

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE**



Porovnání odtokových poměrů v lokalitě Sosnová před a po urbanizaci a variantní simulace odtoku dešťovou kanalizací

Vedoucí diplomové práce:

Konzultanti:

Diplomant:

Doc. Ing. Jan Štibinger, CSc.

Ing. Lubomír Macek, CSc.

Ing. Ján Škripko

Ing. Boris Vološ, Ph.D.

Bc. Anna Satrapová

Praha, duben 2013

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci napsala samostatně s použitím pouze zde uvedených podkladů, pramenů a publikací, na základě konzultací a na doporučení vedoucího diplomové práce.

V Praze dne 22.3.2013

Anna Satrapová

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Štibingerovi, za vedení diplomové práce a Ing. Mackovi, hlavnímu konzultantovi.

Můj velký dík zároveň patří Ing. Jánu Škripkovi a Ing. Borisi Vološovi, za neocenitelnou pomoc při samotném simulačním modelování.

Dále bych chtěla poděkovat Ještědské stavební společnosti s.r.o., za poskytnutí podkladů pro práci.

Abstrakt

Tato práce se věnuje problematice urbanizovaného odvodnění v kontextu přetváření přirozených přírodních podmínek pro odtok dešťových vod. Shrnuje historický i současný způsob nakládání s dešťovými vodami a poukazuje na nutnost koncepčních řešení této problematiky.

Hlavním cílem je zpracování porovnatelných bilancí odtoku dešťových vod z území Sosnová ve dvou variantách. První model odtoku zkoumá změnu odtokových poměrů za přírodních podmínek a při variantě urbanizovaného povrchu. Druhá část práce bude řešena v programu SiteFlow, kde bude simulována kanalizační síť v lokalitě. První řešení bude zahrnovat pouze kanalizační síť, druhé bude navíc obsahovat tři akumulární nádrže. Rozdíly odtokových poměrů z obou řešení budou vyhodnoceny

Klíčová slova: dešťové srážky, model povrchového odtoku, odvodnění urbanizovaných ploch, bilance odtoku, dešťová kanalizace, vsakování dešťových vod.

Abstract

This study deals with possibilities of drainage in urban areas in the context of the runoff natural transformation. Study summarizes the ways of rainwater management in the past and at the present and it points to the necessity conceptual solutions.

The main objective is the balance comparable processing of rainwater drainage in the Sosnova area in two variants. The first runoff model deals with changing of the drainage proportion in two conditions, natural or urban area. The second part of the study has been created in the Siteflow modeling software. In the area has been made a sewerage model in two variants also. The sewerage network itself and with small water reservoir.

The differences of the drainage condition will be evaluated.

Key works:

Precipitation, direct runoff modeling, urban area drainage, runoff balance, rainfall sewerage, rainfall drainage

Obsah

1. ÚVOD	10
2. CÍLE PRÁCE	10
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	10
3.1 DĚŠŤ A DEŠŤOVÁ DATA	10
3.1.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE	11
3.1.2 HYDROLOGICKÝ CYKLUS - PŘIROZENÉ A URBANIZOVANÉ POVODÍ	12
3.2 NAKLÁDÁNÍ S VODAMI A MĚSTSKÉ ODVODNĚNÍ	13
3.2.1 HISTORIE A VODNÍ REŽIM V URBANIZOVANÉM POVODÍ	14
3.2.2 BILANCE V URBANIZOVANÉM POVODÍ	15
3.2.3 KONCEPCE ŘEŠENÍ HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI	15
4. CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÉ OBLASTI - VLASTNOSTI OKRESU ČESKÁ LÍPA A LOKALITY SOSNOVÁ	16
4.1 GEOGRAFICKÉ POMĚRY	16
4.1.1 GEOGRAFICKÉ POMĚRY OKRESU	16
4.1.2 GEOGRAFICKÉ POMĚRY SOSNOVÁ	17
4.2 PŘÍRODNÍ PODMÍNKY	17
4.2.1 GEOMORFOLOGIE	17
4.2.2 PEDOLOGIE	19
4.2.3 KLIMATICKÉ POMĚRY	20
4.2.4 HYDROGRAFIE A HYDROLOGIE	23
4.2.5 HYDROGEOLOGIE	24
4.3 INŽENÝRSKO GEOLOGICKÝ PRŮZKUM	27
5. METODIKA	29
5.1 VARIANTY ŘEŠENÍ	29
5.1.1 MODEL Č. 1	29
5.1.2 MODEL Č. 2	29
5.2 POUŽITÝ SOFTWARE	30
SITEFLOW	30
LIBHYDRO	31
5.3 HYDROLOGICKÉ MODELOVÁNÍ ODTOKOVÝCH POMĚRŮ	32
5.3.1 METODIKA ŘEŠENÍ MODELU Č. 1	32
5.3.2 VÝSLEDKY - MODEL PŘÍRODNÍHO STAVU	39
5.3.3 VÝSLEDKY MODEL URBANIZOVANÉHO STAVU	46
5.3.4 METODIKA ŘEŠENÍ MODELU Č.2	50
5.3.5 VÝSLEDKY – VARIANTA 1 – VZDÁLENÝ RECIPIENT	59
5.3.6 VÝSLEDKY – VARIANTA 2 - NÁDRŽE	65

6. VYHODNOCENÍ MODELOVÝCH ŘEŠENÍ PRO LOKALITU	72
6.1 VYHODNOCENÍ MODELU 1	72
6.2 VYHODNOCENÍ MODELU 2	74
7. DISKUSE	77
8. ZÁVĚR	79
9. SEZNAM LITERATURY	80
10. PŘÍLOHY	83
PŘÍLOHA 1	83
PŘÍLOHA 2	83
KLASIFIKACE SOND	83
VÝSLEDKY MĚŘENÍ	84
PŘÍLOHA 3	86
PŘÍLOHA 4	89
PŘÍLOHA 5	90
PŘÍLOHA 6	91
PŘÍLOHA 7	92

Seznam obrázků, tabulek a příloh

OBR. 3.1.1.: PRŮMĚRNÝ ROČNÍ ÚHRN SRÁŽEK 1961-1990	11
OBR. 3.1.2.: OBĚH VODY - HYDROLOGICKÝ CYKLUS	13
OBR. 3.1.3.: ZNÁZORNĚNÍ Vlivu ZASTAVĚNÍ NA ODTOK	14
TAB. 3.2.1.: PRŮMĚRNÁ VODNÍ BILANCE PŘI RŮZNÉ INTENZITĚ URBANIZACE	15
OBR. 4.1.1.: RELIÉFNÍ ZOBRAZENÍ LIBERECKÉHO KRAJE SE ZOBRAZENÍM ZÁJMOVÉ LOKALITY	16
OBR. 4.1.2.: POHLED NA ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ	17
OBR. 4.2.1.: ZÁKLADNÍ GEOMORFOLOGICKÉ ČLENĚNÍ ČESKÉ REPUBLIKY	18
OBR. 4.2.2.: GEOLOGICKÉ SOUSTAVY OKRESE ČESKÁ LÍPA	19
OBR. 4.2.3.: PŮDNÍ MAPA 1:50 000 A PŮDNÍ TYPOLOGIE	20
OBR. 4.2.4.: KLIMATICKÉ OKRSKY DLE ATLASU PODNEBÍ ČSR (1958)	21
TAB. 4.2.5.: PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ A ROČNÍ TEPLoty VZDUCHU /°C/ (1931-1960)	21
TAB. 4.2.6.: PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ A ROČNÍ ÚHRNY SRÁŽEK /MM/ (1931-1960)	22
TAB. 4.2.7.: POČET DNÍ SE SRÁŽKAMI ≥ 1 MM (1931-1960)	22
TAB. 4.2.8.: POČET DNÍ SE SNĚHOVOU POKRÝVKOU (1931-1960)	22
TAB. 4.2.9.: PRŮMĚRNÁ ROČNÍ ČETNOST SMĚRU VĚTRŮ (%)	22
OBR. 4.2.10.: ZNÁZORNĚNÍ POLOHY POVODÍ OHŘE A LABE SE ZVÝRAZNĚNÍM ZÁJMOVÉ LOKALITY	23
OBR. 4.2.11.: ROZVODNICE A ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ S ROZDĚLENÍM DÍLČÍHO ODTOKU	24
OBR. 4.2.12.: SEDIMENTY SVRCHNÍ KŘÍDY - HYDROGEOLOGICKÁ MAPA 1:50 000	26
TAB. 4.3.1.: GEOLOGICKÝ PROFIL LOKALITY DLE SOND	28
OBR. 5.3.1. ZOBRAZENÍ HRANICE POPVODÍ A JEHO POVRCHOVÉ CHARAKTERISTIKY, POUŽITÉ VE VÝPOČTU	32
TAB. 5.3.2.: CHARAKTERISTIKY HYDROLOGICKÝCH SKUPIN PŮD	33
OBR. 5.3.3.: SYNTETICKÝ HYETOGRAM	35
OBR. 5.3.4.: SYNTETICKÝ HYETOGRAM	35
OBR. 5.3.5.: NÁVRHOVÉ HYETOGRAMY PRO OBLASTI A, B1, B2 A C PRO POVODÍ O PLOČE 4 KM ²	35
OBR. 5.3.6.: HYDROGRAM – PŘÍKLAD JEDNOTKOVÉHO HYDROGRAMU PRO DĚŠŤ DOBY TRVÁNÍ D	38
OBR. 5.3.7.: KRAJINNÝ POKRYV NA ÚZEMÍ SOSNOVÁ	39

OBR. 5.3.8.: LOKALITA SOSNOVÁ	40
TAB. 5.3.9.: VÝSLEDNÁ HODNOTA CN KŘIVKY - PŘÍRODNÍ STAV	40
TAB. 5.3.10.: VSTUPNÍ HODNOTY SRÁŽKOVÉHO ÚHRNU DLE 1-DENNÍCH NÁVRHOVÝCH DEŠŤŮ	40
TAB. 5.3.11.: VÝSLEDNÉ HODNOTY VÝŠKY ODTOKU Z JEDNODENNÍ SRÁŽKY PRO DANOU N-LETOST	41
TAB. 5.3.12.: VÝSLEDNÉ HODNOTY OBJEMU ODTOKU JEDNODENNÍ SRÁŽKY PRO DANOU N-LETOST	41
TAB. 5.3.13.: VÝSLEDNÉ HODNOTY ROZLOŽENÍ NÁVRHOVÉHO HYETOGRAMU PRO 50-LETOU A 100-LETOU SRÁŽKU	41
TAB. 5.3.14.: GRAFICKÉ ZOBRAZENÍ ROZLOŽENÍ NÁVRHOVÉHO HYETOGRAMU PRO 50-LETOU A 100-LETOU SRÁŽKU	42
OBR. 5.3.15.: GRAFY TRANSFORMACE SRÁŽKOVÉHO HYETOGRAMU NA POVRCHOVÝ ODTOK PRO 50-LETOU A 100-LETOU SRÁŽKU PRO PŘÍRODNÍ STAV	43
TAB. 5.3.16.: VSTUPNÍ PARAMETRY VÝPOČTU NÁVRHOVÉHO HYDROGRAMU ODTOKU- PŘÍRODNÍ STAV	44
OBR. 5.3.17.: GRAFY PRŮBĚHU NÁVRHOVÉHO HYETOGRAMU POVODÍ S HODNOTOU KULMINAČNÍHO PRŮTOKU PRO 50-LETOU A 100-LETOU SRÁŽKU	45
TAB.: 5.3.18.: POSTUP VÝPOČTU VELIKOSTI ZASTAVĚNÝCH PLOCH VE ZKOUMANÉ LOKALITĚ	46
TAB. 5.3.19.: VÝPOČET CELKOVÉHO ZASTOUPENÍ NEPROPUSTNÝCH PLOCH VE ZKOUMANÉ LOKALITĚ	46
TAB. 5.3.20.: VÝSLEDNÁ HODNOTA CN KŘIVKY PRO URBANIZOVANÝ STAV	46
TAB. 5.3.21.: VSTUPNÍ HODNOTY SRÁŽKOVÉHO ÚHRNU DLE 1-DENNÍCH NÁVRHOVÝCH DEŠŤŮ	47
TAB. 5.3.22.: VÝSLEDNÉ HODNOTY VÝŠKY ODTOKU Z JEDNODENNÍ SRÁŽKY PRO DANOU N-LETOST	47
TABULKA 5.3.23.: HODNOTY OBJEMU ODTOKU JEDNODENNÍ SRÁŽKY PRO DANOU N-LETOST	47
OBR. 5.3.24.: GRAFY TRANSFORMACE SRÁŽKOVÉHO HYETOGRAMU NA POVRCHOVÝ ODTOK PRO 50-LETOU A 100-LETOU SRÁŽKU PRO URBANIZOVANÝ STAV	48
TAB. 5.3.25.: VSTUPNÍ PARAMETRY VÝPOČTU NÁVRHOVÉHO HYDROGRAMU ODTOKU – URBANIZOVANÝ STAV	49
OBR. 5.3.26.: GRAFY PRŮBĚHU NÁVRHOVÉHO HYETOGRAMU POVODÍ PRO 50-LETOU A 100-LETOU SRÁŽKU PRO URBANIZOVANÝ STAV	49
OBR. 5.3.27.: PARAMETRY DEŠŤOVÉ KANALIZACE	50
OBR. 5.3.28.: CELKOVÁ SITUACE SÍTĚ DEŠŤOVÉ KANALIZACE	50
OBR. 5.3.29.: CELKOVÁ SITUACE SÍTĚ DEŠŤOVÉ KANALIZACE S AKUMULAČNÍMI NÁDRŽEMI	51
TAB. 5.3.30.: PARAMETRY AKUMULAČNÍCH NÁDRŽÍ	51
5.3.31. PARAMETRY DEŠŤOVÉ KANALIZACE	52
OBR. 5.3.32.: ZOBRAZENÍ VĚTVE KANALIZACE C A JEJÍHO PODELNÉHO PROFILU V PROGRAMU SITEFLOW	53
OBR. 5.3.33.: UKÁZKA ZÁPISU PARAMETRŮ POVODÍČKA ČÁSTI KOMUNIKACE, ÚSTÍČÍHO DO ŠACHTY Č. 32	54
OBR. 5.3.34.: TRANSFORMACE SRÁŽKOVÉ INTENZITY DLE TRUPLA DO NÁVRHOVÉHO DEŠTĚ DLE ŠIFALDY	56
TAB. 5.3.35.: VSTUPNÍ HODNOTY : INTENZITY NÁVRHOVÝCH DEŠŤŮ DLE TRUPLA VE SRÁŽKOMĚRNÉ STANICI MIMOŇ	56
TAB. 5.3.36.: VÝSLEDNÉ SYNTETICKÉ NÁVRHOVÉ DEŠTĚ DLE ŠIFALDY (MM/HOD)	56
TAB. 5.3.37.: PARAMETRY INFILTRACE VE VÝPOČTU PROGRAMU SITEFLOW	57
TAB. 5.3.38.: VSTUPNÍ HODNOTY N ODVOZENÉ Z TABULKY MANNINGOVÝCH DRSNOSTNÍCH SOUČINITELŮ	57
TAB. 5.3.39.: VSTUPNÍ HODNOTY POČÁTEČNÍ RETENCE BYLY ZVOLENY DLE METODIKY ASCE	57
TAB. 5.3.40.: VSTUPNÍ PARAMETRY PRO STANOVENÍ MAXIMÁLNÍHO INFILTROVANÉHO MNOŽSTVÍ	58
OBR. 5.3.41.: PODELNÝ PROFIL VĚTVE C1-2 OBSAHUJÍCÍ VSAKOVACÍ NÁDRŽ C1 (OZNAČENA ŠIPKOU)	59
OBR. 5.3.42.: NASTAVENÍ DYNAMICKÝCH PARAMETRŮ VÝPOČTU	60
OBR. 5.3.43.: NEJVĚTŠÍ PRŮTOK V KANALIZACÍ (10.MINUTA 2-LETÁ SRÁŽKA)	60
OBR. 5.3.44.: TLAKOVÉ PROUDĚNÍ A MÍSTO VÝTOKU VODY NA POVRCH	61
OBRÁZEK 5.3.45.: DETAIL MÍSTA VÝTOKU VODY NA POVRCH	61
TAB. 5.3.46.: VÝSLEDNÉ HODNOTY ODTOKU A PRŮTOKU SÍTÍ	61
OBR. 5.3.47.: NEJVĚTŠÍ PRŮTOK V KANALIZACÍ (8:30 MINUTA, 5-LETÁ SRÁŽKA)	62
OBR. 5.3.48.: TLAKOVÉ PROUDĚNÍ A MÍSTO VÝTOKU VODY NA POVRCH	62
OBR. 5.3.49.: DETAIL MÍST VÝTOKU VODY NA POVRCH	63
TAB. 5.3.50.: VÝSLEDNÉ HODNOTY ODTOKU A PRŮTOKU SÍTÍ	63
OBR. 5.3.51.: NEJVĚTŠÍ PRŮTOK V KANALIZACÍ (8. MINUTA, 10-LETÁ SRÁŽKA)	63
OBR. 5.3.52.: TLAKOVÉ PROUDĚNÍ A MÍSTO VÝTOKU VODY NA POVRCH	63
OBR. 5.3.53.: DETAIL MÍSTA VÝTOKU VODY NA POVRCH	64
TAB. 5.3.54.: VÝSLEDNÉ HODNOTY ODTOKU A PRŮTOKU SÍTÍ	64
OBR. 5.3.55.: ZOBRAZENÍ PRŮTOKU KANALIZACÍ PŘI 2- LETÉ SRÁŽCE, V ČASE 8:30 MIN.	65
OBR. 5.3.56.: ZOBRAZENÍ KULMINAČNÍ PRŮTOK V ÚSEKU NÁDRŽÍ C2 (8:30 MINUTA, 2-LETÁ SRÁŽKA)	66
OBR. 5.3.57.: ZOBRAZENÍ KULMINAČNÍ PRŮTOKU V ÚSEKU NÁDRŽÍ C1 (8:30 MINUTA, 2-LETÁ SRÁŽKA)	66
OBR. 5.3.58.: ÚSEKY VE KTERÝCH DOCHÁZÍ K TLAKOVÉMU PROUDĚNÍ A MÍSTO VÝRONU VODY NA POVRCH. (9:30 MIN)	66

TAB. 5.3.59. VÝSLEDNÉ HODNOTY ODTOKU A PRŮTOKU Z NÁDRŽÍ.....	67
OBR. 5.3.60.: ZOBRAZENÍ PRŮTOKU KANALIZACÍ PŘI 5- LETÉ SRÁŽCE, V ČASE 8:30 MIN.	67
OBR. 5.3.61.: ZOBRAZENÍ KULMINAČNÍ PRŮTOK V ÚSEKU NÁDRŽÍ C2 (8:00 MINUTA, 5-LETÁ SRÁŽKA)	68
OBR.5.3.62.: ZOBRAZENÍ KULMINAČNÍ PRŮTOKU V ÚSEKU NÁDRŽÍ C1 (9:00 MINUTA, 5-LETÁ SRÁŽKA)	68
OBR. 5.3.63.: ÚSEKY VE KTERÝCH DOCHÁZÍ K TLAKOVÉMU PROUDĚNÍ PRO 5-LETOU SRÁŽKU.....	68
TAB. 5.3.64.: VÝSLEDNÉ HODNOTY ODTOKU A PRŮTOKU Z NÁDRŽÍ.....	68
OBR. 5.3.65.: ZOBRAZENÍ PRŮTOKU KANALIZACÍ PŘI 10- LETÉ SRÁŽCE, V ČASE 7:00 MIN.	69
OBR. 5.3.66.: ZOBRAZENÍ KULMINAČNÍ PRŮTOK V ÚSEKU NÁDRŽÍ C2 (7:30 MINUTA, 10-LETÁ SRÁŽKA)	69
OBR. 5.3.67.: ZOBRAZENÍ KULMINAČNÍ PRŮTOKU V ÚSEKU NÁDRŽÍ C1 (9:30 MINUTA, 10-LETÁ SRÁŽKA)	70
OBR. 5.3.68.: ÚSEKY VE KTERÝCH DOCHÁZÍ K TLAKOVÉMU PROUDĚNÍ A MÍSTA VÝRONU VODY NA POVRCH (7:00 MIN).....	70
OBR. 5.3.69.: DETAIL MÍSTA VÝTOKU VODY NA POVRCH	71
TAB. 5.3.70.: VÝSLEDNÉ HODNOTY ODTOKU A PRŮTOKU Z NÁDRŽÍ.....	71
TAB. 6.1.1.: HLAVNÍ VSTUPNÍ PARAMETRY VÝPOČTU – MODEL 1	72
TAB. 6.1.2.: TABULKA VÝSLEDNÝCH HYDROLOGICKÝCH HODNOT LOKALITY SOSNOVÁ	72
OBR.6.1.3.: SOUHRNNÝ HYDROGRAM ODTOKU PRO LOKALITU SOSNOVÁ	73
TAB. 6.2.1.: HLAVNÍ VSTUPNÍ PARAMETRY VÝPOČTU – MODEL 2	74
TAB. 6.2.2.: TABULKA VÝSLEDNÝCH HYDROLOGICKÝCH HODNOT 2 VARIANT KANALIZACE LOKALITY SOSNOVÁ ..	74
OBR. 6.2.3 HYETOGAM ODTOKU Z KANALIAČE – 1. VARIANTA MODELU	75
OBR. 6.2.4.- 6.2.6.: HYDROGRAMY ODTOKU AKUMULAČNÍMI NÁDRŽEMI – 2. VARIANTA MODELU.....	76
PŘÍLOHA 1: HYDROGEOLOGICKÁ TĚLESA POLICKÉ PÁNVE	83
PŘÍLOHA 2.1.: VSAKOVACÍ ZKOUŠKA SOSNOVÁ.....	83
PŘÍLOHA 2.2.: VSAKOVACÍ ZKOUŠKA SOSNOVÁ.....	84
PŘÍLOHA 2.3.: PRŮBĚH NASYCENÉ HYDRAUL. VODIVOSTI MĚŘENÉ V LABORATOŘI	85
PŘÍLOHA 2.4.: VÝSLEDKY MĚŘENÍ NASYCENÉ HYDRAULICKÉ VODIVOSTI V SONDÁCH	85
PŘÍLOHA 2.5.: INFILTRAČNÍ POKUS – SONDA C2	86
PŘÍLOHA 3.1.: CHARAKTERISTIKY HYDROLOGICKÝCH SKUPIN PŮD	86
PŘÍLOHA 3.2 ČÍSLA CN KŘIVEK DLE VYUŽITÍ PŮDY.....	87
PŘÍLOHA 3.3.:NOMOGRAM ZNÁZORŇUJÍCÍ VZTAHY KOMPONENTŮ ROVNICE ODTOKU	88
PŘÍLOHA 3.4.: ČÍSLA ODTOKOVÝCH KŘIVEK PRO IPS II.....	88
PŘÍLOHA 3.5.: VYHLÁŠKA MINISTERSTVA ZEMĚDĚLSTVÍ Č. 327/1998 Sb.,	89
PŘÍLOHA 5.1.: OBLASTI ČR DLE TYPU NÁVRHOVÉHO HYETOGAMU.....	90
PŘÍLOHA 6.1.: SOUHLAS S MĚŘENÍM – JEŠTĚDSKÁ STAVEBNÍ SPOLEČNOST S.R.O.....	91
VÝPOČET PROCENTUÁLNÍHO ZASTOUPENÍ NEPROPUSNÝCH PLOCH PRO MODEL 2	92
PŘÍLOHA 7.1. TABULKA PODÍLU NEPROPUSNÝCH PLOCH JEDNOTLIVÝCH POLYGONŮ	92

1. ÚVOD

Likvidace dešťových vod je v současnosti hojně řešené téma, kterým se zabývají nejen odborníci. Problematika zasakování, či jiného zpracování dešťových vod, se stává důležitou součástí koncepčních provozních řešení obcí i měst. Díky stále se zvětšujícímu podílu urbanizovaných území se stále zmenšuje množství ploch, kde je možno dešťovou vodu přirozeně zasakovat. Tyto odtokové změny jsou podle *Hanušina (2003)* vyvolané hlavně antropogenním ovlivňováním odtoku vyvolaným změnami ve využívání krajiny.

Proto je potřebné podpořit přirozené odtokové činitele lokality před urbanizací. Trendy pro zasakování jsou v současnosti hlavně odvodnění místa dopadu srážky zasakováním, nebo retencí, s následným využitím jímané vody.

2. CÍLE PRÁCE

Tato diplomová práce se zabývá hydrologickým a hydraulickým modelováním odtokových poměrů v lokalitě Sosnová u České Lípy. Práce obsahuje dva různé modely, které vyhodnocují hydrologické poměry v lokalitě.

Dalším cílem je osvětlení problematiky řešení odvádění dešťových vod a předestřít její historický kontext. Dalším bodem je shrnutí vnějších podmínek a přírodních poměrů, které ovlivňují nakládání s vodami v lokalitě. Hlavním cílem je v obou modelech zpracování porovnatelných bilancí odtoku dešťových vod z území a zhodnocení významu odtoku srážkových vod centrálním systémem kanalizace bez, a při aplikaci metod pro zadržení vod v místě.

První model, hydrologický, se zabývá procesem tvorby a koncentrací povrchového odtoku na území Sosnová. Odtokové poměry jsou zkoumány v jižní části lokality, a to za přírodních podmínek a při změně užití území z přírodní na urbanizovanou zónu.

Druhý model, hydraulický, simuluje chování odtoku stokovou sítí a je řešen pomocí simulačního softwaru Siteflow, který využívá pro simulaci chování stokové sítě hydrodynamické výpočetní jádro SWMM (Storm water management model). V programu je simulováno hydrodynamické chování stokové sítě ve dvou stavebních variantách. Výsledné poznatky budou vyhodnoceny.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 DĚŠŤ A DEŠŤOVÁ DATA

Cílem této kapitoly je shrnout podstatné informace týkající se deště, jeho zaznamenávání a měření. Právě kvůli dešťům se musíme zabývat problematikou nakládání s dešťovými vodami. Bez deště by nebylo nutné zabývat se vsakovacími zařízeními. V této kapitole jsou popsány

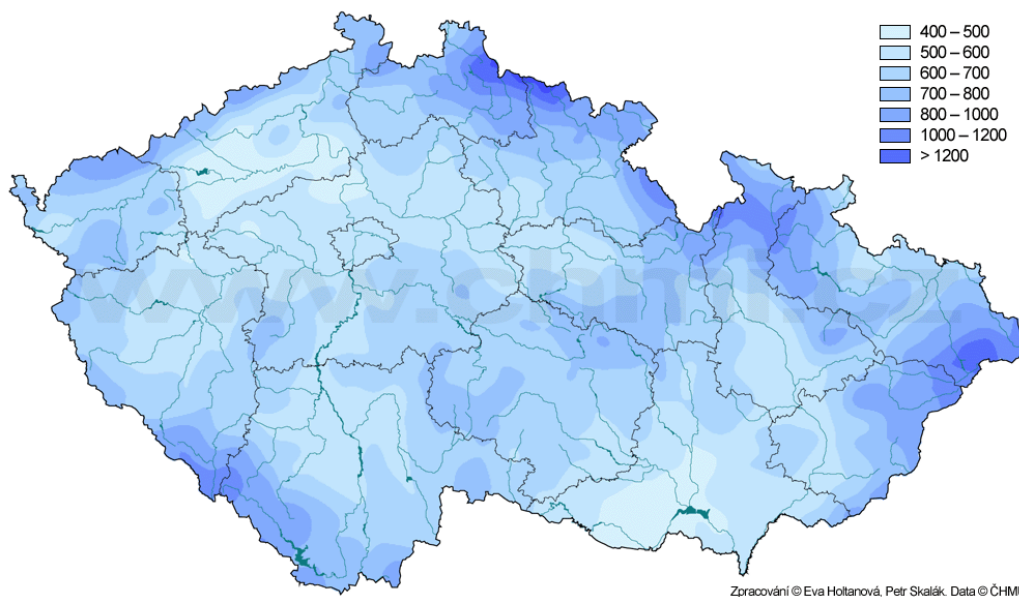
základní údaje, které se o deštích shromažďují, způsoby a možnosti, jakými se dešť zaznamenává. Toto všechno jsou informace, které nám pomáhají deště lépe odhadnout.

3.1.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Podrobná znalost vlastností dešťových vod rozhoduje o způsobu nakládání s dešťovými vodami a o možnostech dalšího využití této vody. Mezi nejdůležitější a nejkoumanější vlastnost deště patří bez pochyby množství spadlých srážek. Množství dešťových vod dopadnuvších na zemský povrch je velmi nerovnoměrné a průběh těchto srážek se také často liší.

Roční srážkový úhrn na území České republiky kolísá přibližně mezi 450 mm (Žatecko, Slaný, Dolnomoravský úval) a mezi 1400 mm (Beskydy, Krkonoše). Asi dvě třetiny na území republiky spadá do kategorie s ročními srážkami 600 až 800 mm. Nerovnoměrnost množství srážek je znázorněno na obrázku 3.1.

Další podstatná a zkoumaná vlastnost dešťové vody je její složení. Složení dešťových vod ovlivňuje velká řada činitelů. Nejvýraznějším činitelem je znečištění, ať znečištění ovzduší emisemi nebo znečištění povrchu střech, urbanizovaných ploch i komunikací, dále erozní smyvy z polí, zahrad a další činitelé. Hodnoty znečištění dosahují největších hodnot na počátku deště - odtoku vody. Významný činitel je i periodicitu srážek, po dlouhém období sucha bývají odtoky také výrazně znečištěné.



Obr. 3.1.1.: Průměrný roční úhrn srážek 1961- 1990 (mm)
(<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/sra6190.gif>)

Podstatnou kapitolou jsou i vody z tání sněhových srážek. Složení těchto vod bývá většinou podstatně horší, než srážek přivalových dešťových.

Srážkoměrná pozorování jsou pro potřeby inženýrské hydrologie v České republice zpracovávány z údajů sítě cca 600 srážkoměrných stanic, které spravuje Český hydrometeorologický ústav (Hrádek, 2002).

Základní charakteristiky srážek jsou:

- srážkový úhrn Hs [mm]
- doba trvání srážky t [min]
- intenzita deště i, $i = \Delta h_s / \Delta t$ [mm.min⁻¹]

Nejčastěji jsou pro získávání údajů využívány klasické klimatologické stanice. Ty jsou téměř vždy opatřeny srážkoměry (ombrometry) s denním vyhodnocením úhrnu. Z takto naměřených hodnot se dále získávají měsíční a roční úhrny srážek vypočtené z hodnot měřicího deníku.

Pro urbanizované (městske odvodnění) je proto velmi důležitý dešťový odtok. Hodnoty a údaje o dešťovém odtoku jsou zde získávány výpočtem, pro který jsou hlavními podklady dešťová data. To je základní rozdíl od přirozených povodí, kde vycházejí informace o odtoku z dlouhodobých měření. Další rozdíl je patrný z velikosti zkoumaného území. V městském odvodnění se jedná o plochy povodí velké několik ha až km² a také údaje zaznamenané situace probíhají několik minut, maximálně hodin. Dešťová data pro městské odvodnění se proto podstatně liší od obecně používaných údajů. Historické a modelové deště

Historické deště jsou základní formou dešťových dat. Zaznamenávají reálný průběh dešťových intenzit v čase. Jejich charakteristikami jsou: plošné rozložení, délka i charakter předcházejícího bezdeštného období. Historické deště jsou využívány jako vstupní data pro simulování srážko-odtokových procesů, konkrétně odvozením modelových dešťů (např. blokový déšť) z historických řad. Modelové deště jsou používány například pro hydraulické návrhy stokových sítí. Jako informace o dešti je zapsáno datum, začátek a doba trvání deště a jeho intenzita. (Hrádek, 2002)

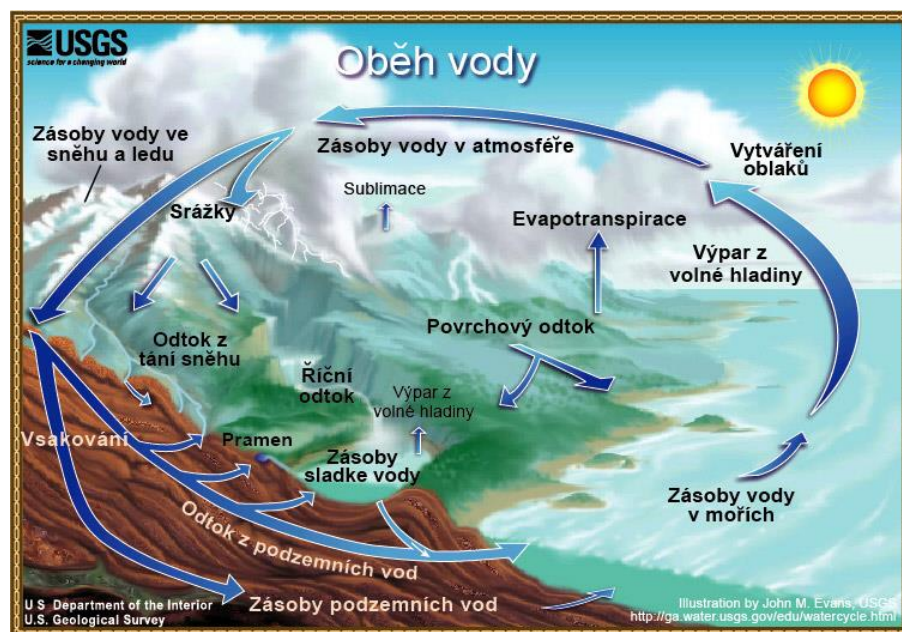
3.1.2 HYDROLOGICKÝ CYKLUS - PŘIROZENÉ A URBANIZOVANÉ POVODÍ

Průběh a velikost odtoku jsou ovlivněny několika významnými faktory, které jsou znázorněny na obrázku 3.1.2.

