

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Nepropustné plochy a jejich vliv na vodní prostředí a metody jejich určení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

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

Bakalant: Havlíček Martin

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Havlíček

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Nepropustné plochy a jejich vliv na vodní prostředí a metody jejich určení

Název anglicky

Impervious surfaces and their influence on the aquatic environment and methods of their determination

Cíle práce

Cílem práce je na základě literární rešerše vyhodnotit vliv odtokového režimu z nepropustných ploch městské urbanizované krajiny na vodní prostředí a zmapovat metody jejich identifikace. Součástí práce je také zjištění rozsahu a rozložení nepropustných ploch v katastru obce Rudolec (část města Březová).

Metodika

Rešerše odborné literatury se zaměřením na problematiku analýzy a popisu nepropustných ploch (efektivních a neefektivních) a jejich vlivu na vodní prostředí.

Terénní šetření v zájmovém území obce Rudolec, fotodokumentace nepropustných ploch, místních vodotečí, svodnic, vodních ploch a jejich morfologicko – ekologických stavů.

Digitální zpracování nepropustných ploch v zájmovém území obce Rudolec na základě dostupných mapových podkladů. Plochy jsou zpracovány pomocí analytických nástrojů GIS v programu ArcMap v digitální podobě. Zpracovány jsou veškeré nepropustné plochy v obci, s ohledem na způsob jejich odvodnění.

Doporučený rozsah práce

45 stran

Klíčová slova

nepropustné plochy; efektivní a neefektivní nepropustné plochy; syndrom urbanizovaných toků; Rudolec

Doporučené zdroje informací

- Fankhauser, R., 1999. Automatic determination of imperviousness in urban areas from digital orthophotos. *Water Science and Technology*, 39(9), 81-86.
- LU, D., WENG, Q., 2006. Use of impervious surface in urban land-use classification. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 102: 146–160.
- Paul, M. J. and Meyer, J. L., 2001. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 32: 333-365.
- Walsh C. J., Roy A. H., Feminella J. W., Cottingham P. D., Groffman P. M. a Morgan R. P., 2005: The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(3):706–723.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2021

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 10. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Nepropustné plochy a jejich vliv na vodní prostředí a metody jejich určení** vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 31. 3. 2022



(podpis autora práce)

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval všem nápomocným osobám, které mě podporovaly při tvorbě této bakalářské práce. Především bych chtěl poděkovat mé vedoucí prof. RNDr. Daně Komínkové, Ph.D. za trpělivost při dokončování mé bakalářské práce a největší díky patří mé rodině za nekonečnou schovívavost a podporu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se ve své teoretické části zabývá problematikou vlivu nepropustných ploch na vodní prostředí a možnostech jejich určení pomocí podkladů leteckého nebo družicového snímkování. Praktická část práce je zaměřena na zmapování a identifikaci nepropustných ploch v obci Rudolec, části města Březová a jejich případného vlivu na vodní tok. Terénní průzkum v zájmové oblasti měl za cíl zjistit, jakým způsobem a kam jsou srážkové vody ze zpevněných ploch svedeny a jak je s nimi dále nakládáno. Zjištěná data a informace z terénu byla následně převedena do digitální podoby pomocí software Excel a ArcMap. Základem pro provedení následné analýzy byla vektorizace nepropustných ploch z dostupných zdrojů ortofotomap. K jednotlivým digitalizovaným polygonům ploch je vždy uvedeno ID plochy, typ a velikost plochy, způsob odvodnění, informace, zda se jedná o efektivní či neefektivní plochu a indikativní vypočet povrchového odtoku při jednoleté syntetické srážce. Ve výsledcích je zpracováno a hodnoceno 190 nepropustných ploch definovaných v zájmovém území obce Rudolec. Efektivní plochy na sledovaném území zaujímají 41 % rozlohy a neefektivní 59 %. Rozmístění jednotlivých typů ploch je rovnoměrné, s menší převahou v hustotě efektivních ploch ve středu obce. Nejvyšší podíl nátok z efektivních nepropustných ploch do recipientu je reprezentován plochami silnic, následují plochy dvorů a střech. Neefektivní plochy jsou nejčastěji zastoupeny v areálu zemědělské firmy Farma LA Rudolec. Výstupní informace této práce, v digitálním formátu, jsou zároveň vstupem pro detailnější posouzení odtokových poměrů v obci Rudolec s použitím matematického modelování.

Klíčová slova: nepropustné plochy; efektivní a neefektivní nepropustné plochy; syndrom urbanizovaných toků; obec Rudolec.

Abstract

In its theoretical part, this bachelor thesis deals with the issue of the influence of impervious surfaces on the water environment and the possibilities of their determination using aerial or satellite imagery. The practical part of the thesis focuses on mapping and identification of impervious surfaces in the village Rudolec, part of the town Březová and their possible influence on the stream. The field survey in the area of interest was aimed at finding out how and where rainwater from paved areas is discharged and how it is further managed. The data and information found in the field was then converted into digital form using Excel and ArcMap software. The basis for the study was the vectorization of impermeable surfaces from available orthophotomaps. The individual digitized surface polygons are given the area ID, the type and size of the area, the method of drainage, information on whether it is effective and ineffective impervious surfaces and indicative calculation of surface runoff in a one-year synthetic precipitation. In the results, 190 impervious surfaces defined in the area of interest of Rudolec municipality are processed and evaluated. The effective impervious areas occupy 41% of the area and ineffective impervious surfaces 59%. The distribution of the different types of surfaces is uniform, with a slight predominance in the density of effective surfaces in the center of the municipality. The highest proportion of runoff from effective impervious surfaces to the receiving stream is represented by road surfaces, followed by yard and roof surfaces. Ineffective areas are most heavily represented on the grounds of the LA Rudolec Farm. The output of this work, in digital format, is also an input for a more detailed assessment of runoff flow in the Rudolec municipality using mathematical modelling.

Keywords: impervious surfaces; effective and ineffective impervious surfaces; urban stream syndrome; Rudolec municipality.

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíle práce	12
3	Literární rešerše	13
3.1	Vliv nepropustných ploch na vodní prostředí	13
3.1.1	Narušení přirozeného stavu toků urbanizací.....	15
3.1.2	Koncepce městského odvodnění.....	24
3.1.3	Povrchový odtok.....	26
3.2	Nepropustné plochy.....	27
3.2.1	Celkové, efektivní a neefektivní nepropustné plochy	29
3.2.2	Stanovení EIA	30
3.3	Identifikace nepropustných ploch.....	36
3.3.1	DPZ – Letecké snímkování.....	36
3.3.2	DPZ – Družicové snímkování	37
3.3.3	Databáze s klasifikací pokryvu zemského povrchu	37
3.3.4	Klasifikace zastavěných ploch	40
4	Metodika.....	41
4.1	Terénní průzkum	41
4.2	Digitální zpracování dat	42
5	Zájmová oblast	43
5.1	Lokalizace obce Rudolec.....	43
5.2	Klimatická oblast.....	44
5.3	Hydrologické povodí	45
5.4	Hydrogeologický region	46
5.5	Sucho	46
5.6	Chráněná oblast přirozené akumulace vod.....	48
5.7	Využití krajiny	49

5.8	Stávající stav odkanalizování.....	51
5.8.1	Čistírna odpadních vod.....	51
5.8.2	Popis stokové sítě	52
5.9	Stávající stav odvodnění.....	53
5.10	Nepropustné plochy.....	57
5.11	Povrchový odtok.....	58
6	Výsledky	59
6.1	Výsledky terénního průzkumu.....	61
6.2	Výsledky digitálního zpracování.....	65
6.2.1	Typy ploch a odvodnění.....	65
6.2.2	Povrchový odtok z EIA a NEIA	69
6.2.3	Plochy střech.....	71
6.2.4	Plochy silnic.....	71
6.2.5	Plochy dvorů a ostatních ploch	72
6.2.6	Povrchový odtok z ploch střech	72
6.2.7	Povrchový odtok z ploch silnic.....	73
6.2.8	Povrchový odtok z ploch dvorů	73
6.2.9	Mapové výstupy a soubory dat	74
7	Diskuse.....	75
8	Závěr	77
9	Seznam obrázků.....	79
10	Seznam tabulek	81
11	Zdroje informací	82
11.1	Seznam literatury.....	82
11.2	Ostatní zdroje	87
12	Přílohy.....	89
12.1	Způsoby odvodnění z nepropustných ploch.....	89

12.2 Maximální povrchový odtok z nepropustných ploch při 1leté návrhové srážce	94
12.3 Maximální povrchový odtok z nepropustných ploch při srážkách různého spektra intenzit.....	100

1 Úvod

Způsob odvodnění propagovaný od poloviny 19. století byl ve svých počátcích zaměřen téměř výhradně na řešení hygienických problémů a později také na ochranu nemovitostí před záplavami. Rozvíjející se urbanizace tak dala vznik městskému odvodnění. Pro tento způsob odvodnění bylo charakteristické co nejrychleji veškerou vodu (splaškovou nebo dešťovou) odvést od jednotlivých nemovitostí, a to nejdříve do lokálních recipientů, později do centrálních nebo lokálních čistíren odpadních vod. V současné době se stále více dostává do popředí otázka ochrany životního prostředí. Nejen z finančních důvodů, ale i z obav o trvalé zabezpečení vodních zdrojů a ochrany akvatického prostředí, se opouští konvenční systém městského odvodnění a zkoumá se aplikace vhodných řešení, která se co nejvíce přiblíží přirozenému stavu vodního režimu v krajině (Hlavínek a kol., 2007).

Vývoj a růst měst v celkově urbanizované krajině působí stále na větší počty vodních toků. Vlivem urbanizace krajiny je jen velmi málo vodních toků, které by nebyly přímo či nepřímo ovlivněny, toky pozbývají svůj přirozený charakter a funkci. Ovlivněn již není jen recipient protékající sídlem, ale i další jeho navazující úseky (Komínková a kol., 2007). Proces urbanizace pozměňuje přirozené atributy zemského povrchu a atmosféry, stavby ve městech zadržují teplo a nepropouštějí vodu a tím mění přirozený hydrologický cyklus svého okolí (Beranová a Huth, 2003).

Nepropustné povrchy, jež tvoří významnou část městských oblastí v zastavěných oblastech jsou plochy, které ztrácí možnost infiltrace, nepropouští vodu do podloží a urychlují přímý odtok. Znalost jejich rozložení a hustoty je cílem mapování a to např. systémem dálkového průzkumu Země, který zažívá v poslední době rychlý vývoj. Důvodem práce s těmito plochami je pochopení a znalost jejich vlivu např. na vodní bilanci, rozsah vegetace, tepelné vlastnosti a na mikroklima městských oblastí (Weng a Lu, 2008).

Vysoká koncentrace nepropustných ploch má za následek vyšší znečištění vodních toků, je také prokázáno, že soustava městského odvodnění má značný vliv na chemii, ekologii a hydrologii toku (Walsh, 2000).

Koncem 20. století se začínají objevovat nové přístupy k hospodaření s vodou ve městech, které ukazují, že tradiční způsob – společné odvádění splaškových a srážkových vod, co nejrychleji mimo městský prostor, je dlouhodobě problematický a neudržitelný. Alternativou ke konvenčnímu způsobu odvodnění jsou systémy jako WSUD (Water-Sensitive urban design), LID (Low impact development), SuDS (Sustainable drainage system), které vycházejí ze stejného principu přístupu k řízení dešťového odtoku, zlepšování kvality vody, zadržování a využití srážkových vod v místě dopadu (Ahiablame a kol., 2012).

V poslední době v České republice dochází k významné změně řízení odtoku srážkových vod z nepropustných ploch urbanizovaného území a snaze oddělit splaškové a dešťové vody oddílnou kanalizací. Aplikací jednotlivých forem hospodaření s dešťovými vodami přímo v zájmovém povodí, dochází k zamezování rychlého odtoku srážkových vod a využití přirozené retence krajiny k zasakování a tím k zvýšení hladiny podzemních vod (Asociace pro vodu, 2019).

2 Cíle práce

Cílem práce je na základě literární rešerše české a zahraniční odborné literatury vyhodnotit vliv odtokového režimu z nepropustných ploch městské urbanizované krajiny na vodní prostředí a zmapovat metody jejich identifikace.

Součástí práce je také zjištění rozsahu, rozložení a způsob odvodnění nepropustných ploch v katastru obce Rudolec (část města Březová v Karlovarském kraji).

3 Literární rešerše

3.1 Vliv nepropustných ploch na vodní prostředí

Urbanizovaným územím je oslaben přirozený vodní režim v krajině. Velká část krajiny je zakryta zastavěnými plochami a je třeba řešit, jak nakládat se srážkovou vodou, která se na umělém povrchu chová jinak než v přirozeném prostředí. Objem přímého odtoku z těchto ploch je větší, a i rychlost odtoku je vyšší než v intravilánu (Schueler, 1987). Správně fungující ekosystém vodního toku by měl splňovat zároveň několik předpokladů, a to dostatečnou heterogenitu proudění a dna, přirozený nezpevněný břeh, nepřerušenu kontinuitu a zachování přirozených změn parametrů, biotopů v trase koryta (Kabelková a kol., 2002).

Hydrologický a morfologický stav vodních toků, který prochází urbanizovaným územím bývá nejčastěji ovlivňován přímými zásahy. Nejčastěji se jedná o napřímení trasy toku a vybetonování koryta toku. Veškeré tyto zásahy vedou ke zhoršení podmínek života biocenózy a oddělení toku od okolního biotopu. Technickými úpravami v korytě toku dochází k narušení kontinuity toku a tím k zamezení plynulému pohybu vodních organismů (Wenger a kol., 2009). Ve vodním prostředí toků se vyskytují různé abiotické a biotické prvky, které spolu vzájemně komunikují a tvoří celkovou skladbu ekosystému vodního toku. Mezi tyto základní prvky řadíme vodu, dno (bentál), hyporeál, břeh a záplavové území. Přeměny morfologie koryta toků mají vazbu na změnu hydrologie. Se správnou morfologií koryta souvisí množství usazenin a sedimentů v korytech, které je rozdílné v přirozeném prostředí a zastavěné oblasti (Gurnell a kol., 2007).

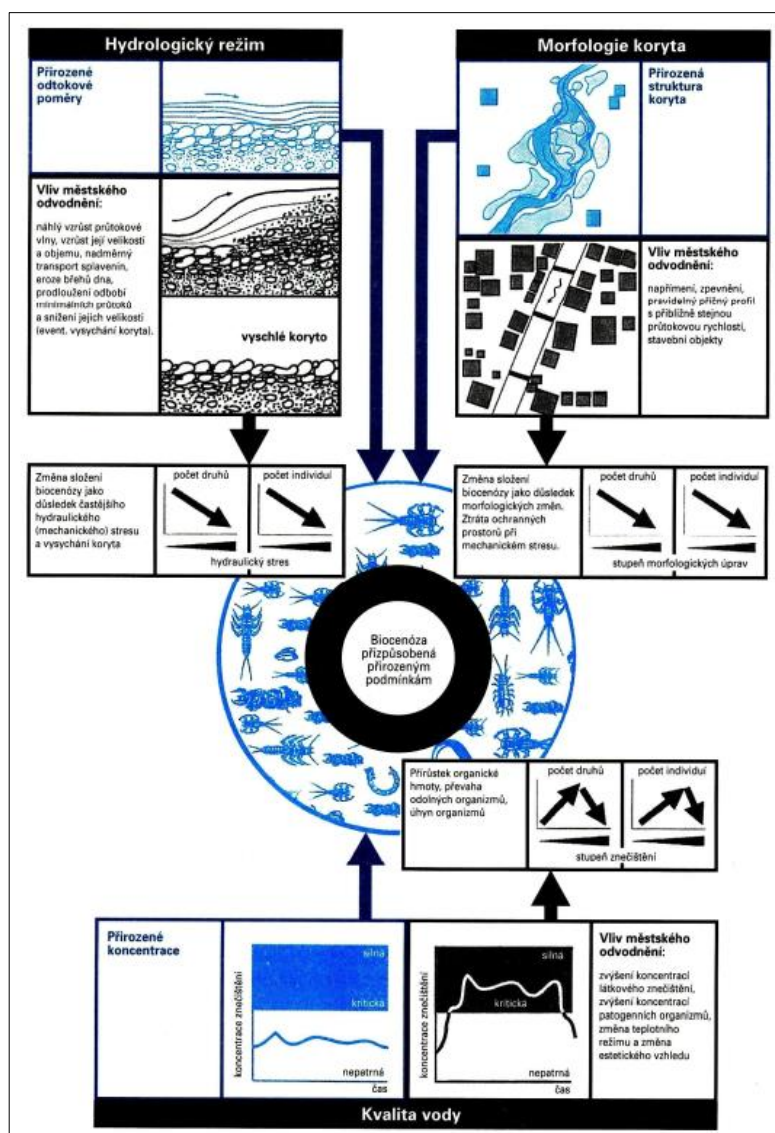
Souhrn vlivů, které popisují transformaci a degradaci toků, nazýváme syndromem urbanizovaných toků, celkově tím rozumíme ovlivňování vodních toků odtokem z urbanizovaných ploch, a to především zvýšenými průtoky, výskytem lokálních povodní, sníženou biodiverzitou, změnou morfologie a vyšší koncentrací organických a toxických látek. Projevy příznaků syndromu závisí nejen na stupni urbanizace, ale i na klimatických podmínkách či geologickém podloží území (Walsh a kol., 2005).

Mezi sledované ukazatele syndromu urbanizovaného toku dle Walshe a kol. (2005) patří:

- hydrologické ukazatele (zvýšení frekvence výskytu povodní, zvýšení frekvence výskytu erozivních průtoků, zvýšení maximálních průtoků, vyšší a strmější vrcholy průtoků v hydrogramu, změny základních M-denních průtoků).
- sedimentace a kvalita vody (vyšší obsah živin, vyšší obsah toxických látek, zvýšení teploty, zvýšení obsahu suspendovaných látek, pokles retence organické hmoty).
- morfologie koryta (nárůst šířky koryta, nárůst hloubky tůní, pokles stability koryta, narušení kontinuity toku, změny sedimentačních procesů, opevnění toku).
- biocenóza (úbytek počtu citlivých druhů, nárůst počtu tolerantních druhů, změna hojnosti, pokles rybí biomasy, nárůst počtu tolerantních druhů, úbytek počtu citlivých druhů, úbytek dravců, vyšší množství eutrofních rozsivek, nižší množství oligotrofních rozsivek, změna biomasy, výskyt toxických řas).

3.1.1 Narušení přirozeného stavu toků urbanizací

Narušení přirozeného stavu vodních toků městským odvodněním způsobují zvýšené koncentrace látkového znečištění, změny teplotních režimů, maximální nebo minimální průtoky, stavební objekty v trase a změny příčného profilu toku. Citlivost jednotlivých typů vodních toků vůči znečištění je odlišná, celkově však narušení můžeme rozdělit do tří základních kategorií ovlivnění hydrologického režimu, ovlivnění morfologického stavu a ovlivnění kvality vody. Tyto vlivy, *Obrázek 1*, se odrážejí ve změně složení a struktury společenstev vodních toků (Kabelková a kol., 2002).



Obrázek 1: Narušení vodních toků urbanizací (Kabelková a kol., 2002), upraveno

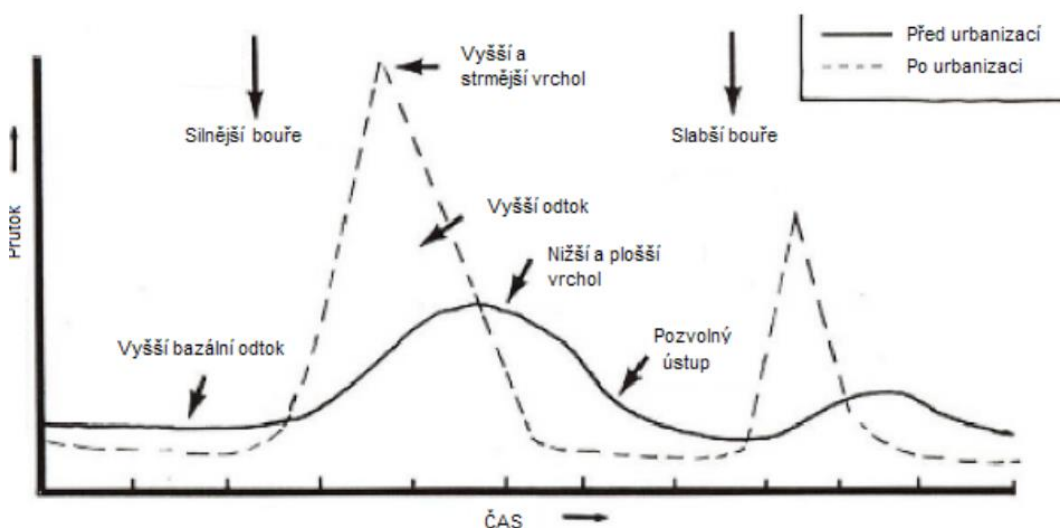
Projevy příznaků syndromu urbanizovaných toků závisí nejen na urbanizaci, ale i na klimatických podmínkách a geologické stavbě regionu. Příznaky, které lze spojit je syndromem urbanizovaných toků jsou uvedeny v *Tabulka 1* (Walsh a kol., 2005).

Ukazatele	Příznaky	
Hydrologické ukazatele		zvýšení frekvence výskytu povodní
		zvýšení frekvence výskytu erozivních průtoků
		zvýšení maximálních průtoků
		vyšší a strmější vrcholy průtoků v hydrogramu
		změny základních M-denních průtoků
Ukazatele sedimentace a kvality vody		vyšší obsah živin
		vyšší obsah toxických látek
		zvýšení teploty
		zvýšení obsahu suspendovaných látek
		pokles retence organické hmoty
Ukazatele morfologie koryta		nárůst šířky koryta
		nárůst hloubky tůní
		pokles stability koryta
		narušení kontinuity toku
		změny sedimentačních procesů
		opevnění toku
Ukazatele biocenózy	ryby	úbytek počtu citlivých druhů
		nárůst počtu tolerantních druhů
		změna hojnosti (abundance)
		pokles rybí biomasy
	zoobentos	nárůst počtu tolerantních druhů
		úbytek počtu citlivých druhů
		úbytek dravců
	řasy	vyšší množství eutrofních rozsivek
		nižší množství oligotrofních rozsivek
		změna biomasy
výskyt toxických řas		

Tabulka 1: Příznaky sledované na syndromu urbanizovaného toku (Walsh, 2005), upraveno

Narušení hydrologického režimu

Zvýšení ploch urbanizace a jejich dopad na vodní režim recipientů jsou značné. Hlavními změnami je zvýšení frekvence výskytu povodní, zvýšení frekvence výskytu erozivních průtoků, zvýšení maximálních průtoků, vyšší a strmější vrcholy průtoků v hydrogramu a tím zvýšení četnosti záplav, viz *Obrázek 2*. Dalšími aspekty je snížení objemu základního odtoku, zvýšení množství polutantů a teploty vody. Změny povrchového odtoku z urbánních ploch jsou závislé především na podílu nepropustných povrchů v povodí, jež nedovolují zasakovat srážky, a také na vybudovaných kanalizačních sítích v lokalitě (Gurnell a kol., 2007).



Obrázek 2: Srovnání odtoku před a po urbanizaci (Schueler, 1987), upraveno

Vooght (2002) upozorňuje, že velká plocha nepropustných povrchů ve městech má na svědomí rychlý odtok a vede k poklesu objemu vody v místní hydrologické bilanci. Srážková voda se ve městech nezvládá postupně vypařovat, neuplatňuje se teplo využívané na výpar a teplo zůstává. S omezeným výparem se snižuje vlhkost vzduchu. Naopak oblasti s větší plochou zeleně nebo vodní plochy jsou chladnější, protože se mnohem více vody odpařuje a okolí se tím ochlazuje.

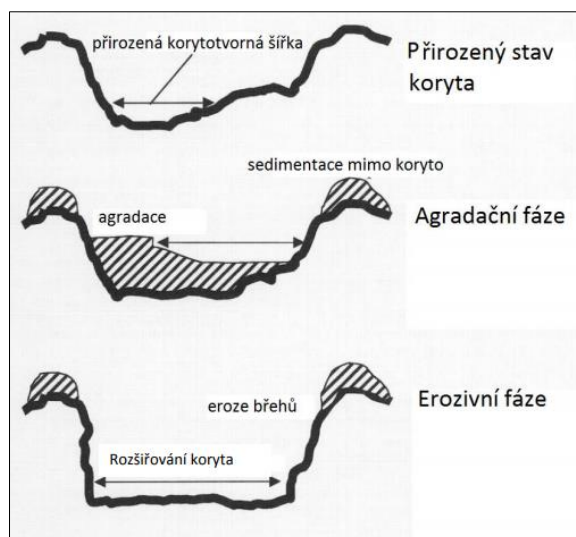
Narušení morfologie toku

Na nepřírodném vývoji morfologie koryt se do nedávna přímo podílela i antropogenní činnost v urbanizovaném prostředí. Vodní toky byly často regulovány za účelem rychlého odtoku ze zastavěné krajiny a zatrubňovány, nebo bylo jejich koryto regulováno tak, aby nedocházelo k jejich přirozenému rozlivu (viz. *Obrázek 3*).



*Obrázek 3: Regulovaný tok potoka v obci Velké Svatoňovice
(Geocaching.com, 2015)*

Podle Paula a Meyera (2001), postupuje koryto třemi po sobě jdoucími fázemi (viz. *Obrázek 4*). Přírodní stav koryta přechází k agradaci koryta toku, vlivem zanášení koryta sedimentem. Následně dochází k rozšiřování koryta vlivem zvýšených průtoků. Naplavené sedimenty se usazují na dně koryta a snižují jeho hloubku. Tímto dochází k bočnímu rozšíření a prohloubení koryta. Následuje fáze eroze, kdy jsou sedimenty transportovány díky zvýšené rychlosti toku a koryto se opět prohlubuje. Poslední fází je stabilizace toku. Ke stabilizaci ovšem nemusí dojít vždy. Je důležité, aby předchozí fáze byly v rovnováze.



Obrázek 4: Tři fáze vývoje koryta toku v urbanizovaném území
(Paul a Meyer, 2001), upraveno

Nárůst zpevněných ploch stojí za příčinou změny odtokových poměrů v povodí a hydraulických podmínek v toku. V důsledku těchto vlivů dochází k oslabení biodiverzity v toku. Působící hydraulický stres, střídání extrémních průtoků a následného vysychání vede k celkové změně morfologického stavu. Vlivem stavebních objektů vodní tok ztrácí spojení s okolím a dochází k narušení složení vodní biocenózy. Zpevněné břehy neposkytují ochranu živočichům a chybějící pobřežní zóna a záplavové území neumožňuje přirozenou retenci vody (Kabelková a kol., 2002).

Látkové znečištění toku

Látkové znečištění ze zastavěných ploch je jedním z důvodů znečištění dešťového odtoku a závisí na produkci jednak v dané urbanizované oblasti, ale i z extravilánových vzdálenějších ploch. Znečištění jsou tak přenášena na velkou vzdálenost. V průběhu deště dochází ke splavu látkového znečištění, které pochází ze zastavěných ploch komunikací, z dopravy, dvorů a střech. Většina srážkových vod z nepropustných ploch je svedena do kanalizace a do určité míry čištěna v čistírnách odpadních vod, avšak při zvýšených průtocích dochází na objektech odlehčovacích komor a jiných bezpečnostních přepadech k oddělení a přepadu do blízkého recipientu. Rozsah znečištění ze systému městského odvodnění značíme jako bodové, z neurbanizovaných ploch jako plošné. Pro snížení látkového znečištění a snížení hygienického rizika se navrhuje oddělení prvního splachu, což odpovídá cca 1-3 mm prvního deště, čemuž by mělo odpovídat i správné dimenzování městského odvodnění (Krejčí a kol., 2002).

V bezdeštném stavu, kdy jsou průtoky toků minimální, a jsou vyšší koncentrace živin rozpuštěných ve vodě, dochází k vyššímu výskytu vláknitých řas a makrofyt. Následkem toho dochází ke kolísání hodnot rozpuštěného kyslíku, což má za důsledek negativní vliv na vodní biocenózu. Během srážkových událostí se i spolu s vysokou koncentrací živin dostává do toku množství nepřípustných toxických látek, které jsou nevhodné pro organismy, dochází ke snížení propustnosti světla a viditelnosti a tím k ovlivnění života organismů (Walsh, 2004).

