



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství

Vliv hydrografické sítě na celkový odtok z povodí v modelu
SMODERP

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Eliška Frühaufová

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Inženýrství životního prostředí

Vedoucí práce: Ing. Petr Kavka, Ph.D.

Praha 2018

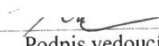
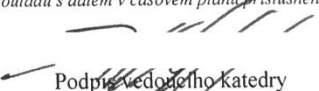


ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Frühaufová</u>	Jméno: <u>Eliška</u>	Osobní číslo: <u>412620</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Inženýrství životního prostředí</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Vliv hydrografické sítě na celkový odtok z povodí v modelu SMODERP</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>The influence of the hydrographic network on the total drainage from the river basin in the SMODERP model</u>	
Pokyny pro vypracování: Pomocí hydrologického modelu SMODERP a především jeho komponenty odtoku v hydrografické síti zhodnoťte citlivost modelu na parametry využívaných vztahů (maningova rovnice). V práci se zaměřte na detailnost členění vodních toků a určení jejich odtokových parameterů- Dále se zaměřte na ovlivnění celkového odtoku při zahrnutí prvků dočasné hydrografické sítě (příkopy, průlehy, zatravněné údolnice).	
Seznam doporučené literatury: Manuál k modelu SMODERP Open chanel hydraulics (Akan, 2006)	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Petr Kavka, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>12.10.2017</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>7.1.2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
<u>12. 10. 2017</u> Datum převzetí zadání	<u>T 40 1</u> Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením vedoucího práce s použitím podkladů uvedených v seznamu zdrojů.

V Praze dne

Podpis:.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Petru Kavkovi, za odborné konzultace a veškeré rady, které mi při tvorbě práce poskytl. Děkuji také Ministerstvu zemědělství České republiky, že podporuje výzkum srážkoodtokových vztahů, a všem kteří se podíleli na projektu „Vliv variability krátkodobých srážek a následného odtoku v malých povodích České republiky na hospodaření s vodou v krajině“ s číslem QJ1520265. Díky nim jsem měla potřebná data pro výpočty.

Veliké díky patří mojí rodině a přátelům, kteří mě nejen při psaní práce, ale během celého studia podporovali.

Na závěr, avšak v neposlední řadě, bych chtěla poděkovat Bohu, že vytvořil, tak krásnou a mocnou přírodu, kterou nás nikdy neomrzí zkoumat a objevovat.

Abstrakt

Práce se skládá ze dvou hlavních částí. První část obecně popisuje povrchový odtok, hydrografickou síť a výpočet povrchového odtoku v modelu SMODERP2D. Následuje část praktická, kde byl výpočet proveden pro 2 povodí (lesní - Chouzavá a zemědělské - Býkovice) pro 5 variant hydrografické sítě (základní hydrografická síť, hydrografická síť s nižší drsností, s vyšší drsností, s rozšířením o řidší síť příkopů, s rozšířením o hustší síť příkopů). Na povodí Chouzavá se pracovalo s návrhovými srážkami typu t1, t3 a t5 s dobami opakování 5, 20 a 100 let. Na povodí Býkovice se srážkami typu t1 a t6 se stejnými dobami opakování. Výsledky pro obě povodí byly dány do tabulek a porovnány.

Klíčová slova: Smoderp, povrchový odtok, hydrografická síť, Chouzavá, Býkovice

Abstrakt

This thesis contains two main parts, first of them generally describes surface drainage, hydrographic network and surface runoff calculation in the SMODERP2D model. Following is practical part where the calculation was made for 2 river basins (forest - Chouzavá and agricultural - Býkovice) for 5 variants of hydrographic network. (Basic hydrographic network, hydrographic network with lower roughness, with higher roughness, with extension of a sparse net of ditches, with extension of a rich net of ditches.). At the Chouzavá basin, designing precipitations of type t1, t3 and t5 with return period of 5, 20 and 100.years. At the Býkovice basin with precipitations of type t1 and t6 with the same return period. The results for both basins were tabulated and compared.

Key words: Smoderp, surface drainage, hydrographic network, Chouzavá, Býkovice

OBSAH

Prohlášení	2
Poděkování	3
Abstrakt.....	4
Úvod.....	7
1 Teoretická část	8
1.1 Odtok vody v krajině	8
1.2 Hydrografická síť	8
1.3 Modely.....	10
1.3.1 Příklady modelů.....	12
1.4 SMODERP	13
1.4.1 Rovnice SMODERPu	13
1.4.2 Rutina SMODERPu	20
1.4.3 Vstupy do SMODERPu.....	21
2 Praktická část.....	27
2.1 Zpracování.....	27
2.1.1 Vstupní data	27
2.1.2 Výběr výpočetního scénáře.....	31
2.1.3 Postup hodnocení	31
2.2 Výsledky Chouzavá	32
2.2.1 Úprava vrstvy vodních toků	32
2.2.2 Popis povodí Chouzavá.....	34
2.2.3 Vliv drsnosti	37
2.2.4 Vliv příkopů.....	43
2.3 Výsledky Býkovice.....	50
2.3.1 Popis povodí Býkovice.....	50
2.3.2 Vliv drsnosti	51
2.3.3 Vliv příkopů.....	52

2.4	Závěr	56
2.4.1	Celkový závěr.....	56
2.4.2	Zjištěné problémy a doporučení.....	57
	Zdroje.....	61
3	Přílohy.....	63
3.1	Fotografie z povodí Chouzavá	63
3.2	Výsledné tabulky.....	71
3.2.1	Chouzavá.....	71
3.2.2	Býkovice.....	77
3.3	Seznam obrázků	82
3.4	Seznam tabulek.....	83
3.5	Seznam fotografií.....	84

Úvod

Povrchový odtok získává poslední dobou na popularitě, i když ne zrovna v lichotivém světle. Především v souvislosti s globální klimatickou změnou, která přináší častější výskyt extrémních stavů, panuje ve společnosti ohledně vody v krajině značná nejistota. V roce 2013 zastihly Českou republiku, převážně oblast Čech, přívalové povodně. V následujících letech především v roce 2016 bylo na území České republiky extrémní sucho. P

Proto mi přišlo zajímavé, zabývat se v práci povrchovým odtokem. Podívat se jak jej modeluje model SMODERP a jak výpočet ovlivňují různé parametry povodí, převážně co se týká hydrografické sítě.

Proč se vůbec modely používají je zřejmé. Potřebujeme zjistit situaci v místech, kde nemáme měřená data. To využijeme především v rámci navrhování opatření v ploše povodí. Modelů, které řeší srážko-odtokové vztahy je mnoho. Já se naštěstí nemusela tímto množstvím složitě probírat, abych model vybrala. Použit SMODERP2D se vyloženě samo nabízelo a to hned z několika důvodů. SMODERP2D je napojen na systém ArcGIS, se kterým jsem pracovala v rámci bakalářské práce, proto pro mě bylo jednodušší s ním pracovat, než nějakým neznámým modelem. Dále se model vyvíjí se na katedře K143 a právě poslední změny v modelu – zanesení hydrografické sítě – ještě nebyly podrobněji testovány.

V této práci tedy budu zkoumat, jak se změní odtok v povodí, když přidám prvky dočasné hydrografické sítě a když změním vlastnosti hydrografické sítě.

1 Teoretická část

V této části bude představena tematika povrchového odtoku a prvky dočasné hydrografické sítě. Seznámíte se s fyzikálním pozadím modelu SMODERP2D a také

1.1 Odtok vody v krajině

Odtok je základní složkou koloběhu vody na Zemi. Značí, jaký objem vody odteče z povodí za určitý čas. Podle toho kde probíhá, ho můžeme rozdělit na tři kategorie (Chmelová, Frajer, b. r.):

Povrchový (Hortonovský) odtok – Probíhá na zemském povrchu, nejprve má plošnou charakteristiku, později se sdružuje do soustředěného odtoku. Povrchový odtok je reprezentován především odtokem v hydrografické síti.

Hypodermický (podpovrchový) odtok - Představuje odtok v nenasycené zóně půdy, tedy nad hladinou podzemní vody. Dochází k němu při horší propustnosti půdního profilu, kdy voda odteče půdním profilem z daného povodí dříve, než se buď dostane do podzemní vody, nebo se kvůli lokální nepropustné vrstvě nevrátí zpět na povrch.

Podzemní odtok – Odtok podzemní vody. Tvoří tzv. základní odtok.

Aby se srážka podílela na povrchovém odtoku, musí být nejprve překročena retenční kapacita. Ta zahrnuje vliv intercepce, povrchové retence a infiltrace. Intercepce popisuje významnou část srážky, která se zachytí na povrchu objektů nebo vegetace a následně je odpařována zpět do atmosféry. Její velikost závisí na intercepční kapacitě daného povrchu, kterou jinak můžeme pojmenovat potenciální intercepce.

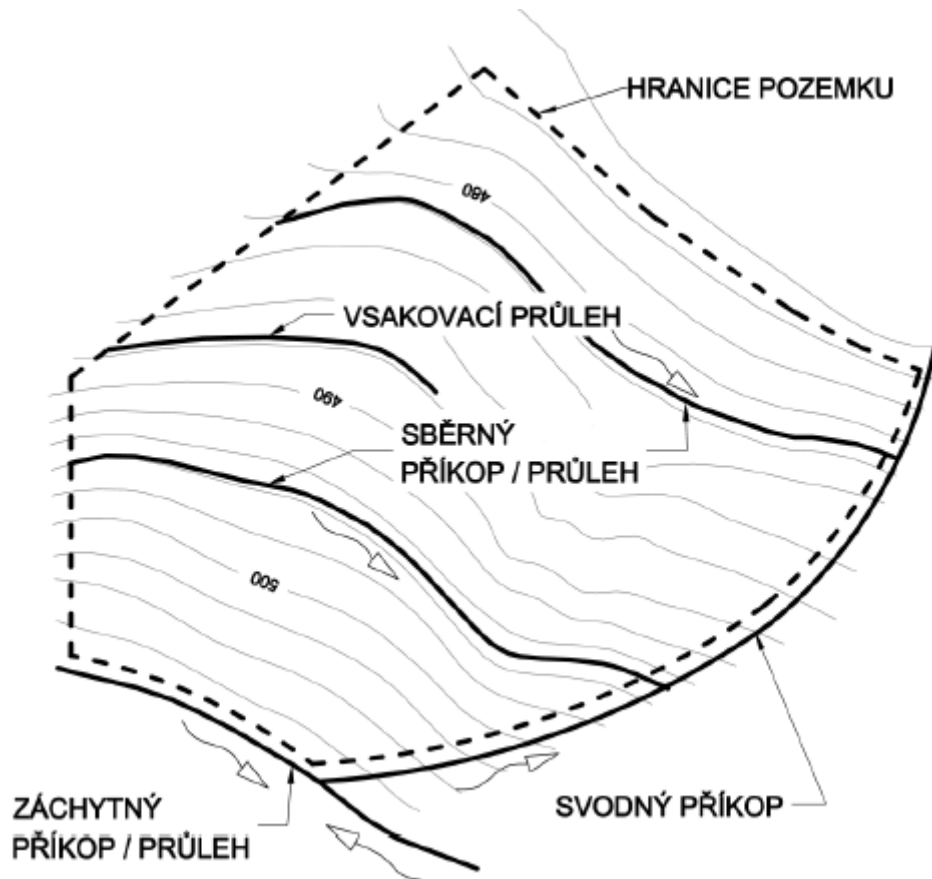
Povrchová retence ukazuje, co je schopen zadržet povrch jako takový. Nejprve se plní drobné nerovnosti v terénu a lokálně prohlubně, vytváří se vrstva vody a následně začíná voda odtékat.

Infiltrace popisuje možnosti půdy vsakovat vodu, závisí na pórovitosti, struktuře a předchozím nasycení. (Edlman, 2015)

1.2 Hydrografická síť

Hydrografická síť představuje soustavu všech povrchových vodních útvarů. Podle toho, zda se zde voda vyskytuje stále, nebo jen v období srážek, můžeme hydrografickou síť rozdělit na trvalou a dočasnou. Trvalou hydrografickou síť tvoří potoky, řeky, rybníky a jezera. (Chmelová, Frajer, b. r.)

Dočasná hydrografická síť je tvořena převážně protierozními opatřeními, nejčastěji příkopy a průlehy. Příkopy i průlehy mohou být dvojího typu: odváděcí nebo vsakovací. Odváděcí prvky je možné dále dělit na prvky záchytné, sběrné a svodné. Hezky to ilustruje obr. 1 převzatý z Kadlecovy metodiky



Obrázek 1 Typy příkopů podle prostorového uspořádání (Kadlec a kol., 2014)

Vsakovací prvky se dimenzují na objem srážky, kterou mají zachytit a musejí být navrženy přísně vrstevnicově, aby voda neodtékala, ale měla čas se buď infiltrovat, nebo vypařit. Problematické je zajištění funkce a její bezpečnosti, protože se infiltrační charakteristiky půdy mění jak během vegetačního období v souvislosti s vegetací, tak pedogenezí v čase, ale i díky usazeninám. Navíc je nutné udržovat hranu přesně vodorovnou, aby se v jednom místě voda nepřelila a nezpůsobila soustředěným odtokem vyšší formy eroze. Proto se doporučuje vsakovací prvky navrhovat jen ve výjimečných případech při příznivých půdních podmínkách. Jinak je lepší dát přednost prvkům odváděcím. (Kadlec a kol., 2014)

Odváděcí prvky se dimenzují na návrhový průtok, způsobený srážkou s opakováním 5 – 50 let, v závislosti na druhu opatření, jak ukazuje následující tabulka.

Tabulka 1 Doporučené zabezpečení pro dimenzování základních typů TPEO (Kadlec a kol., 2014)

Druh opatření	Důvod opatření	Návrhové hodnoty	Poznámka
Opatření odváděcí (příkop, průleh, ...)	Ochrana pozemků	Q ₅ až Q ₁₀	Dle kvality půdy
Opatření odváděcí (příkop, průleh, ...)	Ochrana intravilánu	Q ₁₀ až Q ₅₀	Dle významu obce
Opatření odváděcí (příkop, průleh, ...)	Ochrana vodního útvaru	Q ₁₀ až Q ₂₀	Dle charakteru a významu vodního útvaru
Objekty	Propustky, mostky	Q ₂₀ až Q ₅₀	Dle místa výskytu
Opatření retenční (suchá nádrž, poldr, ...)	Ochrana intravilánu nebo jiné významné lokality	Q ₂₀ až Q ₁₀₀ , tomu odpovídající objem	Dle významu chráněné lokality

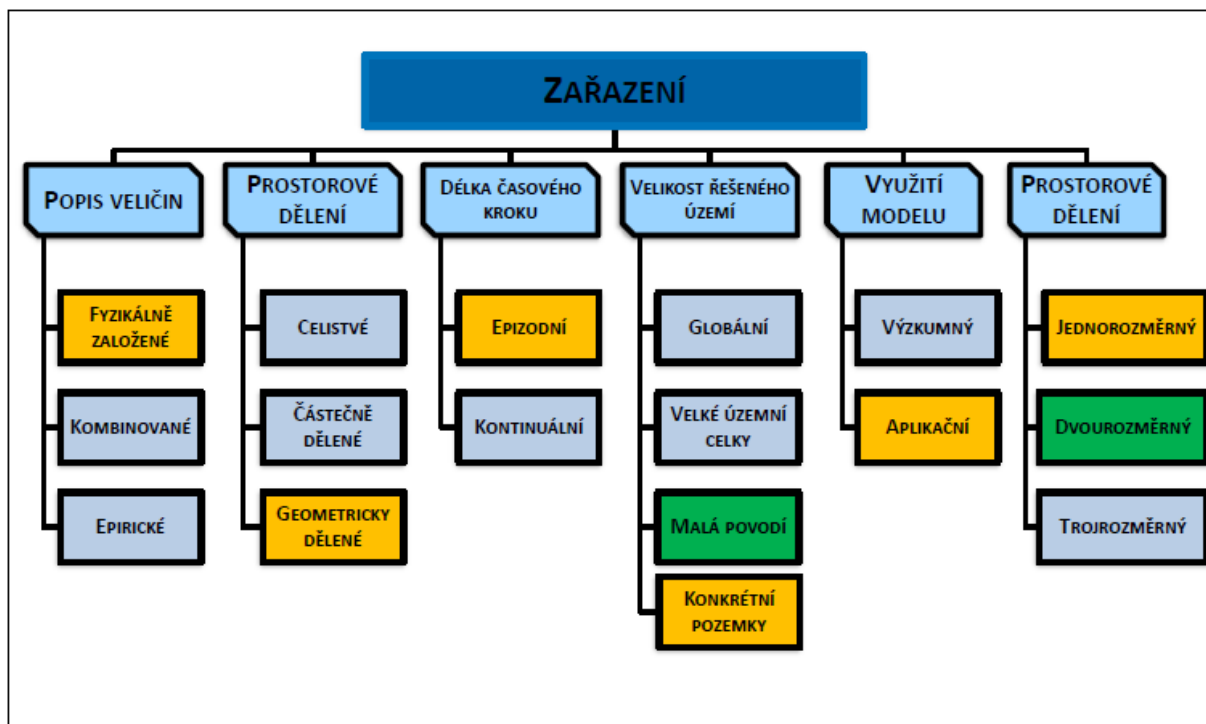
Rozdíl mezi příkopem a průlehem je v tvaru příčného profilu. Průleh je navrhován se sklonem svahů do 1:5, častěji ale mírnější (1:10), aby byl průleh přejezdný, případně i obdělávatelný. Kvůli požadavku na sklony svahů se navrhuje na mírnějších pozemcích do sklonu 10%. (Kadlec a kol., 2014)

1.3 Modely

Přesné popsání přírodních jevů, jako jsou srážko-odtokové vztahy, je úkol velmi nesnadný, ne-li nemožný. Především proto, že je ovlivňuje mnoho faktorů, které zatím nejsme schopni popsat. Právě proto je nutné zavést zjednodušení použitím určitého modelu. (Kavka a kol., 2015)

Modely obecně potřebujeme proto, že nemáme data, která chceme využít. V rámci modelování povrchového odtoku se jedná především o hodnoty průtoku či objemu odtoku. Podle nich můžeme navrhovat prvky dočasné hydrografické sítě, jak je popsáno výše.

Existuje celá řada modelů, které na základě různých kritérií můžeme rozdělit do kategorií, které hezky zobrazuje následující schéma. Žlutě je zvýrazněno zařazení modelu SMODERP 1D, zelenou je pak označena změna, jakou přineslo rozšíření modelu na 2D.



Obrázek 2 Rozdělení modelů (Kavka, 2012)

Fyzikálně založené modely pracují se skutečnými procesy, které se dají popsat fyzikálními vztahy, pokud možno efektivně zjednodušenými. Na rozdíl od nich empirické modely vychází ze statistického vyhodnocení množství měření, kdy dávají do matematického vztahu vstupní a výstupní data. Mezi těmito dvěma skupinami jsou modely kombinované, neboli konceptuální.

Prostorové členění je jedním z nejdůležitějších hledisek. Celistvé modely se dívají na řešené území (povodí), jako na celek, pro který uvažuje homogenní hodnoty vstupů. Částečně dělené modely rozdělují území na menší celky (podpovodí), se kterými pracují celistvě. Geometricky dělené, neboli distribuované modely pracují nad čtvercovou či trojúhelníkovou sítí, kde má každá ploška svoje charakteristiky. (Kavka a kol., 2015)

Z hlediska časového kroku lze modely rozdělit na epizodní a kontinuální. Epizodní modely se zabývají jedinou srážkovou událostí odehrávající se v řádu hodin, zatímco kontinuální modely mají časový krok ve dnech, měsících i letech. (Moravcová, 2011)

Globální modely jsou modely území o velikosti v řádu tisíců km². Modely velkých územních celků (regionální modely) se zabývají středně velkými povodími s rozlohou mezi desítkami až stovkami km². Malá povodí zde uvažujeme jako povodí o velikosti několika km². (Dostál, 1998)

1.3.1 Příklady modelů

Že je modelů srážkoodtokových vztahů opravdu hodně se můžeme přesvědčit v tabulce číslo 2. Obsahuje jen malý počet modelů, které prošly do užšího výběru testování v rámci projektu QJ1520265.

Tabulka 2 Přehled srážko-odtokových modelů a jejich základní charakteristiky. (Kavka a kol., 2015)

Model	Prostorové dělení a měřítko	Časové měřítko	Parametry srážky	Metoda ef.srážky	Routing v ploše
AGNPS	distrib, velká území	Epizodní/ kontinuální	4 typické průběhy H24 dle SCS	B	D
Erosion 2D	regionální	Epizodní	hyetogram	A2	B3
Erosion 3D	regionální	Epizodní	hyetogram	A2	B1
WEPP	regionální / lokální	Epizodní/ kontinuální	hyetogram	A2	B3
DesQ/MaxQ	1 nebo 2 desky, povodí do 10 km ²	Epizodní	blokový déšť	B	B2
Smoderp 1D	1D svah	Epizodní	hyetogram	A1	B3
Smoderp 2D	2D mikropovodí, distrib	Epizodní	hyetogram	A1	B1
SWAT	povodí, HRU	Kontinuální	řada úhmů	A2 / B	D
KINEROS	semidistrib	Epizodní	hyetogram	C	B2
TOPKAPI	plně distrib	Kontinuální/ Epizodní	řada	D	B1
TOPmodel	povodí, semidistrib	Kontinuální/ Epizodní	řada	D	C
MikeSHE	půdní profil až povodí, plně distrib	Epizodní/ kontinuální	hyetogram / řada / mapy	A2 / A3	A
HEC	celistvý, semidistrib	Epizodní (kontinuální)	hyetogram	A2 / B / C	B1/D
Sacramento	celistvý, velká povodí	Kontinuální/ real-time	řada úhmů	E	E
KINFIL	povodí, semidistrib, kaskáda desek	Epizodní	hyetogram	A2	B2
HYDROG	povodí, soustavy	Kontinuální/ real-time		C	D
MMF - SAGA	distrib.	libovolné, spíše kontinuální	úhm, intenzita, trvání, časový krok	C	
HYDROCAD	malé povodí	Epizodní	hyetogram	B	D

Tabulka 3 Legenda k Tab. 2 - klíčové parametry pro klasifikaci modelů

Metoda ef.srážky		Routing v ploše	
A1	fyzikální, inf. dle Phillipse	A	fyzikální, dif. vlna
A2	fyzikální, inf. dle G&A	B1	fyzikální, kinem. vlna na reálném 2D povrchu
A3	fyzikální, inf. dle Richardse	B2	fyzikální, kinem. vlna na koncept. povrchu
B	konceptuální (SCS-CN...)	B3	fyzikální, kinem. vlna na 1D profilu
C	jednoduchá (exponenc. pokles...) konceptuální	C	typ Topmodel (travel time function)
D	typ Topmodel	D	hydrogram
E	konc., systém nádrží	E	konc., systém nádrží

1.4 SMODERP

„Simulační Model Povrchového Odtoku a Erozního Procesu (SMODERP) je fyzikálně založený model, který řeší srážkoodtokové vztahy a erozní procesy na svahu a jeho výstupy lze využít pro návrh prvků protierozní ochrany.“ (Kavka a kol, 2013)

Model se vyvíjí na katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství fakulty stavební ČVUT již od 80. let, největšího pokroku došel v posledních letech za podpory mnoha projektů. Původně byl SMODERP tvořen jako 1D model, s využitím tzv. profilové metody, kdy byla morfologie terénu reprezentována charakteristickým profilem. Tuto verzi lze bezplatně stáhnout na stránkách katedry:

http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/Volne_stazitelne_vysledky/Smoderp/SMODERP_03_2015.zip

Profilová metoda ovšem vnáší do modelu značné nejistoty, převážně v tom, že každý zpracovatel určí charakteristický profil subjektivně. Proto se s rozvojem výpočetní techniky začal na katedře vyvíjet SMORERP 2D. Ten odděleně počítá plošný odtok z povodí, soustředěný odtok v rýhách a odtok v hydrografické síti. Programovacím jazykem SMODERPu 2D je python, aby se dal model propojit s prostředím ArcGIS.

1.4.1 Rovnice SMODERPu

Následující kapitola vychází z manuálu pro model SMODERP1D (2013) a rozpracovaného manuálu pro 2D verzi, oboje tvořené na katedře K143 ČVUT pod vedením Ing. Petra Kavky Ph.D. Použité rovnice jako takové jsou běžnými hydrologickými rovnicemi, hezky je popisuje např. Akan (2006).

V modelu jsou uvažovány dvě složky povrchového odtoku: plošný povrchový odtok a soustředěný odtok v rýhách. Dále je do výpočtu zahrnut odtok hydrografickou sítí.

Plošný povrchový odtok

Model povrchového odtoku (jak 1D tak 2D), využívá k výpočtu dvě základní rovnice a to **rovnici kontinuity** a **pohybovou rovnici**. Z rovnice kontinuity vychází **základní bilanční rovnice**:

$$\frac{dS}{dt} = I_{tot} - O_{tot} \quad (1)$$

Kde: $\frac{dS}{dt}$ změna zásoby [m^3/s],
 I_{tot} aktuální celkový přítok [m^3/s],
 O_{tot} aktuální celkový odtok [m^3/s].

Jednotlivé složky rovnice (1) můžeme rozepsat na:

$$I_{tot} = ES + O^{in}$$
$$O_{tot} = Inf + O^{out}$$

Kde: O^{in} aktuální přítok ze sousedních buněk [m^3/s],
 O^{out} aktuální odtok z buňky [m^3/s],
 ES efektivní srážka [m^3/s],
 Inf Infiltrace [m^3/s].

Když se zaměříme na buňku i v čase t , dostáváme tedy bilanční rovnici ve tvaru:

$$\frac{dS_{i,t}}{dt} = ES_{i,t-1} + \sum_j^m O_{j,t-1}^{in} - Inf_{i,t-1} - O_{i,t-1}^{out} \quad (2)$$

Kde: m jsou buňky, ze kterých vtéká voda do buňky i
 $t-1$ čas, v němž je řešen předcházející simulační krok [min].

Model SMODERP2D ovšem při řešení počítá s veličinami ve výškových jednotkách (m) a intenzitách (m/s). Pokud rovnici (2) vydělíme plochou buňky P a časovou derivaci dt vyjádříme jako rozdíl ($\frac{dS_{i,t}}{Pdt} = \frac{dh_{i,t}^{sur}}{dt} \approx \frac{h_{i,t}^{sur} - h_{i,t-1}^{sur}}{\Delta t}$), získáme rovnici (2) v následujícím tvaru:

$$h_{i,t}^{sur} = h_{i,t-1}^{sur} + \Delta t \left(es_{i,t-1} + \sum_j^m o_{j,t-1}^{in} - inf_{i,t-1} - o_{i,t-1}^{out} \right) \quad (3)$$

Kde: h^{sur} výška hladiny na povrchu (hloubka povrchového odtoku) [m],
 es intenzita efektivní srážky [m/s],
 inf intenzita infiltrace [m/s],
 o^{in} výška vtoku za čas [m/s],
 o^{out} výška odtoku z buňky za čas [m/s].

Efektivní srážka, je část srážky, která přímo dopadne na půdu. Je rovná rozdílu srážky potenciální a srážky, která se vlivem intercepce zachytí na povrchu vegetace. Část srážky, která se zachytí na vegetaci lze spočítat jako násobek potenciální srážky a poměrné plochy listové P_{pl} (leaf area index I_{LAI}) daného vegetačního pokryvu:

$$I_{\Delta t} = PS_{\Delta t} \cdot P_{pl}$$

Efektivní srážku lze pak vyjádřit:

$$ES_{\Delta t} = PS_{\Delta t} \cdot (1 - P_{pl})$$

Kde: ES efektivní srážka [mm],
 PS potenciální srážka [mm],
 I intercepce [mm],
 P_{pl} poměrná ploch listová [-],
 Δt časový krok [min].

Tento vztah platí až do vyčerpání intercepční kapacity rostlin I_{POT} . V modelu je to ošetřeno ve výpočtu intenzity efektivní srážky:

$$es_t = \frac{MAX(0; \sum_{\bar{t}=t_{init}}^t PS_{\bar{t}}(1 - P_{pl}) - I_{POT})}{\Delta t}$$

Kde: $\sum_{\bar{t}=t_{init}}^t$ vyjadřuje množství srážky, které propadlo skrz listy plodiny od počátečního času t_{init} do času t ,
 I_{POT} potenciální intercepce (intercepční kapacita) [mm].

