokality, lze využít sklon střechovitý či sedlový. Pomocí střechovitého sklonu jsou srážkové vody rozděleny do 2 žlabů vedoucích podél zeleně, do níž by v případě přelítí žlabů došlo k částečnému rozlivu. Sedlový sklon přivádí vodu do 1 žlabu a v případě přelítí by byl nejprve zaplaven jízdní pruh či parkovací stání. Tento sklon by však mohl za extrémních srážek pomoci rychlému odvedení směsi vody a půdy smyté vodní erozí z výše položené zemědělské plochy, ačkoli s extravilánovými vodami má být nakládáno v extravilánu, a zároveň nesmějí natékat do opatření hospodaření s dešťovou vodou (HDV) [30]. Za vhodnější řešení tohoto problému je považováno vytvoření protierozních opatření v extravilánu, např. protierozních mezí a hrázek.

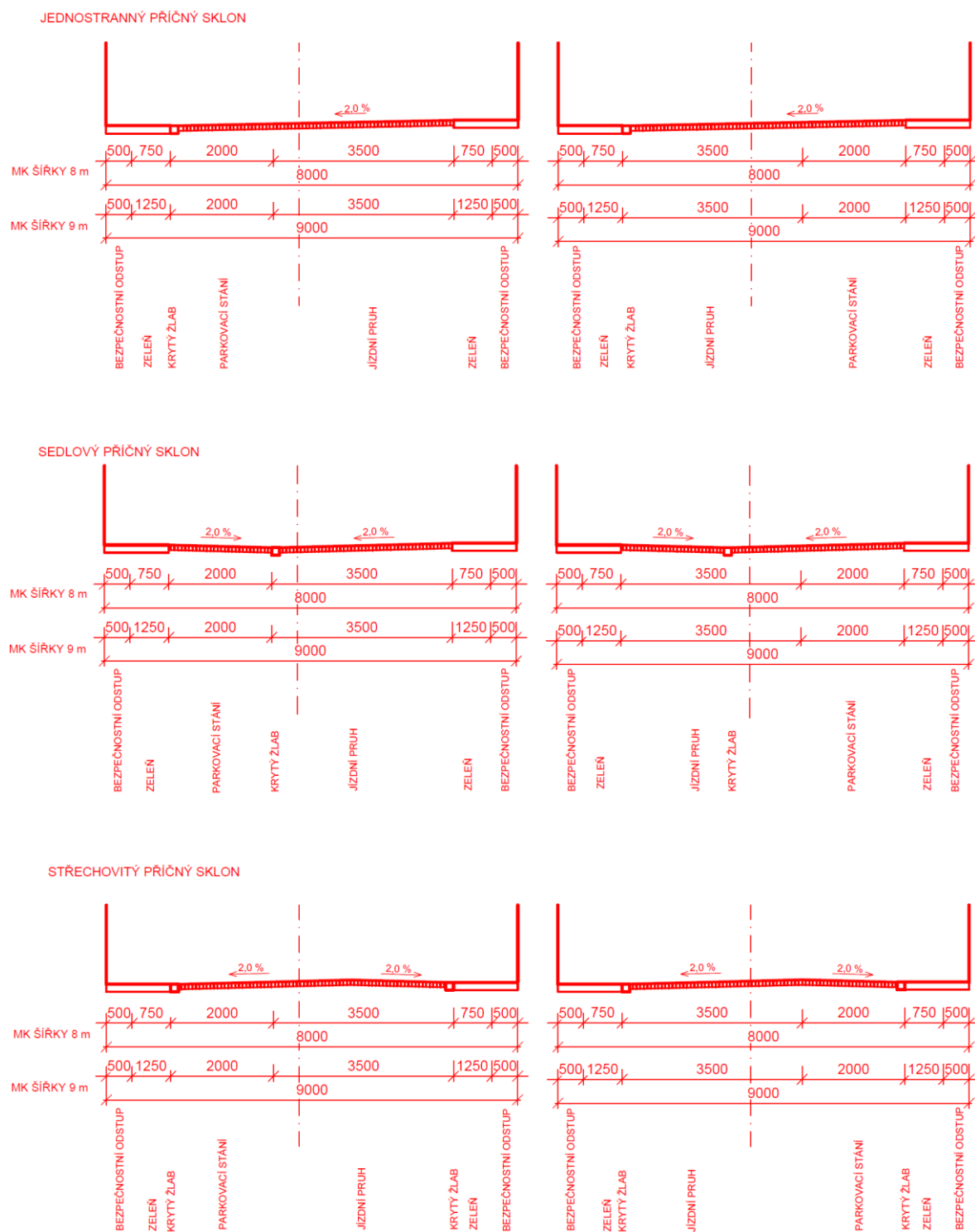
Podélné sklony vycházejí ze sklonových poměrů lokality, viz Příloha č. 1, č. 2, č. 3 a č. 4. Maximální navrhovaný podélný sklon činí 8,33 %.

Odhadovaná intenzita dopravy je stanovena pro celou obytnou zónu a pro některé její úseky součinem počtu předpokládaných parcel lokality, počtu vozidel na 1 parcelu a počtu jízd 1 vozidla za 24 h. Jsou uvažována 2 vozidla na 1 parcelu a 3 jízdy jednoho vozidla za 24 h [12].

Tab. 19: Intenzita dopravy obytné zóny a jejích částí

	obytná zóna	úsek 3 + úsek 1	úsek 9
počet parcel	39	18	4
intenzita dopravy (vozidel/24h)	234	108	24

Jelikož je odhadovaná intenzita dopravy nižší než 300 vozidel/24 h, viz Tab. 19, řadí se tato obytná zóna mezi málo frekventované MK a je předpokládáno tomu příslušné znečištění srážkové vody dle Tab. 7.



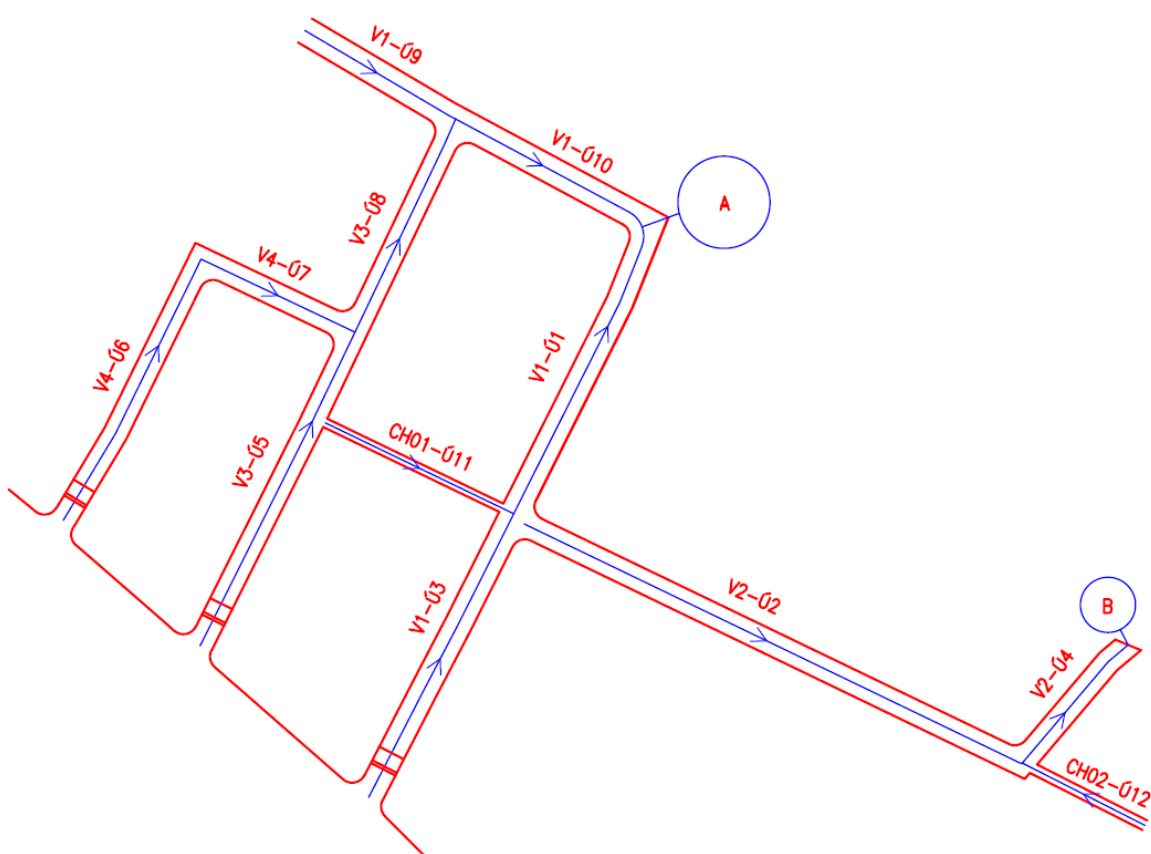
Obr. 27: Schémata příčného uspořádání komunikací pro jednostranný příčný sklon (nahore), sedlový příčný sklon (uprostřed), střežovitý příčný sklon (dole)

4.3 Odvodnění místních komunikací lokality

Vzhledem ke konfiguraci terénu lokality a navrhovanému příčnému uspořádání místních komunikací jsou k odvodnění místních komunikací navrhována liniová odvodňovací zařízení přivádějící srážkové vody do 2 hlavních zařízení, označených A a B (Obr. 28). Do zařízení A jsou přiváděny srážkové vody z úseků 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 a 11, do zařízení B z úseků 2, 4 a 12.