Důsledkem vnosu organických látek z přepadu dešťových oddělovačů a jejich pozdějšímu rozkladu může docházet k deficitu kyslíku v toku a jeho sedimentech. Na tento deficit reaguje velmi citlivě řada vodních organismů. Požadavky jednotlivých organismů na množství rozpuštěného kyslíku se výrazně liší. Například méně náročné ryby mají příznaky dušení při koncentraci rozpuštěného kyslíku ve vodě pod 2 mg. l⁻¹ (Svobodová, 1987). Nejčastěji bývají ovlivňovány toky teplejší a pomalu tekoucí. Znečištění živinami (fosfor, dusík) jsou příčinou eutrofizace toků, rybníků a nádrží. Další problematické zatížení představuje amoniakální dusík a nerozpuštěné látky, které působí škodlivě na organismy (Kabelková a kol., 2002).

Teplota toku

Vodní teplotní režim je velice důležitým ukazatelem životaschopnosti toku, neboť má rozhodující vliv na metabolismus, vývoj a aktivitu organismů, které v tocích žijí. Ovlivnění teploty v souvislosti s městským odvodněním se vyskytuje převážně u malých vodních toků, jehož příčinou je vyšší teplota z přepadlých odpadních vod a jejich nedostatečné ředění. Teplota je již dlouhou dobu považována za jeden z nejdůležitějších environmentálních faktorů v určení, jak rychle se organický materiál v toku rozloží. Rozklad je rychlejší při vyšších teplotách, kdy zvýšení teploty má za důsledek snížení rozpustnosti a koncentraci kyslíku (Naiman a kol., 2005).

Toky bez břehových porostů často negativně působí na doplňování zásob podzemních vod, které v kooperaci s efektem městského tepelného ostrova ovlivňuje teplotu toku. Pluhowski (1970) ve své studii uvádí informaci, že teploty městských toků jsou v letním období průměrně o 5 – 8 °C vyšší a v zimním období o 1,5 – 3 °C nižší než teploty vodních toků ve venkovských oblastech. Sezónní výkyvy denních teplot byly v městských tocích též vyšší během letních bouří, při kterých byly zjištěny teploty povrchového odtoku o 10 – 15 °C vyšší než v přirozených podmínkách. To je způsobeno především nepropustnými povrchy vysoké hustoty, které absorbují vysoké množství krátkovlnného záření, které je později vyzařováno ve formě dlouhovlnné radiace (Pluhowski, 1970). Stejně závěry jsou zjištěny také ve studii Paul a Meyer (2001).

Nejvyšší rozdíl v teplotě vody během srážkových událostí je ve vegetací zastíněných tocích, které se vyznačují nižší průměrnou teplotou vody. Břehový porost sice může pozitivně působit na snížení teploty vody, ale zastíněné toky vykazují mnohem vyšší teplotní rozdíl během vysokého povrchového přítoku (Somers a kol., 2013).

Estetické narušení

Voda v krajině, a to hlavně v zastavěných oblastech, přispívá ke zkrášlení okolního prostředí, přitažlivým prvkem se voda stává zvláště pro člověka, který žije mimo přírodní prostředí. Estetickým narušením toku jsou myšleny odpadky, různé předměty a ostatní látky, které se do vodních toků dostávají ze stokové sítě přepady z odlehčovacích komor a při vyústění do vodního toku se zachytávají na břehovém vegetačním pásu. Jakost vody ve většině případů nenarušují (Říha, 1987).



Obrázek 5: Estetické narušení toku odtokem z kanalizace (www.therivertrust.org, 2019)

Biologický stav toků

Ekologický stav vodního toku bývá popisován v aspektu morfologickém (tvary a rozměry koryt, charakter proudění, splaveninový režim), aspektu kvality vody a v aspektu biologickém. Pro potřeby vodohospodářské praxe lze konstatovat, že stav vodního toku je tím příznivější, čím více se blíží stavu v daném místě či úseku stavu přirozenému. Shrnujícím kritériem příznivého morfologického stavu vodního toku je věrnost tvarů a rozměrů koryt, charakteristik proudění a splaveninového režimu. Biologická společenstva neustále reagují na změny fyzikálních a chemických hodnot a ekosystémových procesů, které často mění. Městská zástavba a odvodnění má ve svém důsledku negativní efekt na recipient, který je dán především kvalitou odpadní vody, to jest vstupujícími polutanty (chemický stres), tak i působením okamžitých hydraulických změn (hydraulický stres). Tyto účinky přímo ovlivní skladbu společenstev organismů, které jsou ve vodním prostředí. Pro recipient představuje největší stres zaústění přepadů z jednotné kanalizace a dešťová kanalizace, kdy náhlý vstup velkého objemu vody způsobuje zásadní změny ve struktuře vodního lože, složení substrátu. Zatížení recipientu vlivem městského odvodnění není pravidelné a organismy nejsou schopny se přizpůsobit (Šťastná a kol., 2004).

Biologický stav toků je vyhodnocován dle skladby a množství flory a fauny. Z těchto informací lze vyvodit závěry o životních podmínkách a chemismu vody. Rostlinná a živočišná společenstva jsou sestavena z různých druhů, nicméně mezi nejvhodnější biotické ukazatele dobrého stavu se řadí bentos a ryby (Krejčí a kol., 2002). Bentičtí bezobratlí jsou společenstva organismů, která obývají především horní vrstvy sedimentů na dně vod. Tato společenstva organismů přijímají polutanty, což z nich dělá skvělé bioindikátory stavu vodních recipientů (Beasley a Kneale, 2002).

Vodní toky, které jsou ovlivněné kanalizací, vykazují menší množství druhů vodních organismů, ale mají naopak vyšší výskyt nárůstu rostlin. Druhy žijící v takto ovlivňovaných tocích jsou často přizpůsobeny na vyšší stupeň kontaminace vody (Walsh, 2004). Dalším problémem je i znečištění vodních sedimentů vlivem městského odvodnění. Sedimenty jsou základní podporou pro život flory i fauny ve vodních tocích. V případě jejich kontaminace dochází k negativnímu ovlivnění vývoje bezobratlých a nejnižších členů potravinového řetězce, což může způsobit až celkovou změnu ekologické struktury v recipientech (Basley a Kneley, 2002).

Zásadními faktory pro bezobratlé organismy, které jsou ovlivňovány městským odvodněním, je nejen složení dnových sedimentů, ale i průhlednost a složení vegetace. Pro optimální biologickou rozmanitost je třeba se zaměřit na snižování množství živin, druhové složení vegetace a zvyšování průhlednosti. I když zvyšování průhlednosti má za následek vyšší biologickou rozmanitost, také stále platí nutnost zachovávat některé vodní plochy s nízkou průhledností pro udržení životních podmínek vzácných druhů (Vermonden a kol., 2009).

3.1.2 Koncepce městského odvodnění

V urbanizovaném prostředí je primárním cílem ochrana zástavby a infrastruktury před povodněmi. Vysoká hustota zalidnění, výskyt inženýrských sítí a infrastruktury značně limitují možnosti revitalizace toků (Walsh a kol., 2005). V městském prostředí je z důvodu omezeného prostoru žádoucí i jen částečné zlepšení ekologického stavu vodního toku (Bernhardt a Palmer, 2007).

Dosavadním cílem klasické koncepce městského odvodnění bylo připojení a co nejrychlejší svedení splaškových vod, odpadních vod z průmyslu, dešťových srážek a ostatních typů pryč z urbanizovaných oblastí tak, aby nezpůsobovala hydraulické problémy. Klasická koncepce odvodnění neřeší ekologické dopady na ekosystém, ale zaměřuje se pouze na návrh kapacity potrubní stokové sítě (Hlavínek a kol., 2000).

V současnosti používaná moderní koncepce odvodnění řeší komplexní posouzení vlivu urbanizace na životní prostředí. Systém městského odvodnění je chápán jako integrovaný systém. Cílem koncepce je co nejvíce se přiblížit přirozenému odtoku dešťové vody tak, jako tomu bylo před urbanizací. Zacházení s dešťovou vodou vychází z tzv. decentralizovaného způsobu odvodnění, jehož smyslem je správné navrácení srážkového odtoku do přirozeného koloběhu vody (Stránský, 2013).

Východiskem z negativních důsledků v současnosti převládajícího způsobu odtoku dešťových vod je přechod od centrálního odvádění srážkových vod k decentrálnímu hospodaření s nimi. Toto řešení je již po dlouhou dobu podporováno a aplikováno v řadě zemí po celém světě. V posledních desetiletích se pro tento přístup v ČR ustálil název Hospodaření s dešťovými vodami, ve zkratce HDV.

Hospodaření se srážkovými vodami je způsob odvodnění urbanizovaných území, který kopíruje přirozený hydrologický režim povodí prostřednictvím decentrálních objektů, které srážkovou vodu zadržují, vsakují atd. Odvádění srážkových vod tak již není primárně řešeno centrálně, ale již na jednotlivých parcelách vlastníků, které se odvodňují (Vítek a kol., 2015).

Prioritou je zabránit spojení silně a mírně znečištěných vod. Tzn. budování oddílné stokové sítě s následným hrubým předčištěním dešťových vod před zaústěním do vodotečí, využití možnosti zasakování a budování lokálních retencí (co nejvíce dešťové vody zadržet na místě, kde spadne a odtok do recipientů zpomalit), snížení prudkého odtoku z lokality. Hospodaření s dešťovými vodami jako decentralizovaný systém odvodnění je systém, který podporuje čištění, vsakování, evapotranspiraci, zpomalování a transformaci odtoku, zadržování a užívání srážkových vod v blízkosti jejich dopadu na zemský povrch (Vítek a kol., 2015).



Obrázek 6: Přehled nejvhodnějších zařízení k HDV ve stávajících zástavbách (Vítek, 2015)

3.1.3 Povrchový odtok

Odtok z povodí a infiltrace srážkových vod zásadně ovlivňují městský hydrogeologický režim, který závisí na nepropustnosti povrchu, velikosti zastavěných a zpevněných ploch, vegetaci, sklonu terénu a srážkách (Rumman a kol., 2005). Velikost zastavěných městských ploch i počet lidí žijících ve městech nadále narůstá, proto je i velikost zpevněných ploch ve městech stále více zásadní pro kvalitu lidského života (Foster, 1990). V sídlech (intravilánu) převládají zpevněné plochy, a proto je odvodnění z těchto území úplně jiné než v extravilánu. Na urbanizovaném území je charakteristickým odtokem z hydrologických srážek přímý odtok (Krejčí a kol., 2002). Vyšší podíl nepropustných povrchů znamená sníženou schopnost přirozené infiltrace a zároveň nižší hladinu podzemní vody (Leopold, 1968). Pro definici přímého dešťového odtoku je nutné specifikovat ztráty, do nichž je zahrnuto omočení povrchu, povrchová retence, infiltrace nebo výpar. Po odečtení těchto ztrát od skutečného deště vzniká, takzvaný „efektivní déšť“. To je ta dešťová voda, která je připravená k odtoku jednotnou nebo dešťovou kanalizací, případně povrchovým systémem odvodnění odtoku jako jsou průlehy a žlaby (Krejčí a kol., 2002). Velké množství nepropustných ploch způsobuje velkou nevyrovnanost srážkových průtoků a zvyšuje kulminační hodnotu až na jeho nepřirozené maximum. Ve městech dochází k nárůstu průtoku rychleji, jeho maximum trvá kratší dobu a zvýšený průtok rychle odezní (Paul a Meyer, 2001).

Zastavěná krajina by neměla působit ve smyslu splachovacího efektu, tj. velké množství vody se nevyužije, znehodnotí a odchází do recipientu s negativním následkem. Voda ve městě by se měla zadržet, udržet nebo zpomalit její odtok přiměřeným způsobem a minimalizovat negativní vliv odtoku na přírodní hydrologický cyklus toku (Hanušín, 1995).

Povrchový odtok ve městech je odtok transformovaný, který výrazně narušuje rovnováhu mezi podzemní a povrchovou složkou odtoku. Srážková voda je tak rychle odváděna pryč bez využití, pouze malá část doplňuje hladinu podzemní vody, která je zdrojem pro vodní toky. Extrémně nízké vodní stavy jsou překážkou pro biocenózu toku. Urbánní prostředí podmiňuje i opačný extrém, a to výskyt extrémně vysokých vodních stavů, které se v urbánním prostředí vyskytují s vyšší frekvencí než v přirozeném prostředí. K vysokým vodním stavům a tím i k narušení ekologického stavu toku následně dochází v důsledku rychlého odtoku srážek do recipientu odvodňovacím systémem města (Wenger a kol., 2009).

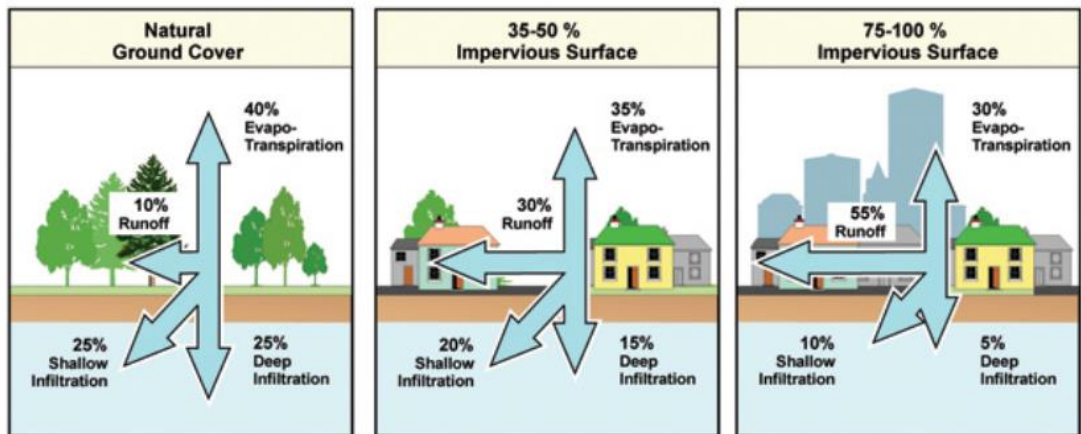
3.2 Nepropustné plochy

S rozmachem městských aglomerací se přírodní krajina postupně mění a nepropustných ploch přibývá. Vzrůstající převaha automobilové přepravy nad železniční během 20. století přispěla k rozsáhlému budování silniční sítě, která tak napomáhá rozvoji měst a předměstí. Se vzrůstajícím počtem populace roste i procentuální podíl nepropustných povrchů, které se tak stávají hlavním atributem rozmachu městského osídlení (Stankowski, 1972).

Nepropustné plochy jsou vymezeny jako materiál, který zabraňuje pronikání vody do podloží (Arnold a Gibbons, 1996). Nepropustné povrchy jsou z větší části stavby vytvořené člověkem v intravilánu. Jejich množství indikuje míru urbanizace. Jsou to stavební prvky jako střechy, silnice, chodníky, příjezdové cesty, parkoviště, průmyslové oblasti a další. Jsou vybudovány z nepropustných materiálů jako je asphalt, beton, cihly, kámen a v urbanizovaných oblastech jsou zastoupeny v různém rozsahu. Podíl nepropustných ploch znamená vyšší podíl odtoku spadlých srážek z povodí a tím větší degradaci recipientu a jeho okolí (Brabec a kol., 2002).

Střechy, silnice a další nepropustné povrchy pracují jako zásobník pro znečišťující látky. Při srážkových událostech jsou tyto polutanty splachovány do recipientů buď přímo nebo přes přepady odlehčovacích komor a mají přímý vliv na estetické narušení a kvalitu vody v městských vodních tocích (Gaffield a kol., 2003). Materiál samotných ploch zabraňuje vsakování vody do půdy a tím jejímu přirozenému čištění a filtraci (Arnold a Gibbons, 1996), nahromaděné znečištění je pak během srážkových událostí povrchovým odtokem vneseno do vodních toků. Velikost znečištění závisí v první řadě na délce bezdeštného období a následně na intenzitě srážek (Vaze a Chiew, 2002).

V extravilánu, na lesních plochách, dochází k přímému odtoku vody okolo 10 %, ostatních 90 % srážkové vody se infiltruje do podloží nebo jsou evapotranspirovány. S větší nepropustností povrchu se zvyšuje podíl odtoku. Je-li podíl nepropustnosti do 20 %, jak ukazuje *Obrázek 7*, povrchový odtok se zdvojnásobuje, při nepropustnosti do 50 % je trojnásobný, při 100 % je až pětinasobný oproti zalesněným plochám (Arnold a Gibbons, 1996).



Obrázek 7: Změny složek hydrologického cyklu s nárůstem nepropustných ploch v povodí (Arnold a Gibbons, 1996), upraveno

Rozsah pokrytí nepropustnými plochami se významně mění s využitím území. Nepropustný povrch můžeme rozdělit na několik složek. Schueler (1994) vyčleňuje dvě hlavní kategorie zpevněných ploch, a to střechy a složky dopravního systému (cesty, parkoviště, příjezdové cesty, chodníky apod.), které převažují. Dešťové srážky ze střech dopadající na trávniky nebo na jiné propustné povrchy mají mnohem menší vliv než ty ze silnic, které obvykle přímo ústí do systému odvodnění dešťových vod. Nepropustné povrchy můžeme jako měřitelný ukazatel vymezit, ať už v rámci terénního měření nebo z vyhodnocení leteckých nebo družicových snímků. Většina metod měření je stále více digitalizována a převáděna do geografických informačních systémů (GIS), čímž se usnadňuje možná interpretace a cenová dostupnost dat (Arnold a Gibbons, 1996).

3.2.1 Celkové, efektivní a neefektivní nepropustné plochy

Znalost odtoku dešťových vod z propustných a nepropustných povrchů je základní pomůckou pro porozumění a správný hydraulický a hydrologický návrh systémů městského odvodnění. Pro práci s hydrologií povodí se používají termíny pro nepropustné plochy (total impervious areas, dále jen TIA) a jejich částí efektivní nepropustné plochy (effective impervious areas, dále jen EIA) a neefektivní nepropustné plochy (non-effective impervious areas dále jen NEIA). Podle Alley a Veenhuse (1983) EIA zahrnuje ty nepropustné povrchy, které jsou hydraulicky připojené k odvodňovacímu systému. Zatímco NEIA zahrnují ty nepropustné povrchy, které odtékají do propustné půdy. Vyhodnocení EIA je důležitým parametrem pro určování povrchového odtoku. Na většině povodí, zvláště v méně hustých obytných územích, jsou EIA menší než TIA, kdežto ve vysoce urbanizovaných oblastech se téměř shodují (Alley a Veenhuis, 1983).

Také Han a Burian (2009) uvádí, že nepropustné plochy lze rozdělit do dvou kategorií: plochy hydraulicky spojené s vodním tokem systémem kanalizačních stok a plochy odvádějící vodu na propustné povrchy. Hydraulické spojení znamená, že se voda dopadající na nepropustný povrch bude pohybovat po zcela nepropustném povrchu až k vtoku do dešťové či jednotné kanalizace.

Běžné kanalizační sítě dešťových a jednotných stok v městských oblastech je často třeba rozšiřovat, aby vyhovovaly větším objemům a rychlostem odtoku v důsledku rozvoje měst. Toto rozšíření je obvykle obtížné vzhledem k technickým, dopravním, ekonomickým a environmentálním problémům (Ebrahimian a kol., 2015). K řešení tohoto problému se přijímají opatření modro-zelené infrastruktury pro regulaci dešťových vod, která mají snížit objem odtoku vstupujícího do kanalizace. Jednou z hlavních funkcí modro-zelené infrastruktury je odpojení nepropustných ploch (tj. snížení EIA) a zlepšení infiltrace srážek v povodích (Mueller a Thompson 2009). Kvantifikace EIA je rovněž nezbytná pro přesné hydrologické modelování, zkoumání zhoršování životního prostředí a kvality vody na městských povodích (Jones a kol., 2003).

3.2.2 Stanovení EIA

V současné době lze nepřímo EIA stanovit na základě analýzy údajů o srážkách a povrchovém odtoku (Boyd a kol., 1993), pomocí prostorových dat získaných z leteckých snímků nebo družic (Han a Burian, 2009), empirickými rovnicemi vyvinutými na základě regresní analýzy provedené na podkladu terénních výpočtů (Alley a Veenhuis, 1983) nebo přímým terénním průzkumem studovaných lokalit, jako je analýza napojení odtokových potrubí, znalost odtoku z povodí během dešťových událostí a určení napojení ulic, chodníků a dalších ploch na odvodňovací systém (Lee a Heaney, 2003).

S ohledem na nedostupnost vyhovujících vstupních dat pro stanovení EIA byla v osmdesátých letech vytvořena nepřímá metodika pro stanovení srážko-odtokových poměrů pomocí empirických rovnic (Laenen 1980, 1983; Alley a Veenhuis, 1983):

Metodu empirických rovnic vypracoval Laenen (1983) jako vztah založený na studii provedené v Oregonu na více než 40 povodích a na základě své práce navrhl následující rovnici:

$$EIA = 3,6 + 0,43 \times TIA$$

Alley a Veenhuis (1983) zaznamenali nadhodnocení objemu odtoku a kulminačního průtoku, pokud se místo EIA použije TIA. Aby tuto možnost minimalizovali, navrhli empirický vztah pro stanovení EIA ze známé hodnoty TIA:

$$EIA = 0,015 \times (TIA)^{1,41}$$

Metodika ročního hydrogramu, která pro stanovení efektivní nepropustné plochy. Využívá data ze srážek a měřené průtoky, tj. monitorovací údaje pro dané povodí nebo lokalitu (Jones a kol., 2003).

Ebrahimian a kol. (2015) uvádí skutečnost, že většina technik odhadu EIA je do značné míry závislá na terénním šetření, které je často nákladné, časově náročné a v případě velkých povodí dokonce nepraktické. Rovněž metodu znalosti dešťového odtoku nelze použít pro mnoho povodí, protože jen málo povodí má k dispozici kvalifikované a dostatečné údaje z monitoringu.

Přímé určení EIA je obtížné a vyžaduje letecké nebo družicové snímky s vysokým rozlišením a znalosti technik GIS. K analýze městské nepropustnosti byly v mnoha studiích použity také techniky dálkového průzkumu Země (dále jen DPZ), ale prostorové rozlišení a stromový porost na snímcích omezují přesnost určení EIA, kterou takto nelze správně odlišit od celkové nepropustné plochy (TIA). Tato data jsou pro analýzy odtokových poměrů srážkových vod z malých zájmových území vzhledem ke kvalitě vstupních dat nevhodné (Lee a Heaney, 2003).

Pro použití výše uvedených metod založených na GIS je, kromě nutnosti znát specializované softwarové nástroje (např. ArcGIS) a programování GIS, potřeba mít k dispozici minimálně tři vrstvy prostorových informací zahrnující městský půdní pokryv, digitální model terénu (DEM) a vrstvu obsahující umístění vpustí do systému sběru dešťových vod. Tato metoda tedy může být nákladná a časově náročná. Kromě toho metoda není schopna odhadnout EIA týkající se střech a vyžaduje, aby uživatel zadal hodnotu připojených střech ručně, aby určil skutečnou hodnotu EIA, což je proces, který může odhad EIA značně prodloužit a prodražit (Han a Burian, 2009).

Bez dobrého srovnání s EIA určenou na základě údajů o srážkách a odtoku nelze ověřit ostatní techniky měření EIA. Ačkoliv analýza údajů o srážkovém odtoku v povodí obvykle přináší nejlepší výsledky, sběr těchto údajů může být nákladný a nemusí být vždy k dispozici nebo nemusí mít dostatečnou kvalitu či rozlišení pro požadovanou analýzu. Podobně mohou být časově i finančně náročná terénní šetření, která poskytují jen omezené výsledky (Roso a kol., 2006).

Použití nástrojů založených na GIS k odhadu EIA se tak stává obzvláště atraktivním díky své použitelnosti pro zastavěná povodí a díky rostoucí kvalitě a dostupnosti prostorových dat. Roso a kol. (2006) a Chabaeva a kol. (2009) provedli studie, které posuzovaly a porovnávaly různé techniky odhadu celkových nepropustných ploch.

Roso a kol. (2006) ve své studii „Assessment of spatial analysis techniques for estimating impervious cover“, analyzuje pro účely hydrologického modelování na vybraném testovacím povodí, Horsley Creek, Shellharbour v Austrálii, metody určení nepropustných ploch. Celkem zahrnuje 7 metod zpracování:

- Metoda 1 – Ruční digitalizace leteckého snímku.
- Metoda 2 – Lidský vizuální odhad z letecké fotografie.
- Metoda 3 – Landuse Zoning Based, použití informací o územním plánování.
- Metoda 4 – Střední rozlišení satelitních snímků (30 m / pixel).
- Metoda 5 – Vysoké rozlišení leteckých snímků.
- Metoda 6 – LIDAR.
- Metoda 7 – Vysoké rozlišení satelitních snímků (2,4 m / pixel).

Tabulka 2 poskytuje souhrn odhadů nepropustného pokrytí povrchu získaných pomocí 7 metod použitých na zkušebním povodí. Šedě podbarvené buňky v levém sloupci ukazují průměrné procento nepropustného pokrytí povrchu vypočtené pomocí metody 1. Zbývající sloupce vpravo představují průměr a rozdíly směrodatné odchylky v procentech nepropustného pokrytí povrchu pro každou z ostatních metod ve srovnání s metodou 1 (např. pokud metoda 1 ukazuje ve vyhodnocení průměr 28 % nepropustnosti a metoda 2 průměr 27 % nepropustnosti, pak rozdíl je -1 procentního bodu). Pokud by metoda poskytla přibližně stejný počet odhadů nad a pod, pak by se průměrné rozdíly (A_v) blížily nule. Pokud jsou hodnoty A_v významně vyšší než nula, tak to znamená, že metoda v průměru nadhodnotila nepropustné krytí vzhledem k metodě 1 a naopak. Směrodatné odchylky (S_d) rozdílů jsou uvedeny bezprostředně pod příslušnými A_v průměry. Nízká hodnota S_d ukazuje, že rozdíly v nepropustných odhadech neměly velký rozptyl.

Imp% M1	Percentage Point Difference in Imp% when Compared to M1								
	M2A	2B	2C	M3	M4	M5	M6	M7	
All Subareas:									
28	-1	-5	3	8	-4	-2	9	-2	Av
-	14	14	15	16	15	13	17	10	Sd
Dominant Landuse:									
Forest									
7	5	4	7	18	2	1	24	1	Av
-	25	25	26	28	27	34	31	27	Sd
Grass									
10	6	4	9	20	0	5	12	2	Av
-	8	9	10	7	16	6	21	8	Sd
Residential									
49	-2	-8	4	0	-2	-7	4	-7	Av
-	6	8	5	6	5	4	5	3	Sd
Residential Low Density									
27	-1	-8	6	6	-1	2	10	-2	Av
-	4	9	7	5	7	5	7	3	Sd
Industrial									
65	11	4	17	8	-19	-16	-7	-4	Av
-	9	7	11	7	15	9	8	5	Sd
Roadway									
66	-19	-23	-15	-21	-9	-6	8	-1	Av
-	15	15	15	14	10	7	8	10	Sd
Quarry									
37	-26	-27	-25	-12	-15	-11	10	-4	Av
-	28	27	29	28	15	17	15	9	Sd

Tabulka 2: Porovnání nepropustných ploch z metod zpracování 1-7 (Roso a kol., 2006)

Z výše uvedeného vyplývá, že metoda 7 poskytla nejlepší celkovou přesnost pro testovací povodí (2 % pod odhadem se standardní odchylkou 10 procentních bodů). Metoda 6 byla nejméně přesná (9% nadhodnocení se směrodatnou odchylkou 17 procentních bodů). S ohledem na odhad podílu nepropustného pokrytí v povodích lze konstatovat, že většina vyzkoušených technik (na lidech a na počítači) obvykle pod nebo nadhodnotí skutečné nepropustné krytí o 10 až 20 procentních bodů. Počítačové metody (metody 4, 5, 6, 7) podceňují nebo nadhodnocují malé oblasti (méně než 5 ha) ve větší míře než větší podoblasti. Nejpřesnější metodou (kromě metody 1) byla metoda 7 zahrnující použití satelitních snímků s vysokým prostorovým rozlišením.

Také Chabaeva a kol. (2009) ve své studii „Assessment of Impervious Surface Estimation Techniques“ uvádí hodnocení výsledků metodou šesti technik pro odhad procenta nepropustného povrchu ve srovnání s fotogrammetricky odvozenými kalibračními a validačními daty z digitálních planimetrických datových sad s vysokým prostorovým rozlišením pro 53 měst v Connecticutu a New Yorku.