Jsou to hlavně:

- Srážky - dešťové, sněhové
- charakter povrchu - zpevněné/nezpevněné plochy
- charakter prostředí - roční období, klimatický region
- vlastnosti podloží - propustnost, výška hladiny podzemní vody
- parametry koryta - tvar, drsnost, sklon

Tyto faktory determinující vlastnosti odtoku a procesy v povodí platí i pro povodí urbanizovaná. Zde je ale nutné přihlídnout ke změnám ve významu jednotlivých faktorů a k odlišnosti průběhů odtokových procesů v porovnání s přírodním prostředím.



Obr. 3.1.2.: Oběh vody - hydrologický cyklus
 (<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Watercycleczehhigh.jpg>)

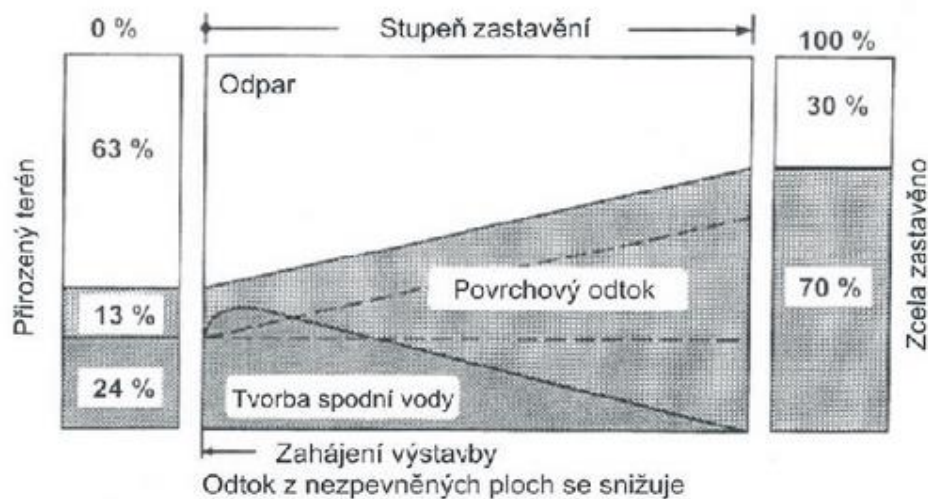
Příčinou rozdílů je hlavně změna propustnosti ploch na povrchu povodí a umělé změny směru a koncentrace odtoku, které jsou způsobeny odvodňovacími systémy v sídlech. Z tohoto vyplývá dnes obecně přijímaný fakt, že urbanizací byl narušen přirozený vodní režim.

Rychlost odtoku deště se na zastavěných plochách zvyšuje, stejně jako objem. Infiltrace dešťových vod se ale snižuje, což vede ke zmenšování dotací vod podzemních. Tyto faktory vedou k ohrožení vodních zdrojů a toků, a to jak zvyšováním a modifikací objemu, tak znečišťováním vod (Krejčí, 2002).

3.2 NAKLÁDÁNÍ S VODAMI A MĚSTSKÉ ODVODNĚNÍ

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, urbanizace je významný činitel pro povrchový odtok. Urbanizace je ale také velkým zásahem do krajiny, kterým je ovlivňován nejen hydrologický režim toků povrchových tak podzemních, ale který ovlivňuje celkově životní prostředí. Podle Červeného (1984) je vliv urbanizace patrný nejen na kvalitativních a kvantitativních změnách vodního režimu, ale také vede ke změnám faktorů srážek a výparu v území. Hlavním důsledkem urbanizace jsou pak změny vlastností povrchových, podzemních i srážkových vod, a to fyzikální, chemické i biologické. Dále jsou patrné změny na hydrografické síti a v utváření odtoku, změny ve výskytu a intenzitách srážek, v celkovém výparu i infiltraci vody v území.

Z těchto informací lze vyvodit předpoklady pro zabezpečení požadavků pro udržitelný rozvoj a ekologii, jako je zvolení vhodného způsobu odvodnění měst, a to se zohledněním souvislostí mezi urbanizací, použitým způsobem odvodnění a stavem povrchových a podzemních vod.



Obr. 3.1.3.: Znázornění vlivu zastavění na odtok
(Pírek :<http://www.asio.cz/cz/96.hospodareni-s-destovou-vodou-hdv>)

3.2.1 HISTORIE A VODNÍ REŽIM V URBANIZOVANÉM POVODÍ

Dle Červeného (1984) souvisejí výše popsané změny vlastností odtoku s nutností zásobovat vodou obyvatelstvo a průmysl. Potřeba vody v současnosti převyšuje místní kapacitu. Proto musí být voda dálkově převáděna, což vede ke ztrátám a změně kvalitativních vlastností vody. Toto řešení potřeby vody je ale poměrně moderní. V historii bylo řešení potřeby vody obyvatelstvem velmi rozdílné.

Dle historických pramenů byly některých sídlech dešťové vody vedeny po mnoho století povrchem ulic měst. Protože byly odpadní a splaškové vody byly odváděny stejnou cestou, bylo to příjemné řešení alespoň občasného čištění ulic zanesených páchnoucím odpadem. Toto řešení odvodu odpadních vod mělo ale často za následek epidemie nemocí jako je cholera a tyfus. Hlavně díky těmto epidemiím bylo ale postupně přistoupeno k vybudování kanalizačních systémů. Principem prvních městských odvodnění bylo svedení veškerých odpadních vod do jedné stoky a rychlé odvedení do čistíren odpadních vod (ČOV) s následným vypuštěním do vodních toků. S rozvojem měst bylo nutné kanalizační řady posilovat. To obvykle znamenalo prodloužení jednotlivých kanalizačních řadů. Aby nedocházelo ke zvětšování profilů kanalizací a velkým nárokům na kapacitu ČOV, byly na kanalizaci budovány odlehčovací komory. Takto ale dochází k negativnímu ovlivnění kvality dešťové vody před jejím odvedením do recipientu. Tento problém řeší výstavba oddílných kanalizací. Nejnovějším typem kanalizace je kombinovaná soustava, kde dochází zvlášť k odvádění vody znečištěné (splaškové a znečištěné dešťové) a zvlášť vody neznečištěné (neznečištěné dešťové).

Současným trendem je přirozeným vývoj nakládání s dešťovými vodami. Je to snaha o odstranění negativních vlastností jednotných kanalizací a chyb v používání dešťové vody. Bylo zjištěno, že nejlepší je poučit se jak z přírody, tak z historie. V současnosti převažuje snaha preferovat využívání a likvidaci dešťových vod v místě kde vznikly, před jejich rychlým soustředným odváděním kanalizací do řek. (Kuk, 2004).

3.2.2 BILANCE V URBANIZOVANÉM POVODÍ

Způsob městského odvodnění a urbanizace ovlivňují bilanci vody v povodí. Urbanizace má vliv na změny bilance na lokální úrovni. V tabulce 1 jsou porovnány hodnoty průměrné roční bilance při různé intenzitě urbanizace. Množství ročních srážek je uvažováno 1000 mm/rok (Krejčí, 2002).

Charakter povodí	Švýcarské středozemí	Vesnice	Střední město	Velké město	Velkoměsto
Podíl nepropustných ploch (%)	10	15	30	45	70
Hustota obyvatelstva (obv.ha-1)	6	20	50	90	150
Povrchový odtok (m3.ha.rok-1)	650	1000	2000	3000	4500
Spotřeba pit. vody (produkce odp. vod) (m3.ha.rok-1)	800	2500	6000	12000	20000
Obnova podzemní vody (m3.ha.rok-1)	4500	4250	3500	2800	1500

Tab. 3.2.1.: Průměrná vodní bilance při různé intenzitě urbanizace (Krejčí, 2002)

Lokální bilance městského odvodnění musí obsahovat příslušné parametry lokality. Okrajové podmínky urbanizovaných území jsou definovány zvoleným nebo navrženým systémem odvodnění a parametry samotného města. Stanovení těchto parametrů je pro samotnou analýzu velmi důležité. Globální bilance je oproti lokální bilanci definována okrajovými podmínkami přirozeného povodí. (Krejčí, 2002).

3.2.3 KONCEPCE ŘEŠENÍ HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI

Hlavními požadavky pro řešení nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaných územích jsou požadavky plynoucí z místních podmínek a limity daného území. Cíle navrhovaných řešení můžeme shrnout následovně:

- maximalizace odtoku do podzemní vody
- podpora využívání dešťové vody jako užitkové
- minimalizace snahy eliminovat rozkolísanost odtoku dešťových vod odvedením do recipientů
- minimalizace negativních vlivů recipientů na kvalitu dešťové vody a vod v podzemních vodách
- snaha o udržení přirozeného mikroklimatu urbanizovaného území

Pohled investora na celkový návrh je ale zaměřen i na jiné parametry, jako je velikost nákladů a efektivnost investice. Snížení dosavadních provozních nákladů pomocí nové stavby umožňuje adekvátní řešení. K těmto parametrům je nutno při návrzích také přihlídnout. Možnosti využití dešťové vody lze rozdělit do tří směrů (Kuk, 2004):

- využití dešťové vody jako vody užitkové (sociální zařízení, zalévání zelených ploch atd.)

- využití svodu dešťové vody jako estetického prvku umělé vodoteče s pozitivním ovlivněním mikroklimatu
- umělé vsakování s pozitivním důsledkem ve formě obohacování podzemní vody

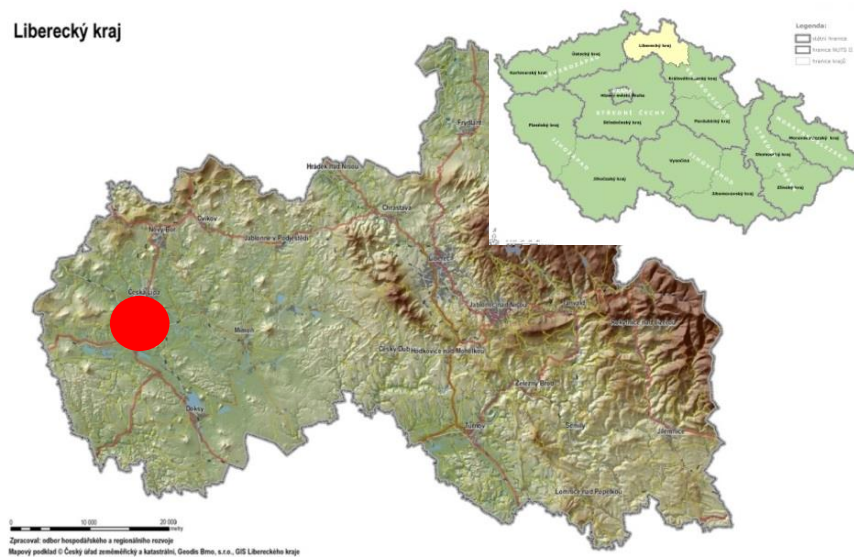
4. CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÉ OBLASTI - VLASTNOSTI OKRESU ČESKÁ LÍPA A LOKALITY SOSNOVÁ

4.1 GEOGRAFICKÉ POMĚRY

4.1.1 GEOGRAFICKÉ POMĚRY OKRESU

Lokalita Sosnová se nachází v okrese Česká Lípa v Libereckém kraji, který vznikl jako vyšší územní samosprávný celek v roce 2000 a zahrnuje území čtyř bývalých okresů: Česká Lípa, Jablonec nad Nisou, Liberec a Semily. Základní informace o kraji vychází z koncepce ochrany přírody Libereckého kraje (Hromek, 2004).

Celková rozloha kraje je 3163 km², tím se stává hned po Praze druhým nejmenším krajem Česka. Liberecký kraj se z hlediska geomorfologie rozkládá na severní části Českého masivu, který je zde tvořen Krkonošsko-jesenickou soustavou a Českou tabulí. Na západní části je v kontaktu s Krušnohorskou soustavou.



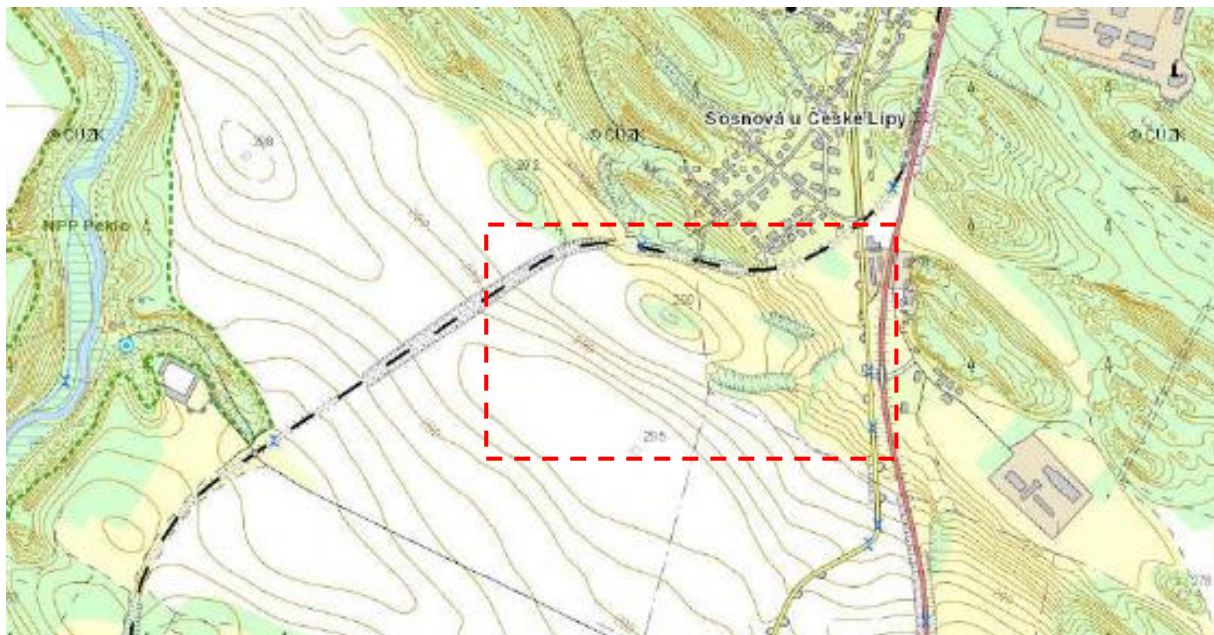
Obr. 4.1.1.: Reliéfni zobrazení Libereckého kraje se zobrazením zájmové lokality (Hromek, 2004)

Reliéf kraje má charakter pahorkatiny, místy hornatiny, s výškovým rozdílem přes 1200 metrů. Geologická stavba tohoto území je velmi pestrá. Nacházejí se zde starohorní a prvohorní vyvřeliny, komplex krystalických hornin, sedimenty svrchní křídly, výlevné horniny třetihor i následné čtvrtohorní sedimenty. Některé z těchto sedimentů jsou ještě pozůstatkem kontinentálního zalednění v této oblasti.

Přírodní podmínky v kraji jsou velmi dobré díky poměrně zachovalé, až přírodní krajině vlivem velkého podílu lesů a travních porostů. Tomu odpovídá velká rozmanitost a klimatických podmínek. Na území kraje se nachází šest velkoplošných zákonem chráněných území, která v součtu zaujímají téměř třetinu jeho celkové rozlohy.

4.1.2 GEOGRAFICKÉ POMĚRY SOSNOVÁ

Lokalita Sosnová se nachází za jižním koncem města Česká Lípa v Libereckém kraji, v okrese Českolipském okrese. Řešené území má rovinatý charakter s průměrným sklonem přibližně 5 %. Území je ze severu ohraničeno železniční tratí, z východu hlavní komunikací.



Obr. 4.1.2.: Pohled na zájmové území (Zdroj ČÚZK, mapy.geology.cz)

4.2 PŘÍRODNÍ PODMÍNKY

4.2.1 GEOMORFOLOGIE

Geomorfologie okresu

Území okresu Česká Lípa náleží k provincii Česká vysočina, ke které dále náleží šest provincií, z nichž do okresu spadají tři z nich, a to: Krkonošsko-jesenická soustava (dříve Sudetská), Krušnohorská geomorfologická soustava a Česká tabule. (Balatka et al., 1972).

Krušnohorská soustava

Pro soustavu je charakteristický hornatinný, vrchovinný i pánevní reliéf. Nejvyšší část, pásmo Krušných hor, spadá jižně do severočeských uhelných pánví a na východě přechází v Českou tabuli. Část soustavy náležící severočeské pánvi, která zasahuje do okresu Česká Lípa, má reliéf poměrně plochý.

Morfologie zde byla vytvářena v kvartéru hlavně říční erozí. Složitý reliéf českého středohoří vznikl díky odlišné odolnosti hornin. Následkem vznikly složitá tělesa vulkanitů, doplňovaná údolními a mezihorskými kotlinami

Sudetská soustava

Do této soustavy náleží Šluknovská pahorkatina, charakterizovaná převážně rovinným reliéfem a střední nadmořskou výškou. Charakteristická jsou široká údolí, místy doplněná výraznými vrcholky vulkanitů. Lužické hory jsou tvořeny samostatnými vulkanickými tělesy, která výrazně vynikají nad terén, jako je Luž a Jedlová.

Česká tabule

Česká tabule je tvořena slíntými, písčitymi a písčito-jílovými sedimenty. Terén tvoří ploché pahorkatiny a strmá údolí, mělké kotliny a tabule. Ojediněle jsou zde zastoupena i vulkanická výrazná tělesa. (*Balatka et al., 1972*).



Obr. 4.2.1.: Základní geomorfologické členění České Republiky

(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6c/CZE_geomorf.PNG)

Geomorfologie území Sosnová

Lokalita Sosnová leží přibližně na rozhraní tří výše uvedených provincií. Náleží do systému Česká tabule, která západně od lokality přechází v Krušnohorskou soustavu, na severu v Sudetskou soustavu.



Obr. 4.2.2.: Geologické soustavy okrese Česká Lípa (Demek et al., 1987)

4.2.2 PEDOLOGIE

Pedologie okresu

Vývoj a rozmanitost půdního substrátu jsou ovlivněny mnoha faktory. Hlavními činiteli v budování půdního horizontu jsou složení půdního substrátu, klima a stupeň členitosti území. Zde popsané hodnoty vycházejí z Vysvětlivek k základní hydrogeologické mapě (Hazardová et al., 1980).

Jako hlavní horninové typy jsou na listu zastoupeny: pískovce, slíny a slínovce, pararuly a žuly, jíly, čedičové horniny a jejich tufy, a sedimenty údolních teras. Různorodé typy a druhy půd mohly na území vzniknout díky geologické pestrosti území, jeho petrografické různorodosti a různorodosti skalního podkladu. Dále napomohla přítomnost různorodého reliéfu, horských poloh i náhorních plošin, které jsou bohaté na srážky, depresí a mezihorských kotlin i plochých pahorkatin. Dle atlasu podnebí ČSR se na mapovém listu Ústí nad Labem nacházejí následující půdní typy a druhy:

Půdní typy:

1. Středoevropské hnědozemě
2. Půdy podzolové a podzoly
3. Nivní půdy
4. Rendziny
5. Půdy horských poloh (skeletové)
6. Půdy horských poloh rašeliništní

Půdní druhy:

1. Půdy hlinité
2. Půdy hlinitopísčité
3. Půdy písčitohlinité
4. Půdy jílovitohlinité
5. Půdy jílovité
6. Jíly
7. Půdy kamenité

Pro oblast České Lípy je nejvíce běžný typ půd podzolový a hnědozem, půdní druh je nejběžnější hlinitý. V Českém středohoří zvětrávají nejčastěji jílovité pískovce, slínovce a pyroklastika za vzniku jílovo-hlinitých půd. Četné jsou zde také několikametrové překryvy spraší. V místech mocnějšího překryvu spraší (údolí Bíliny, soutok Labe s Ohří) se vyskytují černozemě (Hazardová et al., 1980).

Pedologie území Sosnová

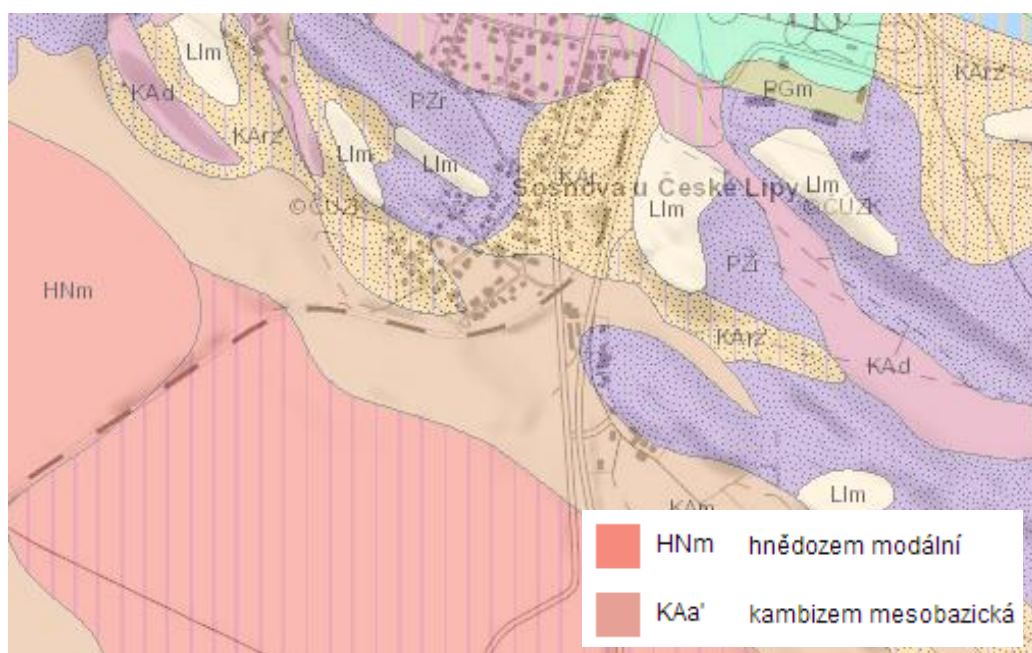
Na řešeném území se dle půdní online přístupné geologické mapy České geologické služby nachází 2 typy půd, a to hnědozem a kambizem. Taxonomický klasifikační systém půd ČR tyto půdní druhy blíže popisuje.

Kambizem modální:

Jedná se o obecně nejrozšířenější typ půdy v České republice, dříve popisované jako hnědé lesní půdy. Obvykle se jedná o půdy ve svažitéch územích, tedy pahorkatinách až hornatinách. V menší míře se ale tento typ půd vyskytuje i v rovinném terénu. Tento půdní typ je velmi rozmanitý, jelikož jeho půdotvorný substrát může být metamorfovaná hornina, magmatická hornina i sediment. Zrnitost, skeletovitost a trofismus hornin je proto také velmi variabilní. Kambizem modální je konkrétně charakterizována jako půda tvořená ze středně těžkých a lehčích středních substrátů.

Hnědozem modální:

Hnědozemě se vytvářely hlavně v rovinném, či mírně zvlněném reliéfu ze spraší a polygenetických hlín. Hnědozem modální je konkrétně charakterizována třetí zrnitostní třídou. (Němeček, J. et al., 2001).

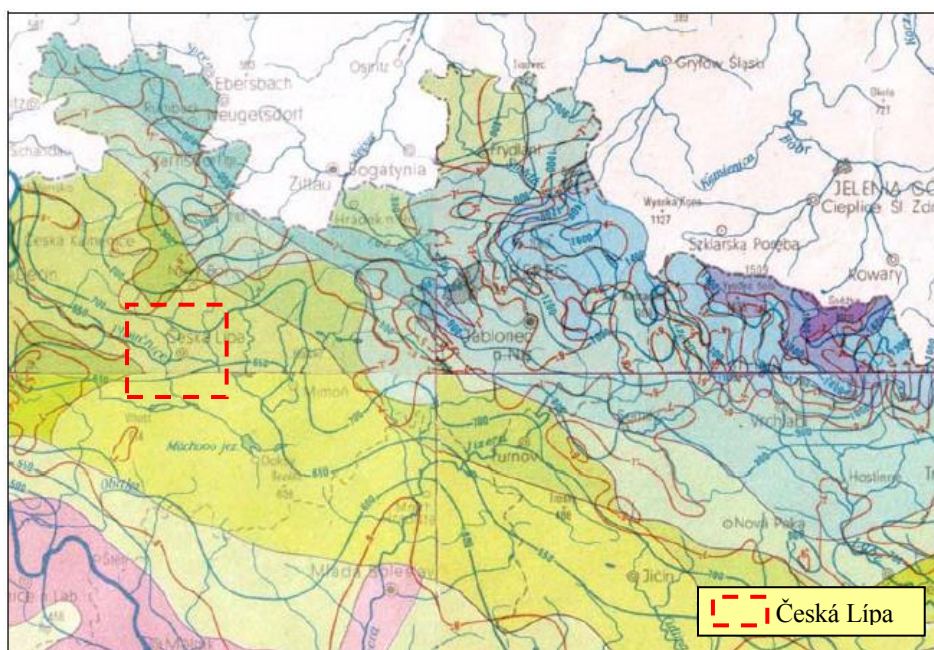


Obr. 4.2.3.: Půdní mapa 1:50 000 a půdní typologie (<http://mapy.geology.cz/pudy/>)

4.2.3 KLIMATICKÉ POMĚRY

Zastoupení klimatických okresů znázorňuje mapa klimatických oblastí, dle Atlasu podnebí ČSR. Informace o klimatických podmínkách byly zpracovány v publikaci Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR (Hazardová et al., 1980). V okrese Česká Lípa je zastoupeno sedm klimatických okrsků. Na jih okresu zasahuje okrsek teplé oblasti suchý, s mírnou zimou a kratším svitem slunce. Směrem k severu se objevují okrsky mírně teplé oblasti. Na okrsek teplé části navazuje mírně teplý, mírně suchý, s mírnou zimou. Nad tímto okrskem se nalézá mírně teplý, mírně vlhký, s mírnou zimou, pahorkatinný (do 500m). Do něj

místa zasahuje mírně teplý, mírně vlhký vrchovinný okrsek (do 1000 m). Dále na sever nastupuje vlhký, s mírnou zimou, pahorkatinný a rovinný okrsek. Navazuje velmi vlhký, vrchovinný, mírně teplý (do 1000m) Okrsek chladné oblasti je zastoupen mírně chladný, mírně vlhký, vrchovinný (do 1000m)



Obr. 4.2.4.: Klimatické okrsky dle atlasu podnebí ČSR (1958)

Teplotní poměry okresu

Teplé a suché podnebí je v polabské nížině možné nalézt na jih od Českého středohoří. Průměrné roční teploty překračují 8°C, V letních měsících zde bylo naměřeno alespoň 50 slunečních dní s maximální teplotou nad 25°C. Zima je zde mírná, teplota v lednu, nejchladnějším měsíci, obvykle neklesne pod -3°C. Sluneční svit je kratší, ve vegetačním období nedosahuje ani 1400 hodin.

Ve většině území kraje, do 800 m.n.m. převládá mírně teplé podnebí. Stupně vlhkosti jsou zde různé. V nižších polohách je poměrně sucho, ve vyšších (nad 800m) je vlhkost větší. Průměrná teplota se pohybuje kolem 8°C, ve vyšších a horských oblastech je teplota 6-7°C. Počet letních dnů klesá pod 50.

V místech do 500 m.n.m. je zima mírná, s průměrnou teplotou -3°C a nízké srážky.

Mírně chladné podnebí se vyskytuje východně od Lužických hor, v oblasti Chrastavy a Bedřichova. (Hazardová et. al., 1980).

Teplotní poměry území Sosnová

Řešenou oblast můžeme dle výše popsaného teplotního dělení okresu zařadit do mírně studenější oblasti, než je průměr okresu i přes to, že se Česká Lípa nachází pouze 285 m.n.m.

stanice	m.n.m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII	IV-IX	X-III
Česká Lípa	285	-2,6	-4,5	2,4	7,5	12,6	16,1	17,7	17,0	13,3	7,8	3,4	-0,6	7,8	14,0	1,5

Tab. 4.2.5.: Průměrné měsíční a roční teploty vzduchu /°C/ (1931-1960) (Hazardová et. al., 1980).

Srážkové poměry okresu

Jižně od Českého středohoří se průměrný roční úhrn srážek se pohybuje mezi 450 a 550 mm. Směrem od západu na východ stoupají úhrny srážek, až do Lužických hor, které jsou nejvlhčí částí území. Srážky zde dosahují hodnot 1000 mm. Východně od Lužických hor, v oblasti Chrastavy jsou průměrné roční úhrny srážek menší, v rozmezí 800-1000 mm

V letním půlroku se pohybují hodnoty srážek obvykle mezi 270 a 500 mm, v zimě mezi 170 mm a 420 mm. Měsíční úhrny jsou maximální v červenci. V této době kolísají podle území mezi 70 mm a 120 mm. Minimální srážkový úhrn je naměřen nejčastěji v březnu, s rozptylem mezi 20 mm a 60 mm (Hazardová et. al., 1980).

Srážkové poměry území Sosnová

Ve zkoumané oblasti jsou roční hodnoty srážek lehce nadprůměrné, což lze přisoudit srážkovému stínu Lužických hor.

stanice	m.n.m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII	IV-IX	X-III
5. Česká Lípa	285	44	42	38	45	55	67	90	69	43	51	44	44	632	369	263
35. Zákupy	268	45	42	36	43	56	69	91	69	44	52	44	45	636	372	264
36. Žandov	250	46	44	37	46	62	69	93	72	44	54	43	43	653	386	267

Tab. 4.2.6.: Průměrné měsíční a roční úhrny srážek /mm/ (1931-1960) (Hazardová et. al., 1980).

stanice	m.n.m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
5. Česká Lípa	285	10,6	10,0	9,5	9,3	10,1	9,8	10,7	11,2	8,8	9,2	9,5	9,9	118,6
36. Žandov	250	8,3	8,7	6,6	8,8	9,7	9,1	10,5	9,2	7,3	8,1	8,3	8,6	103,2

Tab. 4.2.7.: Počet dní se srážkami $\geq 1\text{mm}$ (1931-1960) (Hazardová et. al., 1980).

Sněhové poměry v území Sosnová

V okolí České Lípy se počet dní se sněhovou pokrývkou pohybuje mezi 40 a 60 dny ročně. V lokalitě Sosnová bylo neměřeno průměrně 59,7 dne sněhové pokrývky, což je na horní hranici rozpětí okresu.

stanice	m.n.m		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V			Σ
5. Česká Lípa	285		0	0,1	2,0	11,5	20,1	16,9	8,3	0,8	0			59,7
36. Žandov	250		0	0,3	1,2	8,1	16,8	14,0	6,3	0,3	0			46,8

Tab. 4.2.8.: Počet dní se sněhovou pokrývkou (1931-1960) (Hazardová et. al., 1980).

Větrné poměry v území Sosnová

V Libereckém kraji převládá, dle informací Ing. Hromka (2004) severozápadní směr proudění. Větrné poměry jsou silně ovlivněny rozložením tlakových útvarů, místní větry jsou ale zásadně ovlivněny místními podmínkami, které tyto hlavní proudy ovlivňují.

stanice	m.n.m.	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětří
Česká Lípa	285	5,5	7,4	12,6	19,35	3,5	11,5	16,0	20,3	3,7

Tab. 4.2.9.: Průměrná roční četnost směru větrů (%) (Hromek et al, 2004)

4.2.4 HYDROGRAFIE A HYDROLOGIE

Hydrografie a hydrologie okresu

Území Libereckého kraje zahrnuje dvě evropsky významná rozvodí. Severní část kraje, tj. Liberecko, Frýdlantsko a příslušná část Jizerských hor, je odvodňováno přes Odru do Baltského moře. Většina území je odvodňována Labem do Severního moře (*Hromek, 2004*).

Povodí Odry zasahují na území kraje povodí:

2-04-07 : Lužická Nisa po Mandavu

2-04-10 : Smědá a Lužická Nisa po Smědou

Povodí Labe zahrnuje povodí:

1-05-01 : Jizera pod Kamenicí

1-05-02 : Jizera od Kamenice po Klenici

1-14-03 : Ploučnice

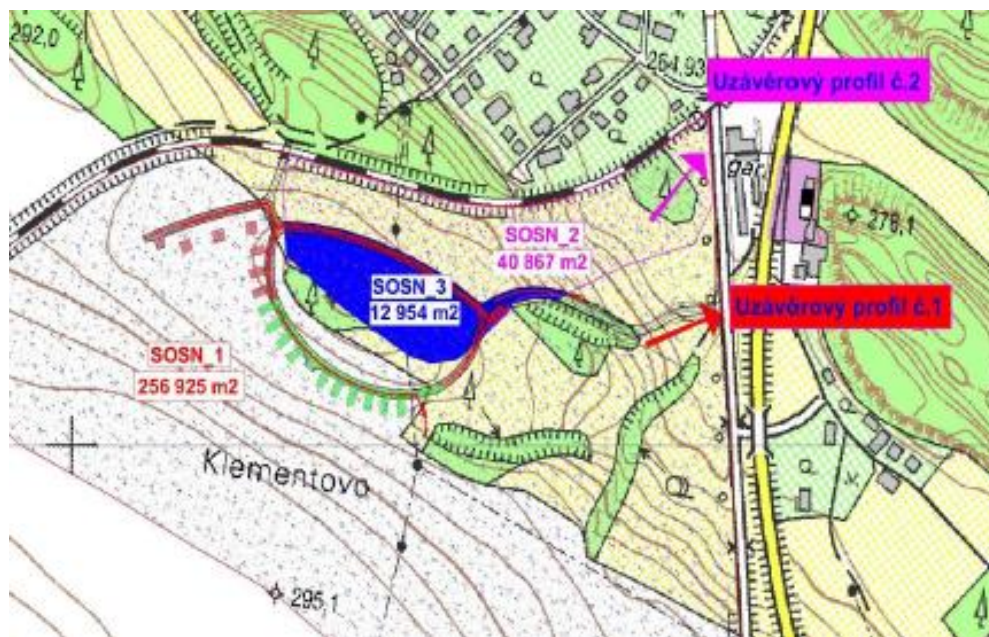


Obr. 4.2.10.: Znárodnění polohy Povodí Ohře a Labe se zvýrazněním zájmové lokality (http://eagri.cz/public/web/file/134666/_10_povodi.jpg)

Hydrografie a hydrologie území Sosnová

Zájmové území leží v centrální části povodí Robečského potoka s číslem hydrologického povodí 1 – 14 – 03 – 081. Řešené povodí o ploše 0,3 km², nemá vyvinutou údolnici s recipientem. Odtok vody ze zájmového území se rozděluje díky sklonovým poměrům do dvou dílčích povodí nazvaných jako SOSN_1 a SOSN_2, viz obr. 4.2.11.. Dílčí povodí SOSN_3, které je na obrázku vyznačené modře, bude v důsledku výstavby odvodnění převedeno do dílčího povodí SOSN_1.