4.3.1 Návrh liniových odvodňovacích zařízení

Srážkové vody jsou do vsakovacích zařízení či retenčních nádrží přiváděny pomocí betonových krytých žlabů. Uvažován je 1 žlab na úsek komunikace. K jejich dimenzování je použit patnáctiminutový déšť periodicity 0,5 rok⁻¹, jehož intenzita určená pro stanici Mšeno je 146 l.s⁻¹.ha⁻¹ [52]. Výpočty jsou uvedeny v Tab. 20.



Obr. 28: Schématické vedení liniových odvodňovacích zařízení

Pozn.: význam značení: V1-Ú1 ... větev 1 úsek 1; CH02-Ú12 ... chodník 02 úsek 12; A ... zařízení A

Výpočet maximálního odtoku dešťových vod racionální metodou:

Dílčí součinitele odtoku Ψ_i jsou uvažovány dle Tab. 4, na úsecích 1 až 10 pro zpevněné pozemní komunikace, na úsecích 11 a 12 pro nezpevněné pozemní komunikace.

$$Q_{r,i} = \frac{A_i * \Psi_i * i}{1000} = \frac{A_{red,i} * i}{1000}$$

$$Q_{r,celk,1} = Q_{r,1} + Q_{r,celk,3} + Q_{r,celk,11}$$

$$Q_{r,celk,2} = Q_{r,2}$$

$$Q_{r,celk,3} = Q_{r,3}$$

$$Q_{r,celk,4} = Q_{r,4} + Q_{r,celk,2} + Q_{r,celk,12}$$

$$Q_{r,celk,5} = Q_{r,5}$$

$$Q_{r,celk,6} = Q_{r,6}$$

$$Q_{r,celk,7} = Q_{r,7} + Q_{r,celk,6}$$

$$Q_{r,celk,8} = Q_{r,8} + Q_{r,celk,7} + Q_{r,celk,5}$$

$$Q_{r,celk,9} = Q_{r,9}$$

$$Q_{r,celk,10} = Q_{r,10} + Q_{r,celk,8} + Q_{r,celk,9}$$

$$Q_{r,celk,11} = Q_{r,11}$$

$$Q_{r,celk,12} = Q_{r,12}$$

kde

A_i ... dílčí plocha s danou povrchovou úpravou (ha),

Ψ_i ... dílčí součinitel odtoku (-) dílčí plochy s danou úpravou povrchu pro daný průměrný sklon území $S_{území,i}$ (%),

A_{red} ... redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy (ha),

i ... intenzita směrdatného deště uvažované periodicity ($l.s^{-1}.ha^{-1}$),

$Q_{r,i}$... maximální odtok dešťových vod (m^3/s),

$Q_{r,celk,i}$... celkový maximální odtok dešťových vod (m^3/s).

Návrh rozměrů žlabů:

Hloubka vody ve žlabu h_i je stanovena iteračně pomocí rovnosti $Q_{r,celk,i}$ a $Q_{celk,i}$. Manningův drsnostní součinitel n je $0,014 s.m^{-1/3}$ [13].

$$S_i = b_i * h_i$$

$$O_i = b_i + 2 * h_i$$

$$R_i = \frac{S_i}{O_i}$$

$$v_i = \frac{Q_{r,celk,i}}{S_i}$$

$$C_i = \frac{R_i^{1/6}}{n}$$

$$Q_{celk,i} = S_i * C_i * \sqrt{R_i * S_{žlab,i}}$$

kde

b_i ... šířka žlabu (m),

h_i ... hloubka vody ve žlabu (m),

S_i ... průtočná plocha (m^2),

O_i ... omočený obvod (m),

R_i ... hydraulický poloměr (m),

- v_i ... průřezová rychlost ve žlabu (m/s),
 n ... Manningův součinitel drsnosti ($s \cdot m^{-1/3}$),
 C_i ... rychlostní součinitel ($m^{1/2} \cdot s^{-1}$),
 $S_{žlab,i}$... průměrný sklon dna žlabu (-),
 $Q_{celk,i}$... celkový průtok dešťových vod (m^3/s).

Stanovení doby dotoku:

$$t_{dotok,i} = \frac{l_i}{v_i * 60}$$

$$t_{dotok,celk,7} = t_{dotok,7} + t_{dotok,6}$$

$$t_{dotok,celk,8} = t_{dotok,8} + \max(t_{dotok,celk,7}; t_{dotok,5})$$

$$t_{dotok,celk,1} = t_{dotok,1} + \max(t_{dotok,3}; t_{dotok,11})$$

$$t_{dotok,celk,10} = t_{dotok,10} + \max(t_{dotok,celk,8}; t_{dotok,9})$$

$$t_{dotok,celk,4} = t_{dotok,4} + \max(t_{dotok,2}; t_{dotok,12})$$

kde

- l_i ... délka úseku (m),
 $t_{dotok,i}$... doba dotoku v daném úseku (min),
 $t_{dotok,celk,i}$... celková doba dotoku v daném úseku (min).

Tab. 20: Dimenzování betonových žlabů

číslo úseku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A_i (ha)	0,0944	0,1453	0,0954	0,0418	0,0938	0,0811	0,0424	0,0589	0,0514	0,0652	0,0192	0,0143
$S_{izem,i}$ (%)	7,5	2,0	4,4	5,3	4,5	3,9	4,6	8,3	0,5	1,8	2,0	0,4
Ψ_i (-)	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	0,6	0,5
A_{red} (ha)	0,0850	0,1162	0,0763	0,0376	0,0750	0,0649	0,0339	0,0530	0,0360	0,0522	0,0115	0,0072
$Q_{r,i}$ (m ³ /s)	0,0124	0,0170	0,0111	0,0055	0,0110	0,0095	0,0050	0,0077	0,0053	0,0076	0,0017	0,0010
$Q_{r,celk,i}$ (m ³ /s)	0,0252	0,0170	0,0111	0,0235	0,0110	0,0095	0,0144	0,0331	0,0053	0,0460	0,0017	0,0010
b_i (m)	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,200	0,150	0,150
h_i (m)	0,077	0,094	0,051	0,083	0,050	0,047	0,063	0,090	0,069	0,157	0,020	0,029
S_i (m ²)	0,0115	0,0140	0,0077	0,0125	0,0074	0,0071	0,0095	0,0135	0,0104	0,0313	0,0030	0,0044
v_i (m/s)	2,20	1,21	1,45	1,89	1,47	1,34	1,52	2,45	0,51	1,47	0,56	0,24
O_i (m)	0,303	0,337	0,253	0,316	0,249	0,244	0,277	0,330	0,288	0,513	0,190	0,208
R_i (m)	0,038	0,042	0,030	0,039	0,030	0,029	0,034	0,041	0,036	0,061	0,016	0,021
C_i (m ^{1/2} .s ⁻¹)	41,39	42,05	39,92	41,67	39,79	39,59	40,72	41,94	41,03	44,82	35,78	37,49
$S_{žlab,i}$ (-)	0,075	0,020	0,044	0,053	0,045	0,039	0,046	0,083	0,005	0,018	0,020	0,004
$Q_{celk,i}$ (m ³ /s)	0,0254	0,0169	0,0112	0,0237	0,0108	0,0095	0,0153	0,0332	0,0059	0,0463	0,0019	0,0015
l_i (m)	103	185	105	52	116	100	57	77	57	71	68	45
$t_{dotok,i}$ (min)	0,8	2,6	1,2	0,5	1,3	1,2	0,6	0,5	1,9	0,8	2,0	3,1
$t_{dotok,celk,i}$ (min)	2,8			3,6						2,7		

Na úsecích 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11 a 12 je navrhován betonový žlab 150 x 150 mm, v úseku 10 o rozměrech 200 x 200 mm.

4.3.2 Návrh variant

Jsou uvažovány 3 varianty řešení srážkových vod z místních komunikací:

- vsakování,
- vsakování s regulovaným odváděním srážkových vod do vodního toku,
- regulované odvádění srážkových vod do vodního toku.

S ohledem na upřednostňování výše uvedených variant, není varianta regulovaného odvádění srážkových vod do jednotné stokové sítě dále uvažována.