Intenzita infiltrace byla vypočítána pomocí Philipovy rovnice v následujícím tvaru:

$$inf_{i,t} = \frac{1}{2} S_i t^{-\frac{1}{2}} + K_{s,i}$$

Kde: $inf_{i,t}$ intenzita infiltrace [m/s],
 S_i sorptivita půdy [$m\sqrt{s}$],
 $K_{s,i}$ součinitel hydraulické vodivosti půdy [m/s]

Z hloubky povrchového odtoku v rovnici (3) můžeme spočítat specifický plošný průtok q pomocí rovnice odvozené M. Holým v roce 1984:

$$q_{sur} = a h^{sur b} \tag{4}$$

Kde: q_{sur} specifický plošný průtok [m^2/s],
 h^{sur} hloubka povrchového odtoku [m],
 a, b odtokové parametry [-],

Parametr b závisí pouze na půdním druhu, parametr a závisí také na sklonu svahu:

$$a = XI^Y$$

Kde: I sklon svahu [%].
 X, Y parametry, které se objeví v tabulce vegetačně-půdních charakteristik

Protože se parametr a mění v závislosti na drsnosti povrchu, musíme jej upravit, pokud máme půdu s vegetačním krytem, a to následujícím způsobem:

$$a = \frac{XI^Y}{100 \cdot n}$$

kde: n Manningův součinitel drsnosti [-]

Nakonec je dopočítána intenzita odtoku (o^{out}) respektive přítoku (o^{in}) - záleží, z jakého úhlu se na danou intenzitu díváme – takovýmto způsobem:

$$o^{out} (resp. o^{in}) = \frac{l_{eff}}{P} q_{sur}$$

Kde: l_{eff} efektivní vrstevnice [m]
 P plocha buňky [m²]
 q_{sur} specifický plošný průtok [m²/s],

Odtok v rýhách

Povrchový odtok působí na jednotlivá půdní zrna tangenciálním neboli tečným napětím. Někdy je napětí vyšší než soudržnost půdy a vznikají rýhy. SMODERP2D používá k určení vzniku rýh 2 metody: metodu kritického napětí a metodu nevymílacích rychlostí. Výpočet tečného napětí je podle Schwaba (1993) následující:

$$\tau_{sur} = \rho g h^{sur} IK \quad (5)$$

kde: τ_{sur} tečné napětí [Pa],
 g tíhové zrychlení [m/s²],
 ρ měrná hustota vody [kg/m³],
 h^{sur} hloubka povrchového odtoku [m],
 I sklon svahu [-],
 K součinitel šířky (pro plošný odtok $K = 1$).

Rychlost pro malé hloubky proudění se vypočítá:

$$v_{sur} = \frac{q_{sur}}{h^{sur}} \quad (6)$$

Kde: h^{sur} hloubka povrchového odtoku [m],
 q_{sur} specifický plošný průtok [m²/s].

Z nevymílací rychlosti vyjádříme kritickou výšku hladiny pomocí rovnic (4) a (6) jako:

$$h_{crit} = \frac{100 \cdot n \cdot v_{crit}^{1/(b-1)}}{a} \quad (7)$$

Kde: h_{crit} výška hladiny [m],
 v_{crit} kritická nevymílací rychlost [m/s]

(vstupní parametr modelu, v tabulce půdně-vegetačních charakteristik)

Z tečného napětí vypočítáme kritickou výšku hladiny pomocí rovnice (5):

$$h_{crit} = \frac{\tau_{crit}}{\rho g I} \quad (8)$$

Kde: τ_{crit} kritické tečné napětí [Pa],
(vstupní parametr modelu, v tabulce půdně-vegetačních charakteristik)

V každé buňce se vypočítá kritická výška pomocí obou způsobů (7) a (8). Jako kritérium vzniku rýh se bere menší z hodnot.

Výpočet soustředěného odtoku v rýhách v modelu SMODERP vychází z několika předpokladů (Kavka a kol, 2018):

1. Stejná zjednodušení výpočtu proudění jako při výpočtu plošného povrchového odtoku (teorie kinematické vlny). Předpokládá se ustálené proudění, tedy sklon hladiny v rýze rovnoběžný se sklonem dna a neměnná drsnost v celé buňce. Průtok v rýze je vyjádřen pomocí Manningovy rovnice:

$$q_{rill} = Av_{rill} = A \frac{1}{n} R_{rill}^{2/3} I^{1/2} \quad (9)$$

Kde: q_{rill} průtok v rýhách [m³/s],
 v_{rill} rychlost proudění - rýhový odtok [m/s],
 A průtočná plocha [m²],
 N Mannigův součinitel drsnosti,
 R_{rill} hydraulický poloměr v rýze [m].

2. Soustředěný odtok vzniká v buňkách, kde dojde k překročení menší z vypočítaných kritických výšek hladiny h_{crit} podle rovnic (7) a (8)
3. V každé buňce výpočetní oblasti může vzniknout pouze jedna rýha bez ohledu na velikost buňky.
4. Objem vzniklé rýhy odpovídá nadkritickému objemu vody V_{rill} , který vychází ze vztahu:

$$V_{rill} = V_{tot} - V_{crit} = MAX(0; h^{sur} - h_{crit})P$$

Kde: V_{rill} objem vody v rýze v daném elementu [m³],
 V_{tot} celkový objem vody v elementu [m³],
 V_{crit} objem vody do kritické hladiny [m³],
 h_{crit} výška hladiny [m].

5. Tvar příčného profilu rýhy je reprezentován obdélníkem, s pevným poměrem stran $rill_{ratio}$ =výška/šířka rýhy. Velikost rýhy se zvětšuje, pokud je nadkritické množství V_{rill} větší než objem samotné rýhy, tak aby byl splněn předpoklad v předchozím bodě. Při zvětšování rýhy se tedy výška rýhy rovná výšce vodní hladiny v rýze. Pokud začne být nadkritické množství V_{rill} menší než je objem rýhy a dochází k prázdnění rýhy, ale velikost rýhy zůstává konstantní. Dochází pouze k poklesu hladiny. Hydraulický poloměr rýhy, která se zvětšuje nebo je konstantní, lze určit podle následujícího vztahu:

$$R_{rill} = \frac{A}{O} = \frac{h^{rill} b_{rill}}{b_{rill} + 2h^{rill}} \quad pro \quad b_{rill} = \frac{h_{crit}}{rill_{ratio}}$$

Kde b_{rill} šířka rýhy [m],
 O omočený obvod [m],
 A příčná plocha rýhy [m²]
 $rill_{ratio}$ parametr tvaru rýhy [-].

Hydraulický poloměr rýhy, kde hladina oproti výšce rýhy klesá, se určuje jako:

$$R_{rill} = \frac{A}{O} = \frac{h^{rill} b_{rill}}{b_{rill} + 2h^{rill}} \quad \text{pro } b_{rill} = \frac{y}{rill_{ratio}}$$

Kde: y maximální výška hladiny v rýze z předchozích kroků [m]

Výška odtoku (resp. vtoku) z rýhy je vypočtena na základě Manningovy rovnice (9) takto:

$$o_{rill}^{out} (\text{resp. } o_{rill}^{in}) = \frac{q_{rill}}{b_{rill} l_{rill}}$$

Při vzniku rýh musíme upravit bilanční rovnici (3) a prvky vtoku a odtoku v rýhách:

$$h_{i,t}^{sur} = h_{i,t-1}^{sur} + \Delta t \left(es_{i,t-1} + \sum_j^m o_{j,t-1}^{in} - inf_{i,t-1} - o_{i,t-1}^{out} + \sum_k^n o_{rill,k,t-1}^{in} - o_{rill,i,t-1}^{out} \right)$$

Kde: o_{rill}^{in} výška vtoku v rýze za čas [m/s]

o_{rill}^{out} výška odtoku v rýze za čas [m/s]

n jsou buňky, odkud vtéká voda z rýh do buňky i .

Odtok hydrografickou sítí

Model SMODERP2D je vytvářen jako nástroj pro navrhování opatření v ploše povodí. Cílem je, aby simuloval odtoky i v dočasné hydrografické síti, která mění charakter odtoku v ploše povodí. Nejčastěji se jedná o příkopy a průlehy, které mají odváděcí a často protierozní funkci. Všechny prvky (sít' vodních toků, příkopy, průlehy, atp.) jsou zadávány v rámci jedné vektorové vrstvy linií. Výpočetně model pracuje v rastrové síti. V případě, že se na dané buňce rastru vyskytuje úsek hydrografické sítě, je voda dále odváděna tímto úsekem ve směru jeho sklonu bez ohledu na směr plošného či soustředěného odtoku. Proudění v korytech toků je řešeno Mannigovou rovnicí, stejně jako tomu bylo u případu s rýhami:

$$q_{stream} = A \frac{1}{n} R_{stream}^{2/3} I^{1/2}$$

Kde: q_{stream} průtok v otevřeném korytě [m³/s]

A průtočná plocha [m²],

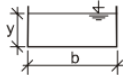
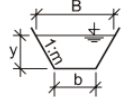
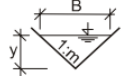
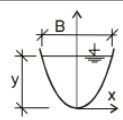
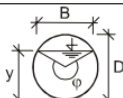
n Mannigův součinitel drsnosti,

R_{stream} hydraulický poloměr v otevřeném korytě [m]

Pro vlastní výpočet odtoku v hydrografické síti je třeba zadat typ a příčný profil daného prvku.

Z nich se na základě následující tabulky spočítá hydraulický poloměr toků R_{stream} .

Tabulka 4 Geometrické charakteristiky příčného profilu koryta (upraveno z Mattas,2014)

Tvar koryta	Průtočná plocha S	Omočený obvod O	Hydraulický poloměr R	Šířka v hladině B	Střední hloubka průřezu y = S/B
	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b	y
	$y(b + my)$	$b + 2y\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{(b + my)y}{b + 2y\sqrt{1 + m^2}}$	$b + 2my$	$\frac{(b + my)y}{b + 2my}$
	my^2	$2y\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{my}{2\sqrt{1 + m^2}}$	$2my$	$\frac{y}{2}$
	$\frac{2}{3}By$	$B + \frac{8}{3} \frac{y^2}{B}$ <i>přibližně pro</i> $0 < \frac{4y}{B} < 1(*)$	$\frac{2B^2y}{3B^2 + 8y^2}$	$\frac{3}{2} \frac{S}{y}$	$\frac{2}{3}y$
	$\frac{1}{8} (\varphi - \sin\varphi) D^2$	$\frac{1}{2} \varphi D$	$\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin\varphi}{\varphi}\right) D$	$2\sqrt{y(D-y)}$	$\frac{1}{8} \left(\frac{\varphi - \sin\varphi}{\sin \frac{1}{2}\varphi}\right) D$

Výška hladiny se dopočítává a teoreticky jde až k nekonečnu. Model tedy neřeší stav, kdy by se voda z koryta rozlila do okolí. Zatím nejsou rozumné nástroje, jak toto řešení do modelu implementovat automaticky. Můžeme ale vytvořit vrstvu toků, které budou mít v místech předpokládaného rozlivu šířku dna jako předpokládaný rozliv.

Délka úseku a sklon jsou převzaty z liniové vrstvy a z digitálního modelu terénu. Protože je model určen pro malá povodí jsou v modelu předpokládány pouze základní tvary příčných profilů (obdélník, lichoběžník, trojúhelník, parabola).

Objem vody, tekoucí v úsecích hydraulické sítě je určen jednoduše jako:

$$V_{stream,out} = \Delta t q_{stream}$$

1.4.2 Rutina SMODERPu

V předchozí kapitole byl nastíněn fyzikální základ modelu. V této kapitole bude objasněno, jakým způsobem model s rovnicemi a vstupy pracuje. Celá kapitola byla inspirována diplomovou prací Ing. Edlmana, který novou rutinu vytvářel.

První věc, kterou model sleduje, je **typ výpočtu**, na jehož základě potom připravuje data. Na výběr má z 5 možností:

- A. Plošný povrchový odtok (*Only shallow surface*)
- B. Plošný a soustředěný odtok (*Shallow and rill surface*)
- C. Difúzní povrchový odtok (*Diffuse shallow surface*)
- D. Plošný, soustředěný odtok a odtok hydrografickou sítí (*Shallow, rill, stream surface*)
- E. Povrchový a podpovrchový odtok (*Surface and subsurface flow*)

Ovšem varianty C a E jsou ještě ve formě příprav.

Následuje **úprava vektorové vrstvy vodních toků**.

„ArcGIS rozeznává orientaci vektoru, která je využita při určení návaznosti jednotlivých úseků. Při editaci dat v ArcGISu je uvažován směr vektoru podle pořadí kreslení, proto může nastat špatná orientace toku (např. dokreslení příkopů do vrstvy vodních toků apod.). Správnost orientace vektorů je ověřena nadmořskými výškami v počátečních a koncových bodech.“ (Edlman, 2015)

Jednotlivým úsekům je také vypočítán sklon, na základě rozdílu nadmořské výšky v počátečním a koncovém bodu a délky. Pomocí matic jsou označeny buňky, na kterých jsou úseky hydrografické sítě. Také je vytvořen seznam buněk s přiřazenými čísly úseků, které určují, kam se napojí přítok z buněk rastru do tabulky vektorové vrstvy.

Charakteristiky koryt (tvar, b, m, Manningova drsnost, Q_{365d}) jsou v samostatné tabulce, která je připojena k vektorové vrstvě toků na základě shodného sloupce v atributových tabulkách a to sloupce „smoderp“

V této práci bylo testováno, jaké změny vyvolá změna hydrografické sítě, tedy byl použit typ výpočtu D. Pan Edlman navrhl tuto rutinu tak, že v místech hydrografické sítě počítá v jednotlivých liniových úsecích a ne v buňkách, jako tomu je u případu A a B. Výpočet po úsecích zvolil pro liniový charakter vodních toků a také proto, že je tak lépe popsán skutečný tvar koryta. Model byl od té doby dále vyvíjen a výpočet byl opět převeden do podoby rastru, ovšem již v návaznosti na Edlmanovu rutinu toků.

Následně jsou výpočty provedeny v maticích vycházejících z rastrů. Výsledky jsou stejně jako vstupy rastrové, vektorové i textové. O vstupech se dočtete v následující kapitole. Já ve své práci vycházím z kombinace výsledků textových a vektorových.

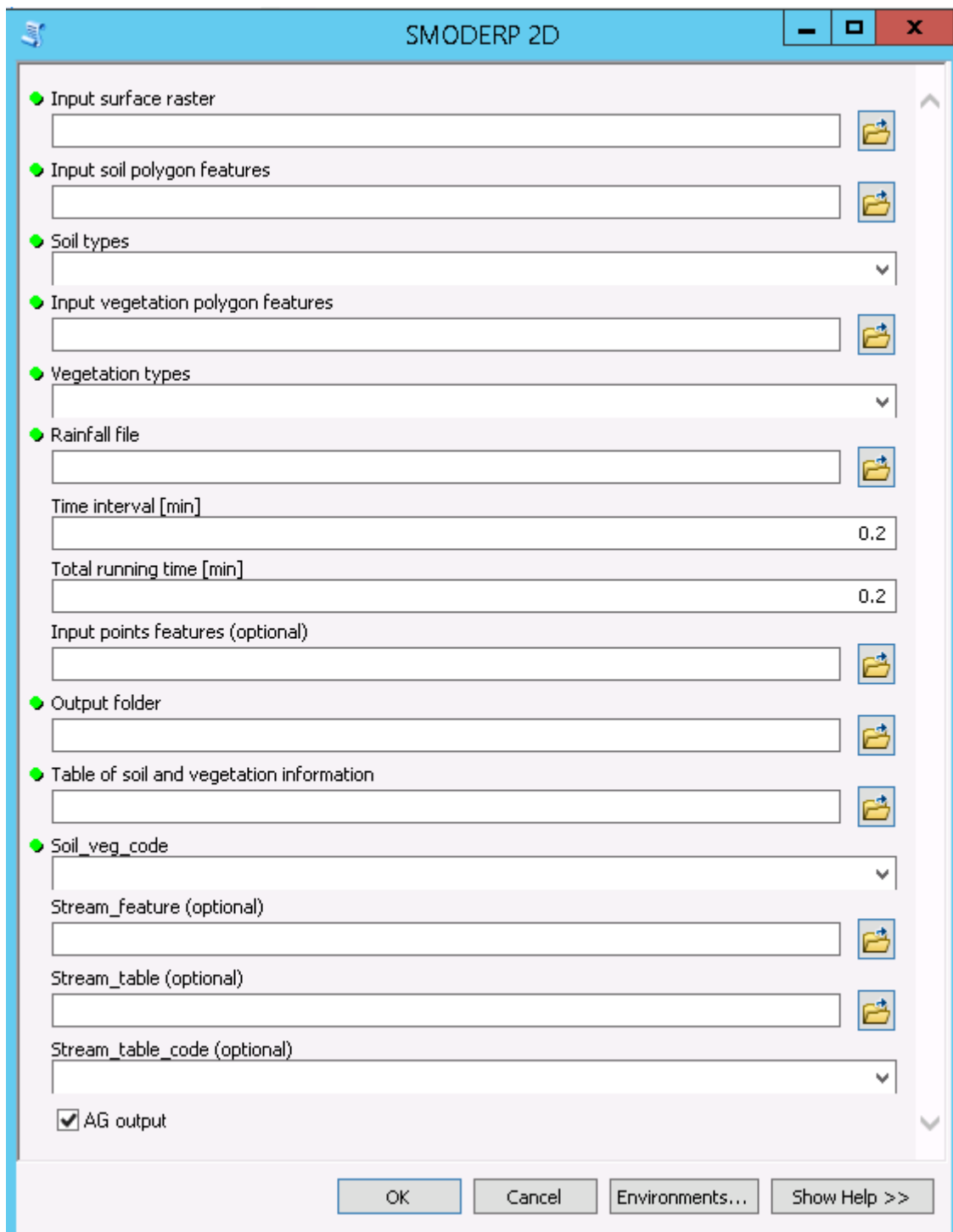
1.4.3 Vstupy do SMODERPu

Základními vstupy pro SMODEPRP jsou obecně: morfologie terénu, vlastnosti půdy, charakter vegetace, návrhové srážky atd. Zadávány jsou ve třech formátech: rastrovém, vektorovém a textovém. Pro práci v 2D modelu byly tyto údaje převedeny na rastrové vrstvy a výpočet pak probíhal v jednotlivých buňkách.

Konkrétní vstupy jsou ukázány v tabulce č. 5 a na obrázku č. 3 je zobrazeno dialogového okna.

Tabulka 5 Tabulka s přehledem vstupních dat (Kavka a kol, 2018)

Název	Typ dat	Povinný / volitelný	Poznámka
digitální model terénu	raster	Povinný	Touto vrstvou se řídí i prostorová diskretizace
prostorové rozložení půd	vektor - polygony	Povinný	V atributové tabulce identifikátor typu půdy
prostorové rozložení typu vegetace	vektor- polygony	Povinný	V atributové tabulce identifikátor typu vegetace
srážková data	.txt soubor	Povinný	Kumulativně zadaná srážka
maximální časový krok	reálné číslo	Povinný	Model mění délku časového podle odtokových podmínek; doporučuje se 30 - 60 sekund
výstupní adresář	text	Povinný	Adresář k uložení výsledků (při spuštění výpočtu se obsah adresáře vymaže!)
bodové výstupy hydrogramů typ výpočtu	vektor - body text	Volitelný Povinný	Body pro výpis výsledků Uživatel má na výběr: pouze plošný odtok, plošný i rýhový odtok, plošný, rýhový odtok i odtok hydrografickou sítí
volba výcesměrného odtoku	logická proměnná	Povinný	Jednosměrný (výchozí) nebo vícesměrný odtok
parametry půdy a vegetace	tabulka	Povinný	Tabulka parametrů půdy a vegetace. Názvy sloupců mají definované označení. Hodnoty se spojí s vektorovými vrstvami.
hydrografická síť	vektor - linie	Volitelný	Prostorové rozložení hydrografické sítě. Atributová tabulka obsahuje identifikátor tvaru jednotlivých úseků.
parametry hydrografické sítě	tabulka	Volitelný	Tabulka parametrů jednotlivých úseků hydrografické sítě
volba arcgis výstupů	logická proměnná	Povinný	Výchozí formát výstupních rastrů je proprietární formát ERSI. Uživatel může zvolit textový formát ASCII.



Obrázek 3 Dialogové okno SMODERPu v prostředí ArcGIS

Digitální model terénu

Digitální model terénu představuje morfologické informace o území. Obecně je z hlediska odtoku jedním z nejdůležitějších vstupů, protože určuje směr, kudy voda poteče. Má rastrovou podobu s jednotlivými buňkami, které mohou mít různý tvar. Nejčastěji jsou čtvercové. Na jejich velikosti, resp. na celkovém počtu buněk, závisí celková doba výpočtu, proto je dobré volit buňky větší než 5 m.

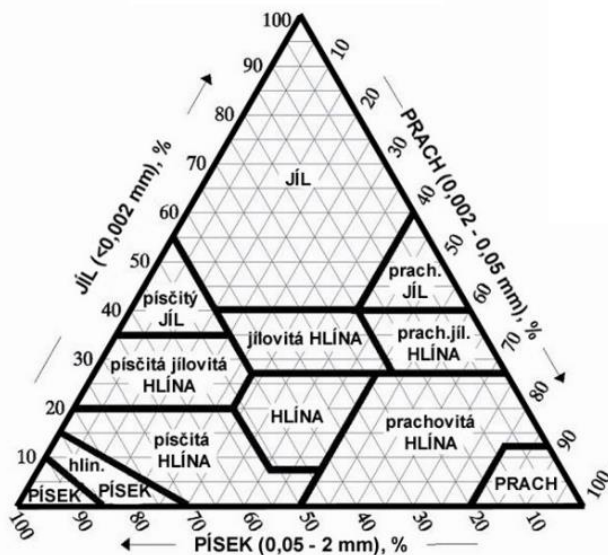
Prostorové rozložení půd

Do modelu je potřeba zadat jednu vektorovou polygonovou vrstvu půdních druhů. Takovou není možné pro ČR získat přímo, ale je nutné ji vytvořit. Je to proto, že jsou data půdních vlastností nejednotná. Zemědělská půda je spravována Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy a její druh je určen podle Novákovy klasifikace. Ta třídí půdy podle obsahu částic menších než 0,01 mm na 7 kategorií.

Tabulka 6 Nováková klasifikační stupnice

Označení druhu půdy	Obsah jílnatých částic (<0,01 mm) v %
Jíl (J)	Nad 75
Jílovitá půda (JV)	60 – 75
Jílovitohlinitá (JH)	45 - 60
Hlinitá (H)	30 – 45
Písčitohlinitá (PH)	20 - 30
Hlinitopísčitá (HP)	10 – 20
Písčitá (P)	0 - 10

Lesní půdu spravuje Ústav pro hospodářskou úpravu lesů a druh je určen na základě americké klasifikace USDA. Ta využívá zrnitostní rozbor na tři třídy (jíl, prach, písek) a následné určení podle trojúhelníkového diagramu na 12 kategorií.



Obrázek 4 Trojúhelníkový diagram USDA (Vopravil a kol., 2009)

Prázdná místa, kde není vrstva lesní ani zemědělské půdy, můžeme doplnit vrstvou KPP, která je na celém území ČR. Do spojené vrstvy půd je potřeba v atributové tabulce označit každou půdu identifikátorem, na jehož základě se spojí s tabulkou půdně-vegetačních charakteristik.

Využití území

Stejně jako vrstvu půd, potřebujeme jednu vrstvu využití území. Pro její vytvoření můžeme použít data ZABAGED. Mezi základní typy, pro které byl model testován, patří: atropogén a zpevněné plochy, holá půda bez vegetace, les, sad, travní porosty, zemědělské plodiny širokořádkové, zemědělské plodiny úzkořádkové. Opět je nutné přiřadit identifikátor daného typu využití území, potažmo vegetace. (Kavka a kol., 2018)

Tabulka půdně-vegetačních vlastností

Protože spolu vlastnosti půdy a vegetace úzce souvisí, byly i v modelu řešeny společně, v rámci této tabulky. Program automaticky složí identifikátory v atributových tabulkách polygonových vrstev půd a využití území. Následně je pomocí tohoto složeného identifikátoru připojena tabulka půdně-vegetačních vlastností. V prvním sloupci „soilveg“ je složený identifikátor půdního druhu (první dvě písmena) a vegetačního krytu (další 1-3 písmena). Půdně-vegetační veličiny jsou popsány v tabulce 8.

Tabulka 7 Půdně-vegetační charakteristiky

označení v tabulce	popis
soilveg	označení druhu půdy a vegetace
k	Součinitel nasycené hydraulické vodivosti $K [m.s^{-1}]$
s	Sorptivita $[m.s^{-0,5}]$
n	Manningova drsnost n
pi	Potenciální intercepce $P_i [mm]$
ppl	Poměrná plocha listová $P_{pl} [-]$
ret	Retence $R [mm]$
b	odtokový parametr $[-]$
x	odtokový parametr $[-]$
y	odtokový parametr $[-]$
tau	kritické tečné napětí $\tau_{krit} [Pa]$
v	kritická nevymílací rychlost $v_{krit} [m.s^{-1}]$

Srážková data

V předchozích odstavcích jsme si odpověděli na otázky kudy a kde (můžeme říci i jak) bude voda téci v ploše povodí. Teď potřebujeme srážku, aby mělo co téci. Srážka je do modelu zadávána pomocí textového souboru se dvěma sloupci. V prvním je čas v minutách, ve druhém kumulativní úhrn k danému času v milimetrech.

Časový krok modelu a doba simulace

Časový krok je hodnota, která označuje velikost jednoho kroku (časového úseku), v němž probíhá výpočet odtoku. Zadaná hodnota se mění na základě Courantova kritéria, ale nikdy nepřekročí hodnotu zadanou uživatelem. „Velikost časového kroku nejlépe ovlivňuje reálnou dobu běhu modelu. Čím nižší je časový krok, tím déle uživatel čeká na výsledky.“ (Zajíček, 2014). Dříve se udával v minutách, nyní již pro uživatele jednodušeji ve vteřinách.

Doba simulace určuje, do jakého časového kroku bude model počítat. Udává se v minutách. Je vhodné volit větší hodnoty, abychom měli jistotu, že veškerá srážka stihne odtéci.

Vrstva bodů pro generování hydrogramů

Je to vektorová vrstva bodů. V těchto bodech budou ukládány vypočtené hodnoty sledovaných veličit v jednotlivých časových krocích. Je to vstupní parametr dobrovolný, pokud nepotřebujeme znát průběh, body zadávat nemusíme. Já bych je ale doporučila zadat vždy, abychom později nemuseli spouštět model znova. Doba výpočtu by to ovlivnit nemělo, protože dané veličiny model stejně bude počítat, jde o to je jen zapsat do souboru. Nicméně testováno to zatím nebylo.

Výstupní adresář

Je to složka, kam se budou ukládat veškeré výstupy. Je nutné pro každý výpočetní scénář vytvořit vlastní složku, protože jsou všechny data z adresáře před začátkem vymazána. Z toho důvodu je důrazně doporučeno vždy před spuštěním modelu provést kontrolu.

Hydrografická síť

Pro zadání hydrografické sítě potřebujeme data dvojího typu. Nejprve vektorovou vrstvu vodních toků, která určuje polohu a směr toku a potom tabulku s charakteristikami koryta, kterými jsou tvar, šířka ve dně, sklony svahů (případně vzdálenosti ohnisek), Manningův součinitel drsnosti a průtok Q_{365} .

Tabulka 8 Ukázka vstupní tabulky hydrografické sítě

cislo	smoderp	tvar	b	m	drsnost	Q365	pozn
0	0	0	0,3	1	0,03	0,02	default

1	obdelnik1	1	0,2	0	0,035	0,00	
2	lichobeznik1	0	0,2	2	0,035	0,00	
3	trojuhelnik1	2	0	2	0,03	0,00	
4	parabola1	3	0,7	0	0,03	0,00	b.. vzd. ohniska

2 Praktická část

2.1 Zpracování

Jako na začátku každého modelování je nejprve potřeba shromáždit vstupní data a upravit je. Dál je potřeba zvolit konkrétní scénáře výpočtu podle toho, co zkoumáme. Nakonec je potřeba vyhodnotit výstupy.

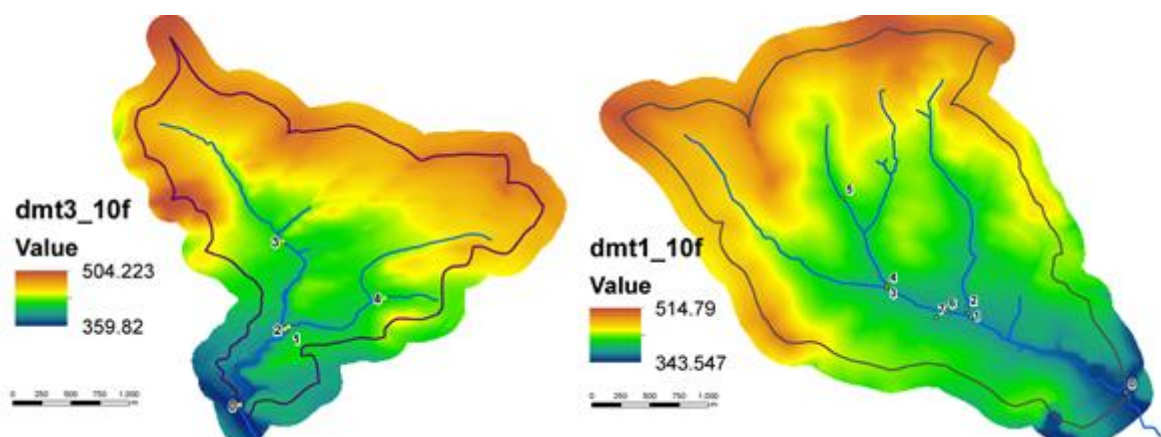
Pracovala jsem na dvou povodích, které byly vybrány jako jedny z 5 charakteristických malých povodí České republiky. Povodí Chouzavá představuje 3. třídu: povodí s přechodným tvarem, se střední dobou koncentrace, s vyšší hustotou říční sítě a střední délkou drah povrchového odtoku, s převážně lesním pokryvem a dalšími plochami generující méně odtoku. Povodí Býkovice představuje třídu 1: povodí vějířovitá s nejkratší dobou koncentrace, střední hustotou říční sítě a délkou drah povrchového odtoku. Využití území je smíšené, zastoupeny jsou lesy i k odtoku náchylnější pokryvy (např. zemědělská půda). (Kavka a kol., 2016)

2.1.1 Vstupní data

Obecně jste se o vstupech do modelu mohli dočíst již v kapitole 1.4.3. na předcházejících stránkách. Zde doplním o konkrétní vstupy, se kterými jsem pracovala.

