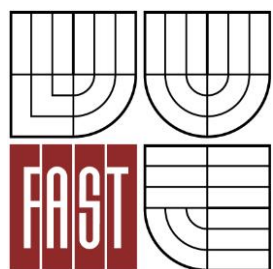




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

# IDENTIFIKACE A STABILIZACE DRAH SOUSTŘEDĚNÉHO POVRCHOVÉHO ODTOKU V POVODÍ PRUŠÁNKY A MUTĚNICKÉHO POTOKA

IDENTIFICATION AND STABILIZATION OF CONCENTRATED RUNOFF WATERWAYS IN THE  
WATERSHED OF PRUSANKA AND MUTĚNICKÝ CREEK

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**BC. ŠTĚPÁN HORKÝ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodního hospodářství krajiny

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Štěpán Horký
<b>Název</b>	Identifikace a stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku v povodí Prušánky a Mutěnického potoka
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2015
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

.....  
prof. Ing. Miloš Starý, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: ČZU 2012, ISBN 978-80-87415-42-9
3. Toy, T.J., Foster, G.R. a Renard, K.G. Soil erosion: processes, prediction, measurement and control. New York: Wiley, 2002, 352 p. ISBN 0-471-38369-4.
4. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, ČZU Praha 1997

## **Zásady pro vypracování**

S využitím DMT a nástrojů GIS ve vybraných povodích Prušánky a Mutěnického potoka identifikujte dráhy soustředěného povrchového odtoku (DSO). Pro identifikované DSO navrhnete jejich stabilizaci. Ve vybraných sběrných plochách analyzujte komplex fyzickogeografických faktorů ovlivňujících základní charakteristiky přímého odtoku, erozní smyv a transport splavenin. K hodnocení odtokových poměrů využijte metodu čísel odtokových křivek CN v modifikaci modelu DeSQ.

## **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....  
prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA**

### **Abstrakt**

Předmětem této práce je identifikace drah povrchového soustředěného odtoku v krajině a jejich následná stabilizace. Za tímto účelem byla analyzována lokalita obcí Čejkovice a Mutěnice v Jihomoravském kraji. V práci jsou uvedena teoretická východiska pro definici povrchového soustředěného odtoku a způsob jejich aplikace při výpočtu. Území bylo analyzováno na základě digitálního modelu terénu v programovém prostředí ArcGIS. Pro výpočet povrchového soustředěného odtoku byla použita metoda CN křivek prostřednictvím hydrologického modelu DesQ – MAX Q.

### **Klíčová slova**

Dráhy povrchového soustředěného odtoku

Eroze

GIS

Čejkovice

Mutěnice

### **Abstract**

The subject matter of the thesis is the identification of concentrated runoff waterways in the landscape and their consequent stabilization. The municipalities of Čejkovice and Mutěnice in the South Moravian region were analysed in order to reach this purpose. The thesis introduces theoretical bases for the definition of concentrated runoff waterways and their application in the calculation. The area was analysed on the basis of the digital elevation model in ArcGIS software environment. The CN curves method by means of the hydrological model DesQ – MAX Q was used for the calculation of concentrated runoff waterways.

### **Key words**

Concentrated surface runoff waterways

Erosion

GIS

Čejkovice

Mutěnice

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

HORKÝ Štěpán, *Identifikace a stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku v povodí Prušánky a Mutěnického potoka*. Brno, 2016. 96 s., 6 příl. Magisterská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2016

.....  
podpis autora  
Bc. Štěpán Horký

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 15. 1. 2016

.....  
podpis autora  
Bc. Štěpán Horký

## **PODĚKOVÁNÍ**

Mé poděkování patří vedoucímu této diplomové práce prof. Ing. Miroslavu Dumbrovskému, CSc. za trpělivost a odborné rady.

Dále bych rád poděkoval asistentce za pomoc během průzkumu v terénu a za neustálou podporu.



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>POPIS OBLASTI.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Čejkovice.....</b>	<b>5</b>
2.1.1	Geomorfologie.....	6
2.1.2	Geologie.....	7
2.1.3	Pedologické poměry .....	7
2.1.4	Hydrologické poměry .....	8
2.1.5	Hydropedologické poměry .....	9
2.1.6	Klimatické poměry .....	10
2.1.7	Současný stav krajiny .....	11
<b>2.2</b>	<b>Mutěnice .....</b>	<b>12</b>
2.2.1	Geomorfologie.....	13
2.2.2	Geologie.....	13
2.2.3	Pedologické poměry .....	14
2.2.4	Hydrologické poměry .....	15
2.2.5	Hydropedologické poměry .....	16
2.2.6	Klimatické poměry .....	17
2.2.7	Současný stav krajiny .....	18
<b>3</b>	<b>TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Vodní eroze.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Definice povrchového odtoku.....</b>	<b>21</b>
3.2.1	Povrchové odtokové ztráty .....	21
3.2.2	Hypodermický odtok .....	24
3.2.3	Podpovrchové odtokové ztráty .....	24
3.2.4	Vznik soustředěného povrchového odtoku .....	25
<b>3.3</b>	<b>Činitelé ovlivňující povrchový odtok.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4</b>	<b>Nepříznivé důsledky povrchového odtoku.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5</b>	<b>Opatření proti povrchovému odtoku .....</b>	<b>28</b>

---

<b>3.6</b>	<b>Výpočet charakteristik povrchového odtoku.....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>APLIKACE TEORETICKÝCH POSTUPŮ .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Vstupní data .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Analýza území .....</b>	<b>31</b>
4.2.1	Tvorba digitálního modelu terénu.....	31
4.2.2	Identifikace drah soustředěného odtoku a kritických bodů.....	33
4.2.3	Stanovení přispívajících ploch.....	36
4.2.4	Klasifikace vstupních dat.....	37
<b>4.3</b>	<b>Výpočet povrchového odtoku v programu DesQ .....</b>	<b>41</b>
4.3.1	Výpočet povrchového odtoku v povodích rozdělených na dílčí výpočtová subpovodí .....	48
<b>4.4</b>	<b>Průzkum území .....</b>	<b>49</b>
<b>4.5</b>	<b>Výpočet erozního smyvu.....</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>54</b>
<b>5.1</b>	<b>Povrchový odtok.....</b>	<b>54</b>
5.1.1	Povodí č. 1 .....	55
5.1.2	Povodí č. 2 .....	57
5.1.3	Povodí č. 3 .....	58
5.1.4	Povodí č. 4 .....	60
5.1.5	Povodí č. 5 .....	62
5.1.6	Povodí č. 6 .....	63
5.1.7	Povodí č. 7 .....	65
5.1.8	Povodí č. 8 .....	67
5.1.9	Povodí č. 9 .....	69
5.1.10	Povodí č. 10.....	71
5.1.11	Povodí č. 11 .....	73
5.1.12	Povodí č. 12.....	74
5.1.13	Povodí č. 13 .....	75
<b>5.2</b>	<b>Porovnání jednotlivých povodí .....</b>	<b>76</b>
<b>5.3</b>	<b>Výsledky erozního smyvu.....</b>	<b>80</b>
<b>6</b>	<b>STABILIZACE DRAH SOUSTŘEDĚNÉHO ODTOKU .....</b>	<b>81</b>

<b>7</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>84</b>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>86</b>
<b>9</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE.....</b>	<b>87</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>90</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>91</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>94</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>95</b>

# 1 ÚVOD

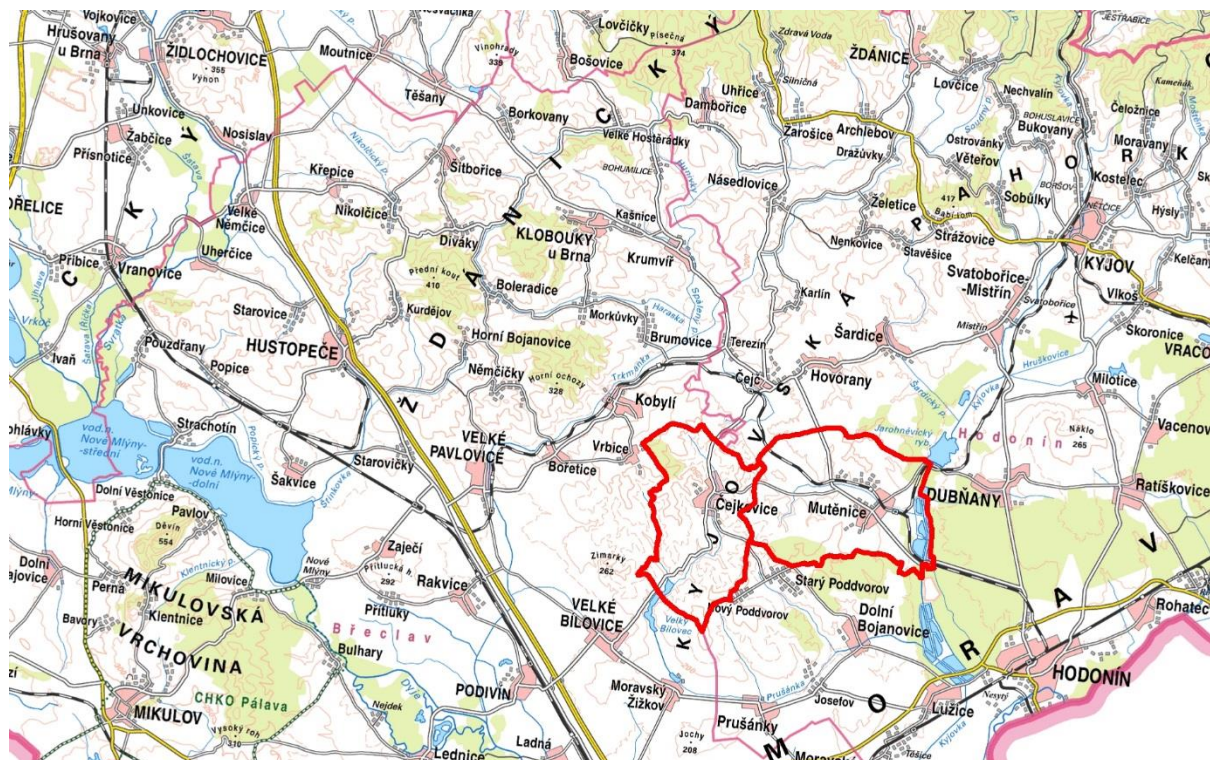
Ve své diplomové práci budu popisovat identifikaci a stabilizaci drah soustředěného povrchového odtoku v povodí Prušánky a Mutěnického potoka na území obcí Čejkovic a Mutěnic. K tomuto odtoku dochází transformací přívalové dešťové srážky, během které vznikají dráhy soustředěného povrchového odtoku v místech, kde se standardně nemusí vyskytovat hydrografická síť. Tímto způsobem vznikající povodně na území České republiky v minulosti způsobily rozsáhlé majetkové škody a v některých případech měly i tragické následky (Drbal – Dumbrovský, 2014, s. 63 – 37). Hlavní důraz při zpracování této diplomové práce bude kladen na proces identifikace drah, ve kterých dochází k povrchovému odtoku, a jeho kvantifikace.