Navrhována jsou 2 zařízení (A, B) způsobem uvedeným v [2, 30, 37]. Do zařízení A přitékají srážkové vody z větví 1, 3, 4 a chodníku 01, do zařízení B z větve 2 a chodníku 02, viz Obr. 28. Vsakovací zařízení jsou typu průleh-rýha. U vsakování s regulovaným odváděním a u regulovaného odvádění je předpokládán regulovaný odtok do blízkého vodního toku, kterým je Košátecký potok.

K návrhu jsou použity úhrny srážek periodicity 0,2 rok⁻¹ pro stanici Mšeno uvedené v [2]. Dílčí součinitele odtoku Ψ_i jsou uvažovány dle Tab. 2 pro dlažby s pískovými spárami a upravené šterkové plochy. Průměrný sklon povrchu odvodňovaného území pro zařízení A činí 4,2 %, pro zařízení B 2,5 %. „Při stanovení retenčního objemu vsakovacího zařízení se neuvažuje výpar vody, protože je z hlediska uvažované doby prázdnění vsakovacího zařízení zanedbatelný“ [2].

Stanovení redukované plochy

$$\text{pro zařízení A: } A_{red} = \sum(A_i * \Psi_i) = 5826 * 0,6 + 192 * 0,4 = 3572,4 \text{ m}^2$$

$$\text{pro zařízení B: } A_{red} = \sum(A_i * \Psi_i) = 1871 * 0,6 + 143 * 0,4 = 1179,8 \text{ m}^2$$

kde

A_i ... dílčí plocha s danou povrchovou úpravou (m²),

Ψ_i ... dílčí součinitel odtoku dílčí plochy s danou úpravou povrchu (-),

A_{red} ... redukovány půdorysný průmět odvodňované plochy (m²).

Součinitel bezpečnosti vsaku f je zvolen 2, koeficient vsaku průlehu $k_{v,průleh}$ 5.10⁻⁵ m/s. Dle hydrogeologického průzkumu činí koeficient vsaku podloží $k_{v,podloží}$ 1.10⁻⁶ m/s [45]. Pórovitost materiálu rýhy (šterk) je uvažována 0,3 [2, 30]. Vsakovací plocha rýhy je předpokládána rovná vsakovací ploše průlehu. Jelikož je koeficient vsaku $k_{v,podloží} \leq 1.10^{-6}$ m/s, je pro vsakování doporučeno, aby $A_{vsak} \geq 0,2A_{red}$, tzn. $A_{red}/A_{vsak} \leq 5$ [37].

4.3.2.1 Vsakování

4.3.2.1.1 Vsakovací zařízení A

Retenční objemy jsou zjištěny bilancí přítoku srážkové vody do zařízení a vsakovaného odtoku, viz Tab. 21.

$$V_{průleh,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} * k_{v,průleh} * A_{vsak} * 60 \right) * t_c$$

$$V_{průleh,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (3572,4 + 720) - \frac{1}{2} * 5 * 10^{-5} * 720 * 60 \right) * t_c$$

$$V_{celk,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} * k_{v,podloží} * A_{vsak} * 60 \right) * t_c$$

$$V_{celk,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (3572,4 + 720) - \frac{1}{2} * 1 * 10^{-6} * 720 * 60 \right) * t_c$$

kde

$V_{průleh,i}$... retenční objem průlehu (m³),

$V_{celk,i}$... retenční objem celého zařízení (m³),

h_d ... úhrn srážek s danou dobou trvání t_c a periodicitou (mm),

t_c ... doba trvání srážky dané periodicity (min),

A_{vsak} ... vsakovací plocha průlehu (m²),

A_{vz} ... plocha hladiny vsakovacího zařízení, uvažuje se rovna A_{vsak} (m²),

f ... součinitel bezpečnosti vsaku (-),

$k_{v,průleh}$... koeficient vsaku průlehu (m/s),

$k_{v,podloží}$... koeficient vsaku podloží (m/s).

Tab. 21: Retenční objemy průlehu a celkové retenční objemy vsakovacího zařízení A

t_c (min)	h_d (mm)	$V_{průleh,i}$ (m ³)	$V_{celk,i}$ (m ³)
5	10,9	41,39	46,68
10	14,9	53,16	63,74
15	17,4	58,49	74,36
20	19,1	60,38	81,55
30	21,4	59,46	91,21
40	23,2	56,38	98,72
60	25,6	45,09	108,59
120	29,7	-2,12	124,89
240	33,8	-114,12	139,90
360	36,3	-232,99	148,04
480	38,0	-355,29	152,74
600	39,0	-480,60	154,44
720	39,6	-607,62	154,43
1080	41,4	-988,69	154,38

t_c (min)	h_d (mm)	$V_{průleh,i}$ (m ³)	$V_{celk,i}$ (m ³)
1440	42,2	-1374,06	150,04
2880	52,3	-2885,91	162,28
4320	56,4	-4423,51	148,78

$$V_{průleh,návrh} = \max(V_{průleh,i}) = 60,38 \text{ m}^3$$

$$h_{průleh} = \frac{V_{průleh,návrh}}{A_{vsak}} = \frac{60,38}{720} = 0,08 \text{ m} < 0,3 \text{ m}$$

$$V_{celk,návrh} = \max(V_{celk,i}) = 162,28 \text{ m}^3$$

$$V_{rýha,návrh} = V_{celk,návrh} - V_{průleh,návrh} = 162,28 - 60,38 = 101,90 \text{ m}^3$$

kde

$V_{průleh,návrh}$... návrhový retenční objem průlehu (m³),

$h_{průleh}$... hloubka vody v průlehu (m),

$V_{celk,návrh}$... návrhový retenční objem celého zařízení (m³),

$V_{rýha,návrh}$... návrhový retenční objem rýhy (m³).

Objem rýhy:

V [45] je pro lokalitu stanovena minimální mocnost propustného zásypu (štěrk) ve vsakovacích zařízeních 0,5 m.

$$W_{rýha} = \frac{V_{rýha,návrh}}{m} = \frac{101,90}{0,3} = 339,67 \text{ m}^3$$

$$h_{rýha} = \frac{W_{rýha}}{A_{vsak}} = \frac{339,67}{720} = 0,47 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

kde

$W_{rýha}$... objem rýhy (m³),

m ... pórovitost materiálu rýhy (-),

$h_{rýha}$... výška rýhy (m).

Doba prázdnění zařízení:

Doporučená maximální doba prázdnění je 72 h [2].

$$T_{pr,celk} = \frac{V_{celk,návrh}}{\frac{1}{f} * k_v, \text{podloží} * A_{vsak} * 60 * 60} = \frac{162,28}{\frac{1}{2} * 1 * 10^{-6} * 720 * 60 * 60}$$

$$T_{pr,celk} = 125,2 \text{ h} > 72 \text{ h}$$

kde

$T_{pr,celk}$... celková doba prázdnění zařízení (h).

Je navrhováno vsakovací zařízení A typu průleh-rýha o vsakovací ploše 720 m², hloubce průlehu 0,1 m a výšce rýhy 0,5 m. Poměr A_{red}/A_{vsak} je 5.

4.3.2.1.2 Vsakovací zařízení B

Retenční objemy jsou zjištěny bilancí přítoku vody do zařízení a vsakovaného odtoku, viz Tab. 22.

$$V_{průleh,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} * k_{v,průleh} * A_{vsak} * 60 \right) * t_c$$

$$V_{průleh,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (1179,8 + 240) - \frac{1}{2} * 5 * 10^{-5} * 240 * 60 \right) * t_c$$

$$V_{celk,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} * k_{v,podloží} * A_{vsak} * 60 \right) * t_c$$

$$V_{celk,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (1179,8 + 240) - \frac{1}{2} * 1 * 10^{-6} * 240 * 60 \right) * t_c$$

kde

$V_{průleh,i}$... retenční objem průlehu (m³),

$V_{celk,i}$... retenční objem celého zařízení (m³),

h_d ... úhrn srážek s danou dobou trvání t_c a periodicitou (mm),

t_c ... doba trvání srážky dané periodicity (min),

A_{vsak} ... vsakovací plocha průlehu (m²),

A_{vz} ... plocha hladiny vsakovacího zařízení, uvažuje se rovna A_{vsak} (m²),

f ... součinitel bezpečnosti vsaku (-),

$k_{v,průleh}$... koeficient vsaku průlehu (m/s),

$k_{v,podloží}$... koeficient vsaku podloží (m/s).