Digitální model terénu

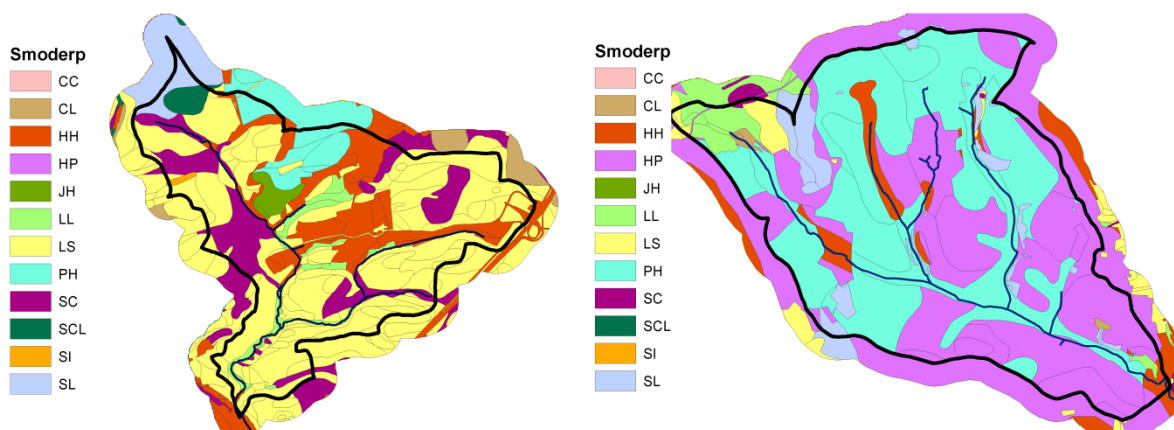
Ve své práci jsem použila digitální model reliéfu (DMR), konkrétně jeho 4. Generaci 4G, který vznikl laserovým skenováním v letech 2009 -2013. (DMR, ČÚZK, 2017). Je to rastrová vrstva s velikostí buňky 5 metrů. Pro účely práce byl upraven tak, aby měl buňky velké 10 metrů. Zkrátila se tím výpočetní doba na čtvrtinu. Následně byl model filtrován běžnými nástroji ArcGIS.



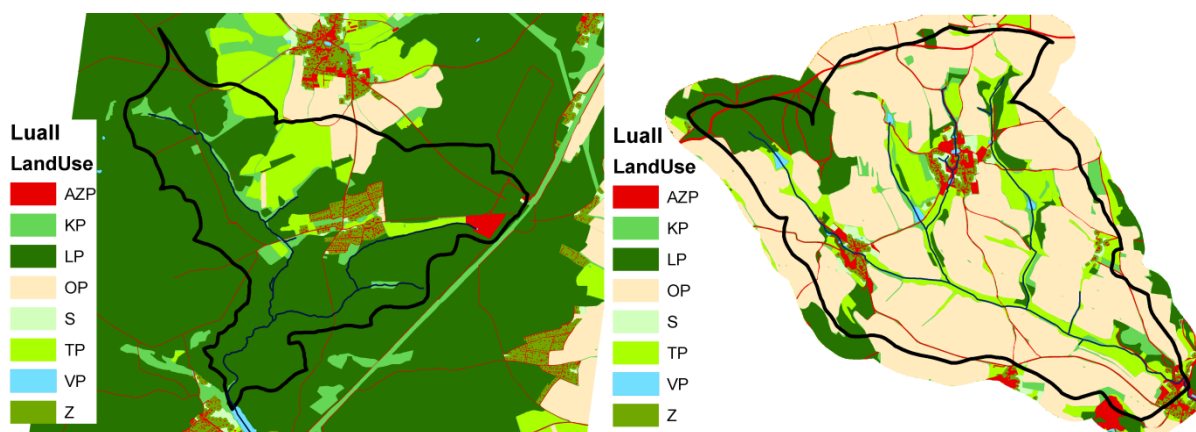
Obrázek 5 DMT pro povodí Chouzavá (vlevo) a Býkovice (vpravo)

Půdně-vegetační charakteristiky

Vrstvu půd vytvořil Ing. Kavka spojením samostatné vrstvy zemědělské půdy, lesní půdy a mapy KPP do jedné vektorové vrstvy. Vrstva využití území (vegetace) byla odvozena na základě dat ZABAGED.



Obrázek 6 Půdní poměry pro povodí Chouzavá (vlevo) a Býkovice (vpravo)



Obrázek 7 Využití území v povodí Chouzavá (vlevo) a Býkovice (vpravo)

Tabulka půdně-vegetačních charakteristik byla tvořena na základě tabulkových hodnot pro dané veličiny. Jsou to veličiny, které nezávisí čistě jen na typu vegetace a druhu půdy. Jejich hodnoty i v tabulkách různí, většinou obsahují průměrnou hodnotu s odchylkami na obě strany. Proto byly tabulky vytvořeny pro různé návrhové scénáře (celkem 216), které se liší hodnotou nasycené hydraulické vodivosti, stavem nasycením půdy, Manningovou drsností a povrchovou retencí. Já pracovala se scénářem 105, s průměrnou hodnotou nenasycené hydraulické vodivosti, při druhém stavu předchozích vláhových poměrů, průměrnou Manningovou drsností, s nezaplňenou povrchovou retencí, s vysokou intercepcí (tzn. vegetace je suchá, neprobíhala předtím srážka).

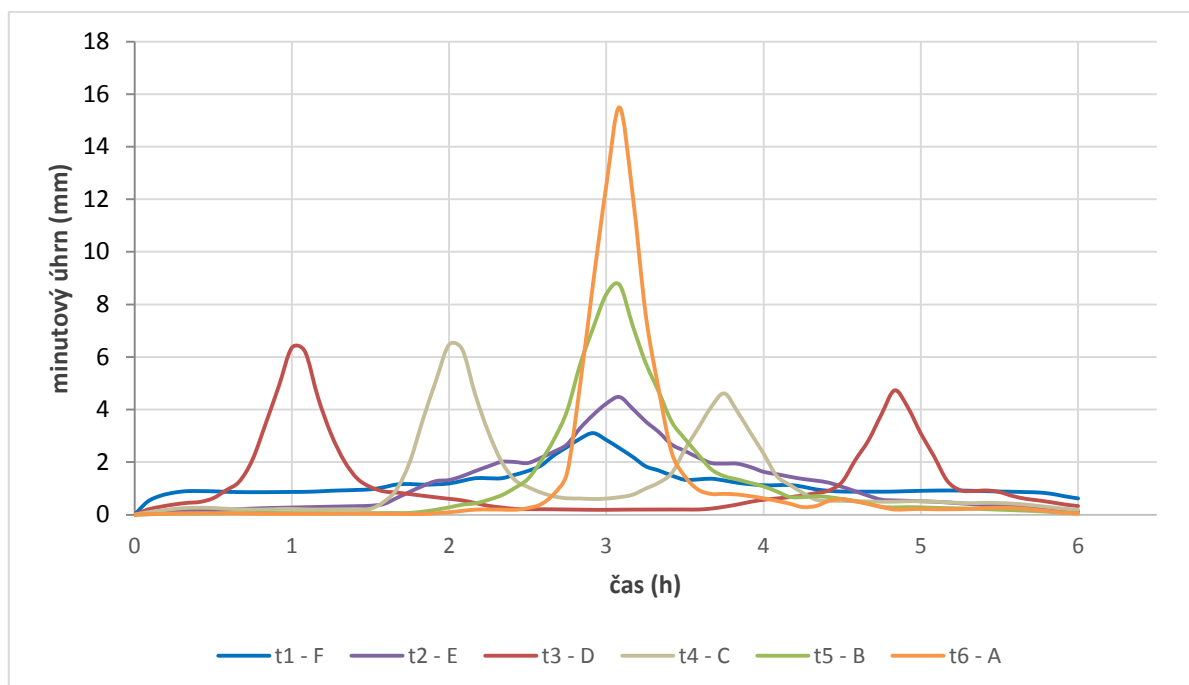
Tabulka 9 Ukázka tabulky půdně-vegetačních charakteristik pro scénář 105

soilveg	k	s	n	pi	ppl	ret	b	x	y	tau	v
---------	---	---	---	----	-----	-----	---	---	---	-----	---

HHAZP	0	0	0.011	0	0	2	1.74	10.08	0.56	100.00	3.00
HHKP	1.7E-06	0.00013	0.12	1	0.4	8	1.74	10.08	0.56	10.79	0.25
HHLP	1.7E-06	0.00013	0.09	1.8	0.9	10	1.74	10.08	0.56	10.79	0.25
HHOP	1.7E-06	0.00013	0.035	0.16	0.13	5	1.74	10.08	0.56	10.79	0.25
HHOZ	1.7E-06	0.00013	0.12	1	0.4	8	1.74	10.08	0.56	10.79	0.25
HHS	1.7E-06	0.00013	0.075	1.1	0.4	8	1.74	10.08	0.56	10.79	0.25
HHTP	1.7E-06	0.00013	0.05	1	0.4	8	1.74	10.08	0.56	10.79	0.25
HHVP	1.7E-06	0.00013	0.02	0	0	0	1.74	10.08	0.56	10.79	0.25
HHZ	1.7E-06	0.00013	0.075	1.1	0.4	8	1.74	10.08	0.56	10.79	0.25

Návrhové srážky

Návrhové srážky byly převzaty z Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i, který v současnosti analyzuje prostorovou a časovou distribuci srážek. Na základně desetileté řady letních srážek v letech 2002-2011 bylo stanoveno 6 typů (tvarů) 6 hodinových srážek, dle nejnovějšího označení A-F (dříve t1-t6) a procentuální zastoupení daných typů v České republice pro jednotlivé doby opakování. (Kavka a kol., 2016) Ve své práci jsem použila srážky, které se na vybraných povodích vykytují nejčastěji a to t1(F), t3 (D) a t5 (B) pro povodí Chouzavá a pro povodí Býkovice srážky t1 (F) a t6 (A). Tvary lze vidět v následujícím hyetogramu (záměrně byly odstraněny hodnoty minutových úhrnů, protože ty závisí na celkovém srážkovém úhrnu, graf je jen ilustrací tvarů srážek)



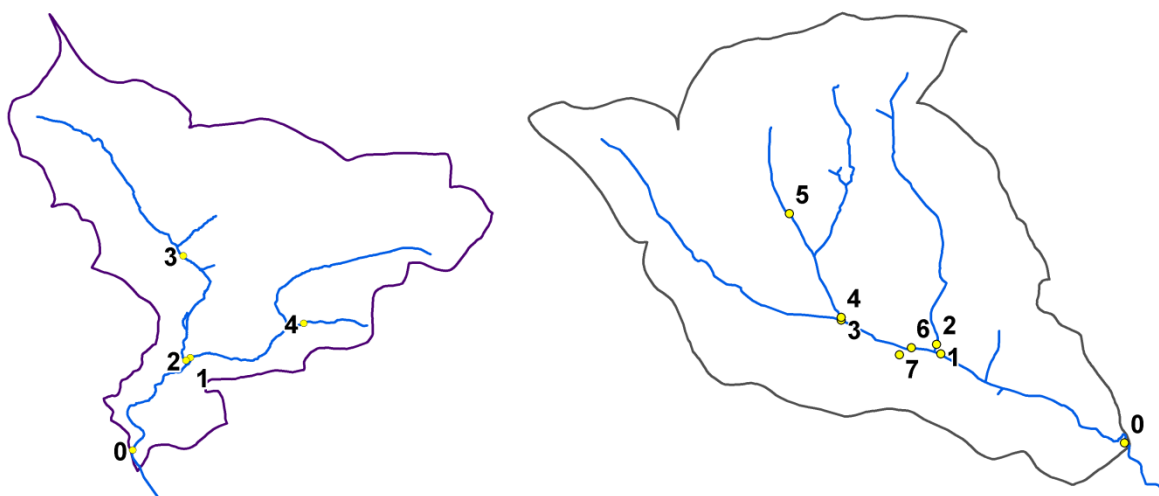
Obrázek 8 Tvary srážek

Časový krok modelu a délka běhu modelu

V práci byl, převážně také z časových důvodů, zvolen krok 20 vteřin. Délka běhu modelu určuje, do jakého časového kroku bude model počítat. Pro tento případ byla délka běhu nastavena na 480 minut, což je o 2 hodiny více, než trvá srážka, aby byla lépe vidět odezva povodí na srážku.

Vrstva bodů pro hydrogramy

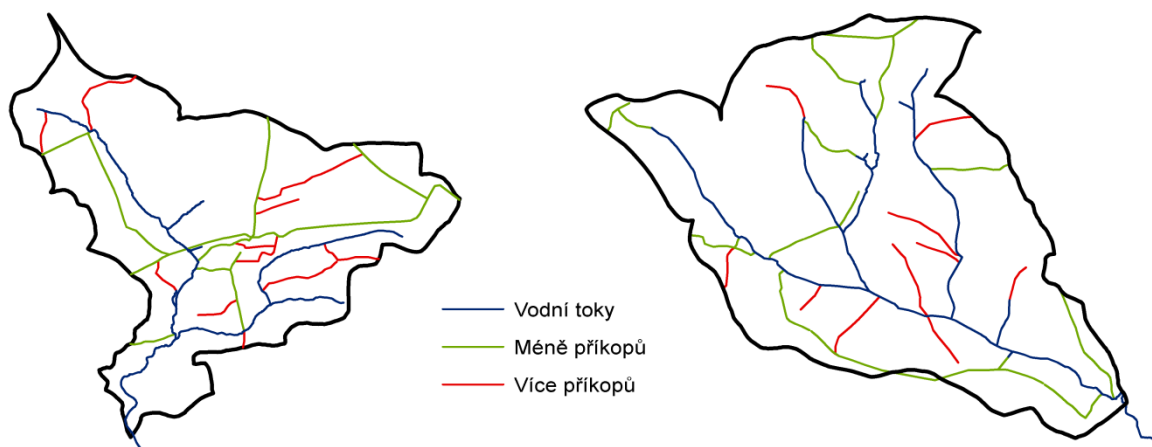
Pro povodí Chouzavá byla vytvořena vrstva s 5 body, pro Býkovice má vrstva bodů 7. V obou případech je obsažen bod posledním úseku a body před významnými soutoky.



Obrázek 9 Vrstva bodů pro povodí Chouzavá (vlevo) a Býkovice (vpravo)

Hydrografická síť

Původní toky byly získány z databáze DIBAVOD. Pro zadání hydrografické sítě potřebujeme data dvojího typu. Nejprve vrstvu linií vodních toků, která určuje polohu a směr toku a potom tabulku s charakteristikami koryta, kterými jsou tvar, šířka ve dně, sklony svahů a Manningův součinitel drsnosti.



Obrázek 10 Hydrografická síť pro povodí Chouzavá (vlevo) a Býkovice (vpravo)

Odhadnout Manningův součinitel drsnosti, je věc velmi obtížná, protože je to číslo, které v sobě zahrnuje vliv všeho, co působí na odtok, kromě podélného skonu a hydraulického poloměru, jak vidíme z Manningovy rovnice. Těmito vlivy jsou podle Chowa (1959): povrchová drsnost (velikost a tvar zrn materiálu tvořícího omočený obvod), vegetace, nepravidelnost koryta (velikost a tvar příčného profilu koryta), půdorys koryta (zakřivení trasy), zanášení a vymílání, překážky, vodní stav a průtok, sezonní změny, splaveniny.

Pro usnadnění odhadování bylo vytvořeno mnoho katalogů se slovním popisem i fotografiemi toků odpovídající drsnosti, které nabývají hodnot 0,017 (minimum pro upravená koryta) do 0,150 (maximum pro velmi zaplevelené toky). Např.: katalog L. Smelíka na: <https://sites.google.com/site/katalogdrsnosti/home>.

Ve své práci jsem se zaměřila na porovnání vlivu drsnosti. Na základě výše zmíněného katalogu spolu s tabulkou Chowa jsem zvolila tři drsnosti. První $n = 0,035$ reprezentuje přirozený tok. Další $n = 0,020$ ukazuje situaci, kdyby koryta byla upravena, s betonovým dnem a stěnami s lomovým kamenem do malty. Poslední $n = 0,070$ představuje zarostlá koryta.

2.1.2 Výběr výpočetního scénáře

V rámci projektu se počítalo na velkém množství scénářů. 5 povodí, 216 kombinací půdně-vegetačních charakteristik, 6 typů srážek, 5 dob opakování, dohromady tedy 32 400 scénářů. Já se zaměřila na zkoumání menšího úseku dat. Předně jsem řešila jen dvě povodí, Chouzavou a Býkovice. Vybrala jsem půdně-vegetační scénář číslo 105 s průměrnou hodnotou nenasycené hydraulické vodivosti, při druhém stavu předchozích vláhových poměrů, s průměrnou Manningovou drsností, s nezaplňenou povrchovou retencí, s vysokou intercepcí (tzn. vegetace je suchá, neprobíhala předtím srážka). Z typů srážek jsem si vybrala ty, které se v povodích vyskytují nejčastěji: $t_1(F)$, $t_3(D)$ a $t_5(B)$ pro povodí Chouzavá a pro povodí Býkovice srážky $t_1(F)$ a $t_6(A)$. Doby opakování jsem uvažovala 5, 20 a 100 let (tedy jsem neřešila 2 a 50 let).

Následně jsem ovšem přidala další kritéria vodních toků, které jsem chtěla zkoumat: zmenšení drsnosti, zvýšení drsnosti, rozšíření o méně prvků dočasné hydrografické sítě a rozšíření o více prvků dočasné hydrografické sítě. Tyto čtyři možnosti, byly počítány pro všechny typy dešťů i doby opakování. U doby opakování 20 let jsem testovala změnu rozměrů příkopů a průtoku, který se v tocích objeví po celý rok, Q_{365} .

2.1.3 Postup hodnocení

Hodnocení jsme prováděla v konkrétních bodech. Při hodnocení jsem vycházela z výsledků v textovém souboru *stream.txt*, kde mě zajímal kumulativní objem odtoku, maximální

(kulminační) průtok a čas maximálního průtoku; a z textových souborů *point00x.dat*, kde jsem sledovala průběh odtoku v jednotlivých bodech.

Pomocí vrstvy *stream.shp*, která obsahuje i sloupce ze *stream.txt*, jsem zjistila, v jakých úsecích vodních toků se nachází jednotlivé body. Následně jsem odpovídající řádky zkopírovala do jedné tabulky. Potom jsem vypočítala procentuální rozdíly v průtocích, které jsem následně porovnávala. Porovnávala jsem zásadně absolutní hodnoty rozdílu, kdy znaménko uvažuji jen jako směr, jakým směrem se změna odehrála. Čas kulminace jsem porovnávala v konkrétních minutových hodnotách.

2.2 Výsledky Chouzavá

2.2.1 Úprava vrstvy vodních toků

Nejprve jsem na základě terénního průzkumu v povodí Chouzavá upravila úseky vodních toků, aby toky lépe odpovídaly realitě. Vybrané fotografie z povodí naleznete v příloze. 12 úseků jsem rozdělila na 19, aby se úseky daly snáze popsat shodnými charakteristikami. Rozhodující byl především tvar a velikost příčného profilu. V úvahu byla brána i drsnost, ale jak již bylo zmíněno výše, je to charakteristika, která se jen velmi těžko určuje a v průběhu roku se mění. Proto byl výpočet testován pro výše zmíněné tři typy drsností.

Určit úseky s podobnými charakteristikami je na přirozeném toku celkem obtížná záležitost. I když pomineme drsnost, koryto Chouzavé a jejích přítoků bylo poměrně nepravidelné, úzké úseky střídaly místa rozlivu do lužního lesa, a vodní tok se místy dělil na dvě větve. Bohužel možnost rozlivu v rámci modelu řešena není.



Obrázek 11 Rozliv přítoku Chouzavé

V tabulce č. 10 je porovnání jak se liší výsledky s danými úseky. Původních 12 úseků má tvar obdélníka o šířce 1 m. Upravené úseky mají průměrný profil odhadnutý na základě terénního průzkumu. Lze vidět, že v kulminačním průtoku ani v čase kulminace není rozdíl nijak velký. Je to díky, tomu, že odhad šířky 1 m je poměrně přesný pro malá povodí. Když uděláme vážený průměr šířky upravených toků, kde váha je délka úseku, dostaneme číslo 0,76 m. Zde je tedy dobré zmínit, že není třeba vkládat nadbytečně velké úsilí na určení úseků, protože se to na výsledcích tolik neprojeví. Rozhodně bych ale doporučila terénní průzkum a ověření, že tok není výrazně jiný, než odhadujeme. Protože jsem si dala s určováním úseků práci, a protože věřím, že se o něco víc blíží reálnému stavu, přestože to není úplně zřejmé, nadále jsem pracovala právě s nimi.

Pro zajímavost přidávám výsledky upravených 12 úseků, aby bylo vidět, jaká je posloupnost změn: původní toky, stejný počet úseků se změněným profilem, rozdělení na více úseků se změněným profilem.

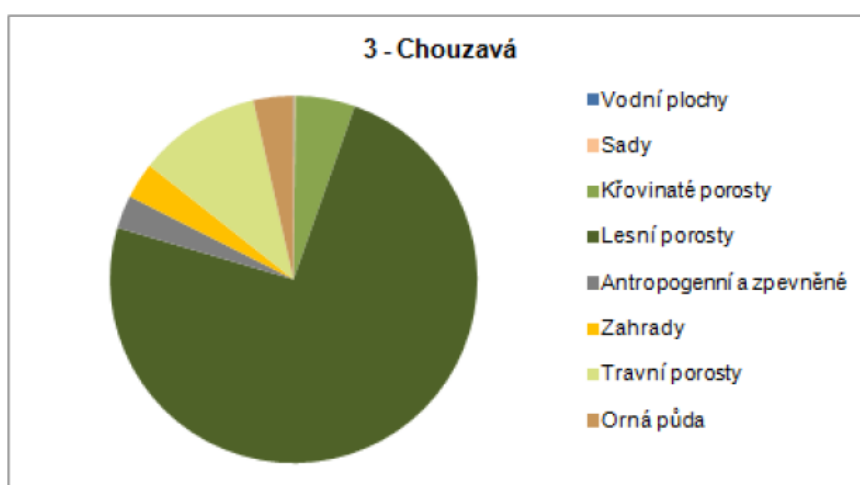
Tabulka 10 Porovnání v závěrovém profilu při změně úseků vodních toků

Vodní toky	Kumulativní objem V [m^3]	Rozdíl $V_{\text{upravené}} - V_{\text{původní}}$ [%]	Kulminační průtok Q_{max} [m^3/s]	rozdíl $Q_{\text{upravené}} - Q_{\text{původní}}$ [m^3/s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace $t_{Q_{\text{max}}}$ [s]	rozdíl času kulminace příkopy - původní [min]
12 úseků (původní)	69355.80		24.10			13215.30	
12 úseků (upravené)	69363.45	0.01	23.58	-0.52	-2.21	13248.41	0.55
19 úseků (upravené)	69384.87	0.04	24.52	0.42	1.72	13190.46	-0.41

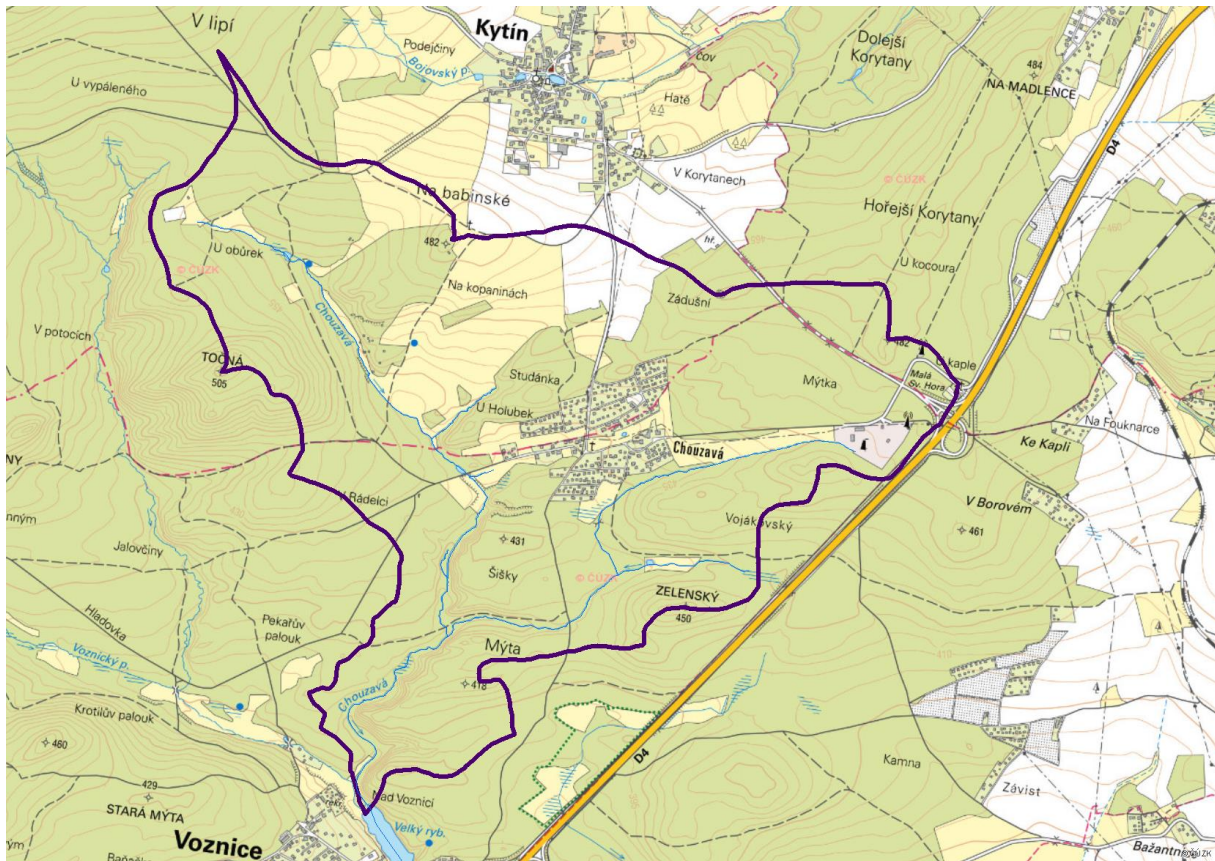
2.2.2 Popis povodí Chouzavá

Povodí potoka Chouzavá se nachází mezi katastrálním územím Kytín, Voznice a Mníšek pod Brdy v okrese Praha – Západ ve Středočeském kraji, nedaleko Mníšku pod Brdy. Má trojúhelníkovitý tvar se závěrovým profilem v jižním cípu, kde vtéká do Velikého rybníka nedaleko vtoku Voznického potoka.

Je to lesní povodí smíšeného lesa, s velkým zastoupením dubů, habrů, buků, smrků, s příměsí lípy a modřínů. Smrky často tvoří monokulturní plochy, které jsou využity na těžbu dřeva. V povodí se nachází dvě lesní školky: V Loužku a Chouzavá. Dále jsou v povodí tři malé rybníky, z nichž největší je velký cca 700 m².



Obrázek 12 Využití území povodí Chouzavé (Kavka a kol, 2016)



Obrázek 13 Povodí Chouzavá



Obrázek 14 Kříž uprostřed osady Chouzavá

V povodí se nachází jediná obec Chouzavá, která je spíše chatařskou osadou k rekreaci, než k trvalému pobytu, skládající se z přibližně stovky obytných objektů. Je rozdělena na dvě části, severní část patří do katastrálního území Kytín, jižní část do katastrálního území Voznice. K roku 2011 žilo v obci 50 lidí. (Chouzavá, Wikipedia [online]). V západním cípu se nachází Betonárna Kytín.



Obrázek 15 Betonárna Kytín

Charakteristiky povodí podle Kavky a kol (2016):

„Katastrální území: Kytín, Voznice, Mníšek pod Brdy

Klimatická oblast: mírně teplá

Typy krajiny: Krajiny vrchovin Hercynia, Lesní krajina, lesozemědělská krajina

Nadmořská výška: 360–504 m n. m.