Ve druhé kapitole tedy nejprve popíšu přírodní podmínky Čejkovic a Mutěnic, zaměřím se především na charakteristiky mající vztah k formování povrchového odtoku. Následující kapitolu věnuji teoretickému ukotvení své práce, popíši zde proces vzniku soustředěného povrchového odtoku, faktory, které tento děj ovlivňují a jeho negativní důsledky. Ve čtvrté kapitole uvedu jednotlivé kroky identifikace drah odtoku a způsoby výpočtu. Pátá kapitola bude věnovaná veškerým získaným výsledkům. V šesté kapitole popíši metody stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku a v následující kapitole porovnáám své postupy s pracemi jiných autorů. V závěrečné kapitole zhodnotím přínos své práce.

Při svých výpočtech budu vycházet především z Janečkovy metodiky (2012) věnující se ochraně zemědělské půdy před erozí. Zpracování dat bude probíhat v prostředí ArcGIS, kvantifikace odtoku v modelu DesQ.

## 2 POPIS OBLASTI

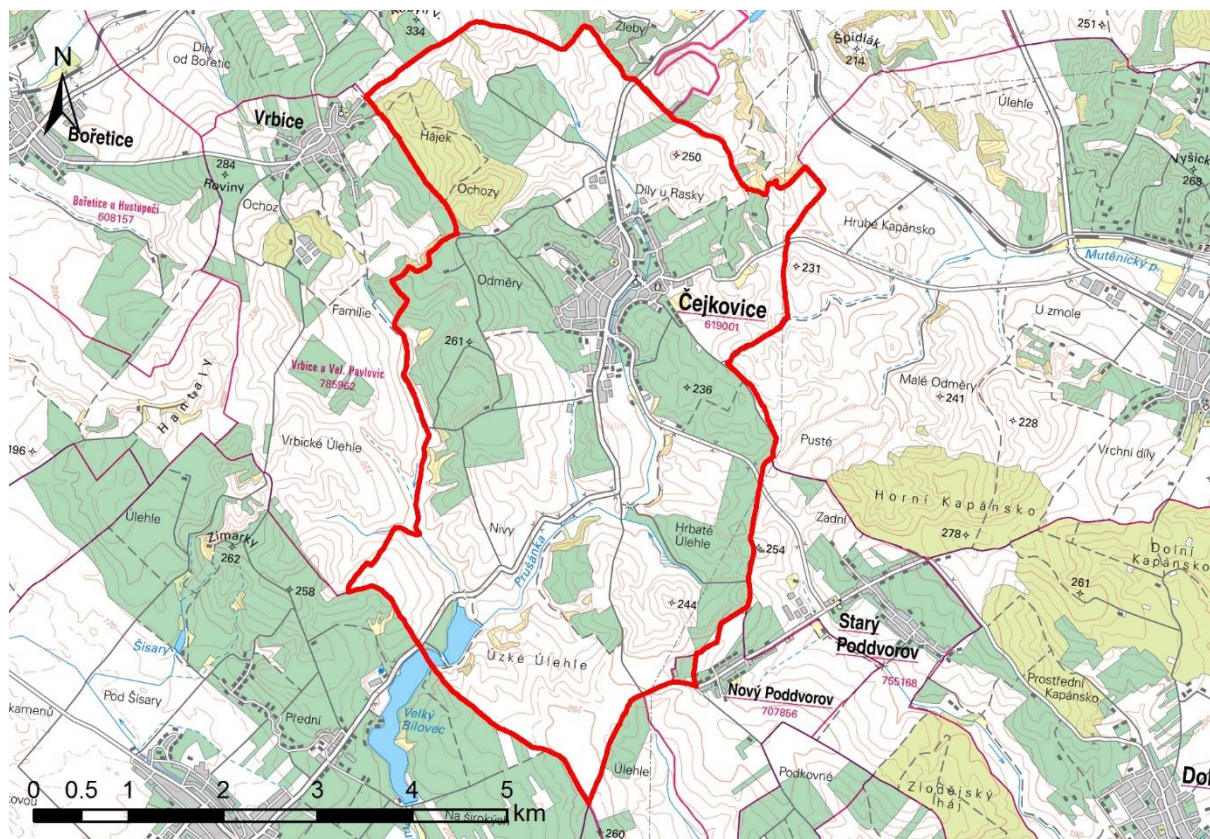
Katastrální území sousedících obcí Čejkovice a Mutěnice se nachází v Jihomoravském kraji severovýchodně od města Hodonín. Pro obě obce patří do moravské vinařské oblasti je charakteristické pěstování vinné révy, Čejkovice náleží do velkopavlovického regionu, Mutěnice do slovácké podoblasti (Vína z Moravy, vína z Čech, 2016).



Obrázek 2.1 – Přehledná mapa

### 2.1 ČEKOVICE

Obec Čejkovice se nachází v okrese Hodonín, přibližně 14 km severozápadním směrem od tohoto města. Katastrální území Čekovic má rozlohu 2 506 hektarů a v obci žije okolo 2 500 obyvatel. Reliéf terénu v obci a jejím okolí je mírně zvlněný a stoupá od jihu k severu. Středem vesnice protéká potok Prušánka. Významná část zemědělské půdy v okolí Čekovic je využívána k pěstování vinné révy – Čekovice jsou druhou největší vinařskou obcí v České republice (Libor – Štěpánek, 1998, s. 7).



Obrázek 2.2 - Mapa obce Čejkovice s vyznačenou hranicí k. ú.

### 2.1.1 Geomorfologie

Průměrná nadmořská výška katastrálního území Čejkovic je 208 m n. m., nejnižše položenou oblastí je niva potoka Prušánka a nejvyšší bod se nachází na severním okraji katastru na svahu Kobylského vrchu (320 m n. m.). Území Mutěnic náleží podle geomorfologického členění ke karpatské soustavě, subprovincii Vnějších Západních Karpat, oblasti Středomoravských Karpat (Demek, 1987 In: Libor – Štěpánek, 1998, s. 7). Katastr obce se rozkládá na rozhraní Kyjovské pahorkatiny a Ždánického lesa, který tvoří nejvýše položenou část katastru. Kyjovská pahorkatina je v lokalitě obce tvořena především mladotřetihorními sedimenty sarmatu a pannonu, místy také sedimenty ždánické jednotky vnějšího flyše. Reliéf je zde mírně zvlněný s četnými plošinami, střídají se široce zaoblené hřbety s mělkými rozevřenými údolními neckovitého profilu. Časté jsou také překryvy pleistocenních spraší, které jsou náchylné k tvorbě hlubokých erozních strží. Do geomorfologického profilu území zasahují také antropogenní vlivy, na jihu a západě jsou velkoplošné terasy zbudované na dřívějších strmých svazích.

Nejvýše položená severní část území Čejkovic patří do celku Ždánického lesa. Jedná se o plochou vrchovinu s geologickým podkladem tvořeným jílovcí, pískovci a slepenci ždánických jednotek. Reliéf v této oblasti můžeme označit jako erozně denudační (Libor – Štěpánek, 1998, s. 7), tedy náchylný k odnosu půdy a následnému zarovnávání zemského povrchu.

### **2.1.2 Geologie**

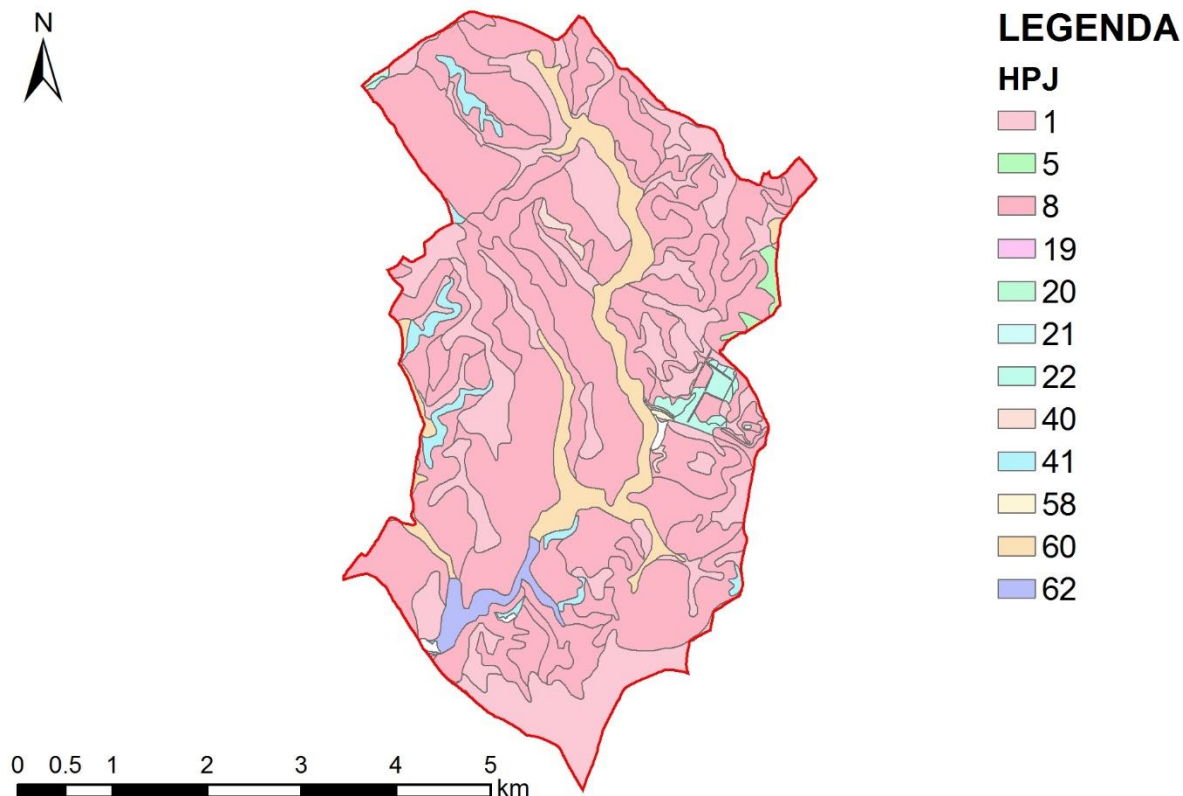
Území Čejkovic je tvořeno sedimenty starších i mladších třetihor. V západní části se jedná o sedimenty tvořené z vápnitých jíílů, jílovců s proplásky písků a vápnitých pískovců, které se ukládaly v období starších třetihor. Na podkladu jílovitě rozvětralých vrstev dochází často ke vzniku sesuvů.

Horniny v severní části vznikaly později. Nachází se zde jemně až středně zrnité, vápnité pískovce, tvořící vrstvy s různou šířkou, od několika milimetrů do několika metrů. Dále zde nacházíme většinou prachově písčité a vápnité jíly a jílovce.

Na východním okraji území se vyskytují mladotřetihorní sedimenty z období pliocénu. Jedná se o pestrá škálu písků. V severní části katastru Mutěnic jsou významné sloje lignitu, který zde byl těžen již v 19. století. V nivách potoků se nachází čtvrtohorní sedimenty (Libor – Štěpánek, 1998, s. 8).

### **2.1.3 Pedologické poměry**

Většina území Čejkovic je pokryta třetihorními substráty. Zemědělská půda v okolí obce je složena především z typických či degradovaných černozemí. V zalesněných oblastech se nachází hnědé půdy kyselé a podzolované. Nivy potoků jsou potom tvořeny lužními půdami glejovými (Libor – Štěpánek, 1998, s. 8 – 9).