Zájmové území se také nachází v chráněném pásmu zdroje pitné vody. Uzávěrový profil celého povodí Robečského potoka je definován u soutoku s Ploučnicí v jejím ř. km 32,9



Obr. 4.2.11.: Rozvodnice a zájmové území s rozdělením dílčího odtoku (Aquion, 2012)

4.2.5 HYDROGEOLOGIE

Úvod do hydrogeologie

Stanovení hydrogeologické funkce hornin je prováděno pomocí základního vymezení geologických útvarů, podle jejich základních vlastností., zejména podle schopnosti vést a akumulovat podzemní vodu.

Podle tohoto hlediska rozdělujeme tělesa na lépe propustná (kolektory), hůře propustná (izolátory), nebo polopropustná (poloizolátory). Vlastnosti těchto geologických těles, jako je např. Jejich mocnost a vnitřní stavba závisí na geologických poměrech území. Rozhodující je z tohoto hlediska litologické složení hornin a jejich tektonické postižení (Krásný, Valečka, 2002).

K označení litologických (hydrogeologických) těles jsou používány jednoduché indexy, které byly zavedeny ve zprávě Krásného et al., (1993) a vycházejí z principů uplatněných v rámci hydrogeologického zpracování období české křídly (Herčík et al., 1987, 1999). Křídové sedimenty, plnící funkci kolektorů, jsou označeny velkými písmeny A až D, s indexy pro případné další odlišení. Velká písmena používáme i k označení těles s proměnlivou funkcí – tzn., že mohou fungovat taktéž jako kolektory.

Tělesa s izolační funkcí označujeme podílem, tvořeným indexy podložního a nadložního kolektoru. Pro označení triasových a permokarbonových hornin používáme označení T, PC. Tabulka dělení hydrogeologických těles polické pánve je uložena v příloze 1.

Proudění podzemní vody můžeme primárně rozlišovat na regionální a lokální proudění. Existuje i přechod mezi těmito prouděními se znaky společnými oběma typům. Regionální proudění podzemní vody je typické pro rozsáhlejší oblasti křídové pánve, kde lze lehce sledovat pohyb podzemní vody od infiltrační zóny, až do místa drenáže. Kolektory na území jsou hydraulicky propojené, tudíž dochází k hydraulickému ovlivnění podzemních vod, a to i

na velké vzdálenosti. Tento typ proudění je charakteristický pro kolektory (A1, A2, a T). Za určitých podmínek zde může docházet i k přítoku pomocí vertikálního proudění prostřednictvím poloizolátorů.

Lokální proudění nalezneme hlavně v méně propustných křídových sedimentech a dále v oblastech blízkých povrchu a tím zvětrávání a v oblastech narušených nepropustných těles (převážně slínovce – A/C, C/D). Infiltrace zde probíhá převážně v celém prostoru souvrství. Podzemní voda se zde dostává převážně do místních vodotečí.

Hydrogeologie okresu

V okolí České Lípy je nejvýznamnější základní strukturou česká křídová pánev, v jejímž podloží se nachází permokarbonská pánev. Společnou vlastností těchto sedimentárních struktur je pánvovitá, víceméně vodorovná stavba vrstev, která je místy postížená radiální tektonikou. Charakteristická je zde také proměnlivost ve vývoji sedimentů a rozdílné vertikální členění horninových souborů tvořících soubor kolektorů a izolátorů.

Základní propustnou jednotkou systému je artéská pánevní struktura (cenomanský kolektor, ledecké arkózy), pod níž se nachází relativně nepropustné podloží – západosudetské, nebo krušnohorské krystalinikum.

Hlavní páteří regionální drenáže je v České křídové pánvi osa řeky Labe. Pohyb podzemních vod je ve zdejší struktuře ve velkých hloubkách velmi pomalý, nebo žádný. Lokální pohyb podzemní vody se v oblasti vyznačuje hlavně puklinovou propustností

Na základní hydrogeologické mapě ČSSR jsou v lokalitě Sosnová viditelné komplexy svrchní křídý. Ty jsou popsány jako komplexy s kolektory v cenomanských a turonských pískovcích, pod nimiž se nacházejí prachovcovo-jílovcové izolátory (*Hazdrová et. al., 1980*).

Hydraulické vlastnosti svrchní křídý:

Sedimenty svrchní křídý jsou významným hydrogeologickým celkem. Tato pánev prošla složitým strukturním vývojem, jehož následek je velký rozsah stratigrafických stupňů. V pánvi se vyskytují nejčastěji psamity, psefity, slíny, slínovce a jílové vápence.

Časté jsou přechody těchto hornin ve vertikálním i horizontálním směru, což má za následek vznik kolektorů a izolátorů, jak bylo popsáno výše. Tato litofaciální členitost umožňuje dělení na dílčí hydrogeologické jednotky, které se navzájem hydraulicky liší. V kolektorech se zde formují tři základní zvodně. Spodní, střední a svrchní.

Křídové uloženiny lze dělit na několik faciálních oblastí.

- Ohareckou
- Lužickou
- Vltavo-Berounskou

V oharecké oblasti je hlavní zvodně nazývána bazální křídová zvodně. Je navázána na cenomanský, nebo spodnoturonský kolektor.

V Lužické faciální oblasti mohou, díky poměrům v uložení hornin a vývoji křídových sedimentů, existovat tři samostatné zvodně. Bazální, která je vázána na cenomanský kolektor,

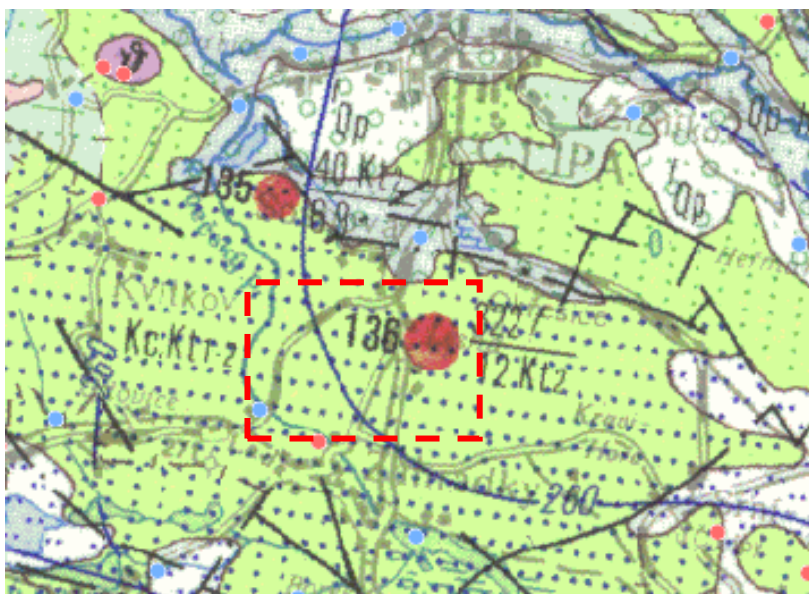
střední, která vzniká v turonských kolektorech a svrchní zvodeň v coniacko-santonském komplexu. Z hlediska hydrogeologie je nejvýznamnější střední, turonská zvodeň.

Vltavo-Berounská oblast obsahuje jeden až dva samostatné faciální kolektory, střední a spodní. Často zde ale dochází k přetékání a propojení zvodní.

Hydrologie území Sosnová

Oblast Česká Lípa náleží do Lužické oblasti, přičemž leží přibližně na pomezí mezi její severní a jižní částí. Celkovou propustnost zkoumané oblasti lze podle Základní hydrogeologické mapy ČSSR charakterizovat jako střední.

Na základní hydrogeologické mapě ČSSR jsou v lokalitě Sosnová znázorněny zelenou barvou komplexy sedimentů svrchní křídý s kolektory v cenomanských pískovcích, označené jako Kc. Zde převažuje puklinová propustnost. V turonských pískovcích označených jako Kt1 a Kt2 převažuje propustnost průlinovo-puklinová. Bazální kolektor má napjatou hladinu a je oddělen od svrchního kolektoru s volnou hladinou prachovco-jílovcovými izolátory (Hazdrová et. al., 1980).



Obr. 4.2.12.: Sedimenty svrchní křídý - hydrogeologická mapa 1:50 000
(http://mapy.geology.cz/hydro_rajony/)

Úvod do problematiky pohybu podzemních vod

Každý geologický celek se vyznačuje specifickými podmínkami pro infiltraci, pro pohyb podzemních vod i celkové odvodnění. Tyto charakteristiky vznikají v závislosti na morfologii a hydrologii území, hydraulických vlastnostech a způsobu uložení hornin (Hazdrová et. al., 1980). List Ústí nad Labem hydrogeologické mapy obsahuje 2 hlavní skupiny struktur, a oblast hydrogeologických masivů (Lužický masiv, krystalinikum Krušných hor) a sedimentární struktury (česká křídová pánev, severočeská pánev. Horniny v těchto strukturách, jak již bylo řečeno, mohou fungovat jako kolektory nebo izolátory. Na kolektory jsou pak dále navázány zvodně.

V sedimentárních strukturách jsou kolektory vázány hlavně na příslušnou stratigrafickou vrstvu či souvrství. V oblastech krystalinika je propustnost závislá hlavně na uspořádání, zlomech v hornině, v závislosti na vertikálním rozvolnění hornin

V této práci se budeme dále věnovat jen pohybům v České křídové pánvi.

Ve vertikálním směru lze vymezit následující skupiny (*Hazdrová et. al., 1980*).

Svrchní zvodně, nad nebo v úrovni erozní báze, s živým pohybem podzemní vody

- Střední zvodně, se zpomalenějším pohybem podzemní vody
- Hluboko uložené zvodně, se zpomaleným, až stagnujícím pohybem

Pohyb podzemních vod v České křídové pánvi

Na území křídové pánve dochází hlavně k infiltraci do odkrytých kolektorů. Ty spadají do kategorie svrchních zvodní s volnou hladinou, kde je velmi zřejmý vztah mezi srážkami a vydatností podzemních vod.. K drenáži dochází nejčastěji v údolních rýhách, a to pramennými vývěry, nebo krytými vývěry podzemní vody do povrchových vodních toků.

Část podzemní vody může procházet netěsnostmi v podloží do spodnější zvodně s napjatou hladinou. Střední a spodní kolektory jsou nejčastěji napájeny z okrajů výchozů kolektorů.

Na území České Lípy probíhají cenomanské zvodně s hodnotami 250 a 260 (viz. obrázek 4.15), a středoturonské zvodně s hodnotami 260 a 280. Oba typy hydroizops mají na zkoumaném území do prava stočený severo-j jižní průběh. Severně i jižně od lokality Sosnová jsou navíc zaznamenány výrazné tektonické zlomy, které napomáhají odtoku do spodních vrstev.

Na území křídové pánve dochází hlavně k infiltraci do odkrytých kolektorů. Ty spadají do kategorie svrchních zvodní s volnou hladinou. Vztah mezi srážkami a vydatností podzemních vod, je zde velmi těsný. Ke drenáži dochází nejčastěji v údolních rýhách, a to pramennými vývěry, nebo krytými vývěry podzemní vody do povrchových vodních toků.

Část podzemní vody může procházet netěsnostmi v podloží do spodnější zvodně s napjatou hladinou. Střední a spodní kolektory jsou nejčastěji napájeny z okrajů výchozů kolektorů (*Hazdrová et. al., 1980*).

4.3 INŽENÝRSKO GEOLOGICKÝ PRŮZKUM

Území se nachází na místě, kde je plánována výstavba. Pro lokalitu byl proto vypracován inženýrsko-geologický průzkum. Jeho autorem je RNDr. Vybíral.

Dle průzkumu se v území vyskytují středně až svrchnoturonské, křemité, štěrkovité, kvádrové pískovce jizerských vrstev, které jsou v jihozápadní části budoucího staveniště. Podél údolí, kde dochází k erozní akumulaci, jsou překryty jílovitými a písčítými hlínami kvartérního stáří, s různými mocnostmi.

Dle podrobné geologické mapy by se měly na území vyskytovat čtvrtohorní váte sedimenty – hlíny, ale není tomu tak.

Na severu a severovýchodě - podél projektované komunikace i na staveništi rodinných domku je dle provedené sondáže přítomen následující geologický profil:

Hloubka sondy	Geologický profil
0,00 – 0,20 m	drn a hlína písčítá, humózní – třída F3(MS)
0,20 – 0,40 (0,80) m	písek střednězrný, hlinitý s úlomky pískovce – třída S4(SM)
0,40 (0,80) – 2,00 m	pískovec zcela až silně zvětralý, rozpukaný, deskovitě až kvádrově odlučný

Tab. 4.3.1.: Geologický profil lokality dle sond

Mělce pod terénem vystupuje skalní podloží na severu a severovýchodě. Pouze výjimečně jsou přítomny polohy, kde hlinitý písek přechází do poloh středně až hrubozrného písku s příměsí jemnozrné frakce. Severozápadní, západní a jižní partie staveniště se nachází v údolí, které je vyplněno jílovitými a jílovito-písčítými hlínami, jejichž mocnost roste od severozápadu k jihovýchodu. Až pod jílovito-písčítými hlínami se v hloubkách od 2,7-4 m objevily polohy střednězrného písku s příměsí jemnozrné frakce. Podzemní voda nebyla při sondáži zastížena ani na severu ani na jihu. Je zaklesnuta v puklinovém systému zdejších pískovců.

Poměry pro založení staveb hodnotí RNDr. Vybíral (*Vybíral, 2011*) celkově jako složité. Z uvedeného popisu horizontů vyplývá, že severní a severovýchodní část podloží se skládá převážně ze zvětralého pískovce, což je hlavní důvod k celkové klasifikaci poměrů pro stavbu jako složitých. Severozápadní, západní a jižní část podloží staveniště tvoří jílovitá a jílovito-písčítá hlína, tedy vesměs homogenní prostředí, pro které jsou základové poměry hodnoceny jako příznivé.

5. METODIKA

5.1 VARIANTY ŘEŠENÍ

Modelování odtokových poměrů v lokalitě Sosnová bylo řešeno ve dvou variantách.

V první variantě byl pomocí hydrologického modelu zkoumán rozdíl ve velikosti objemu povrchového odtoku a hodnotě kulminačního průtoku v uzávěrovém profilu. Rozdíl byl vyhodnocen pro variantu přírodního krajinného pokryvu a při změně povrchu území na urbanizovaný. Model byl řešen pro srážku trvající 60 minut v intenzitě Hs50 a Hs100.

Ve druhé variantě bylo řešeno porovnání odtoku hydraulickým modelem kanalizace ve dvou řešeních. První řešení bude zahrnovat pouze kanalizační síť s centrálním odvodem srážkových vod do vzdáleného recipientu, ve druhém řešení bude odtok vod sítě řešen akumulací nádržemi v lokalitě. Do systému kanalizace byly zasazeny dvě retenční a jedna vsakovací nádrž. Varianty odtoku budou posuzovány pro 2, 5, a 10 letý 15. minutový návrhový déšť dle Trupla.

5.1.1 MODEL Č. 1

Hydrologické modelování se zabývá dvěma procesy, které budou rozebrány také v této práci. Je to proces tvorby povrchového odtoku, neboli efektivního deště a proces koncentrace povrchového odtoku, což prakticky znamená transformaci efektivního deště na hydrogram odtoku. (*Stránský et al., 2009*).

Pro možnost porovnání změn odtoku byly vytvořeny modely velikosti povrchového odtoku z prostoru, který se nachází v jižní části staveniště. Pro tuto část území byl vyhodnocen rozdíl v objemu odtoku z území za situace, kdy bude přírodní krajinný pokryv změněn na urbanizovaný povrch. Model vycházel pro stanovení velikosti nepropustných ploch z reálných podkladů k projektu výstavby rodinných domů Ještědské stavební společnosti s.r.o.

5.1.2 MODEL Č. 2

Ve druhém modelu bude hydraulicky simulována celá kanalizační síť lokality ve dvou řešeních. Pro simulaci chování stokové sítě byl použit program SiteFlow, který obsahuje všechny hydrodynamické výpočetní prostředky nutné k plnohodnotné simulaci chování sítě.

První varianta zahrnuje pouze kanalizační síť s centrálním odvodem do vzdáleného recipientu, ve druhé jsou do sítě zasazeny tři akumulací nádrže, které umožňují transformaci a zasakování odtoku v místě.

5.2 POUŽITÝ SOFTWARE

V této kapitole budou popsány základní parametry softwaru, který byl použit. Parametry obecně známých programů AutoCAD a Microsoft Excel, které byly pro práci také použity formulovány nebudou.

SITEFLOW

SiteFlow je simulační program určený na projektování a správu vodovodů a kanalizací. Je to komplexní program ve kterém se spojují vlastnosti GIS, CAD i matematických modelů. Program podporuje převod dat z různých formátů a tak umožňuje širší pole využití. Program je tak možné použít nejen pro navrhnutí a provoz systému kanalizace či vodovodu, ale i pro kompletaci dat, která se projektu týkají, ale jsou uložena v různých formátech.

Z důvodu stálého rozšiřování programu je software SiteFlow členěn na moduly, které jsou dostupné samostatně. V současném modelu SiteFlow jsou dostupné moduly:

- Kanalizace
- Vodovod
- DXF (pro podklady z programu AutoCAD)
- DMT (digitální model terénu)
- Polygony (v nejnovější verzi)

SiteFlow používá dvě výpočetní jádra. Pro vodovodní síť (tlakové proudění) je to jádro EPANET, pro hydrodynamické výpočty potřebné pro modelování kanalizací (srážko-odtokové procesy a proudění s volnou hladinou) je použito jádro SWMM (Storm Water Model Management). Tato výpočetní jádra vznikla v USA, pod záštitou americké vládní organizace EPA. (Aquion, 2010)

Jádro SWMM

V této práci se budeme zabývat pouze modelem kanalizace, proto bude dále popisováno jen jádro SWMM. SWMM je dynamický srážko-odtokový simulační model používaný pro simulaci množství odtoku vody, případně i její kvality. Je používán pro dlouhodobé simulace, i simulace jednotlivých událostí, zejména v urbanizovaných územích.

Model pracuje s dílčími povodími, na kterých transformuje srážky, a vytváří odtok. Následný přítok do kanalizační sítě je pak modelován sítí uzlů, úseků, nádrží a dalších součástí soustavy.

Jako hlavní složky systému proudění vody používá SiteFlow:

- Atmosférické srážky – srážková data
- Zemský povrch dělený pomocí dílčích povodí – zde se vytváří povrchový odtok a definuje hodnota infiltrace
- Složka podzemní vody
- Transportní složka – síť kanalizace definovaná úseky a uzly

Proces infiltrace je hlavní činitel při výpočtu povrchového odtoku. Model SWMM nabízí tři varianty modelování infiltrace.

- Hortonova rovnice
- Green-Amptova rovnice
- Metoda odtokových křivek (CN)

LIBHYDRO

LibHydro lze definovat jako sdílenou knihovnu programů použitelných pro základní hydrologické výpočty. Na stejných podprogramech jsou založeny celosvětově používané produkty jako HEC-HMS a HEC RAS.

Knihovna LibHydro obsahuje 6 skupin podprogramů.

- Precipitation - srážky
- Loss Rates – Odtokové křivky
- Unit Hydrograph – jednotkový hydrogram
- Base Flow – základní odtok
- Routing Methods -
- Utilities

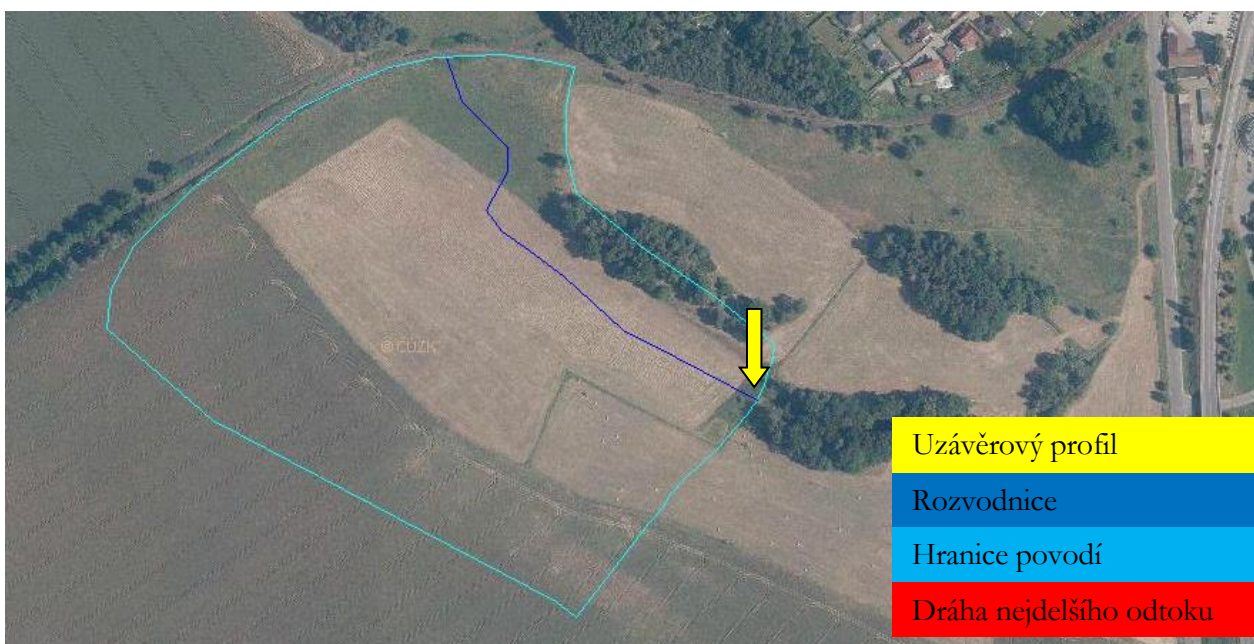
Pro zjištění průběhu odtoku z hyetogramu rozdělení návrhové byla použita funkce Loss Rates.

5.3 HYDROLOGICKÉ MODELOVÁNÍ ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

5.3.1 METODIKA ŘEŠENÍ MODELU Č. 1

Objem odtoku z lokality Sosnová byl zpracováván metodou CN křivek, která je v současnosti pro stanovení efektivní srážky a objemu odtoku používána nejčastěji. Výpočty vycházejí z návrhové jednodenní srážky ze srážkoměrné stanice Česká Lípa, s opakováním N50 a N100. Rozložení návrhové srážky bylo modelováno metodou návrhového hyetogramu. Transformace výšky odtoku byla poté modelována metodou Clarkova návrhového hydgramu.

Uzávěrový profil byl zvolen s ohledem na výstavbu v lokalitě. V tomto místě se totiž nachází retenční nádrž, která funkci uzavěrového profilu reálně plní.



Obr. 5.3.1. Zobrazení hranice povodí a jeho povrchové charakteristiky, použité ve výpočtu

Metoda určení čísla odtokových CN křivek

Čísla odtokových CN křivek jsou dle *Janečka (2007)* určena podle:

- Hydrologických vlastností půd rozdělených do 4 skupin - A, B, C, D, na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení (tabulka 5.3.2).
- Vlhkosti půdy určované na základě 5 - denního úhrnu předcházejících srážek, resp. indexu předchozích srážek (IPS) ve 3 stupních, kdy IPS I odpovídá takovému minimálnímu obsahu vody v půdě, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání, při IPS III je půda přesycená vodou z předcházejících dešťů. Pro návrhové účely a tedy i v případě modelování maximálních průtoků bude uvažována IPS II (Příloha 3.4.) pro střední nasycení půdy vodou,
- Využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření

Skupina půd	Charakteristika hydrologických vlastností
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace (větší než 0,12 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo štěrky
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace (0,06 až 0,12 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace (0,02 až 0,06 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu, půdy jílovitohlinité až jílovité
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace (méně než 0,02 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím

Tab. 5.3.2.: Charakteristiky hydrologických skupin půd (Janeček et. al, 2007)

Stanovení efektivního deště H_0 metodou čísel odtokových CN křivek

Metoda čísel odtokových křivek (CN – curve number) je nejpoužívanějším typem srážko-odtokových modelů. Byla vytvořena v USA Službou pro ochranu půd (SCS – soil conservation service). Model je použitelný pro stanovení celkového objemu odtoku a kulminačního průtoku z malého povodí do 10 km² u jednotlivé přívalové srážky.

S její pomocí lze transformovat a předpovídat objem přímého odtoku a velikost kulminačního průtoku povodí.

Princip této metody je podrobněji popsal *Beven (2001)*.

Další výklad zde bude omezen pouze na základní pojmy nutné k řešení odtoku ve zkoumané lokalitě dle známé metodiky prof. Janečka (*Janeček et. al, 2007*).

Metoda vychází ze vztahu:

$$\frac{H_0}{H_s} = \frac{H_s - H_0}{A} \quad (1)$$

H_s srážkový úhrn (mm)

H_0 výška odtoku (mm)

A potenciální retence (mm)

R objem vody zadržené v půdě

$$R = H_s - H_0 \quad (2)$$

Výpočet potenciální retence povodí A pomocí hodnoty CN:

$$A = 25,4 (1000/CN - 10). \quad (3)$$

A potenciální retence vyjádřená pomocí čísel odtokových křivek (mm)

Odhad počáteční odtokové ztráty I_A mm vychází s empirického předpokladu:

Počáteční odtoková ztráta byla na základě experimentálních měření stanovena na 20% potenciální retence, tedy:

$$I_a = 0,2 A \quad (4)$$

I_a počáteční ztráta povodí (mm)

Výpočet efektivní srážky, neboli výšky odtoku spočívá v odečtení odtokové ztráty z hodnoty srážky samotné

$$H_0 = \frac{(H_s - 0,2A)^2}{A + (H_s - 0,2A)} \quad \text{pro } H_s \geq 0,2A \quad (5)$$

H_s srážkový úhrn (mm)

H_0 výška odtoku (mm)

A potenciální retence (mm)

Objem přímého odtoku:

$$O_{PH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_0 \quad (m^3) \quad (6)$$

P_p plocha povodí (km^2)

H_0 výška odtoku (mm)

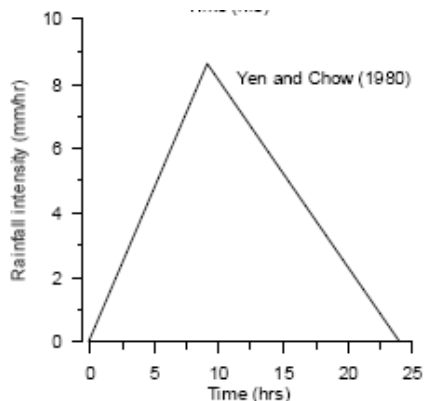
Návrhový hyetogram

Návrhový hyetogram je stěžejní pro výpočet odtoku z povodí metodou CN křivek. Definuje rozložení průběhu návrhové srážky, čímž zásadně ovlivňuje průběh odtoku z území. Metoda návrhového hyetogramu pracuje s rozdělením výšky srážkového úhrnu do diagramu rozdělení intenzit deště. Tvar návrhového hyetogramu je určující pro průběh Clarkova hydrogramu, který bude popsán v další kapitole.

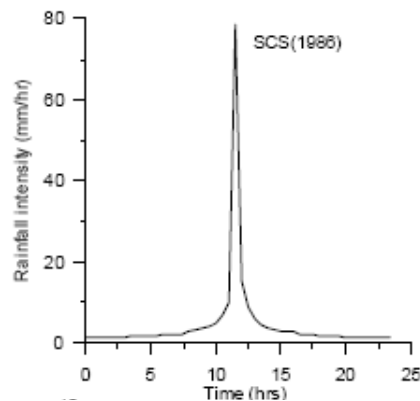
Metod pro sestavení bylo zpracováno několik. Podrobně se rozborem metod pro sestavení návrhových hyetogramů zabývá například Veneziano a Villani (*Veneziano, Villani, 1999*). Základní dva přístupy při návrhu hyetogramu jsou

- Sestavení pomocí geometrických tvarů – trojúhelníkový diagram (obr. 5.3.3.)
- Sestavení na základě charakteristik pozorovaných dešťů SCS (obr. 5.3.4)

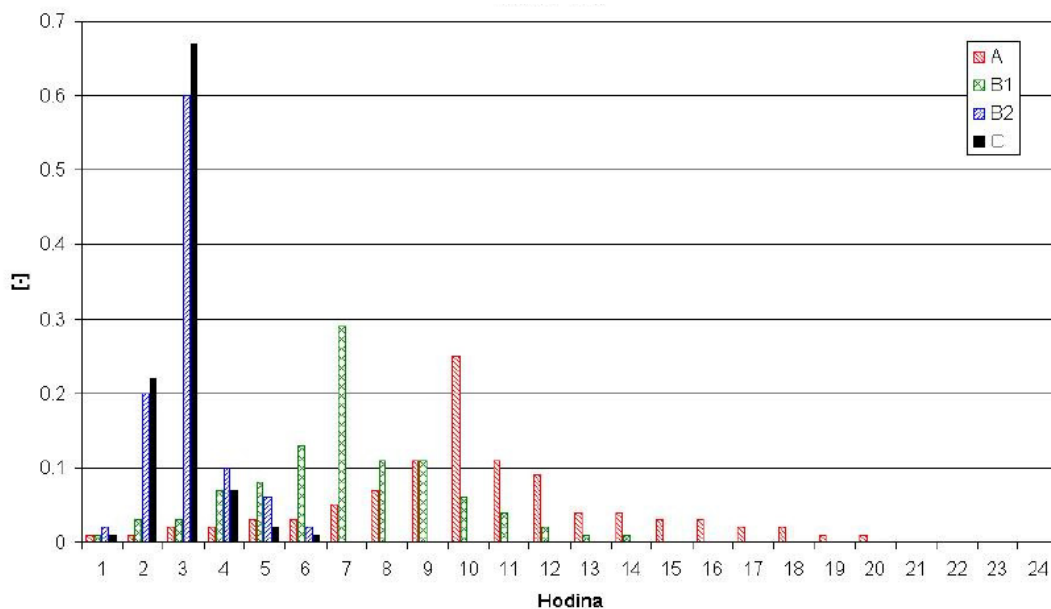
V této práci byl tvar hyetogramu odvozen s pomocí závěrečné zprávy projektu Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní (*Kulasová et al., 2004*). Hodnoty návrhového hyetogramu pro řešenou část území Sosnová byly odvozeny z grafu návrhového hyetogramu pro malá povodí (4 km^2) ve variantě tvaru hyetogramu pro oblast C (Obr. 5.3.5.).



Obr. 5.3.3.: Syntetický hyetogram (Yen and Chow 1980)



Obr. 5.3.4.: Syntetický hyetogram (SCS 1986)



Obr. 5.3.5.: Návrhové hyetogramy pro oblasti A, B1, B2 a C pro povodí o ploše 4 km² (Kulasová et al., 2004))

Odvození návrhových hyetogramů

Různé druhy návrhových hyetogramů vznikly rozdělením České republiky do čtyř oblastí dle hodnoty srážkových úhrnů. Rozložení návrhové N-leté srážky vychází z metody vypracované ČHMÚ, která vychází z odvození hodinových 100-letých maximálních srážek z Truplova zpracování. 100-letá prošně redukovaná hodinová srážka tvoří maximální pořadnici návrhového hyetogramu.

Jako kritéria pro rozdělení byly použity hodnoty stoletých návrhových srážek, plošná homogenita oblasti a orografické podmínky. (Kulasová et al., 2004). Pro lokalitu Sosnová byla dle mapy členění oblastí ČR zvolena oblast C. (Obr. Xy).

Trasformace přímého odtoku – metoda jednotkového hydrogramu

Pro transformaci objemu odtoku (efektivního deště) z povodí byla použita metoda jednotkového hydrogramu. Pro obě varianty návrhového hyetogramu z dané srážky (N50,N100) byla spočtena odtoková odezva, návrhová vlna. Volba metody transformace je stěžejní, neboť definuje tvar vlny a tím velikost kulminačního průtoku. Pro tuto práci byl zvolen Clarkův jednotkový hydrogram.

Tento model časového průběhu odtoku vychází z metody izochron. Dle této metody se dělí povodí na plošky s tvarem definovaným tak, aby dešťová kapka, která dopadne kamkoli na jeho plochu, otekla do uzávěrového profilu za stejnou dobu. Tato metoda je proto pro povodí s různorodým povrchem a pestřejšími morfologickými vlastnostmi nevhodná až nepoužitelná. Proto bylo nutné navrhnout zjednodušenou alternativu. Metoda izochron je podrobně popsána v práci Duba (*Dub, 1957*).

Jednotkový hydrogram je definován jako hypotetická odezva povodí na jednotkový efektivní déšť konstantní intenzity, pokrývající rovnoměrně jednotku povodí. Původní koncept navrhl Leroy Sherman v roce 1932. Návrh jednotkového hydrogramu patří mezi metody výpočtu, které popisují povodí schematicky pomocí transformační funkce. Tato funkce mění časový průběh srážky na časový průběh odtoku. Výpočet závisí na prostorovém a časovém rozdělení návrhového zátěžového hyetogramu. Ten má zásadní vliv na průběh hydrogramu odtoku a hodnotu kulminačního průtoku. (*Vološ 2004*).

Odvodit jednotkový hydrogram je možno dvěma způsoby. Pokud jsou přístupné údaje o srážkách a odtocích na povodí, mohou být pro sestavení hydrogramu využity údaje z hyetogramů a hydrogramů odtoku. Postupy sestavení typického jednotkového hydrogramu pro povodí popisuje podrobně například *Hrádek a Kuřík (2002)*. Pokud konkrétní hodnoty srážek a odtoků neznáme, je možno využít syntetických modelů jednotkového hydrogramu různých autorů. Například model. *SCS (1986)*, *Snyder (1938)*, *Clark (1945)*. V této práci byla použita metoda Clarkova jednotkového hydrogramu, proto se dále soustředíme jen na jeho podrobnější popis.