Průměrný sklon povodí: 8.6 %

Klasifikace půd:

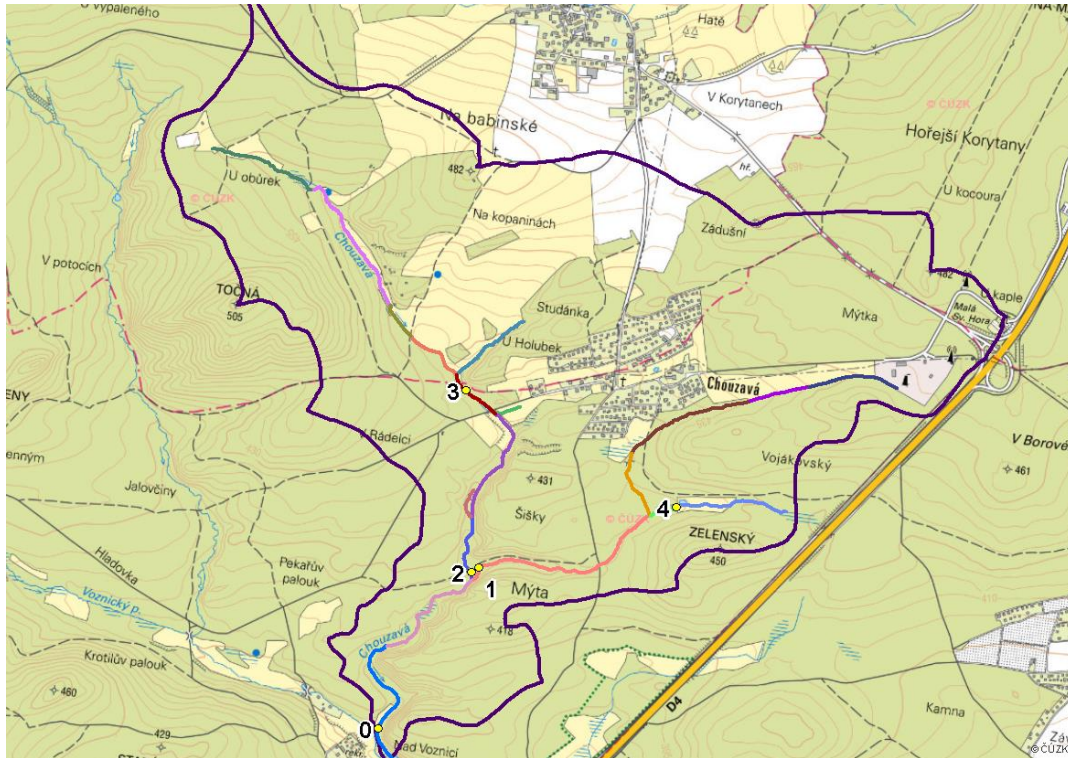
severní část - Kambizem kyselá, svahoviny sedimentárních hornin střední KAa30

jižní část - Kambizem modální, svahoviny sedimentárních hornin střední KAm30

Půdy dle zrnitosti: hlinitá půda 91 %, písčitohlinitá 8 %“

2.2.3 Vliv drsnosti

Co se týče drsnosti, pracovala jsem na vrstvě vodních toků bez příkopů s upravenými úseky podle terénního průzkumu (19 úseků). Pro ilustraci přikládám obrázek povodí se zvýrazněnými úseky a body.



Obrázek 16 Vodní toky - hodnocení drsnosti, Chouzavá

Hodnotila jsem vliv tří typů drsnosti, které odpovídají přirozenému korytu v dobrém stavu ($n = 0,035$), korytu upravenému betonem ($n = 0,020$) a zarostlému korytu ($n = 0,070$). Výsledky jsem porovnávala v posledním (závěrovém) úseku (bod 0), který reprezentuje celkové změny v povodí. Výsledky jsou v tabulce 13 na další stránce, následují hydrogramy pro jednotlivé typy srážky a doby opakování.

Z tabulky č. 11 vidíme, že se celkový odtok z povodí (objem odtoku) se změnou drsnosti toku nezmění. Rozdíl v průtocích je mnohem větší u vyšší drsnosti 0,07, což je pochopitelné, protože se i více liší od původní drsnosti než drsnost 0,02. Nejvýraznější rozdíl to je při srážce t3 (D) s dobou opakování 100 let a to necelých 30%. Z hlediska času kulminace je největší rozdíl zpoždění 18 minut při srážce typu t1(F) s dobou opakování 20 let.

Většinou s rostoucím číslem typu srážky roste procentuální rozdíl v kulminačním průtoku. Zatímco u srážek typů 1 (F) a 5 (B) procentuální rozdíly oscilují kolem podobných hodnot pro všechny 3 doby opakování, u srážky typu 3 (D) se při době opakování 100 let rozdíl téměř

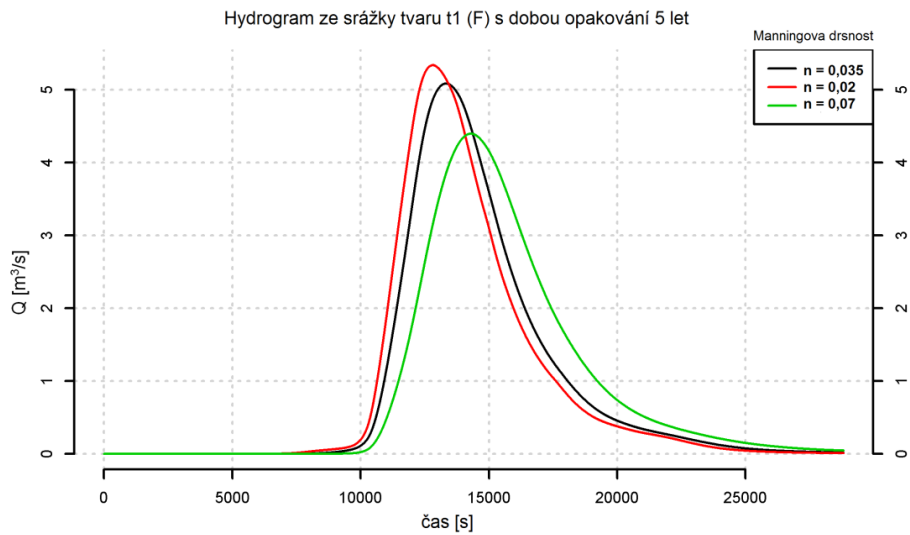
zdvojnásobí. Příčina tohoto jevu nebyla zjištěna, možným důvodem by mohl být tvar srážky „velbloud“ se dvěma maximy blízko začátku a konce srážkové události.

S rostoucí dobou opakování většinou roste i velikost rozdílu mezi původním průtokem a průtokem toku se změněnou drsností.

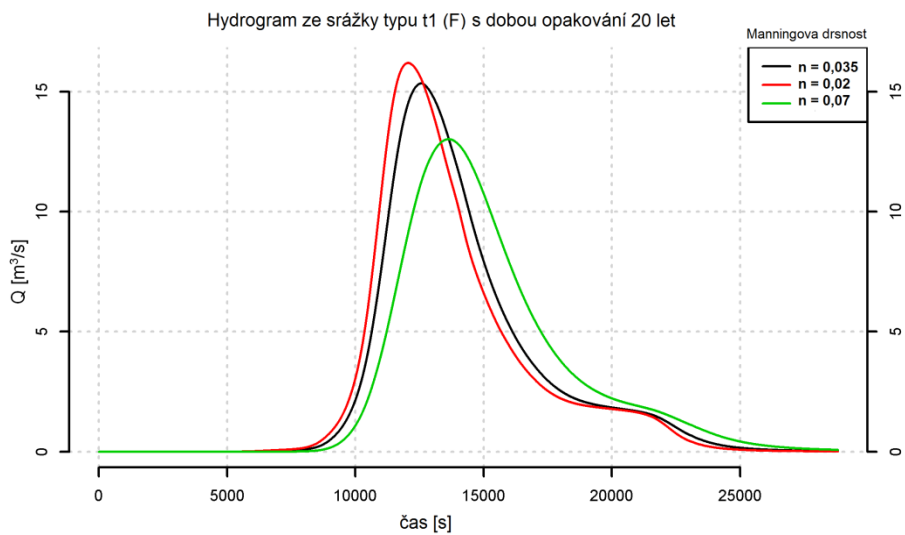
Tabulka 11 Vliv drsnosti v bodě 0, Chouzavá

Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Přikopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	rozdíl Q _n - Q _{n=0.035} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	Rozdíl v čase kulminace [min]
n005	t1	-	0.02	0	25223	0.16	5.34	0.25	4.96	213	-9
n005	t1	-	0.035	0	25182		5.09			222	
n005	t1	-	0.07	0	25044	-0.55	4.40	-0.69	-13.56	238	16
n005	t3	-	0.02	0	30346	0.15	8.13	0.61	8.05	322	-7
n005	t3	-	0.035	0	30301		7.53			329	
n005	t3	-	0.07	0	30053	-0.82	5.99	-1.54	-20.44	344	15
n005	t5	-	0.02	0	69443	0.05	27.24	2.56	10.39	212	-7
n005	t5	-	0.035	0	69405		24.68			220	
n005	t5	-	0.07	0	69311	-0.14	18.82	-5.86	-23.73	234	14
n020	t1	-	0.02	0	78821	0.14	16.19	0.85	5.55	201	-9
n020	t1	-	0.035	0	78711		15.34			209	
n020	t1	-	0.07	0	78525	-0.24	13.02	-2.33	-15.16	227	18
n020	t3	-	0.02	0	96198	0.11	18.53	1.28	7.42	314	-7
n020	t3	-	0.035	0	96092		17.25			321	
n020	t3	-	0.07	0	95857	-0.24	13.84	-3.41	-19.77	336	15
n020	t5	-	0.02	0	150678	0.04	63.13	6.56	11.60	206	-8
n020	t5	-	0.035	0	150616		56.57			214	
n020	t5	-	0.07	0	150514	-0.07	41.75	-14.82	-26.19	227	13
n100	t1	-	0.02	0	163546	0.02	29.76	1.46	5.14	197	-8
n100	t1	-	0.035	0	163519		28.30			204	
n100	t1	-	0.07	0	163195	-0.20	24.32	-3.98	-14.07	221	17
n100	t3	-	0.02	0	192378	-0.01	44.75	5.67	14.52	86	-8
n100	t3	-	0.035	0	192389		39.08			94	
n100	t3	-	0.07	0	192058	-0.17	27.36	-11.72	-29.98	106	12
n100	t5	-	0.02	0	253019	0.02	104.97	10.96	11.66	202	-8
n100	t5	-	0.035	0	252977		94.01			210	
n100	t5	-	0.07	0	252907	-0.03	69.07	-24.94	-26.53	223	13

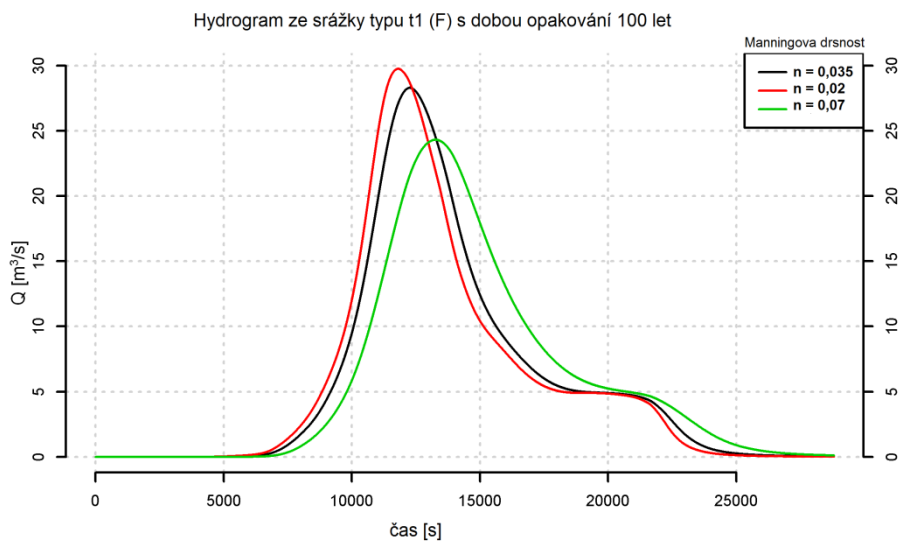
Tabulku celkových výsledků pro všechny body najdete v příloze.



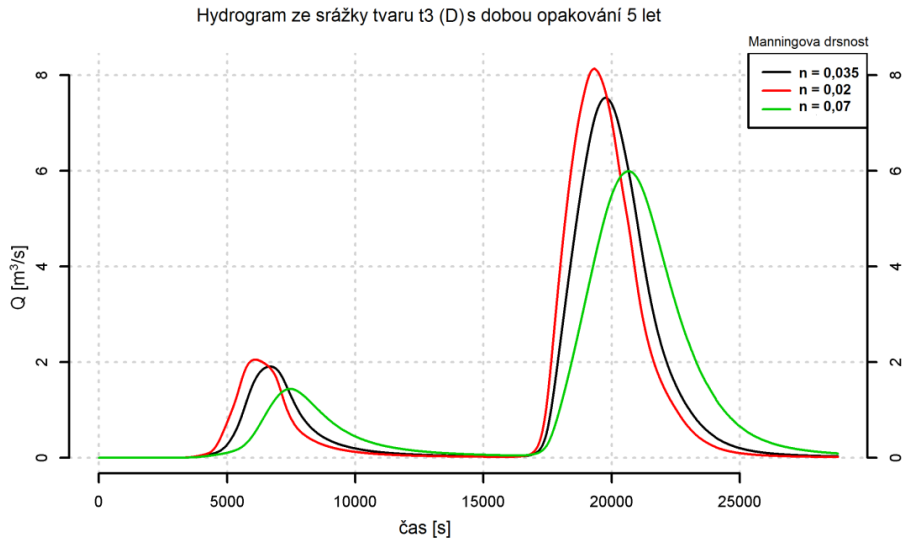
Obrázek 17 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t1 (F), N = 5 let



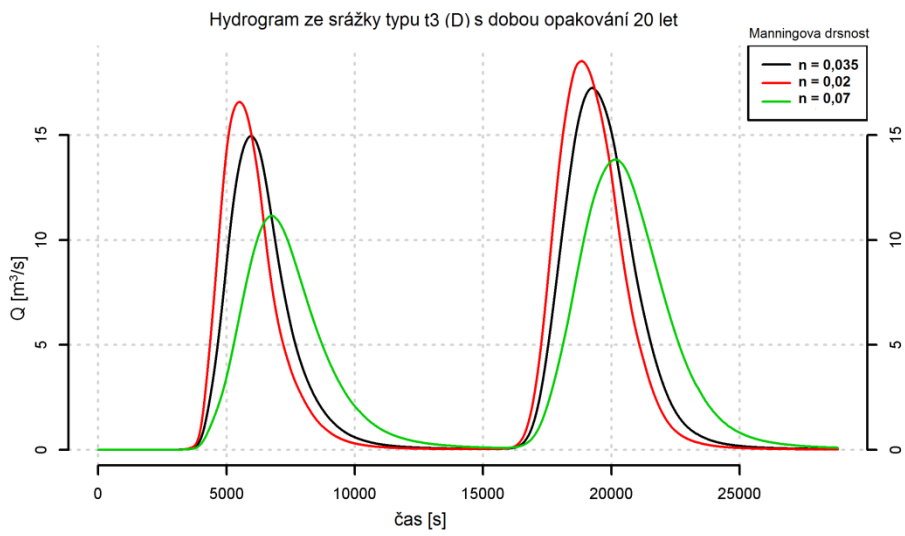
Obrázek 18 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t1 (F), N = 20 let



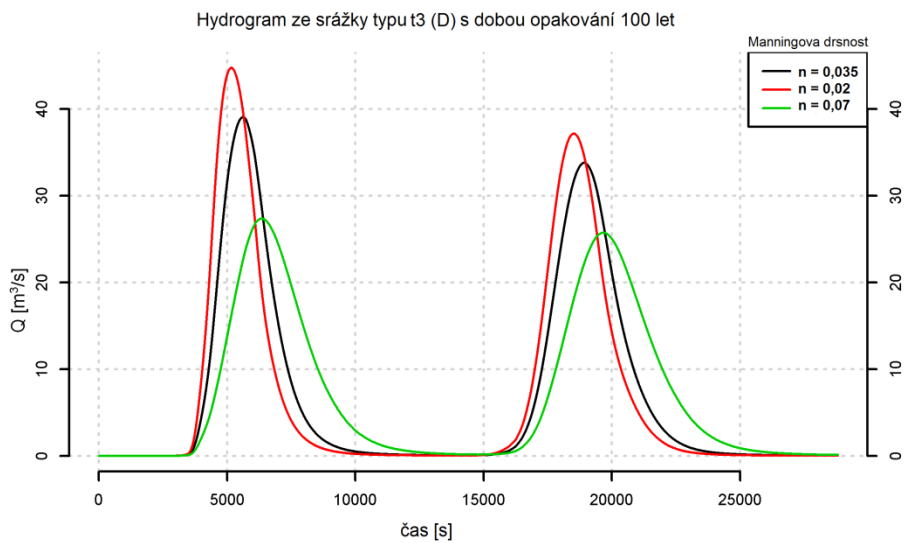
Obrázek 19 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t1 (F), N = 100 let



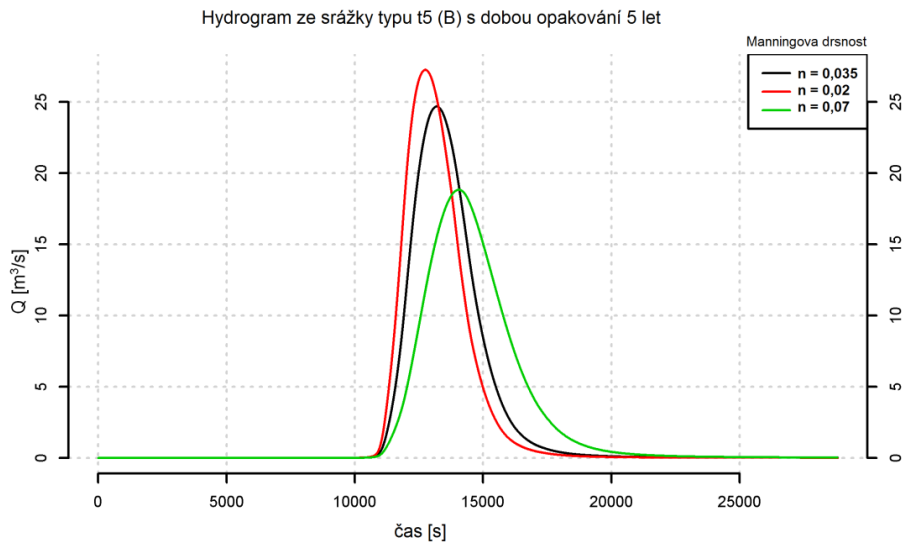
Obrázek 20 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t3 (D), N = 5 let



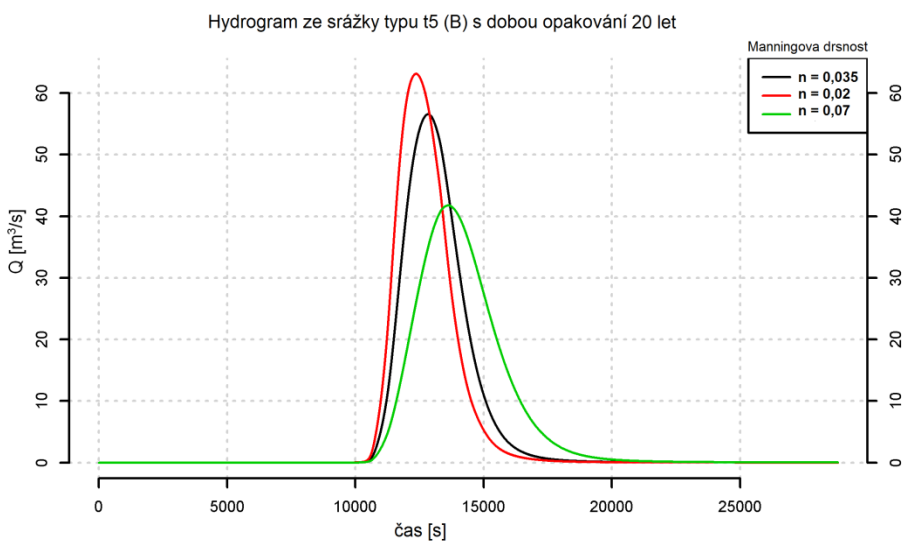
Obrázek 21 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t3 (D), N = 20 let



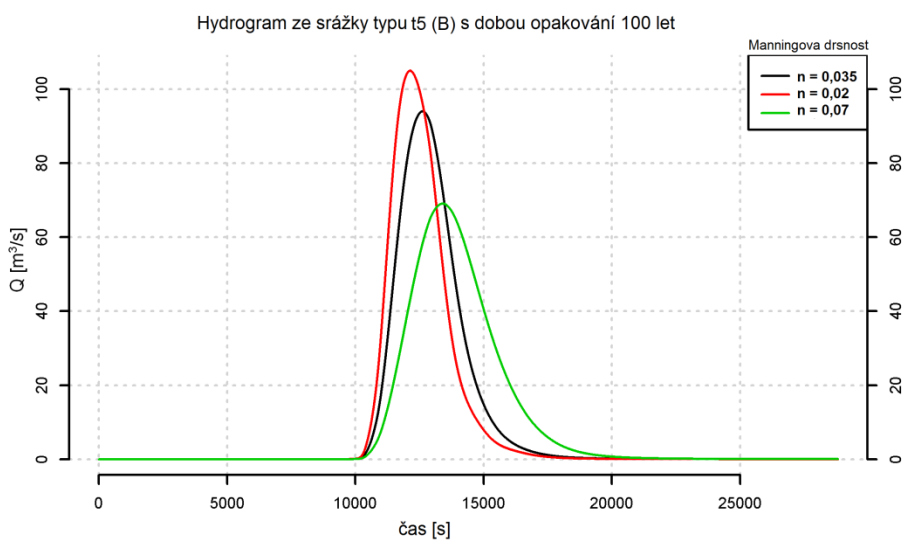
Obrázek 22 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t3 (D), N = 100 let



Obrázek 23 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t5 (B), N = 5 let



Obrázek 24 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t5 (B), N = 20 let



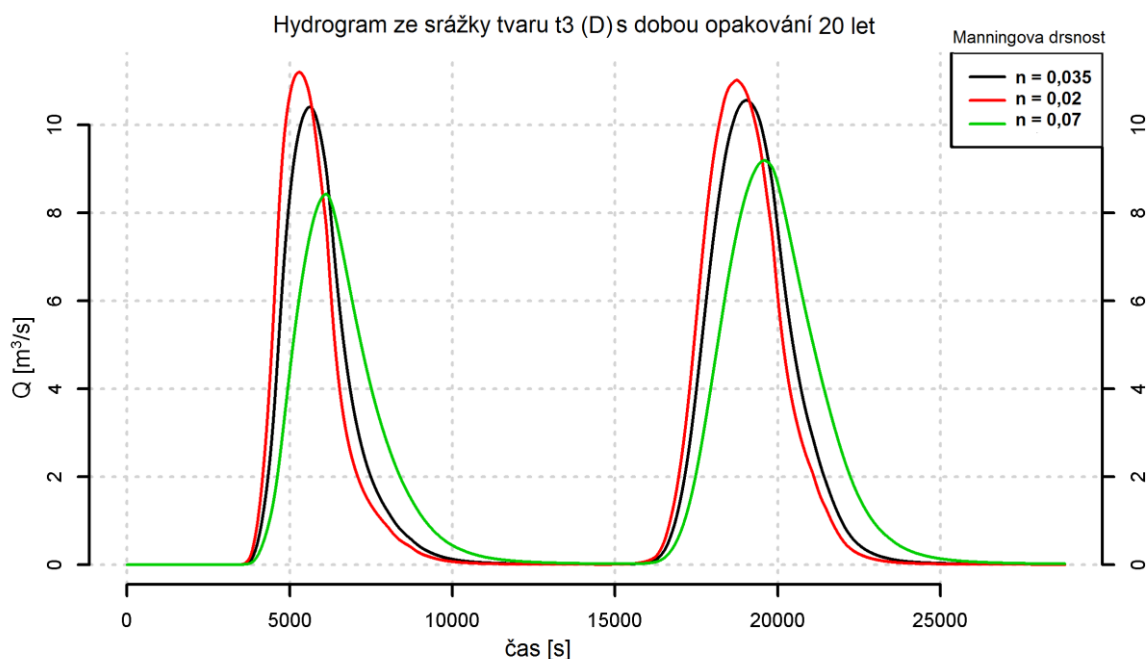
Obrázek 25 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t5 (B), N = 100 let

Zajímavost při srážce t3s N=20 let v bodech 2 a 3

Při porovnávání výsledků jsem vytvořila tabulku pro všechny body v povodí. Čeho jsem si všimla na první pohled, byl výrazně jiný čas kulminace při 20 leté srážce t3 v bodech 2 a3. Čísla kolem 230 minut vypadají sice hrozně, podíváme-li se však na průběh, není to změna tolik dramatická. To proto, že srážka t3 má dvouvrcholový tvar. Stačila jen malá změna průtoku na prvním vrcholu a už se vyhodnotil jako maximální. Pro ilustraci přikládám tabulku a hydrogram v bodě 2.

Tabulka 12 Vliv drsnosti v bodech 2,3, Chouzavá

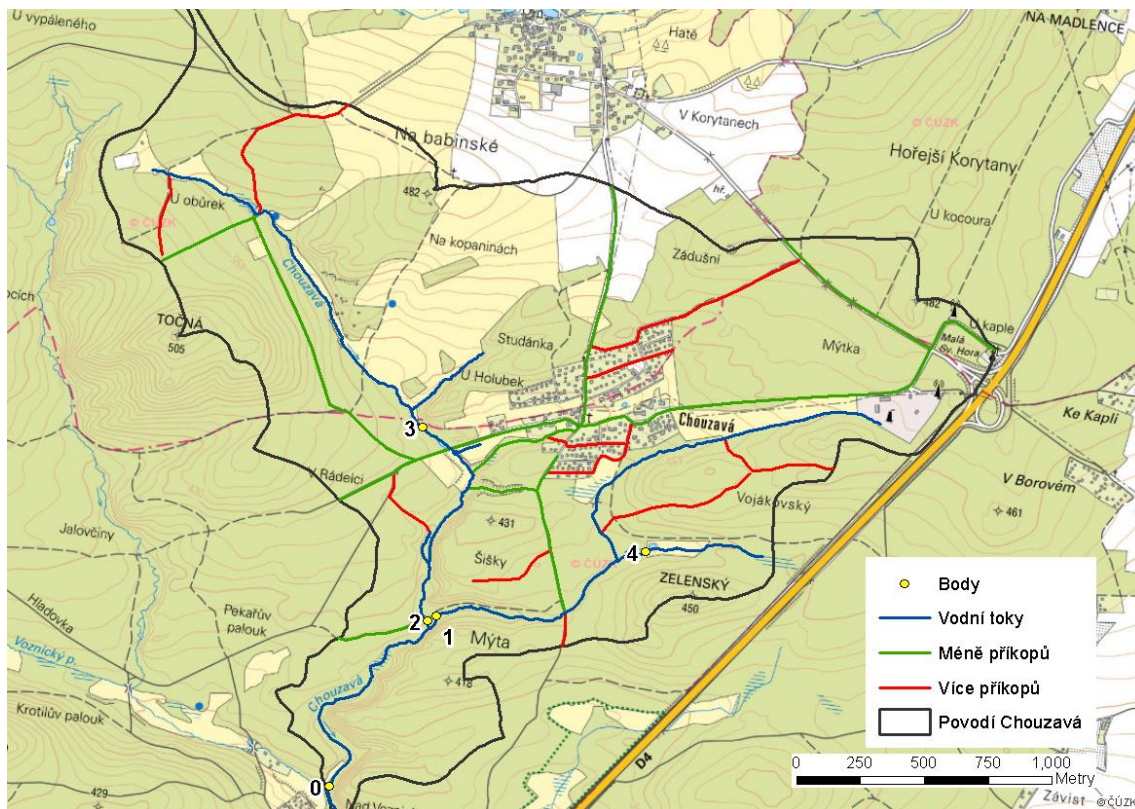
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Přikopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	rozdíl Q _n - Q _{n=0,035} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	Rozdíl času kulminace [min]
n020	t3	-	0.02	2	54539	11.20	0.64	5.73	88	-229
n020	t3	-	0.035	2	54529	10.56			317	
n020	t3	-	0.07	2	54489	9.19	-1.37	-14.90	326	9
n020	t3	-	0.02	3	31759	6.99	0.35	5.06	85	-227
n020	t3	-	0.035	3	31755	6.63			312	
n020	t3	-	0.07	3	31738	5.86	-0.77	-13.15	318	6



Obrázek 26 Hydrogram pro různé desnosti v bodě 2, srážka t3 (D), N=20 let

2.2.4 Vliv příkopů

V rámci tohoto hodnocení byly vytvořeny 2 vrstvy příkopů, jedna s 23 příkopy a druhá s 35. Zde je nutno zmínit, že velikost změny nezáleží jen na počtu, ale především na umístění příkopů. Jak bylo zmíněno výše, když napojujeme příkop do toku, nebo dalšího příkopu, musíme daný prvek v tomto místě rozdělit. Proto vznikly vrstvy s mnoha prvky, které se vzájemně celkem těžko porovnávají. Z toho důvodu bylo porovnání prováděno v bodech (v úsecích bod obsahujících), kde bylo také možné sledovat časový průběh odtoku.



Obrázek 27 Vodní toky a příkopy, Chouzavá

Zatímco u vlivu drsnosti vycházel celkový odtok z povodí (tedy v bodě 0) velmi podobně pro všechny typy drsnosti, při počítání s rozdílnou hydrografickou sítí se celkový odtok z povodí o něco lišil. Největší změna byla pozorována při 5 letém dešti tvaru $t_1(F)$ a to přibližně o 13% větší odtok s příkopy, než bez nich. Průměrně byl rozdíl 4,8% pro případ s více příkopy a 3% pro případ s méně příkopy. Pan Edlman (2015) ve své práci uvádí, že tento rozdíl je způsoben rutinou v tocích, především změnou infiltrace, kdy se v místech vodních toků aktuální infiltrace sníží (vede ke zvýšení odtoku) a následně systém lépe odpovídá realitě.