Mezi zkoumané vrstvy a techniky pro odhad nepropustného povrchu patří:

- Metoda 1 – Nepropustná povrchová vrstva National Land Cover Dataset (NLCD) 2001, odvozená pomocí klasifikace dat Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM).
- Metoda 2 – Nepropustná povrchová vrstva Connecticut's Changing Landscape (CCL) 2002, odvozená klasifikací subpixelů Landsat ETM a kvantifikací procenta nepropustnosti.
- Metoda 3, 4 – koeficienty specifické pro využití půdy pro dva různé datové soubory krajinného pokryvu, NLCD 2001 a CCL 2002, modelované pomocí nástroje ISAT (Impervious Surface Analysis Tool).
- Metoda 5, 6 – hustotu zalidnění a regresní model založený na krajinném pokryvu – Nástroj pro odhad nepropustných povrchů (ETIS) – využívající populaci US Census Bureau a CCL 2002 a NLCD 2001 krajinný pokryv.

Při porovnání výsledků s referenčními údaji bylo zjištěno, že odhady nepropustnosti v celém povodí založené na testovaných přímých spektrálních metodách odvozených od Landsatu poskytly nejnižší přesnost 7,2 % (metoda 1, NLCD) a 10,2 % (metoda 2, CCL). Naopak nejvyšší přesnost zkoumaných metod je patrna s 4,4 % (metoda 3, NLCD ISAT), 6,3 % (metoda 4, CCL ISAT), 4,2 % (metoda 6, NLCD ETIS) a 4,7 % (metoda 5, CCL ETIS).

Studie Roso a kol. (2006) a Chabaeva a kol. (2009) vykazují jeden společný závěr a to, že určení podílu nepropustných ploch jakožto důležitého parametru v hydrologickém modelování lze v nevyšší kvalitě a přesnosti dosáhnout použitím satelitních snímků s vysokým prostorovým rozlišením.

Indikativní stanovení rozsahu EIA lze v České republice dosáhnout také stanovením odtokového součinitele (Ψ) podle druhu povrchu. Součinitel odtoku Ψ , též nazývaný koeficient odtoku, odtokový koeficient nebo odtokový součinitel, je bezrozměrná veličina měnící se v průběhu trvání deště (Stránský, 2013). Vyjadřuje, jakou část zaujímá povrchový odtok vůči celé srážce. Hodnota je stanovena dle normy ČSN 75 6101.

Pro každou výpočtovou metodu může být povrchový odtok řešen jednoduchým nebo detailním způsobem. *Tabulka 3* ukazuje doporučené součinitele pro výpočet odtoku racionální metodou.

Způsob zástavby a druh pozemku		Součinitel odtoku ψ při konfiguraci území		
		rovinné při sklonu do 1 %	svažitě při sklonu 1 až 5 %	prudce svažitě 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	sdužené 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

Tabulka 3: Doporučené součinitele odtoku ψ pro výpočet stokové sítě racionální metodou (ČSN 75 6101, 2012)

Při návrhu stokové sítě za použití racionálních metod se počítá s periodicitou návrhového deště. Doporučené hodnoty četností a periodicit návrhových dešťů jsou uvedeny v *Tabulka 4*.

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 vzduťi.

*Tabulka 4: Doporučené četnosti a periodicity výpočtových dešťů
při použití racionálních metod (ČSN 75 6101, 2012)*

3.3 Identifikace nepropustných ploch

Pro určení polohy a velikosti nepropustných povrchů na zájmovém území je možno v současné době použít několik zdrojů a podkladů vstupních dat.

Letecké a družicové snímkování jsou hlavní metody pro celkovou identifikaci ploch pomocí technik dálkového průzkumu země (DPZ), mezi další možnosti můžeme řadit ruční pozemní měření ploch pomocí GPS.

Jako podkladní data lze použít již zpracované datové sady poskytující informace o urbanizaci území (např. Corine Land Cover, Urban Atlas). Tyto data ve většině případů však nedosahují potřebného rozlišení a pokud ano, jsou zpracována pouze pro větší urbanizované celky měst.

3.3.1 DPZ – Letecké snímkování

Počátky snímkování povrchu sahají do první poloviny 19. století, avšak skutečný rozmach přišel až v první polovině 20. století. Milníkem se stává provozování prvních letadel, které jsou schopny nést osazený fotoaparát, později kameru (Dobrovolný, 1998). Snímek, pořízený pomocí fotografické techniky, je oproti mapovým datům zcela objektivním a přesným dokladem vykreslující obraz o stavu krajiny v daném čase. Kvalitu pořízených leteckých snímků však přímo ovlivňuje roční období, ve kterém jsou pořízeny, a kvalita techniky (Lipský, 2000).

Letecké snímkování je i v dnešní době stále nejpoužívanější kvalitní metodou detekce povrchu a oproti družicovému snímání zemského povrchu nabízí i řadu výhod, jako je zachycení krajiny v určitém čase, monitorování změn v čase a větší detail s geometrickou přesností (Lillesand a kol., 2008).

Surové snímky při zpracování prochází úpravou obrazu, tj. odstranění šumu, korekcí obrazu a geometrickou kalibrací (Lillesand a kol., 2008). Pořízené snímky mohou být zpracovány metodou analogovou, analytickou a digitální. Analogické snímky jsou zpracovávány např. přístrojem Stereokomparátor. V analytické fotogrammetrii je využíváno analytického stereoplotteru. Digitální data se zpracovávají pomocí digitální fotogrammetrické stanice. Následné úpravy snímků se provádí z důvodu lepší vizualizace pro zobrazení požadované informace v co nejlepší kvalitě (Dobrovolný, 1998).

3.3.2 DPZ – Družicové snímkování

V druhé polovině 20. století dochází s rozvojem informačních technologií k rychlému vývoji v oblasti DPZ. Samotný počátek družicového snímkování můžeme datovat do 60-70. let 20. století, kdy byly vypuštěny první družice. V roce 1972 byl vypuštěn na oběžnou dráhu satelit Landsat-1, který systematicky mapuje povrch Země. V té době byl především přínosem pro vojenskou a vědeckou obec. Pořízená data jsou plně digitalizována a tím je zlepšena jejich přesnost a kvalita zpracování. Výhodou digitálních snímků je výběr širokého spektra druhů snímků, podle požadovaných spektrálních kanálů a prostorového rozlišení. Nevýhodou byla až donedávna nízká rozlišovací schopnost (Campbell a Wynne, 2011), která je však v dnešní době už plně srovnatelná s leteckým snímkem.

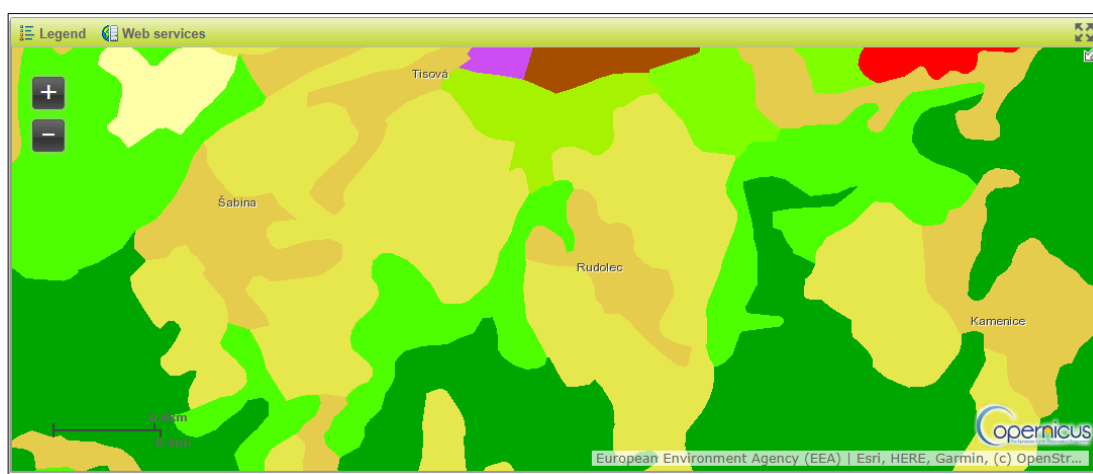
3.3.3 Databáze s klasifikací pokryvu zemského povrchu

V rámci Evropské unie vznikl v roce 2014 projekt Program Copernicus, který provádí globální monitoring životního prostředí na základě evropského systému DPZ. Program využívá nejen data vlastních družic Sentinel, ale i ostatních komerčních objektů na oběžné dráze. Následně zpracovaná data pozorovaných složek jsou volně poskytována pro využití v mnoha oblastech (Jutz a Milagro-Pérez, 2017).

Zpracovaná data zemského povrchu lze čerpat z jednotlivých přístupných databází projektu Evropské unie:

Corine Land Cover

Corine Land Cover (dále jen CLC) je vektorová vrstva povrchu, která byla poprvé vytvořena v roce 1990, pravidelně je aktualizována v 6letých cyklech. Databáze Corine Land Cover je vytvářena jako celoevropská vrstva povrchu s měřítkem 1:100 000 a tomu odpovídající rozlišovací mapovací jednotkou 25 ha, viz *Obrázek 8*, a obsahuje rozdělení celkem na 44 tříd krajinného pokryvu a využití území (Büttner a kol., 2004).

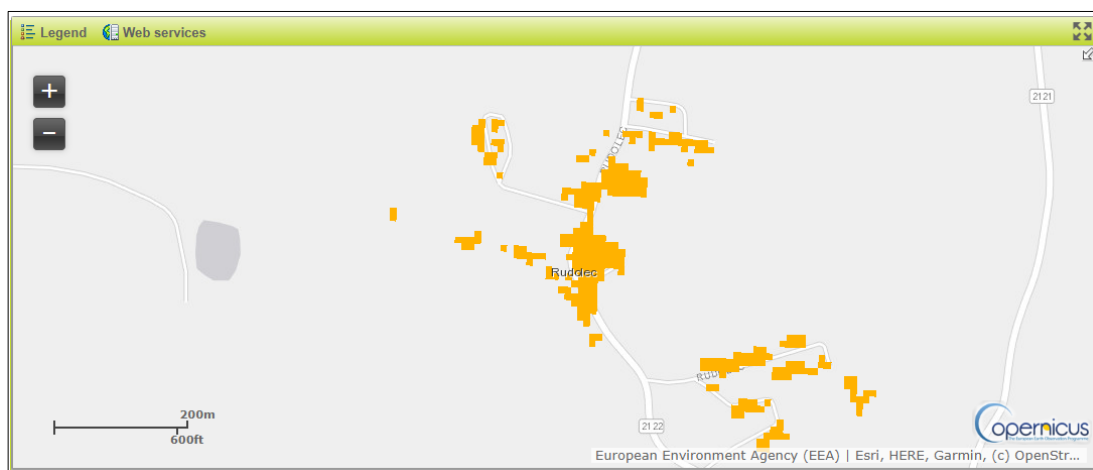


*Obrázek 8: Ukázka rozlišení klasifikace ploch v katastru obce Rudolec – CLC
(Land.copernicus.eu, 2018)*

Vzhledem k parametrům nejmenší mapovací jednotky této databáze, která hůře vystihuje liniové prvky krajinného pokryvu jako jsou dopravní sítě a vodní toky, bylo hodnocení zaměřeno zejména na plošně výraznější prvky krajiny. Mezi ně patří zejména lesní porosty, zemědělská půda a urbanizované oblasti. Na území ČR se vyskytuje 29 tříd (<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>).

High Resolution Layers

Celoevropské vrstvy s vysokým rozlišením (dále jen HRL) poskytují informace o konkrétních charakteristikách krajinného pokryvu a doplňují mapování krajinného pokryvu / využití krajiny, jako například v souborech dat CLC. HRL jsou vytvářeny ze satelitních snímků kombinací automatického zpracování a klasifikace do jednotlivých tříd nebo kategorií. Prostorové rozlišení se pohybuje od 20 do 100 m, viz *Obrázek 9*, a periodičita aktualizace je 3 roky. Oproti datům CLC obsahují pouze 5 datových vrstev jako je nepropustná plocha, hustota lesního porostu, travnaté porosty, mokřady a trvalé vodní plochy. Zatímco nejmenší mapovanou jednotkou Corine je 25 ha, u vrstev vysokého rozlišení je to 1 ha, mají tedy daleko vyšší podrobnost (Hanganu a kol., 2017).



*Obrázek 9: Ukázka zastavěných ploch v katastru obce Rudolec – HRL
(Land.copernicus.eu, 2018)*

Urban Atlas

Urban Atlas (dále jen UA) je databází lokálního měřítka, která zahrnuje mapy krajinného pokryvu metropolitních oblastí Evropy jednotným způsobem tak, aby bylo možné jednoduché porovnávání těchto oblastí. Vrstvy jsou v měřítku 1:10 000 s periodicitou aktualizace 6 let a obsahují 27 tříd krajinného pokryvu. Od roku 2012 se vytváří pro aglomerace s více než 50 tis. obyvatel. Zaměřen je především na podporu řešení problematiky v oblasti městského a regionálního plánování (EEA, 2020).

3.3.4 Klasifikace zastavěných ploch

K vytvoření jednotlivých vrstev mapové kompozice ze snímků DPZ musí předcházet jejich klasifikace.

Hlavním cílem klasifikace je náhrada hodnoty původního snímku. Při klasifikaci jsou využita rozhodovací pravidla, díky nimž je možno identifikovat podobné prvky obrazu a vzájemně je seskupit do jednotlivých tříd se stejnými vlastnostmi. Klasifikace může být buď řízená nebo neřízená. O řízené klasifikaci mluvíme v případě, kdy je vyžadován vstup uživatele, který jí bude řídit a danému algoritmu určí, které pixely patří do jaké tzv. informační třídy. Neřízené klasifikace je proces, který nevyužívá trénovací množiny a také nevyžaduje téměř žádnou znalost daného území. Metody neřízené klasifikace stojí na čistě matematických základech (Pavelka, 2010).

Vizuální interpretace a ruční vektorizace obrazových dat dálkového průzkumu Země může být nahrazena pomocí počítačových klasifikačních algoritmů. Jejich výhodou je rychlost a možnost zpracování velkého množství dat, ale také exaktnost, tj. mohou být použity opakovaně naprosto stejným způsobem. Výstupem klasifikací bývají nejčastěji tematické mapy, tabulky nebo digitální datové soubory, které slouží jako vstupy do geoinformačních systémů (Lillesand a kol., 2008).

Podstata klasifikace spočívá v rozdělení naměřeného datového souboru do určitých tříd podle určitého znaku a na základě určitých rozhodovacích pravidel (klasifikátoru). Třídami jsou v dálkovém průzkumu Země nejčastěji jednotlivé typy krajinného pokryvu v různé úrovni podrobnosti (Anderson a kol., 1976). Příznak je veličina, kterou můžeme pro jednotlivé objekty měřit a která by měla především jednoznačně odlišovat jednotlivé třídy. Rozeznáváme čtyři základní příznaky – spektrální, prostorový, časový a polarizační (Kolář, 1990). Obzvláště v pixelových klasifikacích je nejčastěji využíván spektrální příznak, který pro každý pixel udává hodnotu odraženého/vyzářeného záření v jednotlivých pásmech multispektrálního obrazu. Klasifikátor je pak sada pravidel (algoritmus), která na základě příznaků rozhoduje o přiřazení zkoumaného pixelu do dané třídy.

Výše předkládané zdroje dat nepropustných ploch z rastrových dat získané prostřednictvím DPZ, které by ve větší lokalitě byly plně dostačující, nám pro vymezení nepropustných ploch v daném zájmovém území obce Rudolec neposkytují dostatečně detailní reprezentaci ploch v obci.

4 Metodika

Metodický postup zpracování, který je použit v bakalářské práci, je rozdělen na dvě základní skupiny:

1. Terénní šetření v zájmovém území obce Rudolec, fotodokumentace nepropustných ploch, místních vodotečí, svodnic a vodních ploch.
2. Digitální zpracování nepropustných ploch v zájmovém území obce Rudolec a jejich analýza na základě dostupných mapových podkladů.

4.1 Terénní průzkum

Terénní průzkum byl proveden v zájmové oblasti, obci Rudolec u Březové v okrese Sokolov, v Karlovarském kraji. Cílem průzkumu bylo zjistit rozsah, rozložení nepropustných ploch a způsob odtoku, resp. likvidace srážkových vod z těchto ploch. V neposlední řadě průzkum v terénu obsahoval také seznámení se s dotčenou lokalitou jako celkem a porozumění tak celkové situaci odvodnění.

Místní šetření o způsobu odtoku srážkových vod z nepropustných ploch proběhlo ve dvou termínech, jaro 2021 a podzim 2021, kdy byl formou přímého dotazu u konkrétních vlastníků pozemků zjišťován skutečný stav lokálního odvodnění. Jako nepropustná plocha je brána střecha nemovitosti, silnice, dvůr a případně přístřešek větších rozměrů. Naopak menší objekty, jako například kůlny na nářadí a pergoly, jsou při zpracování zanedbány.

U vlastníků byly dotazovány tyto skutečnosti:

- je nepropustná plocha na vašem pozemku odvodňovaná **vsakem**, jak velká je tato plocha?
- je nepropustná plocha na vašem pozemku odvodňovaná do **sběrných nádob**, jak velká je tato plocha?
- je nepropustná plocha na vašem pozemku odvodňovaná do **drenážního systému**, jak velká je tato plocha?

U nezastižených vlastníků nebo u těch, kteří nechtěli v této věci komunikovat, případně neměli o problematice znalost, jak jsou plochy na pozemních odvodněny, byla informace o odvodnění odhadnuta na základě vizuálního pohledu.

Zjištěné skutečnosti a poznámky byly dále zpracovány do digitální formy k dalšímu využití a analýzám. Nedílnou součástí průzkumu byla fotodokumentace, z nichž vybraná část je součástí této práce.

4.2 Digitální zpracování dat

Lokalita obce Rudolec nemá v dostupných datových setech s klasifikací pokryvu zemského povrchu dostatečné rozlišení alespoň pro základní analýzu nepropustných ploch v zájmové oblasti (detailně bývají zpracovány větší města).

Na základě tohoto zjištění jsou nepropustné plochy zpracovány vektorizací rastrového podkladu, v tomto případě ortofotomap z mapového serveru České informační agentury životního prostředí CENIA. Vrstva nepropustných ploch je zpracována pomocí analytických nástrojů GIS v programu ArcMap, v digitální podobě, pro případné další využití v navazujících projektech. Zpracovány jsou veškeré významné nepropustné plochy v obci, a to bez ohledu na možný způsob jejich odvodnění.

Při vektorizaci jsem vytvářel digitální vektorovou reprezentaci vybraných prostorových dat nepropustných ploch pomocí prvků polygonu. Pro lepší identifikaci a řazení má každý polygon plochy v sobě informaci o ID plochy a čísle popisném budovy, kde se polohopisně nachází. Čísla popisná budov jsou převzata z databáze ČUZK – adresní místa. Pokud se jedná o plochy typu silnice či jiné plochy bez čísla popisného, je jeho hodnota 0. Každý digitalizovaný prvek obsahuje informaci o čísle popisném, kde leží, o odtoku z plochy, informaci o velikosti (v m²), o původu zdroje informací, typu plochy, o recipientu/vsaku a průtoku.

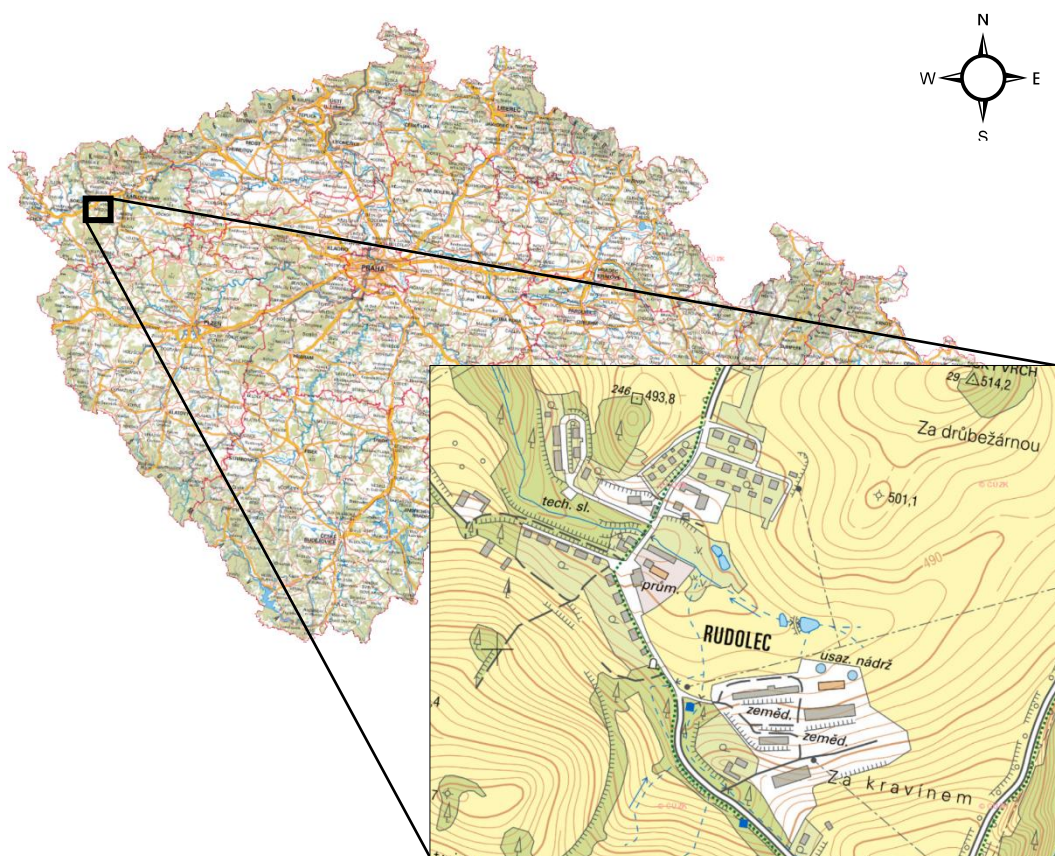
Při ruční digitalizaci mohou vzniknout odchylky mezi plochou vektorizovanou a plochou skutečnou. Nicméně tyto rozdíly bývají malé a nemají významný vliv na budoucí využití těchto dat.

Plochy jsou zpracované nad aktuálním leteckým snímkem z geoportálu CENIA ke dni zpracování bakalářské práce.

5 Zájmová oblast

5.1 Lokalizace obce Rudolec

Obec Rudolec, část města Březová, leží v okrese Sokolov, v Karlovarském kraji, *Obrázek 10*. Nachází se asi 3 km na jihozápad od města Březová. Rudolec leží v katastrálním území Rudolec u Březové o rozloze 4,3 km² (Územně identifikační registr ČR, 2021). V obci je evidováno celkem 65 adres (Stavební objekty v ČR, 2021). V roce 2011, při posledním zveřejněném sčítání obyvatel, zde trvale žilo 144 obyvatel (Statistický lexikon obcí, 2013). Rudolec leží na úpatí Slavkovského Lesa v nadmořské výšce 465–525 m.n.m., na silnici mezi Kostelní Lípou a silnicí 606, západně od Březové. Veškerou zástavbu tvoří převážně rodinné domky a areál hospodářské farmy. Část obce leží v CHKO Slavkovský Les. Středem části obce protéká bezejmenný levobřežní přítok Tisové.

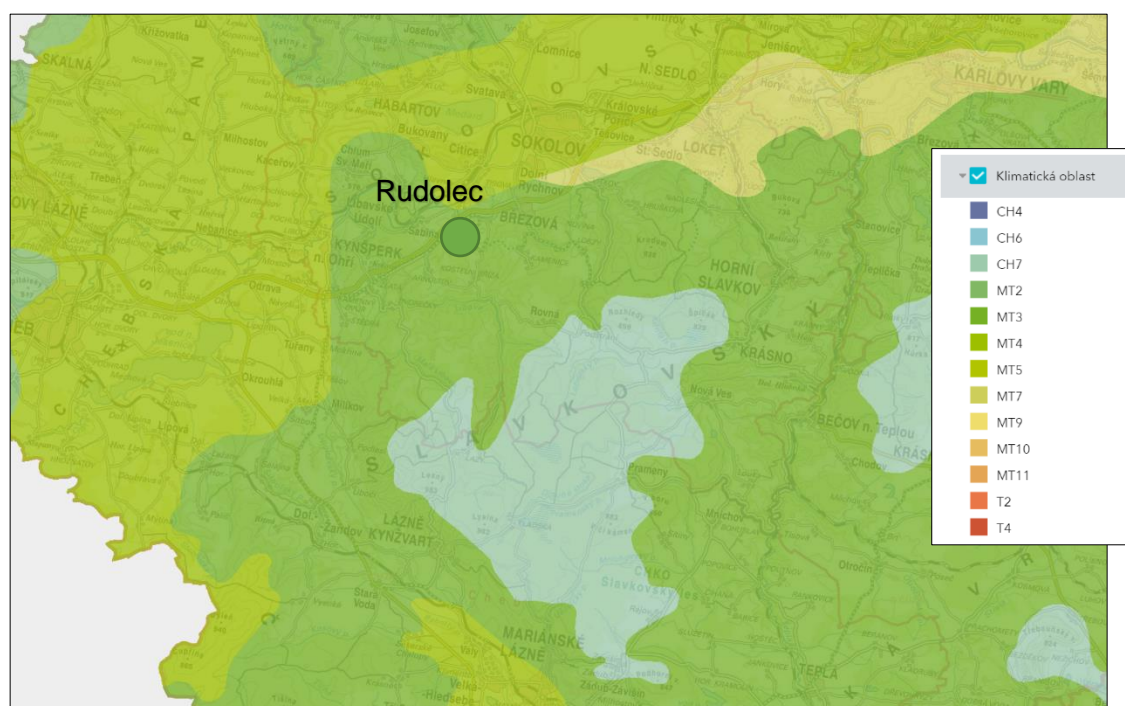


Obrázek 10: Lokalizace obce Rudolec (M 1:4000, CÚZK, 2021), upraveno

Obec má vlastní kanalizaci s výstupem do čistírny odpadních vod, sběrný dvůr pro stavební a tříděný odpad. V obci najdeme pohostinství, dětské a futsalové hřiště, v roce 2013 byla dokončena stavba víceúčelového objektu „Rudolecká stodola“. V centru obce nalezneme pomník obětem první a druhé světové války. Na území obce fungují dva subjekty s možností pracovního zařazení, firma Ekopodpal spol. s.r.o. a Farma LA Rudolec.

5.2 Klimatická oblast

Území ČR je na základě historických dat (1901–2000) rozděleno do 13 klimatických oblastí. Zájmové území, obec Rudolec, *Obrázek 11*, leží v klimatické oblasti MT3, což odpovídá mírně teplé oblasti (AOPK ČR, 2021). Charakteristické parametry klimatické oblasti (Quitt, 1971) jsou uvedeny v *Tabulka 5*.