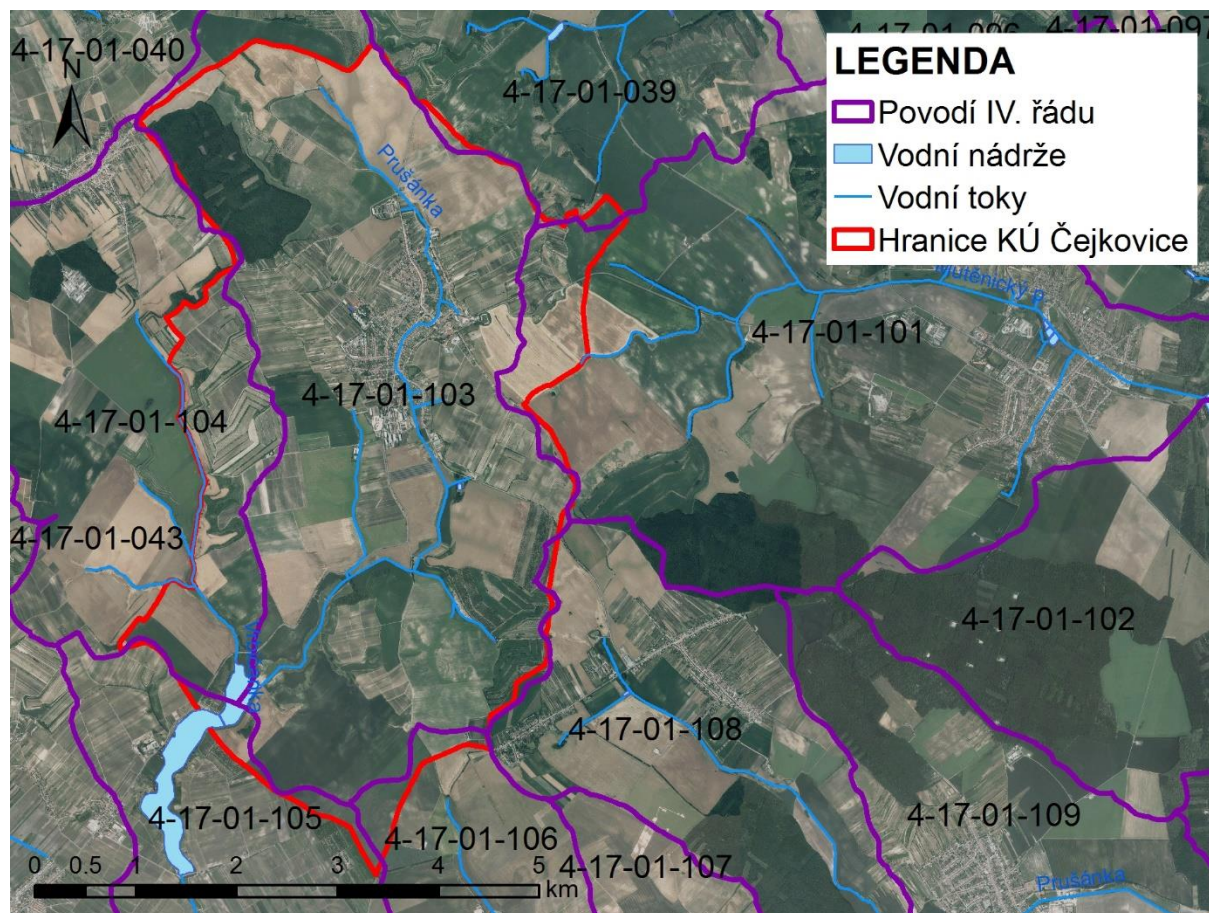


Obrázek 2.3 - Mapa hlavních půdních jednotek v obci Čejkovice (specifikace kódů HPJ – viz příloha B1)

#### 2.1.4 Hydrologické poměry

Od severu na jih protéká středem obce potok Prušánka, který tvoří osu katastru a odvodňuje většinu území Čejkovic. V případě mimořádných lokálních dešťů může jinak nenápadný tok vystoupit ze svých břehů, jako se tomu stalo například v roce 1995 (Libor – Štěpánek, 1998, s. 11). Následkem povodně došlo k značným materiálním škodám na soukromých domech, poničen byl také obecní úřad. Na toku Prušánky severně od obce se nachází vodní nádrž o rozloze přibližně jednoho hektaru.

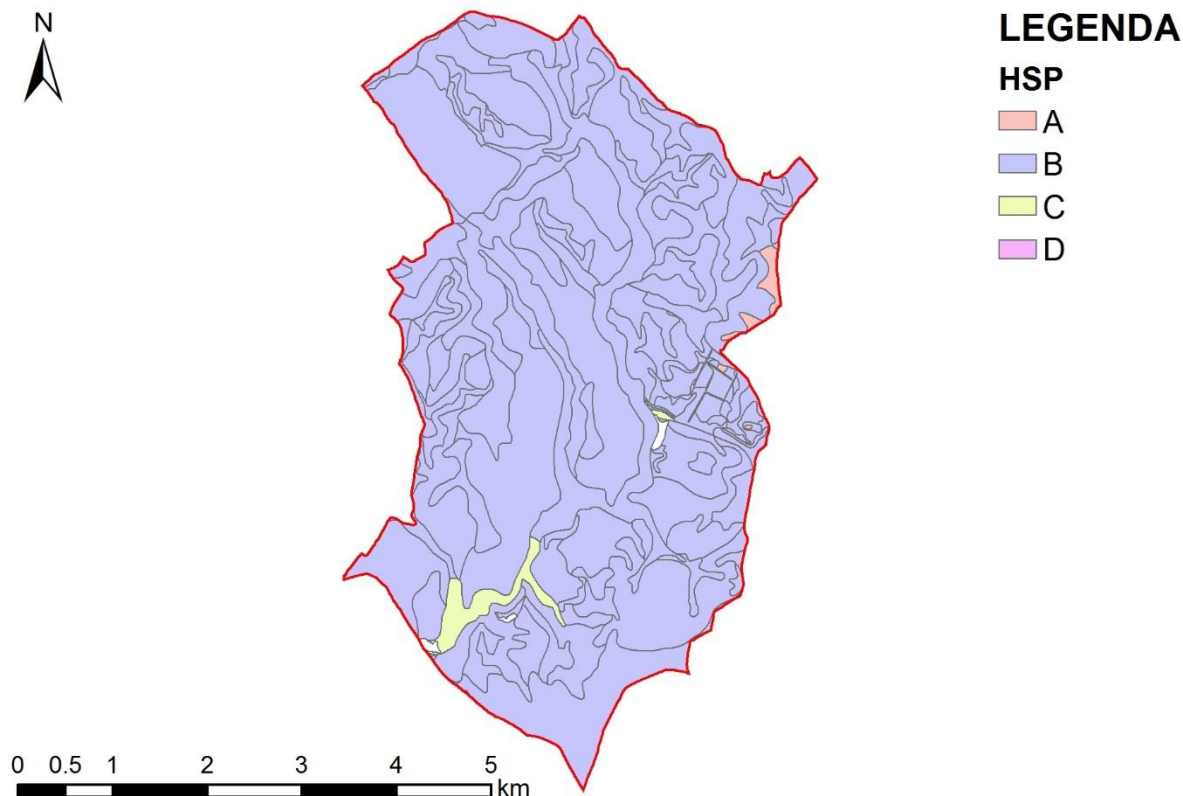




Obrázek 2.4 - Mapa hydrologických poměrů v obci Čejkovice

### 2.1.5 Hydropedologické poměry

Na území obce se vyskytují v drtivé většině půdy se střední rychlostí infiltrace; podle klasifikace hydrologických skupin půd tedy patří do kategorie B. V minoritním množství se v Čejkovicích vyskytují také půdy ze skupiny A a C.



Obrázek 2.5 – Mapa plošného zastoupení hydrologických skupin půd na území Čejkovic

### 2.1.6 Klimatické poměry

Katastrální území obce Čejkovice patří podle rozdělení Atlasu podnebí ČSSR do teplé oblasti (Vesecký, 1961 In: Libor - Štěpánek, 1998, s. 9). Pro tuto oblast je charakteristické teplé a suché klima, mírná zima s krátkým trváním sněhové pokrývky. Nejbližší meteorologické stanice s dlouhodobým měřením se nachází v sousední obci Mutěnice, bližší charakteristiky jsou uvedeny v kap. 2.2.6.

Čejkovice se nachází v jedné z nejsušších částí jižní Moravy a vůbec celé České republiky. Průměrný roční úhrn srážek je 532 mm.

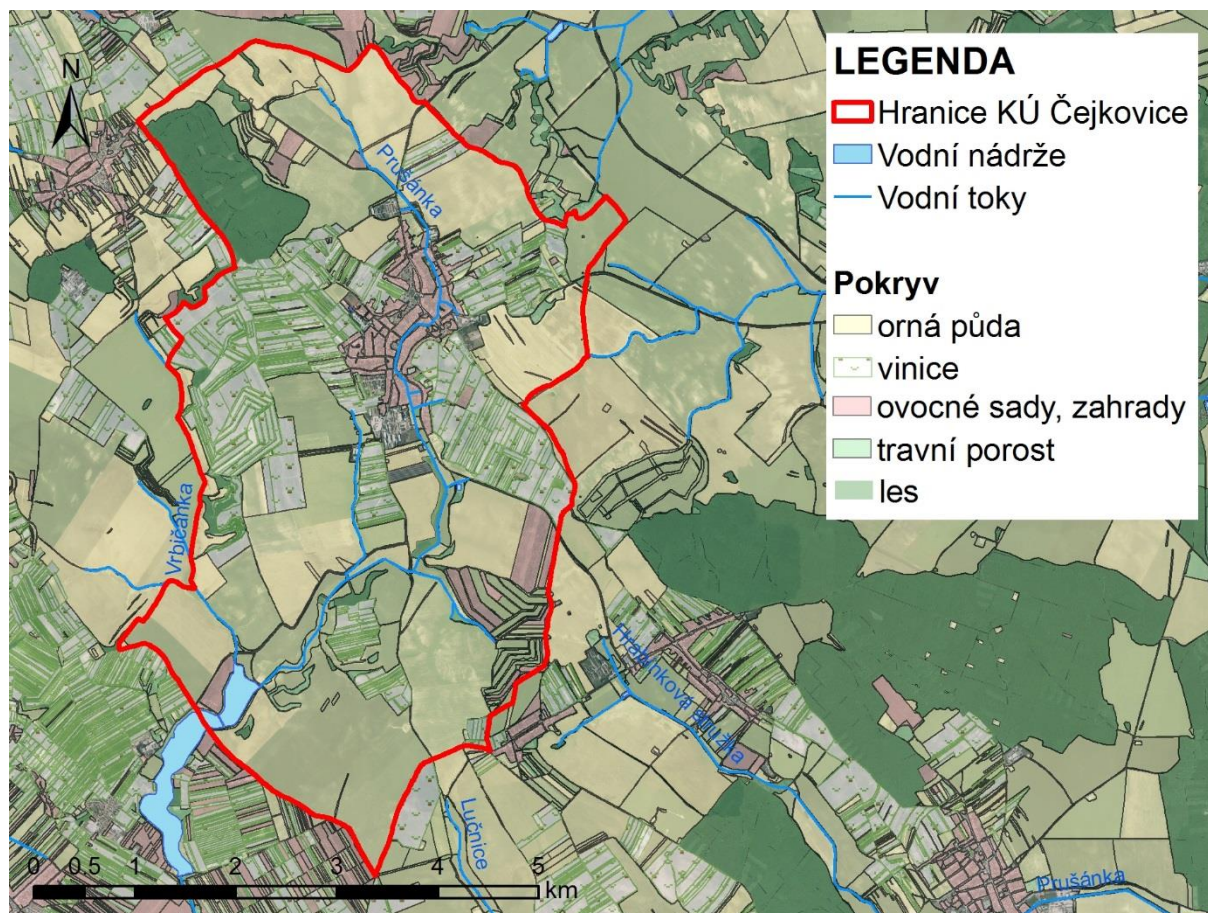
V obci funguje od roku 2014 nová meteorologická stanice zaznamenávající průběh teploty a vlhkosti. V následující tabulce jsou uvedeny průměrné měsíční teploty naměřené od ledna 2014:

**Tabulka 2.1 - Průměrné měsíční teploty v obci Čejkovice (dizi.cz, 2016a)**

Měsíc	1/14	2/14	3/14	4/14	5/14	6/14	7/14	8/14	9/14	10/14	11/14	12/14
Průměrná tep. [°C]	0,33	4,0	9,7	12,84	15,25	20,08	22,39	18,83	16,48	12,31	7,75	2,79
Měsíc	1/15	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	
Průměrná teplota [°C]	2,15	2,44	5,85	5,97	15,5	20,26	24,12	24,62	17,08	12,31	7,29	

### 2.1.7 Současný stav krajiny

Území Čejkovic bylo původně z převážné části pokryto lesem, vyskytovaly se zde především dubohabrové háje. Většina dříve zalesněného území je ovšem v dnešní době využívána jiným způsobem, zachováno je pouze asi 5% původní plochy lesů. Téměř dvě třetiny plochy katastru zabírá orná půda, asi 25 hektarů (přibližně 1% plochy) je představováno loukami a pastvinami. Asi 5% území je pokryto ovocnými sady. Na významném podílu plochy katastru jsou obdělávány vinohrady, jedná se celkově asi o 300 hektarů (12% plochy) (Libor – Štěpánek, 1998, s. 12).

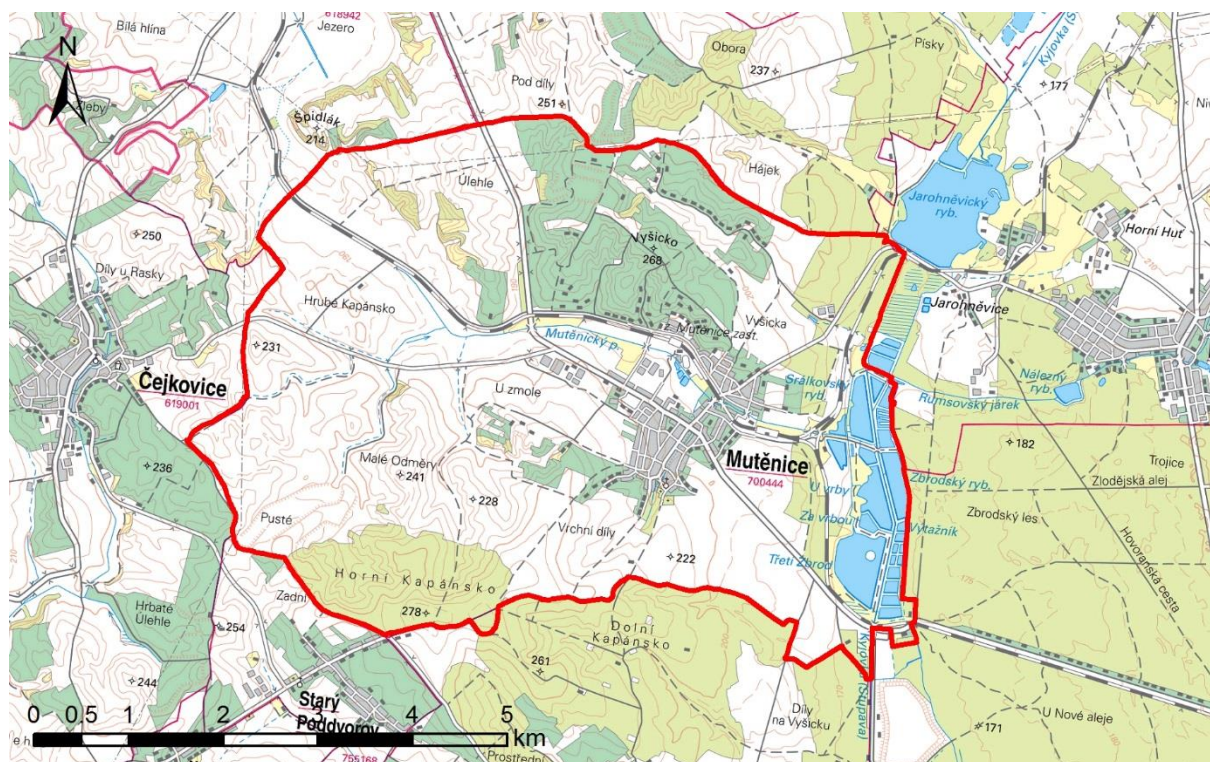


Obrázek 2.6 - Mapa krajinného pokryvu v obci Čejkovice

## 2.2 MUTĚNICE

Katastrální území obce Mutěnice se stejně jako Čejkovice nachází v hodonínském okrese. Leží ve zvlněné krajině nadmořské výšky od 170 do 267 m (Libor – Štěpánek, 2002, s. 1) asi osm kilometrů severozápadním směrem od města Hodonín. Obcí protéká Mutěnický potok a řeka Kyjovka. V severní části katastru Mutěnic jsou rozsáhlé vinohrady vysázené převážně na jižně orientovaných svazích. Celková výměra 330 hektarů mutěnických vinic je rozdělena do pěti tratí (Obec Mutěnice, 2016a). V jižní části území obce se nachází lesní masiv Horní Kapansko, na východní straně je rybníční soustava Zbrod (Libor – Štěpánek, 2002, s. 1).

V obci žilo při posledním sčítání v roce 2001 3690 obyvatel. Celková plocha katastrálního území je 3 237 ha (Obec Mutěnice, 2016b).



Obrázek 2.7 - Mapa obce Mutěnice s vyznačenou hranicí k. ú.

## 2.2.1 Geomorfologie

Území obce spadá do dvou geomorfologických provincií. Údolí řeky Kyjovky v severovýchodní části náleží do Panonské pánve, soustavy Vídeňské pánve, podsoustavy Jihomoravské pánve, celku Dolnomoravský úval, okrsku Stupavská niva. Zbytek území patří do Karpatské provincie, soustavy západní Karpaty, podsoustavy vnější západní Karpaty, celku Středomoravské Karpaty, okrsku Šardická pahorkatina (Libor – Štěpánek, 2002, s. 1).

Šardická pahorkatina zabírá přibližně 70 % mutěnického katastru, její reliéf se nachází na měkkých panonských jílech a píscích. Díky své členitosti ji lze označit za středně ohroženou sesuvnou činností a silně ohroženou vodní erozí. Z hlediska ohroženosti vodní erozí jsou zvláště nepříznivé podélné profily svahů. Na plošinách totiž může docházet k velké akumulaci srážkových vod, které následně stékají na okraje plošin a dále po příkrých svazích (Libor – Štěpánek, 2002, s. 2 – 3). Nejvyšším bodem Mutěnic je vrch Vyšicko, který má nadmořskou výšku 267 m.

## 2.2.2 Geologie

Horninové složení území Mutěnic je tvořeno výhradně sedimenty. Převážnou část předkvarterních hornin tvoří pontské pestré jíly, místy se šterky a písky. Severozápadně od

Mutěnic navazují na tyto horniny starší panonské vápnité jíly, písky a výjimečně i šterky. Oba typy hornin jsou v některých místech překryty sprašemi (Libor – Štěpánek, 2002, s. 1 - 2).

### **2.2.3 Pedologické poměry**

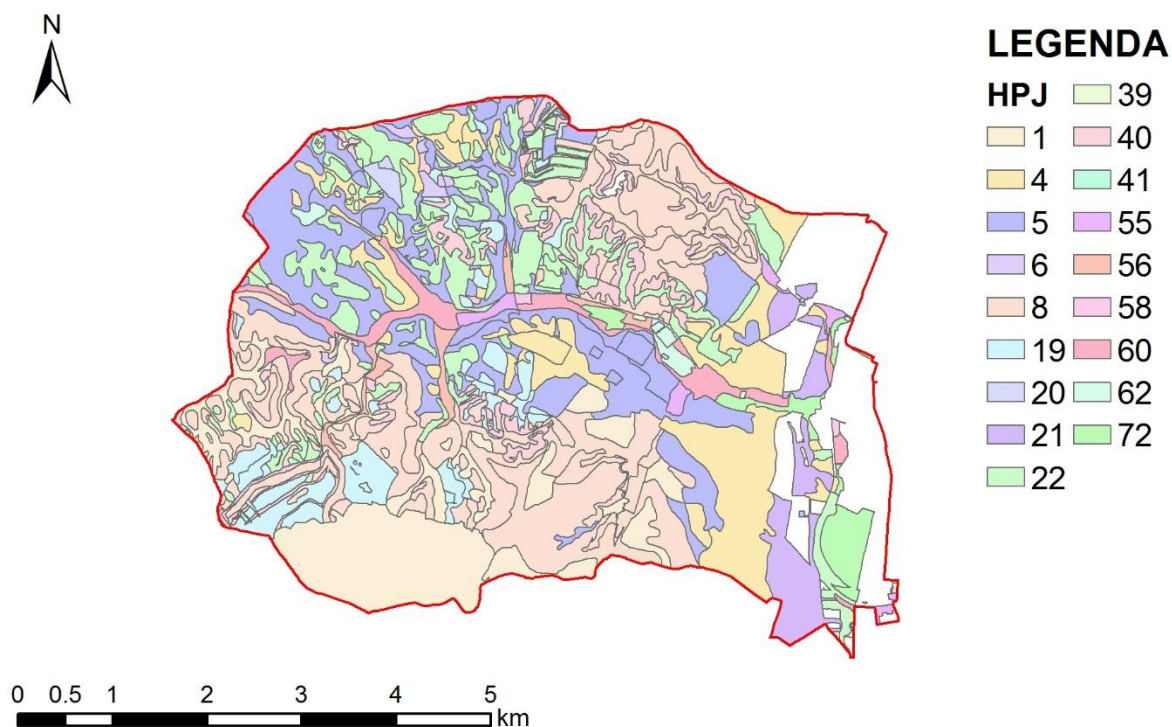
Převážná většina půd mutěnického katastru se řadí mezi půdy černozemního charakteru s hlubokým humusovým horizontem a různým zrnitostním složením, které jsou typické pro tento klimatický region (Libor – Štěpánek, 2002, s. 3 – 4). Především půdní složení, ale i geologické a klimatické podmínky vytváří velmi vhodné prostředí pro pěstování révy (Obec Mutěnice, 2016a).