U porovnávání vlivu příkopů velmi záleží na trasování a místě napojení příkopů, proto je těžké nacházet nějaké společné trendy. Jisté je ovšem to, že vrstva příkopů pohyb vody v povodí výrazně ovlivní. Největší procentuální rozdíl v průtocích je v bodě 4 při více příkopech a srážce $t_1(F)$ s dobou opakování 5 let, a to 23 %, což je především způsobeno celkově malým průtokem,

kde i malá změna průtoku, $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$, udělá větší procentuální změnu. Je to ovšem tak malá změna, že může hraničit s přesností modelu. Ovšem v bodě 1 je procentuální rozdíl 22 % a zde jsou již absolutní rozdíly relevantní. Největší rozdíl v době kulminace je při 5 leté srážce t1 bodě 1 a to 12 minut.

V bodě 1 se s rostoucí dobou opakování snižuje rozdíl mezi průtokem scénáře s více příkopy a scénáře s méně příkopy. Ovšem při porovnání původní a upravené hydrografické sítě se velikost rozdílu v průtocích s rostoucí dobou opakování zvětšuje. Jedinou výjimku tvoří srážka t3 (D) při době opakování 5 let, kdy jako v jediném případě je průtok s příkopy větší než původní. Další výsledky v bodě 1 jsou v následující tabulce. Pro porovnání je přiložena tabulka v bodě číslo 4. Tabulku celkových výsledků pro všechny body najdete v příloze.

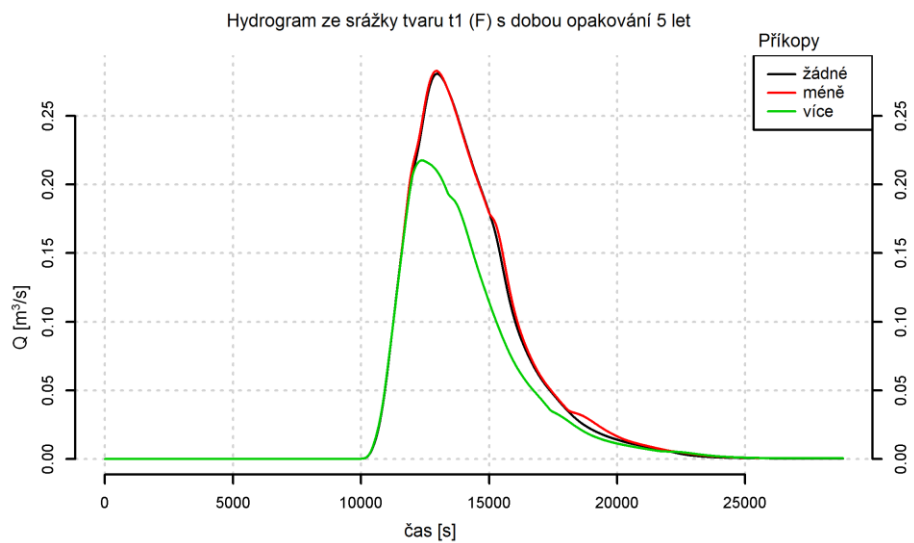
Tabulka 13 Vliv příkopů v bodě 1, Chouzavá

Doba opakování N [roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n [-]	Číslo bodu	Kumulativní objem V [m ³]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	rozdíl Q _{příkopy} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	rozdíl Q _{p_v} - Q _{p_m} [%]	čas kulminace t _{Qmax} [min]	rozdíl času kulminace [min]	rozdíl času kulminace P _v - P _m [min]
n005	t1	-	0.035	1	7937	1.37				218		
n005	t1	P_m	0.035	1	6200	1.22	-0.15	-12.45		210	-8	
n005	t1	P_v	0.035	1	6522	1.31	-0.06	-4.69	6.90	206	-12	-4
n005	t3	-	0.035	1	8475	1.97				320		
n005	t3	P_m	0.035	1	6846	1.85	-0.13	-6.86		316	-3	
n005	t3	P_v	0.035	1	7266	2.02	0.05	2.49	8.75	314	-6	-3
n005	t5	-	0.035	1	19082	6.37				215		
n005	t5	P_m	0.035	1	14160	5.51	-0.86	-15.55		208	-7	
n005	t5	P_v	0.035	1	14525	5.73	-0.64	-11.17	3.79	207	-8	-1
n020	t1	-	0.035	1	23420	4.21				203		
n020	t1	P_m	0.035	1	17589	3.52	-0.69	-19.61		196	-7	
n020	t1	P_v	0.035	1	18166	3.61	-0.60	-16.47	2.62	196	-8	-1
n020	t3	-	0.035	1	26804	4.66				313		
n020	t3	P_m	0.035	1	20223	4.13	-0.53	-12.83		310	-3	
n020	t3	P_v	0.035	1	20842	4.47	-0.19	-4.33	7.54	310	-3	-1
n020	t5	-	0.035	1	41061	15.29				208		
n020	t5	P_m	0.035	1	29674	12.59	-2.70	-21.46		201	-6	
n020	t5	P_v	0.035	1	30226	12.78	-2.50	-19.60	1.54	201	-7	-1
n100	t1	-	0.035	1	46962	7.83				198		
n100	t1	P_m	0.035	1	34664	6.12	-1.71	-27.97		192	-6	
n100	t1	P_v	0.035	1	35503	6.24	-1.60	-25.60	1.85	191	-7	-1
n100	t3	-	0.035	1	53150	10.26				87		
n100	t3	P_m	0.035	1	38773	9.07	-1.19	-13.15		82	-5	
n100	t3	P_v	0.035	1	39590	9.35	-0.90	-9.66	3.08	81	-6	-1
n100	t5	-	0.035	1	68771	25.79				204		
n100	t5	P_m	0.035	1	49219	20.39	-5.40	-26.49		197	-6	
n100	t5	P_v	0.035	1	50029	20.64	-5.15	-24.93	1.23	197	-7	0

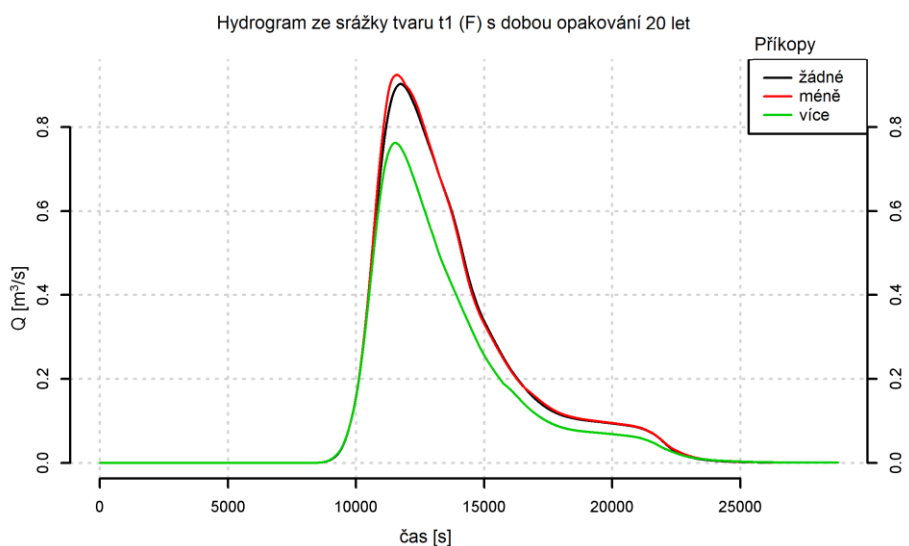
Tabulka 14 Vliv příkopů v bodě 4, Chouzavá

Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	rozdíl Q _n - Q _{n=0.035} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	rozdíl Q _{p_v} - Q _{p_m} [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	Rozdíl v čase kulminace [min]
n005	t1	-	0.035	4	1211	0.28				216	
n005	t1	P_m	0.035	4	1240	0.28	0.00	0.74		216	0
n005	t1	P_v	0.035	4	945	0.22	-0.06	-22.49	-23.23	206	-10
n005	t3	-	0.035	4	1302	0.43				322	
n005	t3	P_m	0.035	4	1335	0.44	0.01	1.30		322	0
n005	t3	P_v	0.035	4	1060	0.37	-0.06	-13.54	-14.85	313	-9
n005	t5	-	0.035	4	3460	1.39				210	
n005	t5	P_m	0.035	4	3481	1.43	0.04	3.01		209	-1
n005	t5	P_v	0.035	4	2858	1.21	-0.18	-12.62	-15.63	205	-6
n020	t1	-	0.035	4	4215	0.90				195	
n020	t1	P_m	0.035	4	4272	0.92	0.02	2.37		193	-2
n020	t1	P_v	0.035	4	3367	0.76	-0.14	-15.57	-17.94	192	-3
n020	t3	-	0.035	4	4863	0.92				313	
n020	t3	P_m	0.035	4	4927	0.94	0.02	1.69		310	-2
n020	t3	P_v	0.035	4	4010	0.84	-0.09	-9.29	-10.99	309	-4
n020	t5	-	0.035	4	7550	3.33				202	
n020	t5	P_m	0.035	4	7577	3.50	0.17	5.08		199	-2
n020	t5	P_v	0.035	4	6251	2.90	-0.44	-13.12	-18.20	197	-4
n100	t1	-	0.035	4	8747	1.60				190	
n100	t1	P_m	0.035	4	8776	1.63	0.03	1.62		188	-2
n100	t1	P_v	0.035	4	7090	1.35	-0.25	-15.72	-17.34	186	-4
n100	t3	-	0.035	4	9826	2.36				82	
n100	t3	P_m	0.035	4	9855	2.50	0.14	6.03		81	-1
n100	t3	P_v	0.035	4	8100	2.15	-0.21	-8.79	-14.82	78	-4
n100	t5	-	0.035	4	12647	5.45				197	
n100	t5	P_m	0.035	4	12689	5.72	0.27	5.01		193	-4
n100	t5	P_v	0.035	4	10491	4.76	-0.69	-12.66	-17.67	192	-5

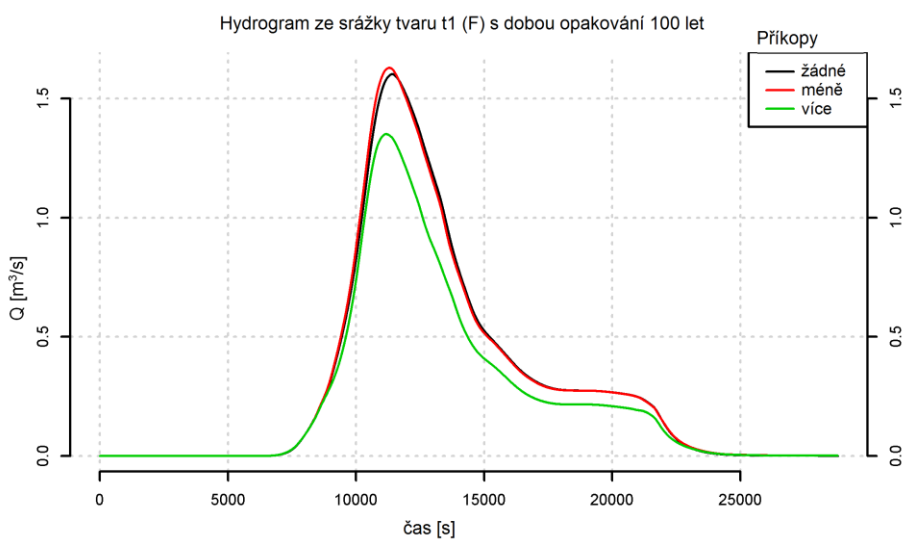
Následují hydrogramy v bodě 4



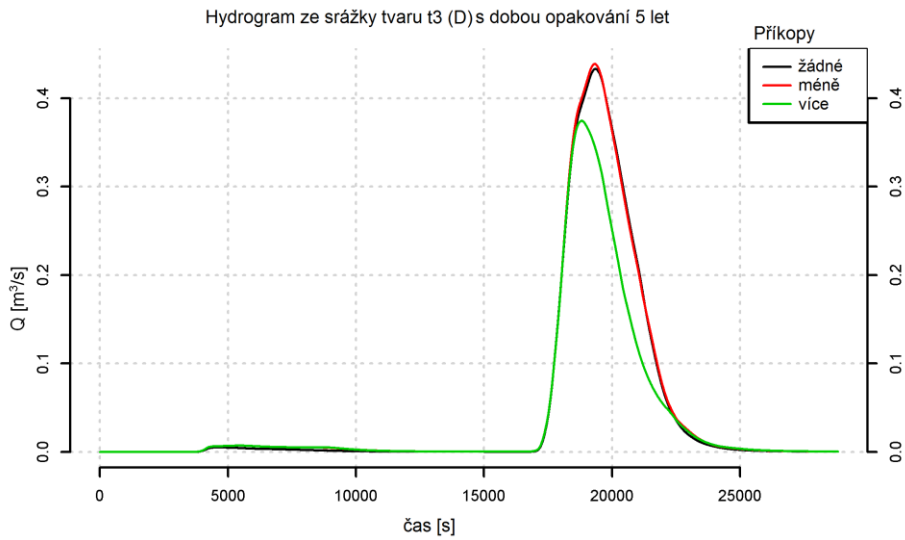
Obrázek 28 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t1 (F), N=5 let



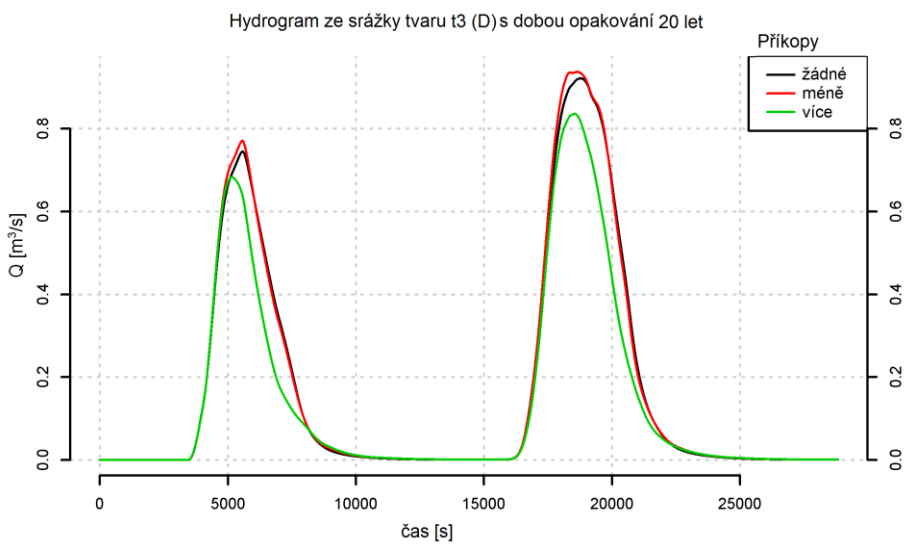
Obrázek 29 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t1 (F), N=20 let



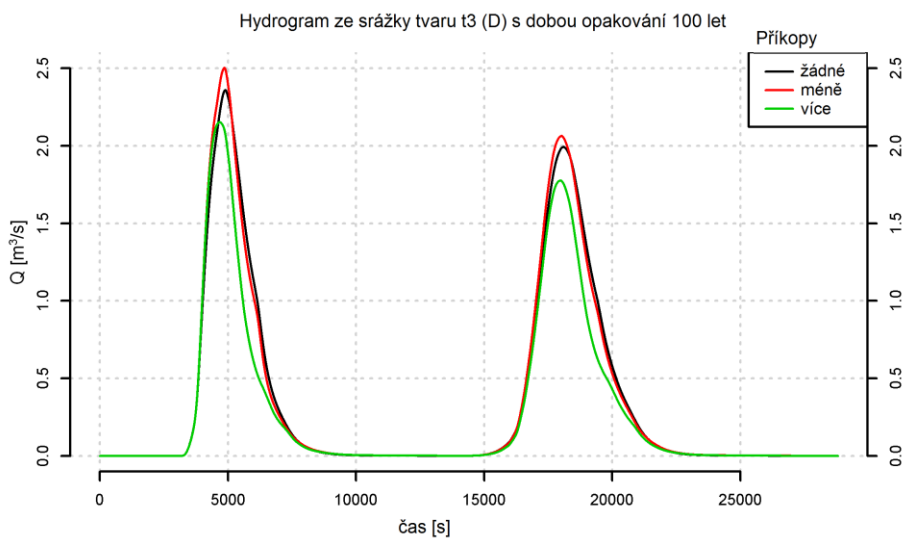
Obrázek 30 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t1 (F), N=100 let



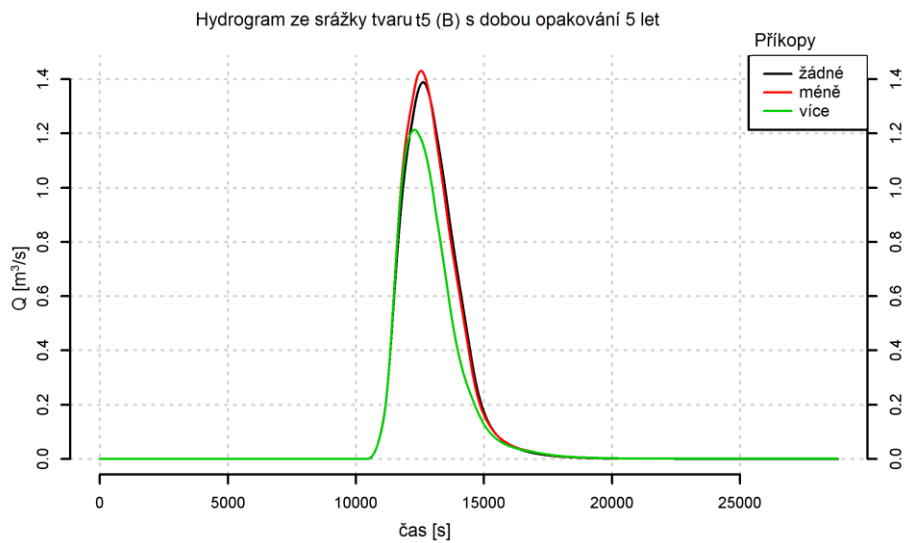
Obrázek 31 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t3 (D), N=5 let



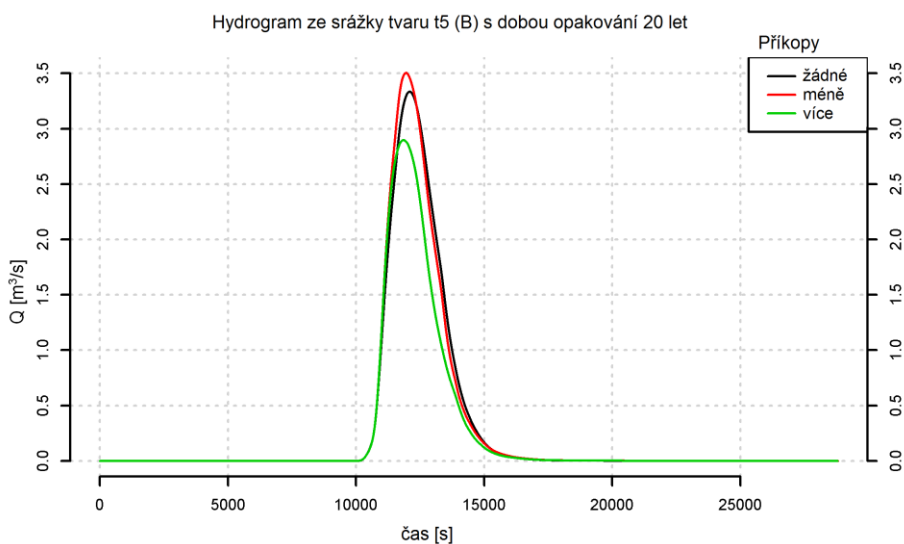
Obrázek 32 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t3 (D), N=20 let



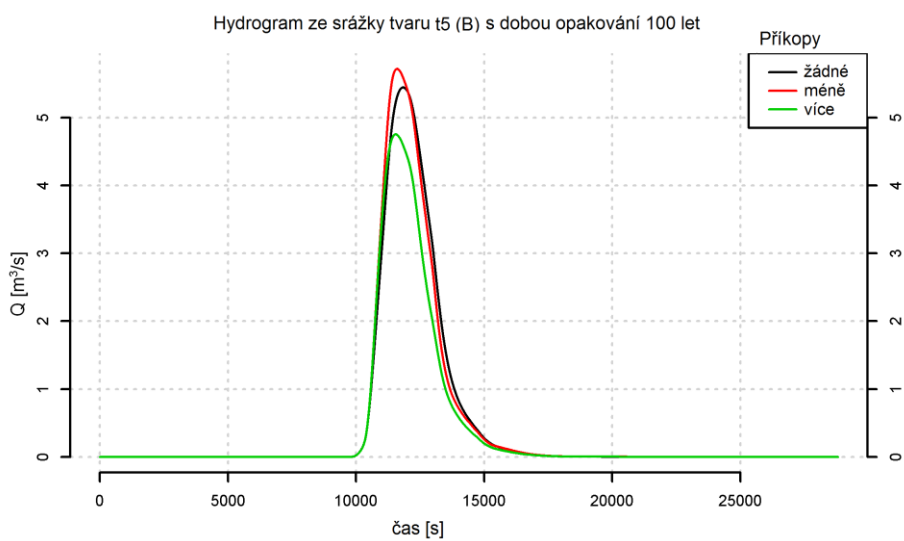
Obrázek 33 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t3 (D), N=100 let



Obrázek 34 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t5 (B), N=5 let



Obrázek 35 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t5 (B), N=20 let



Obrázek 36 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t5 (B), N=100 let

Změna profilu příkopu a průtoku Q_{365}

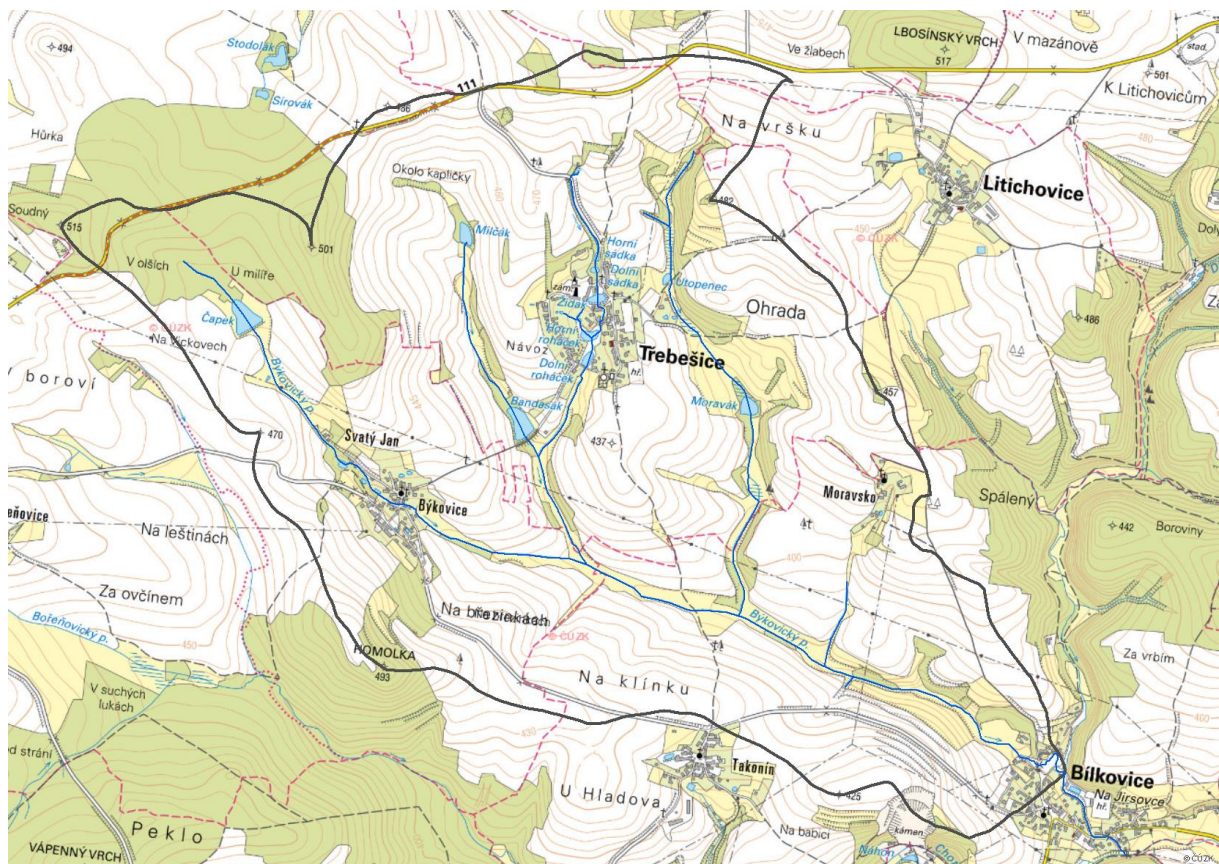
Dále jsem zkoumala, jaké rozdíly přinese drobná změna rozměrů příkopů a jak se projeví změna Q_{365} . Rozměry jsem změnila tak, že z příkopu o šířce dna 0,5 m a sklonem svahů 1:1 jsem udělala příkop s šířkou 0,3 a sklonem svahů 1:2. Změna se téměř neprojeví – pouhých 0,8%. Také změna Q_{365} neměla na průtok přílišný vliv – přibližně 1%. Zde záleží na tom, jaké jsou hodnoty trvalého průtoku. Na malých povodích, podobných Chouzavé, to bývá v řádech jednotek l/s. Konkrétně pro Chouzavou 1,5 l/s. Ty jsem rozdělila stejně do dvou větví na 0,75 l/s. Pokud máme data od ČHMÚ, jsou to data se spolehlivostí IV. třídy, tedy s orientační chybou 60% (ČHMÚ, 2004 [online]). Je dobré použít data Q_{365} , pokud je máme k dispozici, není to ale stěžejní věc výpočtu, protože na malých povodích se téměř neprojeví. Pokud ponecháme Q_{365} nulový dospějeme k rovněž uspokojivým výsledkům. Navíc při stále častějších stavech sucha je tato varianta celkem spolehlivá. Nicméně bych při navrhování konkrétních prvků doporučila použít Q_{365} z dat ČHMÚ, abychom se

Tabulka 15 Ukázka výsledků v bodě 1 a 4 při změně tvaru a Q_{365} , Chouzavá

Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Kulminační průtok Q_{\max} [m ³ /s]	rozdíl $Q_n - Q_{n=0.035}$ [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]
n020	t1	P_v	0.035	1	18166.02	3.614		
n020	t1	P_v_Q_m	0.035	1	18243.94	3.623	0.010	0.265
n020	t1	P_v_t	0.035	1	18278.18	3.621	0.008	0.208
n020	t1	P_v	0.035	4	3367.20	0.762		
n020	t1	P_v_Q_m	0.035	4	3426.75	0.770	0.008	1.050
n020	t1	P_v_t	0.035	4	3367.20	0.762	0.000	0.000
n020	t3	P_v	0.035	1	20841.79	4.467		
n020	t3	P_v_Q_m	0.035	1	20923.25	4.478	0.010	0.226
n020	t3	P_v_t	0.035	1	20861.83	4.432	-0.035	-0.791
n020	t3	P_v	0.035	4	4010.01	0.836		
n020	t3	P_v_Q_m	0.035	4	4074.85	0.845	0.009	1.025
n020	t3	P_v_t	0.035	4	4010.01	0.836	0.000	0.000
n020	t5	P_v	0.035	1	30225.83	12.782		
n020	t5	P_v_Q_m	0.035	1	30286.92	12.798	0.016	0.122
n020	t5	P_v_t	0.035	1	30230.00	12.761	-0.021	-0.166
n020	t5	P_v	0.035	4	6250.81	2.897		
n020	t5	P_v_Q_m	0.035	4	6297.95	2.910	0.013	0.460
n020	t5	P_v_t	0.035	4	6250.81	2.897	0.000	0.000
P_v P_v_Q_m P_v_t		Více příkopů tvar: lichoběžník s b = 0.5 m a sklonem svahů 1:1 Více příkopů a v trvalých tocích $Q_{365} = 0.75$ l/s (podle ČHMÚ) Více příkopů tvar: lichoběžník s b = 0.3 m a sklonem svahů 1:2						

2.3 Výsledky Býkovice

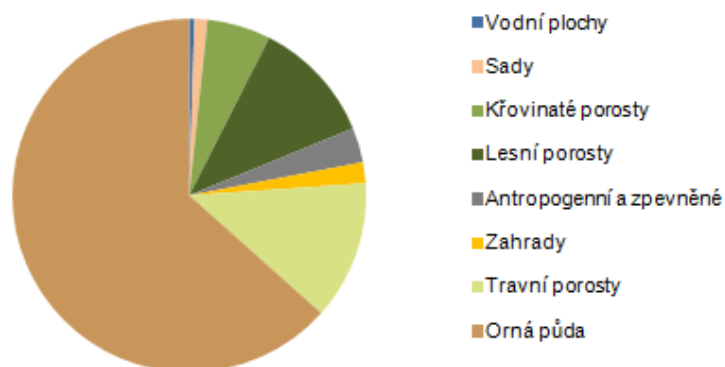
2.3.1 Popis povodí Býkovice



Obrázek 37 Povodí Býkovice

Povodí Býkovice se nachází nedaleko od Benešova, přibližně 10 km na východ. Býkovický potok teče jihovýchodním směrem a opouští povodí v obci Bilkovice. Na ploše povodí se nachází 3 obce: největší Třebešice v centrální části povodí, Býkovice u jihozápadní hranice povodí a malá osada Moravsko. Z části do povodí zasahují i výše zmíněné Bilkovice. Jedná se převážně o zemědělské povodí.