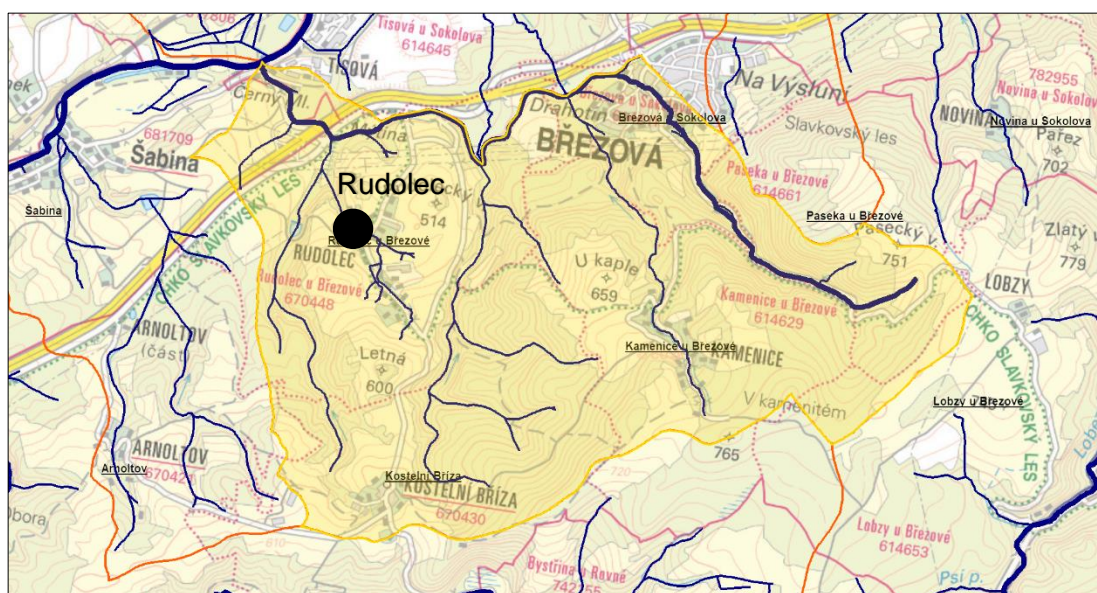
Obrázek 11: Klimatické oblasti (AOPK ČR, 2021), upraveno

Klimatická oblast MT3 – mírně teplá oblast	
Počet letních dnů	20–30
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	120–140
Počet mrazových dnů	130–160
Počet zamračených dnů	120–150
Počet jasných dnů	40–50
Počet ledových dnů	40–50
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	110–120
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60–100
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350–450 mm
Srážkový úhrn v zimním období	250–300 mm

Tabulka 5: Charakteristické parametry MT3 (Quitt, 1971)

5.3 Hydrologické povodí

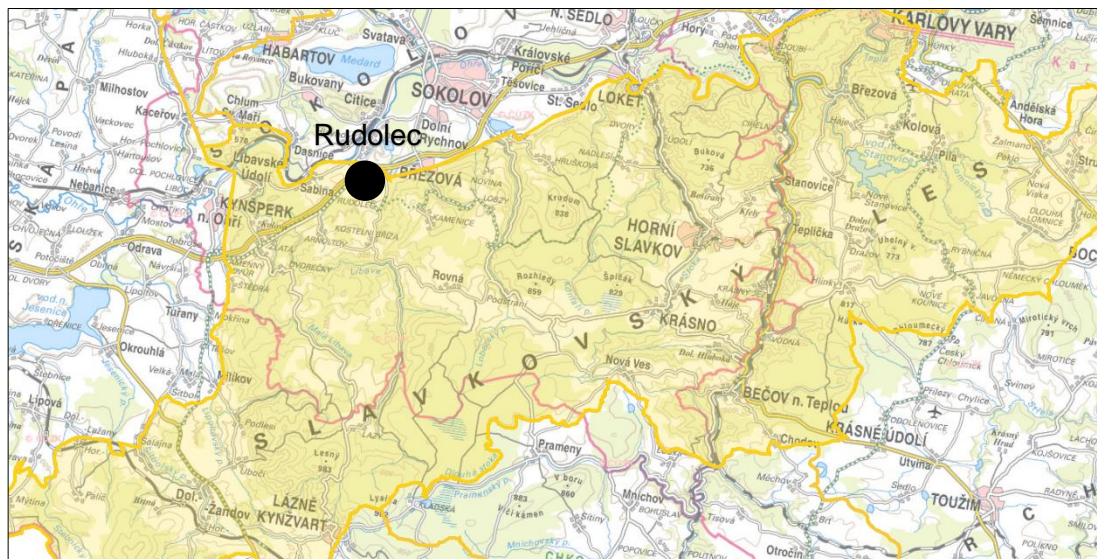
Obec Rudolec se nachází v hydrologickém povodí 4. řádu 1-13-01-0900-0-00, *Obrázek 12*, v nedaleké blízkosti toku Tisová, která následně ústí do Ohře (HEIS, 2021).



Obrázek 12: Hydrologické povodí (HEIS, 2021), upraveno

5.4 Hydrogeologický region

Zájmová lokalita leží v hydrogeologickém rajonu, *Obrázek 13*, 6112 Krystalinikum Slavkovského lesa s celkovou plochou 523,3 km², v dílčím povodí Ohře. Jedná se o souvrství s volnou hladinou a puklinovým typem propustnosti (HEIS, 2021).

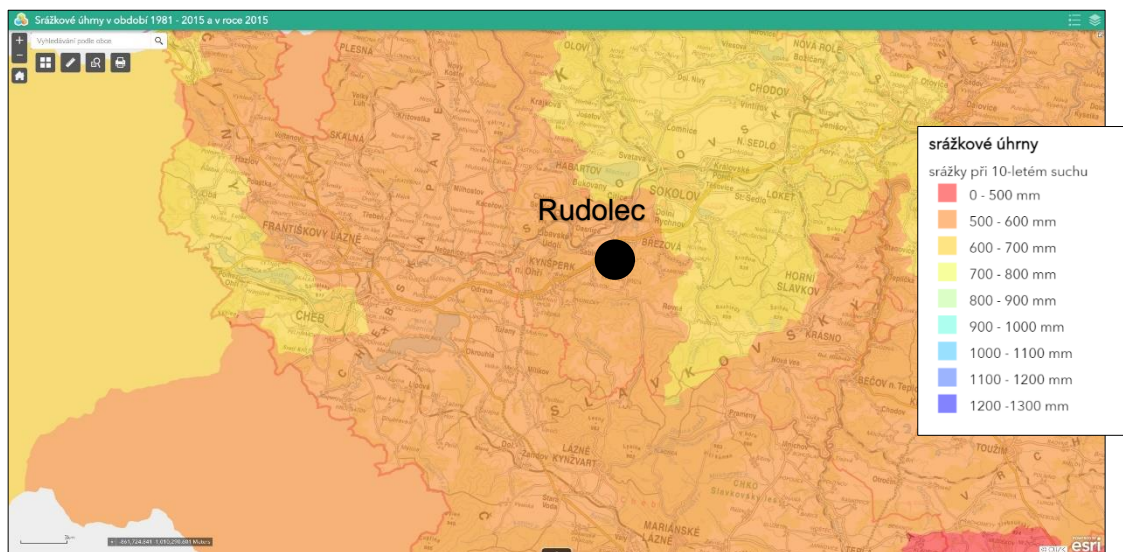


Obrázek 13: Hydrogeologický region (HEIS, 2021), upraveno

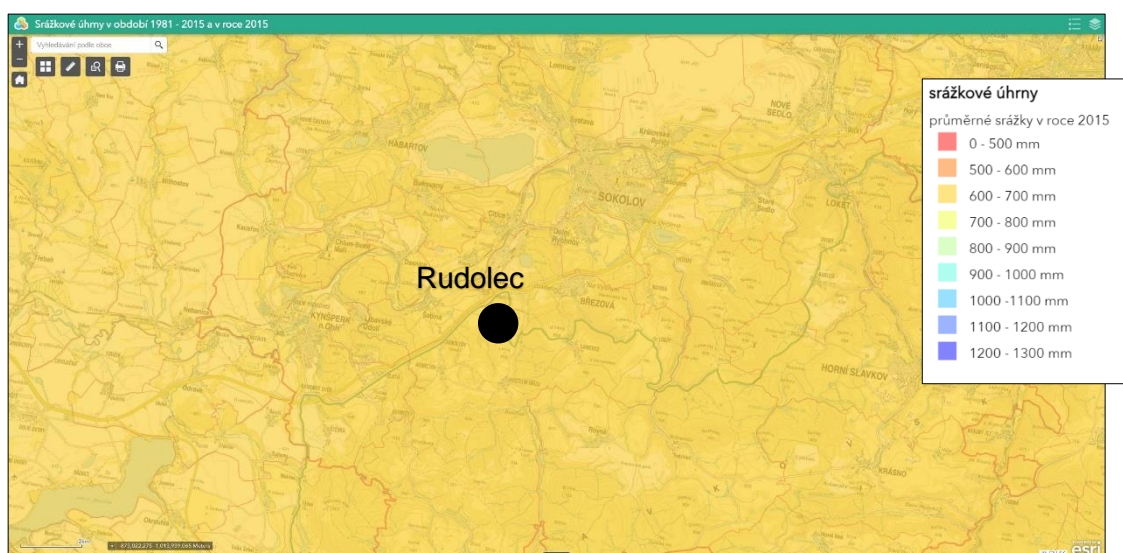
5.5 Sucho

Aktuálně hojně diskutovanou problematikou sucha v krajině se zabývá Mezirezortní komise voda – sucho. V rámci aktivit této komise byly provedeny analýzy historických srážkových dat na území ČR. Data dávají představu o stavu srážek v zájmové oblasti v širších souvislostech a jsou platná k roku 2015. Dle výstupů komise zájmová oblast obce Rudolec není aktuálně ohrožena suchem (Sucho v krajině, 2021).

Níže uvedený *Obrázek 14* zobrazuje srážkové úhrny v oblasti při 10 - letém suchu. *Obrázek 15* udává průměrné úhrny v rozmezí 600–700 mm/rok v roce 2015 (Sucho v krajině, 2021).



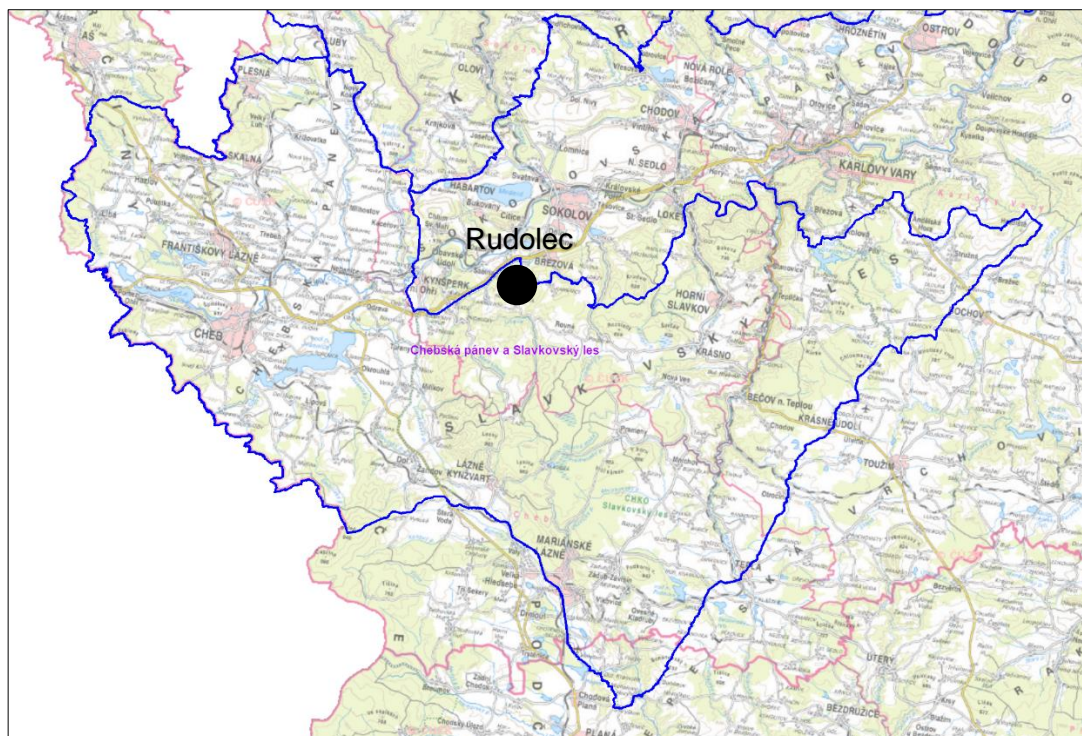
Obrázek 14: Srážky při 10letém suchu (Sucho v krajině, 2021), upraveno



Obrázek 15: Průměrné srážky v 2015 (Sucho v krajině, 2021), upraveno

5.6 Chráněná oblast přirozené akumulace vod

Zájmové území leží z větší části své rozlohy v chráněné oblasti přirozené akumulace vod Chebská pánev a Slavkovský les, *Obrázek 16*. Hospodaření v tomto území je omezeno ustanoveními zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). V oblasti jsou zakázány činnosti narušující vodní režim jako odlesňování, odvodňování, povrchová těžba apod. Obec se nenalzá v ochranném pásmu žádného vodního zdroje (HEIS, 2021).



Obrázek 16: Chráněná oblast přirozené akumulace vod (HEIS, 2021), upraveno

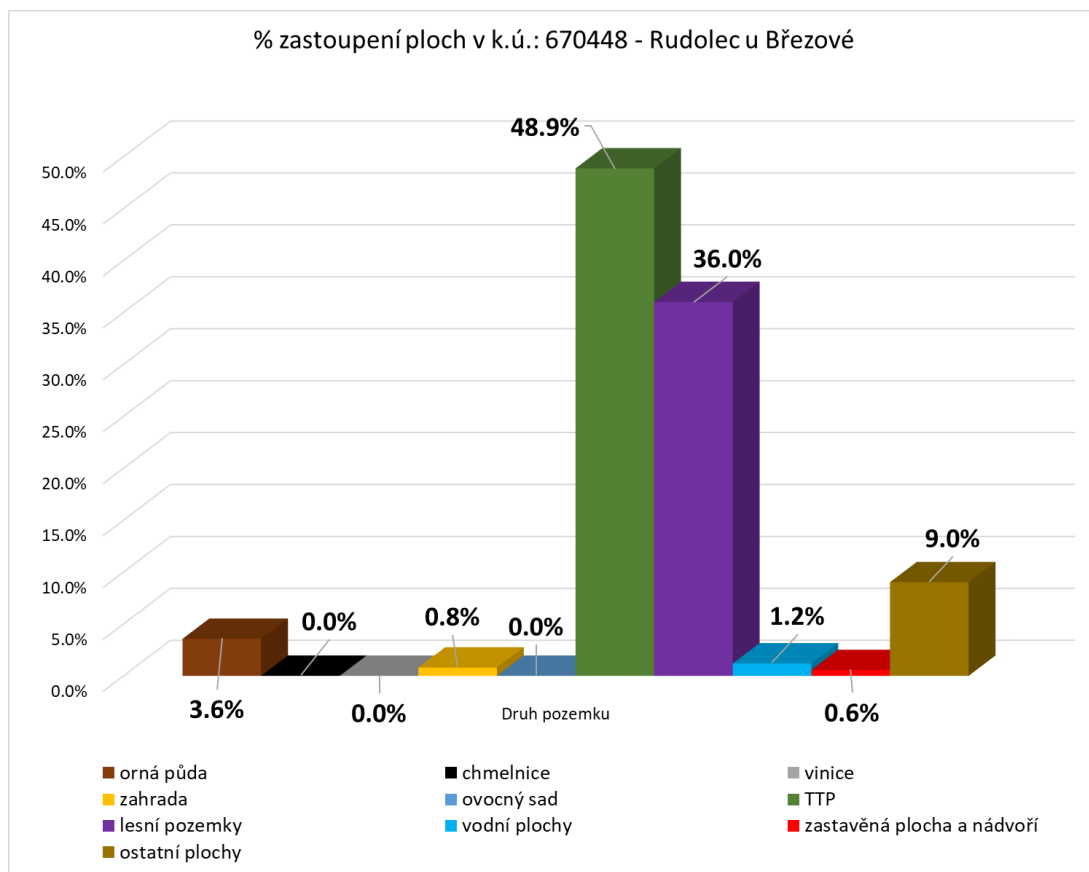
5.7 Využití krajiny

V zájmovém katastrální území je zastoupena zemědělská a nezemědělská půda ve vyrovnaném poměru, *Tabulka 6*. Stavební parcely, které zahrnují zastavěné plochy a nádvoří zaujímají výměru 23 978 m² a jsou celkem na 97 parcelách. Zastoupení zastavěných ploch k celkové ploše katastrálního území je 0,6 %.

Statistické údaje k.ú. 670448 - Rudolec u Březové (stav ke dni: 2.10.2021).

Parcely	TYP	Druh pozemku	Výměra (m2)	Počet parcel	Zastoupení %	Podíl %
pozemkové	zemědělská půda (ZPF)	orná půda	153 354	12	3.6%	53.2%
		chmelnice	0	0	0.0%	
		vinice	0	0	0.0%	
		zahrada	34 345	63	0.8%	
		ovocný sad	0	0	0.0%	
		TTP	2 101 724	104	48.9%	
stavební pozemkové	nezemědělská půda	lesní pozemky	1 548 318	87	36.0%	46.8%
		vodní plochy	51 215	22	1.2%	
		zastavěná plocha a nádvoří	23 978	97	0.6%	
		ostatní plochy	387 916	286	9.0%	
SUMA			4 300 850	671	100.0%	100.0%

Tabulka 6: Využití krajiny (Nahlížení do katastru nemovitostí, 2021), upraveno




Obrázek 17: Procentuální zastoupení ploch
(Nahlížení do katastru nemovitostí, 2021), upraveno

5.8 Stávající stav odkanalizování

Kanalizační síť Rudolce je v majetku fy. Sokolovská vodárenská s.r.o., aktuálně kanalizaci provozuje Vodárna Sokolovsko s.r.o. Podkladní data o kanalizační síti byla poskytnuta v roce 2020 fy. Vodárna Sokolovsko s.r.o. ve formátu *.dwg a *.pdf pouze pro účely této bakalářské práce a nebudou poskytnuty třetí osobě.

Odpadní vody z obce odváděné veřejnou kanalizací na ČOV Rudolec, jsou pouze vody splaškové z domácností a ostatních zařízení občanské vybavenosti obce. Dešťové vody nejsou na stávající kanalizační síť napojeny. Kromě vstupních šachet nejsou na stokové síti další objekty ve správě fy. Vodárna Sokolovsko. Mimo vyústění z ČOV není na stokové síti vybudováno žádné další odlehčení do recipientu. *Tabulka 7* z roku 2013 ukazuje v té době aktuální stav napojených obyvatel a předpokládaný vývoj až do roku 2030 (PRVK, 2013).

E.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE				Rok:					
	Základní parametry:	Ozn.	Jednotky	2005	2010	2015	2020	2025	2030
	Počet obyv. napojených na kanal.	Nk	obyvatel	48	49	151	151	151	151
	Počet obyv. napojených na ČOV	Ncov	obyvatel	48	49	151	151	151	151
	Spec. produkce odp. vod obyv.	Qov	l/(os.den)	120	120	207	207	207	207
	Produkce odpadních vod	Mov	m ³ /den	21,3	21,6	21,7	21,7	21,7	21,7

Tabulka 7: Údaje o napojení obyvatel a produkce odpadních vod (PRVK, 2013)

5.8.1 Čistírna odpadních vod

Čistírna odpadních vod Rudolec je určena k čištění odpadních vod pouze z obce Rudolec. Jedná se o mechanicko-biologickou ČOV. Odpadní voda natéká přes česlicový koš do provzdušňované separace hrubých látek, kde jsou zčásti rozmělněny hrubé nečistoty a nornou stěnou jsou zachyceny plovoucí nečistoty. Ze separace hrubých látek voda natéká do provzdušňované aktivační nádrže. Z aktivační nádrže voda přes odplyňovací zónu natéká uklidňovacím válcem do dosazovací nádrže. V dosazovací nádrži vyčištěná voda přepadá do odtokového žlábků, který je zaústěn do bezejmenné vodoteče, která je levostranným přítokem potoka Tisová. Čistírna je vybavena měrným objektem.

5.8.2 Popis stokové sítě

Popis stokové sítě je uveden z platného provozního řádu kanalizace Rudolec z roku 2013. Vedení kanalizace je zobrazeno na *Obrázek 18*.

Stoka „A“ – stoka vede podél rodinné zástavby, dále přechází hlavní silnici a ústí na ČOV Rudolec. Materiál kamenina DN 250, délka cca 214 m, PVC DN 250, délka cca 172 m, PVC 300, délka cca 257 m.

Stoka „A1“ – stoka vede kolem komunikace a je napojena na stoku „A“. Materiál PVC DN 250, délka cca 133 m.

Stoka „A2“ – stoka odkanalizovává rodinné domy a je napojena na stoku „A“. Materiál PVC DN 250, délka cca 40 m.

Stoka „A3“ – vede v komunikaci podél rodinné zástavby a je napojena na stoku „A“. Materiál kamenina DN 250, délka cca 71 m.

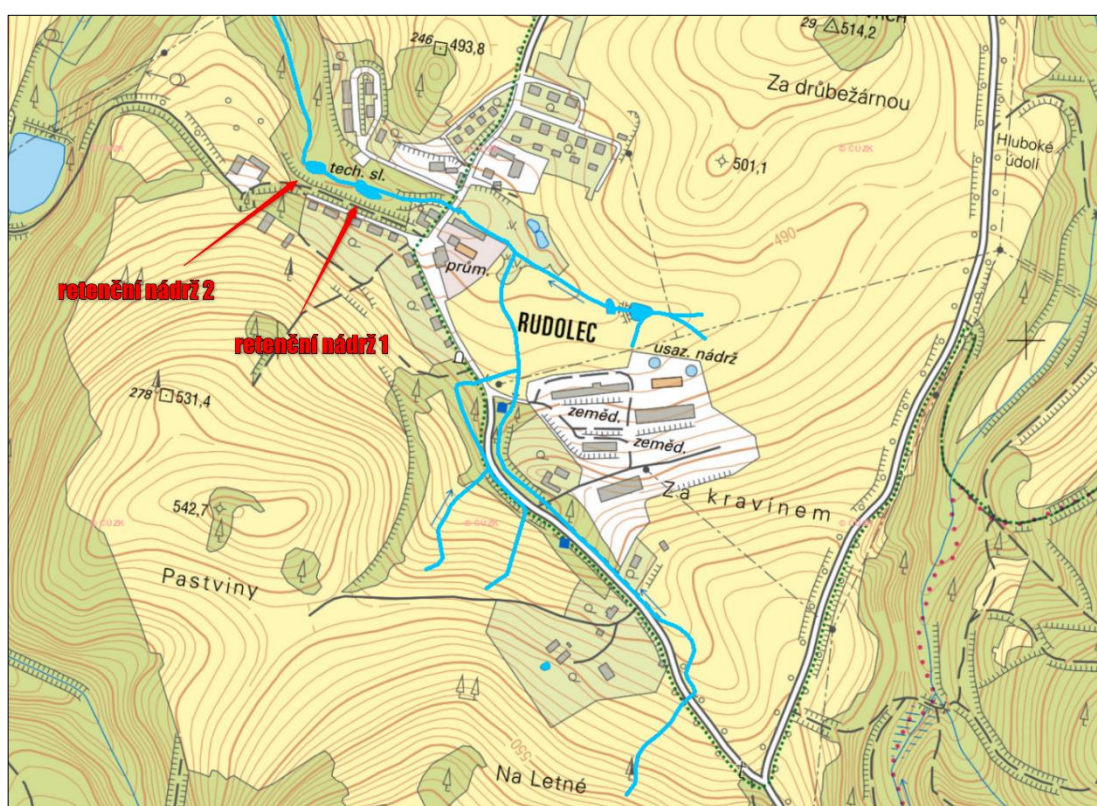


Obrázek 18: Situace kanalizační sítě (Vodárna Sokolovsko, 2020), upraveno

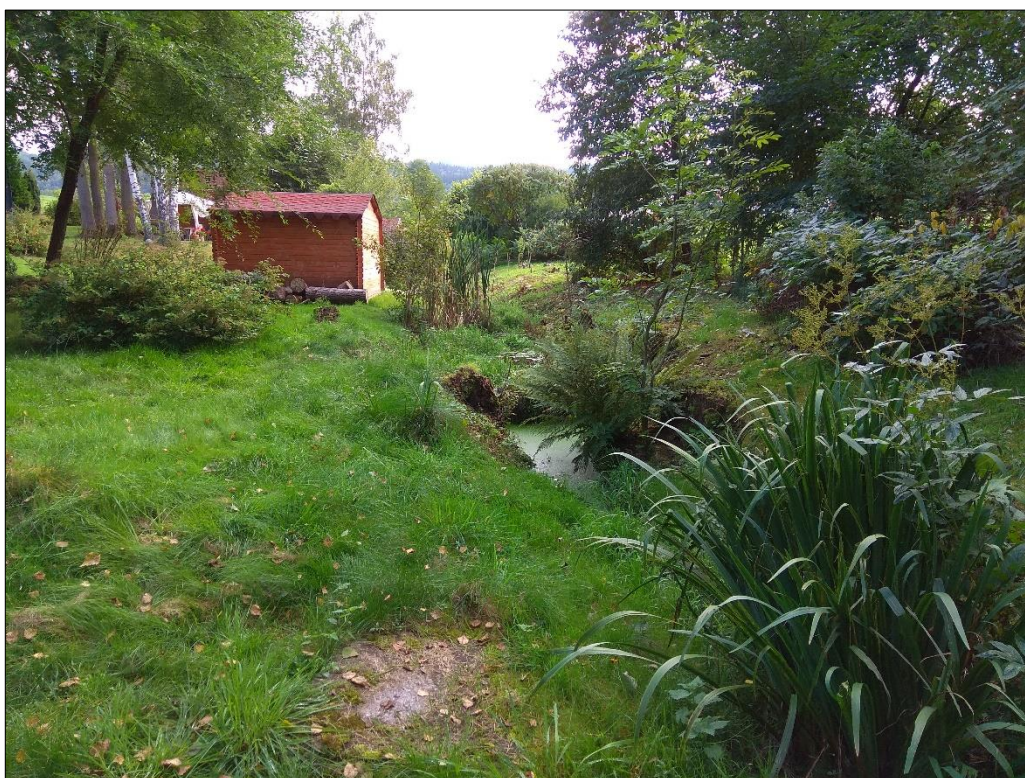
5.9 Stávající stav odvodnění

Ke středu samotné obce Rudolec přitéká několik bezejmenných vodotečí, které se následně, před průchodem obce, spojí v jednu. V samotné obci jsou vybudované dvě průtočné přírodní retenční nádrže.

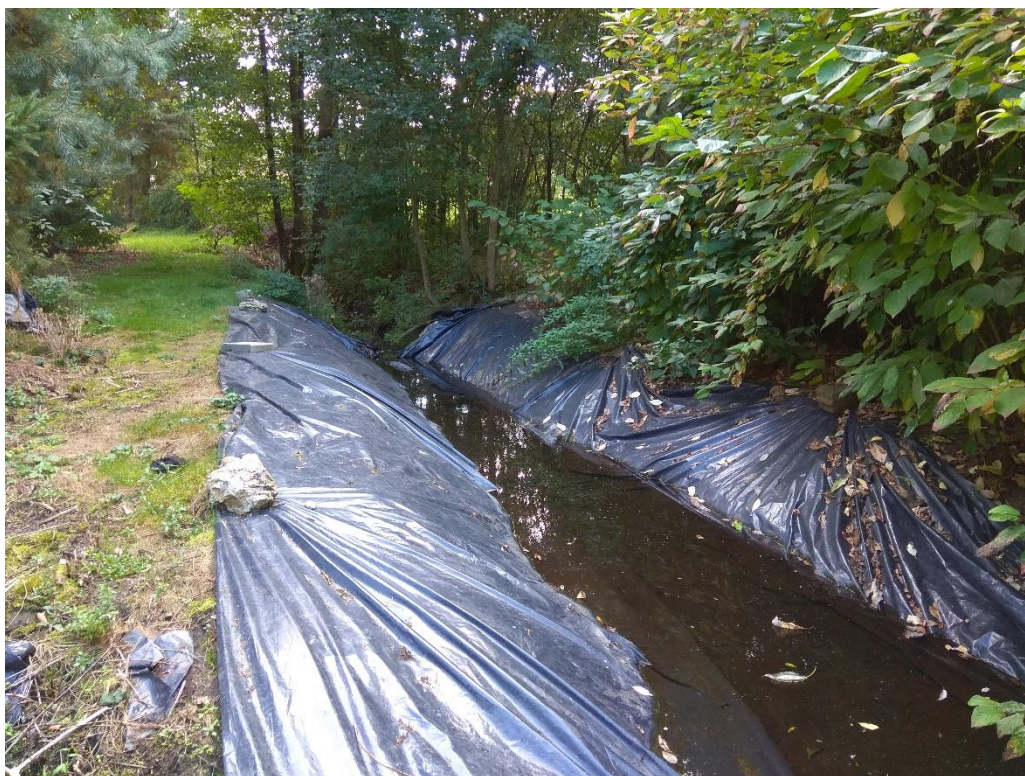
Spojení s potokem Tisová je cca 1 km za obcí, před propustkem se silnicí 606. Indikativně zjištěný průtok v jednotlivých vodotečích před přítokem do obce se pohybuje kolem 1 l/s. Průtok není souvislý, místy se na vodotečích průchodem obce tvoří přírodní, ale také uměle vytvořené tůňky a jiné retence, které zpomalují rychlost proudění a podporují akumulaci vody.



Obrázek 19: Přehled vodních toků v zájmové oblasti (HEIS, 2021)



Obrázek 20: Svodnice před vstupem do obce (Vlastní foto, 2021)



Obrázek 21: Umělá akumulace vody před obcí (Vlastní foto, 2021)



Obrázek 22: Svodnice ve středu obce, u autobusové zastávky (Vlastní foto, 2021)



Obrázek 23: Retenční nádrž 1 (Vlastní foto, 2021)



Obrázek 24: Retenční nádrž 2 (Vlastní foto, 2021)

5.10 Nepropustné plochy

Nepropustné plochy na zájmovém katastrálním území jsou velmi řídké rozesety napříč celou obcí. V celkové rozloze katastrálního území 4 300 850 m² jsou nepropustné plochy se svou výměrou 23 978 m² zastoupeny 0,6 %.