Tab. 22: Retenční objemy průlehu a celkové retenční objemy vsakovacího zařízení B

t_c (min)	h_d (mm)	$V_{průleh,i}$ (m ³)	$V_{celk,i}$ (m ³)
5	10,9	13,68	15,44
10	14,9	17,56	21,08
15	17,4	19,30	24,60
20	19,1	19,92	26,97
30	21,4	19,58	30,17
40	23,2	18,54	32,65
60	25,6	14,75	35,91
120	29,7	-1,03	41,30
240	33,8	-38,41	46,26

t_c (min)	h_d (mm)	$V_{průleh,i}$ (m ³)	$V_{celk,i}$ (m ³)
360	36,3	-78,06	48,95
480	38,0	-118,85	50,50
600	39,0	-160,63	51,05
720	39,6	-202,98	51,04
1080	41,4	-330,02	51,00
1440	42,2	-458,48	49,55
2880	52,3	-962,54	53,52
4320	56,4	-1475,12	48,97

$$V_{průleh,návrh} = \max(V_{průleh,i}) = 19,92 \text{ m}^3$$

$$h_{průleh} = \frac{V_{průleh,návrh}}{A_{vsak}} = \frac{19,92}{240} = 0,08 \text{ m} < 0,3 \text{ m}$$

$$V_{celk,návrh} = \max(V_{celk,i}) = 53,52 \text{ m}^3$$

$$V_{rýha,návrh} = V_{celk,návrh} - V_{průleh,návrh} = 53,52 - 19,92 = 33,60 \text{ m}^3$$

kde

$V_{průleh,návrh}$... návrhový retenční objem průlehu (m³),

$h_{průleh}$... hloubka vody v průlehu (m),

$V_{celk,návrh}$... návrhový retenční objem celého zařízení (m³),

$V_{rýha,návrh}$... návrhový retenční objem rýhy (m³).

Objem rýhy:

V [45] je pro lokalitu stanovena minimální mocnost propustného zásypu (štěrk) ve vsakovacích zařízeních 0,5 m.

$$W_{rýha} = \frac{V_{rýha,návrh}}{m} = \frac{33,60}{0,3} = 112,00 \text{ m}^3$$

$$h_{rýha} = \frac{W_{rýha}}{A_{vsak}} = \frac{112,00}{240} = 0,47 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

kde

$W_{rýha}$... objem rýhy (m³),

m ... pórovitost materiálu rýhy (-),

$h_{rýha}$... výška rýhy (m).

Doba prázdnění zařízení:

Doporučená maximální doba prázdnění je 72 h [2].

$$T_{pr,celk} = \frac{V_{celk,návrh}}{\frac{1}{f} * k_{v,podloží} * A_{vsak} * 60 * 60} = \frac{53,52}{\frac{1}{2} * 1 * 10^{-6} * 240 * 60 * 60}$$

$$T_{pr,celk} = 123,9 \text{ h} > 72 \text{ h}$$

kde

$T_{pr,celk}$... celková doba prázdnění zařízení (h).

Je navrhováno vsakovací zařízení B typu průleh-rýha o vsakovací ploše 240 m², hloubce průlehu 0,1 m, výšce rýhy 0,5 m. Poměr A_{red}/A_{vsak} je 5.

4.3.2.2 Vsakování s regulovaným odváděním srážkových vod do vodního toku

4.3.2.2.1 Vsakovací zařízení A s regulovaným odváděním

Regulovaný odtok:

Maximální specifický odtok je 3 l.s⁻¹.ha⁻¹. Regulovaný odtok ze zařízení by měl být větší či roven 0,5 l/s [30].

$$Q_{reg} = \frac{q}{1000} * \frac{\sum A_i}{10\ 000} = \frac{3}{1000} * \frac{(5826 + 192)}{10\ 000} = 0,0018 \text{ m}^3/\text{s} > 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

kde

Q_{reg} ... regulovaný odtok (m³/s),

q ... maximální specifický odtok (l.s⁻¹.ha⁻¹).

Retenční objemy jsou zjištěny bilancí přítoku srážkové vody do zařízení a vsakovaného a regulovaného odtoku, viz Tab. 23.

$$V_{pr\u00fchleh,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} * k_{v,pr\u00fchleh} * A_{vsak} * 60 \right) * t_c$$

$$V_{pr\u00fchleh,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (3572,4 + 260) - \frac{1}{2} * 5 * 10^{-5} * 260 * 60 \right) * t_c$$

$$V_{celk,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} * k_{v,podlo\u017d\u00ed} * A_{vsak} * 60 - Q_{reg} * 60 \right) * t_c$$

$$V_{celk,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (3572,4 + 260) - \frac{1}{2} * 1 * 10^{-6} * 260 * 60 - 0,0018 * 60 \right) * t_c$$

kde

$V_{pr\u00fchleh,i}$... retenční objem průlehu (m³),

$V_{celk,i}$... retenční objem celého zařízení (m³),

h_d ... úhrn srážek s danou dobou trvání t_c a periodicitou (mm),

t_c ... doba trvání srážky dané periodicity (min),

A_{vsak} ... vsakovací plocha průlehu (m²),

A_{vz} ... plocha hladiny vsakovacího zařízení, uvažuje se rovna A_{vsak} (m^2),

f ... součinitel bezpečnosti vsaku (-),

$k_{v,průleh}$... koeficient vsaku průlehu (m/s),

$k_{v,podloží}$... koeficient vsaku podloží (m/s).

Tab. 23: Retenční objemy průlehu a celkové retenční objemy zařízení A

t_c (min)	h_d (mm)	$V_{průleh,i}$ (m^3)	$V_{celk,i}$ (m^3)
5	10,9	39,82	41,19
10	14,9	53,20	55,94
15	17,4	60,83	64,94
20	19,1	65,40	70,88
30	21,4	70,31	78,53
40	23,2	73,31	84,27
60	25,6	74,71	91,14
120	29,7	67,02	99,89
240	33,8	35,94	101,67
360	36,3	-1,28	97,31
480	38,0	-41,57	89,89
600	39,0	-84,54	79,79
720	39,6	-129,04	68,15
1080	41,4	-262,54	33,25
1440	42,2	-399,87	-5,49
2880	52,3	-922,77	-134,00
4320	56,4	-1468,65	-285,51

$$V_{průleh,návrh} = \max(V_{průleh,i}) = 74,71 \text{ m}^3$$

$$h_{průleh} = \frac{V_{průleh,návrh}}{A_{vsak}} = \frac{74,71}{260} = 0,29 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$$

$$V_{celk,návrh} = \max(V_{celk,i}) = 101,67 \text{ m}^3$$

$$V_{rýha,návrh} = V_{celk,návrh} - V_{průleh,návrh} = 101,67 - 74,71 = 26,96 \text{ m}^3$$

kde

$V_{průleh,návrh}$... návrhový retenční objem průlehu (m^3),

$h_{průleh}$... hloubka vody v průlehu (m),

$V_{celk,návrh}$... návrhový retenční objem celého zařízení (m^3),

$V_{rýha,návrh}$... návrhový retenční objem rýhy (m^3).

Objem rýhy:

V [45] je pro lokalitu stanovena minimální mocnost propustného zásypu (štěrk) ve vsakovacích zařízeních 0,5 m.

$$W_{\text{štěrka}} = \frac{V_{\text{rýha,návrh}}}{m} = \frac{26,96}{0,3} = 89,85 \text{ m}^3$$

$$h_{\text{štěrka}} = \frac{W_{\text{štěrka}}}{A_{\text{vsak}}} = \frac{89,85}{260} = 0,35 \text{ m} < 0,5 \text{ m}$$

kde

$W_{\text{štěrka}}$... objem štěrku v rýze (m^3),

m ... pórovitost materiálu rýhy (-),

$h_{\text{štěrka}}$... výška vrstvy štěrku rýhy (m).

Doba prázdnění zařízení:

Doporučená maximální doba prázdnění je 24 h [30].

$$T_{pr,celk} = \frac{V_{\text{celk,návrh}}}{\left(\frac{1}{f} * k_{v,podloží} * A_{\text{vsak}} + Q_{\text{reg}}\right) * 60 * 60}$$

$$T_{pr,celk} = \frac{101,67}{\left(\frac{1}{2} * 1 * 10^{-6} * 260 + 0,0018\right) * 60 * 60} = 14,6 \text{ h} < 24 \text{ h}$$

kde

$T_{pr,celk}$... celková doba prázdnění zařízení (h).

Je navrhováno vsakovací zařízení A typu průleh-rýha s regulovaným odváděním vody o vsakovací ploše 260 m^2 , hloubce průlehu $0,3 \text{ m}$, výšce rýhy $0,5 \text{ m}$. Poměr $A_{\text{red}}/A_{\text{vsak}}$ je 14.

4.3.2.2.2 Vsakovací zařízení B s regulovaným odváděním

Regulovaný odtok:

Maximální specifický odtok je $3 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$. Regulovaný odtok ze zařízení by měl být větší či roven $0,5 \text{ l/s}$ [30].

$$Q_{\text{reg}} = \frac{q}{1000} * \frac{\sum A_i}{10\ 000} = \frac{3}{1000} * \frac{(1871 + 143)}{10\ 000} = 0,0006 \text{ m}^3/\text{s} > 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

kde

Q_{reg} ... regulovaný odtok (m^3/s),

q ... maximální specifický odtok ($\text{l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$).