Clarkův jednotkový hydrogram využívá parametry translačního hydrogramu T_c a R . Tyto parametry jsou odvozeny z charakteristik povodí podle vztahů (7 až 9).

T_c : doba koncentrace povodí (Time of concentration)

R : tzv. transformační faktor (Storage Coefficient), simulující dobu zadržení vody v povodí
Parametr T_c představuje dobu, po kterou trvá netransformovaný povrchový odtok, který je vyjádřen takzvaným translačním hydrogramem. Hodnota T_c vyjadřuje délku jeho základny.

$$T_{Lag} = \frac{L^{0,8}(S+1)^{0,7}}{1900\sqrt{Y}} \quad (7)$$

TLAG čas od těžiště efektivního deště do okamžiku výskytu kulminačního průtoku.

L délka údolí k rozvodnici (ft)

S maximální retence povodí (in), vypočtená z CN křivky - viz rovnice 3

Y průměrný sklon povodí (%)

Doba koncentrace se potom odhaduje dle vztahu (8)

$$T_c = 1.67 \cdot T_{lag} \quad (8)$$

Pro určení koeficientu R existuje několik výpočetních vzorců, zpravidla se pro výpočet návrhové vlny na nepozorovaných povodích odhaduje velikost koeficientu R jako n-násobek doby koncentrace. V tomto výpočtu se hodnota n nejčastěji pohybuje v rozmezí intervalu 1,2 – 2. Podle dostupné literatury (*Straub et al., 2000*) byl implementován vzorec pro výpočet R ve tvaru:

$$R = A \cdot L^B \cdot S^C 1085 \quad (9)$$

kde:

R transformační faktor povodí (hod)

L maximální délka povrchového odtoku v povodí (mil)

S1085 průměrný sklon mezi 10 % a 85 % maximální délky údolnice (ft/mil)

A, B, C parametry rovnice odvozené pro stát Illinois v USA, které pro byly podmínky ČR upraveny v ČHMÚ na hodnoty A = 80, B = 0,342, C = -0,79 (*Šercl, 2009*)

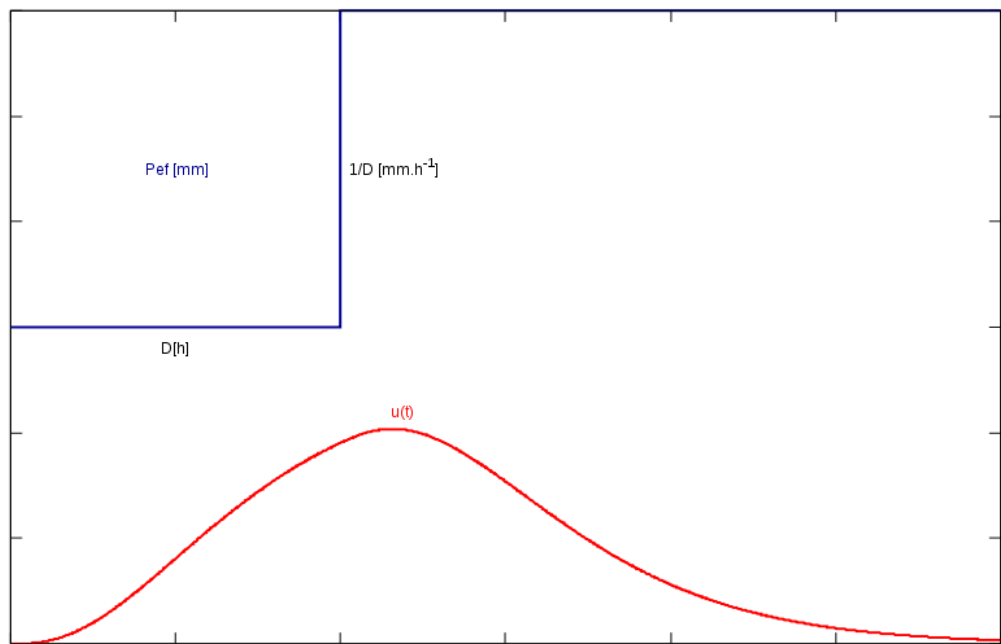
Závislost doby doběhu na ploše povodí je stanovena ze vztahů:

$$\frac{A_a}{A} = 1,414 \cdot \left(\frac{t}{T_c} \right)^{1,5} \quad \text{pro } t < 0,5T \quad (10)$$

$$\frac{A_a}{A} = 1 - 1,414 \cdot \left(1 - \frac{t}{T_c} \right)^{1,5} \quad \text{pro } t \geq 0,5TC \quad (11)$$

Aa aktivní plocha povodí podílející se na odtoku v čase (km²)

A plocha povodí (km²)



Obr. 5.3.6.: Hydrogram – Příklad jednotkového hydrogramu pro dešť doby trvání D (závislost průtoku na čase) (www.wikipeida.cz)

Souřadnice této závislosti jsou následně převedeny na objem odtoku za sekundu pro jednotkový objem efektivních srážek a dále interpolované pro zadaný časový interval výpočtu (v tomto modelu 1 hodina).

Výsledný translační hydrogram slouží jako vstup do procesu transformace odtoku v povodí při využití transformačního faktoru R .

Souřadnice okamžitého jednotkového hydrogramu v čase bude platit:

$$O(t) = C_a I + C_b O(t-1) \quad (12)$$

Koeficienty C_a a C_b jsou definované jako:

$$C_a = \frac{\Delta t}{R + 0,5\Delta t} \quad (13)$$

$$C_b = 1 - C_a \quad (14)$$

Δt časový interval okamžitého jednotkového hydrogramu

I souřadnice translačního hydrogramu pro interval $t-1$ do t ($m^3 \cdot s^{-1}$)

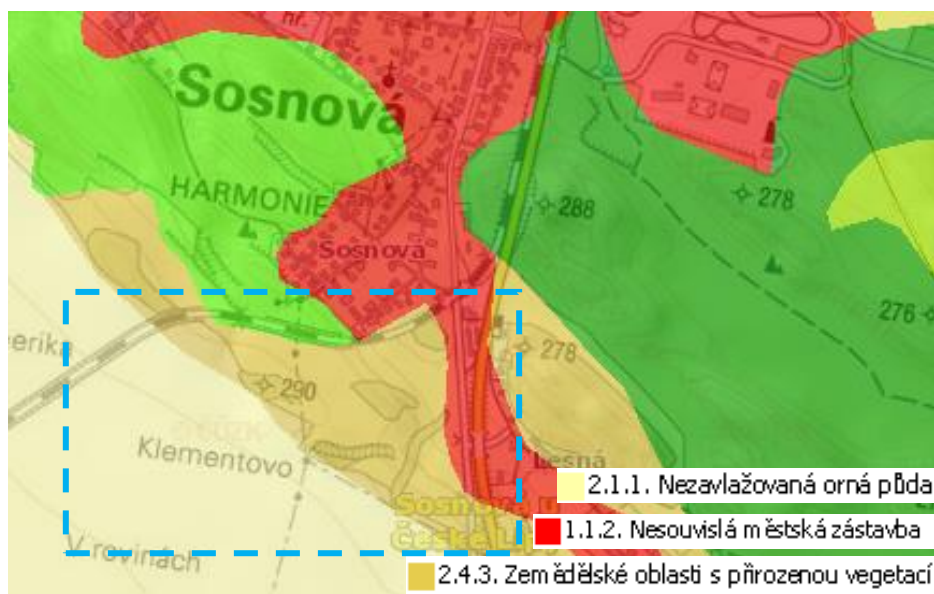
R transformační koeficient (hod)

5.3.2 VÝSLEDKY - MODEL PŘÍRODNÍHO STAVU

Hodnota CN křivky

Krajinný pokryv území Sosnová byl zjištěn pomocí mapových služeb geoportálu zobrazením vrstvy krajinného pokryvu CORINE Land Cover 2006. Pro určení hodnoty CN křivky bylo nutné určit hydrologickou skupinu půd v území a odvodit způsob využití půdy v lokalitě dle informace o krajinném pokryvu.

Hydrologická skupina půd byla odvozena z hodnot HSP dle Janečka (*Janeček et al., 2007*). Pro kambizemě i hnědozemě, které se v území nalézají, náleží hodnota hydrologické půdní skupiny B. Tabulka HSP dle typu půdy byla převzata z vyhlášky ministerstva zemědělství o charakteristikách půdně ekologických jednotek a je umístěna v příloze 4.



Obr. 5.3.7.: Krajinný pokryv na území Sosnová (<http://geoportal.gov.cz/web/guest/map?q=corine>)

Průměrná čísla CN křivek byla odvozena dle tabulky prof. Janečka et al.,(2007). Zde jsou zahrnuta čísla určující hodnoty CN křivek dle využití půdy a hydrologických půdních skupin. Plochy klasifikované jako Nezavlažovaná orná půda a Zemědělská oblast s přirozenou vegetací byly s přihlédnutím k současným fotografiím klasifikovány orná půda, na které jsou pěstovány obilniny, které se rozkládají na 98,7 % plochy. Na území 1,8 % se nachází křoviny s pokryvem větším, než 75 %. Rozloha malé lesní plochy byla zjištěna pomocí programu AutoCad a činí přibližně 1900 m² z celkové rozlohy 104 240 m².

Výsledná hodnota CN křivky byla s přihlédnutím k výše uvedené metodice určena váženým průměrem.



Obr. 5.3.8.: Lokalita Sosnová (<https://maps.google.cz/maps>)

Parametry krajinného pokryvu						
Typ krajinného pokryvu	Podíl v lokalitě	HPS	CN	CN celková	Plocha	Plocha celkem
Orná půda – obilniny	98,7%	B	CN 73	72,6	102 340 m ²	104 240m ²
Křoviny s pokryvem >75 %	1,8%		CN 48		1900 m ²	

Tab. 5.3.9.: Výsledná hodnota CN křivky - Přírodní stav

Parametry výpočtu přímého odtoku

Úhrn přívalové návrhové srážky (Hs)

Hodnoty srážkových úhrnů byly zjišťovány pro 100-letou jednodenní návrhovou srážku z nejbližší srážkoměrné stanice Česká Lípa, z dat Šamaj (1985).

Číslo stanice	72
Stanice Česká Lípa	Srážkový úhrn Hs
N = 50 let	78,9 mm
N = 100 let	87,7 mm

Tab. 5.3.10.: Vstupní hodnoty srážkového úhrnu dle 1-denních návrhových dešťů (Šamaj et al., 1985)

Výška odtoku z povodí

Hodnoty přímého odtoku byly vypočteny pomocí vzorců (15) (16)

$$H_0 = \frac{(H_s - 0,2A)^2}{A + (H_s - 0,2A)} \quad \text{pro } H_s \geq 0,2A \quad (15)$$

$$A = 25,4 (1000/CN - 10) \quad (16)$$

Hs srážkový úhrn (mm)

Ho výška odtoku (mm)

A potenciální retence (mm)

$$A = 96 \text{ mm}$$

Číslo stanice	72
Stanice Česká Lípa	Přímý odtok Ho
N = 50 let	22,9 mm
N = 100 let	28,5 mm

Tab. 5.3.11.: Výsledné hodnoty výšky odtoku z jednodenní srážky pro danou N-letost

Objem přímého odtoku

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o \quad (m^3)$$

(17)

P_p plocha povodí (km²)

H_o výška odtoku (mm)

Plocha povodí

Plocha byla zjištěna v programu Siteflow.

$$P_p = 0,1043 \text{ km}^2$$

Číslo stanice	72
Stanice Česká Lípa	Objem přímého odtoku O_{ph}
N = 50 let	2383 m ³
N = 100 let	2970 m ³

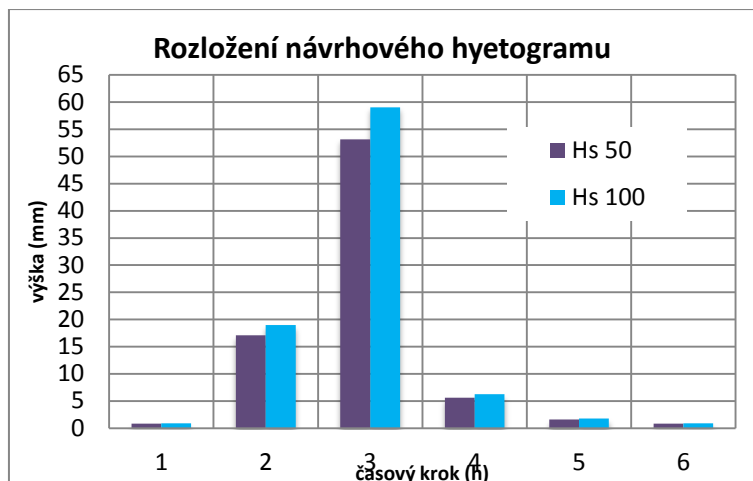
Tab. 5.3.12.: Výsledné hodnoty objemu odtoku jednodenní srážky pro danou N-letost

Návrhový hyetogram

Hodnota srážkového úhrnu byla transformována metodou jednotkového hyetogramu. Konstanty návrhového hyetogramu pro oblast C byly získány interpolací z grafu návrhového hyetogramu dle Kulasové (Obr. 5.3.5.) v intervalu 1 hodina. Rozdělení reálného hyetogramu bylo vyjádřeno jejich poměrnou hodnotou vůči celkovému srážkovému úhrnu pro N50 a N100.

Stanice/ Území	C	Hs50	Hs 100
Průběh srážky (h)	Konstanta návrhového hyetogramu	78,9	87,7
1	0,01	0,79	0,88
2	0,216	17,04	18,94
3	0,673	53,10	59,02
4	0,071	5,60	6,23
5	0,02	1,58	1,76
6	0,01	0,79	0,88
7	1	78,9	87,7

Tab. 5.3.13. Výsledné hodnoty rozložení návrhového hyetogramu pro 50-letou a 100-letou srážku



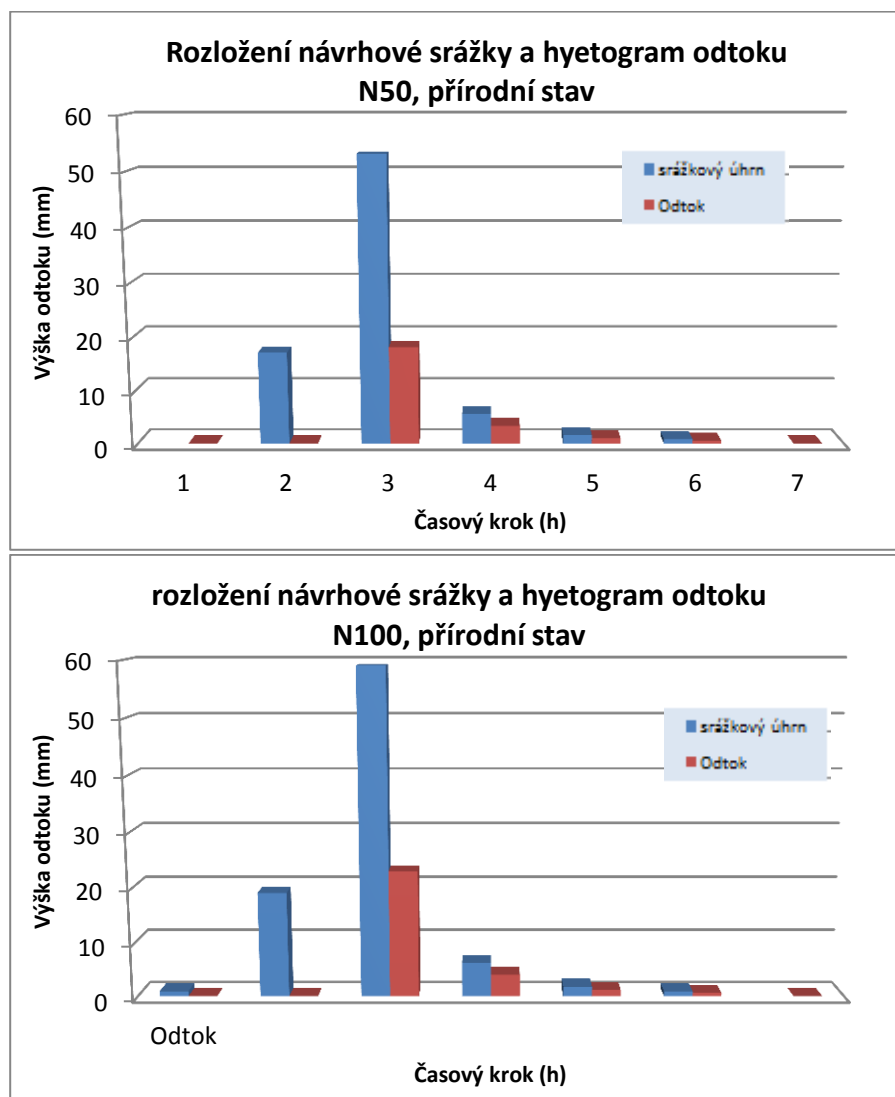
Tab. 5.3.14. Grafické zobrazení rozložení návrhového hyetogramu pro 50-letou a 100-letou srážku

Model přímého odtoku

Získané hodnoty rozložení srážky pro Hs 50 a Hs 100 byly dále transformovány na model přímého odtoku pomocí programu LibHydro (kapitola 5.2.).

Vstupní parametry výpočtu:

- srážkový úhrn (Hs)
- počáteční ztráta (Ia)
- hodnota příslušné CN křivky
- rozložení srážky definované návrhovým hyetogramem (tab.5.3.13.)



Obr. 5.3.15.: Grafy transformace srážkového hyetogramu na povrchový odtok pro 50-letou a 100-letou srážku pro přírodní stav

Transformace přímého odtoku - Clarkův jednotkový hydrogram

Hydrogram odtoku byl namodelován transformací efektivního deště, jehož rozložení je bylo objasněno v minulé kapitole. Transformace na návrhový hydrogram proběhla dle dalších parametrů povodí programem Libhydro.

$$T_{Lag} = \frac{L^{0,8}(S+1)^{0,7}}{1900\sqrt{Y}} \quad (18)$$

T_{LAG} čas od těžiště efektivního deště do okamžiku výskytu kulminačního průtoku.

L délka údolí k rozvodnici (ft)

S maximální retence povodí (in), vypočtená z CN křivky - viz rovnice 3

Y průměrný sklon povodí (%)

Doba koncentrace:

$$T_c = 1.67.T_{lag} \quad (19)$$

Koeficient R:

$$R = A.L^B.S^C 1085 \quad (20)$$

R transformační faktor povodí (hod)

L maximální délka povrchového odtoku v povodí (mil)

S_{1085} průměrný sklon mezi 10 % a 85 % maximální délky údolnice (ft/mil)

A, B, C parametry rovnice odvozené pro stát Illinois v USA, které pro byly podmínky ČR upraveny v ČHMÚ na hodnoty $A = 80$, $B = 0,342$, $C = -0,79$ (Šercl, 2009)

Hodnoty vstupních parametrů					
CN 72,55 – Přírodní stav					
L (mil)	0,33	L (ft)	1174,6		
S_{1085} (ft/mil)	33,43	S (in)	3,78		
A	80	Y %	6,7		
B	0,342				
C	-0,79				
R	3,42	T_c	0,29	T_{LAG}	0,174

Tab. 5.3.16.: Vstupní parametry výpočtu návrhového hydrogramu odtoku- přírodní stav

Průměrný sklon povodí byl vypočten metodou náhradního sklonu svahů

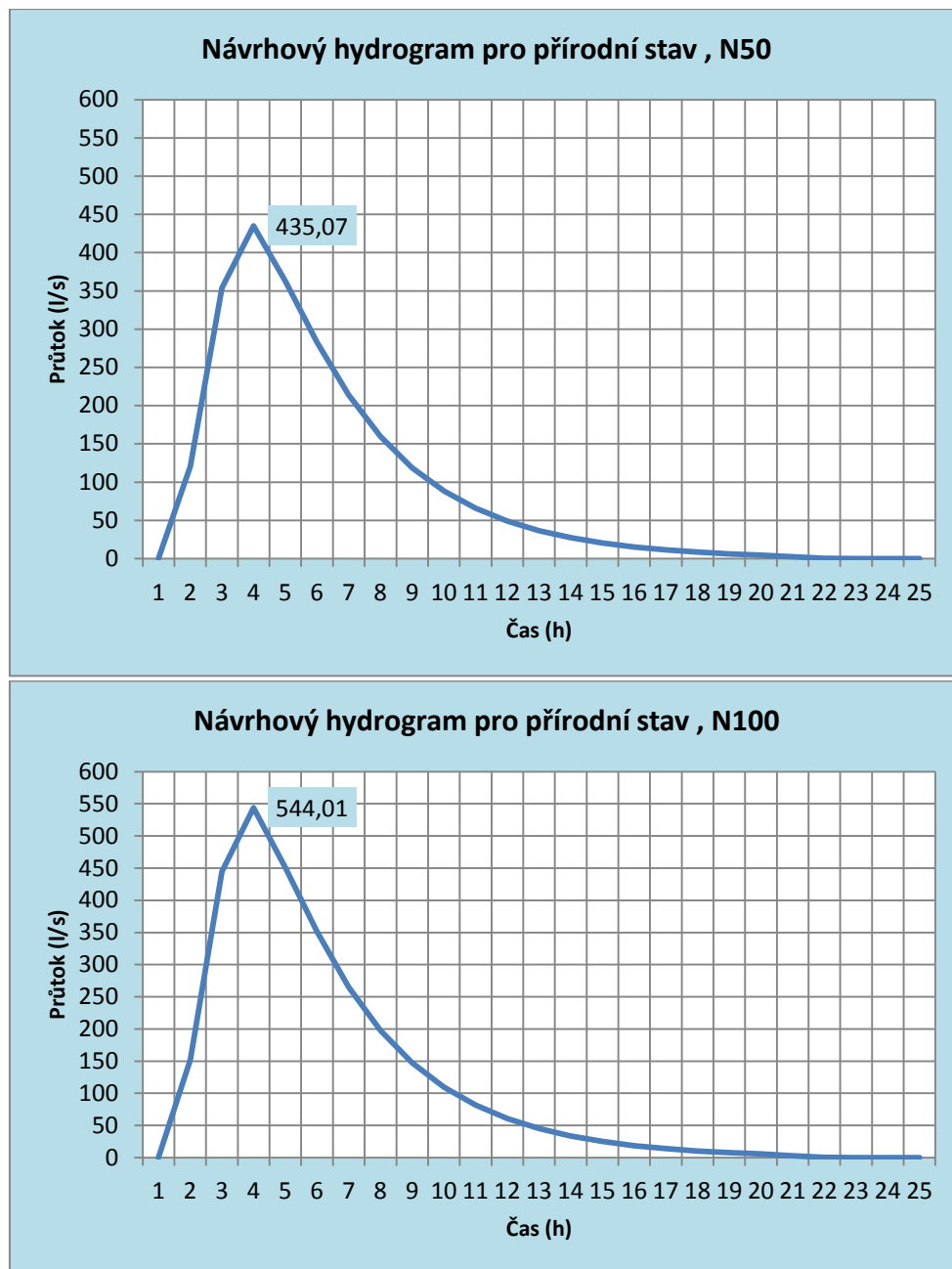
$$J_{st} = \frac{\Delta H}{\sqrt{F}} \cdot 100 \quad (\%)$$

střední sklon svahů v povodí:

F je plocha povodí (m²)

ΔH je rozdíl nadm. výšky mezi nejvyšší a nejnižší vrstevnicí (m)

Sklon zkoumané jižní části povodí:	
Metodou náhradního sklonu	6,8 %



Obr. 5.3.17.: Grafy průběhu návrhového hydrogramu povodí s hodnotou kulminačního průtoku pro 50-letou a 100-letou srážku

5.3.3 VÝSLEDKY MODEL URBANIZOVANÉHO STAVU

Hodnota CN křivky

Krajinný pokryv území Sosnová pro variantu urbanizovaného prostředí byla odvozena také z metodiky prof. Janečka (*Janeček et al., 2007*). Hydrologická skupina půd nese hydrologické označení B.

Čísla CN křivek byla určena pro zastavěný stav dle současného projektu výstavby rodinných domů. Pro výpočet hodnoty CN křivky byl proveden vážený průměr z hodnot vypočtené CN křivky pro přírodní krajinný pokryv (CN 72,6) a z hodnoty CN křivky pro nepropustné plochy (CN 98). Procento nepropustných ploch ve zkoumané jižní části byl pomocí vlastností polygonů, které vygeneroval program SiteFlow.

Pro zjištění výměry nepropustných ploch bylo třeba určit velikost zastavěných ploch na stavebních parcelách. To bylo učiněno na základě metodiky kritérií propustnosti, která byla navržena v kapitole 5.3.1.. Na parcelách v západní části se nacházejí zastavěné plochy o velikosti 200 m², v jižní části 150 m². Velikosti výměr byly tudíž zjištěny vynásobením dané plochy zástavby na parcele celkovým počtem parcel.

Parcely - umístění		Počet	Zastavěná plocha celkem
Západní část	200 m ²	3	600 m ²
Jižní část	150 m ²	13	1950 m ²
suma			2550 m²

Tab.: 5.3.18.: Postup výpočtu velikosti zastavěných ploch ve zkoumané lokalitě

Ve zkoumané lokalitě byly vytvořeny dva typy polygonů, plochy stavebních parcel a polygony náležící komunikaci. U obou typů byla zjištěna celková výměra. Pro zjištění celkového procenta nepropustných ploch byla k hodnotě výměry plochy silnice přičtena hodnota zastavěné plochy z polygonů stavebních parcel. Podílem této hodnoty s celkovou plochou lokality bylo zjištěno zastoupení nepropustných ploch.

Parametry polygonů	Celková výměra
Polygon silnice	3712 m ²
Celková plocha území	104 240 m ²
Polygony nepropustných ploch ze stavebních parcel	2550 m ²
Procento nepropustných ploch	6 %

Tab. 5.3.19.: Výpočet celkového zastoupení nepropustných ploch ve zkoumané lokalitě

Parametry krajinného pokryvu						
Typ krajinného pokryvu	Podíl v lokalitě	HPS	CN	CN celková	Plocha	Plocha celkem
CN pro přírodní stav	94%	B	CN 72,6	74,08	9 7978 m ²	104 240m ²
Nepropustné plochy	6%		CN 98		6 262 m ²	

Tab. 5.3.20.: Výsledná hodnota CN křivky pro urbanizovaný stav

Parametry výpočtu přímého odtoku

Úhrn přívalové návrhové srážky (Hs)

Číslo stanice	72
Stanice Česká Lípa	Srážkový úhrn Hs
N = 50 let	78,9 mm
N = 100 let	87,7 mm

Tab. 5.3.21.: Vstupní hodnoty srážkového úhrnu dle 1-denních návrhových dešťů (Šamaj et al., 1985)

Výška odtoku z povodí

$$A = 89 \text{ mm}$$

Číslo stanice	72
Stanice Česká Lípa	Přímý odtok Ho
N = 50 let	24,9 mm
N = 100 let	30,8 mm

Tab. 5.3.22.: Výsledné hodnoty výšky odtoku z jednodenní srážky pro danou N-letost

Objem přímého odtoku

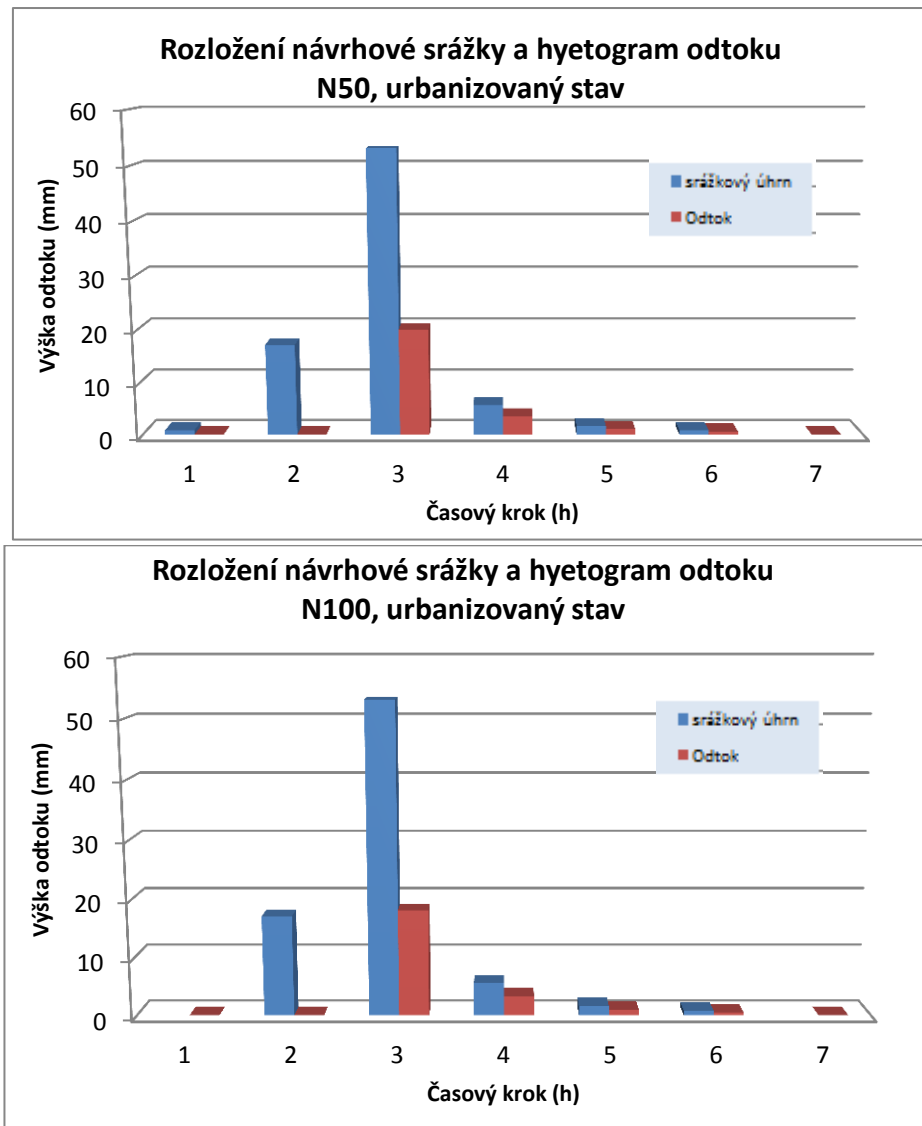
$$P_p = 0,1042 \text{ km}^2$$

Číslo stanice	72
Stanice Česká Lípa	Objem přímého odtoku Oph
N = 50 let	2596 m ³
N = 100 let	3209 m ³

Tabulka 5.3.23.: Hodnoty objemu odtoku jednodenní srážky pro danou N-letost

Model přímého odtoku

Získané hodnoty rozložení srážky pro Hs 50 a Hs 100 pro urbanizovaný stav byly pro tuto variantu také transformovány na model přímého odtoku pomocí programu LibHydro (kapitola 5.2.).



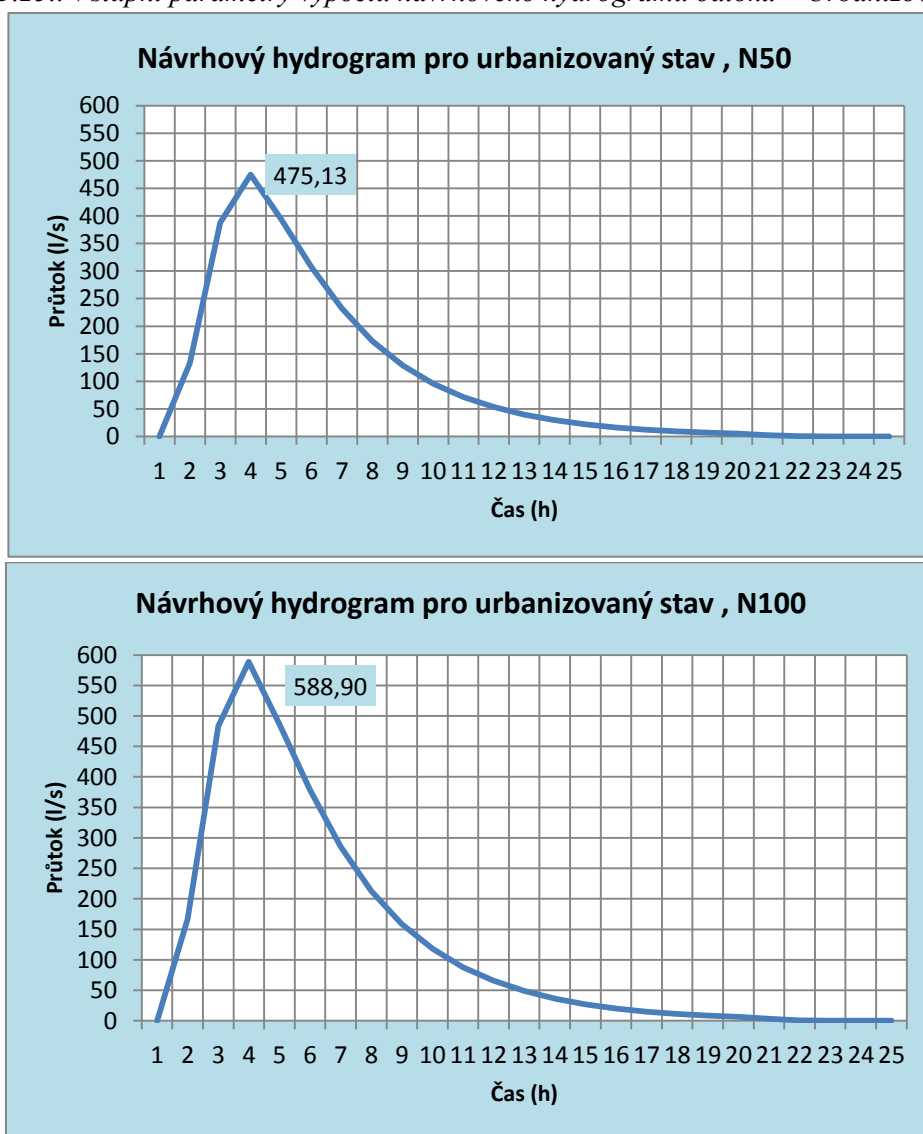
Obr. 5.3.24. Grafy transformace srážkového hyetogramu na povrchový odtok pro 50-letou a 100-letou srážku pro urbanizovaný stav

Transformace přímého odtoku - Clarkův jednotkový hydrogram

Vstupní parametry výpočtu byly změněny s ohledem na rozdílné hodnoty vstupních CN křivek.