Ve středu obce jsou nepropustné plochy tvořeny převážně střechami budov, místními zpevněnými silnicemi (komunikacemi) a dvory. V jižní části obce jsou nepropustné plochy soustředěny zejména v areálu fy. Farma LA Rudolec. I zde se jedná především o střechy budov a zpevněné plochy kolem nich.



Obrázek 25: Vymezení nepropustných ploch v obci Rudolec
(M 1:4000, CÚZK, 2021), upraveno

5.11 Povrchový odtok

Určení povrchového odtoku z nepropustných ploch zájmového území bylo provedeno racionální metodou vycházející z obecného vzorce $Q=\psi \cdot S \cdot q_s$, kde:

Q je maximální odtok dešťových vod (l/s),

ψ je součinitel odtoku (bezrozměrný),

S_s je plocha povodí (ha),

q_s je intenzita deště uvažované periodicity (l/s.ha).

Výpočty na extrémní událost syntetické srážky, která svým charakterem odpovídá jednoletému návrhovému blokovému dešti s dobou trvání 15 min a intenzitou 107 l/s.ha (9,6 mm), jsou stanoveny pro tuto oblast podle intenzity krátkodobých dešťů (Trupl, 1958). Četnost výskytu návrhové srážky 1 x za 1rok (venkovská území) je zvolena dle ČSN 75 6101 jako jednoduchá metoda pro odhadnutí maximálního dešťového odtoku z konkrétní plochy.

Součástí zpracování je také vyhodnocení povrchového odtoku na srážky různého spektra intenzit, *kapitola 12.3.*

Součinitel odtoku nepropustných ploch byl vzhledem ke kategorii „zastavěné a málo propustné plochy“ např. střecha, betonové a asfaltové povrchy zvolen dle ČSN 75 6101 takto :

- Střecha (izolované v zahradách) $\psi=0,80$
- Komunikace (asfalt beton) $\psi=0,80$
- Dvory (beton) $\psi=0,80$

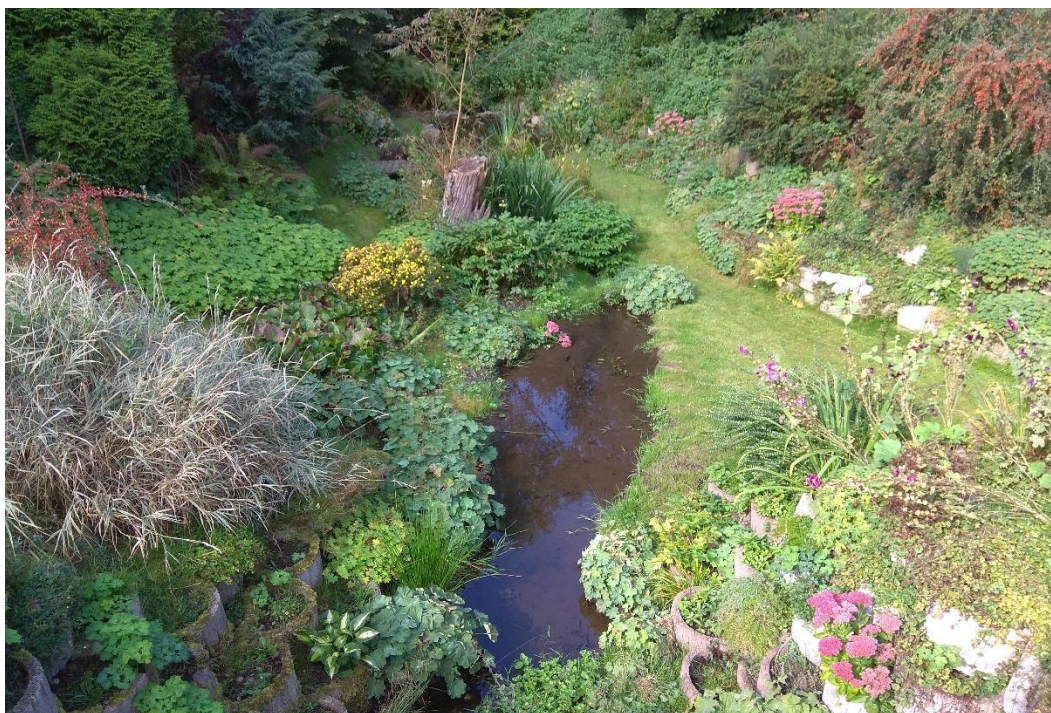
6 Výsledky

Výsledky práce se dají rozdělit na dvě části, a to na výsledky z dat terénního průzkumu a na výsledky digitálního zpracování získaných dat. S daty z digitálního zpracování jsou následně prováděny analýzy způsobu odvodnění a množství odtoku z nepropustných ploch zájmového území.

Rozložení nepropustných ploch, efektivních i neefektivních, a způsob jejich odtoku v obci Rudolec odpovídá konvenčnímu způsobu odvodnění. Část srážkových vod je zachycena a následně využita k zálivce na pozemcích vlastníka. Část srážkových vod kontrolovaně odtéká drenážním systémem s vyústěním přímo do vodoteče. Zbytek srážkových vod zasakuje bez odtoku na přirozených propustných plochách zeleně, která fungují jako jakási přírodní houba. Zasakují srážkovou vodu, filtrují ji a tím i čistí.

Znovuvyžití srážkových vod k zálivce obvykle vyžaduje oddělené odvádění málo znečištěných srážkových vod ze střech. V obci Rudolec jsou tyto vody zachycovány do sběrných nádob, nejčastěji plastových sudů. Tato praxe zachycení srážek je v obci vcelku běžná. Během průzkumu nebyla zjištěna žádná akumulace srážkové vody a její následné použití na hygienickou potřebu (sprchování, praní).

V obci, na zastavených plochách, nejsou vystaveny žádná velká technická zařízení typu podzemních retenčních objektů, ale vyskytují se zde přírodě blízká opatření jako jsou liniové příkopy a průlehy. Ostatně příkopy lemují obec téměř po celé její délce. Na zahradách, ale i v těsné blízkosti vodoteče, lze spatřit bioretenční systémy, mokřady a jezírka. Vlastníci pozemků a vedení obce od přírodě blízkého způsobu odvodnění očekávají pomoc s obnovením přirozeného stavu hydrologického cyklu, zmírnění povrchového odtoku a zmírnění znečištění zdrojů vody. Zároveň se minimalizují dopady změny klimatu a v neposlední řadě se také snižuje riziko lokálních záplav.



Obrázek 26: Mokřady a jezírka v na území obce Rudolec (Vlastní foto, 2021)

6.1 Výsledky terénního průzkumu

Data získaná terénním průzkumem jsou z části založena na přímých odpovědích vlastníků nemovitostí a jejich pochopení otázky ohledně odvodnění vlastních ploch a schopnosti co nejpřesněji odpovědět. V případě lokalit a ploch, které nebyly v době dotazování přístupné, je způsob odvodnění pouze odhadnut, a to na základě vizuálního pozorování nebo informace od sousedů, či v případě pozemních komunikací obchůzkou v terénu.

Obec Rudolec má dle aktuálního náhledu adresních míst v katastru nemovitostí (CUZK, 2021) 64 adres s číslem popisným. Na jedné adrese se objevuje i více ploch odvodnění (střecha + kůlna + dvůr). Na 24 adresních místech byl průzkum proveden přímým dotazem, na dalších 24 místech byl stav zjištěn vizuálním průzkumem a na 16 adresních místech pouze odhadnut. Bližší informace o jednotlivých plochách, jejich rozloha, popis a způsob odvodnění jsou detailněji popsány v části digitálního zpracování dat.

Nepropustné plochy na parcelách jednotlivých vlastníků nemovitostí se dají rozdělit na plochy vlastních střech (přístřešků, kůlen, garáží) a ostatních ploch na pozemku - dvorů. Celková skladba odvodnění z těchto ploch je napříč obcí velmi různorodá. Obecně se dá říct, že části střech domů směřující ke komunikaci jsou odvodněny pomocí místního drenážního systému a druhá část střech, směřujících do zahrad je odvedena do sudů nebo přímo na terén. Ovšem najdou se i nemovitosti, které jsou napojeny celkově na drenážní systém.

Střechy přístřešků, garáží a kůlen jsou většinou svedeny do sudů anebo na povrch. Voda z těchto ploch je využita na zálivku zeleně na jednotlivých pozemcích vlastníků.



Obrázek 27: Odvodnění ploch střech do drenážního systému (Vlastní foto, 2021)



Obrázek 28: Odvodnění ploch střech do sudů k zálivce (Vlastní foto, 2021)

Neméně významnou skupinou ploch k odvodnění jsou místní silnice (komunikace). Informace k nim byla získána pochůzkou v terénu. Páteřní silnice před průchodem obce z jižního směru od obce Kostelní Bříza je lemována místními strouhami a odvodňovacími příkopy, a to až k prvním domům obce. Odvodnění těchto ploch jde přímo do vodotečí. Silnice, která následně prochází obcí je místy odvodněna do přilehlých otevřených příkopů, které jsou buď zakončeny volnou výustí k zásaku nebo jsou napojeny na drenážní systém se zaústěním do místní vodoteče. Místy se jedná i o rozliv se zásakem v gravitačně nejnižším bodě plochy. Stejný způsob odvodnění jako hlavní komunikace mají i větší plochy dvorů místních firem. Vedlejší ulice obce nemají jednotný systém odvodnění, většinou zde žádný konkrétní prvek odvodnění není nebo se v ulicích vyskytují fragmenty zasakovacích příkopů. Z větší části není povrchový odtok z těchto ploch usměrňován a jedná se spíše o rozliv a následný vsak.



*Obrázek 29: Odvodnění páteřní komunikace obce otevřeným příkopem se zásakem
(Vlastní foto, 2021)*

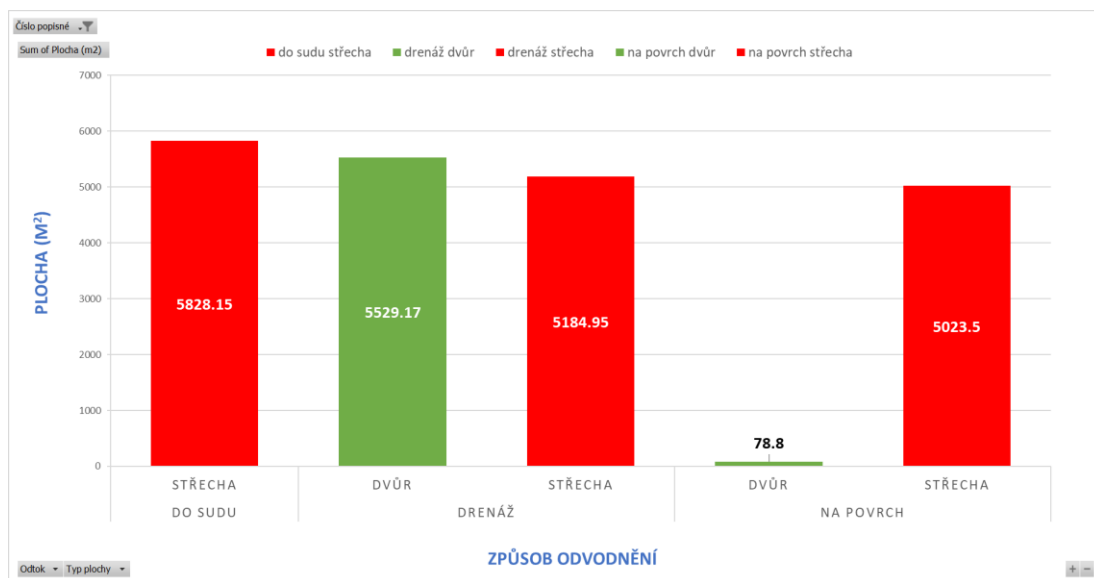
6.2 Výsledky digitálního zpracování

6.2.1 Typy ploch a odvodnění

Získaná data z terénního průzkumu jsou zpracována v programovém prostředí Excel a ArcGIS v aplikaci ArcMap.

Celkově je zpracováno a hodnoceno 190 ploch k odvodnění s celkovou plochou 51 672 m².

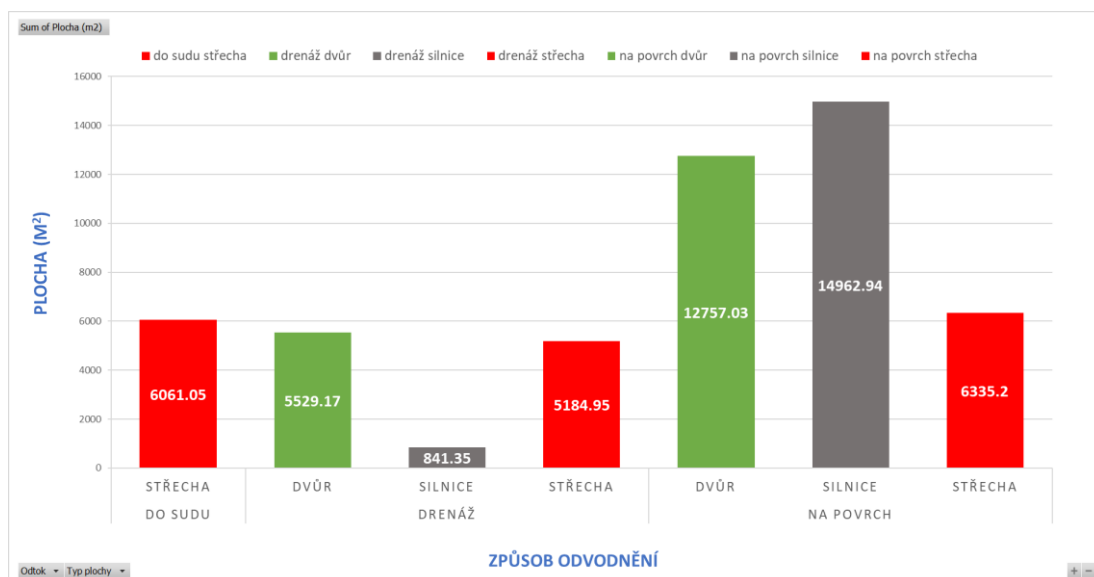
Ploch, které jsou na pozemku s číslem popisným, je 148 a mají plochu 21 645 m². Pro stejné číslo popisné může být popisováno více ploch s rozdílným způsobem odvodnění, tzn. jedna část střechy je svedena do drenáže, druhá např. do sudu. Z pozemku, které mají číslo popisné, je do drenážního systému odvedeno 54 ploch s plochou 10 715 m². Do sudu je svedeno 55 ploch s výměrou 5 828 m² a prostý odtok přímo na povrch má 39 nepropustných ploch o velikosti 5 102 m². Tyto srážkové vody jsou likvidovány vsakem, zálivkou, zaústěním do vodoteče, ale také jako užitková voda v případě fy. Farma LA Rudolec. Zdrojem informací o způsobu odvodnění z těchto ploch jsou rozhovory s místními občany, vizuální zjištění, případně odhad.



Obrázek 30: Způsob odvodnění nepropustných ploch a jejich výměra, obec Rudolec (Vlastní úprava, 2022)

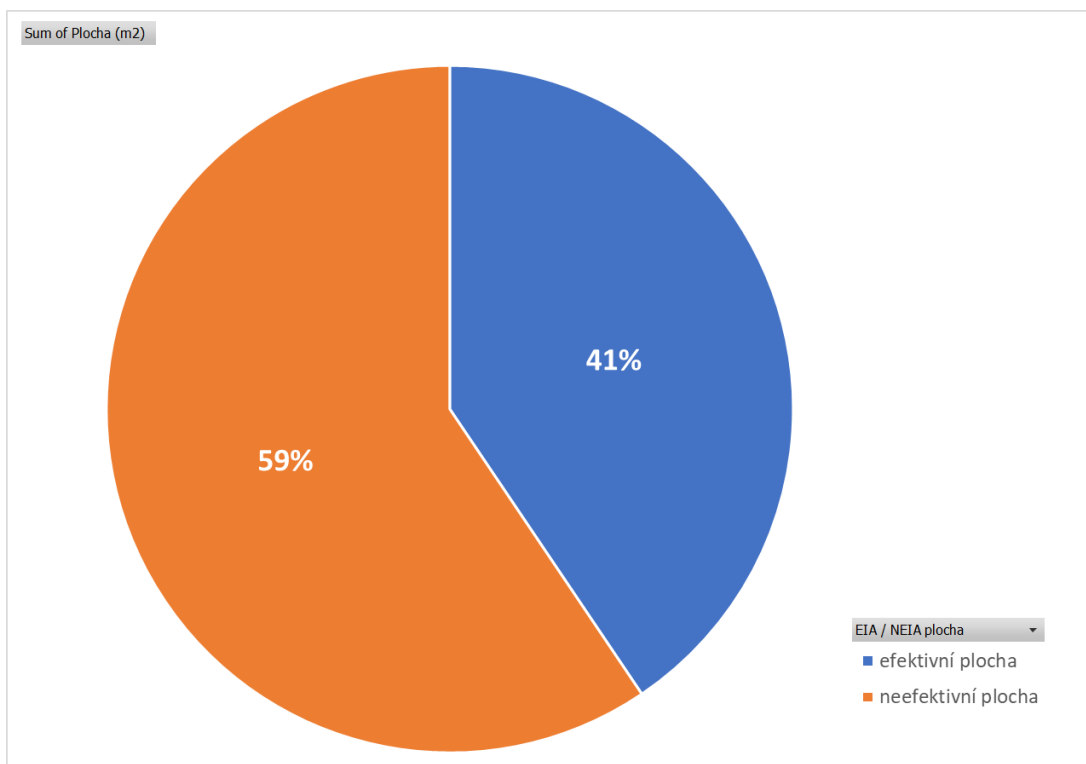
Pozemků bez čísla popisného je 42 a mají rozlohu 30 027 m². Tyto plochy jsou odvodněny povrchově nebo přímým zaústěním do drenáže, v případě samostatně volně stojících přístřešků i do sudu. Mezi hlavní typy těchto ploch patří silnice, dvory a střechy. Srážkové vody z těchto ploch jsou likvidovány vsakem, nátokem do vodoteče (svodnice), případně jsou použity jako zálivka. Zdroj informace o způsobu odvodnění z těchto ploch je v tomto případě terénní průzkum nebo odhad.

Celkový způsob odvodnění včetně velikosti plochy a formy vyústění, ukazuje **Obrázek 31**. Veškerá data jsou souhrnně zpracována v *příloze 12.1*, která ukazuje jednotlivé atributy nepropustných ploch (ID, Číslo popisné, Odtok, Plocha, Zdroj, Typ plochy, EIA / NEIA plocha, Recipient) v přehledném zobrazení.



Obrázek 31: Způsob odvodnění všech nepropustných ploch a jejich výměra, obec Rudolec (Vlastní úprava, 2022)

Celková plocha nepropustných ploch v zájmovém území má rozlohu 51 672 m². Ze zpracovaných výsledků terénního průzkumu vyplývá, že z celkové plochy můžeme uvažovat 41 % jako plochu efektivní, tzn plochu hydraulicky spojenou s recipientem a také převládající neefektivní nepropustnou plochu se zastoupením 59 % jak ukazuje *Obrázek 32*.

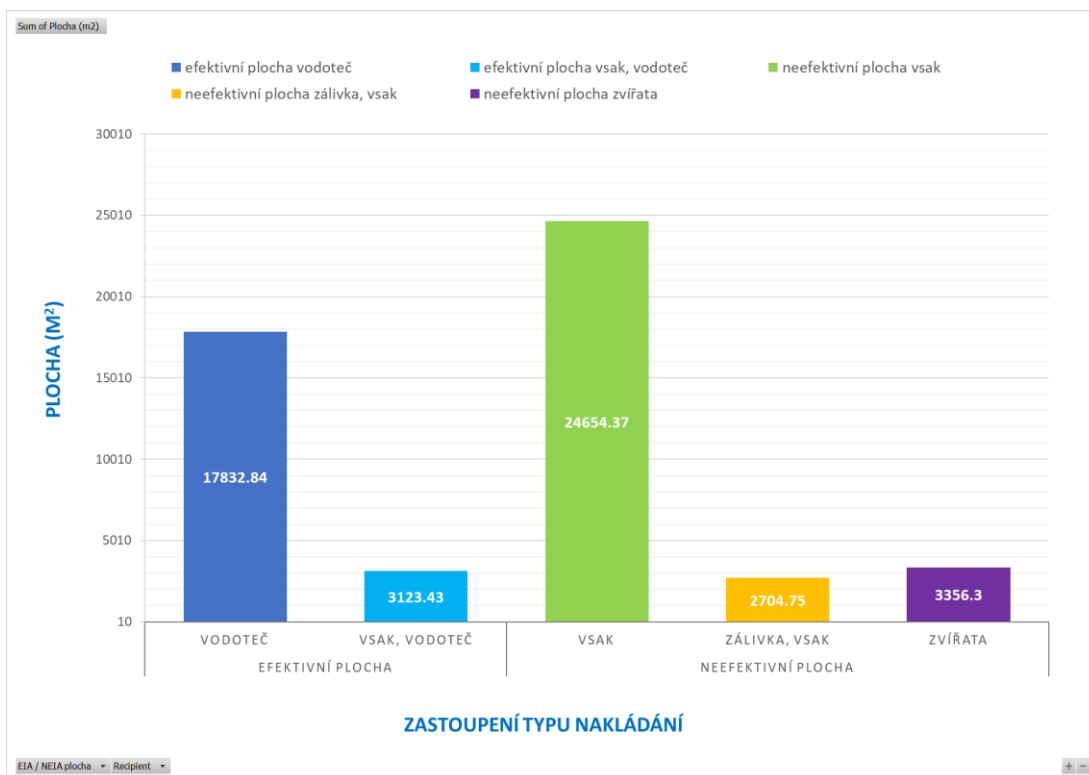


Obrázek 32: Procentuální zastoupení efektivních a neefektivních nepropustných ploch, obec Rudolec (Vlastní úprava, 2022)

Z bližšího rozdělení EIA a NEIA, které ukazuje *Obrázek 33* na zájmovém území lze konstatovat následující:

EIA plochy jsou napojeny na vodoteč nejčastěji drenážním systémem, který takto odvodňuje 17 832,84 m², což představuje 85 % EIA. Jedná se zejména o plochy typu střech a dále dvorů a silnic. V 15% případech z 3 123,43 m² ploch na EIA dochází nejprve k rozlivu vody, částečnému vsaku do půdního horizontu a až následně k odtoku do recipientu.

Odtok z neefektivních ploch je v 80 % a plochou 24 654,37 m² zastoupen vsakem do půdního horizontu. Srážková voda z 2 704,75 m² ploch, což představuje 9 % z celkových NEIA, je použita na zálivku (při přetečení záchytné nádoby dochází ke vsaku) a odtok z 3 356,3 m² ploch je použit pro práci s hospodářskými a chovnými zvířaty na místní farmě.



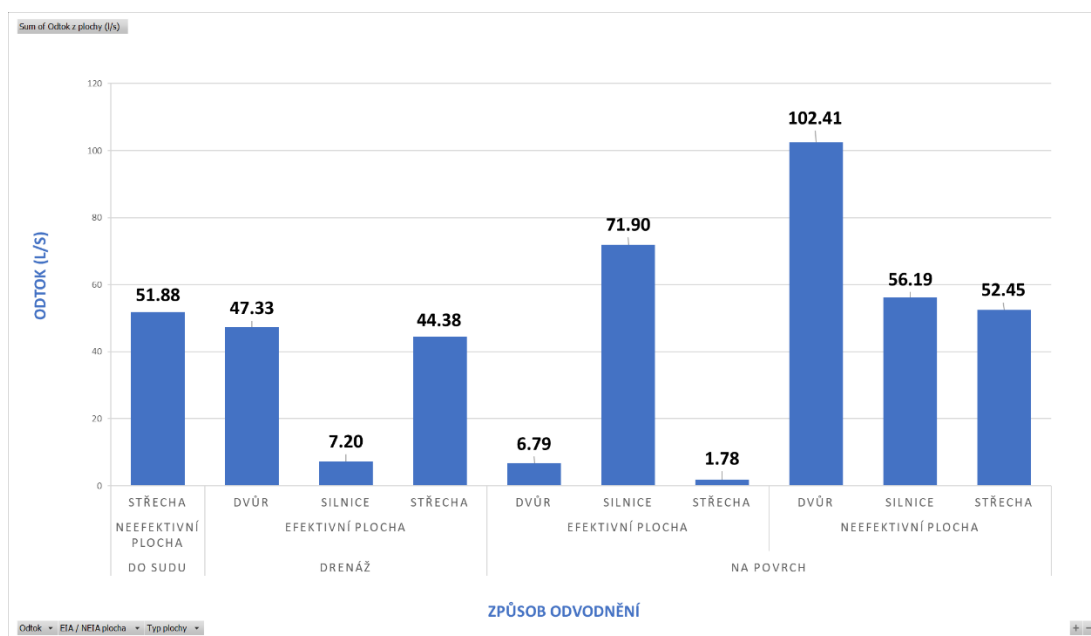
Obrázek 33: EIA a NEIA v zastoupení typu nakládání, obec Rudolec
(Vlastní úprava, 2022)

6.2.2 Povrchový odtok z EIA a NEIA

Celkový odtok z nepropustných ploch zájmového území, při výpočtu na extrémní událost syntetické srážky, která svým charakterem odpovídá jednoletému návrhovému blokovému dešti s dobou trvání 15 min a intenzitou 107 l/s.ha, je 442,3 l/s, který lze následně rozdělit na odtok z EIA 179,4 l/s a odtok z NEIA 262,9 l/s. Plošné rozložení EIA a NEIA napříč obcí je spíše rovnoměrné s malou výjimkou ve středu obce, kde je vyšší hustota efektivních ploch.

Obrázek 34 ukazuje detailněji jednotlivé hodnoty odtoku dle způsobu odvodnění. Do sudu, resp. sběrných nádob je zaústěna pouze NEIA s celkovým odtokem 51,88 l/s. Naopak do drenážního systému, který je napojen na recipient, jsou napojeny výhradně plochy EIA s celkovým odtokem 98,91 l/s. Na povrch jsou svedeny srážkové vody jednak z ploch EIA s odtokem 80,47 l/s a z ploch NEIA s odtokem 211,05 l/s.

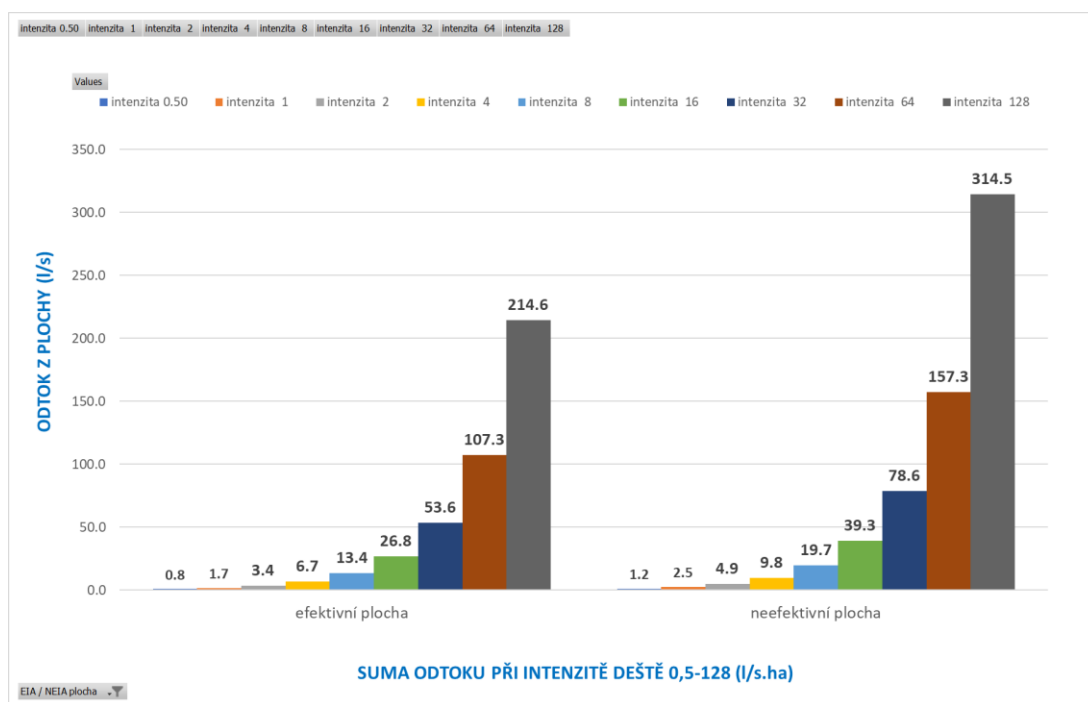
V příloze 12.2 je uvedena kompletní souhrnná tabulka s maximálním povrchovým odtokem z efektivních a neefektivních nepropustných ploch při 1leté návrhové srážce.