Ve východní a severní části katastru se nachází skupina půd na písčích a šterkopísčích a substrátech jim podobných. Tyto půdy jsou lehkého či lehčího středního zrnitostního rázu a jejich vláhové poměry jsou značně závislé na srážkách během vegetační doby.

V okolí řeky Kyjovky se vyskytují skupiny půd typické pro nivní polohy, tedy zeminy nacházející se v rovinném území podél vodotečí s různým stupněm oglejení. V katastru Mutěnic se jedná hlavně o velmi lehké nebo písčité půdy.

Významně zastoupené jsou lužní půdy charakteristické hlubokým humusovým horizontem. Vyskytují se na rovinných oblastech a jejich vláhový režim je silně ovlivňován kapilární vodou. Plošně největší část je na nivních uloženinách a spraších, což jsou půdy středně těžké s mírným sklonem k převlhčení. Tyto půdy jsou dobře vláhově zajištěné a projevuje se různý stupeň oglejení. V menší míře se objevují i lužní půdy glejové, které jsou středně těžké a obvykle dočasně zamokřené, s hladinou podzemní vody v hloubce 0,5 – 1,0 m.

V katastru obce se také v nivních polohách vyskytují hydromorfní půdy, zrašeliněné a rašeliništní, které jsou trvale výrazně zamokřené (Libor – Štěpánek, 2002, s. 3 – 5).

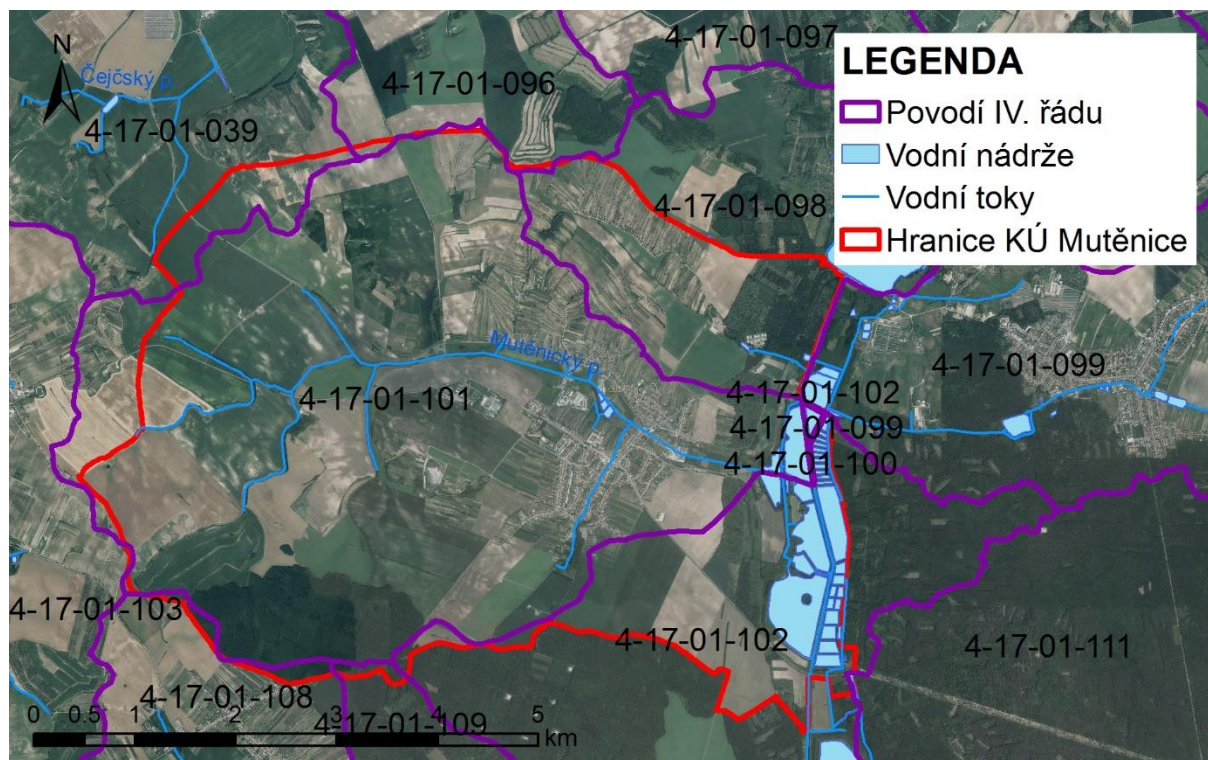


Obrázek 2.8 - Mapa hlavních půdních jednotek v obci Mutěnice (specifikace kódů HPJ – viz příloha B2)

#### 2.2.4 Hydrologické poměry

Katastrální území obce Mutěnice lze z hydrologického hlediska dělit na dvě rozdílné oblasti. Západní část území má méně vhodné podmínky pro tvorbu zdrojů podzemní vody, vyskytují se zde především horniny s různou propustností. Východní část je z hydrologického hlediska mnohem příznivější. Písky vyskytující se v této oblasti mají totiž velmi dobrou propustnost, především průlinovou (Libor – Štěpánek, 2002, s. 3).

Celé území Mutěnic je odvodňováno řekou Kyjovkou, která pramení na jižních svazích Vlčáku ve Chříbech v nadmořské výšce 512 m n. m. Plocha jejího povodí činí 665,8 km<sup>2</sup>, délka toku 86,7 km. Ústí zleva do Dyje, patří do povodí řeky Moravy (Štefáček, 2008, s. 263 – 264). Kyjovka protéká podél východního okraje katastru obce, vodní tok je vedle dalších menších přítoků zdrojem Zbrodské soustavy rybníků. Území obce je ovšem odvodňováno především Mutěnickým potokem, který protéká středem obce od západu směrem na východ a v oblasti Zbrodských rybníků se vlévá do řeky Kyjovky. Povodí Mutěnického potoka má rozlohu asi 24 km<sup>2</sup> a má trvalý charakter v délce asi 4,5 km. Vodoteč je v celém úseku upravena na stoletý maximální průtok. Část ploch v okolí potoka je trvale zamokřena (Libor – Štěpánek, 2002, s. 3).

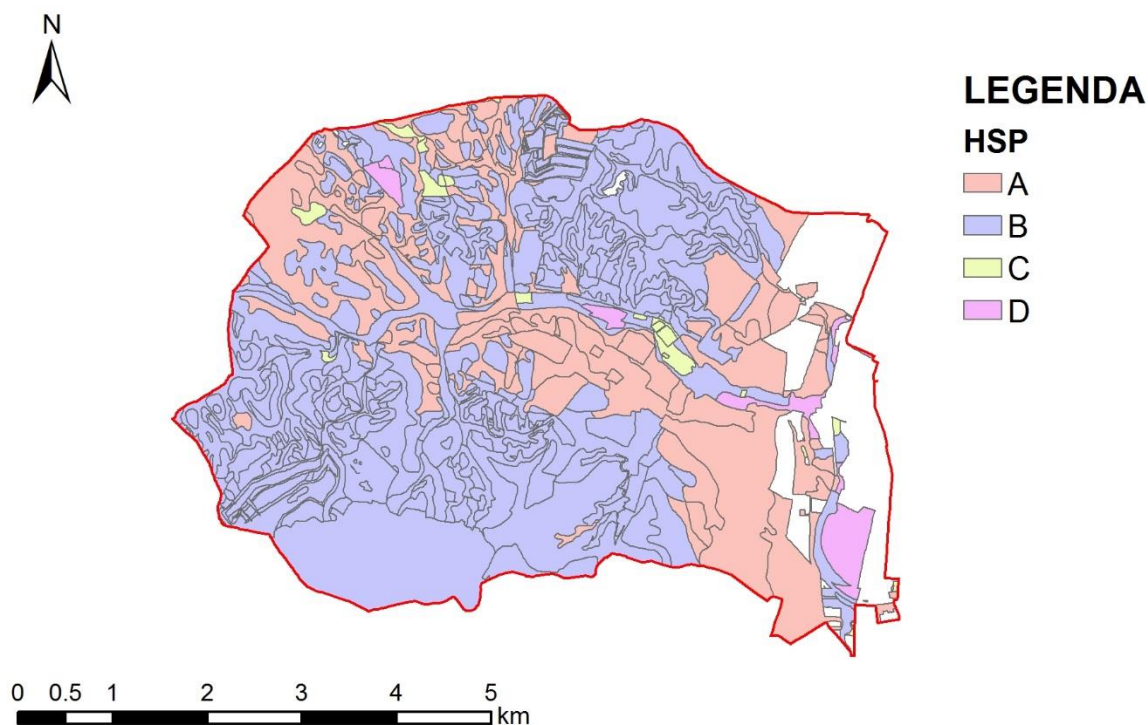


Obrázek 2.9 - Mapa hydrologických poměrů v obci Mutěnice

### 2.2.5 Hydopedologické poměry

V katastrálním území Mutěnic se vyskytují především půdy patřící do kategorií A a B hydrologických skupin půd. Jedná se tedy o půdy s vysokou a střední rychlostí infiltrace.





Obrázek 2.10 - Mapa plošného zastoupení hydrologických skupin půd na území Mutěnic

### 2.2.6 Klimatické poměry

Geografická poloha a geomorfologická stavba Mutěnic určuje základní rysy místního klimatu. Podle Atlasu klimatických oblastí ČSFR Evžena Quitta patří toto území do velmi teplé oblasti, kategorie T4 (Libor – Štěpánek, 2002, s. 5). Quitt při sestavování makroklimatologické regionalizace Československa vycházel ze zpracovaných dlouhodobých měření klimatologických stanic na našem území v letech 1901 – 1950. Území ČSSR následně rozdělil na dílčí území tvaru čtverců o stranách tři kilometry. Výsledná regionalizace byla nakonec vytvořena seskupením čtverců s podobnými sledovanými charakteristikami (Quitt, 1971, s. 3). Pro kategorii T 4, ve které se Mutěnice nachází, je charakteristické velmi dlouhé teplé a zároveň suché léto, zima je naopak krátká, mírně teplá a také suchá s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky (Quitt, 1971, s. 13).