Retenční objemy jsou zjištěny bilancí přítoku srážkové vody do zařízení a vsakovaného a regulovaného odtoku, viz Tab. 24.

$$V_{průleh,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} * k_{v,průleh} * A_{vsak} * 60 \right) * t_c$$

$$V_{průleh,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (1179,8 + 90) - \frac{1}{2} * 5 * 10^{-5} * 90 * 60 \right) * t_c$$

$$V_{celk,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} * k_{v,podloží} * A_{vsak} * 60 - Q_{reg} * 60 \right) * t_c$$

$$V_{celk,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (1179,8 + 90) - \frac{1}{2} * 1 * 10^{-6} * 90 * 60 - 0,0006 * 60 \right) * t_c$$

kde

$V_{průleh,i}$... retenční objem průlehu (m^3),

$V_{celk,i}$... retenční objem celého zařízení (m^3),

h_d ... úhrn srážek s danou dobou trvání t_c a periodicitou (mm),

t_c ... doba trvání srážky dané periodicity (min),

A_{vsak} ... vsakovací plocha průlehu (m^2),

A_{vz} ... plocha hladiny vsakovacího zařízení, uvažuje se rovna A_{vsak} (m^2),

f ... součinitel bezpečnosti vsaku (-),

$k_{v,průleh}$... koeficient vsaku průlehu (m/s),

$k_{v,podloží}$... koeficient vsaku podloží (m/s).

Tab. 24: Retenční objemy průlehu a celkové retenční objemy zařízení B

t_c (min)	h_d (mm)	$V_{průleh,i}$ (m^3)	$V_{celk,i}$ (m^3)
5	10,9	13,17	13,65
10	14,9	17,57	18,53
15	17,4	20,07	21,51
20	19,1	21,55	23,47
30	21,4	23,12	26,01
40	23,2	24,06	27,90
60	25,6	24,41	30,17
120	29,7	21,51	33,04
240	33,8	10,52	33,57
360	36,3	-2,51	32,07
480	38,0	-16,55	29,56
600	39,0	-31,48	26,15
720	39,6	-46,92	22,24
1080	41,4	-93,23	10,50
1440	42,2	-140,81	-2,51
2880	52,3	-322,39	-45,77
4320	56,4	-511,58	-96,66

$$V_{průleh,návrh} = \max(V_{průleh,i}) = 24,41 m^3$$

$$h_{pr\ddot{u}leh} = \frac{V_{pr\ddot{u}leh,n\ddot{a}vrh}}{A_{vsak}} = \frac{24,41}{90} = 0,27 \text{ m} \leq 0,3 \text{ m}$$

$$V_{celk,n\ddot{a}vrh} = \max(V_{celk,i}) = 33,57 \text{ m}^3$$

$$V_{r\ddot{y}ha,n\ddot{a}vrh} = V_{celk,n\ddot{a}vrh} - V_{pr\ddot{u}leh,n\ddot{a}vrh} = 33,57 - 24,41 = 9,16 \text{ m}^3$$

kde

$V_{pr\ddot{u}leh,n\ddot{a}vrh}$... n\ddot{a}vrhový retenční objem průlehu (m^3),

$h_{pr\ddot{u}leh}$... hloubka vody v průlehu (m),

$V_{celk,n\ddot{a}vrh}$... n\ddot{a}vrhový retenční objem celého zařízení (m^3),

$V_{r\ddot{y}ha,n\ddot{a}vrh}$... n\ddot{a}vrhový retenční objem rýhy (m^3).

Objem rýhy:

V [45] je pro lokalitu stanovena minimální mocnost propustného zásypu (štěrk) ve vsakovacích zařízeních 0,5 m.

$$W_{\ddot{s}t\ddot{e}rk} = \frac{V_{r\ddot{y}ha,n\ddot{a}vrh}}{m} = \frac{9,16}{0,3} = 30,55 \text{ m}^3$$

$$h_{\ddot{s}t\ddot{e}rk} = \frac{W_{\ddot{s}t\ddot{e}rk}}{A_{vsak}} = \frac{30,55}{90} = 0,34 \text{ m} < 0,5 \text{ m}$$

kde

$W_{\ddot{s}t\ddot{e}rk}$... objem štěrku v rýze (m^3),

m ... pórovitost materiálu rýhy (-),

$h_{\ddot{s}t\ddot{e}rk}$... výška vrstvy štěrku rýhy (m).

Doba prázdnění zařízení:

Doporučená maximální doba prázdnění je 24 h [30].

$$T_{pr,celk} = \frac{V_{celk,n\ddot{a}vrh}}{\left(\frac{1}{f} * k_{v,podloží} * A_{vsak} + Q_{reg}\right) * 60 * 60}$$

$$T_{pr,celk} = \frac{33,57}{\left(\frac{1}{2} * 1 * 10^{-6} * 90 + 0,0006\right) * 60 * 60} = 14,5 \text{ h} < 24 \text{ h}$$

kde

$T_{pr,celk}$... celková doba prázdnění zařízení (h).

Je navrhováno vsakovací zařízení B typu průleh-rýha s regulovaným odváděním vody o vsakovací ploše 90 m^2 , hloubce průlehu 0,3 m, výšce rýhy 0,5 m. Poměr A_{red}/A_{vsak} je 13.

4.3.2.3 Regulované odvádění srážkových vod do vodního toku

4.3.2.3.1 Retenční nádrž A

Regulovaný odtok:

Maximální specifický odtok je $3 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$. Regulovaný odtok ze zařízení by měl být větší či roven $0,5 \text{ l/s}$ [30].

$$Q_{reg} = \frac{q}{1000} * \frac{\sum A_i}{10\,000} = \frac{3}{1000} * \frac{(5826 + 192)}{10\,000} = 0,0018 \text{ m}^3/\text{s} > 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

kde

Q_{reg} ... regulovaný odtok (m^3/s),

q ... maximální specifický odtok ($\text{l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Retenční objemy jsou zjištěny bilancí přítoku srážkové vody do zařízení a regulovaného odtoku, viz Tab. 25.

$$V_{nádrž,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (A_{red} + A_{nádrž}) - Q_{reg} * 60 \right) * t_c$$

$$V_{nádrž,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (3572,4 + 50) - 0,0018 * 60 \right) * t_c$$

kde

$V_{nádrž,i}$... retenční objem nádrže (m^3),

h_d ... úhrn srážek s danou dobou trvání t_c a periodicitou (mm),

t_c ... doba trvání srážky dané periodicity (min),

$A_{nádrž}$... půdorysná plocha nádrže (m^2).

Tab. 25: Retenční objemy nádrže A

t_c (min)	h_d (mm)	$V_{nádrž,i}$ (m^3)
5	10,9	38,94
10	14,9	52,89
15	17,4	61,40
20	19,1	67,02
30	21,4	74,27
40	23,2	79,71
60	25,6	86,23
120	29,7	94,59
240	33,8	96,44
360	36,3	92,50
480	38,0	85,66
600	39,0	76,28
720	39,6	65,45
1080	41,4	32,98

t_c (min)	h_d (mm)	$V_{nádrž,i}$ (m ³)
1440	42,2	-3,12
2880	52,3	-122,52
4320	56,4	-263,66

$$V_{nádrž,návrh} = \max(V_{nádrž,i}) = 96,44 \text{ m}^3$$

$$h_{nádrž} = \frac{V_{nádrž,návrh}}{A_{nádrž}} = \frac{96,44}{50} = 1,9 \text{ m}$$

$$T_{pr,nádrž} = \frac{V_{nádrž,návrh}}{Q_{reg} * 60 * 60} = \frac{96,44}{0,0018 * 60 * 60} = 14,8 \text{ h}$$

kde

$V_{nádrž,návrh}$... návrhový retenční objem nádrže (m³),

$h_{nádrž}$... hloubka vody v nádrži (m),

$T_{pr,nádrž}$... doba prázdnění retenční nádrže (h).

Je navrhována retenční nádrž A o ploše 50 m² a hloubce 2 m.

4.3.2.3.2 Retenční nádrž B

Regulovaný odtok:

Maximální specifický odtok je 3 l.s⁻¹.ha⁻¹. Regulovaný odtok ze zařízení by měl být větší či roven 0,5 l/s [30].

$$Q_{reg} = \frac{q}{1000} * \frac{\sum A_i}{10\ 000} = \frac{3}{1000} * \frac{(1871 + 143)}{10\ 000} = 0,0006 \text{ m}^3/\text{s} > 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

kde

Q_{reg} ... regulovaný odtok (m³/s),

q ... maximální specifický odtok (l.s⁻¹.ha⁻¹).