Obrázek 34: Povrchový odtok EIA a NEIA v zastoupení způsobu odvodnění, obec Rudolec (Vlastní úprava, 2022)

Pro případnou citlivostní analýzu posouzení vlivu odtoku z efektivních nepropustných ploch na zatížení vodního toku lze použít hodnoty odtoku při srážkách různého spektra intenzit.

Obrázek 35 představuje konkrétní maximální hodnoty průtoku z nepropustných ploch v jednotlivých intenzitách. V příloze 12.3 je dále uvedena tabulka pro všechny dotčené plochy s maximálním povrchovým odtokem při různých intenzitách.



Obrázek 35: Povrchový odtok EIA a NEIA ve škále intenzit deště, obec Rudolec (Vlastní úprava, 2022)

6.2.3 Plochy střech

Plochy typu „střecha“ zaujímají v zájmovém území celkovou plochu 17 581 m². Ze střech je srážková voda, jak ukazuje *Tabulka 8*, svedena nejčastěji (36 % případů) přímo na povrch, méně častěji do sběrných nádob (sudů) a nejméně do drenážního systému, který je zakončen volnou výustí nebo je zaústěn do vodoteče. Odtok z těchto ploch dle způsobu nakládání je uveden v příloze 12.2.

Typ plochy	Celková plocha (m ²)	Typ odvodnění	Dílčí plocha (m ²)	Zastoupení (%)
Střecha	17581	do sudu	6061	34
		na povrch	6335	36
		drenáž	5185	29

Tabulka 8: Typ odvodnění z plochy střecha (Vlastní úprava, 2022)

6.2.4 Plochy silnic

Plochy typu „silnice“ zaujímají v zájmovém území celkovou plochu 15 804 m². Ze silnic je srážková voda, jak ukazuje *Tabulka 9*, svedena nejčastěji, v 95 % přímo na povrch, který je v našem případě zastoupen zasakovacími příkopy a průlehy. Méně častěji, v 5% případů, je voda příkopem zaústěna do drenážního systému. Odtok z těchto ploch dle způsobu nakládání je uveden v příloze 12.2.

Typ plochy	Celková plocha (m ²)	Typ odvodnění	Dílčí plocha (m ²)	Zastoupení (%)
Silnice	15804	do sudu	0	0
		na povrch	14963	95
		drenáž	841	5

Tabulka 9: Typ odvodnění z plochy silnice (Vlastní úprava, 2022)

6.2.5 Plochy dvorů a ostatních ploch

Plochy typu „dvůr“ v zájmovém území mají celkovou plochu 18 286 m². Z této celkové plochy přísluší 11 114 m² farmě LA Rudolec. Z těchto ploch je srážková voda, jak ukazuje *Tabulka 10*, svedena nejčastěji, v 70 % případů, přímo na povrch, k zásaku. Méně častěji, ve 30 % případů, je svedena do drenážního systému, který je zakončen volnou výustí nebo je zaústěn do vodoteče. Odtok z těchto ploch dle způsobu nakládání je uveden v příloze 12.2.

Typ plochy	Celková plocha (m ²)	Typ odvodnění	Dílčí plocha (m ²)	Zastoupení (%)
Dvůr	18286	do sudu	0	0
		na povrch	12757	70
		drenáž	5529	30

Tabulka 10: Typ odvodnění z plochy dvůr (Vlastní úprava, 2022)

6.2.6 Povrchový odtok z ploch střech

Střechy v zájmovém území mají plochu 17 581 m², ze které je odtok při návrhové srážce 150 l/s. Odtok z těchto ploch je sveden, jak ukazuje *Tabulka 11*, nejčastěji, v 35 % případů, k zásaku do půdního horizontu. Využití srážkových vod na pozemcích vlastníka k zálivce je zastoupeno 15 % a využití v zemědělství 19 %.

Z ploch střech EIA zaujímá 31 %, tj. plochu 5 393 m² a odtok 46 l/s. NEIA zaujímá 69 %, tj. plochu 12 188 m² a celkový odtok 104 l/s.

Typ plochy	Odtok z plochy (l/s)	Recipient	Nepropustná plocha	Dílčí plocha (m ²)	Odtok z plochy (l/s)	Zastoupení (%)
Střecha	150	vodoteč	EIA	5393	46	31
		vsak	NEIA	6127	52	35
		zálivka, vsak	NEIA	2705	23	15
		zvířata	NEIA	3356	29	19
		vsak, vodoteč	-	0	0	0

Tabulka 11: Nakládání s povrchovým odtok ze střech (Vlastní úprava, 2022)

6.2.7 Povrchový odtok z ploch silnic

Silnice v zájmovém území mají plochu 15 804 m², ze které je odtok při návrhové srážce 135 l/s. Odtok z těchto ploch je sveden, jak ukazuje *Tabulka 12*, nejčastěji, v 42 % případů, k zásaku do půdního horizontu, následuje s 39 % odtok do vodoteče.

Z ploch silnic EIA zaujímá 58 %, tj. plochu 9 241 m² a odtok 79 l/s. NEIA zaujímá 42 %, tj. plochu 6 564 m² a celkový odtok 56 l/s.

Typ plochy	Odtok z plochy (l/s)	Recipient	Nepropustná plocha	Dílčí plocha (m ²)	Odtok z plochy (l/s)	Zastoupení (%)
Silnice	135	vodoteč	EIA	6117	52	39
		vsak	NEIA	6564	56	42
		zálivka, vsak	-	0	0	0
		zvířata	-	0	0	0
		vsak, vodoteč	EIA	3123	27	20

Tabulka 12: Povrchový odtok ze silnic (Vlastní úprava, 2022)

6.2.8 Povrchový odtok z ploch dvorů

Dvory v zájmovém území zaujímají plochu 18 286 m², kde je odtok při návrhové srážce 157 l/s. Odtok z těchto ploch je sveden, jak ukazuje *Tabulka 13*, nejčastěji, v 65 % případů, k zásaku do půdního horizontu, následuje s 35 % odtok do vodoteče.

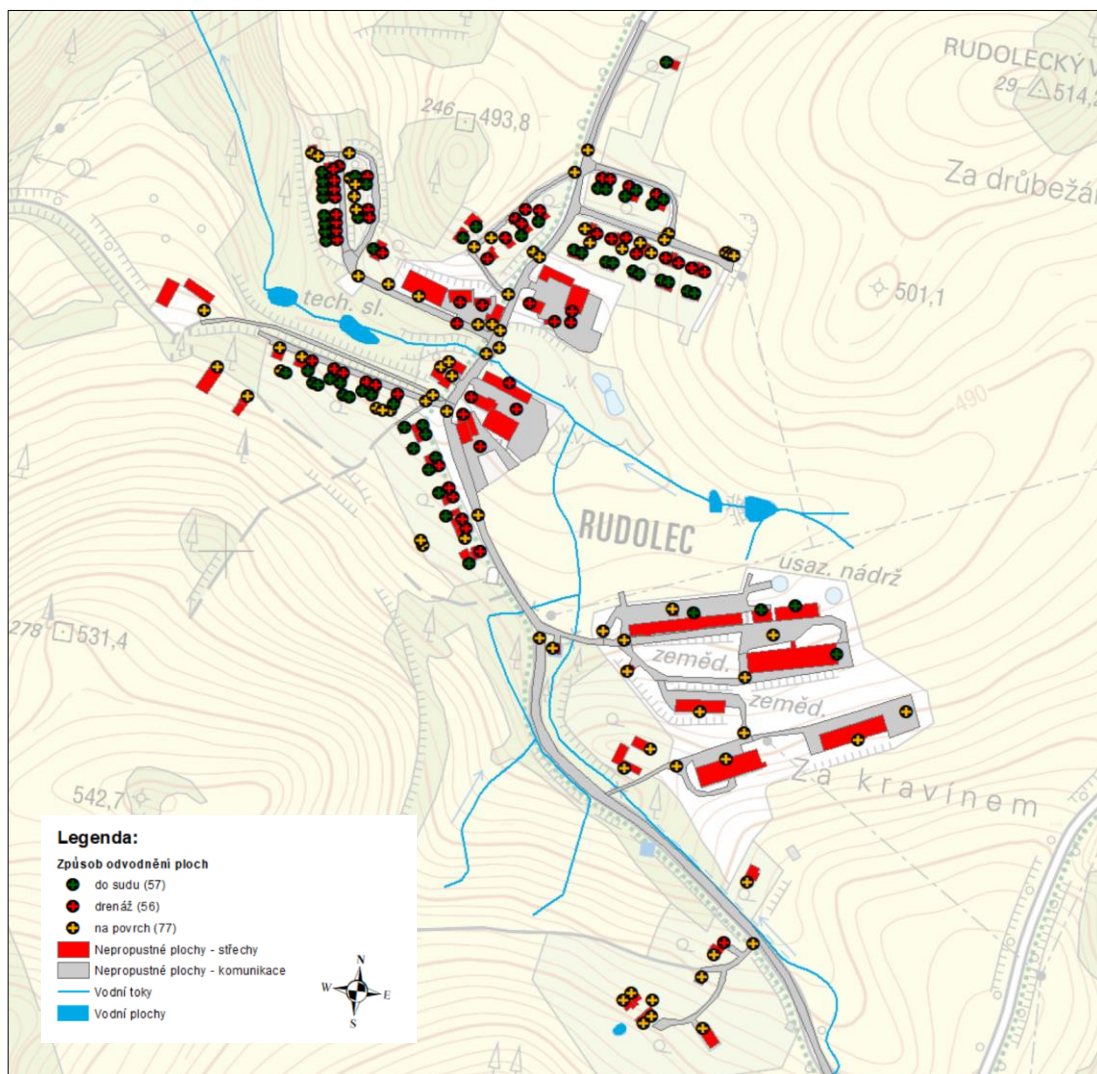
Z ploch dvorů EIA zaujímá 35 %, tj. plochu 6 323 m² a odtok 54 l/s. NEIA zaujímá 65 %, tj. plochu 11 963 m² a celkový odtok 102 l/s.

Typ plochy	Odtok z plochy (l/s)	Recipient	Nepropustná plocha	Dílčí plocha (m ²)	Odtok z plochy (l/s)	Zastoupení (%)
Dvůr	157	vodoteč	EIA	6323	54	35
		vsak	NEIA	11963	102	65
		zálivka, vsak	-	0	0	0
		zvířata	-	0	0	0
		vsak, vodoteč	-	0	0	0

Tabulka 13: Povrchový odtok z dvorů (Vlastní úprava, 2022)

6.2.9 Mapové výstupy a soubory dat

Zpracované informace jsou znázorněny v samostatné příloze na přehledné mapě nepropustných ploch a způsobu odvodnění. Mapa obsahuje vrstvu nepropustných ploch střech (červeně) a nepropustných ploch komunikací, ulic, dvorků (šedě). K jednotlivým plochám je přidána informace o způsobu odvodnění – do sudu, drenáž, na povrch. Pokud je plocha odvodněna více způsoby, např. část do sudu a část do drenáže, je informace o odtoku u všech částí ploch.



Obrázek 36: Ukázka samostatné mapové přílohy
„Přehledná situace způsobu odvodnění nepropustných ploch,
obec Rudolec“ (Vlastní úprava, 2022)

Nedílnou součástí bakalářské práce jsou i zpracované soubory *.shp vrstvy aplikace ArcMap a Přehledná mapa Rudolec odvodnění nepropustných ploch ve formátu *.pdf:

- Strechy_Rudolec.shp (vlastní zpracování, 2021)
- Ulice_Rudolec.shp (vlastní zpracování, 2021)
- Obvodneni_Rudolec.shp (vlastní zpracování, 2021)
- Rudolec odvodneni NP.pdf (vlastní zpracování, 2022)

7 Diskuse

Dle Lee a Heaney (2003) je identifikace nepropustných ploch a jejich zpracování vždy závislá na kvalitě podkladních dat. Významné lokality, resp. města a hustě osídlené oblasti, mají volně dostupné podklady ke zjištění nepropustných ploch ve větší kvalitě a jemném rozlišení. Naopak menší města a obce mají podklady ve velmi hrubém měřítku a tím jsou pro detailní analýzu identifikace nepropustných ploch a způsobu odvodnění nepoužitelné, jak uvádí Campbell a Wynne (2011).

Obec Rudolec se nachází asi 3 km na jihozápad od města Březová. Rudolec leží v katastrálním území Rudolec u Březové o rozloze 4,3 km². V roce 2011, při posledním zveřejněném sčítání obyvatel, zde trvale žilo 144 obyvatel. Dostupné podklady pro zjištění nepropustných ploch v obci Rudolec byly pro automatické zpracování z veřejně dostupných mapových databází pro svou vysokou hrubost nepoužitelné. Také Roso a kol. (2006) uvádí ve své studii důležitost kvalitních podkladních snímků, ať leteckých či satelitních pro následné zpracování nepropustných ploch. Rozlišení z těchto podkladů je dostačující v rámci ruční vektorizace snímků, avšak ne plně dostačující pro automatickou analýzu ploch GIS nástroji. V tomto případě, kdy je třeba pro práci vysoké rozlišení snímku, je ideální letecké nebo lokální snímkování pomocí kvalitního dronu. Z těchto důvodů jsou celkové plochy v obci Rudolec ručně digitalizovány z leteckých snímků dostupných z mapového portálu www.cuzk.cz přes službu WMS. Ruční vektorizace ploch z leteckých snímků sebou nese určité chyby na straně zpracovatele a to přehlédnutí, vynechání nepropustné plochy, nepřesné zanesení velikosti plochy atd.

Určité procento chybovosti, o to však neméně důležitosti, jak upozorňuje Lee a Heaney (2003), sebou nese také terénní průzkum, kde je zjišťováno, které plochy a jak jsou na konkrétních pozemcích odvodněny. Získávání těchto informací je založeno na kontaktu s místními obyvateli a pochopení otázky ohledně povrchového odtoku na svém pozemku. Podstatná je také znalost místního odvodnění. V našem případě je v obci vybudována, dle provozovatele (Vodárna Sokolovsko s.r.o.), výhradně splašková kanalizace zakončena mechanicko-biologickou ČOV. Na kanalizační síti se nenacházejí žádné odlehčovací komory s odlehčením nařaděných splaškových vod do recipientu a ani čerpací stanice s bezpečnostním přepadem. Celá obec je protknuta drenážním systémem se zaústěním do místní vodoteče. Zatímco určit kolik ploch a o jaké velikosti je do drenážního systému napojeno není problematické, tak obtížně definovatelné, vzhledem k chybějícímu pasportu, je poloha jeho vedení a místo napojení do místní vodoteče.

Samotná vodoteč, která prochází obcí, nemá na povodí svůj měrný profil. Nejbližší provozní měření je před soutokem potoka Tisová do Ohře. Avšak zde se jedná o jakostní měření, bez informací o stavu hladiny a průtoku.

V případě znalosti průtoků ve vodoteči před vstupem do obce a v uzávěrném profilu za obcí Rudolec by bylo možné přesně nakalibrovat odtok z efektivních ploch a tím upřesnit stávající vypočtené průtoky. Toto by však znamenalo instalaci hladinoměru k měření stavu hladiny a přesnou konsumční křivku pro výpočet průtoků. Nelze opomenout instalaci srážkoměrné stanice v zájmovém povodí pro zjištění celkového úhrnu, který následně vyvolá zvýšenou průtokovou situaci na měrném profilu ve vodoteči.

Na základě aktuálních podkladů o nepropustných plochách, vedení kanalizace, drenážního systému a výstupů z monitoringu v povodí lze odtok z jednotlivých ploch a dopad na vodní tok detailněji určit a tím efektivněji stanovit případná opatření na zlepšení celkové vodohospodářské situace v obci, a to ať z pohledu technického tak i v aspektu morfologickém (tvary a rozměry koryt, charakter proudění, splaveninový režim), fyzikálně-chemickém (kvalita vody) a v aspektu biologickém (co ve vodním toku žije).

8 Závěr

Ve své bakalářské práci popisuji problematiku nepropustných ploch, tj. zastavování krajiny, jejich vliv na vodní prostředí a možnosti identifikace těchto ploch. Součástí práce je i zjištění rozsahu, rozložení a způsob odvodnění nepropustných efektivních a neefektivních ploch v katastru obce Rudolec (část města Březová v Karlovarském kraji).

Změny ve využívání půdy a půdním pokryvu jsou všudypřítomné, rychlé a mohou mít významný dopad na život obyvatelstva, hospodářství a životní prostředí. Znalost efektivní nepropustné plochy neboli míry hydraulického propojení nepropustných povrchů s odtokovým systémem je prospěšná pro zlepšení hydrologických a environmentálních modelů a pro hodnocení účinnosti modro-zelené infrastruktury pro dešťovou vodu v městských povodích. Identifikace těchto ploch vychází z dat snímkování dálkového průzkumu Země, případně z leteckých snímků. Následné pracování dat probíhá v GIS programech, které sehrávají důležitou roli při vytváření rastrových modelů pro další prostorové analýzy dat.

Praktická část práce, identifikace nepropustných ploch a způsob jejich odvodnění, vycházela z terénního průzkumu v obci Rudolec. Sběrem informací od místních obyvatel a vizuální prohlídkou obce byl získán celkový přehled o stavu a způsobu odvodnění z jednotlivých nepropustných ploch.

Na základě těchto dat byla zakreslena vektorová vrstva všech nepropustných ploch na podkladu leteckého snímku v programovém prostředí ArcGIS v aplikaci ArcMap. Vrstva prostorových dat nepropustných ploch byla doplněna o další atributové informace jako je způsob odvodnění, velikost plochy, recipient a další.

Celkově bylo zpracováno a hodnoceno 190 ploch k odvodnění s celkovou plochou 51 672 m². Ploch, které jsou na pozemku s číslem popisným, je 148 a mají plochu 21 645 m², z toho je do drenážního systému odvedeno 54 ploch s plochou 10 715 m². Do sudu je svedeno 55 ploch s výměrou 5 828 m² a prostý odtok přímo na povrch má 39 nepropustných ploch o velikosti 5 102 m². Plocha komunikací a ostatních veřejných nepropustných ploch zabírá 30 027 m² a je svedena nejčastěji do příkopů, kde následně vsakuje, nebo do vodoteče.

Ze zpracovaných výsledků terénního průzkumu vyplývá, že z celkové plochy 51 672 m² můžeme uvažovat 41 % jako plochu efektivní a 59 % jako neefektivní nepropustnou plochu.

Povrchový odtok z dotčených nepropustných ploch lze podle typu nakládání (dotoku) rozdělit na pět hlavních kategorií:

- vodoteč (přímý nátok nebo přes drenážní systém)
- vsak (likvidace v místě vzniku, bez dotoku do vodoteče)
- zálivka, vsak (využití srážkové vody, případně vsak)
- užitková voda pro hospodářská zvířata
- vsak, vodoteč (likvidace v místě vzniku, případně nátok do vodoteče)

Základní hodnota průtoku z nepropustných ploch je stanovena racionální metodou při výpočtu na extrémní událost syntetické srážky s dobou trvání 15 min a intenzitou 107 l/s.ha. V případě ploch EIA se jedná o 179,4 l/s, z ploch NEIA je odtok 262,9 l/s. Nejvyšší podíl nátoků z EIA do recipientu je reprezentován plochami silnic 79,1 l/s, následují plochy dvorů 54,12 l/s a střech 46,16 l/s.

Výsledky předkládané práce mohou sloužit jako informativní a zároveň jako podkladová data k detailnější analýze odtokových poměrů nejen v samotné obci Rudolec, ale i celého katastrálního území.

Doplnění detailnější analýzy území a vypracování rozborových map na podkladě hydrologicky korektního digitálního modelu terénu (DMT), přesná specifikace srážkoodtokových poměrů území na základě analýzy odtokových poměrů a vymezení kritických profilů, výpočet odtokových charakteristik (zejména objemu odtoku a kulminačního průtoku) a jejich kalibrace na základě střednědobé měrné kampaně v zájmovém území jsou další kroky, které by měli vést k efektivní úpravě vodního režimu v oblasti a tím ke zlepšení zadržování vody v krajině, které napomohou jak k ochraně před negativními vlivy bleskových povodní, erozními jevy v přírodě, tak i lokálnímu ochlazení a tím k zmírnění sucha v krajině.

Problematikou sucha, přívalových srážek, akumulací vody v krajině se budou lidé v zemědělství, lesnictví a vodním hospodářství zabývat čím dál intenzivněji a na zvládnutí těchto jevů bude jednotlivými státy vynakládáno stále více finančních prostředků.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Narušení vodních toků urbanizací (Kabelková a kol., 2002), upraveno.	15
Obrázek 2: Srovnání odtoku před a po urbanizaci (Schueler, 1987), upraveno.....	17
Obrázek 3: Regulovaný tok potoka v obci Velké Svatoňovice (Geocaching.com, 2015)	18
Obrázek 4: Tři fáze vývoje koryta toku v urbanizovaném území (Paul a Meyer, 2001), upraveno	19
Obrázek 5: Estetické narušení toku odtokem z kanalizace (www.theriverstrust.org, 2019)	22
Obrázek 6: Přehled nejvhodnějších zařízení k HDV ve stávajících zástavbách (Vítek, 2015)	25
Obrázek 7: Změny složek hydrologického cyklu s nárůstem nepropustných ploch v povodí (Arnold a Gibbons, 1996), upraveno	28
Obrázek 8: Ukázka rozlišní klasifikace ploch v katastru obce Rudolec – CLC (Land.copernicus.eu, 2018)	38
Obrázek 9: Ukázka zastavěných ploch v katastru obce Rudolec – HRL (Land.copernicus.eu, 2018)	39
Obrázek 10: Lokalizace obce Rudolec (M 1:4000, CÚZK, 2021), upraveno.....	43
Obrázek 11: Klimatické oblasti (AOPK ČR, 2021), upraveno	44
Obrázek 12: Hydrologické povodí (HEIS, 2021), upraveno	45
Obrázek 13: Hydrogeologický region (HEIS, 2021), upraveno	46
Obrázek 14: Srážky při 10letém suchu (Sucho v krajině, 2021), upraveno	47
Obrázek 15: Průměrné srážky v 2015 (Sucho v krajině, 2021), upraveno.....	47
Obrázek 16: Chráněná oblast přirozené akumulace vod (HEIS, 2021), upraveno...	48
Obrázek 17: Procentuální zastoupení ploch (Nahlížení do katastru nemovitostí, 2021), upraveno	50
Obrázek 18: Situace kanalizační sítě (Vodárna Sokolovsko, 2020), upraveno	52
Obrázek 19: Přehled vodních toků v zájmové oblasti (HEIS, 2021)	53
Obrázek 20: Svodnice před vstupem do obce (Vlastní foto, 2021).....	54
Obrázek 21: Umělá akumulace vody před obcí (Vlastní foto, 2021).....	55
Obrázek 22: Svodnice ve středu obce, u autobusové zastávky (Vlastní foto, 2021)	55
Obrázek 23: Retenční nádrž 1 (Vlastní foto, 2021)	56
Obrázek 24: Retenční nádrž 2 (Vlastní foto, 2021)	56
Obrázek 25: Vymezení nepropustných ploch v obci Rudolec (M 1:4000, CÚZK, 2021), upraveno	57

Obrázek 26: Mokřady a jezírka v na území obce Rudolec (Vlastní foto, 2021).....	60
Obrázek 27: Odvodnění ploch střech do drenážního systému (Vlastní foto, 2021) .	62
Obrázek 28: Odvodnění ploch střech do sudů k zálivce (Vlastní foto, 2021).....	63
Obrázek 29: Odvodnění páteřní komunikace obce otevřeným příkopem se zásakem (Vlastní foto, 2021)	64
Obrázek 30: Způsob odvodnění nepropustných ploch a jejich výměra, obec Rudolec (Vlastní úprava, 2022)	65
Obrázek 31: Způsob odvodnění všech nepropustných ploch a jejich výměra, obec Rudolec (Vlastní úprava, 2022).....	66
Obrázek 32: Procentuální zastoupení efektivních a neefektivních nepropustných ploch, obec Rudolec (Vlastní úprava, 2022).....	67
Obrázek 33: EIA a NEIA v zastoupení typu nakládání, obec Rudolec (Vlastní úprava, 2022)	68
Obrázek 34: Povrchový odtok EIA a NEIA v zastoupení způsobu odvodnění, obec Rudolec (Vlastní úprava, 2022).....	69
Obrázek 35: Povrchový odtok EIA a NEIA ve škále intenzit deště, obec Rudolec (Vlastní úprava, 2022)	70
Obrázek 36: Ukázka samostatné mapové přílohy „Přehledná situace způsobu odvodnění nepropustných ploch, obec Rudolec“ (Vlastní úprava, 2022).....	74

10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Příznaky sledované na syndromu urbanizovaného toku (Walsh, 2005), upraveno	16
Tabulka 2: Porovnání nepropustných ploch z metod zpracování 1-7 (Roso a kol., 2006)	33
Tabulka 3: Doporučené součinitele odtoku ψ pro výpočet stokové sítě racionální metodou (ČSN 75 6101, 2012)	35
Tabulka 4: Doporučené četnosti a periodicity výpočtových dešťů při použití racionálních metod (ČSN 75 6101, 2012)	36
Tabulka 5: Charakteristické parametry MT3 (Quitt, 1971)	45
Tabulka 6: Využití krajiny (Nahlížení do katastru nemovitostí, 2021), upraveno	49
Tabulka 7: Údaje o napojení obyvatel a produkce odpadních vod (PRVK, 2013).....	51
Tabulka 8: Typ odvodnění z plochy střecha (Vlastní úprava, 2022)	71
Tabulka 9: Typ odvodnění z plochy silnice (Vlastní úprava, 2022)	71
Tabulka 10: Typ odvodnění z plochy dvůr (Vlastní úprava, 2022)	72
Tabulka 11: Nakládání s povrchovým odtok ze střech (Vlastní úprava, 2022).....	72
Tabulka 12: Povrchový odtok ze silnic (Vlastní úprava, 2022).....	73
Tabulka 13: Povrchový odtok z dvorů (Vlastní úprava, 2022)	73
Tabulka 14: Způsoby odvodnění z nepropustných ploch (Vlastní úprava, 2022).....	93
Tabulka 15: Maximální povrchový odtok z nepropustných ploch (Vlastní úprava, 2022)	99
Tabulka 16: Maximální povrchový odtok při srážkách různého spektra intenzit (Vlastní úprava, 2022)	105

11 Zdroje informací

11.1 Seznam literatury

Arnold C. L., Gibbons C. J. (1996). Impervious surface coverage, The emergence of a key environmental indicator: *Journal of the American Planning Association*, Vol. 62, 243-258 s.

Ahiablame L. M., Engel B. A., Chaubey I., 2012: Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research, *Water Air Soil Pollut*, Vol. 223, 4253-4273 s.

Alley W. M., Veenhuis J. E., 1983: Effective impervious area in urban runoff modeling, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 109 (2), 313-319 s.

Anderson J. R., Hardy E. E., Roach J. T., Witmer R. E., 1976: A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data, *Geological Survey Professional Paper 964*, 7-33 s.

Asociace pro vodu ČR, z.s. (CZWA), 2019: Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích, *Asociace pro vodu ČR (AČE ČR, CzWA)*, 130 s.

Beasley G., Kneale P., 2002: Reviewing the impact of metals and PAHs on macroinvertebrates in urban watercourses, *Progress in Physical Geography*, Vol. 26 (2), 236-270 s.

Beranová R., Huth R., 2003: Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek, *Meteorologické zprávy*, Vol. 56 (5), 137-142 s, ISSN 0026-1173.

Bernhardt E. S., Palmer M. A., 2007: Restoring streams in an urbanizing World. *Freshwater Biology*, Vol. 52 (4), 738-751 s.

Boyd M. J., Bufill M. C., Knee R. M., 1993: Pervious and impervious runoff in urban catchments, *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 38 (6), 463-478 s.

Brabec E., Schulte S., Richards P.L., 2002: Impervious surface and water quality: A review of current literature and its implications for watershed planing. *Journal of Planning Literature*, Vol. 16, 499-514 s.

Büttner, G., Feranec, J., Jaffrain, G., Mari, L., Maucha, G., Soukup, T., 2004: The CORINE land cover 2000 project. *EARSeL eProceedings*, Vol. 3 (3), 331-346 s.