Údaje z meteorologické stanice v Mutěnicích:

počet tropických dnů, $t_{\max} \geq 30\text{ °C}$	10,1
počet letních dnů, $t_{\max} \geq 25\text{ °C}$	53,3
průměr denních maxim teploty vzduchu v červenci	25,2 °C
počet dnů s průměrnou teplotou $0\text{ °C}$ a více	305

počet dnů s průměrnou teplotou 5 °C a více (velké veg. období)	kolem 237
počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více (malé veg. období)	177
průměrné trvání období bez mrazu	173
počet dnů s průměrnou teplotou 15 °C a více (léto)	120
počet ledových dnů $t_{\max} \leq -0,1$ °C	32,8
počet mrazových dnů $t_{\min} \leq -0,1$ °C	104,7
průměrná teplota vegetačního období	15,7 °C
počet dnů se sněhovou pokrývkou	35 – 40

(Libor – Štěpánek, 2002, s. 7)

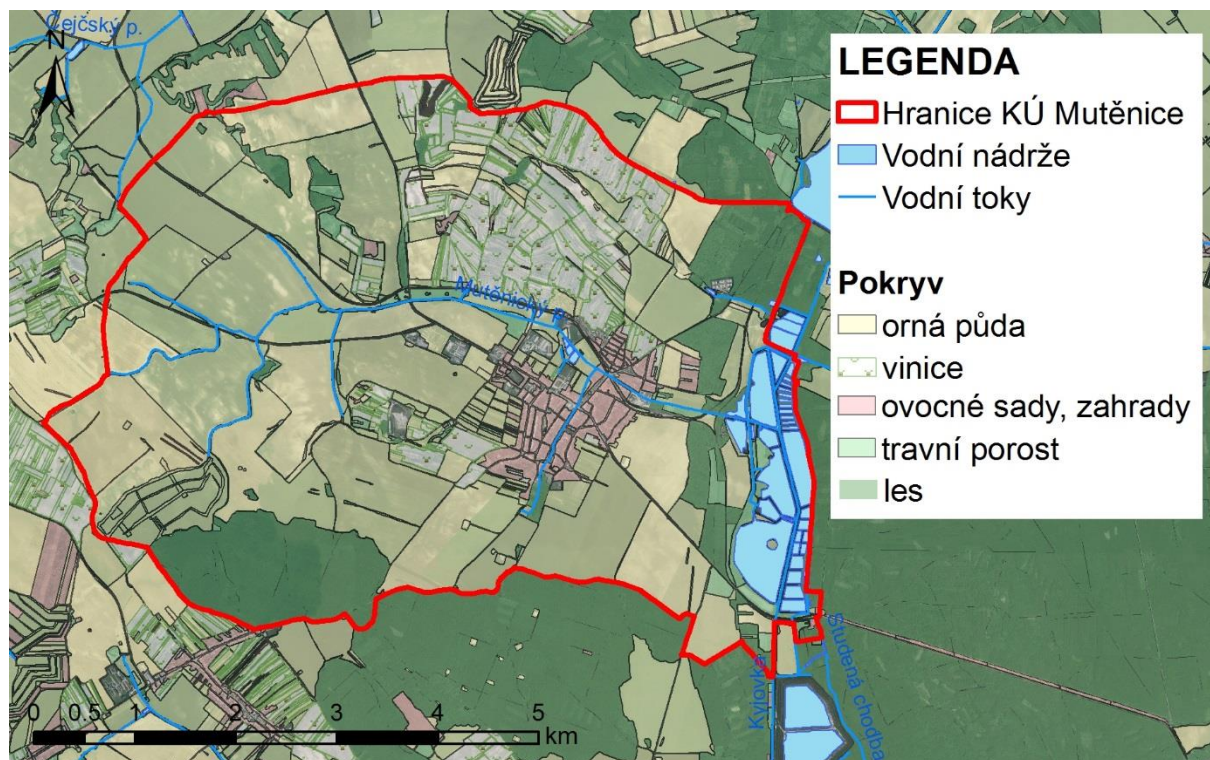
V obci funguje od roku 2014 nová meteorologická stanice zaznamenávající průběh teploty a vlhkosti. V následující tabulce jsou uvedeny průměrné měsíční teploty naměřené od října 2014:

**Tabulka 2.2 - Průměrné měsíční teploty v obci Mutěnice (dizi.cz 2016b)**

Měsíc	10/14	11/14	12/14	1/15	2/15	3/15	4/15
Průměrná teplota [°C]	9,38	7,71	2,79	2,14	2,19	5,56	11,32
Měsíc	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15
Průměrná teplota [°C]	15,31	19,93	23,87	24,2	16,76	9,97	6,96

### 2.2.7 Současný stav krajiny

Zemědělské plochy na katastrálním území obce Mutěnice jsou dlouhodobě intenzivně využívány, což se negativně odráží na ekologické stabilitě krajiny. Přesto se v severní části území zachovalo území složené z menších parcel osázených vinohrady, které vlastní množství soukromých vlastníků. Jsou zde například zachovány meze a vinice jsou ručně obdělávané. Toto území vykazuje výrazně vyšší stupeň ekologické stability než oblasti na jihu Mutěnic, kde je orná půda obhospodářována velkovýrobním stylem. V této lokalitě došlo k odstranění většiny vegetačních prvků, což vedlo ve svažitých polohách ke smyvu orniční vrstvy a k úbytku humusového horizontu (Libor – Štěpánek, 2002, s. 10).



Obrázek 2.11 - Mapa krajinného pokryvu v obci Mutěnice

### 3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

V současné době se předpokládá, že na světě je o něco méně než 2 miliardy hektarů půdy ohrožených nějakou formou její degradace. Tento aspekt se tak stává znepokojujícím jevem ohrožujícím blahobyt lidstva (Solomon, 2005, s. 1). Zvětšování populace a nevhodné způsoby obdělávání půdy tento proces ještě více zhoršují. Každým rokem tak přibývá 5 až 10 milionů hektarů degradované půdy (Solomon, 2005, s. 1).

Většina takto degradované půdy je znehodnocena působením vodní eroze (Solomon, 2005, s. 1). Obecně můžeme erozi v nejširším slova smyslu chápat jako rozrušování pedosféry pohybující se hmotou erogenního původu. Přesněji pak erozi definujeme jako komplexní proces skládající se z rozrušování půdního povrchu, transportu a sedimentace uvolněných půdních částí působením erozního činitele, v případě vodní eroze tedy vody (Janeček, 2008, s. 6).

Problematika vodní eroze úzce souvisí s tématem dešťů a vznikem povrchového odtoku (Solomon, 2005, s. 1).

#### 3.1 VODNÍ EROZE

Vodní eroze spočívá v rozrušování zemského povrchu působením dešťových kapek a povrchovým odtokem. Podle formy ji můžeme dělit na několik typů. Při plošné (mezirýhové) erozi dochází k rovnoměrnému erodování půdy na celé ploše pozemku nebo části svahu (Janeček, 2008, s. 7). Půdní profil je rozrušován především kinetickým působením dešťových kapek dopadajících na zem (Dumbrovský, 2013, s. 6). Další fází plošné eroze je pohyb vody po nakloněné ploše půdního povrchu. V tomto případě jsou nejprve selektivně vyplavovány částice nejjemnější zrnitostní frakce, následně také hrubší frakce. Odplavením malých částíček vzniká na povrchu hrubozrnná vrstva skeletu, která současně chrání půdu před rozrušujícím účinkem dešťových kapek. Tento postup ovšem platí pouze pro nekohezní půdy, u půd kohezních jsou již od počátku transportovány celé agregáty (Dumbrovský, 2013, s. 6). Snižování vlivu rozrušujících účinků dešťových kapek zajišťuje také zvyšující se výška povrchového odtoku (Dumbrovský, 2013, s. 6). Odolnost půdy proti kinetickému působení dešťových kapek a rozrušování povrchovým odtokem je dána především pedologickými charakteristikami půdního profilu (Dumbrovský, 2013, s. 6).

Rýhová eroze je další formou vodní eroze, dochází k ní v případě, kdy se plošný povrchový odtok soustřeďuje v závislosti na morfologii území do drobných kanálků o hloubce a šířce několika centimetrů (Janeček, 2008, s. 7). Čím je plocha svahu rovnější, tím větší je odolnost

povrchu proti tvorbě soustředěného odtoku. Ovšem ani dokonale urovnaný povrch nezabrání soustřeďování vody do rýžek. Takovéto rýhy mohou postupně měnit svůj tvar v čase. K rýhové erozi přispívá plošný mezirýhový odtok transportující částice půdy a také soustředěný odtok o malé výšce v prostoru samotných erozních rýh. Nejvyšší formou vodní eroze jsou potom rýhy velkých rozměrů, tzv. efemerní strže, jejichž příčný profil má rozměry větší než jeden metr (Dumbrovský, 2013, s. 6).

## **3.2 DEFINICE POVRCHOVÉHO ODTOKU**

Termín „odtok“ nejčastěji spojujeme s průtokem vody v korytě řeky nebo potoka. V souvislosti s výskytem vody v krajině tímto termínem označujeme část vody spadlé na území zvoleného povodí během srážkové události, která se gravitačně přemísťuje, ať už po povrchu či pod povrchem, do uzávěrového profilu povodí ohraničeného rozvodnicí. Velikost odtoku vyjadřujeme množstvím vody, která proteče v konkrétním místě (v tzv. uzávěrovém profilu povodí) za určitý čas (Solomon, 2005, s. 5), například v metrech krychlových za sekundu. Objem odtoku z povodí je výsledkem celkového objemu srážek nad povodím, od kterého jsou odečteny povrchové (viz kap. 3.2.1) a podpovrchové odtokové ztráty (viz kap. 3.2.3) (Solomon, 2005, s. 5).

Celkový odtok z povodí je součtem přímého a základního odtoku. Přímý odtok se skládá z odtoku hypodermického (viz kap. 3.2.2) a povrchového.

Množství celkového odtoku i jeho dílčích částí a ztrát určujeme pro území zvoleného povodí. Jedná se o oblast, která je po hydrologické stránce uzavřená a ohraničená rozvodnicí. Srážky, které na povodí dopadnou, vyvolávají odtok v jeho uzávěrovém profilu, kam voda proudí po povrchu i pod ním. Existují dva typy povodí – povodí povrchových vod a podpovrchových vod. První typ povodí je ohraničen orografickou rozvodnicí, která je závislá na tvaru terénu. Povodí podpovrchových vod je omezeno hydrogeologickou rozvodnicí, jejíž průběh je určen uložením nepropustných vrstev v půdě. Rozloha těchto dvou typů povodí se může v jedné lokalitě lišit a část podpovrchového odtoku může odtékat mimo uzávěrový profil povrchových vod. V praxi se ovšem zjišťuje většinou pouze tvar orografické rozvodnice (Hrádek - Kuřík, 2002, s. 9).

### **3.2.1 Povrchové odtokové ztráty**

Na území České republiky se průměrně v každém místě vyskytne za rok pět až šest krátkodobých přivalových dešťů se srážkovými úhrny nad 10 mm. V takovýchto případech obvykle překročí úhrn a intenzita srážky počáteční akumulární a infiltrační schopnost půdy

a zejména na svažitéch pozemcích dochází k povrchovému odtoku. K obdobnému jevu dochází také zjara při tání sněhové pokrývky (Janeček, 2008, s. 49).

V případě výskytu dešťové srážky nad povodím dopadají nejprve kapky vody na vegetační pokryv, pokud se v krajině vyskytuje. V této fázi dochází k tzv. intercepci, kdy je část srážek zachycena na povrchu vegetace a neztéká do půdy. Tato voda se vypařuje do atmosféry, nebo v případě dlouhotrvajících dešťů, kdy je intercepční kapacita vegetace překročena, spadá, anebo stéká na půdní pokryv (Solomon, 2005, s. 5). Množství vody, které se odpaří z vegetace do atmosféry, je nazýváno intercepční ztráta a tato hodnota je závislá na typu vegetačního pokryvu a druhu deště. Teoretické množství zachytitelné vody na povrchu vegetace je označováno jako potenciální intercepce (Solomon, 2005, s. 5).