Hodnoty vstupních parametrů					
CN 74,08 – Urbanizovaný stav					
L (mil)	0,33	L (ft)	1174,6		
S ₁₀₈₅ (ft/mil)	33,43	S (in)	3,78		
A	80	Y %	6,7		
B	0,342				
C	-0,79				
R	3,42	T_c	0,278	T_{LAG}	0,164

Tab. 5.3.25.: Vstupní parametry výpočtu návrhového hydrogramu odtoku – Urbanizovaný stav



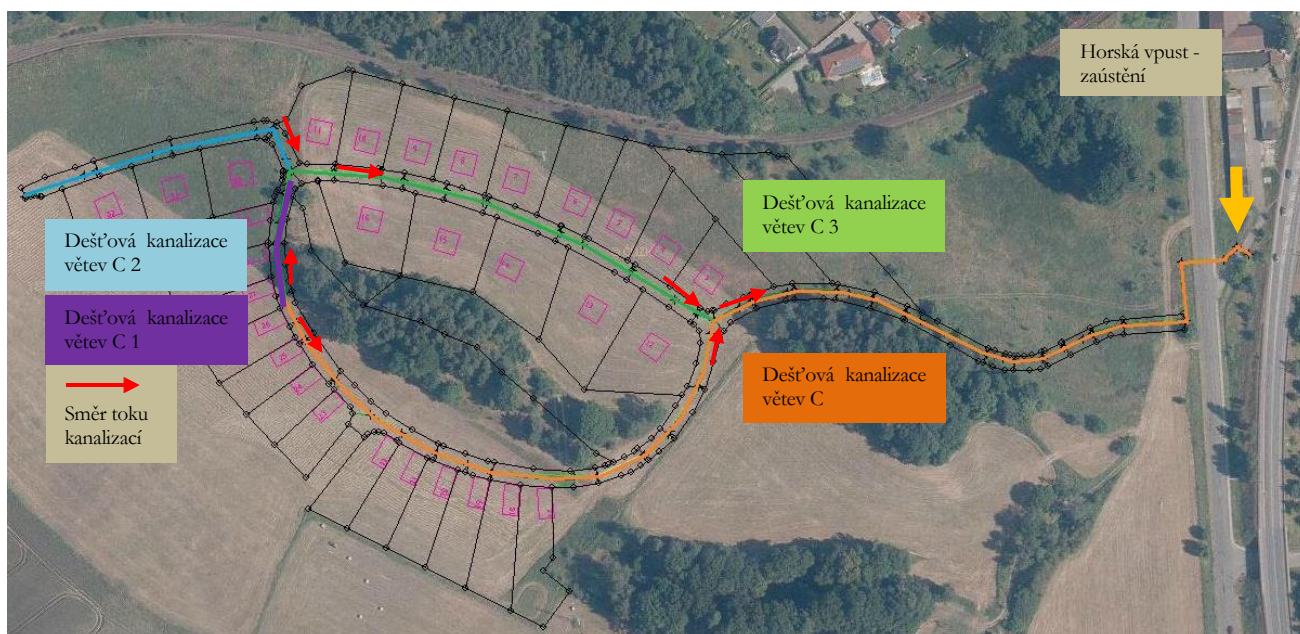
Obr. 5.3.26.: Grafy průběhu návrhového hydrogramu povodí pro 50-letou a 100-letou srážku pro urbanizovaný stav

5.3.4 METODIKA ŘEŠENÍ MODELU Č.2

Varianta 1- parametry dešťové kanalizace

Pro vytvoření modelu kanalizace a následně simulace průtoku v potrubí byly použity reálné podklady projektu kanalizace pro tuto lokalitu. Parametry a dimenzování kanalizace poskytla Ještěšská stavební společnost. Kanalizační síť a šachty v ní byly přeneseny do programu SiteSlow, kde probíhal vlastní hydrologický model. Projekt kanalizace byla dimenzována na dvouletou návrhovou srážku, dle zákona.

Kanalizační síť se skládá ze čtyř větví. Větve C1, C2 a C3 vtékají do nejdelší větve C, která odvádí dešťovou vodu směrem na východ, do propustku pod komunikací a následně do horské vpusti. Materiál stok je PVC o průměru 200 až 400 mm.



Obr. 5.3.27.: Parametry dešťové kanalizace

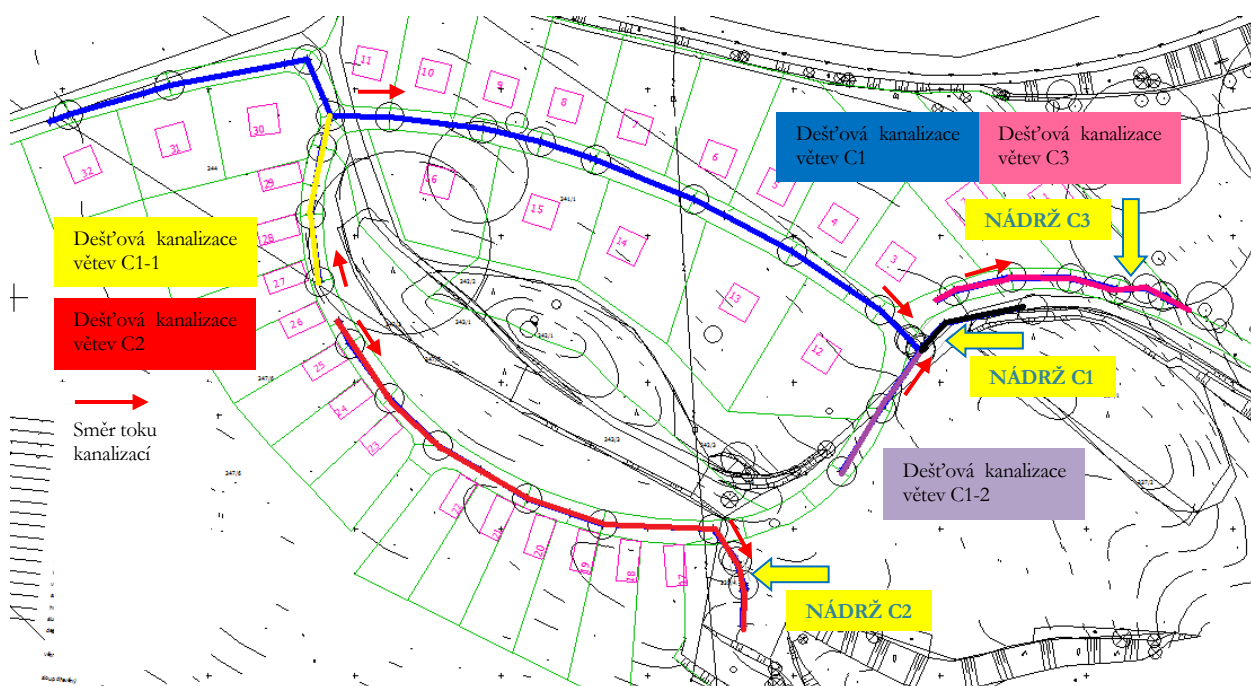
Celková délka kanalizace (m)	975				
Parametry stok	Označení stoky	C	C1	C2	C3
	Délka (m)	564	61	140	210
	Materál a DN	PVC	PVC	PVC	PVC
	Drsnos	0,009	0,009	0,009	0,009
	DN	400	200	250	300
Počet šachet	41				
Sklon úseků	0-10 %				

Obr. 5.3.28.: Celková situace sítě dešťové kanalizace

Varianta 2 - parametry kanalizace s nádržemi

Projekt dešťové kanalizace s nádržemi je navržen jako projekt kombinující koncepci zasakování srážkových vod s původním projektem odvádění všech dešťových vod do recipientu ve východní části projektu, poblíž silničního propustku. Odvodňované plochy budou zaústěny do dvou retenčních nádrží s řízeným odtokem a jedné vsakovací nádrže. Varianta dvou retenčních (C2, C3) a jedné vsakovací nádrže (C1) byla zvolena s ohledem na vsakovací zkoušky a inženýrsko-geologický průzkum.

Trasa stokových větví kopíruje původní projekt, změny ve tvaru kanalizační sítě jsou pouze v místech napojení navrhovaných nádrží. Délka sítě je výrazně zkrácena o úsek vedoucí v původním návrhu do recipientu ve východní části stanoviště. Ze stejného důvodu se v projektu nachází přibližně o třetinu méně šachet, než v původním projektu, rozmístění šachet je ale prakticky totožné. Průměry potrubí jsou, s ohledem na řešení odtoku akumulací do několika nádrží, menší. Konkrétní parametry jsou popsány v tabulce 5.3.29 a 5.3.30



Obr.5.3.29.: Celková situace sítě dešťové kanalizace s akumulačními nádržemi

Parametry nádrží	Označení nádrže	Vsakovací C1	Retenční C2	Retenční C3
	Objem (m ³)	63,2	42,68	7,6
	Materiál	Aquion Qubic	Aquion ELWAblok	Aquion ELWAblok
	Drsnost	0,03	0,03	0,03
	Rozměr (m)	13,2x8,4x0,6	7,8x4,8x1,2	5x2x0,8

Tab. 5.3.30.: Parametry akumulačních nádrží

Celková délka kanalizace (m)	975					
Parametry stok	Označení stoky	C1	C1-1	C1-2	C2	C3
	Délka (m)	371,4	61	46,2	200,3	89,6
	Materiál a DN	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC
	Drsnos	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
	DN	300	250	250	250	250
Počet šachet	27					
Sklon úseků	0-10 %					

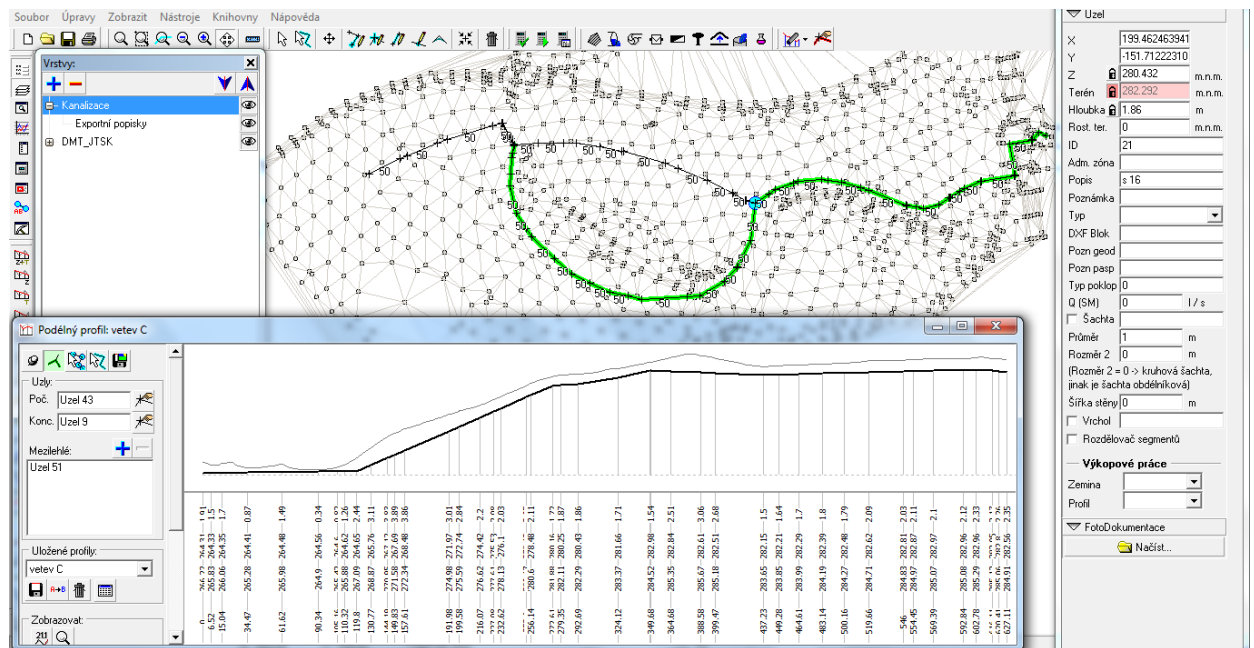
5.3.31. Parametry dešťové kanalizace

Sestavení simulačního modelu

Pro simulaci chování dešťové kanalizační sítě je potřeba využít metod a prostředků, které budou výpočetně a technicky schopné zpracovat tuto problematiku. Pro tuto diplomovou práci byl využit software SiteFlow, věrohodně simulující chování trubních systémů. K výpočtům dešťové kanalizace používá mezinárodně respektované výpočetní jádro SWMM (Storm Water Management Model). SWMM je dynamický, srážko–odtokový simulační model, počítající simulace množství odtoku, a také modely kvality vody, zejména v urbanizovaných území (AQUION, 2010).

Tvorba modelu kanalizace

V prvním kroku tvorby simulačního modelu bylo nutné načíst kanalizační síť v prostředí SiteFlow. Jako podklad nám sloužily geodetická data, která poskytla Ještědská stavební společnost spol. s r.o. Nejprve byla do programu SiteFlow přenesena vrstva dešťové kanalizace spolu s polohopisným zaměřením nadmořských výšek. Z informace o nadmořských výškách byl vytvořen digitální model terénu. Do modelu byly dále zaneseny informace o šachtách, respektive o hloubce jejich uložení pod terénem. Tyto informace bylo možné zjistit z podélných profilů kanalizačních stok projektu Ještědské stavební společnosti, s.r.o. Chybějící výškové údaje byly interpolovány prostřednictvím projekčních nástrojů v programu SiteFlow. Postupným definováním parametrů vznikla trojrozměrná síť dešťové kanalice.



Obr. 5.3.32.: Zobrazení větve kanalizace C a jejího podélného profilu v programu SiteFlow

Tvorba povodíček

Po vytvoření kanalizační sítě bylo nutné vytvořit objekty, které by simulovaly plošnou reakci povodí obsahující zastavěné plochy, na srážkovou událost. Povodí bylo rozděleno na ...xy. odvodňovaných ploch, tzv. povodíček. Tato povodíčka kopírovala parcely určené pro zástavbu, plochy bez navržené parcelace, nebo plochy silnice tak, aby každé povodíčko bylo napojeno (odvodněno) do kanalizační šachty, nebo vpustě.

Plochy pro výpočty v SiteFlow byly připraveny v programu AutoCAD. V programu autocad byla vytvořena vrstva linií kopírující parcely a komunikace. Z těchto linií vzniknou v programu siteflow po importu polygony, které budou následně blíže definované.

Tvar povodíčka

Tvar povodíčka byl určen pomocí metody střech Tato metoda je standardně používána pro vytvoření struktury povodí v urbanizované lokalitě. Pro určení tvaru povodíček byl použit jako podklad výše zmíněný výkres kanalizace zpracovaný v programu AutoCAD. Povodíčka jsou zaústěna do příslušné šachty kanalizace. Pro každé povodíčko byl definován parametr šířka, plocha, sklon a procento propustných ploch v povodíčku. Tyto parametry vycházely z hodnot pro každý polygon (plocha parcely nebo komunikace), který povodíčku přísluší.

Šířka povodíčka

Šířka polygonů byla změřena v programu siteflow vytvořením nové sítě úseček, u kterých byla následně zobrazena délka. Jedná se o hodnotu měřenou kolmo na spádnici.

Plocha povodíčka

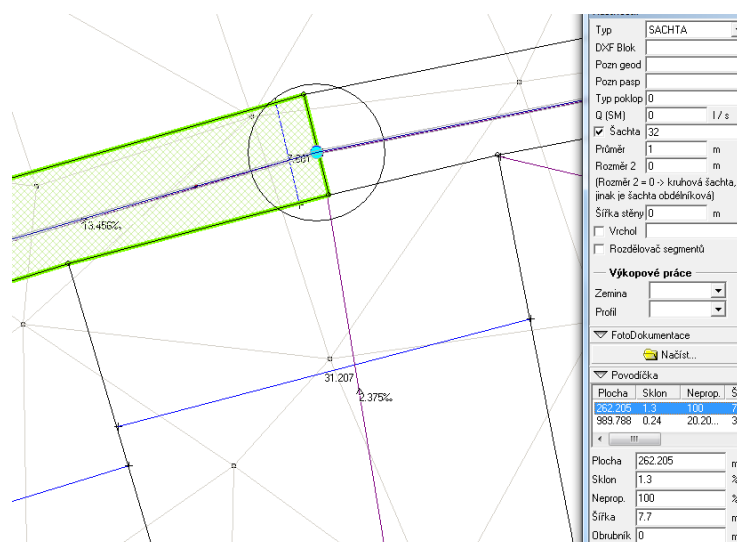
Plocha povodíček byla vypočtena pro daný polygon v programu siteflow automaticky

Sklony povodíčka

Sklony pro jednotlivé plochy jsme získali z digitálního modelu terénu, vygenerovaného z vrstvy obsahující body se zaměřenou nadmořskou výškou. Modul DMT je integrovaná součást softwaru SiteFlow.

Hodnoty sklonu povodí byly získány graficky ve směru předpokládaného toku vody po povrchu polygonu. Hodnota sklonu byla měřena podobně jako šířka, vytvořením nové vrstvy linií. Sklon byl měřen po spádnicí daného polygonu s ukončením v nejhodnější blízké šachtě.

Pro polygony kde byl zaznamenán záporný sklon, byl tento sklon předefinován na minimální sklon 4 ‰. Důvodem je současný zaměřený stav povrchu lokality, který bude při výstavbě upraven tak, aby docházelo k žádoucímu odtoku vody do šachet. Vrstva linií zobrazujících velikost sklonu polygonů byla nakonec propojena s vrstvou DMT.



Obr. 5.3.33: Ukázka zápisu parametrů povodíčka části komunikace, ústícího do šachty č. 32

Propustnost

Parametr procento propustných ploch byl vytvořen podle zvolených kritérií, která vycházela z plánu ještědské stavební společnosti. Dle tohoto plánu rozložení a plocha staveb byly odvozeny přibližné hodnoty zastavěných ploch. V plánu jsou zobrazeny tři typy rozložení nemovitostí. Stavby s největší plochou se nacházejí v severní části lokality, v jižní části jsou naopak domy s nejmenší rozlohou. Na západě se nacházejí tři parcely s návrhem domů ve střední velikosti zastavěné plochy.

Konkrétní velikosti zastavěných ploch byly definovány následovně:

- Severní část 250 m²
- Jižní část 150 m²
- Západní část 200 m²

Výpočet procentuálního zastoupení nepropustných ploch byl vypočten jednoduchým výpočtem jako podíl zastavěné plochy ku ploše povodíčka, s převodem na procentuální vyjádření. Pro povodíčka, která definují polygon silnice, byl zvolen parametr nepropustnosti v hodnotě 100%. Parametry byly ručně doplněny do vlastností povodíček.

Tabulka s podrobnými parametry propustnosti pro každý polygon je zobrazena v příloze 6.1..

Návrhové deště

Pro návrhové účely jsme použili standardně používané intenzity krátkodobých dešťů dle Trupla (*Trupl, 1958*). Trupl zpracoval ombrografické záznamy z 98 stanic v povodích Labe, Odry a Moravy a poskytl tak důležité vstupní podklady pro stanovení odtoku z malých povodí v urbanizovaných zónách. Krátkodobé deště s vysokou intenzitou mají většinou nejničivější charakter, a je proto potřeba dimenzovat stokovou síť právě podle těchto podkladů. Bohužel ČHMÚ od dob vydání těchto tabulek nevydal žádnou další příručku, kterou by bylo možné použít v inženýrské praxi.

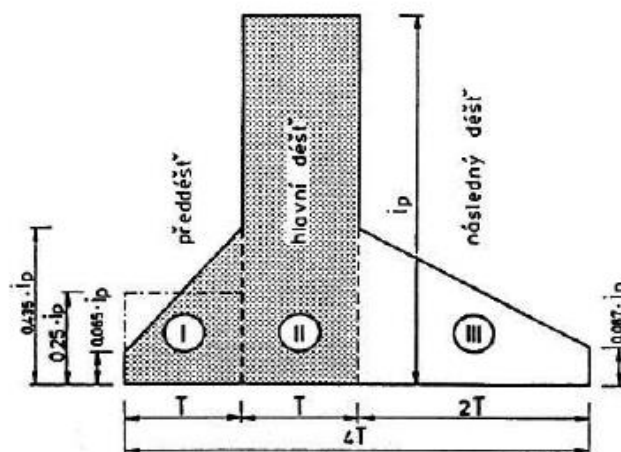
Pro zkoumanou lokalitu byly použity hodnoty intenzit 15 minutového tabulkového deště naměřená ve srážkoměrné stanici ČHMÚ stanici Mimoň. Intenzita deště v hodnotách litr za sekundu byla při periodicitě 2., 5. a 10. leté srážky upravena na blokový syntetický model deště dle Šifaldy.

Šifaldův syntetický model deště

Syntetické hyetogramy dobře charakterizují rozložení deště v čase. Šifalda sestrojil na základě náhradních sestupných řad modelový dešť, který má trojúhelníkový tvar a který lépe odpovídá průběhu reálného deště. Tato metoda je jednou z nejpoužívanějších metod pro stanovení syntetického deště, jako vstupní hodnoty pro výpočtové simulační modely (*Šifalda, 1973*).

Děšť je rozdělená na tři části:

- Předdešť
- Hlavní dešť
- Následný dešť



Obr. 5.3.34. Transformace srážkové intenzity dle Trupla do návrhového deště dle Šifaldy

Návrhový dešť	Periodicita	Intenzita
N-letost	1/rok	l.s-1.ha-1
2	0,5	148
5	0,2	187
10	0,1	217
20	0,05	247
30	0,033	265

Tab. 5.3.35.: Vstupní hodnoty : Intenzity návrhových dešťů dle Trupla ve srážkoměrné stanici Mimoň

Čas/Periodicita deště (1/rok)	0,5	0,2	0,1
Návrhový dešť – N-letost	2	5	10
0:00:00	0,00	0,00	0,00
0:00:01	7,99	10,10	11,72
0:03:45	53,28	67,32	78,12
0:03:46	122,54	154,84	179,68
0:07:29	122,54	154,84	179,68
0:07:30	53,28	67,32	78,12
0:14:59	10,66	13,46	15,62
0:15:00	0,00	0,00	0,00

Tab. 5.3.36.: Výsledné syntetické návrhové deště dle Šifaldy (mm/hod)

Parametry infiltrace

Hlavní činitel pro výpočet povrchového odtoku je hodnota infiltrace. Pro její výpočet je nutno v programu definovat parametry dle konkrétních podmínek lokality. Jedná se o parametry uvedené v tabulce 5.7. Pro výpočet hodnoty odtoku kanalizační sítě je nutné definovat obecné parametry infiltrace, a parametry Hortonovy infiltrace.

Infiltrace - obecné		
n-Imp	0,2	
n-Perv	0,02	
s-Imp	4	mm
s-Perv	8	mm
Bez inf.	20	%
Infiltrace - Horton		
Max	50	mm / hod
Min	15	mm / hod
Pokles	0,001	1 / hod
Schnutí	5	dni
Objem	0	mm

Tab. 5.3.37.: Parametry infiltrace ve výpočtu programu Siteflow

Parametry výpočtu - Infiltrace - obecné:

Velikost obecné infiltrace povodí závisí zejména na drsnosti povrchu zkoumané lokality a na hodnotě počáteční retence. Hodnota těchto parametrů byla pro model zvolena dle metodiky ASCE.

- Hodnota n-Imp: drsnost nepropustných ploch dle Manninga
- Hodnota n-Perv: drsnost propustných ploch dle Manninga

Manningův součinitel n pro land use		
Asfalt:	0,011	Smooth Asphalt
Dlažba:	0,014	Brick with cement mortar
Tráva:	0,24	Grass dense

Tab. 5.3.38.: Vstupní Hodnoty n odvozené z tabulky Manningových drsnostních součinitelů (McCuen, R. et al., 1996).

- Hodnota s-Imp: počáteční retence nepropustných ploch
- Hodnota s-Perv: počáteční retence propustných ploch

Počáteční retence - průměrné hodnoty	(1palec = 2,5 cm)	
Nepropustná plocha	0,075 palců	1,875 mm
Pastvina	0,20 palců	7,5 mm

Tab. 5.3.39.: Vstupní hodnoty počáteční retence byly zvoleny dle metodiky ASCE (ASCE 1992).

- Hodnota Bez. Inf.: počet nepropustných ploch bez počáteční retence. Tento parametr byl odhadnut dle klimatických podmínek České republiky na hodnotu 20%.

Parametry výpočtu - Infiltrace – Horton:

Parametry infiltrace dle Hortona byly odvozeny z manuálu pro výpočetní jádro programu SiteFlow SWMM. (Lewis A. Rossman et al., 2010).

- Maximální infiltrované množství

Hodnota tohoto koeficientu byla zvolena s ohledem na pedologii lokality, která poukazuje na přítomnost půd hlinitých, místy jílovitých, středně vlhkých.

Maximální infiltrované množství	Suché půdy s minimem vegetace	Půda písčité	5 in/hr	127 mm/hr
		Půda hlinitá	3 in/hr	76,2
		Půda jílovitá	1 in/hr	25,4
	Suché půdy s hustou vegetací	Půda písčité	10 in/hr	254
		Půda hlinitá	6 in/hr	152,4
		Půda jílovitá	2 in/hr	50,8
	Vlhké půdy	Půda písčité	7,5-15 in/hr	190,5-381
		Půda hlinitá	4,5-9 in/hr	114,3-228,6
		Půda jílovitá	1,5-3 in/hr	38,1-76,2

Tab. 5.3.40.: Vstupní parametry pro stanovení maximálního infiltrovaného množství

Odhadnutá hodnota maximálního infiltrovaného množství Mn:

Maximální infiltrované množství	Mn (mm/hr)	100
--	-------------------	------------

- Minimální infiltrované množství

Tuto hodnotu lze definovat také jako minimální rychlost infiltrace, nebo nasycenou hydraulickou vodivost. Hodnoty těchto parametrů jsou popsány blíže například v metodice profesora Janečka (Janeček et. al., ...), která vychází z práce NRSC, Urban hydrology for small watersheds (NRSC, 1986). Skupiny půd se zde dělí dle hydrologických vlastností do čtyř hlavních skupin A,B,C,D, pro něž je definováno rozmezí rychlosti infiltrace jim vlastní.

Hodnota minimální rychlosti infiltrace je také jeden ze tří hlavních parametrů pro stanovení hodnot CN křivek. Touto problematikou se zabývá kapitola 5.3.2.3.

Hodnota byla vypočtena pro Půdní skupinu B, která je definována rychlostí infiltrace mezi 0,06 až 0,12 milimetry za minutu. Jelikož nebyly vlastnosti půdy v lokalitě podrobně specifikovány, byla zvolena průměrná hodnota 0,09 mm/min. Tato konstanta byla převedena na milimetry za hodinu.

Minimální infiltrované množství	K (mm/hr)	0,0015
--	------------------	---------------

- Konstanta poklesu

Hodnota konstanty poklesu určuje rychlost poklesu hortonovy křivky. Velikost byla zvolena s ohledem na uživatelská manuál SWMM. Pro druh výpočtu, kdy není konstanta známá, je zde definována hodnota poklesu 4,14. Výsledná hodnota je vypočtena jako poměrná část časového údaje v hodinách z celku. (Lewis A. Rossman et al., 2010).

Konstanta poklesu	(1/hr)	0,242
--------------------------	---------------	--------------

- Schnutí (dny)

Hodnota konstanty schnutí je definována jako čas ve dnech od plného nasycení až po plného vyschnutí. Konstanta byla zvolena dle metodiky SWMM, která určuje rozmezí hodnot dle typu půd 2-14 dní. S ohledem na hlinitý půdní druh byla zvolena dle rozptylu hodnota 9.

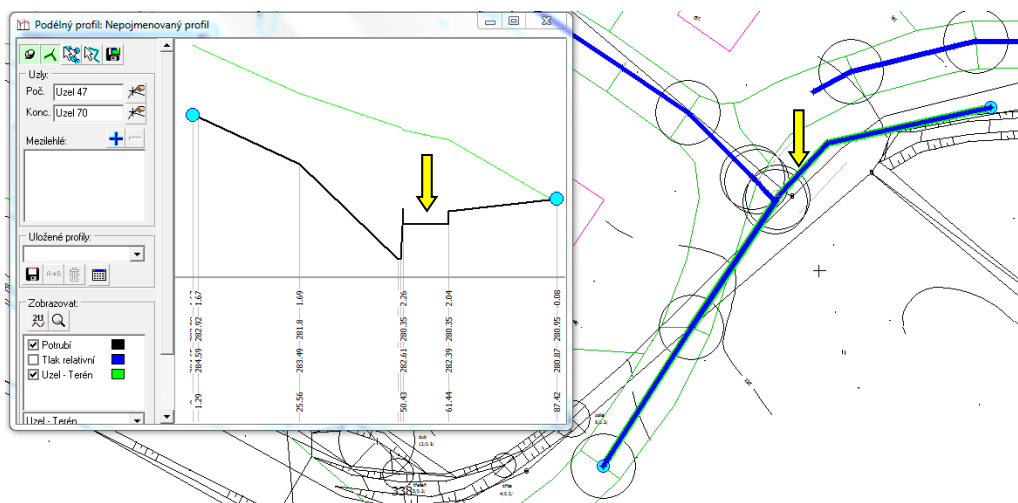
Schnutí (dny)	9
----------------------	----------

- Maximální infiltrovaný objem (mm)

Hodnota je definována jako objem infiltrace, který je možný odhadnout z rozdílu mezi pórovitostí půdy a bodem vadnutí. Pro výpočet byla hodnota zanedbána.

Varianta akumulčních nádrží

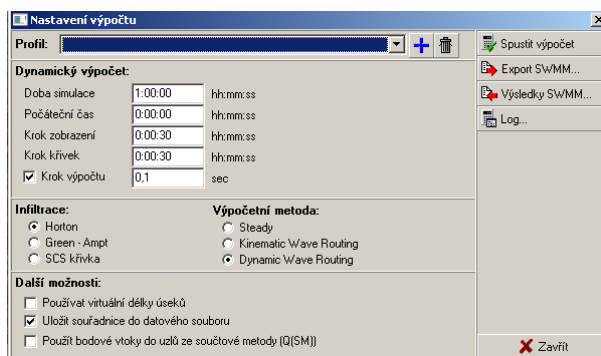
Pro variantu obsahující akumulční nádrže byla převzata již hotová kanalizační síť, byly pouze změněny parametry výškového uložení. Ty byly odečteny z podélných profilů projektu nádrží. Z podélných profilů byly odečteny také přesné hodnoty uložení šachet a další parametry přídatných zařízení, jako jsou filtrační šachty, a zařízení pro separaci případné kontaminace dešťové vody ropnými látkami. Akumulční nádrže byly definovány zjednodušeně, jako obdélníkové potrubí, s reálnými rozměry z projektu. Části kanalizace, které varianta s nádržemi neobsahuje, byly smazány.



Obr. 5.3.41.: Podélný profil větve C1-2 obsahující vsakovací nádrž C1 (označena šipkou)

5.3.5 VÝSLEDKY – VARIANTA 1 – VZDÁLENÝ RECIPIENT

Vytvořená kanalizační síť byla posuzována na základě návrhových dešťů s periodicitou 2,5 a 10 let a s použitím výše uvedených infiltračních parametrů. Pro nastavení výpočtu bylo nutné dále definovat dynamické charakteristiky modelu. Doba simulace byla zvolena s přihlédnutím ke krátké době trvání deště na 1 hodinu. Krok zobrazení byl pro lepší viditelnost průběhu simulace zvolen 30 sekund.



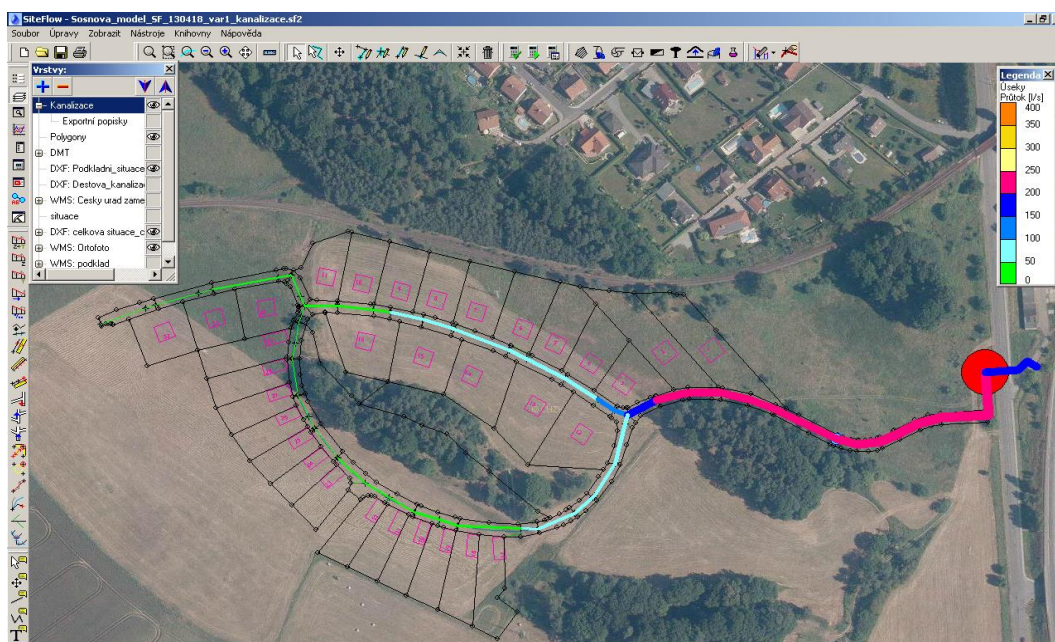
Obr. 5.3.42.: Nastavení dynamických parametrů výpočtu

Vliv zatěžovacích srážek je zobrazen v obrázcích 5.x až 5.y.,. Zde je pro každou srážku zobrazen největší průtok kanalizací, úseky kde dochází v síti k tlakovému proudění a místa výtoku na povrch. Úseky kanalizace, kde nastává tlakové proudění, je zobrazeno silnou modrou čarou, místa výtoku na povrch červeným kolečkem. Hodnoty o průtocích v šachtách a úsecích modelu byly z programu SiteFlow exportovány ve formátu xls.