Retenční objemy jsou zjištěny bilancí přítoku srážkové vody do zařízení a regulovaného odtoku, viz Tab. 26.

$$V_{nádrž,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (A_{red} + A_{nádrž}) - Q_{reg} * 60 \right) * t_c$$

$$V_{nádrž,i} = \left(\frac{h_d}{t_c * 1000} * (1179,8 + 17) - 0,0006 * 60 \right) * t_c$$

kde

$V_{nádrž,i}$... retenční objem nádrže (m³),

h_d ... úhrn srážek s danou dobou trvání t_c a periodicitou (mm),

t_c ... doba trvání srážky dané periodicity (min),

A_{nadrz} ... půdorysná plocha nádrže (m^2).

Tab. 26: Retenční objemy nádrže B

t_c (min)	h_d (mm)	$V_{nadrz,i}$ (m^3)
5	10,9	12,86
10	14,9	17,47
15	17,4	20,28
20	19,1	22,13
30	21,4	24,52
40	23,2	26,32
60	25,6	28,46
120	29,7	31,19
240	33,8	31,75
360	36,3	30,39
480	38,0	28,08
600	39,0	24,92
720	39,6	21,29
1080	41,4	10,40
1440	42,2	-1,70
2880	52,3	-41,81
4320	56,4	-89,11

$$V_{nadrz,navrh} = \max(V_{nadrz,i}) = 31,75 \text{ m}^3$$

$$h_{nadrz} = \frac{V_{nadrz,navrh}}{A_{nadrz}} = \frac{31,75}{17} = 1,9 \text{ m}$$

$$T_{pr,nadrz} = \frac{V_{nadrz,navrh}}{Q_{reg} * 60 * 60} = \frac{31,75}{0,0006 * 60 * 60} = 14,6 \text{ h}$$

kde

$V_{nadrz,navrh}$... návrhový retenční objem nádrže (m^3),

h_{nadrz} ... hloubka vody v nádrži (m),

$T_{pr,nadrz}$... doba prázdnění retenční nádrže (h).

Je navrhována retenční nádrž B o ploše 17 m^2 a hloubce 2 m.

5 Závěr

V bakalářské práci byla provedena rešerše variant odvodnění místních komunikací, na jejímž základě byly navrženy varianty odvodnění obytné zóny konkrétní lokality.

K rešerši byly použity především příslušné zákony, dopravní a vodohospodářské normy a technické podmínky. V některých případech byl zjištěn odlišný přístup k odvodnění místních komunikací. V literatuře se zaměřením na dopravní stavby lze vyzorovat preferenci rychlého odvedení srážkových vod z důvodu zachování bezpečnosti provozu, zatímco ve vodohospodářské literatuře se projevuje snaha o snížení a zpomalení povrchového odtoku. Rozdílný pohled je patrný například na protichůdných doporučeních týkajících se použití zatravnovacích tvárnic a dlažby se širokými pískovými spárami. Zatímco dle [9] není doporučeno jejich použití v obytných zónách vzhledem k bezpečnosti cyklistů a pěších, v [2] jsou na komunikacích pro pěší a cyklisty a na málo frekventovaných komunikacích v obytných zónách doporučeny jako příklad propustného zpevněného povrchu.

Jelikož je návrh místních komunikací a jejich odvodnění multidisciplinární úlohou, dochází i k interakci názvosloví několika oborů. S tím také souvisí nejednotné dělení srážkových vod dle znečištění uvedené v [13] zaměřené na odvádění vod stokovou sítí a v [2] zabývající se vsakováním. Dále lze uvést např. termín vsakovací příkop, který je v [2] uváděn spolu se vsakovacími nádržemi, zatímco v [30] není tento typ zařízení zmíněn.

V praktické části byly vypočteny 3 varianty řešení srážkových vod z místních komunikací obytné zóny v lokalitě Mšeno – Na Čihadle, kde je navrhováno odvádění srážkových vod pomocí krytých žlabů do zařízení A a B. Byly řešeny varianty vsakování srážkových vod, vsakování srážkových vod s jejich regulovaným odváděním do vodního toku a regulované odvádění srážkových vod do vodního toku. S ohledem na upřednostňování výše uvedených variant, není varianta regulovaného odvádění srážkových vod do jednotné stokové sítě uvažována. Celkový souhrn vypočtených variant je uveden v Tab. 27.

Do zařízení A přitékají srážkové vody ze 75 % celkové odvodňované plochy, do zařízení B natékají vody z 25 % celkové odvodňované plochy. Největší plocha zařízení je navrhována pro variantu vsakování, přesto doba prázdnění tohoto zařízení překračuje doporučenou maximální dobu prázdnění 3 dny přibližně o 2,2 dne. K dodržení doporučené maximální doby prázdnění by vsakovací plocha musela být výrazně větší, čímž by se také snížila potřebná hloubka vody a poměr A_{red}/A_{vsak} by byl nižší než 5. Doba prázdnění

při vsakování s regulovaným odváděním a při regulovaném odvádění je obdobná a je rovna přibližně 15 h.

Tab. 27: Souhrn vypočtených variant

Varianta	Vsakování		Vsakování s regulovaným odváděním		Regulované odvádění	
	A	B	A	B	A	B
Zařízení	6018	2014	6018	2014	6018	2014
Odvodňovaná plocha (m ²)	6018	2014	6018	2014	6018	2014
Plocha zařízení (m ²)	720	240	260	90	50	17
Hloubka vody v průlehu/ v nádrži při návrh. dešti (m)	0,08	0,08	0,29	0,27	1,90	1,90
Doba prázdnění při návrhovém dešti (h)	125,2	123,9	14,6	14,5	14,8	14,6
Návrhový retenční objem průlehu (m ³)	60,4	19,9	74,7	24,4	-	-
Návrhový retenční objem rýhy (m ³)	101,9	33,6	27,0	9,2	-	-
Celkový návrhový retenční objem (m ³)	162,3	53,5	101,7	33,6	96,4	31,8
A_{red}/A_{vsak} (-)	5	5	14	13	-	-

Vsakování s regulovaným odváděním vyžaduje o 63 % méně plochy zařízení než samotné vsakování. Pro regulované odvádění je navrhována o 93 % menší plocha zařízení oproti vsakování a o 81 % oproti vsakování s regulovaným odváděním. Avšak hloubka vody v zařízení při regulovaném odvádění dosahuje 1,9 m, tudíž by musela být u zařízení zajištěna ochrana před utonutím.

Jako nejvhodnější varianta řešení srážkových vod v této lokalitě vyšla varianta vsakování s regulovaným odváděním těchto vod do vodního toku.

6 Literatura

- [1] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Leden 2019. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [2] ČSN 75 9010. Vsakovací zařízení srážkových vod. Praha: ÚNMZ, únor 2012.
- [3] ČSN 73 6110. Projektování místních komunikací. Praha: Český normalizační institut, leden 2006.
- [4] Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích. Říjen 2018. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>
- [5] Vébr, Ludvík. Úvod, legislativa, zákon č. 13, kategorizace PK [přednáška]. Praha: FSv ČVUT v Praze, 3. 11. 2016.
- [6] Vyhláška č. 398/2009 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb. Listopad 2009. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-398>
- [7] ČSN 73 6056. Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel. Praha: ÚNMZ, březen 2011.
- [8] TP 218. Navrhování zón 30. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., leden 2010. ISBN 978-80-86502-01-4
- [9] TP 103. Navrhování obytných a pěších zón. Praha: MD, říjen 2008. ISBN 978-80-902527-8-3
- [10] Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. Leden 2019. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361>
- [11] ČSN 73 6110 Změna Z1. Projektování místních komunikací. Praha: ÚNMZ, únor 2010.
- [12] Kříž, Karel. Odvodnění komunikace [konzultace]. Praha: FSv ČVUT v Praze, 5. 4. 2019.
- [13] ČSN 75 6101. Stokové sítě a kanalizační přípojky. Praha: ÚNMZ, duben 2012.
- [14] Krejčí, V. a kol. Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Brno: NOEL 2000 s.r.o., 2002. ISBN 80-86020-39-8
- [15] Suchánek, M., P. Sýkora a D. Stránský. Monitoring v městském odvodnění Část I. – Dešťové srážky. Libeznice: Medim, spol. s r.o., 2012. ISBN 978-80-87140-25-3
- [16] Kemel, Miroslav. Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-01456-8
- [17] Déšť. In: Technický naučný slovník I. díl. II. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1981.