Nezachycená voda se dostává na zemský povrch a většina jejího objemu se infiltuje do půdy. Zde je voda buď zachycena, nebo protéká do nižších půdních vrstev či zásobníků podzemní vody. Zachycená voda je následně využívána rostlinami skrze jejich kořenové systémy, anebo se vypařuje přímo z půdy do atmosféry (Alexander, 2014, s. 67 – 68).

Infiltrace se zvyšuje výskytem zbytků rostlin na povrchu země, například také posklizňových zbytků, které absorbují dešťové kapky a zpomalují povrchový odtok. V místech, která nejsou chráněna zbytky rostlin, kamínky, nebo jiným materiálem chránícím povrch půdy, je vlhká zemina rozrušována energií dešťových kapek, které ničí půdní agregáty. V takovémto případě dochází k vyplňování půdních pórů jemnějšími částicemi a těmito póry tedy nemůže proudit voda do nižších úrovní. Tento jev omezuje infiltraci a zvyšuje pravděpodobnost výskytu povrchového odtoku (Alexander, 2014, s. 68).

Výsledné množství infiltrované vody je dáno kombinací několika faktorů. Jedná se například o intenzitu deště, tvar terénu, vegetační pokryv nebo způsob využití půdy. Hlavní roli ovšem hraje typ a vlastnosti zeminy. Podstatná je velikost půdních částic, způsob uspořádání agregátů a jejich množství, což jsou aspekty, které ovlivňují velikost pórů, a tedy schopnost propouštět vodu. Tyto charakteristiky jsou výrazně prostorově i časově proměnlivé a jsou důsledkem geologických a geomorfologických jevů v krajině. Zároveň ovšem mohou být pozitivně i negativně ovlivněny lidskou činností (Solomon, 2005, s. 6).

Hydraulická vodivost půdy určuje schopnost zeminy vést vodu do nižších vrstev půdního profilu. Tento faktor významným způsobem determinuje objem vody prosakující půdou, a proto koreluje s mírou infiltrační schopnosti zeminy. Hydraulická vodivost je určována strukturou

i texturou půdy. Půdy s vysokým obsahem jílu mají hydraulickou vodivost obecně nižší než písčité zeminy. Podobně také pórovité zeminy se stabilními agregáty mají vyšší hydraulickou vodivost, a tím pádem i celkovou infiltrační schopnost (Solomon, 2005, 6).

V první fázi, kdy dešťové kapky dopadají na suchou půdu, je voda infiltrována do půdy působením sacího gradientu. S pokračujícím trváním dešťových srážek se postupně začíná více uplatňovat gravitační síla. Půda se postupem času dostane do fáze nasycené hydraulické vodivosti a na jejím povrchu se začnou vytvářet drobné kaluže. Po vyplnění terénních nerovností se voda začne pohybovat po povrchu terénu v závislosti na jeho sklonitostních poměrech. V této fázi tedy začíná docházet k povrchovému odtoku.

Mezi další odtokové ztráty, vedle intercepce, řadíme výpar vody z půdy, nazývaný evaporace. Ten je závislý na meteorologických podmínkách a na vlastnostech zeminy, jako je například velikost povrchu, ze kterého se voda odpařuje. Ta je ovlivněna především zrnitostí půdy. Čím je její struktura jemnější, tím větší je celkový povrch zrn a tedy i výparu. Navíc se do jemnozrnných půd voda vsakuje pomaleji, což také přispívá ke zvětšování výparu. Další aspekt ovlivňující evaporaci je orientace zeminy vzhledem k působení slunečního záření. Při zastínění půdy může poklesnout výpar až o 20%. V neposlední řadě ovlivňuje míru výparu z půdy její vlhkost. Když jsou póry plně nasyceny vodou, dochází k maximálnímu odparu, s klesající vlhkostí se míra výparu snižuje (Kovářík - Sitányiová - Drusa, s. 210 – 211).

Transpirace je fyziologický proces probíhající v rostlinách, který představuje další odtokovou ztrátu. Spočívá v tom, že rostliny odebírají pomocí svých kořenů vodu z půdy a následně ji vypařují do ovzduší, vyjma malé části této vlhkosti, kterou použijí na stavbu svého těla. Množství takto spotřebované vody je odvislé od velikosti rostliny a jejích dalších charakteristik. Vedle toho je samozřejmě také ovlivňováno množstvím zásobní vody v půdě. V době, kdy je půdní profil nedostatečně zavodněn, dokážou rostliny příjem vláhy omezit, zatímco v období přebytku půdní vody může transpirace dosahovat mnohem vyšších hodnot (Kovářík - Sitányiová - Drusa, s. 211). Součet evaporace, transpirace a výparu z povrchu rostlin zadržného intercepce nazýváme termínem evapotranspirace (Henry, 2014, s. 8).

K odtokovým ztrátám dochází také akumulací vody v povrchových depresích nebo také v nádržích, jezerech apod. Povrchové deprese mohou být různého objemu a voda se v nich v průběhu deště zadržuje, infiltruje do půdy a odpařuje. Mezi takovéto povrchové deprese patří například orbou po vrstevnicích vytvořené brázdy, které mohou zadržovat poměrně velké

množství vody. Obecně lze říci, že s vzrůstajícím sklonem povrchu klesá objem akumulace v depresích, jelikož má voda více možností jak z těchto depresí odtékat (Hrádek - Kuřík, 2002, s. 19 – 20).

Intercepce, evaporace, transpirace a povrchová akumulace dohromady představují povrchové odtokové ztráty.

### **3.2.2 Hypodermický odtok**

Hypodermickým odtokem nazýváme jev, kdy infiltrovaná voda v půdě stéká po mělce uložené, málo propustné vrstvě a následně opět vyvěrá na povrch. Na rozdíl od základního odtoku (viz kap. 3.2.3) zde nedochází k infiltraci srážkové vody až na úroveň hladiny podzemní vody. Hypodermický odtok tvoří spolu s povrchovým odtokem přímý odtok z povodí (Janeček, 2008, s. 49 – 50).

### **3.2.3 Podpovrchové odtokové ztráty**

Pohyb vody v půdě závisí na jejím kladném či záporném tlaku. Vodní režim půdy je potom definován množstvím zadržené vody a mírou energie, kterou je voda zadržována (Alexander, 2014, s. 69). Tato energie je označována jako potenciální, protože kinetická energie vody v půdách je zanedbatelná.

Půdní potenciál je kladný v saturovaných zeminách, jelikož je zde tlak vyšší než atmosférický. Voda zde tedy proudí gravitačně směrem dolů, dokud nenarazí na nepropustnou vrstvu, anebo hladinu zvodně. V nesaturovaných (nenasycených) půdách naopak voda většinou vystupuje směrem vzhůru a odtud je odebírána kořenovým systémem rostlin (Alexander, 2014, s. 69).

V půdním profilu je zadržována pouze voda, která je kapilárními silami přitahována silněji než gravitačními. V opačném případě se voda pohybuje z oblastí s vyšším potenciálem do oblastí s nižším. Když narazí na málo propustnou vrstvu, anebo skalní podloží, může voda stékat po této vrstvě ve vodorovném směru (Alexander, 2014, s. 77). Takovýto odtok z povodí označujeme jako základní odtok. Vzhledem k tomu, že proudění podzemní vody je ovlivňováno zcela jinými kritérii, než odtok po povrchu, může se stát, že část srážkové vody spadlé na povodí odeče pod povrchem mimo závěrový profil. V takovémto případě se jedná o podpovrchovou odtokovou ztrátu.



### **3.2.4 Vznik soustředěného povrchového odtoku**

Po začátku deště nad povodím nastává první fáze odtokového procesu – nasycování půdy. Voda je zadržována pomocí intercepce, infiltrace, transpirace a povrchové akumulace. Převyšuje-li intenzita deště intenzitu infiltrace, tak po naplnění ostatních povrchových ztrát začne vznikat plošný povrchový odtok směrem k uzávěrovému profilu povodí (Hrádek - Kuřík, 2002, s. 112). Voda se postupně vlivem tvaru terénu sdružuje do soustředěných povrchových proudů. K tomu dochází především v místech přirozených údolnic, tedy drah soustředěného povrchového odtoku, anebo podél lineárních krajinných prvků, jako jsou hranice pozemků, rýhy vytvořené zemědělskou činností či podél cest (Dumbrovský, 2013, s. 15).

### **3.3 ČINITELE OVLIVŇUJÍCÍ POVRCHOVÝ ODTOK**

Vznik a velikost povrchového odtoku ovlivňuje množství činitelů, které ovšem pro větší přehlednost můžeme dělit na klimatické, geografické a antropogenní (Hrádek - Kuřík, 2002, s. 113).

Teplota vzduchu a charakter srážky jsou klimatické faktory, které mají na tvorbu povrchového odtoku zásadní vliv. Z hlediska srážek se tato práce zaměřuje především na dešťové, tající sníh ovšem také může způsobit povrchový odtok. Krátkodobé deště se vyznačují velkou intenzitou a způsobují povodně na malých povodích. Oproti tomu dlouhodobé deště mají obvykle nižší intenzitu a ohrožují spíše velká povodí (Hrádek - Kuřík, 2002, s. 50). Extrémní variantou krátkodobých dešťů jsou tzv. přívalové deště. Hellman (Hrádek - Kuřík, 2002, s. 63) je charakterizuje dobou trvání 1 – 180 minut a srážkovým úhrnem 10 – 80 mm.

Vedle srážek řadíme ke klimatickým činitelům také teplotu vzduchu, která je závislá hlavně na intenzitě slunečního záření a ovlivňuje množství výparu. Objem odpařené vody je také závislý na vlhkosti vzduchu a jeho tlaku. Čím více je vzduch nasycený vodními parami, tím méně vlhkosti může přijmout z evapotranspirace a intercepce. Určitou roli hraje také proudění vzduchu, během kterého je vlhký vzduch z prostoru nad povodím nahrazován suchým, který je schopný přijímat další odpařené srážky (Hrádek - Kuřík, 2002, s. 37).

Z geografických činitelů ovlivňuje množství odpařené vody například tvar povrchu povodí. Nad zakřiveným terénem je totiž tlak vodních par větší, a proto je zde menší intenzita výparu. Dalším faktorem je charakteristika půdy. Její fyzikální a chemické vlastnosti ovlivňují míru evapotranspirace. Půdy s jemnozrnnou strukturou mají větší kapilární vzlínavost a nižší

rychlost infiltrace, což se projevuje zvětšením výparu. Určitou roli hraje také samotná barva půdy – tmavší zeminy se totiž na slunci více zahřívají (Hrádek - Kuřík, 2002, s. 37).

Vedle půdního podkladu ovlivňuje množství výparu dále také vegetační pokryv. Rostliny během transpirace odebírají vláhu ze zeminy, její část následně odpařují a část spotřebovávají na stavbu svého těla (viz kap. 3.2.1). Toto množství je závislé na druhu rostliny, vegetačním stádiu, klimatických poměrech a vlhkosti půdy. Rostliny v první polovině svého vegetačního období odpařují více vody než ve druhé a ke konci života již transpirace téměř zcela ustává. Spotřeba vláhy je také přizpůsobena dostupné půdní vlhkosti. V neposlední řadě rostliny zastiňují povrch země, snižují tak její teplotu a v důsledku i výpar.