1 - Býkovický potok



Obrázek 38 Využití území povodí Býkovice (Kavka a kol., 2016)

Nachází se tu také řada rybníků: Čapek, Bandasák, Dolní a Horní roháček, Židák, Dolní a Horní sádka, Utopenec, Milčák, Moravák, a ještě přibližně 13 drobných rybníků, či tůň beze jména.

Charakteristiky povodí podle Kavky a kol (2016):

„Katastrální území: Třebešice u Divišova, Býkovice u Bořeňovic a Bílkovice

Klimatická oblast: mírně teplá (Klimatické oblasti ČR (1901-2000)

Typy krajiny: Krajiny vrchovin Hercynia, lesozemědělská krajina (CENIA - typologie krajiny)

Nadmořská výška: 344–515 m n. m.

Průměrný sklon povodí: 10.6 %

Klasifikace půd: Kambizem kyselá, svahoviny kyselých žul a blízkých hornin lehké KAa17 (Půdní mapa ČR 1:250 000 - klasifikace dle TKSP a WRB.)

Půdy dle zrnitosti: písčité hlína 54 %, hlinitý písek 14 %, písek 10 %, hlína 8 %“

2.3.2 Vliv drsnosti

Postupovala jsem stejně jako u povodí Chouzavá s rozdílem, že jsem ponechala původní tvary a rozměry vodních toků. Opět byla porovnávána drsnost $n = 0,02$, $n = 0,035$ a $n = 0,070$

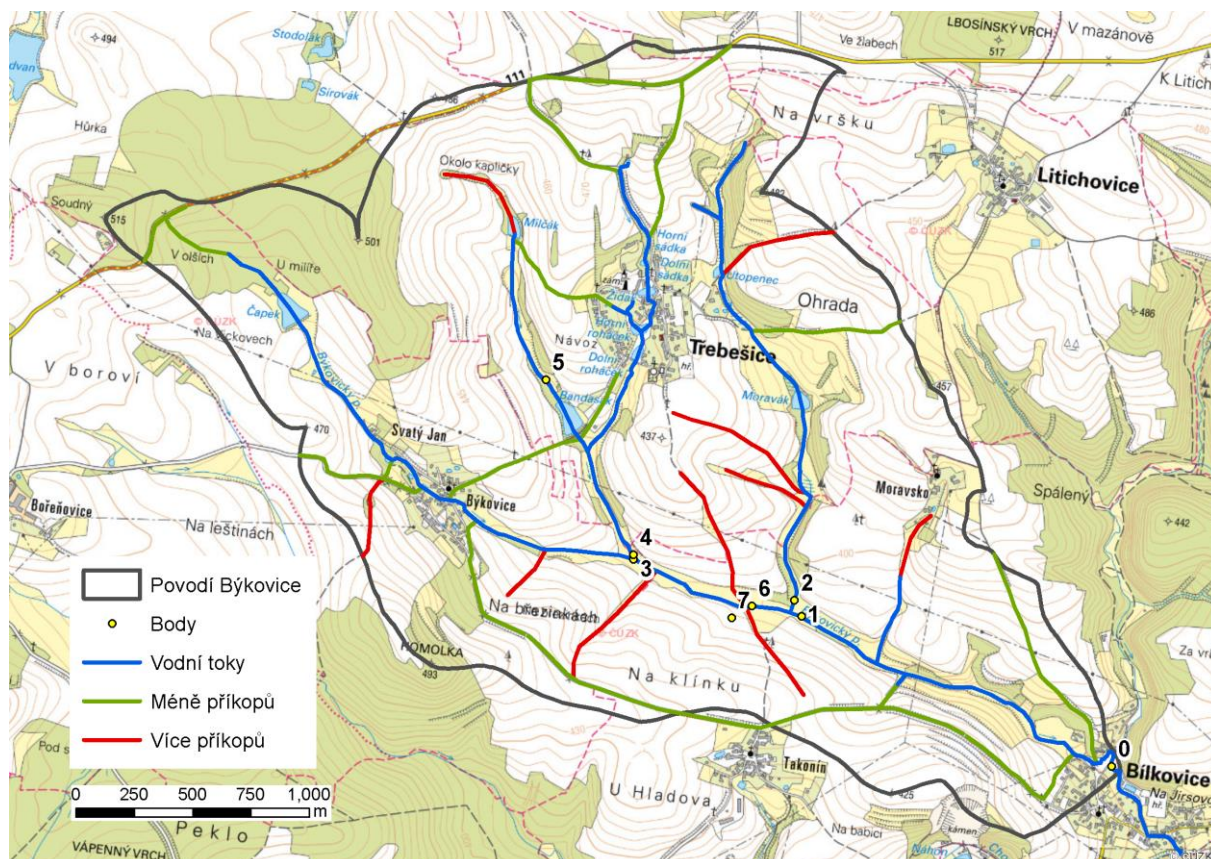
Tabulka 16 Vliv drsnosti v bodě 0, Býkovice

Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Přikopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	rozdíl Q _{změna} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	rozdíl doby kulminace[min]
n005	t1	-	0.02	0	25384	0.41	7.75	1.29	19.95	204	-10
n005	t1	-	0.035	0	25281		6.46			214	
n005	t1	-	0.07	0	24954	-1.29	4.38	-2.08	-32.23	234	20
n005	t6	-	0.035	0	147991	-0.06	63.30		0.00	210	
n005	t6	-	0.02	0	148085		91.36	28.07		203	-7
n005	t6	-	0.07	0	147645	-0.30	34.81	-28.49	-31.18	226	16
n020	t1	-	0.035	0	85166	-0.18	20.16		0.00	208	
n020	t1	-	0.02	0	85317		23.18	3.03		199	-9
n020	t1	-	0.07	0	84654	-0.78	14.23	-5.93	-25.58	226	18
n020	t6	-	0.035	0	273750	-0.05	116.72		0.00	208	
n020	t6	-	0.02	0	273898		166.31	49.59		201	-7
n020	t6	-	0.07	0	273316	-0.21	64.68	-52.04	-31.29	224	16
n100	t1	-	0.035	0	199501	-0.12	38.70		0.00	204	
n100	t1	-	0.02	0	199735		43.95	5.24		196	-8
n100	t1	-	0.07	0	198539	-0.60	28.55	-10.15	-23.11	222	18
n100	t6	-	0.035	0	430323	-0.05	180.79		0.00	206	
n100	t6	-	0.02	0	430543		254.02	73.24		199	-7
n100	t6	-	0.07	0	429753	-0.18	101.25	-79.54	-31.31	222	16

Z tabulky vidíme, že rozdíl v celkovém odtoku z povodí je zanedbatelný. Celkově jsou rozdíly v průtocích větší než na povodí Chouzavá. Způsobené to bude zřejmě rozdílným charakterem povodí. Tabulku celkových výsledků pro všechny body najdete v příloze.

2.3.3 Vliv příkopů

Byly vytvořeny vrstvy s 22 příkopy a se 33 příkopy, které můžeme vidět v obrázku.



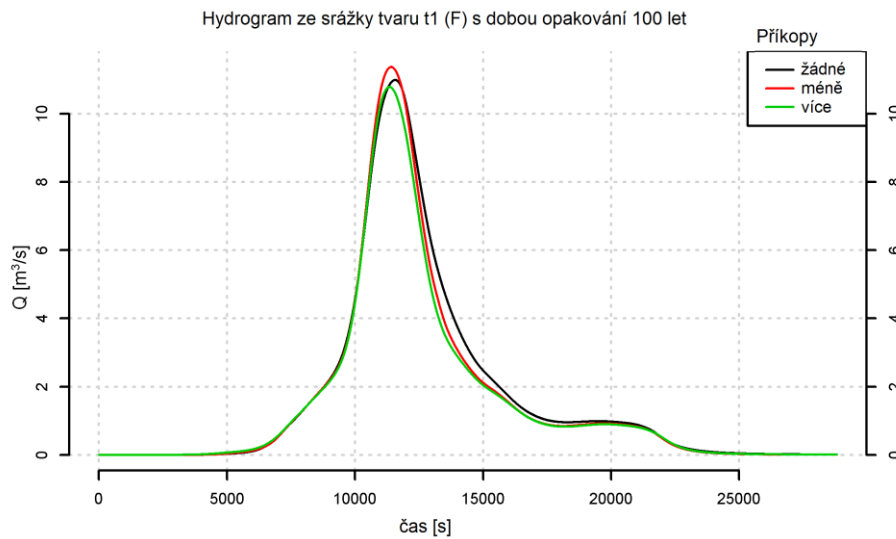
Obrázek 39 Vodní toky a příkopy, Býkovice

Největší změny lze pozorovat v bodě 3 a to téměř 26% při 5 leté srážce typu t6. Rozdíly mezi situací s příkopy a bez nich klesají s rostoucí dobou opakování. Větší rozdíly jsou většinou při srážce typu t6.

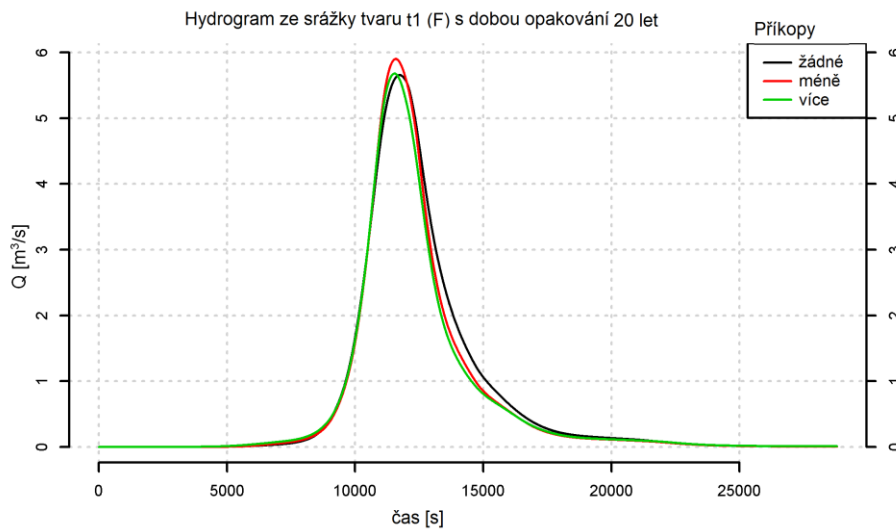
Tabulka 17 Vliv příkopů v bodech 2 a 3, Býkovice

Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	rozdíl Q _{změna} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	rozdíl doby kulminace [min]
n005	t1	-	0.035	2	5657	0.59	1.86		0.00	198	
n005	t1	P_m	0.035	2	5453	-3.04	1.99	0.13	8.50	196	-2
n005	t1	P_v	0.035	2	5520	-1.83	1.98	0.12	7.85	195	-3

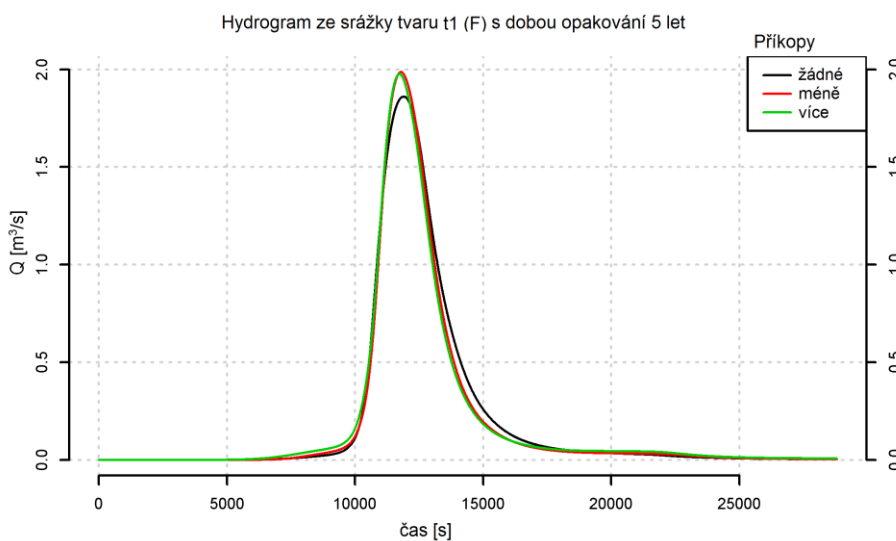
n005	t6	-	0.035	2	37216	0.11	23.87		0.00	199	
n005	t6	P_m	0.035	2	35975	-3.23	27.58	3.72	22.24	199	0
n005	t6	P_v	0.035	2	34351	-7.60	25.62	1.76	10.51	198	-1
n020	t1	-	0.035	2	20411	-0.08	5.66		0.00	195	
n020	t1	P_m	0.035	2	19387	-5.09	5.90	0.25	4.03	193	-2
n020	t1	P_v	0.035	2	18794	-7.99	5.68	0.02	0.38	192	-3
n020	t6	-	0.035	2	68823	-0.01	43.07		0.00	196	
n020	t6	P_m	0.035	2	66652	-3.17	49.10	6.03	11.80	196	0
n020	t6	P_v	0.035	2	63540	-7.69	45.42	2.35	4.60	196	-1
n100	t1	-	0.035	2	48989	-0.05	10.99		0.00	193	
n100	t1	P_m	0.035	2	46715	-4.69	11.37	0.38	3.26	190	-3
n100	t1	P_v	0.035	2	44786	-8.62	10.79	-0.20	-1.75	189	-4
n100	t6	-	0.035	2	108164	-0.01	65.48		0.00	195	
n100	t6	P_m	0.035	2	104616	-3.29	73.80	8.31	10.82	195	0
n100	t6	P_v	0.035	2	99398	-8.11	68.47	2.99	3.89	195	-1
n005	t1	-	0.035	3	6505	0.85	1.77		0.00	201	
n005	t1	P_m	0.035	3	7033	9.05	1.95	0.18	12.85	194	-6
n005	t1	P_v	0.035	3	7118	10.36	1.95	0.19	13.25	193	-7
n005	t6	-	0.035	3	30297	0.22	17.07		0.00	200	
n005	t6	P_m	0.035	3	30768	1.78	20.02	2.95	24.76	197	-2
n005	t6	P_v	0.035	3	30882	2.15	20.13	3.06	25.66	197	-3
n020	t1	-	0.035	3	20638	0.42	4.90		0.00	195	
n020	t1	P_m	0.035	3	21132	2.82	5.26	0.36	8.91	191	-4
n020	t1	P_v	0.035	3	21194	3.13	5.25	0.35	8.64	191	-4
n020	t6	-	0.035	3	56630	-0.08	32.04		0.00	197	
n020	t6	P_m	0.035	3	57320	1.14	37.09	5.04	13.09	196	-2
n020	t6	P_v	0.035	3	57450	1.37	37.36	5.31	13.80	195	-2
n100	t1	-	0.035	3	46790	-0.11	8.92		0.00	193	
n100	t1	P_m	0.035	3	47174	0.71	9.49	0.57	5.97	188	-4
n100	t1	P_v	0.035	3	47272	0.92	9.52	0.60	6.22	188	-5
n100	t6	-	0.035	3	89586	-0.08	49.54		0.00	196	
n100	t6	P_m	0.035	3	90221	0.63	57.15	7.61	12.89	194	-2
n100	t6	P_v	0.035	3	90328	0.75	57.68	8.14	13.78	194	-2



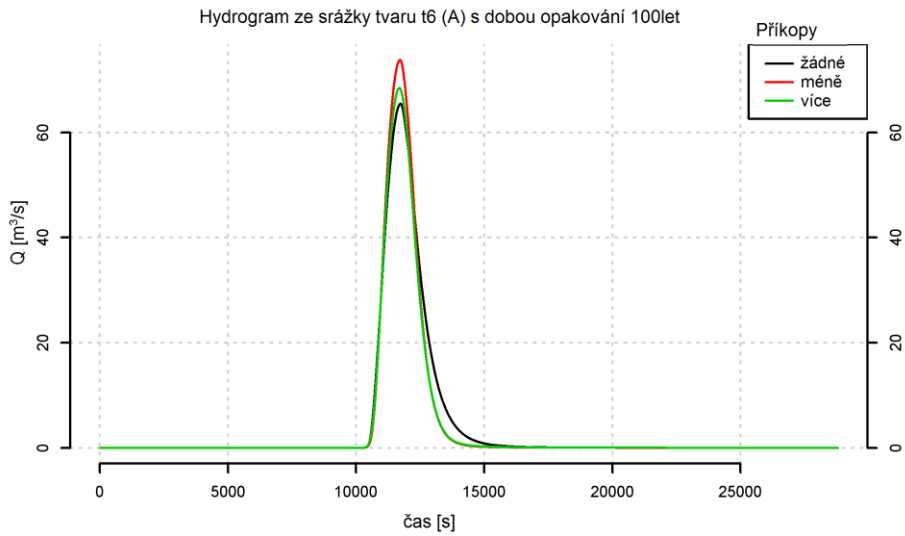
Obrázek 40 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t_1 (F), $N = 100$ let



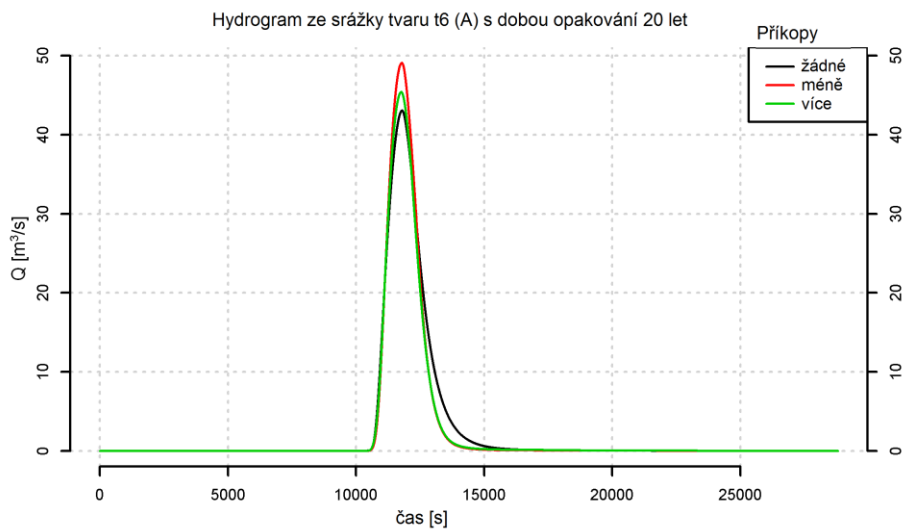
Obrázek 41 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t_1 (F), $N = 20$ let



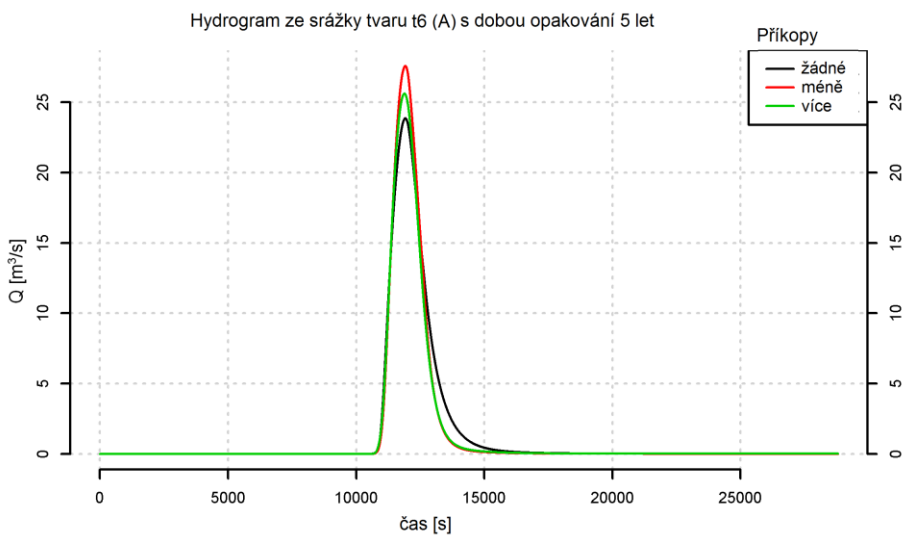
Obrázek 42 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t_1 (F), $N = 5$ let



Obrázek 43 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t6 (A), N = 100 let



Obrázek 44 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t6 (A), N = 20 let



Obrázek 45 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t6 (A), N = 1 let

2.4 Závěr

2.4.1 Celkový závěr

V práci jsem ověřila, že má smysl zanést do výpočtu dočasnou hydrografickou síť. Pokud použijeme hustší síť příkopů, dostáváme rozdíl v maximálním průtoku přibližně 10% oproti situaci bez příkopů; záleží na bodě, kde změnu pozorujeme. Celkový (kumulativní) objem odtoku je větší při počítání s dočasnou hydrografickou sítí.

Změna rozměrů profilu o 0,2 m se neprojevila. Ani zadání průtoku Q_{365} podle dat ČHMÚ nemělo na výpočet téměř žádný vliv. (Testováno pouze na povodí Chouzavá)

Tvar koryta může mít významný vliv. Byl testován pro jeden scénář na povodí Chouzavá a průměrně se maximální průtok liší o 5% (maximálně o 25%). Je nutné tuto skutečnost dále prověřit na více scénářích.

Změna drsnosti původních toků ovlivní výsledky výrazněji než rozšíření hydrografické sítě ve většině bodů. Ale v místech vzdálených od závěrového profilu (Chouzavá bod 4, Býkovice bod 5) je větší rozdíl při rozšíření hydrografické sítě než při změně drsnosti v tocích.

Porovnání s realitou

To by bylo k závěru porovnávání různých scénářů ve SMOERP2D. Je hezké vidět, že model pracuje a změny vstupních dat se odrazí ve výstupech. Problémem ovšem zůstává, že model celkově výrazně nadhodnocuje. Čím vyšší číslo srážky, tím víc se výsledek liší od reality. N-letých průtoků na ústí Chouzavé do Voznického potoka. Zprůměrovaný vypočítaný maximální průtok (pro všechny typy výpočtu) je pro 5 letou srážku 12,3 m³/s, pro 20 letou 29,2 m³/s a pro 100 letou 52,53 m³/s. Porovnat to můžeme s následující tabulkou.

Tabulka 18 N-leté průtoky (ČHMÚ)

N-leté průtoky Q_N					$m^3 \cdot s^{-1}$		
1	2	5	10	20	50	100	třída
0,7	1,4	2,6	3,8	5,4	8,1	10,6	IV.

Tato práce ale explicitně neměla za úkol zabývat se porovnáváním se skutečným stavem. Předně proto, že na povodí Chouzavé nemáme měřená data, na kterých bychom mohli test provést. Pan Edlman ve své práci model testoval na velmi malém povodí (68,8 ha) Nučice, kde byly průtoky v rádech desetin m³/s. Model je potřeba kalibrovat a verifikovat pro větší srážkové úhrny na větších povodích.

2.4.2 Zjištěné problémy a doporučení

Nekonzistentní označení tvaru

Charakteristiky koryt (tvar, b, m, Manningova drsnost, Q_{365d}) jsou v samostatné tabulce, která je připojena k vektorové vrstvě toků na základě shodného sloupe v atributových tabulkách a to sloupec „SMODERP“. Nastala nesrovnalost ve sloupci tvar mezi touto tabulkou a označením tvaru ve skriptu *stream.py*. Edlman ve své práci pro lichoběžník používá označení 1, ve skriptu je to ovšem 0. Problémem je, že program záměnu neodhalí a počítá i s chybnou tabulkou. Oba prvky pak počítá jako obdélník.

Byl proveden test na povodí Chouzavá pro 5 letou srážku t5 (B) na hydrografické síti s méně příkopy. Vložena byla tabulka kde je obdélník označen číslem 0 a lichoběžník číslem 1 (chybná) a tabulka kde obdélník charakterizuje 1 a lichoběžník 0 (správná dle skriptu). Výsledky v jednotlivých úsecích se liší až o 25%, průměrně o 5%. Což nemůžeme zanedbat. Je nutné chybu nějak ošetřit, aby chybný výpočet neproběhl, nebo aby na to uživatele nějak upozornil (že očekává nenulové hodnoty m u lichoběžníku). Především je nutné sjednotit označení ve skriptu a v metodice.

Mimoděk jsme tak aspoň pro jeden scénář ověřili, že změna tvaru není zanedbatelná.

Tabulka 19 Tvar úseků koryt podle Edlmana (Edlman, 2015)

cislo	smoderp	tvar	b	m	drsnost	Q365	pozn
0	0	1	0,3	1	0,03	0,02	default
1	obdelnik1	0	0,2	0	0,035	0,00	
2	lichobeznik1	1	0,2	2	0,035	0,00	
3	trojuhelnik1	2	0	2	0,03	0,00	
4	parabola1	3	0,7	0	0,03	0,00	b.. vzd. ohniska
5	obdelnik2	0	0,5	0	0,04	0,05	
6	lichobeznik2	1	0,4	1,5	0,04	0,05	
8	lichobeznik3	1	0,8	1	0,035	0,8	vodní tok
10	lichobeznik4	1	0	10	0,03	0,00	průleh

```
if TVAR == 1 : #obdelnik
    self.outflow_method = stream_f.rectangle
elif TVAR == 0 : #trapezoia
    self.outflow_method = stream_f.trapezoid
elif TVAR == 2 : #triangle
    self.outflow_method = stream_f.triangle
elif TVAR == 3 : #parabola
    self.outflow_method = stream_f.parabola

#print TVAR, B, M
##raw_input()
```

Obrázek 46 Část skriptu *stream.py*

Problém napojení dočasné hydrografické sítě

Následně jsem vytvořila dočasnou hydrografickou síť. Při průzkumu terénu jsem objevila jen málo příkopů, proto jsem udělala spíše teoretickou vrstvu, kde by příkopy být měly, ale ne vždy jsou. Zde jsem narazila na první věc, na kterou si musí dát člověk pozor při práci se SMODERPem. Autoři modelu na to již upozorňují, ale já to udělám rovněž. Při přidávání nových prvků, které se napojují do stávajících, je nutné předchozí prvek v místě napojení rozdělit. Jinak se nový prvek nenapojí a bude považován za závěrový profil, což znamená, že voda z prvku „zmizí“ a dál se s ní nikde nepočítá, což je problém. Naštěstí se to velmi snadno odhalí v tabulce *stream.txt* v posledním sloupci, kde je vidět, kam daný úsek vtéká. V případě, že nenavazuje na žádný další úsek je hodnota -9999. Takže pokud se tato hodnota objeví v tabulce vícekrát, jasně vidíme, že některé prvky neodtékají správně. Samozřejmě je tu možnost, že některé prvky záměrně vedeme do jiného povodí, protože tomu tak může být i ve skutečnosti.

Protože výpočet jednoho scénáře trvá v řádu desítek hodin (v závislosti na době opakování srážky a typu povodí), bylo by dobré mít nějaký způsob, jak vstupní data zkontrolovat před tím, než se spustí celý výpočet.

Problém sklonu

Při výpočtu na povodí Býkovice jsem narazila na problém, se kterým pravděpodobně nikdo nepočítal, protože šance, že by něco takového nastalo, je téměř nulová. Totiž, že nastane nulový sklon úseku. Situaci ilustruje následující obrázek.



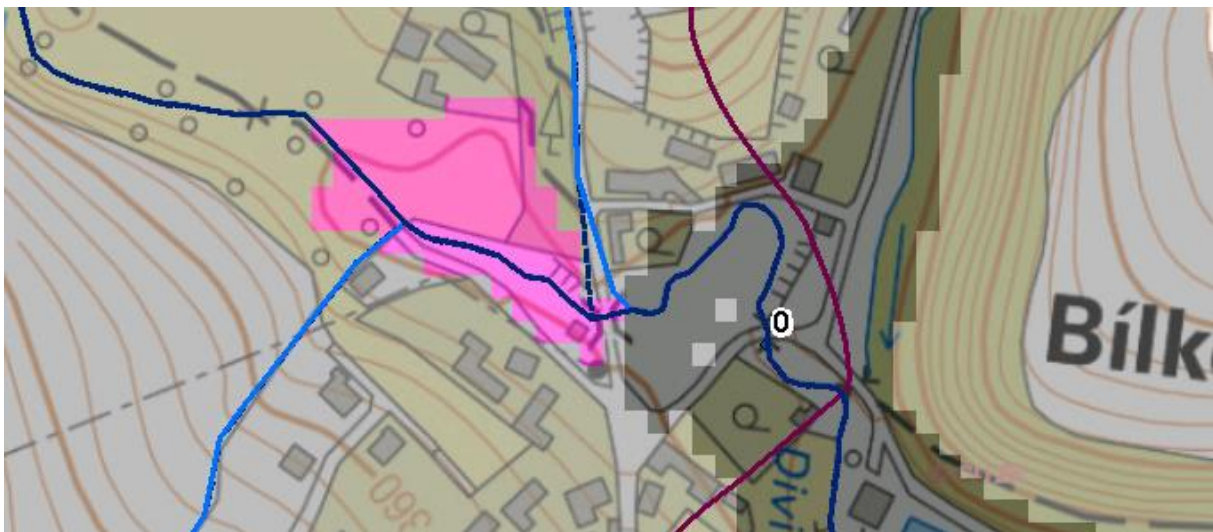
Obrázek 47 Problém sklonu

Růžově je znázorněna oblast se shodnou nadmořskou výškou, která je velká přibližně 8 000 m². Vznik takovéto oblasti je nejasný, protože DMR 4G při rozlišení 5 metrů takovou oblast nemá a

ani by standardní úpravou neměla vzniknout. Zde by bylo dobré prozkoumat, jakým způsobem je upraven digitální model terénu.