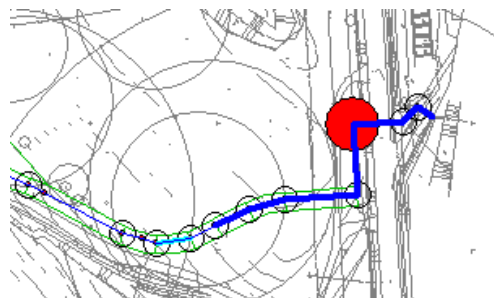
2-leta srážka

Vliv zatěžovací dvouleté srážky je zobrazen na obrázcích 5.3.43 až 5.3.45. Na obrázku 5.3.43 je zobrazen největší průtok kanalizací, který nastává v 10. minutě deště. Na obrázku 5.3.44. můžeme vidět úseky, na kterých dochází v síti k tlakovému proudění a místa výtoku na povrch. Výsledné parametry kulminačního průtoku a celkového odtoku jsou popsány v tabulce 5.3.46. Výsledný objem odtoku byl odvozen z průběhu hydrogramu odtoku.

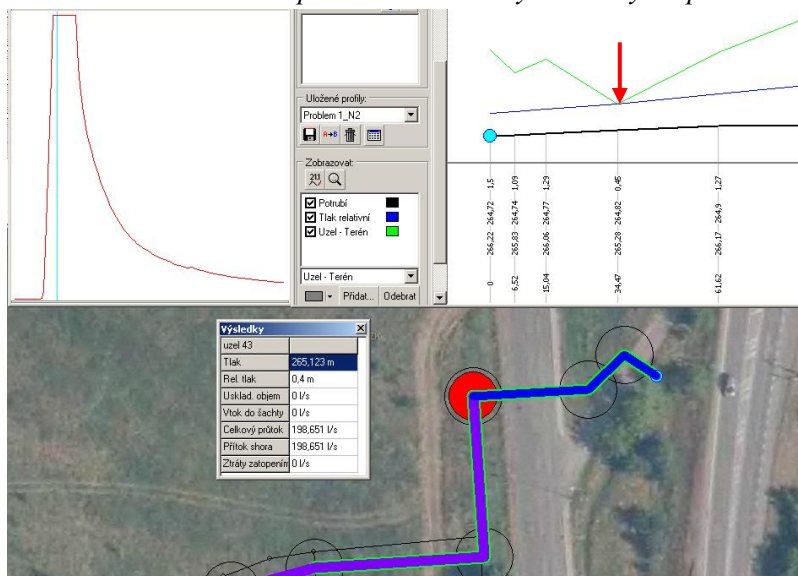
Parametry v tabulce obsahují hodnoty z místa, ve kterém dochází k výronu vody na povrch. Výtok na povrch nastal na jednom místě, a to v 9. až 11. minutě simulace. Při výtoku je na obrázku patrná změna křivky grafu hydraulického tlaku.



Obr. 5.3.43.: Největší průtok v kanalizaci (10.minuta 2-letá srážka)



Obr.5.3.44.: Tlakové proudění a místo výtoku vody na povrch



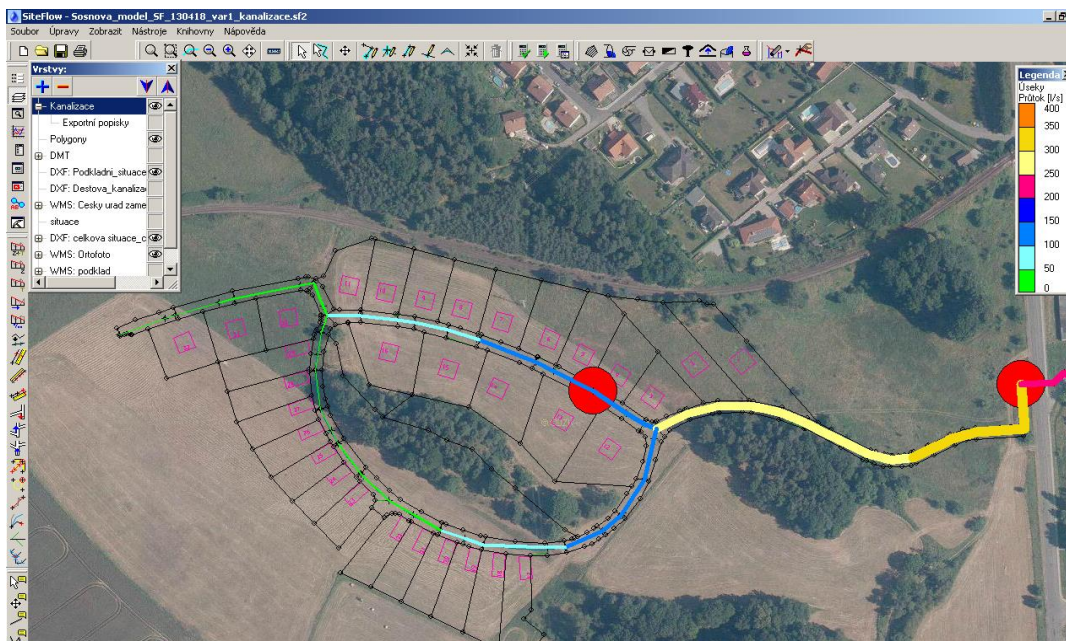
Obrázek 5.3.45.: Detail místa výtoku vody na povrch

Hodnoty odtoku a průtoku sítě	Doba trvání 15 minut	Doba trvání simulace 1 hodina
2-letá návrhová srážka	Kulminační průtok	Celkový odtok
	246,54 l/s	62 693 m³

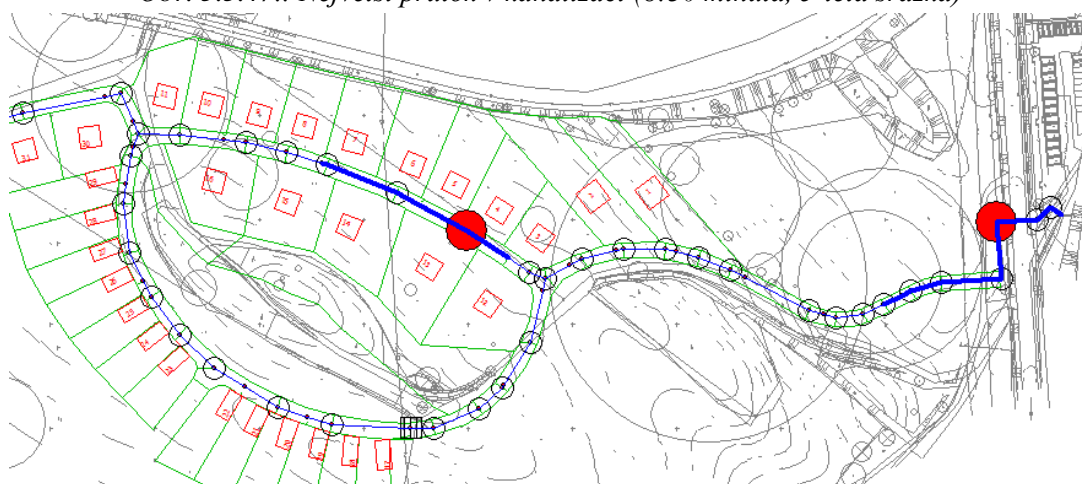
Tab. 5.3.46.: Výsledné hodnoty odtoku a průtoku sítě

5-letá srážka

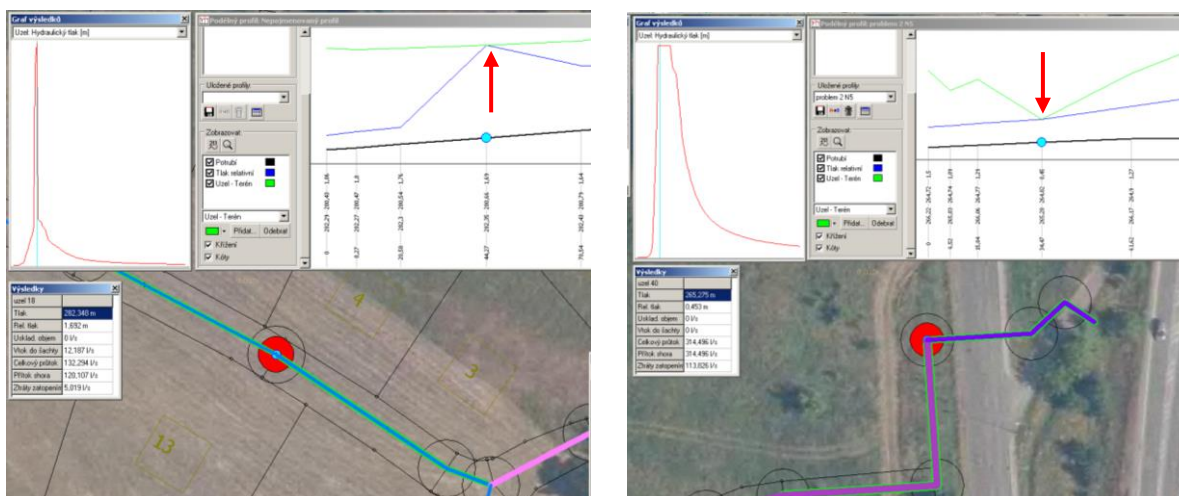
Ve variantě 5-leté srážky dochází k výtoku vody na povrch ve dvou místech (viz. obr. 5.3.48.). Zde jsou také modrou barvou zvýrazněny úseky, kde došlo k tlakovému proudění. Největší průtok kanalizací je znázorněn na obrázku 5.3.47. a nastává v čase 8:30 minut. Výsledné jsou popsány v tabulce 5.3.50..



Obr. 5.3.47.: Největší průtok v kanalizaci (8:30 minuta, 5-letá srážka)



Obr. 5.3.48: Tlakové proudění a místo výtoku vody na povrch



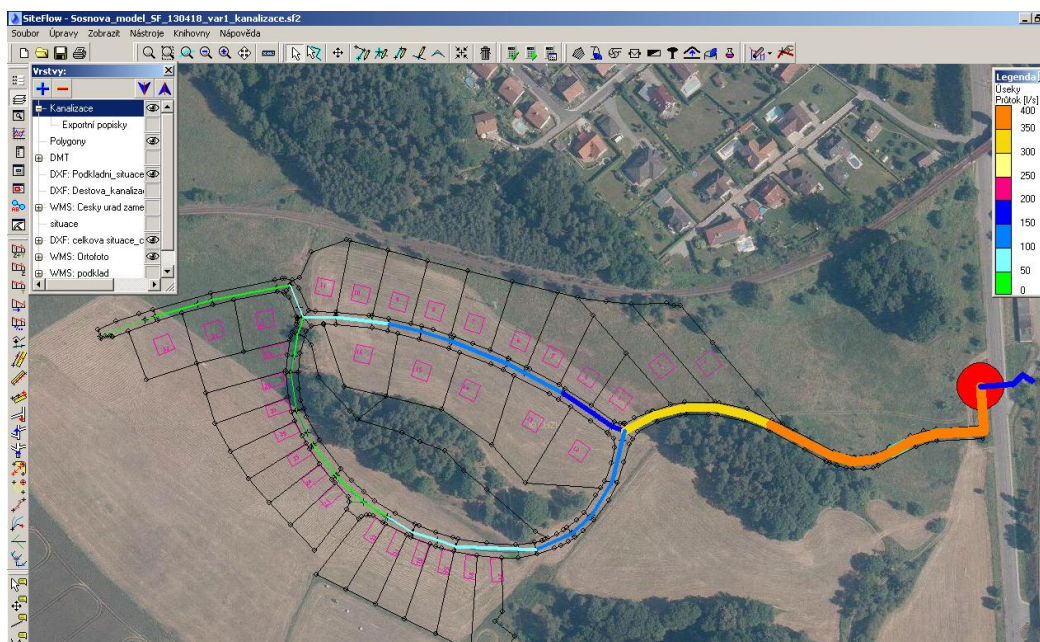
Obr. 5.3.49: Detail míst výtoku vody na povrch

Hodnoty odtoku sítí a průtoku	Doba trvání 15 minut	Doba trvání simulace 1 hodina
5-letá návrhová srážka	Kulminační průtok	Celkový odtok
	314,5 l/s	80 598 m³

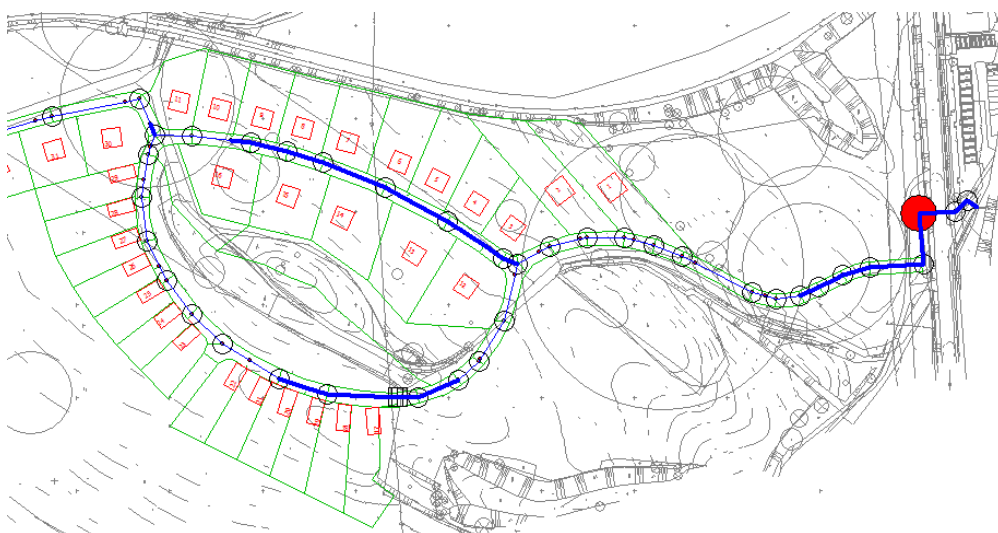
Tab. 5.3.50.: Výsledné hodnoty odtoku a průtoku sítí

10-letá srážka

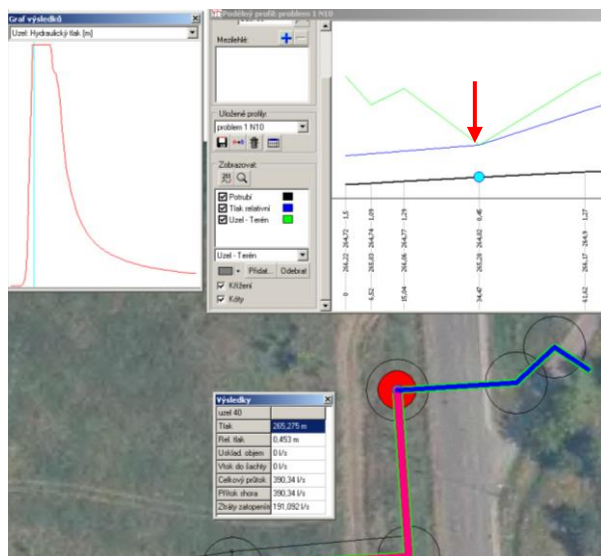
Při 10-leté srážce dochází k výtoku vody na povrch v koncové části kanalizace, jako v předchozích srážkových variantách. Největší průtok kanalizací nastává v 8 minutách modelu. Výsledné hodnoty jsou popsány v tabulce 5.3.54..



Obr. 5.3.51.: Největší průtok v kanalizaci (8. minuta, 10-letá srážka)



Obr. 5.3.52.: Tlakové proudění a místo výtoku vody na povrch



Obr. 5.3.53: Detail místa výtoku vody na povrch

Hodnoty průtoku a odtoku sítě	Doba trvání 15 minut	Doba trvání simulace 1 hodina
10-letá návrhová srážka	Kulminační průtok	Celkový odtok
	390,3 l/s	112 169 m³

Tab. 5.3.54.: Výsledné hodnoty odtoku a průtoku sítě

5.3.6 VÝSLEDKY – VARIANTA 2 - NÁDRŽE

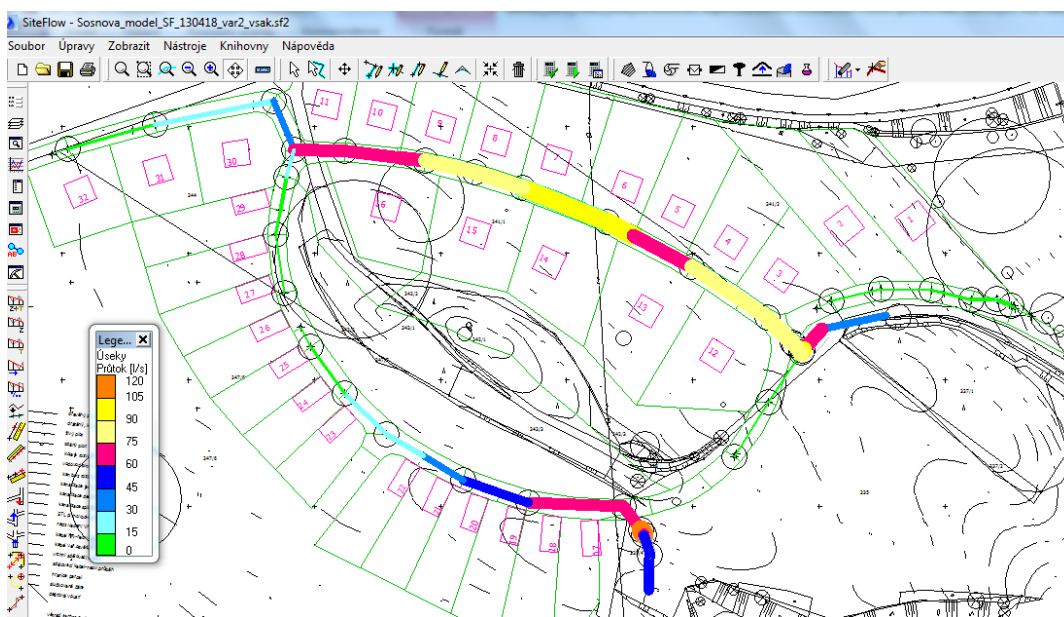
Vytvořená kanalizační síť byla posuzována podle stejných návrhových dešťů jako předchozí varianta, parametry výpočtu zůstaly také beze změn.

Odtok z povodí je při této variantě ve třech místech - v nádržích C1, C2 a C3. Pro každou srážku bude zobrazen největší průtok v nádržích C1 a C2. V nádrži C3 pobíhají malé průtoky do 15 l/s, proto nebude v detailu zobrazena. Dále budou zobrazeny úseky, kde dochází v síti k tlakovému proudění s místy výtoků na povrch. Úseky kanalizace, kde nastává tlakové proudění, je zobrazeno silnou modrou čarou, místa výtoků na povrch červeným kolečkem. Pro zjištění úrovně transformace kulminačního průtoku byly vyneseny hodnoty největšího kulminačního průtoku a odtoku v tomto časovém kroku, a dále průtoku a odtoku z koncových bodů kanalizace, tj. za navrženými nádržemi.

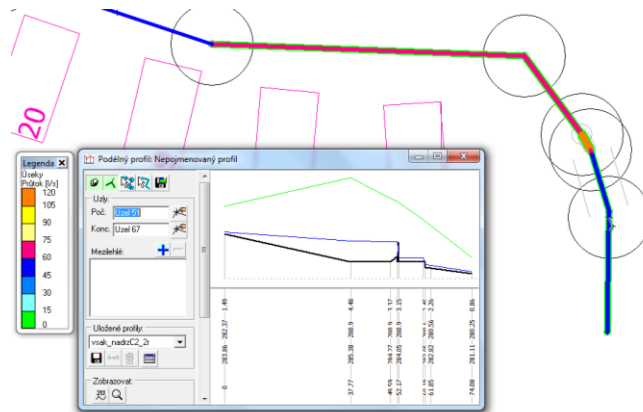
2-letá srážka

Vliv zatěžovací dvouleté srážky na soustavu je zobrazen na obrázcích 5.3.55 až 5.3.58. Na obrázku 5.3.56 je zobrazen největší průtok okolí nádrže C2, který nastává v čase 8:30. V nádrži C1 nastává kulminační průtok v čase 10:30. V tuto dobu také dochází na stejné větvi k výronu vody na povrch (obr. 5.3.57.).

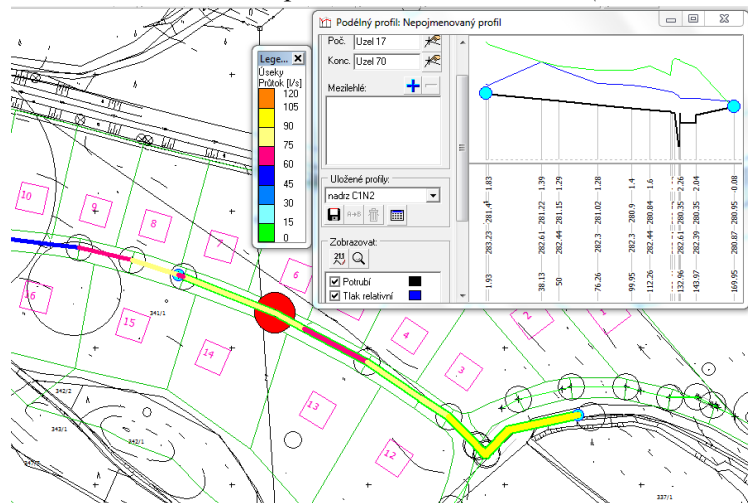
Na obrázku 5.3.58. jsou zobrazeny úseky, na kterých dochází k tlakovému proudění a výronu na povrch. Ten nastal ve dvou místech na větvi C1, a to v čase 9:30 a 10:30. Výsledné parametry kulminačního průtoku a celkového odtoku jsou popsány v tabulce 5.3.59..



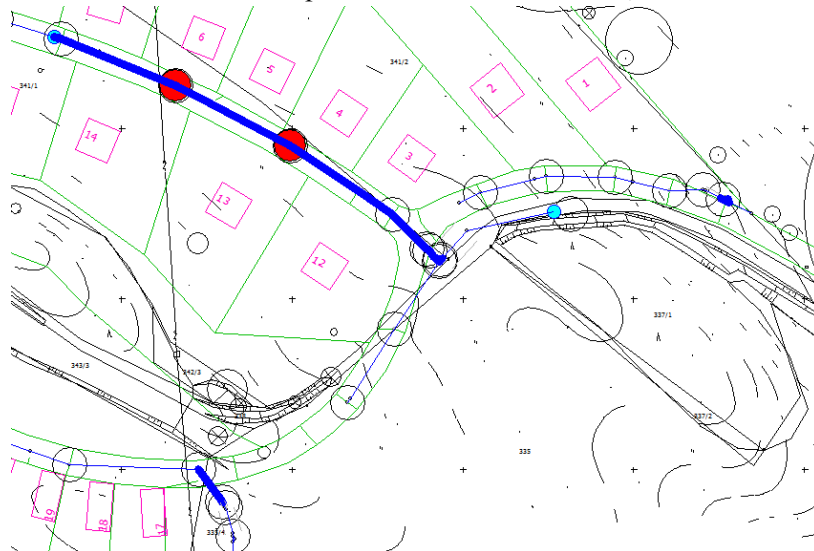
Obr. 5.3.55.: Zobrazení průtoku kanalizací při 2-leté srážce, v čase 8:30 min.



Obr. 5.3.56.: Zobrazení kulminační průtok v úseku nádrží C2 (8:30 minuta, 2-letá srážka)



Obr. 5.3.57.: Zobrazení kulminační průtoku v úseku nádrží C1 (8:30 minuta, 2-letá srážka)



Obr. 5.3.58.: Úseky ve kterých dochází k tlakovému proudění a místa výronu vody na povrch (9:30 min)

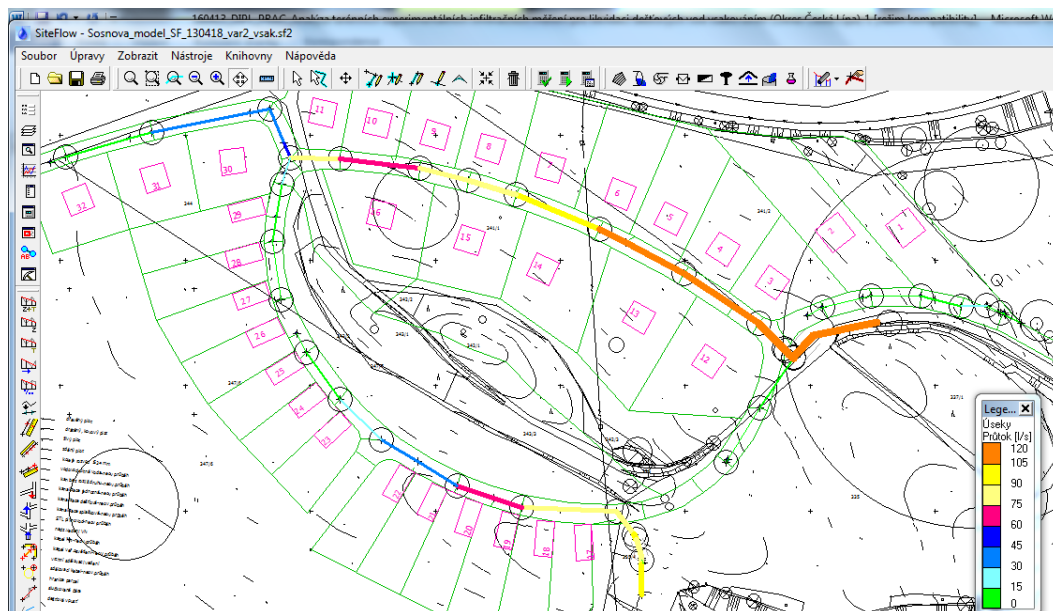
2-letá návrhová srážka	Doba trvání 15 minut	Doba trvání simulace 1 hodina
	Kulminační průtok	Celkový odtok
Výtok z nádrže C1	99 l/s	27 309,5 m ³
Výtok z nádrže C2	61,6 l/s	12 197,7 m ³
Výtok z nádrže C3	0,01 l/s	1,13 m ³
Největší hodnoty v síti:	110,8 l/s	32 348,3 m ³

Tab. 5.3.59. Výsledné hodnoty odtoku a průtoku z nádrží

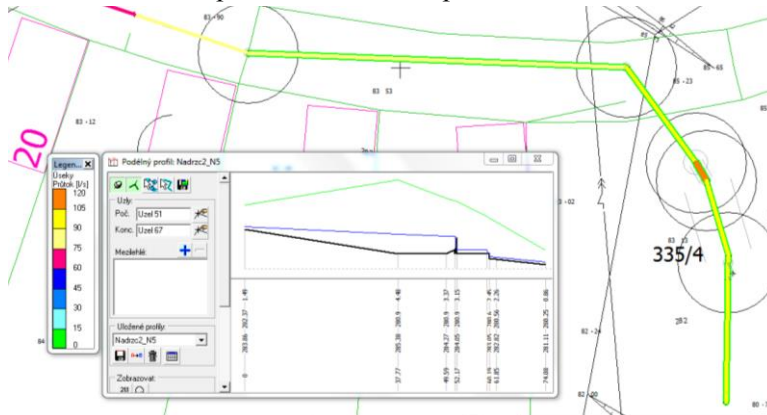
5-letá srážka

Výsledky modelu transformace 5-leté srážky můžeme vidět na obrázcích 5.3.60 až 5.3.63. Největší průtok v nádrži C2, který nastává v osmé minutě modelu. Ve vsakovací nádrži C1 nastává kulminační průtok v čase 9:00. K výronu vody ze sítě na povrch nedochází.

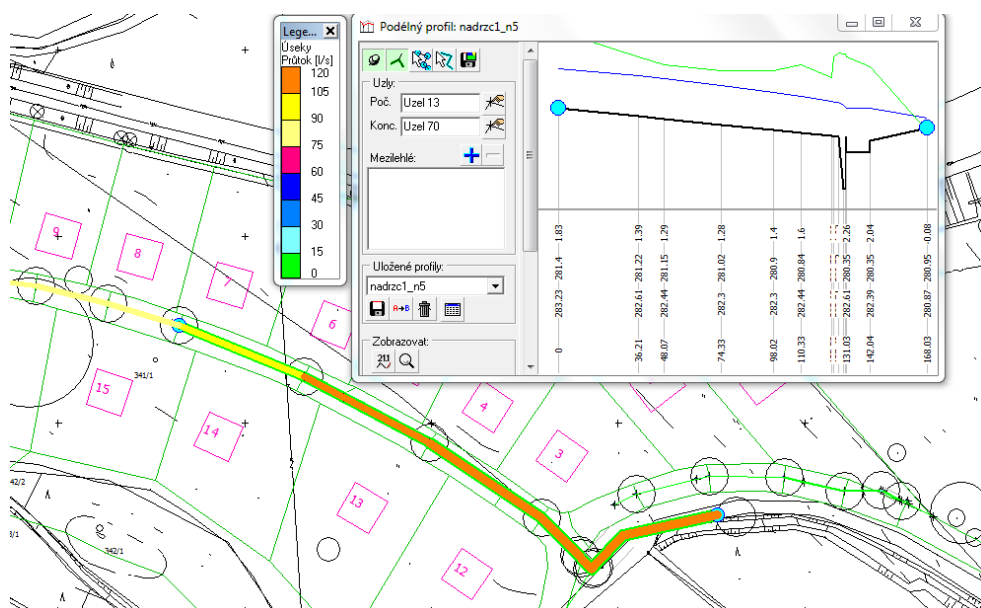
Výsledné parametry kulminačního průtoku a celkového odtoku jsou popsány v tabulce 5.3.64.



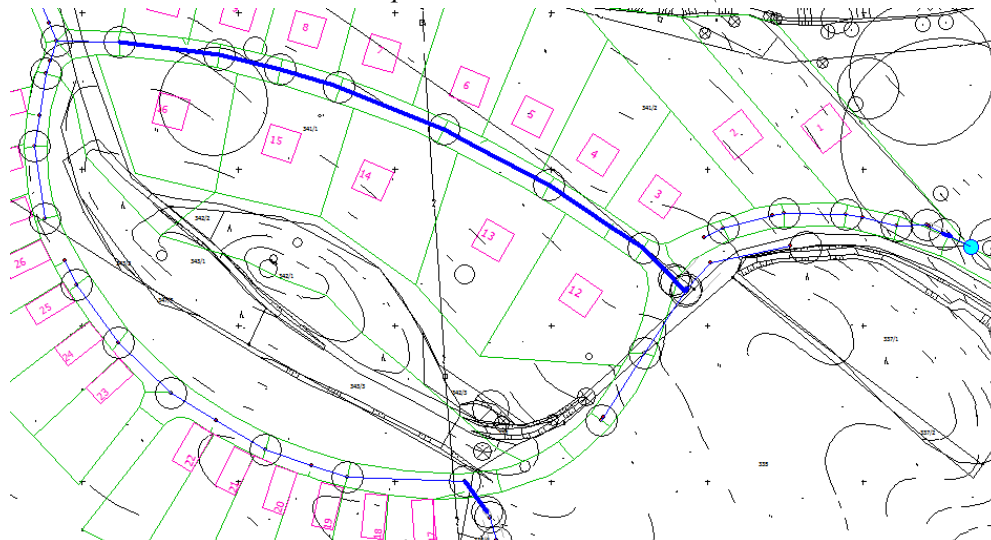
Obr. 5.3.60.: Zobrazení průtoku kanalizací při 5-leté srážce, v čase 8:30 min.