Campbell J. B., Wynne R. H., 2011: Introduction to remote sensing, 5th ed., New York, Guilford Press, 670 s, ISBN 978-1609181765.

Dobrovolný P., 1998: Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu, Masarykova univerzita, Brno, 210 s., ISBN 80-210-1812-7.

Ebrahimian A., et al., 2015: Urban stormwater construction method selection using a hybrid multi-criteria approach. Automation in Construction, Vol 58, 118–128 s.

Fankhauser R., 1999: Automatic determination of imperviousness in urban areas from digital orthophotos. Water Science and Technology, Vol 39 (9), 81-86 s.

Foster S., 1990: Impacts of urbanization on groundwater, Hydrological Processes and Water Management in Urban Areas, Vol. 198, 187-207 s.

Gaffield S. J, Goo R. L., Richards L. A., Jackson R. J, 2003: Public Health Effects of Inadequately Managed Stormwater Runoff, American Journal of Public Health, Vol. 93 (9), 1527-1533 s.

Gurnell A., Lee M., Souch C., 2007: Urban Rivers: Hydrology, Geomorphology, Ecology and opportunities for change, Geography Compass, Vol. 1 (5), 1118-1137 s.

Han W. S., Burian S. J., 2009: Determining effective impervious area for urban hydrologic modeling, Journal of Hydrologic Engineering, Vol. 14 (2), 111-120 s.

Hanganu J., Constantinescu A., Doroftei M., 2017: Enhancement of high resolution layers produced under GMES – Land monitoring, Romanian Journal of Geography, Vol. 61, 19-25 s.

Hanušín J., 1995: Analýza vplyvu urbánnej krajiny na hydrologický cyklus územia. Geografický časopis, Vol. 47 (4), 275-283 s.

Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2000: Příručka stokování a čištění: Klasická koncepce odvodnění, NOEL, Brno, 251 s, ISBN 80-86020-30-4.

Chabaeva A., Civco D. L., Hurd J. D., 2009: Assessment of impervious surface estimation techniques. Journal of Hydrologic Engineering, 14 (4), 377-387.

Jones T., C. Johnston, C. Kipkie, 2003: Using Annual Hydrographs to Determine Effective Impervious Area. Journal of Water Management Modeling, R215-14, 291-306 s.

Jutz, S., Milagro-Pérez, M. P., 2018: Copernicus Program. In Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Vol. 1, 150-191 s.

Kabelková I., Krejčí V., Hlavínek P., 2000: Vodní toky v urbanizovaných povodích. In Odvodnění urbanizovaných území koncepční přístup, Noel, Brno, 215-245 s, ISBN: 80-86020-39-8.

Kolář J., 1990: Dálkový průzkum Země, Praha, 176 s, ISBN: 80-03-00517-5.

Komínková D., Handová Z., Nábělková J., Caletková J., 2007: Syndrom urbanizovaných toků a nový pohled na revitalizaci městských toků. Vodní hospodářství, Vol. 57 (2), 39-42 s, ISSN 1211-0760.

Krejčí V., Gujer W., Hlavínek P. a Zeman E., 2002: Odvodnění urbanizovaných území: koncepční přístup, NOEL, Brno, 562 s, ISBN 80-86020-39-8.

Laenen A., 1980: Storm runoff as related to urbanization in the Portland, Oregon–Vancouver, Washington 327 area, USGS Water Resource, Portland, 71 s.

Laenen A., 1983: Storm runoff as related to urbanization based on data collected in Salem and Portland and generalized for the Willamette Valley, Oregon, USGS Water Resource Investigation, Portland, 88 s.

Lee J. G., Heaney J. P., 2003: Estimation of urban imperviousness and its impacts on storm water systems, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol 129 (5), 419-426 s.

Leopold L. B., 1968: Hydrology for Urban land Use Planning – a Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use, Geological Survey Circular 554, 18 s.

Lillesand T., Kiefer R. W., Chipman J., 2015: Remote sensing and image interpretation, 7th ed., Hoboken, John Wiley & sons, 736 s, ISBN: 978-1-118-34328-9.

Lipský Z., 2000: Sledování změn v kulturní krajině, Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 71 s, ISBN 80-213-0643-2.

Lu, D., Weng, Q., 2006: Use of impervious surface in urban land-use classification. Remote Sensing of Environment, Vol. 102, 146–160 s.

- Mueller G.D., Thompson A.M., 2009: The ability of urban residential lawns to disconnect impervious area from municipal sewer systems. *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 45, 1116–1126 s.
- Naiman R. J., Décamps H., McClain M. E., 2005: *Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities*. Elsevier Academic Press, Amsterdam, 430 s.
- Packman J. C., 1980: *The effect of urbanisation on flood magnitude and frequency*, Institute of Hydrology, 117 s.
- Paul M. J., Meyer J. L., 2001: Streams in the Urban Landscape, *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 32 (3), 33-65 s.
- Pavelka K., 2010: *Dálkový průzkum Země – družicové systémy*, Praha, 116 s, ISBN 978-80-01-04628-9.
- Pitter P., 2009: *Hydrochemie*, 4. aktualizované vydání, VŠCHT Praha, Praha, 568 s, ISBN 978-80–7080-701-9.
- Pluhowski E. J., 1970: *Urbanization and its effect on the temperature of streams in Long Island – New York*, USGS Professional Paper, 109 s.
- Roso S., Boyd M. J., Chisholm L. A., 2006: Assessment of Spatial Analysis Techniques for Estimating Impervious Cover. In *Proceedings of the 30th Hydrology and Water Resources Symposium*, Launceston, Tasmania, 7 s.
- Rumman N., Lin G., Li J., 2005: Investigation of GIS-based Surface Hydrological Modelling for Identifying Infiltration Zones in an Urban Watershed, *Environmental Informatics Archives*, Vol. 3, 315-322 s.
- Říha J., 1987: *Voda a společnost*, Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 340 s.
- Quitt E., 1971: *Klimatické oblasti Československa*. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1971, *Studia Geographica*, 73 s.
- Schueler T., 1987: *Controlling Urban Runoff: a Practical Manual for Planning and Designing Urban Best Management Practices*, Metropolitan Washington Council of Governments, Washington, 277 s.

Somers K. A., Bernhardt E. S., Grace J. B., Hasset B. A., Sudduth E. B., Wang S., Urban D. L., 2013: Streams in the urban heat island: spatial and temporal, *Fresh Water Science*, Vol. 32 (1), 309-326 s.

Stankowski S. J., 1972: Population Density as An Indirect Indicator of Urban and Suburban Land-surface Modifications. U.S. Geological Survey Professional Paper.

Stránský D., 2013: Přírodně blízké hospodaření se srážkovými vodami na stavebním pozemku a jeho důsledky pro územní plánování, *Studijní text Českého vysokého učení technického*, Praha, 9 s.

Svatoňová H., Lauermann L., 2010: Dálkový průzkum Země – aktuální zdroj geografických informací, Masarykova univerzita, Brno, 96 s, ISBN 978-80-210-5162-1.

Svobodová Z., 1987: Toxikologie vodních živočichů. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 231 s.

Šťastná G., Stránský D., Komínková D., 2004: Hydraulický dopad městského odvodnění na společenstvo bentických organismů, *Vodárenská biologie - sborník konference*, Chrudim Ecomonitor, 100-104 s, ISBN 80-903203-9-2.

Trupl, J., 1958: Intensity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy. Praha Podbaba 1958, 76 s.

Vaze J., Chiew F. H. S., 2002: Experimental study of pollutant accumulation on an urban road surface, *Urban Water*, Vol. 4 (4), 379-389 s.

Vermonden K., Leuven, R.S.E.W., van der Velde, G., 2009: Urban drainage systems: An undervalued habitat for aquatic macroinvertebrates. *Biological Conservation*, Vol. 142 (85) 1105-1115 s.

Vítek J., Stránský D., Kabelková I., Suchánek M., 2008: Konceptce hospodaření s dešťovou vodou v ČR – cílový stav a cesta k němu, *Seminář "Hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích"*, Brno, 7 s.

Vítek J., Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Vítek R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR, 01/71 ZO ČSOP Koniklec, Praha, 127 s, ISBN 978-80-260-7815-9.

Vooght J. A., 2002: Urban heat island, In *Encyclopedia of global environmental change*, Wiley, Chichester, Vol. 3, 660-666 s.

Walsh C. J., Roy A. H., Feminella J. W., Cottingham P. D., Groffman P. M. a Morgan R. P., 2005: The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 24 (3), 706–723 s.

Walsh C. J., 2004: Protection of in-stream biota from urban impacts: minimise catchment imperviousness or improve drainage design? *Marine & Freshwater Research*, Vol. 55, 317-326 s.

Walsh C. J., 2000: Urban impacts on the ecology of receiving waters: a Framework for assessment, conservation and restoration. *Hydrobiologia*, Vol. 431, 107-114 s.

Weng Q., Lu D., 2008: Landscape as a Continuum: An Examination of the Urban Landscape Structures and Dynamics of Indianapolis City, 1991–2000, by Using Satellite Images, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 30 (10), 2547-2577 s.

Wenger S. J., Roy A., Jackson C., Bernhardt E. S., Carter T. L., 2009: Twenty-six key research questions in urban stream ecology: an assessment of the state of the science, *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 28 (4), 1080-1098 s.

11.2 Ostatní zdroje

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, (AOPK ČR) [cit. 29.11.2021], dostupné z <https://slavkovskyles.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/klima/>

Český statistický úřad, *Statistický lexikon obcí České republiky 2013*. Praha: Český statistický úřad, 2013. 900 s, dostupné z <https://www.czso.cz/csu/czso/statisticky-lexikon-obci-2013-a8m6eyff20>

ČSN 75 6101 (756101) N Stokové sítě a kanalizační přípojky. Praha: Český normalizační institut, 2004. [cit. 16.01.2022], dostupné z <http://csnonline.agentura-cas.cz/>

Evropská agentury pro životní prostředí (EEA), [cit. 18.11.2021], dostupné z <https://land.copernicus.eu/user-corner/publications/ua-flyer/view>

Hydroekologický informační systém VÚV TGM (HEIS), [cit. 14.12.2021], dostupné z https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=HVMAP_MAI N&IFRAME=0&lon=12.6223594&lat=50.1338367&scale=7560

Mapový podklad, CENIA – Data50, 2019 © Český úřad zeměměřický a katastrální, dostupné z <https://geoportal.cuzk.cz>

Obrázek 3: https://www.geocaching.com/geocache/GC5ZG43_zajeci-arkousovicky-potok-vodopady?guid=eb9b77bf-6412-4e43-b93f-d9332df425cc

Obrázek 5: <https://www.theriverstrust.org/2019/01/15/its-time-to-stop-flushing-wipes-to-let-our-rivers-run/bury-wet-wipes-web/>

Plán rozvoje vodovodů a kanalizace Karlovarského kraje (PRVK) [cit. 10.11.2021], dostupné z <http://webmap.kr-karlovarsky.cz/prvk/>

Stavební objekty, Územně identifikační registr ČR [cit. 22.10.2021] dostupné z <http://www.uir.cz/adresy-objekty-casti-obce/070441/Cast-obce-Rudolec>

Sucho v krajině [cit. 5.12.2021], dostupné z <https://suchovkrajine.cz/vystupy>

Vodní zákon - zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Veřejný dálkový přístup adresních míst, [cit. 10.11.2021], dostupné z <https://vdp.cuzk.cz/vdp/ruian/adresnimista/vyhledej>

12 Přílohy

12.1 Způsoby odvodnění z nepropustných ploch

Plocha ID	Číslo popisné	Odtok	Plocha (m ²)	Zdroj	Typ plochy	Recipient	Poznámka
0	100	do sudu	86	vizuálně	střecha	zálivka, vsak	
1	0	na povrch	617	vizuálně	silnice	vsak, vodoteč	
2	0	na povrch	562	odhad	střecha	vsak	neobydlená usedlost
3	0	na povrch	314	odhad	střecha	vsak	
4	0	na povrch	154	odhad	střecha	vsak	
5	23	drenáž	391	vizuálně	střecha	vodoteč	firma
6	98	drenáž	771	vizuálně	střecha	vodoteč	firma
7	98	drenáž	453	vizuálně	střecha	vodoteč	firma
8	98	drenáž	2085	odhad	dvůr	vodoteč	firma
9	23	drenáž	1156	odhad	dvůr	vodoteč	firma
10	0	na povrch	19	vizuálně	střecha	vodoteč	zastávka
11	15	na povrch	202	sděleno	střecha	vsak	v rekonstrukci
12	15	na povrch	143	sděleno	střecha	vsak	v rekonstrukci
13	97	drenáž	143	vizuálně	střecha	vodoteč	firma
14	97	drenáž	2289	odhad	dvůr	vodoteč	firma
15	97	drenáž	50	vizuálně	střecha	vodoteč	firma
16	97	drenáž	664	odhad	střecha	vodoteč	firma
17	0	na povrch	21	vizuálně	střecha	vsak	
18	0	na povrch	705	vizuálně	dvůr	vsak	
19	34	na povrch	189	sděleno	střecha	vodoteč	
20	34	drenáž	230	sděleno	střecha	vodoteč	
21	34	drenáž	101	sděleno	střecha	vodoteč	
22	43	drenáž	47	vizuálně	střecha	vodoteč	
23	59	drenáž	47	vizuálně	střecha	vodoteč	
24	44	drenáž	47	vizuálně	střecha	vodoteč	
25	60	drenáž	47	vizuálně	střecha	vodoteč	
26	45	na povrch	94	vizuálně	střecha	vsak	
27	61	drenáž	47	vizuálně	střecha	vodoteč	
28	62	na povrch	103	vizuálně	střecha	vsak	
29	62	na povrch	15	vizuálně	střecha	vsak	
30	45	do sudu	14	odhad	střecha	zálivka, vsak	
31	61	do sudu	15	odhad	střecha	zálivka, vsak	
32	44	do sudu	15	odhad	střecha	zálivka, vsak	
33	60	do sudu	14	odhad	střecha	zálivka, vsak	
34	43	do sudu	14	vizuálně	střecha	zálivka, vsak	

Plocha ID	Číslo popisné	Odtok	Plocha (m ²)	Zdroj	Typ plochy	Recipient	Poznámka
35	59	na povrch	14	vizuálně	střecha	vsak	
36	58	drenáž	51	sděleno	střecha	vodoteč	
37	58	na povrch	19	odhad	střecha	vsak	
38	58	na povrch	15	sděleno	střecha	vsak	
39	61	do sudu	47	vizuálně	střecha	zálivka, vsak	
40	44	do sudu	47	vizuálně	střecha	zálivka, vsak	
41	58	do sudu	51	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
42	59	do sudu	47	odhad	střecha	zálivka, vsak	
43	60	do sudu	47	odhad	střecha	zálivka, vsak	
44	43	do sudu	47	odhad	střecha	zálivka, vsak	
45	0	na povrch	1072	vizuálně	silnice	vsak, vodoteč	
46	0	na povrch	747	vizuálně	silnice	vsak, vodoteč	
47	0	na povrch	688	vizuálně	silnice	vsak, vodoteč	
48	12	do sudu	78	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
49	12	drenáž	78	sděleno	střecha	vodoteč	
50	0	na povrch	802	vizuálně	silnice	vsak	
51	0	drenáž	222	vizuálně	silnice	vodoteč	
52	0	na povrch	53	odhad	střecha	vsak	ČOV
53	0	na povrch	61	vizuálně	silnice	vsak	
54	0	drenáž	619	vizuálně	silnice	vodoteč	
55	0	na povrch	616	vizuálně	silnice	vsak	
56	78	do sudu	40	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
57	78	drenáž	40	sděleno	střecha	vodoteč	
58	79	drenáž	41	vizuálně	střecha	vodoteč	
59	79	do sudu	41	odhad	střecha	zálivka, vsak	
60	80	do sudu	40	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
61	80	drenáž	40	sděleno	střecha	vodoteč	
62	81	drenáž	40	vizuálně	střecha	vodoteč	
63	81	do sudu	40	odhad	střecha	zálivka, vsak	
64	88	drenáž	39	sděleno	střecha	vodoteč	
65	89	do sudu	40	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
66	89	drenáž	40	sděleno	střecha	vodoteč	
67	87	na povrch	36	vizuálně	střecha	vsak	
68	86	na povrch	16	odhad	střecha	vsak	
69	86	do sudu	39	odhad	střecha	zálivka, vsak	
70	86	drenáž	39	vizuálně	střecha	vodoteč	
71	87	do sudu	41	vizuálně	střecha	zálivka, vsak	
72	82	do sudu	42	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
73	82	drenáž	42	sděleno	střecha	vodoteč	

Plocha ID	Číslo popisné	Odtok	Plocha (m ²)	Zdroj	Typ plochy	Recipient	Poznámka
74	83	do sudu	41	odhad	střecha	zálivka, vsak	
75	83	drenáž	41	vizuálně	střecha	vodoteč	
76	84	do sudu	40	odhad	střecha	zálivka, vsak	
77	84	drenáž	40	vizuálně	střecha	vodoteč	
78	85	do sudu	60	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
79	85	drenáž	60	sděleno	střecha	vodoteč	
80	87	na povrch	41	vizuálně	střecha	vsak	
81	88	na povrch	39	sděleno	střecha	vsak	
82	0	do sudu	133	vizuálně	střecha	zálivka, vsak	
83	0	do sudu	100	vizuálně	střecha	zálivka, vsak	
84	0	na povrch	213	vizuálně	silnice	vsak	
85	0	na povrch	238	vizuálně	silnice	vsak	
86	0	na povrch	211	vizuálně	silnice	vsak	
87	65	na povrch	10	odhad	střecha	vsak	
88	63	drenáž	95	sděleno	střecha	vodoteč	
89	63	na povrch	16	sděleno	střecha	vsak	
90	66	drenáž	16	vizuálně	střecha	vodoteč	
91	66	drenáž	79	vizuálně	střecha	vodoteč	
92	66	do sudu	26	vizuálně	střecha	zálivka, vsak	
93	65	drenáž	35	sděleno	střecha	vodoteč	
94	65	drenáž	79	sděleno	střecha	vodoteč	
95	65	do sudu	30	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
96	64	drenáž	79	vizuálně	střecha	vodoteč	
97	0	na povrch	523	vizuálně	silnice	vsak	
98	0	na povrch	981	vizuálně	silnice	vsak	
99	0	na povrch	763	vizuálně	silnice	vsak	
100	0	na povrch	530	vizuálně	silnice	vodoteč	
101	53	na povrch	16	odhad	střecha	vsak	
102	54	na povrch	16	odhad	střecha	vsak	
103	0	na povrch	969	vizuálně	silnice	vsak	
104	67	drenáž	93	sděleno	střecha	vodoteč	
105	67	do sudu	117	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
106	54	na povrch	24	vizuálně	střecha	vsak	
107	54	drenáž	87	vizuálně	střecha	vodoteč	
108	68	do sudu	68	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
109	53	drenáž	87	sděleno	střecha	vodoteč	
110	55	drenáž	86	vizuálně	střecha	vodoteč	
111	39	drenáž	44	sděleno	střecha	vodoteč	
112	39	do sudu	44	sděleno	střecha	zálivka, vsak	

Plocha ID	Číslo popisné	Odtok	Plocha (m ²)	Zdroj	Typ plochy	Recipient	Poznámka
113	41	do sudu	86	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
114	57	do sudu	89	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
115	41	do sudu	49	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
116	57	do sudu	55	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
117	40	do sudu	84	vizuálně	střecha	zálivka, vsak	
118	56	drenáž	44	vizuálně	střecha	vodoteč	
119	56	do sudu	44	odhad	střecha	zálivka, vsak	
120	35	na povrch	163	vizuálně	střecha	vsak	
121	4	na povrch	69	vizuálně	střecha	vsak	
122	4	drenáž	69	vizuálně	střecha	vodoteč	
123	0	na povrch	1188	vizuálně	silnice	vsak	
124	0	na povrch	3936	vizuálně	silnice	vodoteč	
125	0	na povrch	55	vizuálně	střecha	vsak	
126	26	na povrch	19	odhad	střecha	vsak	
127	27	na povrch	92	odhad	střecha	vsak	
128	26	na povrch	89	odhad	střecha	vsak	
129	27	na povrch	76	vizuálně	střecha	vsak	
130	26	na povrch	76	vizuálně	střecha	vsak	
131	96	na povrch	186	odhad	střecha	vsak	
132	0	na povrch	809	vizuálně	silnice	vodoteč	
133	68	na povrch	73	sděleno	střecha	vsak	
134	68	do sudu	62	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
135	0	na povrch	24	vizuálně	střecha	vsak	
136	0	na povrch	24	vizuálně	střecha	vsak	
137	0	na povrch	24	vizuálně	střecha	vsak	
138	90	drenáž	40	vizuálně	střecha	vodoteč	
139	91	drenáž	39	vizuálně	střecha	vodoteč	
140	92	drenáž	40	vizuálně	střecha	vodoteč	
141	93	do sudu	79	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
142	94	drenáž	39	odhad	střecha	vodoteč	
143	90	do sudu	40	odhad	střecha	zálivka, vsak	
144	91	do sudu	39	odhad	střecha	zálivka, vsak	
145	92	do sudu	40	odhad	střecha	zálivka, vsak	
146	94	do sudu	39	vizuálně	střecha	zálivka, vsak	
147	95	do sudu	80	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
148	0	na povrch	63	vizuálně	střecha	vsak	
149	99	na povrch	79	sděleno	dvůr	vsak	farma
150	101	do sudu	1541	sděleno	střecha	zvířata	farma
151	99	do sudu	486	sděleno	střecha	zvířata	farma

Plocha ID	Číslo popisné	Odtok	Plocha (m ²)	Zdroj	Typ plochy	Recipient	Poznámka
152	99	do sudu	190	sděleno	střecha	zvířata	farma
153	99	do sudu	1140	sděleno	střecha	zvířata	farma
154	99	na povrch	49	sděleno	střecha	vsak	farma
155	101	na povrch	53	sděleno	střecha	vsak	farma
156	101	na povrch	492	sděleno	střecha	vsak	farma
157	101	na povrch	919	sděleno	střecha	vsak	farma
158	101	na povrch	1074	sděleno	střecha	vsak	farma
159	20	na povrch	262	odhad	střecha	vsak	v rekonstrukci
160	20	na povrch	165	odhad	střecha	vsak	v rekonstrukci
161	0	na povrch	2691	sděleno	dvůr	vsak	farma
162	0	na povrch	2291	sděleno	dvůr	vsak	farma
163	0	na povrch	1690	sděleno	dvůr	vsak	farma
164	0	na povrch	922	sděleno	dvůr	vsak	farma
165	0	na povrch	2078	sděleno	dvůr	vsak	farma
166	0	na povrch	1364	sděleno	dvůr	vsak	farma
167	0	na povrch	794	vizuálně	dvůr	vodoteč	
168	0	na povrch	145	vizuálně	dvůr	vsak	
169	69	do sudu	52	odhad	střecha	zálivka, vsak	
170	70	do sudu	40	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
171	71	do sudu	39	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
172	72	do sudu	41	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
173	73	do sudu	42	odhad	střecha	zálivka, vsak	
174	74	do sudu	42	odhad	střecha	zálivka, vsak	
175	75	do sudu	68	sděleno	střecha	zálivka, vsak	
176	76	do sudu	37	odhad	střecha	zálivka, vsak	
177	77	do sudu	55	odhad	střecha	zálivka, vsak	
178	69	na povrch	12	odhad	střecha	vsak	
179	69	drenáž	72	vizuálně	střecha	vodoteč	
180	71	drenáž	37	sděleno	střecha	vodoteč	
181	70	drenáž	70	sděleno	střecha	vodoteč	
182	77	drenáž	73	vizuálně	střecha	vodoteč	
183	76	drenáž	73	vizuálně	střecha	vodoteč	
184	75	drenáž	74	sděleno	střecha	vodoteč	
185	74	drenáž	74	vizuálně	střecha	vodoteč	
186	72	na povrch	35	sděleno	střecha	vsak	
187	73	na povrch	77	vizuálně	střecha	vsak	
188	71	na povrch	37	sděleno	střecha	vsak	
189	72	drenáž	35	sděleno	střecha	vodoteč	

Tabulka 14: Způsoby odvodnění z nepropustných ploch (Vlastní úprava, 2022)

12.2 Maximální povrchový odtok z nepropustných ploch při 1leté návrhové srážce

ID	Číslo popisné	Odtok	Plocha (m ²)	Typ plochy	EIA / NEIA	Recipient	Intenzita deště (l/s.ha)	Odtok z plochy (l/s)
0	100	do sudu	86	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.7
1	0	povrch	617	silnice	efektivní plocha	vsak, vodoteč	107	5.3
2	0	na povrch	562	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	4.8
3	0	na povrch	314	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	2.7
4	0	na povrch	154	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	1.3
5	23	drenáž	391	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	3.3
6	98	drenáž	771	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	6.6
7	98	drenáž	453	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	3.9
8	98	drenáž	2085	dvůr	efektivní plocha	vodoteč	107	17.8
9	23	drenáž	1156	dvůr	efektivní plocha	vodoteč	107	9.9
10	0	na povrch	19	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.2
11	15	na povrch	202	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	1.7
12	15	na povrch	143	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	1.2
13	97	drenáž	143	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	1.2
14	97	drenáž	2289	dvůr	efektivní plocha	vodoteč	107	19.6
15	97	drenáž	50	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.4
16	97	drenáž	664	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	5.7
17	0	na povrch	21	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.2
18	0	na povrch	705	dvůr	neefektivní plocha	vsak	107	6.0
19	34	na povrch	189	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	1.6
20	34	drenáž	230	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	2.0
21	34	drenáž	101	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.9
22	43	drenáž	47	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.4
23	59	drenáž	47	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.4
24	44	drenáž	47	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.4
25	60	drenáž	47	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.4
26	45	na povrch	94	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.8
27	61	drenáž	47	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.4
28	62	na povrch	103	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.9
29	62	na povrch	15	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.1
30	45	do sudu	14	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.1
31	61	do sudu	15	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.1
32	44	do sudu	15	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.1

ID	Číslo popisné	Odtok	Plocha (m ²)	Typ plochy	EIA / NEIA	Recipient	Intenzita deště (l/s.ha)	Odtok z plochy (l/s)
33	60	do sudu	14	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.1
34	43	do sudu	14	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.1
35	59	na povrch	14	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.1
36	58	drenáž	51	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.4
37	58	na povrch	19	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.2
38	58	na povrch	15	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.1
39	61	do sudu	47	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
40	44	do sudu	47	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
41	58	do sudu	51	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
42	59	do sudu	47	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
43	60	do sudu	47	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
44	43	do sudu	47	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
45	0	na povrch	1072	silnice	efektivní plocha	vsak, vodoteč	107	9.2
46	0	na povrch	747	silnice	efektivní plocha	vsak, vodoteč	107	6.4
47	0	na povrch	688	silnice	efektivní plocha	vsak, vodoteč	107	5.9
48	12	do sudu	78	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.7
49	12	drenáž	78	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.7
50	0	na povrch	802	silnice	neefektivní plocha	vsak	107	6.9
51	0	drenáž	222	silnice	efektivní plocha	vodoteč	107	1.9
52	0	na povrch	53	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.5
53	0	na povrch	61	silnice	neefektivní plocha	vsak	107	0.5
54	0	drenáž	619	silnice	efektivní plocha	vodoteč	107	5.3
55	0	na povrch	616	silnice	neefektivní plocha	vsak	107	5.3
56	78	do sudu	40	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
57	78	drenáž	40	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
58	79	drenáž	41	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.4
59	79	do sudu	41	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
60	80	do sudu	40	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
61	80	drenáž	40	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
62	81	drenáž	40	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
63	81	do sudu	40	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
64	88	drenáž	39	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
65	89	do sudu	40	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
66	89	drenáž	40	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
67	87	na povrch	36	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.3
68	86	na povrch	16	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.1