- [18] Množství srážek. In: Technický naučný slovník IV. díl. II. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1983.
- [19] Imhoff, Karl. Taschenbuch der Stadtentwässerung. XXII. Auflage. München: R. Oldenbourg Verlag, 1969.
- [20] Herle, J. a kol. Vodohospodářské tabulky. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1962.
- [21] Štícha, V. a kol. Odvodnění měst, kanalisace a čistírny. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1958.
- [22] Šanda, Martin. Hydropedologie: Úvod. [vid. 30. 8. 2017]. Dostupné z: <http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/předměty/HYP/K143HYPE01.pdf>
- [23] Stránský, David. Vodní hospodářství obcí 1: Procesy povrchového odtoku. [vid. 4. 4. 2018]. Dostupné z: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/VO1_Stokovani_pr3b.pdf
- [24] Součinitel odtoku. In: Technický naučný slovník VI. díl. II. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1985.
- [25] Stránský, David. Odvodnění urbanizovaných povodí: Dešťový odtok z urbanizovaných ploch. [vid. 5. 3. 2018]. Dostupné z: [http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/OUP_pr2b%20\(2\).pdf](http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/OUP_pr2b%20(2).pdf)
- [26] TP 83. Odvodnění pozemních komunikací. Praha: MD-OPK, únor 2014.
- [27] Madrid, G.G., E.A. Giraldo and G.A. González. 2003. Water Infiltration through Concrete Block Pavements up to 26 Years Old. Proceedings of the 7th International Conference on Concrete Block Paving, Sun City, South Africa, October 2003.
- [28] Boogaard, F., T. Lucke. 2019. Long-Term Infiltration Performance Evaluation of Dutch Permeable Pavements Using the Full-Scale Infiltration Method. Water 2019, 11, 320; DOI: 10.3390/w11020320
- [29] Borgwardt, Soenke. 2006. Long-Term In-Situ Infiltration Performance of Permeable Concrete Block Pavement. Proceedings of the 8th International Conference on Concrete Block Paving, San Francisco, USA, November 2006.
- [30] TNV 75 9011. Hospodaření se srážkovými vodami. Praha: MZe, březen 2013.
- [31] Runcziková, Daniela. Česle [fotografie]. PVE Dlouhé Stráně, červen 2018.
- [32] Göbel, P., C. Dierkes and W. G. Coldewey. 2007. Storm water runoff concentration matrix for urban areas. Journal of Contaminant Hydrology, 91(1–2), 26–42. DOI: 10.1016/j.jconhyd.2006.08.008
- [33] Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území. Leden 2013. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-501>

- [34] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Říjen 2017. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>
- [35] Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Leden 2018. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274>
- [36] Stránský, David. Vodní hospodářství obcí 1: Stokování. [vid. 6. 4. 2018]. Dostupné z: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/VO1_Stokovani_pr1.pdf
- [37] ČSN 75 9010 Změna Z1. Vsakovací zařízení srážkových vod. Praha: ÚNMZ, srpen 2017.
- [38] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb. Leden 2018. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499>
- [39] Kutílek, M., V. Kuráž a M. Císlerová. Hydropedologie 10. II. vydání. Praha: ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02237-4
- [40] Šanda, Martin. Hydropedologie: Proudění vody v půdě, hydraulická vodivost. [vid. 18. 9. 2017]. Dostupné z: <http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/předměty/HYP/K143HYPE08.pdf>
- [41] Filtrační součinitel. In: Technický naučný slovník II. díl. II. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1982.
- [42] Propustnost horniny (zeminy). In: Technický naučný slovník V. díl. II. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1983.
- [43] Mapa [online]. ČUZK [vid. 23. 5. 2019]. Dostupné z: <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=700274&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [44] Klimatické poměry [online]. AOPK ČR [vid. 27. 2. 2019]. Dostupné z: <http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/klimaticke-pomery/>
- [45] Závěrečná zpráva hydrogeologického průzkumu, lokalita Na Čihadle (okres Mělník). Chomutov: Geologické služby s.r.o., březen 2019.
- [46] Košátecký potok – Evidenční list operativního profilu [online]. ČHMÚ [vid. 2. 4. 2019]. Dostupné z: http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfhoper_detail.php?seq=20753443
- [47] Flóra a vegetace [online]. AOPK ČR [vid. 27. 2. 2019]. Dostupné z: <http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/flora-a-vegetace/>
- [48] Charakteristika oblasti [online]. AOPK ČR [vid. 27. 2. 2019]. Dostupné z: <http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/>

- [49] Vyšší rostliny v CHKO [online]. AOPK ČR [vid. 27. 2. 2019]. Dostupné z: <http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/flora-a-vegetace/vyssi-rostliny/>
- [50] Geologie a geomorfologie [online]. AOPK ČR [vid. 27. 2. 2019]. Dostupné z: <http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/geologie/>
- [51] Mšeno – Na Čihadle: Studie dopravní a technické infrastruktury, Technická zpráva průzkumu a zaměření. Praha: Timao s.r.o., březen 2019.
- [52] Trupl, Josef. Intensity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy. Praha: VÚV, 1958.