Obr. 5.3.61.: Zobrazení kulminační průtok v úseku nádrže C2 (8:00 minuta, 5-letá srážka)



Obr.5.3.62.: Zobrazení kulminační průtoku v úseku nádrže C1 (9:00 minuta, 5-letá srážka)



Obr. 5.3.63.: Úseky ve kterých dochází k tlakovému proudění pro 5-letou srážku

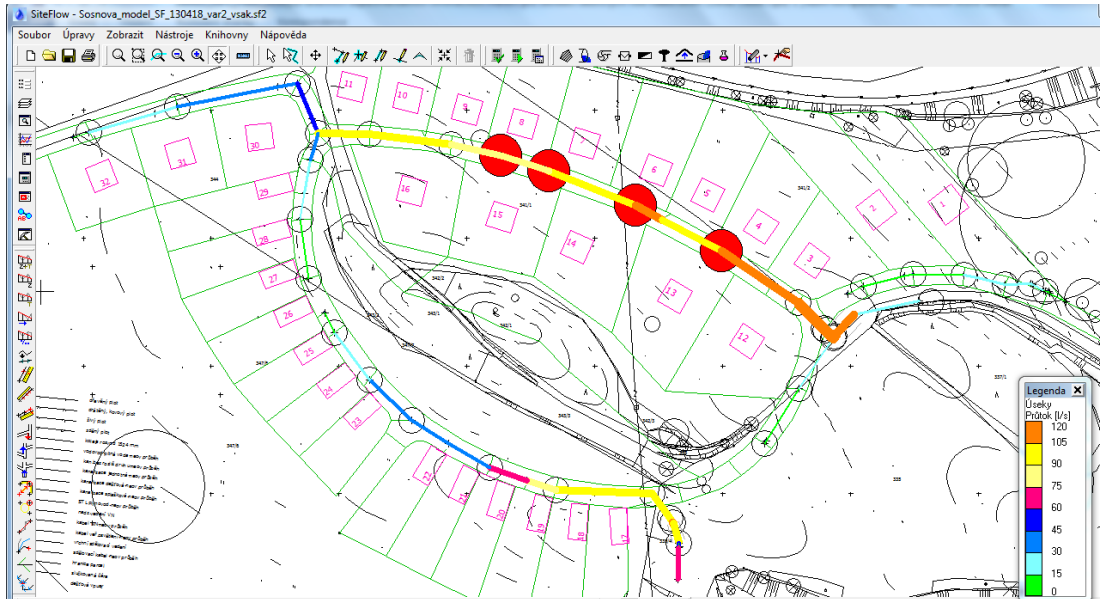
5-letá návrhová srážka	Doba trvání 15 minut	Doba trvání simulace 1 hodina
	Kulminační průtok	Celkový odtok
Výtok z nádrže C1	140,59 l/s	38 563,8 m ³
Výtok z nádrže C2	90,47 l/s	16 598,4 m ³
Výtok z nádrže C3	5,64 l/s	981,25 m ³
Největší hodnoty v síti:	144,5 l/s	43 399 m ³

Tab. 5.3.64.: Výsledné hodnoty odtoku a průtoku z nádrží

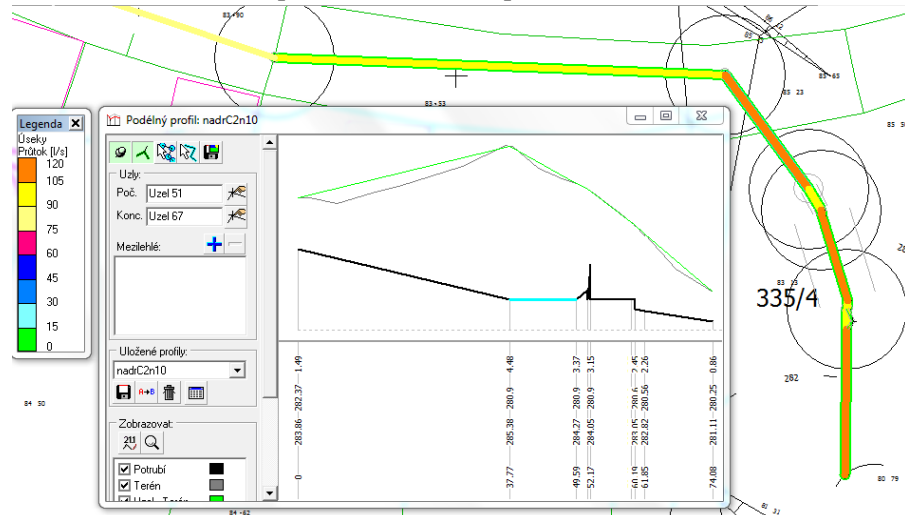
10-letá srážka

Vliv zatěžovací desetileté srážky je zobrazen na obrázcích 5.3.65 až 5.3.69. Na obrázku 5.3.66 je zobrazen největší průtok nádrže C2, který nastává v čase 7:30. V nádrži C1 je hodnota kulminačního průtoku největší v čase 10:30. V tuto dobu také dochází na stejné větvi k výronům vody na povrch.

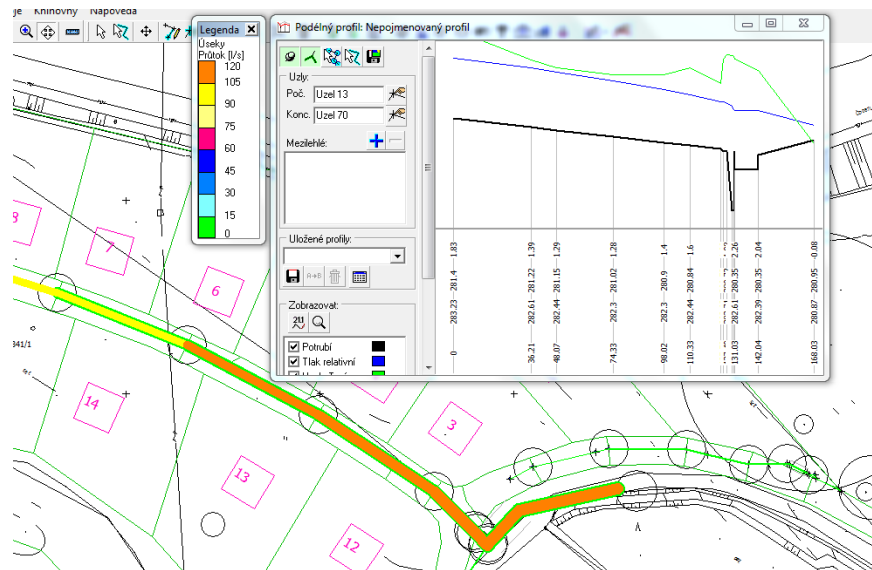
Na obrázku 5.3.68 jsou zobrazeny úseky, na kterých dochází k tlakovému proudění a výronu na povrch. Ten nastal ve čtyřech místech v sedmé minutě simulace. (viz. obr. 5.3.69.) Výsledné parametry kulminačního průtoku a celkového odtoku jsou popsány v tabulce 5.3.70..



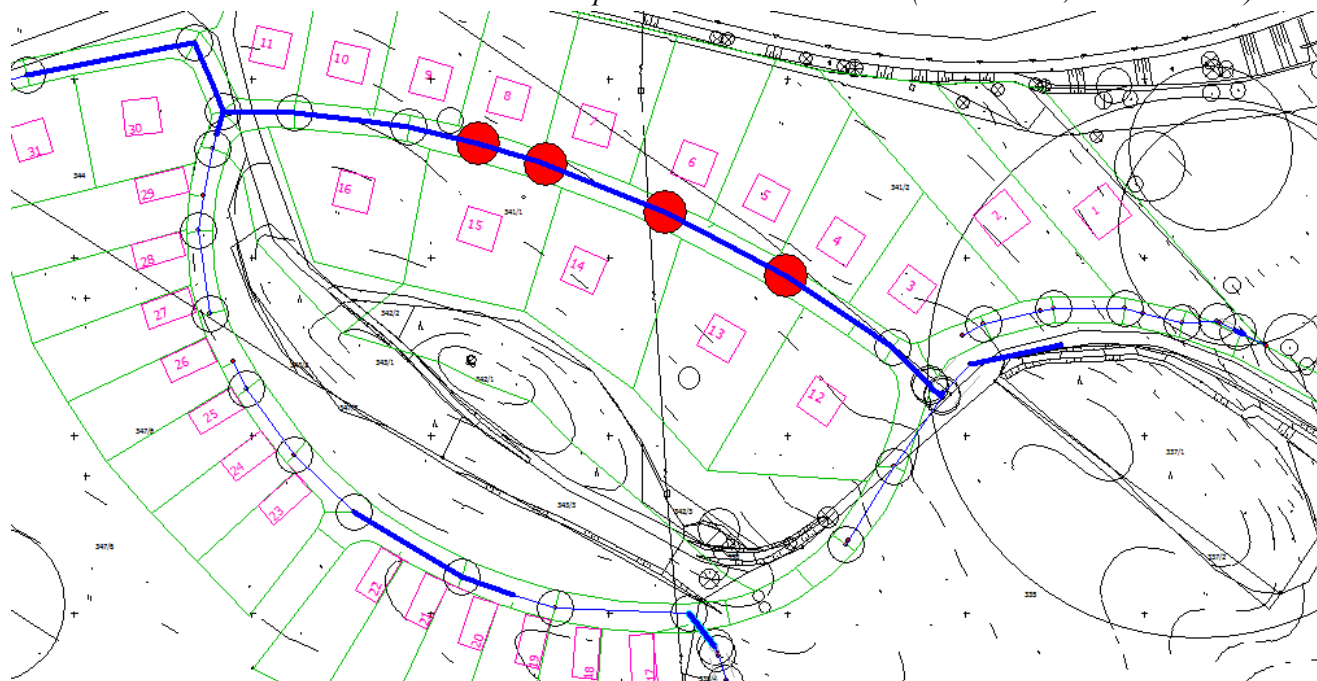
Obr. 5.3.65.: Zobrazení průtoku kanalizací při 10-leté srážce, v čase 7:00 min.



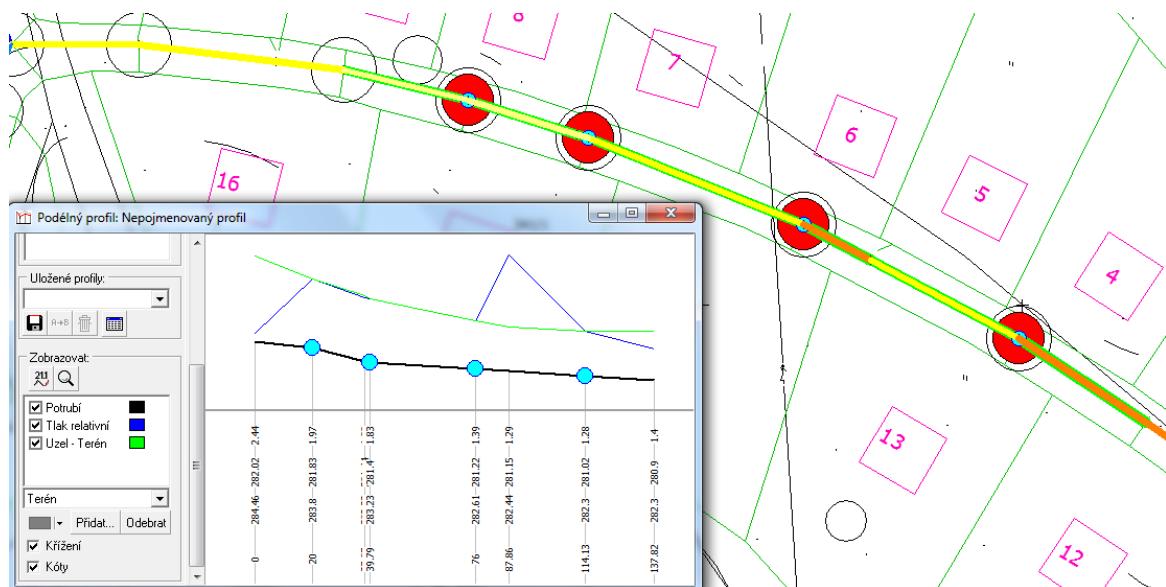
Obr. 5.3.66.: Zobrazení kulminačního průtoku v úseku nádrže C2 (7:30 minuta, 10-letá srážka)



Obr. 5.3.67.: Zobrazení kulminační průtoku v úseku nádrží C1 (9:30 minuta, 10-letá srážka)



Obr. 5.3.68.: Úseky ve kterých dochází k tlakovému proudění a místa výronu vody na povrch (7:00 min)



Obr. 5.3.69.: Detail místa výtoku vody na povrch

10-letá návrhová srážka	Doba trvání 15 minut	Doba trvání simulace 1 hodina
	Kulminační průtok	Celkový odtok
Výtok z nádrže C1	154,79 l/s	47 294,4 m ³
Výtok z nádrže C2	106,66 l/s	21 095,8 m ³
Výtok z nádrže C3	10,82 l/s	1 937,45 m ³
Největší hodnoty v síti:	182,35 l/s	51 248,7 m³

Tab. 5.3.70.: Výsledné hodnoty odtoku a průtoku z nádrží

6. VYHODNOCENÍ MODELOVÝCH ŘEŠENÍ PRO LOKALITU

6.1 Vyhodnocení MODELU 1

Hlavní hydrologické veličiny území byly získány sestavením hydrologického modelu. Tento model byl vytvořen jako soustava po sobě následujících kroků, vedoucích k výpočtu výsledné hodnoty kulminačního průtoku.

Nejprve byla z výšky srážkového úhrnu o dané N-letosti vypočtena s pomocí hodnoty CN křivky výška přímého odtoku a objem odtoku. Objem odtoku, získaný výpočtem metodou CN křivek byl použit jako kontrolní. Objem odtoku byl totiž odečten také z návrhového hydrogramu. Totožnost obou hodnot byl proto zpětnou kontrolou správnosti modelu. V našem modelu objem odtoku z výpočtu, i z návrhového hydrogramu, odpovídá.

Vstupní parametry výpočtu			
Hodnota maximálního srážkového úhrnu	50-letá srážka	48,9 mm	
	100-letá srážka	87,7 mm	
Doba trvání srážky		1 den	
% nepropustných ploch		6 %	

Tab. 6.1.1.: Hlavní vstupní parametry výpočtu – model 1

Výsledné hodnoty MODEL 1	Přírodní stav		Urbanizovaný stav	
	50-letá srážka	100-letá srážka	50-letá srážka	100-letá srážka
Výška přímého odtoku	22,9 mm	28,5 mm	24,9 mm	30,8 mm
Objem přímého odtoku	2383 m³	2970 m³	2596 m³	3209 m³
Hodnota kulminačního průtoku	435,07 l/s	544,01 l/s	475,13 l/s	588,9 l/s

Tab. 6.1.2.: Tabulka výsledných hydrologických hodnot lokality Sosnová

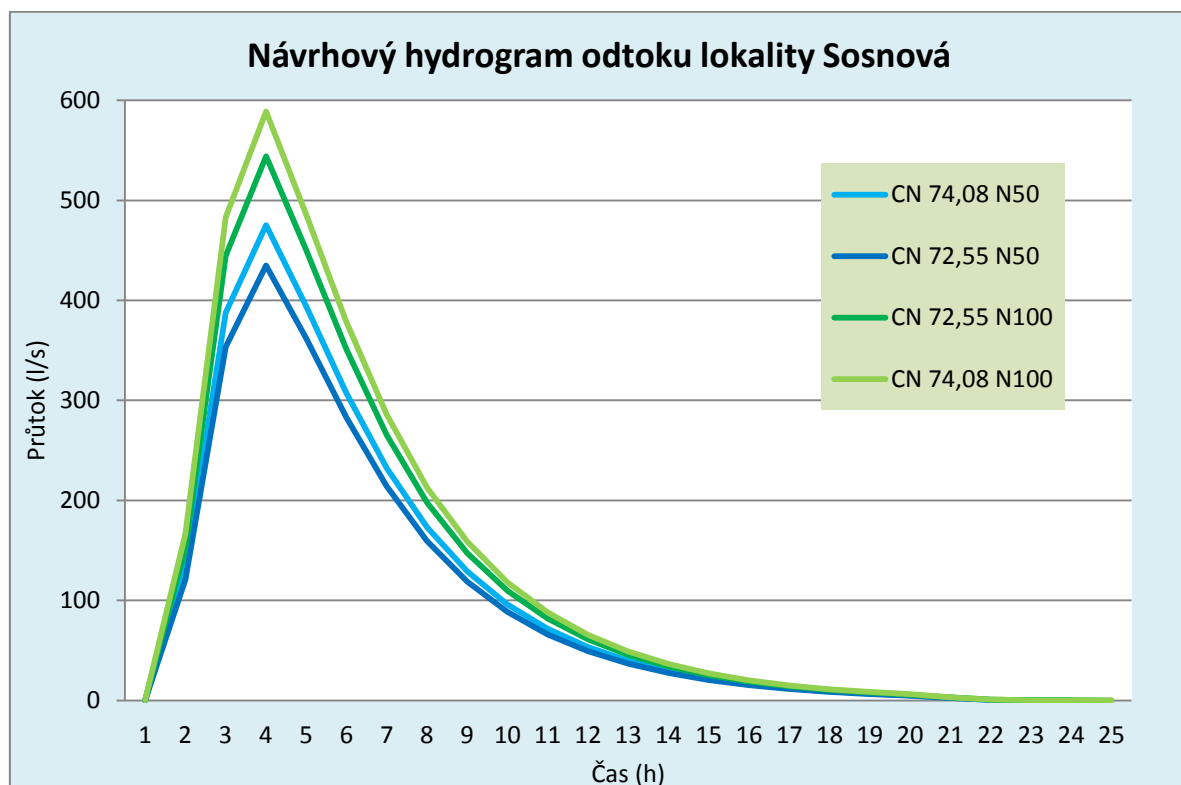
Dalším bodem výpočtu bylo získání rozdělní srážek návrhového hydrogramu. Jeho tvar byl odvozen z poměrných konstant jednotkového hydrogramu dle Kulasové (Kulasová et al., 2004). Tento soubor dat reprezentující rozdělení srážek hydrogramu pro 50-letou a 100-letou srážku, bylo transformováno na hydrogram odtoku, prostřednictvím programu LibHydro. Hodnoty rozdělení výšky odtoku z povodí vstoupily spolu s hodnotami doby koncentrace a transformačního faktoru povodí do modelu Clarkova jednotkového hydrogramu. Výpočet proběhl také pomocí programu LibHydro.

Rozdíly v objemu kulminačního průtoku jsou znázorněny na obrázku 6.1.3. Pro urbanizovaný stav je při 100-leté srážce kulminační průtok větší o 45 l/s, což je přibližně 8 % kulminace. Z tohoto důvodu lze hodnotit vliv změny krajinného pokryvu na odtokové poměry v této lokalitě jako minimální.

Jako důvody této relativní shody odtokových poměrů ve variantě před a po urbanizaci lze uvést dva důvody.

Jednou z příčin jsou parametry přírodního krajinného pokryvu v území. Orná půda podle současné metodiky stanovení odtokových CN křivek nemá o mnoho horší parametry z pohledu schopnosti zadržení vody v krajině, než nepropustná (urbanizovaná) plocha.

Další příčinou je malý podíl výměry zastavěných ploch budoucí výstavby vůči celku zkoumaného povodí.



Obr.6.1.3.: Souhrnný hydrogram odtoku pro lokalitu Sosnová

6.2 VYHODNOCENÍ MODELU 2

Hydraulický model v programu Siteflow umožnil výpočet mnoha parametrů kanalizační sítě.

Varianta řešení kanalizace centralizovaným odvodem dešťové vody jednou stokou do vzdáleného recipientu se ukázalo jako nevýhodné. V síti vznikají větší průtoky, než při řešení odvodu dešťových vod druhou variantou s akumulací nádržemi. Průtok ve východní části sítě, poblíž recipientu, vykazuje řádově dvojnásobné hodnoty kulminačního průtoku, než je součet kulminačních průtoků všech tří akumulčních nádrží. Konkrétní hodnoty průtoků oběma variantami sítě jsou zaznamenány v tabulce 6.2.2..

V obou variantách modelu dochází k výtoku na povrch a k tlakovému proudění vody v síti. Výron na povrch při první variantě lze přisoudit radikální změně sklonu kanalizace, která vzniká cca 130 metrů před zaústěním kanalizace do horské vpusti. To má za následek zpomalení odtoku a následné zvýšení hladiny v potrubí. Výron na povrch ve druhé variantě nastává v místech největšího namáhání sítě, před vtokem do nádrže retenční nádrže C1.

Při výpočtu velikosti celkového odtoku je patrný velký vliv procentuálního zastoupení zastavěných ploch. První řešený model vykazuje při 100-leté srážkové události při 6% nepropustných ploch výsledný odtok o hodnotě 3209 m³. Oproti tomu, výsledné výšky odtoku z modelované kanalizace při intenzitě odpovídající 2-10-leté srážce, dosahují hodnot řádově desetitisíců m³.

Vstupní parametry výpočtu		
Intenzita srážky	2-letá srážka	148 (l/s/ha)
	5-letá srážka	187 (l/s/ha)
	10-letá srážka	217 (l/s/ha)
Doba trvání srážky		15 minut
% nepropustných ploch		27 %

Tab. 6.2.1.: Hlavní vstupní parametry výpočtu – model 2

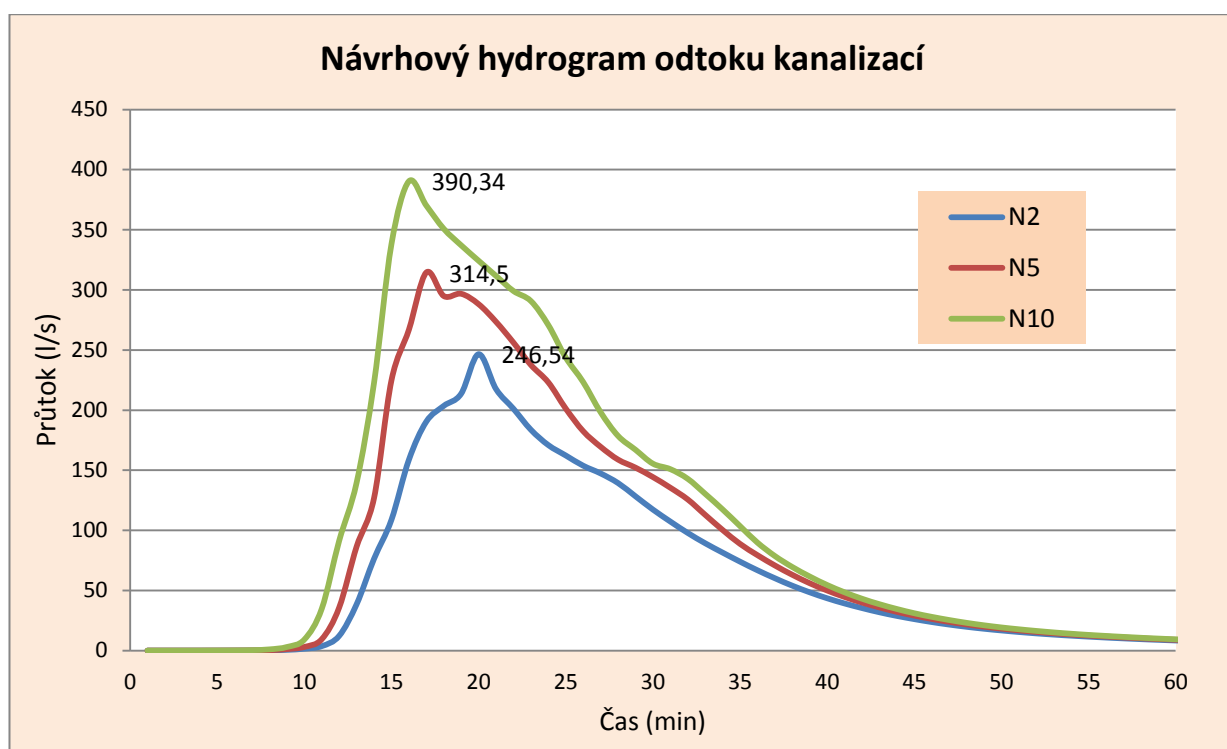
Výsledné hodnoty MODEL 2	N2	N5	N10	
Varianta – vzdálený recipient				
Kulminační průtok (l/s)	246,54	314,5	390,34	
Objem odtoku (m ³)	62 693	80 598	112 169	
Varianta - akumulční nádrže				
Kulminační průtok (l/s)	C1	99	140,6	154,8
	C2	61,61	90,47	106,66
	C3	0,0095	5,64	10,82
	suma	160,62	236,71	272,28
Objem odtoku (m ³)	C1	27 309,5	38 563,8	47 294,4
	C2	12 197,7	16 598,4	21 095,8
	C3	1,13	981,25	1 937,45
	suma	35 508,3	56 143,5	70 327,7

Tab. 6.2.2.: Tabulka výsledných hydrologických hodnot 2 variant kanalizace lokality Sosnová

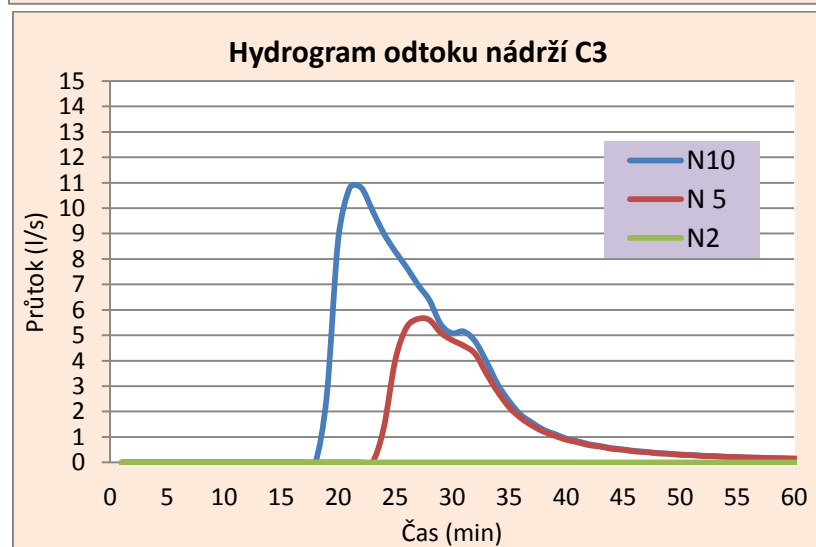
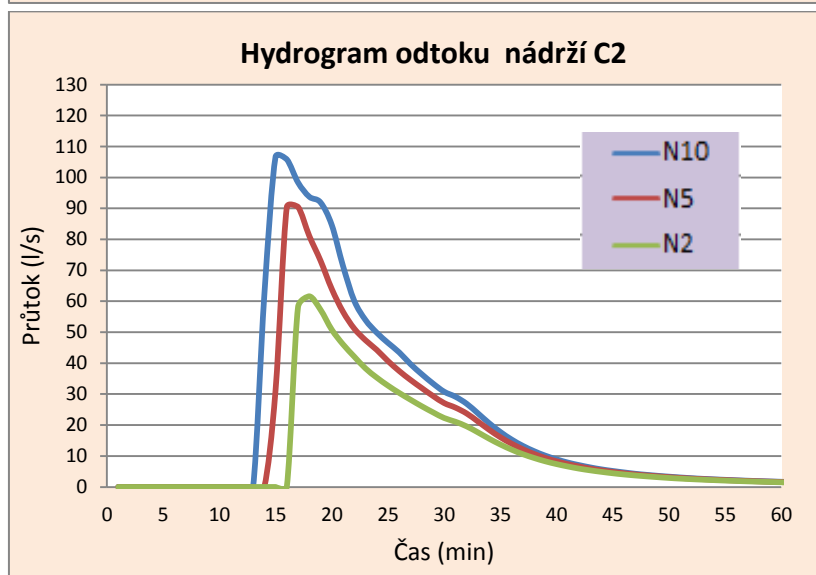
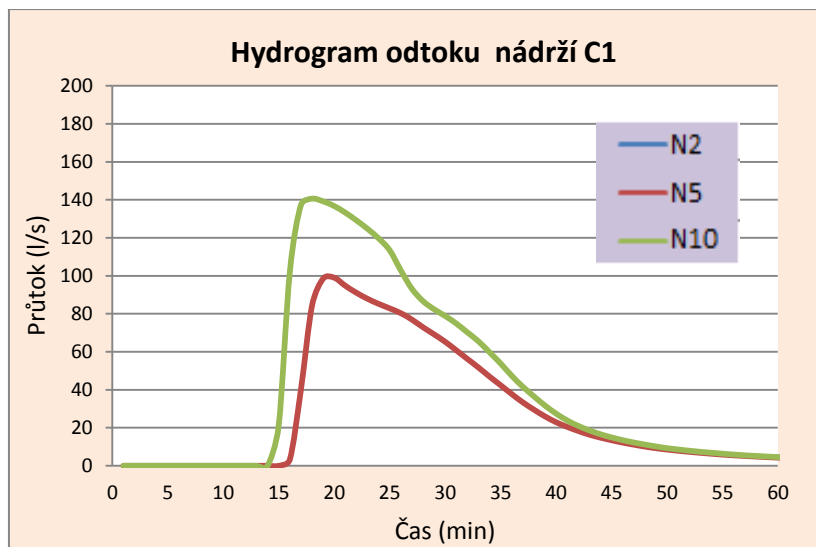
Tento poměrně velký odtok je důsledkem samotné konstrukce modelu. Téměř 30 % nepropustných ploch determinuje malé hodnoty počátečních ztrát zasakováním. Při použití reálného modelu povodí, v němž by procentuální zastoupení bylo řádově menší, by výsledné hodnoty odtoku kanalizací dosahovaly při stejných srážkových intenzitách výrazně menších hodnot.

Příčinou takto malého odtoku, v porovnání s otokem kanalizací, je hodnota nepropustných ploch pouze 6 % z celkové rozlohy. Jelikož byly v modelu zanedbány přírodní plochy, které urbanizované povodí obsahuje a v nichž dochází k větší infiltraci srážkových vod, jsou výsledné hodnoty průtoků a odtoku z kanalizace velmi nadsazené vůči realitě.

Velmi velké hodnoty průtoků v kanalizaci jsou ale celkovém kontextu pozitivní. Poukazují totiž na to, že navržená kanalizační síť v obou variantách funguje stabilně i při těchto předdimenzovaných hodnotách a k výtoku vody na povrch dochází jen minimálně.



Obr. 6.2.3 Hyetogram odtoku z kanaliace – 1. Varianta modelu



Obr. 6.2.4.- 6.2.6.: Hydrogramy odtoku akumuláčními nádržemi – 2. Varianta modelu

7. DISKUSE

Práce si vzala za cíl předestřít základní poznatky z problematiky nakládání s vodami v urbanizovaných územích v současném i historickém kontextu.

Komplexní přístup k odvádění splaškových vod se během posledních desetiletí radikálně proměnil. Původní přístup spočíval, jak uvádí například Stránský (*Stránský et al., 2009*), v co nejrychlejším odvodu srážkových vod do vodních toků. Byly budovány jednotné kanalizační systémy, ve kterých byly odváděny dešťové vody spolu se splaškovými do čistírny odpadních vod (ČOV), problematika znečištění vodních toků v důsledku přímého vypouštění odpadních vod nebyla řešena vůbec. S nárůstem urbanizace ale vzrůstala nutnost vzniku jiného konceptu řešení odvádění odpadních vod. V současnosti je prosazen systémový přístup k řešení odvodnění, který se snaží zohlednit všechny procesy související s odvodem odpadních vod. Reálným výsledkem tohoto přístupu je například prosazování nových technických řešení podporujících zadržení dešťových vod v místě.

Součástí moderního přístupu k odvádění splaškových vod je i integrované řešení posuzování stokových systémů. To se řídí přesnými metodickými postupy a spočívá hlavně v simulaci hydrologických a hydraulických poměrů území současných či budoucích kanalizačních sítí. Tímto způsobem je možné nalézt ideální řešení stokové sítě pro zkoumanou lokalitu, případně navrhnout změnu na síť stávající. Nahlédnutí do integrovaného řešení stokových systémů bylo učiněno modelem číslo 2, simulací vlastností stokové sítě v programu SiteFlow.

Hlavním cílem práce bylo ale zhodnocení odtokových poměrů ve zvolené lokalitě ze dvou pohledů.

První model chování dešťových vod byl navržen na základě metody odtokových CN křivek. Tato metoda je v současnosti využívána hlavně pro stanovení návrhových parametrů při dimenzování protierozních opatření a posuzování jejich vlivu na povrchový odtok. V modelu byly zjišťovány rozdíly ve velikosti odtoku při změně krajinného pokryvu. Výsledné hodnoty objemu odtoku odpovídaly předpokladům. Povodí, které bylo vytvořeno pro zvolený uzávěrový profil z podkladů budoucí výstavby, obsahovalo 6% zastavěných ploch. Nezastavěné plochy zde tedy výrazně převažují. Na základě této myšlenky byl očekáván malý rozdíl v objemu výsledného odtoku, který byl modelem také potvrzen.

Pro výpočet hodnoty CN křivky pro urbanizovaný povrch povodí byly použity parametry původních přírodních ploch, tedy nezavlažovaná orná půda a zemědělské plochy s přirozenou vegetací. Reálně ale při výstavbě dojde i ke změně těchto ploch, a to z hlediska odtokových poměrů ke změně pozitivní. Změna orné půdy na zahradu, kterou je možno klasifikovat například jako sklizenou louku, může fakticky znamenat posun čísla CN křivky až o 22 jednotek směrem dolů. Tato změna v užití přírodních ploch ale nebyla zahrnuta, neboť ve výsledku hrozilo dokonce snížení CN křivky pro urbanizovaný stav oproti stavu přírodnímu.

Je ale vhodné se zamyslet nad důsledky sekundární urbanizace na původně zemědělských plochách, které mohou být vzhledem k výše popsané situaci na některých místech pro vodní režim krajiny výrazně pozitivní.

Druhý model řešil chování modelu stokové sítě. Model odtoku je zde založen na fyzikálních metodách výpočtu. Stoková síť byla modelována jako síť uzlů a úseků (šachet a potrubí) s definovanými geometrickými parametry. Délky a sklony potrubí byly navrženy dle reálné stavební dokumentace. Na rozdíl od prvního hydrologického modelu nebyla pro výpočet potřebná pouze data určující parametry lokality pro tvorbu a koncentraci srážkového odtoku, ale i data určující hydraulické vlastnosti potrubí a šachet, velikost ztrát v objektech a další. Hydrologické parametry povodí byly ve výpočtu softwaru Siteflow také zohledněny.

Důležitou vstupní hodnotou byly dále parametry syntetických zatěžovacích dešťů, které byly získány vyjádřením z hodnoty intenzity srážky s dobou opakování 2, 5 a 10 let pro srážkoměrnou stanicí Mimoň.

Výsledné vysoké hodnoty průtoků i celkového odtoku ze sítě kanalizace byly okomentovány v kapitole 6.2.. Kanalizační síť, tak jak byla namodelována v programu Siteflow, lze hodnotit jako naddimenzovanou.

Důvodem je nereálně velká hodnota procentuálního zastoupení zastavěné plochy v povodí. Do výpočtu vstupovaly pouze polygony, které obsahují nepropustnou plochu. Většina povodí, která by procentuální zastoupení nepropustných ploch velmi snížila, proto zůstala nezohledněna. Přes tyto významně zvýšené požadavky na kapacitu dešťové kanalizační sítě se objevily i při takto velkém zatížení pouze ojedinělé problémy s výronem vody na povrch.

Co se týče změn výsledných charakteristik mezi jednotlivými variantami řešení kanalizace, lze zhodnotit vliv akumulčních nádrží jako výrazný. Hodnoty objemu odtoku i velikosti kulminačního průtoku se při použití akumulčních nádrží zmenšily o 30-40% oproti řešení se vzdáleným recipientem.