Při výpočtu s původními vodními toky to není problém zásadní, protože díky nástrojům *fill*, *flow direction* a *flow accumulation* se voda dostane do recipientu, který má nenulový sklon; zásadním problémem se to stalo při změně hydrografické sítě. Byly přidány dva příkopy, které se do toku napojují přesně v dotčené oblasti, takže vznikl úsek, kde počáteční i koncový bod mají stejnou nadmořskou výšku, tudíž sklon je nulový. Chyba byla opět odhalena v tabulce *steam.txt* ve druhém sloupci *V_out_cum* (celkový kumulativní objem odtoku z úseku). Pro úsek závěrového profilu to byla hodnota přibližně 10 krát menší než pro jiný úsek v téže tabulce, což nedávalo smysl. Takže po kontrole, že se v tabulce nachází pouze jeden závěrový profil (jedna hodnota - 9999 v posledním sloupci), přibylo ověření, že se v tomto úseku nachází největší kumulativní objem.

Pro zachování konzistence výpočtu, jsem neupravovala digitální model. Upravila jsem vrstvu hydrografické sítě, protože o tu jsem se zajímala především. Naštěstí to šlo jednoduše, protože o dva pixely napravo od pravého koncového bodu byla hodnota nadmořské výšky nižší.



Obrázek 48 Úprava trasy příkopu

Doporučení změny v dialogovém okně

Tato změna není zásadní, jedná se jen o zvýšení komfortu uživatele. Doporučila bych jako první volbu zadat výstupní adresář. Protože při modelování někdy potřebujeme řešit mnoho různých scénářů, využijeme možnosti *batch* – hromadného zadávání. To jsem použila i já ve své práci. Cesty ke vstupům, které zadáváme, můžeme připravit v tabulkovém softwaru.

Protože se data ve výstupním adresáři přemazávají, je důležité, aby byla provedena kontrola správného zadání. Bylo by proto vhodné, aby mohl uživatel kontrolovat výstupní adresáře jednoduše hned na začátku tabulky hromadného zadávání.

Doporučení odstranění nepotřebných sloupců z atributové tabulky stream.shp

Zde už je čistě o drobnost, která ale může značně znepříjemnit práci. Atributová tabulka vrstvy toků obsahuje přes 256 sloupců. Většina z nich je nulová a vznikla pravděpodobně neúmyslně. Informace, které chceme případně ověřovat s mapovým podkladem, jsou tak celkem pracně zobrazitelné. Věřím, že to je drobnost, která bude vyřešena v rámci dalšího vývoje modelu.

Zdroje

AKAN, A. Osman, 2006. Open channel hydraulics. Oxford: Butterworth-Heinemann. IBSN 0-7506-6857-1

Hydrologická ročenka České republiky 2004, 2004 [online]. ČHMÚ, Poslední aktualizace: 1. 6. 2010 [cit. 10. 12. 2017] Dostupné z: http://voda.chmi.cz/hr04/images/o_4_1.jpg

Digitální model reliéfu České republiky 4. generace, 2017[online]. ČÚZK. Poslední aktualizace: 1. 9. 2017 [cit. 8. 9. 2017]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(bfmik3gjrvtq5clhytr4dltsl\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR4G-V&mapid=8&menu=301](http://geoportal.cuzk.cz/(S(bfmik3gjrvtq5clhytr4dltsl))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR4G-V&mapid=8&menu=301)

DOSTÁL, Tomáš, 1998. Erozní a transportní procesy v povodí. Praha. Disertační práce. ČVUT v Praze. Fakulta stavební. Katedra hydromeliorecí a krajinného inženýrství.

EDLMAN, Tomáš, 2015. Rozšíření simulačního modelu SMODERP 2D. Praha. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Fakulta stavební. Katedra hydromeliorecí a krajinného inženýrství.

Historie modelu, ©2018, [online]. ČVUT v Praze, fakulta stavební, katedra hydromeliorecí a krajinného inženýrství, [cit. 15. 11. 2017] Dostupné z : <http://storm.fsv.cvut.cz/cinnost-katedry/volne-stazitelne-vysledky/smoderp/historie-modelu/?lang=cz>

Hydrologická ročenka České republiky 2004, 2004 [online]. ČHMÚ, Poslední aktualizace: 1. 6. 2010 [cit. 10. 12. 2017] Dostupné z: http://voda.chmi.cz/hr04/images/o_4_1.jpg

Hydrologické údaje povrchových vod pro vodní tok Chouzavá, 2017.ČHMÚ

CHMELOVÁ, Renata, FRAJER, Jindřich, b. r. Základy hydrologie. [online]. Univerzita Palackého v Olomouci. Katedra geografie. [cit. 9. 7. 2017]. Dostupné z: <https://geography.upol.cz/soubory/studium/DS-GVS/Opora-DHYDR.pdf>

Chouzavá, 2017 [online]. Wikipedia. Poslední aktualizace: 30. 9. 2017 [cit. 2. 10. 2017] Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Chouzavá>

CHOW, Ven Te, 1959. Open-channel Hydraulics, [online]. Tokyo.[cit. 20. 12. 2017]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/359924981/Chow-OPEN-CHANNEL-HYDRAULICS-pdf>

JEŘÁBEK, Jakub, 2017. Smoderp-plot [online]. [cit. 20. 12. 2017]. Dostupné z: <https://github.com/jerabekjak/smoderp-plot>

KADLEC, Václav a kol., 2014. Navrhování technických protierozních opatření. Praha: VUMOP v.v.i a ČVUT v Praze [metodika] ISBN 978-80-87361-29-0

KAVKA, Petr, 2012. Kalibrace a validace modelu SMODERP. Praha. Disertační práce. ČVUT v Praze. Fakulta stavební. Katedra hydromeliorecí a krajinného inženýrství.

KAVKA, Petr a kol., 2013. Manuál k Modelu SMODERP 2013. Praha. ČVUT v Praze. Fakulta stavební. Katedra hydromeliorecí a krajinného inženýrství.

KAVKA, Petr a kol., 2015. Redakčně upravená periodická zpráva projektu QJ1520265 za rok 2015. Praha: ČVUT v Praze

KAVKA, Petr a kol., 2016. Redakčně upravená periodická zpráva projektu QJ1520265 za rok 2016. Praha: ČVUT v Praze

KAVKA, Petr a kol., 2018. Uživatelská příručka SMODERP2D (rozpracovaná). Praha. ČVUT v Praze. Fakulta stavební. Katedra hydromeliorecí a krajinného inženýrství.

MATTAS, Daniel, 2014. Výpočet průtoku v otevřených korytech, [online]. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i, Praha. [cit. 4. 8. 2017] ISBN 978-80-87402-27-6. Dostupné z: http://www.vuv.cz/files/pdf/edicni_cinnost/publikace/mattas_vypocet_prutoku.pdf

MORAVCOVÁ, Jana, 2011. Vliv krajinných struktur na vybrané ukazatele jakosti vody při zvýšených průtocích jako podklad pro projekci KPÚ. České Budějovice. Disertační práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta. Katedra krajinného managementu.

PŘESLIČKA, Jiří, 2012. Zpracování přehledu a popisu epizodních modelů srážko-odtokových událostí pro odnos látek. České Budějovice. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta. Katedra krajinného managementu.

SMELÍK, Lukáš, 2013. Katalog drsností [online]. Poslední změna: 10. 3. 2013 0:36 [cit. 9. 7. 2017] Dostupné z: <https://sites.google.com/site/katalogdrsnosti/home>

VOPRAVIL, Jan a kol., 2009. Půda a její hodnocení v ČR. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha. ISBN 978-80-87361-02-3.

ZAJÍČEK, Jan, 2014. Vytvoření modelu SMODERP 2D. Praha. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Fakulta stavební. Katedra hydromeliorecí a krajinného inženýrství.

3 Přílohy

3.1 Fotografie z povodí Chouzavá



Fotografie 1 Příkop u cesty nedaleko betonárny



Fotografie 2 Výtok z areálu betonárny



Fotografie 3 Koryto přítoku Chouzavé za betonárnou



Fotografie 4 Koryto přítoku Chouzavé, dále po toku



Fotografie 5 Koryto přítoku Chouzavé, dále po toku



Fotografie 6 Lužní les



Fotografie 7 Rybník v jihovýchodní části povodí



Fotografie 8 Meandry Chouzavé



Fotografie 9 Eroze břehu



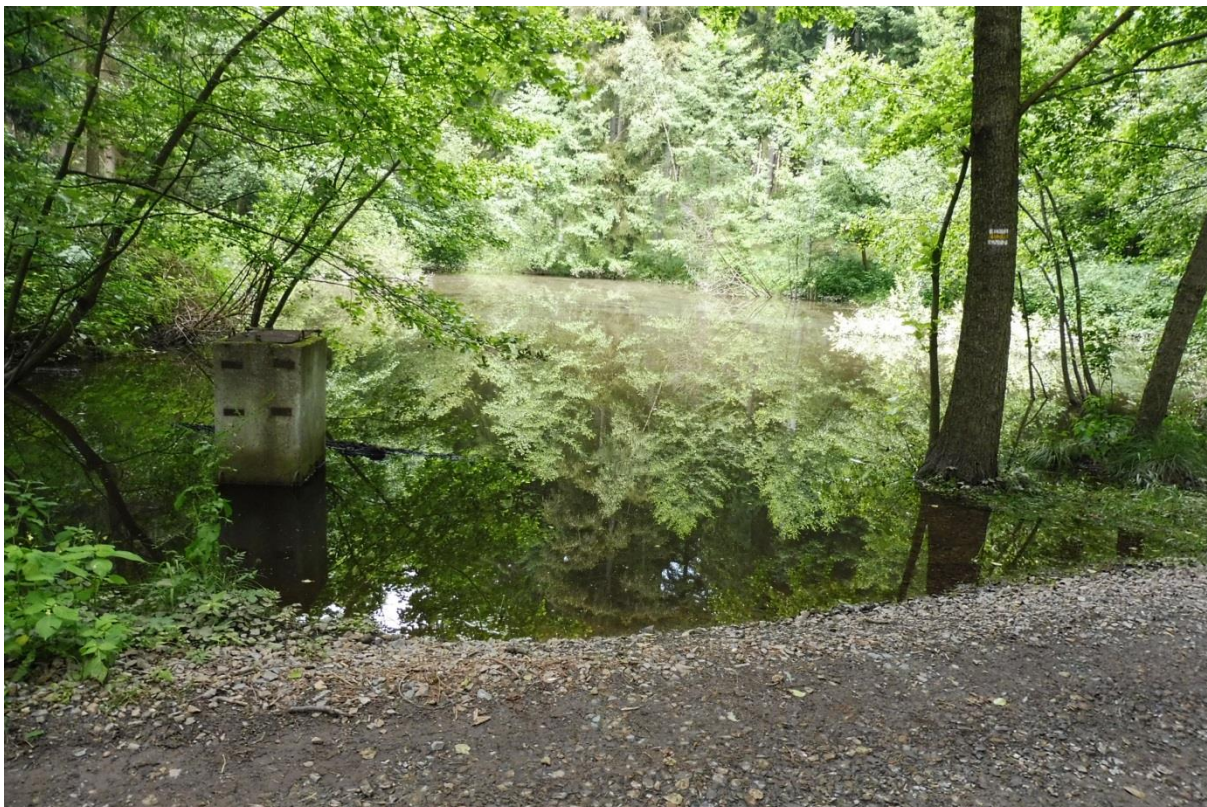
Fotografie 10 Chouzavá blízko ústí do Voznického rybníka



Fotografie 11 Rozdvojení toku



Fotografie 12 Rybník nedaleko osady Chouzavá



Fotografie 13 Rybník v severozápadní části povodí



Fotografie 14 Cesta s příkopem v nedobrému stavu



Fotografie 15 Les v severní části povodí



Fotografie 16 Pohled na povodí od severozápadu

3.2 Výsledné tabulky

3.2.1 Chouzavá

Tabulka 20 Celkové výsledky Chouzavá

Chouzavá											
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	Rozdíl Q _{změna} - Q _{přívodní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	Rozdíl v čase kulminace[min]
n005	t1	-	0.02	0	25223	0.16	5.34	0.25	4.96	213	-9
n005	t1	-	0.035	0	25182		5.09			222	
n005	t1	-	0.07	0	25044	-0.55	4.40	-0.69	-13.56	238	16
n005	t1	P_m	0.035	0	27347	8.59	5.30	0.21	4.13	219	-3
n005	t1	P_v	0.035	0	28403	12.79	5.51	0.42	8.31	217	-5
n005	t3	-	0.035	0	30301		7.53			329	
n005	t3	-	0.02	0	30346	0.15	8.13	0.61	8.05	322	-7
n005	t3	-	0.07	0	30053	-0.82	5.99	-1.54	-20.44	344	15
n005	t3	P_m	0.035	0	32473	7.17	7.97	0.44	5.89	326	-3
n005	t3	P_v	0.035	0	33857	11.74	8.29	0.76	10.10	324	-5
n005	t5	-	0.035	0	69405		24.68			220	
n005	t5	-	0.02	0	69443	0.05	27.24	2.56	10.39	212	-7
n005	t5	-	0.07	0	69311	-0.14	18.82	-5.86	-23.73	234	14
n005	t5	P_m	0.035	0	70606	1.73	25.03	0.36	1.44	218	-2
n005	t5	P_v	0.035	0	71493	3.01	25.52	0.85	3.43	217	-3
n005	t1	-	0.02	1	7944	0.09	1.41	0.04	2.72	214	-4
n005	t1	-	0.07	1	7905	-0.39	1.25	-0.12	-9.08	229	11
n005	t1	-	0.035	1	7937		1.37			218	
n005	t1	P_m	0.035	1	6200	-21.89	1.22	-0.15	-11.07	210	-8
n005	t1	P_v	0.035	1	6522	-17.82	1.31	-0.06	-4.48	206	-12
n005	t3	-	0.02	1	8474	-0.01	2.07	0.10	5.01	315	-5
n005	t3	-	0.07	1	8410	-0.76	1.66	-0.31	-15.71	331	11
n005	t3	-	0.035	1	8475		1.97			320	
n005	t3	P_m	0.035	1	6846	-19.21	1.85	-0.13	-6.42	316	-3
n005	t3	P_v	0.035	1	7266	-14.26	2.02	0.05	2.56	314	-6
n005	t5	-	0.02	1	19100	0.09	6.90	0.53	8.36	210	-5
n005	t5	-	0.035	1	19082		6.37			215	
n005	t5	-	0.07	1	19075	-0.03	5.22	-1.15	-17.98	225	10
n005	t5	P_m	0.035	1	14160	-25.79	5.51	-0.86	-13.46	208	-7
n005	t5	P_v	0.035	1	14525	-23.88	5.73	-0.64	-10.05	207	-8
n005	t1	-	0.02	2	13353	0.04	3.15	0.12	4.01	209	-6
n005	t1	-	0.07	2	13328	-0.14	2.73	-0.30	-9.90	228	12
n005	t1	-	0.035	2	13347		3.03			215	
n005	t1	P_m	0.035	2	17228	29.07	3.38	0.35	11.58	213	-2
n005	t1	P_v	0.035	2	17978	34.70	3.52	0.48	15.98	212	-3
n005	t3	-	0.02	2	17268	0.05	5.09	0.27	5.51	319	-6

Chouzavá											
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	Rozdíl Q _{změna} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	Rozdíl v čase kulminace [min]
n005	t3	-	0.07	2	17224	-0.20	4.11	-0.71	-14.67	334	9
n005	t3	-	0.035	2	17259		4.82			325	
n005	t3	P_m	0.035	2	20992	21.63	5.35	0.53	10.92	321	-4
n005	t3	P_v	0.035	2	21969	27.29	5.50	0.68	14.14	320	-5
n005	t5	-	0.02	2	39904	0.01	16.88	1.02	6.45	209	-6
n005	t5	-	0.07	2	39866	-0.08	13.12	-2.74	-17.25	224	9
n005	t5	-	0.035	2	39900		15.86			215	
n005	t5	P_m	0.035	2	46000	15.29	17.15	1.29	8.15	213	-2
n005	t5	P_v	0.035	2	46542	16.65	17.46	1.60	10.09	213	-2
n005	t1	-	0.02	3	7404	0.03	1.85	0.06	3.54	206	-4
n005	t1	-	0.07	3	7395	-0.10	1.63	-0.16	-8.86	219	9
n005	t1	-	0.035	3	7402		1.78			210	
n005	t1	P_m	0.035	3	6946	-6.16	1.63	-0.15	-8.49	210	0
n005	t1	P_v	0.035	3	7264	-1.86	1.69	-0.10	-5.42	209	-1
n005	t3	-	0.02	3	9709	0.04	3.30	0.17	5.34	314	-3
n005	t3	-	0.07	3	9691	-0.14	2.74	-0.39	-12.31	325	8
n005	t3	-	0.035	3	9705		3.13			318	
n005	t3	P_m	0.035	3	9032	-6.94	2.80	-0.33	-10.54	317	0
n005	t3	P_v	0.035	3	9405	-3.09	2.88	-0.24	-7.82	317	-1
n005	t5	-	0.02	3	23408	0.01	10.69	0.61	6.02	205	-4
n005	t5	-	0.07	3	23401	-0.03	8.58	-1.50	-14.90	215	5
n005	t5	-	0.035	3	23407		10.08			210	
n005	t5	P_m	0.035	3	20672	-11.68	8.71	-1.37	-13.63	209	0
n005	t5	P_v	0.035	3	20878	-10.80	8.88	-1.20	-11.94	209	-1
n005	t1	-	0.02	4	1211	0.03	0.29	0.01	3.16	213	-3
n005	t1	-	0.07	4	1210	-0.09	0.26	-0.02	-7.62	222	6
n005	t1	-	0.035	4	1211		0.28			216	
n005	t1	P_m	0.035	4	1240	2.44	0.28	0.00	0.74	216	0
n005	t1	P_v	0.035	4	945	-21.94	0.22	-0.06	-22.49	206	-10
n005	t3	-	0.02	4	1302	0.04	0.45	0.01	3.11	321	-2
n005	t3	-	0.07	4	1300	-0.14	0.39	-0.04	-9.22	327	4
n005	t3	-	0.035	4	1302		0.43			322	
n005	t3	P_m	0.035	4	1335	2.57	0.44	0.01	1.30	322	0
n005	t3	P_v	0.035	4	1060	-18.59	0.37	-0.06	-13.54	313	-9
n005	t5	-	0.02	4	3461	0.01	1.44	0.05	3.87	208	-2
n005	t5	-	0.07	4	3460	-0.02	1.23	-0.16	-11.30	214	4
n005	t5	-	0.035	4	3460		1.39			210	
n005	t5	P_m	0.035	4	3481	0.60	1.43	0.04	3.01	209	-1
n005	t5	P_v	0.035	4	2858	-17.39	1.21	-0.18	-12.62	205	-6
n020	t1	-	0.035	0	78711		15.34			209	
n020	t1	-	0.02	0	78821	0.14	16.19	0.85	5.55	201	-9

Chouzavá											
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	Rozdíl Q _{změna} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	Rozdíl v čase kulminace [min]
n020	t1	-	0.07	0	78525	-0.24	13.02	-2.33	-15.16	227	18
n020	t1	P_m	0.035	0	81170	3.12	15.63	0.29	1.90	207	-2
n020	t1	P_v	0.035	0	82595	4.93	15.89	0.55	3.56	206	-3
n020	t3	-	0.035	0	96092		17.25			321	
n020	t3	-	0.02	0	96198	0.11	18.53	1.28	7.42	314	-7
n020	t3	-	0.07	0	95857	-0.24	13.84	-3.41	-19.77	336	15
n020	t3	P_m	0.035	0	98571	2.58	18.15	0.90	5.22	320	-1
n020	t3	P_v	0.035	0	100304	4.38	18.82	1.57	9.12	319	-2
n020	t5	-	0.035	0	150616		56.57			214	
n020	t5	-	0.02	0	150678	0.04	63.13	6.56	11.60	206	-8
n020	t5	-	0.07	0	150514	-0.07	41.75	-14.82	-26.19	227	13
n020	t5	P_m	0.035	0	151649	0.69	57.06	0.49	0.87	212	-2
n020	t5	P_v	0.035	0	152626	1.33	57.30	0.74	1.31	211	-3
n020	t1	-	0.035	1	23420		4.21			203	
n020	t1	-	0.02	1	23486	0.28	4.40	0.19	4.53	197	-7
n020	t1	-	0.07	1	23396	-0.10	3.71	-0.50	-11.96	215	12
n020	t1	P_m	0.035	1	17589	-24.90	3.52	-0.69	-16.40	196	-7
n020	t1	P_v	0.035	1	18166	-22.43	3.61	-0.60	-14.14	196	-8
n020	t3	-	0.035	1	26804		4.66			313	
n020	t3	-	0.02	1	26864	0.22	4.96	0.30	6.40	307	-6
n020	t3	-	0.07	1	26768	-0.14	3.93	-0.73	-15.76	326	13
n020	t3	P_m	0.035	1	20223	-24.55	4.13	-0.53	-11.37	310	-3
n020	t3	P_v	0.035	1	20842	-22.24	4.47	-0.19	-4.15	310	-3
n020	t5	-	0.035	1	41061		15.29			208	
n020	t5	-	0.02	1	41101	0.10	16.77	1.48	9.69	202	-5
n020	t5	-	0.07	1	41031	-0.07	12.19	-3.10	-20.28	217	9
n020	t5	P_m	0.035	1	29674	-27.73	12.59	-2.70	-17.67	201	-6
n020	t5	P_v	0.035	1	30226	-26.39	12.78	-2.50	-16.38	201	-7
n020	t1	-	0.02	2	42712	0.02	9.35	0.28	3.11	198	-7
n020	t1	-	0.07	2	42673	-0.07	8.18	-0.89	-9.82	217	13
n020	t1	-	0.035	2	42704		9.07			205	
n020	t1	P_m	0.035	2	50959	19.33	10.15	1.08	11.93	203	-1
n020	t1	P_v	0.035	2	51823	21.35	10.29	1.22	13.50	202	-3
n020	t3	-	0.02	2	54539	0.02	11.20	0.64	6.08	88	-229
n020	t3	-	0.035	2	54529		10.56			317	
n020	t3	-	0.07	2	54489	-0.07	9.19	-1.37	-12.97	326	9
n020	t3	P_m	0.035	2	63497	16.45	12.10	1.55	14.65	315	-2
n020	t3	P_v	0.035	2	64634	18.53	12.46	1.90	18.04	314	-3
n020	t5	-	0.035	2	87117		35.93			209	
n020	t5	-	0.02	2	87120	0.00	38.43	2.49	6.94	204	-5
n020	t5	-	0.07	2	87102	-0.02	29.19	-6.74	-18.75	218	9

Chouzavá												
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	Rozdíl Q _{změna} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	Rozdíl v čase kulminace [min]	
n020	t5	P_m	0.035	2	99514	14.23	39.61	3.68	10.25	207	-2	
n020	t5	P_v	0.035	2	99952	14.73	39.61	3.68	10.24	207	-2	
n020	t1	-	0.02	3	24114	0.01	5.68	0.18	3.25	193	-5	
n020	t1	-	0.07	3	24099	-0.05	5.03	-0.47	-8.56	208	10	
n020	t1	-	0.035	3	24111		5.50			198		
n020	t1	P_m	0.035	3	21730	-9.87	4.85	-0.66	-11.96	198	0	
n020	t1	P_v	0.035	3	22133	-8.20	4.92	-0.58	-10.59	198	-1	
n020	t3	-	0.02	3	31759	0.01	6.99	0.35	5.33	85	-227	
n020	t3	-	0.07	3	31738	-0.05	5.86	-0.77	-11.62	318	6	
n020	t3	-	0.035	3	31755		6.63			312		
n020	t3	P_m	0.035	3	28235	-11.08	5.81	-0.83	-12.49	312	0	
n020	t3	P_v	0.035	3	28700	-9.62	5.96	-0.67	-10.17	312	0	
n020	t5	-	0.02	3	52022	0.00	24.16	1.47	6.45	200	-5	
n020	t5	-	0.07	3	52015	-0.01	19.00	-3.70	-16.29	210	5	
n020	t5	-	0.035	3	52021		22.70			205		
n020	t5	P_m	0.035	3	45631	-12.28	19.50	-3.20	-14.10	204	0	
n020	t5	P_v	0.035	3	45776	-12.00	19.57	-3.13	-13.77	204	-1	
n020	t1	-	0.02	4	4215	0.01	0.93	0.02	2.67	192	-3	
n020	t1	-	0.07	4	4213	-0.04	0.83	-0.07	-7.58	202	7	
n020	t1	-	0.035	4	4215		0.90			195		
n020	t1	P_m	0.035	4	4272	1.36	0.92	0.02	2.37	193	-2	
n020	t1	P_v	0.035	4	3367	-20.11	0.76	-0.14	-15.57	192	-3	
n020	t3	-	0.02	4	4864	0.01	0.94	0.02	1.66	310	-2	
n020	t3	-	0.07	4	4861	-0.04	0.86	-0.06	-6.31	317	4	
n020	t3	-	0.035	4	4863		0.92			313		
n020	t3	P_m	0.035	4	4927	1.32	0.94	0.02	1.69	310	-2	
n020	t3	P_v	0.035	4	4010	-17.55	0.84	-0.09	-9.29	309	-4	
n020	t5	-	0.02	4	7550	0.00	3.49	0.15	4.58	199	-3	
n020	t5	-	0.07	4	7550	-0.01	2.93	-0.41	-12.17	206	5	
n020	t5	-	0.035	4	7550		3.33			202		
n020	t5	P_m	0.035	4	7577	0.36	3.50	0.17	5.08	199	-2	
n020	t5	P_v	0.035	4	6251	-17.21	2.90	-0.44	-13.12	197	-4	
n100	t1	-	0.035	0	163519		28.30			204		
n100	t1	-	0.02	0	163546	0.02	29.76	1.46	5.14	197	-8	
n100	t1	-	0.07	0	163195	-0.20	24.32	-3.98	-14.07	221	17	
n100	t1	P_m	0.035	0	166130	1.60	28.51	0.21	0.74	202	-2	
n100	t1	P_v	0.035	0	167843	2.64	28.74	0.43	1.52	202	-2	
n100	t3	-	0.035	0	192389		39.08			94		
n100	t3	-	0.02	0	192378	-0.01	44.75	5.67	14.52	86	-8	
n100	t3	-	0.07	0	192058	-0.17	27.36	-11.72	-29.98	106	12	
n100	t3	P_m	0.035	0	194332	1.01	39.46	0.39	0.99	92	-2	

Chouzavá											
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	Rozdíl Q _{změna} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	Rozdíl v čase kulminace [min]
n100	t3	P_v	0.035	0	195788	1.77	40.00	0.92	2.35	91	-3
n100	t5	-	0.035	0	252977		94.01			210	
n100	t5	-	0.02	0	253019	0.02	104.97	10.96	11.66	202	-8
n100	t5	-	0.07	0	252907	-0.03	69.07	-24.94	-26.53	223	13
n100	t5	P_m	0.035	0	254443	0.58	94.79	0.78	0.83	208	-2
n100	t5	P_v	0.035	0	255507	1.00	94.76	0.75	0.79	208	-3
n100	t1	-	0.035	1	46962		7.83			198	
n100	t1	-	0.02	1	46939	-0.05	8.16	0.33	4.20	192	-5
n100	t1	-	0.07	1	46848	-0.24	6.94	-0.90	-11.44	208	10
n100	t1	P_m	0.035	1	34664	-26.19	6.12	-1.71	-21.86	192	-6
n100	t1	P_v	0.035	1	35503	-24.40	6.24	-1.60	-20.38	191	-7
n100	t3	-	0.035	1	53150		10.26			87	
n100	t3	-	0.02	1	53093	-0.11	11.46	1.20	11.68	82	-4
n100	t3	-	0.07	1	53026	-0.23	7.88	-2.38	-23.19	95	8
n100	t3	P_m	0.035	1	38773	-27.05	9.07	-1.19	-11.62	82	-5
n100	t3	P_v	0.035	1	39590	-25.51	9.35	-0.90	-8.81	81	-6
n100	t5	-	0.035	1	68771		25.79			204	
n100	t5	-	0.02	1	68789	0.03	28.17	2.38	9.23	198	-6
n100	t5	-	0.07	1	68780	0.01	20.59	-5.20	-20.16	213	9
n100	t5	P_m	0.035	1	49219	-28.43	20.39	-5.40	-20.94	197	-6
n100	t5	P_v	0.035	1	50029	-27.25	20.64	-5.15	-19.96	197	-7
n100	t1	-	0.035	2	90731		16.78			200	
n100	t1	-	0.02	2	90741	0.01	17.30	0.53	3.14	194	-6
n100	t1	-	0.07	2	90690	-0.05	15.21	-1.57	-9.35	211	11
n100	t1	P_m	0.035	2	105597	16.39	18.81	2.03	12.12	198	-2
n100	t1	P_v	0.035	2	106478	17.36	18.91	2.13	12.71	197	-3
n100	t3	-	0.035	2	110133		25.89			89	
n100	t3	-	0.02	2	110143	0.01	28.29	2.40	9.29	83	-5
n100	t3	-	0.07	2	110089	-0.04	20.12	-5.77	-22.29	97	8
n100	t3	P_m	0.035	2	126413	14.78	27.86	1.97	7.62	87	-2
n100	t3	P_v	0.035	2	127061	15.37	28.21	2.32	8.96	87	-2
n100	t5	-	0.035	2	146610		59.25			206	
n100	t5	-	0.02	2	146614	0.00	63.53	4.27	7.21	200	-6
n100	t5	-	0.07	2	146595	-0.01	48.22	-11.04	-18.63	215	9
n100	t5	P_m	0.035	2	167575	14.30	66.13	6.87	11.60	204	-2
n100	t5	P_v	0.035	2	167853	14.49	65.72	6.46	10.91	203	-2
n100	t1	-	0.02	3	52309	0.01	10.40	0.31	3.08	190	-4
n100	t1	-	0.035	3	52305		10.09			195	
n100	t1	-	0.07	3	52289	-0.03	9.30	-0.79	-7.80	204	9
n100	t1	P_m	0.035	3	46633	-10.84	8.76	-1.33	-13.21	195	0
n100	t1	P_v	0.035	3	46965	-10.21	8.84	-1.25	-12.42	194	-1