7 Seznam příloh

Příloha č. 1: Podélný profil – větev 1

Příloha č. 2: Podélný profil – větev 2

Příloha č. 3: Podélný profil – větev 3

Příloha č. 4: Podélný profil – větev 4

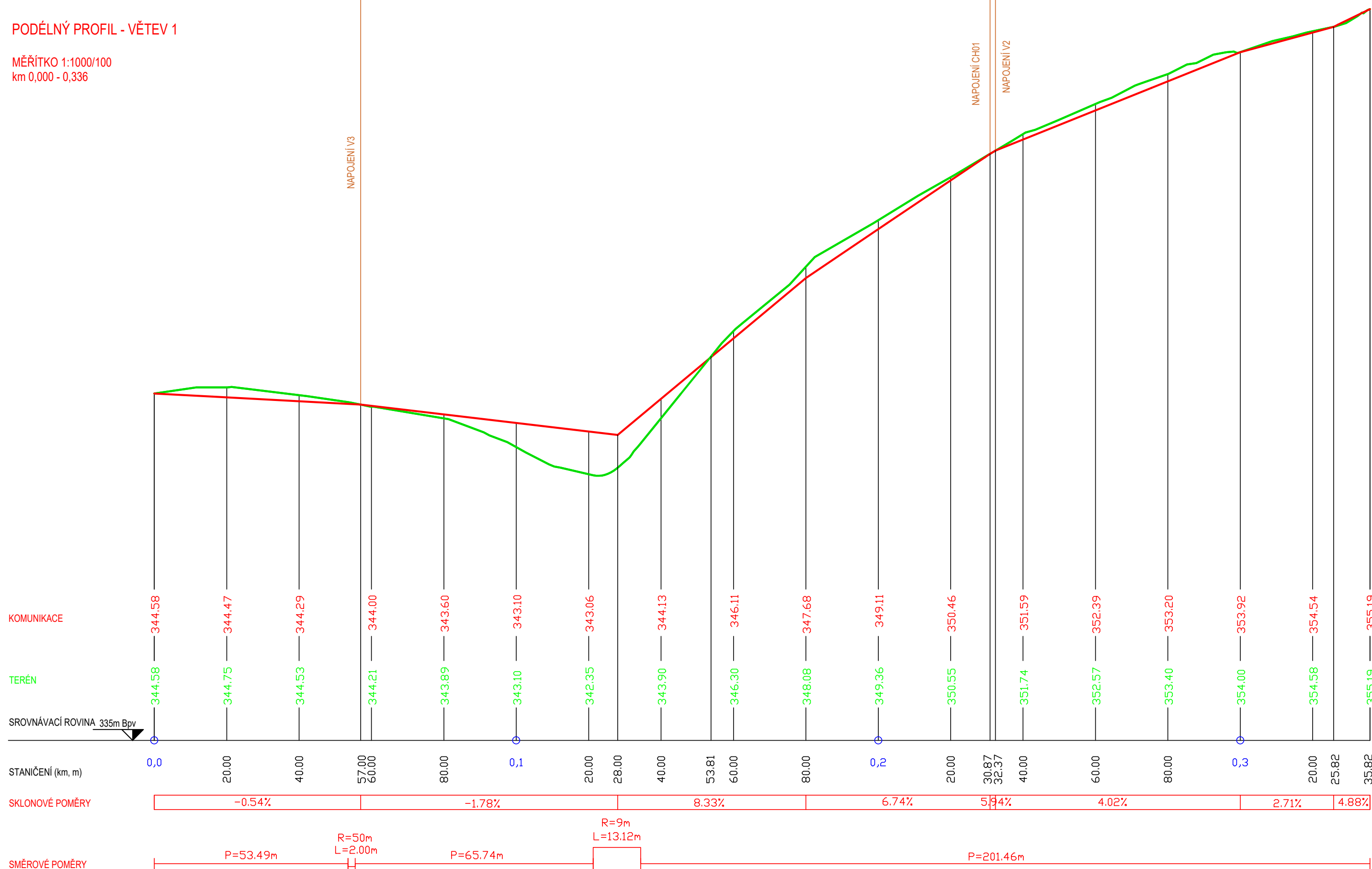
Přílohy

ČÍSLO ÚSEKU

ÚSEK 9	ÚSEK 10	ÚSEK 1	ÚSEK 3
--------	---------	--------	--------

PODÉLNÝ PROFIL - VĚTEV 1

MĚŘÍTKO 1:1000/100
km 0,000 - 0,336



PŘÍLOHA Č. 1: PODÉLNÝ PROFIL - VĚTEV 1

VARIANTY ODVODNĚNÍ MÍSTNÍCH KOMUNIKACÍ

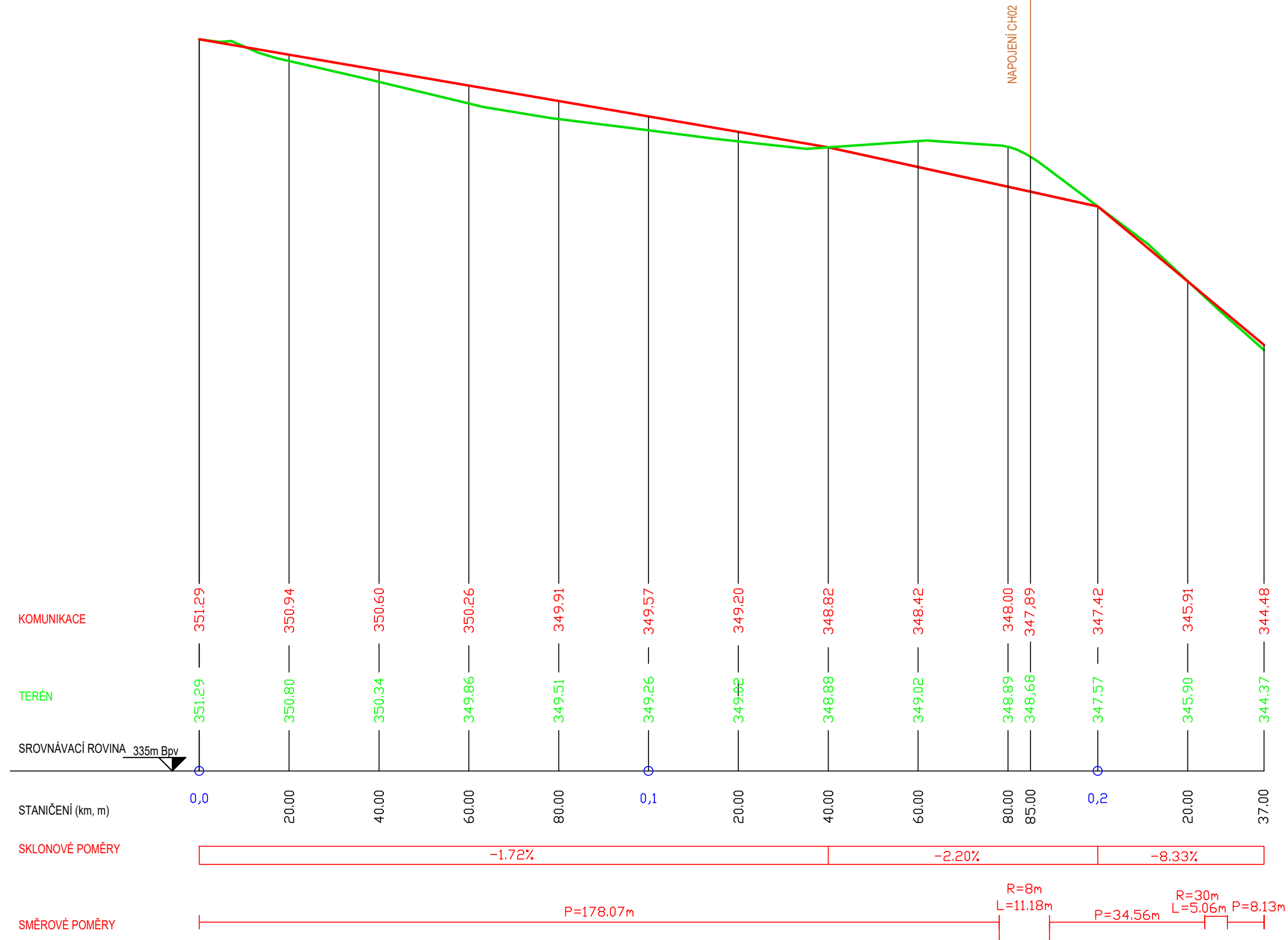
ČÍSLO ÚSEKU

ÚSEK 2

ÚSEK 4

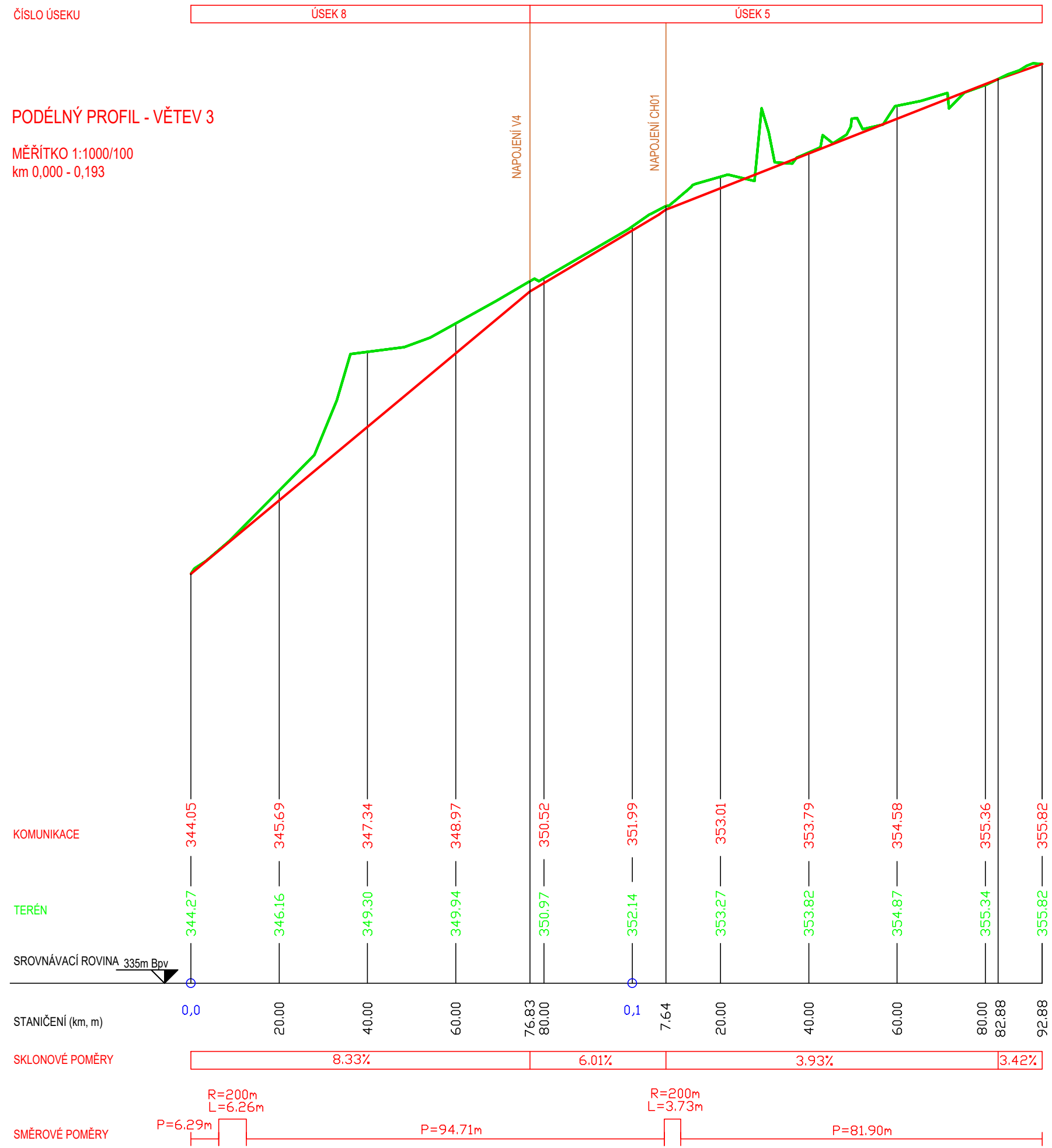
PODÉLNÝ PROFIL - VĚTEV 2

MĚŘÍTKO 1:1000/100
km 0,000 - 0,237



PŘÍLOHA Č. 2: PODÉLNÝ PROFIL - VĚTEV 2

VARIANTY ODVODNĚNÍ MÍSTNÍCH KOMUNIKACÍ



PŘÍLOHA Č. 3: PODÉLNÝ PROFIL - VĚTEV 3
VARIANTY ODVODNĚNÍ MÍSTNÍCH KOMUNIKACÍ

ČÍSLO ÚSEKU

ÚSEK 7

ÚSEK 6

PODÉLNÝ PROFIL - VĚTEV 4

MĚŘÍTKO 1:1000/100
km 0,000 - 0,155