Tento výsledek podporuje koncepci nového přístupu v řešení městského odvodnění navrhováním moderních technických řešení pro zadržení vody v místě, jako jsou různé možnosti zasakování, od již zmíněných retenčních a akumulčních nádrží, po jednoduchá zařízení jako jsou zasakovací průlehy, vsakovací potrubí a šterková lože, nebo opatření pro akumulaci dešťových vod v otevřených vodních plochách, např. biologických rybnících, kořenových čistírnách a dalších podobných zařízeních.

8. ZÁVĚR

Hospodaření a nakládání s dešťovou vodou je základním prvkem zachování udržitelného rozvoje. Nutnost zachování dostatečného množství kvalitních vodních zdrojů pro budoucí generace je jeho zásadním předpokladem.

Zásady moderního vodního hospodářství jsou úzce spojeny s problematikou ochrany životního prostředí. Současný trend výstavby oddílných kanalizací a snaha navrhovat systémy odvodnění s co největším zájmem na udržení vody v místě je z pohledu životního prostředí dobrou cestou. Množství znečištěných vod vypouštěných do vodních toků se každým rokem snižuje, dešťové vody jsou odváděny samostatnou sítí dešťové kanalizace a případně dále využívány. Nedochozí tudíž k nadměrnému zatížení kanalizačních stok v období deště oproti systému jednotné kanalizace.

Cílem této práce bylo posouzení odtokových poměrů v lokalitě Sosnová u České Lípy, jak z pohledu jeho hydrologických vlastností při povrchovém odtoku za přírodních a urbanizovaných podmínek, tak z pohledu hydraulického modelování odtoku v kanalizační síti.

V práci byly popsány kroky pro vytvoření obou těchto modelů. Vstupní data pro výpočty byla odvozena nebo vypočtena, a to i za pomoci doplňkového softwaru.

Oba tyto modely byly navrženy a sestaveny a jejich výsledky byly zhodnoceny v příslušných kapitolách. Tato diplomová práce si neklade za cíl vytvořit ucelený obraz současných trendů v hydraulickém a hydrologickém modelování, ale spíše poukázat na metody z praxe, které jsou pro posuzování situací podobného typu prakticky využívány.

Metoda CN křivek pro výpočet objemu přímého odtoku a hodnoty kulminačního průtoku je dnes stěžejní metodou pro dimenzování a posuzování protierozních opatření.

Simulační software SiteFlow je také v praxi používaný nástroj pro analýzy funkčnosti a správu již stávajících kanalizačních nebo vodovodních sítí, i pro navrhování nových stokových systémů.

Práce se softwarem Siteflow je poměrně intuitivní, je ale nutná základní znalost jeho funkčního chování, která je v základu popsána v manuálu k programu.

Cíle práce lze zhodnotit jako naplněné. Z výsledných dat by bylo určitě možné zpracovat větší množství výstupů a následných analýz. Také některé použité vstupní parametry by bylo možné určit s větší přesností, v práci byly z důvodu velké časové náročnosti pro získání reálných dat často zjednodušeny dle tabulkových hodnot.

9. SEZNAM LITERATURY

AQUION s.r.o., 2010: *Manuál programu SiteFlow2010*, 134 s.

AQUION, 2012: *Posílení infiltračních procesů regulací odtoku vod z malých povodí*, Zpráva za rok 2012, Aquion, s.r.o., 45s.

ASCE, 1992: *Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems*, New York, NY

BALATKA B. et al., 1972: *Geomorfologické členění ČSR*. In: Czudek, T.: Geomorfologické členění ČSR. *Studia geographica* 23, Geografický ústav ČSAV, Brno.

BEVEN, K.J., 2001: *Rainfall-runoff modelling: the Primer*, John Wiley and Sons, Chichester, 360 s.

CLARK, C. O., 1945: *Storage and the unit hydrograph*, Trans., ASCE, Vol. 10, 1419-1446.

ČERVENÝ, J. et al., 1984: *Podnebí a vodní režim ČSSR*. SZN, Praha, 414 s.

DEMEK, J. et al., 1987: *Hory a nížiny*. Academia, Praha, 1987, 584 s.

DUB, O., 1957: *Hydrológia, hydrografia, hydrometria*. Bratislava (SVTL)

HANUŠIN, J., 2003: *Analýza odtokových zmien vo vybraných malých povodiach Slovenska*. Geografický časopis, (roč. 55), č. 1, s 59-79.

HAZDROVÁ, M. et.al., 1980: *Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR, 1:200 000, list 02 Ústí nad Labem*, Ústřední ústav geologický, Praha, 120 s

HERČÍK, F. et al. 1987: *Hydrogeologická syntéza české křídové pánve*. MS Staveb. geol. Praha, Praha.

HRÁDEK, F.- KUŘÍK, P., 2002: *Hydrologie*. LF ČZU Praha, 280 s., ISBN 80-213-0950-4

HROMEK, J. et al., 2004: *Koncepce ochrany přírody a krajiny Libereckého kraje*. Jan Hromek – LESPROJEKT, lesnické a parkové úpravy, část A2.4., Charakteristika současného stavu přírodního prostředí, s 1-52.

CHLUPÁČ I., BRZOBOHATÝ R., KOVANDA J., STRÁNÍK Z., 2002: *Geologická minulost České republiky*, Academia Praha, 436 s.

JANEČEK et al., 2007: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*, Metodika VŮMOP,v.v.i., Praha, 76s. ISBN 978-80-254-0973-2

KRÁSNÝ, J. , BUCHTELE, J. , ČECH, S. , HRKAL, Z. , JAKEŠ, P. , KOBR, M. , MLS, J. , ŠANTRŮČEK, J. , ŠILAR, J. , VALEČKA, J., 2002: *Hydrogeologie polické pánve: optimalizace využívání a ochrany podzemních vod*. Sborník geologických věd. Hydrogeologie, inženýrská geologie. ISSN 0036-5289.

KRÁSNÝ, J. et al., 1993: *Optimalizace využívání a ochrany podzemních vod s ohledem na ostatní složky životního prostředí: polická pánev*. Zpráva za úvodní etapu úkolu, MS katedra hydrogeologie a inženýrské geologie Přírodověd. fak. Univerzity Karlovy, Praha.

KREJČÍ, V. et al., 2002: *Odvodnění urbanizovaných území – Koncepční přístup*. NOEL 2000 s.r.o., Brno, 852 s., ISBN 80-86020-39-8

KUK, R., 2004: *Nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Sborník příspěvků konference Darovanský Dvůr 2004, Nakládání se dešťovými vodami ve městech a obcích, s. 76-84, ISBN 80-239-3474

KULASOVÁ, B., ŠERCL, P., BOHÁČ, M., 2004: *Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní*. Závěrečná zpráva za rok 2004., ČHMÚ, Praha, 128 s.

LEWIS A. ROSSMAN et. al., 2010: *STORM WATER MANAGEMENT MODEL USER'S MANUAL Version 5.0.*, Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory Cincinnati, OH 45268

MATOUŠKOVÁ, PRAŽÁK, 2012: *Vyhodnocení tří infiltračních zkoušek*, Praha, 12 s.

MCCUEN, R. et al., 1996: *Hydrology*, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC

MISHRA, S.K., SINGH, VIJAY PRATAP, 1986: *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*, Kluwer Academic Publishers Netherland,

NĚMEČEK, J. et al. (2001): *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*, ČZU, VÚMOP Praha, 98 str.

NRSC, 1986: *Urban Hydrology for Small Watersheds*, 2nd Ed., (TR-55), United states department od agriculture ,Washington

TRUPL, J., 1958: *Intenzity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy*. Práce a studie, sešit 97-VÚV Praha.

ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š., BRÁZDIL, R., 1985: *Denné úhrny zrážok s mimoriadnou výdatnosťou v ČSSR v období 1901–1980*, Zborník prác SHMÚ, sv. 24, Bratislava: Alfa

SNYDER, F. F., 1938: *Synthetic Unit-Graphs*. Trans. Am. Geoph. Union, 19th Annual Meeting

STRAUB, T.D., MELCHING, C. S., KOCHER, K. E., 2000: *Equations for estimating Clark unit hydrograph parameters for small rural catchments in Illinois*, WaterResources Investigations Report 00-4184 Urbana, Illinois, U.S. Geological Survey

STRÁNSKÝ, D. et al., 2009: *Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*, Metodická příručka asociace čistírenských expertů České republiky, Praha, 83 s

ŠIFALDA, V., 1973: *Develop of design storms for sizing of sewer networks*. Das Gass und Wasserfach.

VYBÍRAL, R., 2011: *Inženýrsko-geologický průzkum na akci Lokalita RD Sosnová*, Liberec, 16s.

VENEZIANO, D., VILLANI, P., 1999: *Best linear unbiased design hyetograph*. Water Resources Research 35: doi: 10.1029/1999WR900156. issn: 0043-1397.

VOLOŠ, B. 2004: *Vliv časového kroku záznamu srážky na tvar a průběh povodňové vlny*, Závěrečná zpráva za rok 2004, AV – Ústav pro hydrodynamiku

YEN, B. C., CHOW, V. T., 1980:, *Design hyetographs for small drainage structures*, ASCE Journal of the hydraulics division,

10. PŘÍLOHY

PŘÍLOHA 1

hydrogeologické těleso	symbol
kvádrové pískovce skalních měst	D
slínovce oddělující tělesa C a D	C/D
pískovce Broumovských stěn (nerozlišené)	C
svrchní těleso pískovců C	C ₂
slínovce oddělující obě tělesa pískovců C	C ₁ /C ₂
spodní těleso pískovců C	C ₁
distální facie pískovců C	Cd
slínovce oddělující tělesa Cv a Cd	Cv/Cd
slínovce se zvýšeným vápnitým obsahem – „karbonátové souvrství“	Cv
slínovce až vápnité jílovce mezi bazálním komplexem a tělesy C	A/C
„rohovcové souvrství“	A ₂
„prachovcové souvrství“	A ₁ /A ₂
„psamitické souvrství“	A ₁
triasové pískovce	T
permokarbonské horniny	PC

Sestavil J. Krásný

Symboly těles jsou používány v textu a ve schématech (obr. 3, 34), v řezech (příl. 3, 4, obr. 4, 5, 7–9, 11) atd.

Příloha 1: Hydrogeologická tělesa polické pánve (Krásný – Valečka, 2002)

PŘÍLOHA 2

Vsakovací zkoušky

V lokalitě Sosnová u České Lípy byly provedeny tři vsakovací zkoušky. Hloubky zasakovacích spár byly u vsakovací nádrže zadány 1 a 2 metry, u retenční nádrže 3 metry. Vyhodnocení provedl Výzkumný ústav meliorací a ochrany pudy, v.i.i. (Matoušková, Pražák, 2012).



Příloha 2.1.: Vsakovací zkouška Sosnová (MATOUŠKOVÁ, PRAŽÁK, 2012).

KLASIFIKACE SOND

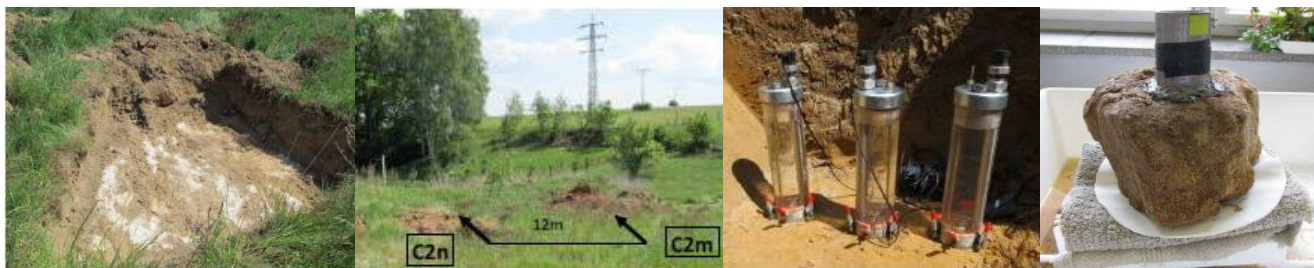
Sonda C1

Zkouška probíhala v jámě o hloubce 1,55 m. Měřicí prstenec byl zasazen a utěsněn do vysekané díry v pískovcové desce, která byla nalezena na dně jámy. Infiltrace probíhala velmi

rychle (3l/min). Tato rychlost je za hranicí použitelnosti přetlakového infiltrometru. Z toho důvodu byla vyvrtána sonda do hloubky 1 metr s průměrem 8 cm, a provedena zkouška plněné sondy.

Sonda C2

Deska z pískovce byla nalezena již v hloubce 0,4 metru. Z toho důvodu byla vyhloubena další sonda, s označením C2m, která se nacházela ve vzdálenosti 12 metrů od původní neměřené sondy C2n. Nová sonda byla vyhloubena 2,5 metru pod terémem. Byla provedena infiltrační zkouška přetlakovým infiltrometrem ve třech opakováních. Z původní, neměřené sondy C2n, byl odlomen kus pískovce, který byl převezen do laboratoře na nepřímou provizorní infiltrační zkoušku.



Příloha 2.2.: Vsařovací zkouška Sosnová (Matoušková, Pražák, 2012).

Sonda C3

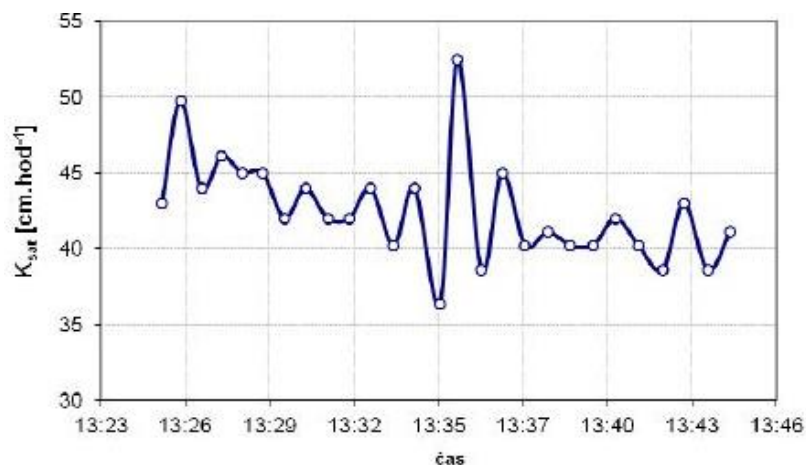
Deska z pískovce byla nalezena v hloubce 1.6 metru. Po vyhodnocení situace byla na desce upravena lavice, vysoká 0,4 m, na které proběhlo měření infiltrace také pomocí přetlakového infiltrometru. Tedy v hloubce 1,2m, ve třech opakováních

VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Sonda C1

Na pískovci nebyly patrné žádné pukliny, ani jiné preferenční cesty. V této sondě byla dále provedena zkouška plněné sondy, která měla hloubku 1 metr, a průměr 8 cm. Dno nebylo utěsněno, hladina se udržovala 0,9 m od dna. Po naplnění se zasáklo za 7:43,9 minuty 20 litrů vody. Objemová vlhkost pískovce byla při měření zaznamenána 11%.

Rozbor nasycené hydraulické vodivosti byl proveden v laboratoři, na odebraných Kopeckého válečcích s objemem 100 cm³. Výsledek byl 41,86 cm.hod⁻¹.



Příloha 2.3.: Průběh nasycené hydraul. vodivosti měřené v laboratoři (Matoušková, Pražák, 2012).

Sonda C2

Sondou C2n bylo po 0,4 metru dosaženo na vrstvu pískovce. Část podkladu byla odlomena, a byla na ní provedeno laboratorní měření infiltrace, tzv. infiltrabilita. Hydraulické poměry při tomto měření nejsou ovlivněny okolním prostředím. Vlhkost pískovce zůstala před měřením stejná, jako vlhkost terénu. Do takto vlhkého pískovce se za dvě hodiny zasáкло 71 mililitrů vody.

Vedle sondy C2n byla vykopána ve vzdálenosti dvanácti metrů sonda C2m. Zde byla provedena infiltrační zkouška, s pomocí přetlakového přístroje. Nasycená hydraulická vodivost byla stanovena na 0,99 cm/hodinu. Objemová vlhkost půdy při odběru byla 38%. Při laboratorním měření nasycené hydraulické vodivosti na odebraných Kopeckého válečcích o objemu 100 cm³, byla naměřena hodnota 0,09 cm/hodinu.

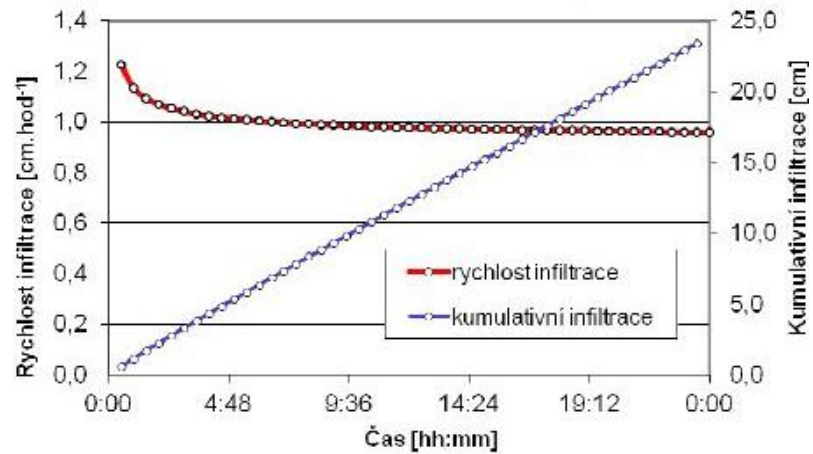
Sonda C3

Zde byla provedena infiltrační zkouška pomocí přetlakového infiltrometru, 40 centimetrů nad deskou pískovce. Výsledkem byla nasycená hydraulická vodivost blížící se nule.

Objemová vlhkost půdy byla před polní zkouškou 26,5%. Měření nasycené hydraulické vodivosti byla na odebraných Kopeckého válečcích o objemu 100 cm³ 0,02 cm/hodinu.

Sonda	Objemová vlhkost půdy při odběru [%]	Ksat měřená v terénu infiltrometrem [cm.hod ⁻¹]	Ksat měřená v laboratoři na válečku [cm.hod ⁻¹]	mm/min
C1	10	-	41,86	69,77
C2m	38	0,99	0,09	0,15
C3	27	blíží se k nule	0,02	0,033

Příloha 2.4.: Výsledky měření nasycené hydraulické vodivosti v sondách (Matoušková, Pražák, 2012).



Příloha 2.5.: Infiltrační pokus – sonda C2 (Matoušková, Pražák, 2012).

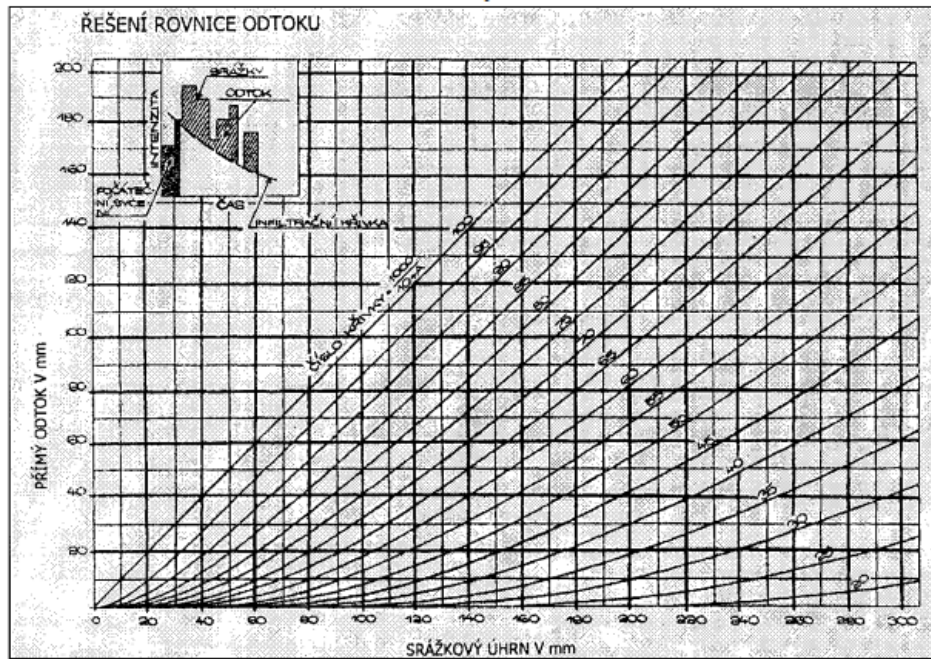
PŘÍLOHA 3

HPJ (2. a 3. číslo kódu BPEJ)	Hydrologická půdní skupina	HPJ (2. a 3. číslo kódu BPEJ)	Hydrologická půdní skupina
1	B	40	B
2	B	41	B
3	C	42	B
4	A	43	B
5	A	44	C
6	C	45	C
7	D	46	C
8	B	47	C
9	B	48	C
10	B	49	D
11	B	50	C
12	B	51	C
13	B	52	C
14	B	53	D
15	B	54	D
16	B	55	A
17	A	56	B
18	B	57	C
19	B	58	C
20	D	59	D
21	A	60	B
22	B	61	D
23	C	62	C
24	B	63	D
25	B	64	C
26	B	65	C
27	B	66	D
28	B	67	D
29	B	68	D
30	B	69	D
31	A	70	D
32	A	71	D
33	B	72	D
34	B	73	D
35	B	74	D
36	B	75	C
37	B	76	D
38	B	77	C
39	C	78	C
40	B		

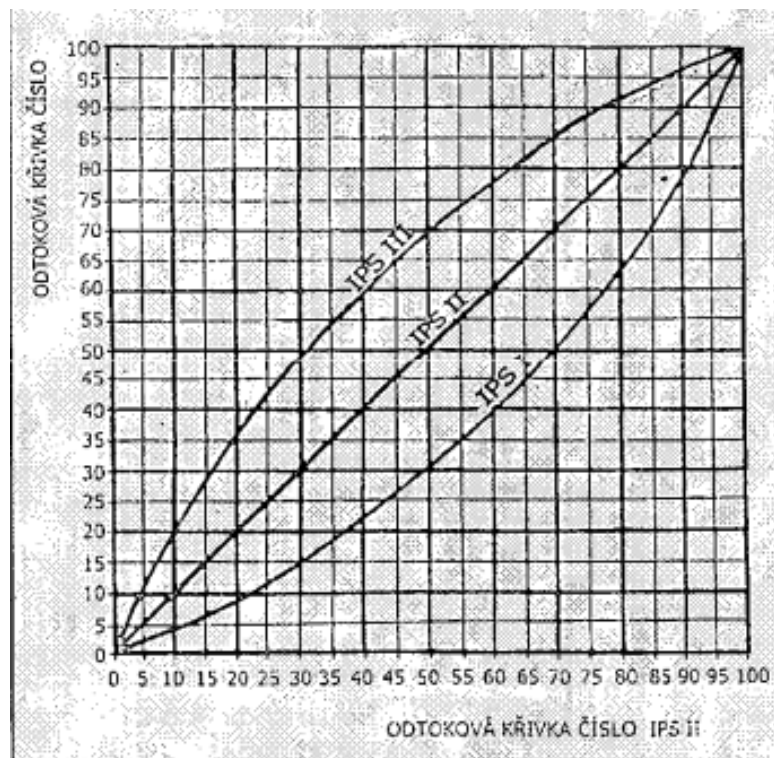
Příloha 3.1.: Charakteristiky hydrologických skupin půd (Janeček et. al, 2007)

Využití půdy	Způsob obdělávání	Hydrologické podmínky	Čísla odtokových křivek – CN podle hydrologických skupin půd			
			A	B	C	D
Úhor	čerstvě zrypřeny Pz Pz	Šp	77	86	91	94
		Šp	76	85	90	93
		Dp	74	83	88	90
Širokořádkové plodiny (okopaniny)	Př Př Př + Pz Př + Pz Vř Vř Vř + Pz Vř + Pz Vř + Pr Vř + Pr Vř + Pr + Pz Vř + Pr + Pz	Šp	72	81	88	91
		Db	67	78	85	89
		Šp	71	80	87	90
		Db	64	75	82	85
		Šp	70	79	84	88
		Db	65	75	82	86
		Šp	69	78	83	87
		Db	64	74	81	85
		Sp	66	74	80	82
		Db	62	71	78	81
		Šp	65	73	79	81
Db	61	70	77	80		
Úzkořádkové plodiny (obilniny)	Př Př Př + Pz Př + Pz Vř Vř Vř + Pz Vř + Pz Vř + Pr Vř + Pr Vř + Pr + Pz Vř + Pr + Pz	Šp	65	76	84	88
		Db	63	75	83	87
		Šp	64	75	83	86
		Db	60	72	80	84
		Šp	63	74	82	85
		Db	61	73	81	84
		Šp	62	73	81	84
		Db	60	72	80	83
		Sp	61	72	79	82
		Db	59	70	78	81
		Šp	60	71	78	81
Db	58	69	77	80		
Víceleté pícniny, luštěniny	Př Př Vř Vř Vř + Pz Vř + Pz	Šp	66	77	85	89
		Db	58	72	81	85
		Šp	64	75	83	85
		Db	55	69	78	83
		Šp	63	73	80	83
		Db	51	67	76	80
Pastviny s pokryvem	< 50 % 50 - 75 % > 75 %	-	68	79	86	89
		-	49	69	79	84
		-	39	61	74	80
Louky	Sklizené	-	30	58	71	78
Křoviny s pokryvem	< 50 % 50 - 75 % > 75 %	-	48	67	77	83
		-	35	56	70	77
		-	30	48	65	73
Sady se zatravněným meziradím		Šp	57	73	82	86
		Stř.	43	65	76	82
		Db	32	58	72	79
Lesy		Sp	45	66	77	83
		Stř	36	60	73	79
		Db	30	55	70	77
Zemědělské dvory		-	59	74	82	86
Komunikace s příkopy	dlažděné, živičné, makadamové, šterkové, nezpevněné, hliněné		83	89	92	93
			76	85	89	91
			72	82	87	89
Nepropustné plochy			98	98	98	98

Příloha 3.2 Čísla CN křivek dle využití půdy



Příloha 3.3.: Nomogram znázorňující vztahy složek rovnice odtoku (Janeček et. al, 2007)



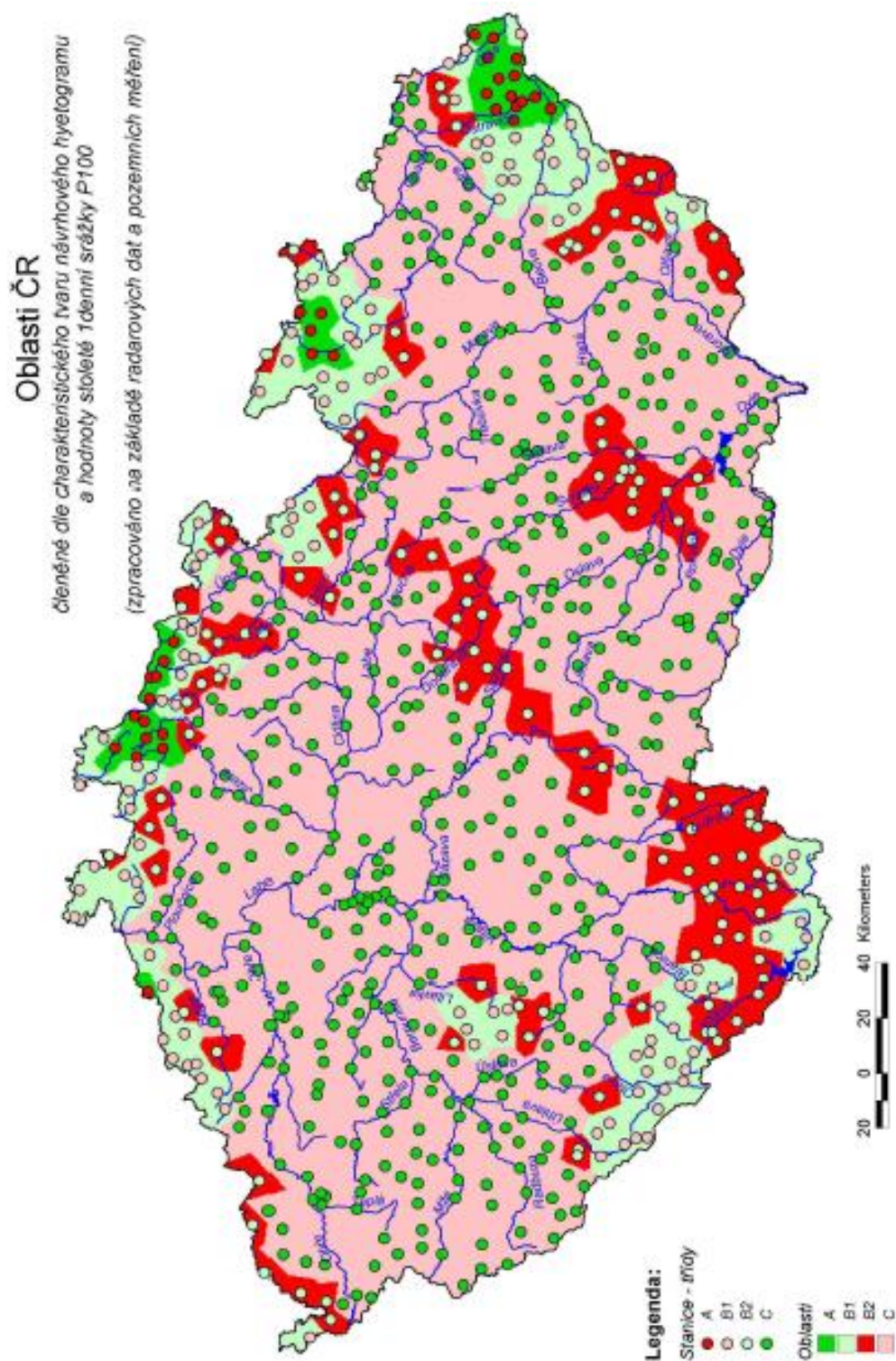
Příloha 3.4.: Čísla odtokových křivek pro IPS II. (Janeček et. al, 2007)

PŘÍLOHA 4

- 10 Hnědozemě modální včetně slabě oglejených na spraších, středně těžké s mírně těžší spodinou, bez skeletu, s příznivými vláhovými poměry až sušší
- 11 Hnědozemě modální včetně slabě oglejených na sprašových a soliflukčních hlínách (prachovicích), středně těžké s těžší spodinou, bez skeletu, s příznivými vlhkostními poměry
- 12 Hnědozemě modální, kambizemě modální a kambizemě luvické, všechny včetně slabě oglejených forem na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké s těžkou spodinou, až středně skeletovité, vododržné, ve spodině s místním převlhčením
- 24 Kambizemě modální eubazické až mezobazické i kambizemě pel z přemístěných svahovin karbonátosilikátových hornin - flyše a kulmských břidlic, středně těžké až těžké, až středně skeletovité, se střední vododržností
- 25 Kambizemě modální a vyluhované, eubazické až mezobazické, výjimečně i kambizemě pelické na opukách a tvrdých slínovcích, středně těžkém flyši, permokarbonu, středně těžké, až středně skeletovité, půdy s dobrou vodní kapacitou
- 26 Kambizemě modální eubazické a mezobazické na břidlicích, převážně středně těžké, až středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry
- 27 Kambizemě modální eubazické až mezobazické na pískovcích, drobách, kulmu, brdském kambriu, flyši, zrnitostně lehké nebo středně těžké lehčí, s různou skeletovitostí, půdy výsušné
- 28 Kambizemě modální eubazické, kambizemě modální eutrofní na bazických a ultrabazických horninách a jejich tufech, převážně středně těžké, bez skeletu až středně skeletovité, s příznivými vlhkostními poměry, středně hluboké
- 29 Kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variet, na rulách, svorech, fylitech, popřípadě žulách, středně těžké až středně těžké lehčí, bez skeletu až středně skeletovité, s převažujícími dobrými vláhovými poměry

Příloha 3.5.: Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb., stanovující charakteristiku bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci, příloha 2(<http://eagri.cz/public/web/mze/pozemkove-urady/legislativa/uplna-zneni-vybranych-predpisu/100163547.html>)

PŘÍLOHA 5



Příloha 5.1.: Oblasti ČR dle typu návrhového hyetogramu (Kulasová et al., 2004)

PŘÍLOHA 6

Příloha 6.1.:Souhlas s měřením – Ještědská stavební společnost s.r.o.

PŘÍLOHA 7

Typ povrchu	ID polygonu	Plocha (m2)	Povodíčko: Nepropustné [%]
polygon silnice	9	77,096	100
polygon silnice	9	159,322	100
polygon silnice	59	169,088	100
polygon silnice	47	170,039	100
polygon silnice	48	170,039	100
polygon silnice	62	177,508	100
polygon silnice	57	181,191	100
polygon silnice	56	186,685	100
polygon silnice	45	195,856	100
polygon silnice	51	221,791	100
polygon silnice	5	262,205	100
polygon silnice	3	263,892	100
polygon silnice	21	307,238	100
polygon silnice	7	352,746	100
polygon silnice	49	393,103	100
polygon silnice	53	561,672	100
pozemky - jižní část	56	636,268	24
pozemky - jižní část	55	669,424	22
pozemky - jižní část	57	674,151	22
pozemky - jižní část	58	735,341	20
pozemky - jižní část	59	765,756	20
pozemky - jižní část	53	793,671	19
pozemky - jižní část	54	806,188	19
pozemky - jižní část	53	813,266	18
pozemky - jižní část	60	851,379	18
pozemky - jižní část	52	892,511	17
pozemky - jižní část	61	975,015	15
pozemky - západní část	5	989,788	20
pozemky - jižní část	51	999,772	15
pozemky - západní část	9	1031,702	20
pozemky - západní část	3	1059,293	20
pozemky - západní část	50	1106,415	14
	Výměra		Procento nepropustných ploch
Propustná plocha	13800	m2	19
Nepropustná plocha	3711	m2	100
	27	% neprop	

Výpočet procentuálního zastoupení nepropustných ploch pro model 2