Chouzavá											
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	Rozdíl Q _{změna} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	Rozdíl v čase kulminace [min]
n100	t3	-	0.035	3	65204		16.81			83	
n100	t3	-	0.02	3	65208	0.01	18.23	1.42	8.47	80	-3
n100	t3	-	0.07	3	65186	-0.03	13.50	-3.31	-19.70	88	4
n100	t3	P_m	0.035	3	57302	-12.12	14.33	-2.47	-14.72	83	-1
n100	t3	P_v	0.035	3	57534	-11.76	14.54	-2.27	-13.48	83	-1
n100	t5	-	0.035	3	88183		37.11			201	
n100	t5	-	0.02	3	88184	0.00	39.35	2.24	6.02	196	-5
n100	t5	-	0.07	3	88176	-0.01	31.22	-5.90	-15.88	207	6
n100	t5	P_m	0.035	3	77205	-12.45	32.04	-5.07	-13.67	201	0
n100	t5	P_v	0.035	3	77358	-12.28	32.08	-5.03	-13.56	201	0
n100	t1	-	0.02	4	8747	0.01	1.63	0.03	1.86	187	-3
n100	t1	-	0.07	4	8745	-0.02	1.51	-0.10	-6.03	196	6
n100	t1	-	0.035	4	8747		1.60			190	
n100	t1	P_m	0.035	4	8776	0.33	1.63	0.03	1.62	188	-2
n100	t1	P_v	0.035	4	7090	-18.94	1.35	-0.25	-15.72	186	-4
n100	t3	-	0.02	4	9826	0.00	2.51	0.15	6.45	80	-1
n100	t3	-	0.07	4	9824	-0.02	1.97	-0.39	-16.60	85	3
n100	t3	-	0.035	4	9826		2.36			82	
n100	t3	P_m	0.035	4	9855	0.29	2.50	0.14	6.03	81	-1
n100	t3	P_v	0.035	4	8100	-17.56	2.15	-0.21	-8.79	78	-4
n100	t5	-	0.02	4	12647	0.00	5.68	0.24	4.35	193	-4
n100	t5	-	0.035	4	12647		5.45			197	
n100	t5	-	0.07	4	12646	-0.01	4.85	-0.60	-10.94	202	5
n100	t5	P_m	0.035	4	12689	0.34	5.72	0.27	5.01	193	-4
n100	t5	P_v	0.035	4	10491	-17.05	4.76	-0.69	-12.66	192	-5

3.2.2 Býkovice

Tabulka 21 Celkové výsledky Býkovice

Býkovice											
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	rozdíl Q _{změna} - Q _{přívodní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	rozdíl doby kulminace [min]
n005	t1	-	0.02	0	25384	0.41	7.75	1.29	19.95	204	-10
n005	t1	-	0.035	0	25281		6.46			214	
n005	t1	-	0.07	0	24954	-1.29	4.38	-2.08	-32.23	234	20
n005	t1	P_m	0.035	0	28375	12.24	7.31	0.84	13.00	213	-1
n005	t1	P_v	0.035	0	29102	15.11	7.37	0.91	14.01	212	-2
n005	t1	-	0.02	1	22310	1.07	7.53	0.83	12.47	198	-7
n005	t1	-	0.035	1	22251	0.81	6.69			205	
n005	t1	-	0.07	1	22073		5.03	-1.67	-24.94	217	12
n005	t1	P_m	0.035	1	23551	6.70	7.16	0.47	6.98	203	-2
n005	t1	P_v	0.035	1	24563	11.28	7.31	0.61	9.19	202	-3
n005	t1	-	0.02	2	5667	0.79	2.07	0.21	11.43	193	-5
n005	t1	-	0.035	2	5657	0.59	1.86			198	
n005	t1	-	0.07	2	5623		1.49	-0.37	-19.80	205	7
n005	t1	P_m	0.035	2	5453	-3.04	1.99	0.13	6.81	196	-2
n005	t1	P_v	0.035	2	5520	-1.83	1.98	0.12	6.30	195	-3
n005	t1	-	0.02	3	6523	1.13	1.98	0.21	11.84	196	-4
n005	t1	-	0.035	3	6505	0.85	1.77			201	
n005	t1	-	0.07	3	6450		1.41	-0.36	-20.40	207	6
n005	t1	P_m	0.035	3	7033	9.05	1.95	0.18	10.23	194	-6
n005	t1	P_v	0.035	3	7118	10.36	1.95	0.19	10.55	193	-7
n005	t1	-	0.02	4	8737	0.37	3.14	0.18	6.25	192	-5
n005	t1	-	0.035	4	8729	0.28	2.96			197	
n005	t1	-	0.07	4	8705		2.54	-0.42	-14.14	205	8
n005	t1	P_m	0.035	4	9958	14.39	3.10	0.15	4.99	196	-1
n005	t1	P_v	0.035	4	9981	14.66	3.11	0.16	5.33	195	-2
n005	t1	-	0.02	5	4638	0.16	1.99	0.08	4.00	192	-3
n005	t1	-	0.035	5	4636	0.12	1.92			195	
n005	t1	-	0.07	5	4631		1.72	-0.19	-10.05	201	5
n005	t1	P_m	0.035	5	4061	-12.30	1.70	-0.21	-11.01	194	-1
n005	t1	P_v	0.035	5	4088	-11.72	1.70	-0.21	-11.09	193	-3
n005	t1	-	0.02	6	16187	0.98	5.36	0.54	11.09	197	-7
n005	t1	-	0.035	6	16147	0.73	4.82			204	
n005	t1	-	0.07	6	16030		3.74	-1.08	-22.43	214	10
n005	t1	P_m	0.035	6	17657	10.15	5.18	0.35	7.36	201	-3
n005	t1	P_v	0.035	6	18640	16.29	5.36	0.53	11.04	200	-4
n005	t6	-	0.02	0	148085		91.36	28.07	44.34	203	-7
n005	t6	-	0.035	0	147991	-0.06	63.30			210	
n005	t6	-	0.07	0	147645	-0.30	34.81	-28.49	-45.01	226	16
n005	t6	P_m	0.035	0	151974	2.63	74.27	10.97	17.33	212	2
n005	t6	P_v	0.035	0	152914	3.26	74.28	10.98	17.35	212	2

Býkovice											
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	rozdíl Q _{změna} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	rozdíl doby kulminace[min]
n005	t6	-	0.02	1	124575		89.72	19.33	27.46	199	-4
n005	t6	-	0.035	1	124514	-0.05	70.39			203	
n005	t6	-	0.07	1	124321	-0.20	42.68	-27.70	-39.36	211	8
n005	t6	P_m	0.035	1	124356	-0.18	77.89	7.50	10.66	203	0
n005	t6	P_v	0.035	1	126109	1.23	78.10	7.71	10.95	203	0
n005	t6	-	0.02	2	37225	0.13	28.63	4.77	19.97	197	-2
n005	t6	-	0.035	2	37216	0.11	23.87			199	
n005	t6	-	0.07	2	37176		16.71	-7.16	-30.00	201	2
n005	t6	P_m	0.035	2	35975	-3.23	27.58	3.72	15.57	199	0
n005	t6	P_v	0.035	2	34351	-7.60	25.62	1.76	7.36	198	-1
n005	t6	-	0.02	3	30320	0.30	20.67	3.60	21.08	198	-2
n005	t6	-	0.035	3	30297	0.22	17.07			200	
n005	t6	-	0.07	3	30231		11.92	-5.15	-30.17	202	3
n005	t6	P_m	0.035	3	30768	1.78	20.02	2.95	17.29	197	-2
n005	t6	P_v	0.035	3	30882	2.15	20.13	3.06	17.92	197	-3
n005	t6	-	0.02	4	41057	0.07	33.56	3.69	12.35	195	-3
n005	t6	-	0.035	4	41048	0.05	29.88			198	
n005	t6	-	0.07	4	41028		22.34	-7.53	-25.22	203	5
n005	t6	P_m	0.035	4	43276	5.48	30.53	0.65	2.18	198	0
n005	t6	P_v	0.035	4	43326	5.60	30.41	0.53	1.79	198	-1
n005	t6	-	0.02	5	24309	0.05	20.70	1.39	7.18	195	-3
n005	t6	-	0.035	5	24306	0.03	19.31			197	
n005	t6	-	0.07	5	24298		16.05	-3.26	-16.90	200	3
n005	t6	P_m	0.035	5	22023	-9.36	17.62	-1.69	-8.76	197	0
n005	t6	P_v	0.035	5	22089	-9.09	17.37	-1.95	-10.09	196	-2
n005	t6	-	0.02	6	81901	0.21	59.08	11.63	24.52	199	-4
n005	t6	-	0.035	6	81857	0.15	47.45			202	
n005	t6	-	0.07	6	81731		29.81	-17.63	-37.16	210	7
n005	t6	P_m	0.035	6	82950	1.49	52.14	4.70	9.90	202	0
n005	t6	P_v	0.035	6	86897	6.32	54.32	6.88	14.49	202	0
n020	t1	-	0.02	0	85317		23.18	3.03	15.01	199	-9
n020	t1	-	0.035	0	85166	-0.18	20.16			208	
n020	t1	-	0.07	0	84654	-0.78	14.23	-5.93	-29.42	226	18
n020	t1	P_m	0.035	0	88583	3.83	21.85	1.70	8.42	207	-1
n020	t1	P_v	0.035	0	89440	4.83	21.84	1.69	8.36	207	-1
n020	t1	-	0.02	1	74607		21.08	1.71	8.83	193	-7
n020	t1	-	0.035	1	74519	-0.12	19.37			200	
n020	t1	-	0.07	1	74248	-0.48	15.40	-3.97	-20.50	211	10
n020	t1	P_m	0.035	1	74855	0.33	20.16	0.79	4.10	198	-2
n020	t1	P_v	0.035	1	76428	2.44	20.30	0.93	4.81	198	-3
n020	t1	-	0.02	2	20427		6.09	0.43	7.59	191	-4
n020	t1	-	0.035	2	20411	-0.08	5.66			195	
n020	t1	-	0.07	2	20362	-0.32	4.76	-0.90	-15.89	201	6

Býkovice											
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	rozdíl Q _{změna} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	rozdíl doby kulminace[min]
n020	t1	P_m	0.035	2	19387	-5.09	5.90	0.25	4.34	193	-2
n020	t1	P_v	0.035	2	18794	-7.99	5.68	0.02	0.40	192	-3
n020	t1	-	0.02	3	20669	0.57	5.35	0.45	9.14	191	-4
n020	t1	-	0.035	3	20638	0.42	4.90			195	
n020	t1	-	0.07	3	20551		4.05	-0.85	-17.33	202	7
n020	t1	P_m	0.035	3	21132	2.82	5.26	0.36	7.36	191	-4
n020	t1	P_v	0.035	3	21194	3.13	5.25	0.35	7.14	191	-4
n020	t1	-	0.02	4	26884	0.17	7.66	0.27	3.72	187	-4
n020	t1	-	0.035	4	26873	0.13	7.38			192	
n020	t1	-	0.07	4	26839		6.63	-0.75	-10.19	199	8
n020	t1	P_m	0.035	4	28654	6.76	7.63	0.25	3.36	191	0
n020	t1	P_v	0.035	4	28714	6.99	7.64	0.26	3.51	191	-1
n020	t1	-	0.02	5	15504	0.09	4.65	0.12	2.58	186	-3
n020	t1	-	0.035	5	15500	0.07	4.53			190	
n020	t1	-	0.07	5	15490		4.22	-0.32	-6.97	195	5
n020	t1	P_m	0.035	5	13648	-11.89	4.06	-0.47	-10.34	189	-1
n020	t1	P_v	0.035	5	13716	-11.45	4.07	-0.46	-10.14	188	-2
n020	t1	-	0.02	6	51898	0.47	14.31	1.06	8.00	192	-6
n020	t1	-	0.035	6	51837	0.35	13.25			199	
n020	t1	-	0.07	6	51656		10.78	-2.47	-18.66	208	9
n020	t1	P_m	0.035	6	53200	2.99	13.85	0.60	4.55	197	-2
n020	t1	P_v	0.035	6	55573	7.58	14.29	1.04	7.88	196	-3
n020	t6	-	0.02	0	273898		166.31	49.59	42.48	201	-7
n020	t6	-	0.035	0	273750	-0.05	116.72			208	
n020	t6	-	0.07	0	273316	-0.21	64.68	-52.04	-44.59	224	16
n020	t6	P_m	0.035	0	279734	2.13	136.09	19.37	16.59	209	2
n020	t6	P_v	0.035	0	281098	2.63	136.02	19.30	16.53	209	2
n020	t6	-	0.02	1	230169		162.05	33.79	26.34	197	-4
n020	t6	-	0.035	1	230069	-0.04	128.27			201	
n020	t6	-	0.07	1	229812	-0.16	78.88	-49.39	-38.50	209	8
n020	t6	P_m	0.035	1	229049	-0.49	140.89	12.63	9.84	201	0
n020	t6	P_v	0.035	1	231873	0.74	141.36	13.09	10.21	201	0
n020	t6	-	0.02	2	68832		51.09	8.02	18.61	194	-2
n020	t6	-	0.035	2	68823	-0.01	43.07			196	
n020	t6	-	0.07	2	68779	-0.08	30.45	-12.63	-29.31	199	2
n020	t6	P_m	0.035	2	66652	-3.17	49.10	6.03	13.99	196	0
n020	t6	P_v	0.035	2	63540	-7.69	45.42	2.35	5.45	196	-1
n020	t6	-	0.02	3	56674		38.51	6.46	20.17	195	-2
n020	t6	-	0.035	3	56630	-0.08	32.04			197	
n020	t6	-	0.07	3	56531	-0.25	22.53	-9.51	-29.69	200	3
n020	t6	P_m	0.035	3	57320	1.14	37.09	5.04	15.73	196	-2
n020	t6	P_v	0.035	3	57450	1.37	37.36	5.31	16.58	195	-2
n020	t6	-	0.02	4	75005	0.05	59.59	5.97	11.13	193	-3

Býkovice											
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	rozdíl Q _{změněna} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	rozdíl doby kulminace[min]
n020	t6	-	0.035	4	74993	0.04	53.62			196	
n020	t6	-	0.07	4	74965		40.61	-13.01	-24.26	201	5
n020	t6	P_m	0.035	4	78360	4.53	54.92	1.30	2.43	196	0
n020	t6	P_v	0.035	4	78392	4.57	54.84	1.22	2.27	196	0
n020	t6	-	0.02	5	44498	0.04	36.70	2.28	6.64	192	-2
n020	t6	-	0.035	5	44493	0.03	34.41			195	
n020	t6	-	0.07	5	44481		28.76	-5.65	-16.42	198	3
n020	t6	P_m	0.035	5	40383	-9.21	31.56	-2.86	-8.30	195	0
n020	t6	P_v	0.035	5	40440	-9.09	31.33	-3.08	-8.95	194	-1
n020	t6	-	0.02	6	151182	0.17	107.09	20.31	23.40	197	-4
n020	t6	-	0.035	6	151104	0.12	86.78			200	
n020	t6	-	0.07	6	150925		55.16	-31.62	-36.44	208	7
n020	t6	P_m	0.035	6	152263	0.89	95.06	8.28	9.54	200	0
n020	t6	P_v	0.035	6	159234	5.51	99.22	12.44	14.34	200	0
n100	t1	-	0.02	0	199735		43.95	5.24	13.54	196	-8
n100	t1	-	0.035	0	199501	-0.12	38.70			204	
n100	t1	-	0.07	0	198539	-0.60	28.55	-10.15	-26.24	222	18
n100	t1	P_m	0.035	0	203630	1.95	41.67	2.96	7.66	204	0
n100	t1	P_v	0.035	0	204476	2.37	41.48	2.77	7.16	203	-1
n100	t1	-	0.02	1	174149		38.87	2.76	7.64	191	-6
n100	t1	-	0.035	1	174009	-0.08	36.11			197	
n100	t1	-	0.07	1	173543	-0.35	29.50	-6.61	-18.29	207	10
n100	t1	P_m	0.035	1	172854	-0.74	37.35	1.24	3.42	195	-2
n100	t1	P_v	0.035	1	175312	0.67	37.45	1.34	3.72	195	-2
n100	t1	-	0.02	2	49013		11.70	0.71	6.50	188	-4
n100	t1	-	0.035	2	48989	-0.05	10.99			193	
n100	t1	-	0.07	2	48902	-0.23	9.37	-1.62	-14.73	198	5
n100	t1	P_m	0.035	2	46715	-4.69	11.37	0.38	3.47	190	-3
n100	t1	P_v	0.035	2	44786	-8.62	10.79	-0.20	-1.86	189	-4
n100	t1	-	0.02	3	46843		9.58	0.66	7.41	188	-4
n100	t1	-	0.035	3	46790	-0.11	8.92			193	
n100	t1	-	0.07	3	46637	-0.44	7.57	-1.35	-15.12	199	6
n100	t1	P_m	0.035	3	47174	0.71	9.49	0.57	6.42	188	-4
n100	t1	P_v	0.035	3	47272	0.92	9.52	0.60	6.68	188	-5
n100	t1	-	0.02	4	60886		13.33	0.41	3.19	185	-4
n100	t1	-	0.035	4	60870	-0.03	12.92			189	
n100	t1	-	0.07	4	60821	-0.11	11.80	-1.12	-8.67	197	7
n100	t1	P_m	0.035	4	63827	4.83	13.35	0.43	3.32	189	0
n100	t1	P_v	0.035	4	63864	4.89	13.33	0.42	3.24	189	-1
n100	t1	-	0.02	5	36362	0.06	7.96	0.16	2.12	185	-3
n100	t1	-	0.035	5	36356	0.05	7.79			188	
n100	t1	-	0.07	5	36339		7.34	-0.45	-5.75	193	6
n100	t1	P_m	0.035	5	32392	-10.86	7.04	-0.75	-9.58	187	-1

Býkovice											
Doba opakování N[roky]	Typ srážky (tvar)	Příkopy	Manningova drsnost n	Číslo bodu	Kumulativní objem V[m ³]	Rozdíl v kumulativním objemu [%]	Kulminační průtok Q _{max} [m ³ /s]	rozdíl Q _{změna} - Q _{původní} [m ³ /s]	Rozdíl Q [%]	Čas kulminace t _{Qmax} [min]	rozdíl doby kulminace[min]
n100	t1	P_v	0.035	5	32446	-10.71	7.03	-0.76	-9.79	186	-2
n100	t1	-	0.02	6	119123	0.34	25.71	1.64	6.82	190	-6
n100	t1	-	0.035	6	119025	0.26	24.07			196	
n100	t1	-	0.07	6	118720		20.08	-3.99	-16.59	205	9
n100	t1	P_m	0.035	6	120145	1.20	25.00	0.93	3.86	194	-2
n100	t1	P_v	0.035	6	125075	5.35	25.88	1.81	7.51	193	-2
n100	t6	-	0.02	0	430543		254.02	73.24	40.51	199	-7
n100	t6	-	0.035	0	430323	-0.05	180.79			206	
n100	t6	-	0.07	0	429753	-0.18	101.25	-79.54	-44.00	222	16
n100	t6	P_m	0.035	0	437872	1.70	209.78	29.00	16.04	208	2
n100	t6	P_v	0.035	0	439348	2.05	209.83	29.04	16.06	208	2
n100	t6	-	0.02	1	361660		245.63	49.17	25.03	196	-4
n100	t6	-	0.035	1	361511	-0.04	196.46			200	
n100	t6	-	0.07	1	361161	-0.14	122.49	-73.97	-37.65	208	8
n100	t6	P_m	0.035	1	358851	-0.78	214.92	18.46	9.40	200	0
n100	t6	P_v	0.035	1	362397	0.20	215.77	19.32	9.83	200	0
n100	t6	-	0.02	2	108174		76.87	11.38	17.38	193	-2
n100	t6	-	0.035	2	108164	-0.01	65.48			195	
n100	t6	-	0.07	2	108117	-0.05	46.82	-18.66	-28.49	198	2
n100	t6	P_m	0.035	2	104616	-3.29	73.80	8.31	12.70	195	0
n100	t6	P_v	0.035	2	99398	-8.11	68.47	2.99	4.56	195	-1
n100	t6	-	0.02	3	89656		59.04	9.50	19.18	194	-2
n100	t6	-	0.035	3	89586	-0.08	49.54			196	
n100	t6	-	0.07	3	89440	-0.24	35.00	-14.54	-29.35	199	3
n100	t6	P_m	0.035	3	90221	0.63	57.15	7.61	15.36	194	-2
n100	t6	P_v	0.035	3	90328	0.75	57.68	8.14	16.43	194	-2
n100	t6	-	0.02	4	117229		88.97	8.12	10.05	192	-3
n100	t6	-	0.035	4	117212	-0.01	80.85			195	
n100	t6	-	0.07	4	117177	-0.04	61.93	-18.92	-23.40	200	5
n100	t6	P_m	0.035	4	121965	4.04	83.01	2.16	2.67	195	0
n100	t6	P_v	0.035	4	121980	4.05	82.89	2.04	2.53	195	0
n100	t6	-	0.02	5	69636		54.53	3.11	6.04	191	-2
n100	t6	-	0.035	5	69628	-0.01	51.42			194	
n100	t6	-	0.07	5	69612	-0.04	43.43	-7.99	-15.54	196	3
n100	t6	P_m	0.035	5	63265	-9.15	47.21	-4.21	-8.19	193	0
n100	t6	P_v	0.035	5	63317	-9.07	46.94	-4.48	-8.71	193	-1
n100	t6	-	0.02	6	237518	0.05	162.44	29.69	22.36	195	-3
n100	t6	-	0.035	6	237398		132.75			199	
n100	t6	-	0.07	6	237141	-0.11	85.52	-47.23	-35.58	206	7
n100	t6	P_m	0.035	6	238293	0.38	145.28	12.53	9.44	199	0
n100	t6	P_v	0.035	6	248666	4.75	151.59	18.84	14.19	199	0

3.3 Seznam obrázků

Obrázek 1 Typy příkopů podle prostorového uspořádání (Kadlec a kol., 2014)	9
Obrázek 2 Rozdělení modelů (Kavka, 2012)	11
Obrázek 3 Dialogové okno SMODERPu v prostředí ArcGIS.....	22
Obrázek 4 Trojúhelníkový diagram USDA (Vopravil a kol., 2009).....	23
Obrázek 5 DMT pro povodí Chouzavá (vlevo) a Býkovice (vpravo).....	27
Obrázek 6 Půdní poměry pro povodí Chouzavá (vlevo) a Býkovice (vpravo)	28
Obrázek 7 Využití území v povodí Chouzavá (vlevo) a Býkovice (vpravo)	28
Obrázek 8 Tvary srážek.....	29
Obrázek 9 Vrstva bodů pro povodí Chouzavá (vlevo) a Býkovice (vpravo).....	30
Obrázek 10 Hydrografická síť pro povodí Chouzavá (vlevo) a Býkovice (vpravo).....	30
Obrázek 11 Rozliv přítoku Chouzavé	33
Obrázek 12 Využití území povodí Chouzavé (Kavka a kol, 2016)	34
Obrázek 13 Povodí Chouzavá	35
Obrázek 14 Kříž uprostřed osady Chouzavá	35
Obrázek 15 Betonárna Kytín.....	36
Obrázek 16 Vodní toky - hodnocení drsnosti, Chouzavá.....	37
Obrázek 17 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t1 (F), N = 5 let	39
Obrázek 18 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t1 (F), N = 20 let.....	39
Obrázek 19 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t1 (F), N = 100 let.....	39
Obrázek 20 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t3 (D), N = 5 let.....	40
Obrázek 21 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t3 (D), N = 20 let	40
Obrázek 22 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t3 (D), N = 100 let.....	40
Obrázek 23 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t5 (B), N = 5 let.....	41
Obrázek 24 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t5 (B), N = 20 let	41
Obrázek 25 Hydrogram pro různé drsnosti v bodě 0, srážka: t5 (B), N = 100 let.....	41
Obrázek 26 Hydrogram pro různé desnosti v bodě 2, srážka t3 (D), N=20 let	42
Obrázek 27 Vodní toky a příkopy, Chouzavá.....	43
Obrázek 28 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t1 (F), N=5 let.....	46
Obrázek 29 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t1 (F), N=20 let	46
Obrázek 30 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t1 (F), N=100 let.....	46
Obrázek 31 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t3 (D), N=5 let	47
Obrázek 32 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t3 (D), N=20 let.....	47
Obrázek 33 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t3 (D), N=100 let.....	47
Obrázek 34 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t5 (B), N=5 let.....	48
Obrázek 35 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t5 (B), N=20 let.....	48

Obrázek 36 Hydrogram pro různý počet příkopů v bodě 4, srážka t5 (B), N=100 let	48
Obrázek 37 Povodí Býkovice.....	50
Obrázek 38 Využití území povodí Býkovice (Kavka a kol., 2016)	50
Obrázek 39 Vodní toky a příkopy, Býkovice.....	52
Obrázek 40 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t1 (F), N = 100 let.....	54
Obrázek 41 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t1 (F), N = 20 let	54
Obrázek 42 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t1 (F), N = 5 let	54
Obrázek 43 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t6 (A), N = 100 let	55
Obrázek 44 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t6 (A), N = 20 let.....	55
Obrázek 45 Hydrogram pro různou hydrografickou síť v bodě 2, srážka: t6 (A), N = 1 let.....	55
Obrázek 46 Část skriptu <i>stream.py</i>	57
Obrázek 47 Problém sklonu	58
Obrázek 48 Úprava trasy příkopu.....	59

3.4 Seznam tabulek

Tabulka 1 Doporučené zabezpečení pro dimenzování základních typů TPEO (Kadlec a kol., 2014).....	10
Tabulka 2 Přehled srážko-odtokových modelů a jejich základní charakteristiky. (Kavka a kol., 2015).....	12
Tabulka 3 Legenda k Tab. 2 - klíčové parametry pro klasifikaci modelů	13
Tabulka 4 Geometrické charakteristiky příčného profilu koryta (upraveno z Mattas,2014).....	19
Tabulka 5 Tabulka s přehledem vstupních dat (Kavka a kol, 2018)	21
Tabulka 6 Nováková klasifikační stupnice	23
Tabulka 7 Půdně-vegetační charakteristiky	24
Tabulka 8 Ukázka vstupní tabulky hydrografické sítě	25
Tabulka 9 Ukázka tabulky půdně-vegetačních charakteristik pro scénář 105	28
Tabulka 10 Porovnání v závěrovém profilu při změně úseků vodních toků	34
Tabulka 11 Vliv drsnosti v bodě 0, Chouzavá.....	38
Tabulka 12 Vliv drsnosti v bodech 2,3, Chouzavá.....	42
Tabulka 13 Vliv příkopů v bodě 1, Chouzavá	44
Tabulka 14 Vliv příkopů v bodě 4, Chouzavá	45
Tabulka 15 Ukázka výsledků v bodě 1 a 4 při změně tvaru a Q_{365} , Chouzavá	49
Tabulka 16 Vliv drsnosti v bodě 0, Býkovice.....	51
Tabulka 17 Vliv příkopů v bodech 2 a 3, Býkovice.....	52
Tabulka 18 N-leté průtoky (ČHMÚ)	56

Tabulka 19 Tvar úseků koryt podle Edlmana (Edlman, 2015).....	57
Tabulka 20 Celkové výsledky Chouzavá.....	71
Tabulka 21 Celkové výsledky Býkovice.....	77

3.5 Seznam fotografií

Fotografie 1 Příkop u cesty nedaleko betonárny.....	63
Fotografie 2 Výtok z areálu betonárny.....	63
Fotografie 3 Koryto přítoku Chouzavé za betonárnou.....	64
Fotografie 4 Koryto přítoku Chouzavé, dále po toku.....	64
Fotografie 5 Koryto přítoku Chouzavé, dále po toku.....	65
Fotografie 6 Lužní les.....	65
Fotografie 7 Rybník v jihovýchodní části povodí.....	66
Fotografie 8 Meandry Chouzavé.....	66
Fotografie 9 Eroze břehu.....	67
Fotografie 10 Chouzavá blízko ústí do Voznického rybníka.....	67
Fotografie 11 Rozdvojení toku.....	68
Fotografie 12 Rybník nedaleko osady Chouzavá.....	68
Fotografie 13 Rybník v severozápadní části povodí.....	69
Fotografie 14 Cesta s příkopem v nedobrému stavu.....	69
Fotografie 15 Les v severní části povodí.....	70
Fotografie 16 Pohled na povodí od severozápadu.....	70