ID	Číslo popisné	Odtok	Plocha (m ²)	Typ plochy	EIA / NEIA	Recipient	Intenzita deště (l/s.ha)	Odtok z plochy (l/s)
69	86	do sudu	39	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
70	86	drenáž	39	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
71	87	do sudu	41	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
72	82	do sudu	42	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
73	82	drenáž	42	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.4
74	83	do sudu	41	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
75	83	drenáž	41	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
76	84	do sudu	40	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
77	84	drenáž	40	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
78	85	do sudu	60	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.5
79	85	drenáž	60	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.5
80	87	na povrch	41	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.3
81	88	na povrch	39	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.3
82	0	do sudu	133	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	1.1
83	0	do sudu	100	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.9
84	0	na povrch	213	silnice	neefektivní plocha	vsak	107	1.8
85	0	na povrch	238	silnice	neefektivní plocha	vsak	107	2.0
86	0	na povrch	211	silnice	neefektivní plocha	vsak	107	1.8
87	65	na povrch	10	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.1
88	63	drenáž	95	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.8
89	63	na povrch	16	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.1
90	66	drenáž	16	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.1
91	66	drenáž	79	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.7
92	66	do sudu	26	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.2
93	65	drenáž	35	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
94	65	drenáž	79	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.7
95	65	do sudu	30	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
96	64	drenáž	79	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.7
97	0	na povrch	523	silnice	neefektivní plocha	vsak	107	4.5
98	0	na povrch	981	silnice	neefektivní plocha	vsak	107	8.4
99	0	na povrch	763	silnice	neefektivní plocha	vsak	107	6.5
100	0	na povrch	530	silnice	efektivní plocha	vodoteč	107	4.5
101	53	na povrch	16	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.1
102	54	na povrch	16	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.1
103	0	na povrch	969	silnice	neefektivní plocha	vsak	107	8.3
104	67	drenáž	93	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.8

ID	Číslo popisné	Odtok	Plocha (m ²)	Typ plochy	EIA / NEIA	Recipient	Intenzita deště (l/s.ha)	Odtok z plochy (l/s)
105	67	do sudu	117	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	1.0
106	54	na povrch	24	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.2
107	54	drenáž	87	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.7
108	68	do sudu	68	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.6
109	53	drenáž	87	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.7
110	55	drenáž	86	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.7
111	39	drenáž	44	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.4
112	39	do sudu	44	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
113	41	do sudu	86	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.7
114	57	do sudu	89	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.8
115	41	do sudu	49	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
116	57	do sudu	55	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.5
117	40	do sudu	84	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.7
118	56	drenáž	44	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.4
119	56	do sudu	44	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
120	35	na povrch	163	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	1.4
121	4	na povrch	69	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.6
122	4	drenáž	69	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.6
123	0	na povrch	1188	silnice	neefektivní plocha	vsak	107	10.2
124	0	na povrch	3936	silnice	efektivní plocha	vodoteč	107	33.7
125	0	na povrch	55	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.5
126	26	na povrch	19	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.2
127	27	na povrch	92	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.8
128	26	na povrch	89	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.8
129	27	na povrch	76	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.6
130	26	na povrch	76	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.7
131	96	na povrch	186	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	1.6
132	0	na povrch	809	silnice	efektivní plocha	vodoteč	107	6.9
133	68	na povrch	73	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.6
134	68	do sudu	62	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.5
135	0	na povrch	24	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.2
136	0	na povrch	24	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.2
137	0	na povrch	24	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.2
138	90	drenáž	40	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
139	91	drenáž	39	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
140	92	drenáž	40	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3

ID	Číslo popisné	Odtok	Plocha (m ²)	Typ plochy	EIA / NEIA	Recipient	Intenzita deště (l/s.ha)	Odtok z plochy (l/s)
141	93	do sudu	79	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.7
142	94	drenáž	39	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
143	90	do sudu	40	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
144	91	do sudu	39	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
145	92	do sudu	40	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
146	94	do sudu	39	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
147	95	do sudu	80	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.7
148	0	na povrch	63	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.5
149	99	na povrch	79	dvůr	neefektivní plocha	vsak	107	0.7
150	101	do sudu	1541	střecha	neefektivní plocha	zvířata	107	13.2
151	99	do sudu	486	střecha	neefektivní plocha	zvířata	107	4.2
152	99	do sudu	190	střecha	neefektivní plocha	zvířata	107	1.6
153	99	do sudu	1140	střecha	neefektivní plocha	zvířata	107	9.8
154	99	na povrch	49	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.4
155	101	na povrch	53	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.5
156	101	na povrch	492	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	4.2
157	101	na povrch	919	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	7.9
158	101	na povrch	1074	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	9.2
159	20	na povrch	262	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	2.2
160	20	na povrch	165	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	1.4
161	0	na povrch	2691	dvůr	neefektivní plocha	vsak	107	23.0
162	0	na povrch	2291	dvůr	neefektivní plocha	vsak	107	19.6
163	0	na povrch	1690	dvůr	neefektivní plocha	vsak	107	14.5
164	0	na povrch	922	dvůr	neefektivní plocha	vsak	107	7.9
165	0	na povrch	2078	dvůr	neefektivní plocha	vsak	107	17.8
166	0	na povrch	1364	dvůr	neefektivní plocha	vsak	107	11.7
167	0	na povrch	794	dvůr	efektivní plocha	vodoteč	107	6.8
168	0	na povrch	145	dvůr	neefektivní plocha	vsak	107	1.2
169	69	do sudu	52	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
170	70	do sudu	40	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
171	71	do sudu	39	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
172	72	do sudu	41	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3
173	73	do sudu	42	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
174	74	do sudu	42	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.4
175	75	do sudu	68	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.6
176	76	do sudu	37	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.3

ID	Číslo popisné	Odtok	Plocha (m ²)	Typ plochy	EIA / NEIA	Recipient	Intenzita deště (l/s.ha)	Odtok z plochy (l/s)
177	77	do sudu	55	střecha	neefektivní plocha	zálivka, vsak	107	0.5
178	69	na povrch	12	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.1
179	69	drenáž	72	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.6
180	71	drenáž	37	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3
181	70	drenáž	70	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.6
182	77	drenáž	73	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.6
183	76	drenáž	73	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.6
184	75	drenáž	74	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.6
185	74	drenáž	74	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.6
186	72	na povrch	35	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.3
187	73	na povrch	77	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.7
188	71	na povrch	37	střecha	neefektivní plocha	vsak	107	0.3
189	72	drenáž	35	střecha	efektivní plocha	vodoteč	107	0.3

Tabulka 15: Maximální povrchový odtok z nepropustných ploch (Vlastní úprava, 2022)

12.3 Maximální povrchový odtok z nepropustných ploch při srážkách různého spektra intenzit

Plocha ID	Intenzita deště (l/s.ha)								
	0.50	1	2	4	8	16	32	64	128
	Odtok z plochy (l/s)								
0	0.0035	0.0069	0.0138	0.0276	0.0552	0.1105	0.2209	0.4419	0.8837
1	0.0247	0.0494	0.0988	0.1976	0.3951	0.7903	1.5806	3.1612	6.3224
2	0.0225	0.0450	0.0900	0.1799	0.3598	0.7196	1.4392	2.8785	5.7569
3	0.0126	0.0251	0.0503	0.1006	0.2012	0.4023	0.8046	1.6092	3.2184
4	0.0062	0.0123	0.0246	0.0492	0.0984	0.1969	0.3937	0.7875	1.5749
5	0.0157	0.0313	0.0626	0.1252	0.2504	0.5009	1.0017	2.0035	4.0069
6	0.0308	0.0617	0.1233	0.2466	0.4932	0.9865	1.9730	3.9460	7.8920
7	0.0181	0.0363	0.0725	0.1451	0.2902	0.5804	1.1607	2.3214	4.6428
8	0.0834	0.1668	0.3335	0.6671	1.3341	2.6683	5.3366	10.6732	21.3463
9	0.0462	0.0925	0.1849	0.3698	0.7397	1.4794	2.9588	5.9175	11.8351
10	0.0008	0.0015	0.0031	0.0062	0.0124	0.0247	0.0494	0.0988	0.1976
11	0.0081	0.0162	0.0324	0.0647	0.1295	0.2589	0.5179	1.0358	2.0716
12	0.0057	0.0114	0.0229	0.0457	0.0915	0.1829	0.3658	0.7316	1.4633
13	0.0057	0.0114	0.0229	0.0457	0.0915	0.1829	0.3658	0.7316	1.4633
14	0.0916	0.1831	0.3662	0.7324	1.4648	2.9297	5.8593	11.7187	23.4373
15	0.0020	0.0040	0.0080	0.0159	0.0318	0.0636	0.1272	0.2545	0.5089
16	0.0266	0.0531	0.1062	0.2124	0.4248	0.8497	1.6993	3.3987	6.7973
17	0.0008	0.0016	0.0033	0.0066	0.0132	0.0264	0.0527	0.1055	0.2109
18	0.0282	0.0564	0.1127	0.2254	0.4509	0.9018	1.8035	3.6070	7.2141
19	0.0075	0.0151	0.0302	0.0604	0.1207	0.2414	0.4828	0.9656	1.9313
20	0.0092	0.0184	0.0368	0.0736	0.1473	0.2945	0.5891	1.1781	2.3562
21	0.0040	0.0081	0.0162	0.0324	0.0648	0.1295	0.2591	0.5181	1.0363
22	0.0019	0.0038	0.0076	0.0151	0.0302	0.0605	0.1210	0.2419	0.4838
23	0.0019	0.0038	0.0075	0.0150	0.0300	0.0601	0.1202	0.2404	0.4808
24	0.0019	0.0038	0.0076	0.0152	0.0303	0.0606	0.1212	0.2424	0.4849
25	0.0019	0.0038	0.0075	0.0150	0.0300	0.0601	0.1202	0.2404	0.4808
26	0.0038	0.0075	0.0151	0.0301	0.0602	0.1204	0.2409	0.4818	0.9636
27	0.0019	0.0038	0.0075	0.0150	0.0301	0.0602	0.1203	0.2406	0.4813
28	0.0041	0.0082	0.0164	0.0329	0.0657	0.1315	0.2629	0.5258	1.0516
29	0.0006	0.0012	0.0024	0.0048	0.0096	0.0192	0.0384	0.0768	0.1536
30	0.0006	0.0011	0.0023	0.0045	0.0091	0.0182	0.0364	0.0727	0.1454
31	0.0006	0.0012	0.0023	0.0047	0.0093	0.0187	0.0374	0.0748	0.1495
32	0.0006	0.0012	0.0023	0.0046	0.0093	0.0186	0.0371	0.0742	0.1485
33	0.0006	0.0012	0.0023	0.0046	0.0092	0.0184	0.0369	0.0737	0.1475

Plocha ID	Intenzita deště (l/s.ha)								
	0.50	1	2	4	8	16	32	64	128
	Odtok z plochy (l/s)								
34	0.0006	0.0012	0.0023	0.0046	0.0092	0.0184	0.0369	0.0737	0.1475
35	0.0006	0.0011	0.0023	0.0046	0.0092	0.0183	0.0366	0.0732	0.1464
36	0.0020	0.0041	0.0082	0.0164	0.0327	0.0655	0.1309	0.2619	0.5238
37	0.0008	0.0015	0.0030	0.0060	0.0121	0.0242	0.0484	0.0968	0.1935
38	0.0006	0.0012	0.0024	0.0047	0.0095	0.0189	0.0379	0.0758	0.1516
39	0.0019	0.0038	0.0075	0.0150	0.0301	0.0602	0.1203	0.2406	0.4813
40	0.0019	0.0038	0.0076	0.0152	0.0303	0.0606	0.1212	0.2424	0.4849
41	0.0020	0.0041	0.0082	0.0164	0.0327	0.0655	0.1309	0.2619	0.5238
42	0.0019	0.0038	0.0075	0.0150	0.0300	0.0601	0.1202	0.2404	0.4808
43	0.0019	0.0038	0.0075	0.0150	0.0300	0.0601	0.1202	0.2404	0.4808
44	0.0019	0.0038	0.0076	0.0151	0.0302	0.0605	0.1210	0.2419	0.4838
45	0.0429	0.0857	0.1715	0.3429	0.6858	1.3716	2.7433	5.4866	10.9732
46	0.0299	0.0597	0.1194	0.2389	0.4778	0.9556	1.9112	3.8224	7.6448
47	0.0275	0.0550	0.1101	0.2201	0.4402	0.8804	1.7609	3.5218	7.0436
48	0.0031	0.0062	0.0125	0.0250	0.0499	0.0998	0.1997	0.3994	0.7987
49	0.0031	0.0062	0.0125	0.0250	0.0499	0.0998	0.1997	0.3994	0.7987
50	0.0321	0.0641	0.1282	0.2565	0.5130	1.0259	2.0519	4.1037	8.2075
51	0.0089	0.0178	0.0355	0.0710	0.1421	0.2841	0.5683	1.1366	2.2732
52	0.0021	0.0042	0.0084	0.0168	0.0337	0.0673	0.1347	0.2693	0.5386
53	0.0024	0.0048	0.0097	0.0194	0.0388	0.0775	0.1551	0.3101	0.6202
54	0.0248	0.0495	0.0991	0.1982	0.3964	0.7928	1.5856	3.1711	6.3422
55	0.0247	0.0493	0.0986	0.1972	0.3945	0.7889	1.5779	3.1558	6.3115
56	0.0016	0.0032	0.0065	0.0129	0.0258	0.0516	0.1033	0.2066	0.4132
57	0.0016	0.0032	0.0065	0.0129	0.0258	0.0516	0.1033	0.2066	0.4132
58	0.0016	0.0033	0.0066	0.0131	0.0263	0.0525	0.1051	0.2102	0.4204
59	0.0016	0.0033	0.0066	0.0131	0.0263	0.0525	0.1051	0.2102	0.4204
60	0.0016	0.0032	0.0064	0.0128	0.0256	0.0512	0.1024	0.2048	0.4096
61	0.0016	0.0032	0.0064	0.0128	0.0256	0.0512	0.1024	0.2048	0.4096
62	0.0016	0.0032	0.0064	0.0127	0.0254	0.0508	0.1016	0.2033	0.4065
63	0.0016	0.0032	0.0064	0.0127	0.0254	0.0508	0.1016	0.2033	0.4065
64	0.0016	0.0031	0.0063	0.0126	0.0252	0.0503	0.1006	0.2012	0.4024
65	0.0016	0.0032	0.0064	0.0127	0.0254	0.0508	0.1016	0.2033	0.4065
66	0.0016	0.0032	0.0064	0.0127	0.0254	0.0508	0.1016	0.2033	0.4065
67	0.0014	0.0029	0.0058	0.0116	0.0232	0.0463	0.0927	0.1853	0.3707
68	0.0006	0.0012	0.0025	0.0050	0.0100	0.0200	0.0399	0.0799	0.1597
69	0.0016	0.0031	0.0062	0.0124	0.0249	0.0498	0.0996	0.1992	0.3983
70	0.0016	0.0031	0.0062	0.0124	0.0249	0.0498	0.0996	0.1992	0.3983

Plocha ID	Intenzita deště (l/s.ha)								
	0.50	1	2	4	8	16	32	64	128
	Odtok z plochy (l/s)								
71	0.0016	0.0032	0.0065	0.0130	0.0260	0.0520	0.1039	0.2079	0.4157
72	0.0017	0.0033	0.0067	0.0133	0.0267	0.0534	0.1068	0.2135	0.4270
73	0.0017	0.0033	0.0067	0.0133	0.0267	0.0534	0.1068	0.2135	0.4270
74	0.0016	0.0033	0.0065	0.0130	0.0260	0.0520	0.1041	0.2081	0.4163
75	0.0016	0.0033	0.0065	0.0130	0.0260	0.0520	0.1041	0.2081	0.4163
76	0.0016	0.0032	0.0063	0.0127	0.0253	0.0507	0.1014	0.2028	0.4055
77	0.0016	0.0032	0.0063	0.0127	0.0253	0.0507	0.1014	0.2028	0.4055
78	0.0024	0.0048	0.0096	0.0192	0.0384	0.0768	0.1536	0.3072	0.6144
79	0.0024	0.0048	0.0096	0.0192	0.0384	0.0768	0.1536	0.3072	0.6144
80	0.0016	0.0032	0.0065	0.0130	0.0260	0.0520	0.1039	0.2079	0.4157
81	0.0016	0.0031	0.0063	0.0126	0.0252	0.0503	0.1006	0.2012	0.4024
82	0.0053	0.0106	0.0212	0.0425	0.0849	0.1699	0.3397	0.6794	1.3588
83	0.0040	0.0080	0.0160	0.0321	0.0641	0.1283	0.2565	0.5130	1.0260
84	0.0085	0.0170	0.0341	0.0682	0.1364	0.2727	0.5455	1.0910	2.1819
85	0.0095	0.0191	0.0381	0.0763	0.1525	0.3050	0.6100	1.2201	2.4402
86	0.0084	0.0169	0.0338	0.0676	0.1352	0.2704	0.5408	1.0815	2.1631
87	0.0004	0.0008	0.0015	0.0030	0.0061	0.0122	0.0243	0.0486	0.0973
88	0.0038	0.0076	0.0152	0.0305	0.0610	0.1220	0.2440	0.4879	0.9759
89	0.0006	0.0013	0.0026	0.0052	0.0103	0.0206	0.0412	0.0824	0.1649
90	0.0006	0.0013	0.0026	0.0051	0.0102	0.0205	0.0410	0.0819	0.1638
91	0.0031	0.0063	0.0126	0.0252	0.0503	0.1006	0.2012	0.4024	0.8049
92	0.0010	0.0021	0.0041	0.0083	0.0166	0.0332	0.0663	0.1326	0.2652
93	0.0014	0.0028	0.0056	0.0112	0.0223	0.0447	0.0893	0.1787	0.3574
94	0.0031	0.0063	0.0126	0.0252	0.0503	0.1006	0.2012	0.4024	0.8049
95	0.0012	0.0024	0.0049	0.0097	0.0195	0.0389	0.0778	0.1556	0.3113
96	0.0031	0.0063	0.0126	0.0252	0.0503	0.1006	0.2012	0.4024	0.8049
97	0.0209	0.0418	0.0836	0.1673	0.3345	0.6691	1.3382	2.6763	5.3527
98	0.0392	0.0785	0.1569	0.3138	0.6277	1.2554	2.5107	5.0215	10.0430
99	0.0305	0.0610	0.1220	0.2441	0.4882	0.9764	1.9527	3.9054	7.8109
100	0.0212	0.0424	0.0848	0.1697	0.3394	0.6787	1.3575	2.7149	5.4299
101	0.0006	0.0013	0.0026	0.0052	0.0104	0.0207	0.0415	0.0829	0.1659
102	0.0007	0.0013	0.0026	0.0052	0.0104	0.0209	0.0417	0.0835	0.1669
103	0.0388	0.0775	0.1550	0.3100	0.6201	1.2401	2.4802	4.9604	9.9208
104	0.0037	0.0074	0.0148	0.0297	0.0593	0.1187	0.2373	0.4746	0.9492
105	0.0047	0.0094	0.0187	0.0374	0.0749	0.1498	0.2995	0.5990	1.1981
106	0.0010	0.0019	0.0039	0.0077	0.0155	0.0310	0.0620	0.1239	0.2478
107	0.0035	0.0069	0.0139	0.0277	0.0555	0.1110	0.2220	0.4439	0.8878

Plocha ID	Intenzita deště (l/s.ha)								
	0.50	1	2	4	8	16	32	64	128
	Odtok z plochy (l/s)								
108	0.0027	0.0054	0.0109	0.0218	0.0435	0.0870	0.1741	0.3482	0.6963
109	0.0035	0.0070	0.0139	0.0278	0.0557	0.1114	0.2227	0.4454	0.8909
110	0.0035	0.0069	0.0138	0.0276	0.0552	0.1105	0.2209	0.4419	0.8837
111	0.0017	0.0035	0.0070	0.0139	0.0279	0.0557	0.1115	0.2230	0.4460
112	0.0017	0.0035	0.0070	0.0139	0.0279	0.0557	0.1115	0.2230	0.4460
113	0.0034	0.0069	0.0138	0.0275	0.0550	0.1101	0.2202	0.4403	0.8806
114	0.0035	0.0071	0.0142	0.0283	0.0566	0.1133	0.2266	0.4531	0.9062
115	0.0020	0.0039	0.0078	0.0156	0.0312	0.0625	0.1249	0.2499	0.4997
116	0.0022	0.0044	0.0088	0.0176	0.0353	0.0705	0.1411	0.2821	0.5642
117	0.0034	0.0067	0.0135	0.0269	0.0538	0.1076	0.2153	0.4306	0.8612
118	0.0018	0.0035	0.0071	0.0142	0.0283	0.0566	0.1133	0.2266	0.4531
119	0.0018	0.0035	0.0071	0.0142	0.0283	0.0566	0.1133	0.2266	0.4531
120	0.0065	0.0130	0.0260	0.0521	0.1042	0.2084	0.4168	0.8335	1.6671
121	0.0028	0.0055	0.0110	0.0221	0.0441	0.0883	0.1765	0.3530	0.7060
122	0.0028	0.0055	0.0110	0.0221	0.0441	0.0883	0.1765	0.3530	0.7060
123	0.0475	0.0950	0.1900	0.3800	0.7600	1.5201	3.0401	6.0802	12.1604
124	0.1575	0.3149	0.6298	1.2597	2.5193	5.0387	10.0773	20.1546	40.3092
125	0.0022	0.0044	0.0088	0.0176	0.0352	0.0704	0.1408	0.2816	0.5632
126	0.0007	0.0015	0.0030	0.0060	0.0119	0.0238	0.0476	0.0952	0.1905
127	0.0037	0.0073	0.0147	0.0294	0.0588	0.1175	0.2350	0.4700	0.9400
128	0.0035	0.0071	0.0142	0.0284	0.0568	0.1135	0.2271	0.4541	0.9083
129	0.0030	0.0061	0.0121	0.0243	0.0485	0.0970	0.1940	0.3881	0.7762
130	0.0030	0.0061	0.0122	0.0244	0.0487	0.0974	0.1948	0.3896	0.7793
131	0.0074	0.0149	0.0297	0.0594	0.1188	0.2377	0.4754	0.9508	1.9016
132	0.0324	0.0647	0.1295	0.2589	0.5178	1.0357	2.0713	4.1426	8.2853
133	0.0029	0.0058	0.0116	0.0232	0.0465	0.0929	0.1859	0.3717	0.7434
134	0.0025	0.0050	0.0099	0.0198	0.0397	0.0794	0.1587	0.3174	0.6349
135	0.0009	0.0019	0.0038	0.0076	0.0152	0.0303	0.0607	0.1213	0.2427
136	0.0009	0.0019	0.0038	0.0076	0.0152	0.0303	0.0607	0.1213	0.2427
137	0.0010	0.0019	0.0038	0.0077	0.0154	0.0307	0.0614	0.1229	0.2458
138	0.0016	0.0032	0.0063	0.0127	0.0253	0.0507	0.1014	0.2028	0.4055
139	0.0016	0.0031	0.0063	0.0126	0.0252	0.0504	0.1007	0.2015	0.4029
140	0.0016	0.0032	0.0063	0.0127	0.0253	0.0507	0.1014	0.2028	0.4055
141	0.0032	0.0064	0.0127	0.0254	0.0508	0.1016	0.2033	0.4065	0.8131
142	0.0016	0.0031	0.0063	0.0125	0.0251	0.0502	0.1004	0.2007	0.4014
143	0.0016	0.0032	0.0063	0.0127	0.0253	0.0507	0.1014	0.2028	0.4055
144	0.0016	0.0031	0.0063	0.0126	0.0252	0.0504	0.1007	0.2015	0.4029

Plocha ID	Intenzita deště (l/s.ha)								
	0.50	1	2	4	8	16	32	64	128
	Odtok z plochy (l/s)								
145	0.0016	0.0032	0.0063	0.0127	0.0253	0.0507	0.1014	0.2028	0.4055
146	0.0016	0.0031	0.0063	0.0125	0.0251	0.0502	0.1004	0.2007	0.4014
147	0.0032	0.0064	0.0128	0.0255	0.0510	0.1020	0.2040	0.4081	0.8161
148	0.0025	0.0050	0.0100	0.0200	0.0400	0.0800	0.1600	0.3200	0.6400
149	0.0032	0.0063	0.0126	0.0252	0.0504	0.1009	0.2017	0.4035	0.8069
150	0.0616	0.1233	0.2465	0.4931	0.9862	1.9724	3.9447	7.8894	15.7788
151	0.0194	0.0389	0.0777	0.1554	0.3108	0.6217	1.2434	2.4868	4.9736
152	0.0076	0.0152	0.0304	0.0608	0.1216	0.2432	0.4864	0.9728	1.9456
153	0.0456	0.0912	0.1824	0.3647	0.7294	1.4588	2.9176	5.8353	11.6705
154	0.0020	0.0040	0.0079	0.0158	0.0316	0.0632	0.1265	0.2529	0.5059
155	0.0021	0.0042	0.0084	0.0169	0.0337	0.0675	0.1349	0.2698	0.5396
156	0.0197	0.0394	0.0788	0.1575	0.3151	0.6301	1.2603	2.5206	5.0412
157	0.0368	0.0736	0.1471	0.2942	0.5884	1.1768	2.3537	4.7073	9.4147
158	0.0430	0.0859	0.1718	0.3437	0.6874	1.3747	2.7494	5.4989	10.9978
159	0.0105	0.0209	0.0418	0.0837	0.1674	0.3347	0.6694	1.3389	2.6778
160	0.0066	0.0132	0.0263	0.0527	0.1053	0.2107	0.4214	0.8428	1.6855
161	0.1076	0.2153	0.4305	0.8610	1.7220	3.4440	6.8881	13.7762	27.5524
162	0.0916	0.1833	0.3666	0.7332	1.4664	2.9327	5.8654	11.7309	23.4618
163	0.0676	0.1352	0.2705	0.5409	1.0818	2.1636	4.3273	8.6545	17.3091
164	0.0369	0.0738	0.1475	0.2951	0.5901	1.1802	2.3605	4.7210	9.4420
165	0.0831	0.1662	0.3324	0.6648	1.3297	2.6593	5.3187	10.6374	21.2747
166	0.0545	0.1091	0.2182	0.4363	0.8727	1.7454	3.4908	6.9815	13.9631
167	0.0317	0.0635	0.1270	0.2540	0.5079	1.0159	2.0317	4.0635	8.1270
168	0.0058	0.0116	0.0231	0.0463	0.0926	0.1851	0.3703	0.7405	1.4810
169	0.0021	0.0042	0.0084	0.0167	0.0334	0.0668	0.1336	0.2673	0.5345
170	0.0016	0.0032	0.0064	0.0128	0.0257	0.0513	0.1027	0.2053	0.4106
171	0.0016	0.0031	0.0062	0.0124	0.0248	0.0497	0.0993	0.1987	0.3973
172	0.0016	0.0032	0.0065	0.0130	0.0259	0.0518	0.1037	0.2074	0.4147
173	0.0017	0.0034	0.0067	0.0134	0.0269	0.0538	0.1075	0.2150	0.4301
174	0.0017	0.0034	0.0067	0.0134	0.0268	0.0536	0.1073	0.2145	0.4291
175	0.0027	0.0054	0.0109	0.0218	0.0435	0.0870	0.1741	0.3482	0.6963
176	0.0015	0.0030	0.0060	0.0120	0.0239	0.0479	0.0957	0.1915	0.3830
177	0.0022	0.0044	0.0088	0.0177	0.0353	0.0707	0.1413	0.2826	0.5652
178	0.0005	0.0010	0.0019	0.0038	0.0077	0.0154	0.0307	0.0614	0.1229
179	0.0029	0.0058	0.0115	0.0230	0.0461	0.0922	0.1843	0.3686	0.7373
180	0.0015	0.0029	0.0059	0.0117	0.0234	0.0468	0.0937	0.1874	0.3748
181	0.0028	0.0056	0.0112	0.0224	0.0448	0.0896	0.1792	0.3584	0.7168

Plocha ID	Intenzita deště (l/s.ha)								
	0.50	1	2	4	8	16	32	64	128
	Odtok z plochy (l/s)								
182	0.0029	0.0059	0.0117	0.0234	0.0468	0.0937	0.1874	0.3748	0.7496
183	0.0029	0.0058	0.0117	0.0234	0.0467	0.0934	0.1869	0.3738	0.7475
184	0.0029	0.0059	0.0118	0.0236	0.0471	0.0942	0.1884	0.3768	0.7537
185	0.0029	0.0059	0.0118	0.0236	0.0471	0.0942	0.1884	0.3768	0.7537
186	0.0014	0.0028	0.0056	0.0112	0.0224	0.0449	0.0897	0.1795	0.3589
187	0.0031	0.0062	0.0124	0.0247	0.0495	0.0989	0.1979	0.3958	0.7916
188	0.0015	0.0029	0.0059	0.0117	0.0234	0.0468	0.0937	0.1874	0.3748
189	0.0014	0.0028	0.0056	0.0112	0.0224	0.0449	0.0897	0.1795	0.3589
Suma (l/s)	2.1	4.1	8.3	16.5	33.1	66.1	132.3	264.6	529.1

Tabulka 16: Maximální povrchový odtok při srážkách různého spektra intenzit
(Vlastní úprava, 2022)