Poslední skupinou činitelů jsou antropogenní zásahy do krajiny. Veškeré úpravy by měly být vedeny s ohledem na komplexní organizaci povodí, protože mohou zcela zásadním způsobem ovlivňovat nejen odtokové, ale také například erozní poměry. Technickými úpravami je možné změnit plochu, tvar nebo sklon povodí. Půdní poměry lze upravovat agrotechnologicky a odvodňováním. Zcela zásadní roli hraje způsob využívání zemědělské půdy, tedy druh vysazeného vegetačního pokryvu a metody jeho obdělávání. Nepříznivé odtokové poměry je dále možné regulovat výstavbou nádrží a dalších technických opatření (Hrádek - Kuřík, 2002, s. 25 - 26). Opatřením v krajině, kterými lze příznivě ovlivnit její vodní režim, se budu více věnovat v kapitole 3.5.

### **3.4 NEPŘÍZNIVÉ DŮSLEDKY POVRCHOVÉHO ODTOKU**

Povrchový odtok a eroze jsou přirozené procesy v krajině. Ovšem pouze za předpokladu, že jejich průběh není zrychlen a intenzifikován využíváním půdy nebo zásahy do krajinného pokryvu (Solomon, 2005, s. 1 – 2).

Na některých místech Země dochází k úbytku produkce potravin až o 50% následkem erozí a zvětšování pouští. Vodní eroze navíc odplavuje nutrienty z půdy a snižuje tak hloubku půdního profilu. Tímto způsobem dochází k poškozování půdní struktury a snižování její infiltrační kapacity. Odplavené částičky půdy se ukládají na dnech nádrží nebo koryt řek a snižují tak jejich kapacitu, což může vést ke zvyšování povodňového rizika (Solomon, 2005, s. 1).

Degradace půdního profilu působením vodní eroze a povrchového odtoku se odehrává ve třech rovinách – fyzikální, chemické a biologické. Z hlediska odtokových poměrů je ovšem významná především fyzikální degradace (Dumbrovský, 2013, s. 10).

Při zhoršování fyzikálních vlastností půdy dochází k negativním změnám její struktury, textury, objemové hmotnosti, vodní kapacity, pórovitosti, infiltračních schopností aj. Půda ztrácí schopnost přijímat spadlé dešťové srážky, a proto dochází k větším povrchovým odtokům. Vlivem erozního odnosu zeminy dochází ke snižování mocnosti povrchového horizontu a díky zemědělské orbě se dostává na povrch stále více jílovitého materiálu. To vede k zamazávání půdních pórů a snižování jejich propustnosti, provzdušněnosti a schopnosti infiltrace.

Vodní eroze selektivně odplavuje jemné frakce prachovitých a koloidních látek, které jsou významné pro stabilitu půdní struktury. Povrchový odtok odstraňuje z orniční vrstvy agregující jílovité částice, ale také snižuje obsah organických látek. Dochází ke změně půdní struktury z drobovité na zrnitou a polyedrickou. Ty jsou náchylné k tvorbě půdní krusty a zamazávání pórů. Dochází tak ke snižování infiltrační schopnosti půdy a celkové retence povodí. Tím se vytváří podmínky pro vznik vodní eroze a povrchového odtoku (Solomon, 2005, s. 11).

Soustředěný povrchový odtok může vytvářet hluboké efemerní rýhy (viz kap. 3.1). Během jejich výzkumu v katastrálním území Šardic (Dumbrovský, 2013, s. 15) docházelo po začátku srážkové události nejprve vlivem heterogenity sklonu k vytvoření malých depresí. V těchto depresích se odtok dále koncentroval a prohlubně zvětšoval. Postupně došlo ke spojování jednotlivých depresí a formování rýh. Eroze se začíná tvořit na začátku rýhy, kde jsou téměř svislé stěny a bystřínné proudění. V menší míře dochází k odnosu půdy ze stěn rýh, především je však odplavováno dno deprese. Odnosem materiálu ze dna dochází k podemílání stěn, oslabení jejich stability a následně jejich zborcení do prostoru rýhy (Dumbrovský, 2013, s. 15 – 16). Erozní odnos v drahách soustředěného odtoku může představovat až 40% celkového odnosu půdy z pozemku (Dumbrovský, 2013, s. 17).

Povrchový odtok ovšem nezpůsobuje negativní dopady jen na ploše povodí. Transportem půdních látek totiž také dochází k znečišťování vody v tocích. Půdní částice a na ně navázané chemické látky se působením eroze ukládají na úpatí svahů, některé jsou ovšem odplavovány až do říční sítě. V ní pak tvoří převážnou část splavenin, které negativně ovlivňují kvalitu vody. Vedle toho dochází k znečišťování nádrží, toků a staveb na nich. Zároveň je snižována jejich kapacita potřebná k transformaci případné povodňové vlny (Dumbrovský, 2013, s. 19 – 20).

Dráhy soustředěného povrchového odtoku často ústí do říční sítě v prostoru zastavěného území obce. V místech, kde soustředěný odtok vniká do intravilánu, může způsobovat významné majetkové škody. Takovéto body, které jsou na průsečnici dráhy soustředěného odtoku

a hranice zastavěného území, nazýváme kritickými body. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka identifikoval na území České republiky 9261 vybraných kritických bodů (Dumbrovský, 2013, s. 20 – 21).

### **3.5 OPATŘENÍ PROTI POVRCHOVÉMU ODTOKU**

Optimálním nástrojem pro řešení odtokových poměrů v povodí jsou komplexní pozemkové úpravy. Tento proces totiž umožňuje nejenom systematické rozmístění společně fungujících ochranných prvků, ale také vyřešení vlastnických vztahů k pozemkům, které jsou použity pro navrhovaná opatření (Dumbrovský, 2013, s. 21).

Běžně používanými ochrannými opatřeními jsou travní pásy, které kromě snižování povrchového odtoku plní také protierozní funkci. Situují se souběžně se směrem vrstevnic nebo v mírném odklonu od nich. Na dlouhých svazích, které jsou intenzivně ohroženy povrchovým odtokem i erozí, je vhodné jejich opakované umístění. Minimální šířka jednoho pásu je 12 metrů a je možné ho doplnit i keřovou či stromovou vegetací. Účinnost pásu se zvyšuje jeho napojením na hydrologickou síť, aby tak docházelo k účinnému odvádění spadlých srážek mimo zemědělské plochy (Soukup, 2008, s. 8 – 9).

Další variantou je zatravnění drah soustředěného povrchového odtoku, který vzniká především v liniích přirozených údolnic; tyto pásy jsou tedy na rozdíl od výše zmíněných pásů vysazovány kolmo na vrstevnice. Cílem je zvýšení infiltrační schopnosti půdy a neškodné odvedení povrchových vod. V odůvodněných případech je možné také zatravnění celých ohrožených pozemků, případně jejich zalesnění (Soukup, 2008, s. 7 – 8).

K úpravě odtokových podmínek se navrhuje dále protierozní příkopy, rýhy a průlehy. Pro zemědělskou půdu jsou vhodné zatravněné průlehy situované v mírném sklonu, které jsou napojeny do odváděcích příkopů. K účinnému zachycování vody a zpomalení povrchového odtoku je nutné navrhovat průlehy v krajině systematicky (Soukup, 2008, s. 8 – 9).

Výše zmíněná technická opatření je vhodné kombinovat s organizačními opatřeními na zemědělské půdě. Jedná se především o optimalizaci osevních postupů a správnou volbu pěstovaných plodin na daném pozemku. Zvláště okopaniny, kukuřice a širokořádkové plodiny představují vegetaci nedostatečně chránící půdu před vodní erozí a jejich pěstování je tedy nutné volit pouze na pozemcích s mírným sklonem. Dalším organizačním opatřením je pásové střídání plodin nebo změna velikosti a tvaru pozemku (Soukup, 2008, s. 14 – 15).

K ochranným opatřením před negativními účinky povrchového odtoku můžeme řadit také zachytávání spadlých srážek v retenčních nádržích či rybnících. Obdobnou funkci plní také suché nebo polosuché nádrže, které snižují kulminační průtoky během srážkových událostí a rozkládají bojem povodňové vlny do delšího časového období (Soukup, 2008, s. 23 – 27).

### 3.6 VÝPOČET CHARAKTERISTIK POVRCHOVÉHO ODTOKU

Povrchový odtok v krajině vytváří hydrografickou síť, která se zde mimo srážkové období standardně nevyskytuje, a proto nejsou k dispozici dlouhodobá měření takto vyvolaných průtoků. V takovémto případě je nutné použít některou z nepřímých metod výpočtu průtokových charakteristik. Mezi tyto metody patří například použití empirických vzorců, metoda čísel odtokových křivek, metoda jednotkového hydrogramu, hydrologické modely nebo regionální regresní analýza. Výběr vhodné metody je závislý především na velikosti řešeného povodí. Výpočty v mé diplomové práci se týkají pouze velmi malých povodí; autoři je obvykle definují jako povodí o maximální rozloze 5 km<sup>2</sup> (Hrádek - Kuřík, 2002, s. 144 – 145).

Postihnout srážkoodtokový proces je obecně poměrně složité. Pro velmi malá povodí je však celkem vhodným modelem se snadno dosažitelnými vstupy metoda čísel odtokových křivek CN (Janeček, 2008, s. 49). Tato metoda je určena pro stanovení přímého objemu odtoku a kulminačního průtoku z návrhového přívalového deště o zvolené četnosti výskytu v nepozorovaných profilech. Metoda CN byla odvozena v USA a je verifikována pro podmínky České republiky. V projekční praxi se používá k návrhu zatravněných drah soustředěného odtoku, průleहů, záchytných příkopů a malých nádrží (Janeček - Váška, 2001, s. 1).

Čísla odtokových křivek CN určují procentuální podíl povrchového odtoku na přímém odtoku. Celkový odtok je určen množstvím srážek, infiltrací vody do půdy, druhem vegetačního pokryvu, nepropustnými plochami a retencí povrchu. Rozložení množství spadlých dešťových srážek je uvažováno jako rovnoměrné na celé ploše. Hodnoty čísel odtokových křivek CN jsou závislé na hydrologických vlastnostech půdy, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepci a povrchové retenci (Janeček - Váška, 2001, s. 1 – 2).

„Metoda odtokových křivek určuje objem přímého odtoku za předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadržen“ (Janeček - Váška, 2001, s. 2).

$$\frac{H_o}{H_s} = \frac{R_a}{R} \quad (1)$$

$H_o$  – výška odtoku

$H_s$  – úhrn návrhového deště

$R_a$  – aktuální retence povodí

$R$  – potenciální retence povodí

K tomuto odtoku začíná docházet po naplnění počáteční ztráty, která se skládá z intercepce, infiltrace a povrchové retence (viz kap. 3.2.1). Počáteční ztráta byla odhadnuta na základě experimentálních měření na 20% potenciální retence. Výšku povrchového odtoku  $H_o$  lze následně vyjádřit:

$$H_o = \frac{(H_s - 0,2R)^2}{H_s + 0,8R} \quad (2)$$

$$R = 24,4 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3)$$

CN – čísla odtokových křivek

(Janeček, 2008, s. 49 – 51).

Výpočty povrchového odtoku v řešeném území jsem realizoval pomocí modelu DesQ-MAX Q, který používá metodu CN křivek. Výpočet je vhodný pro povodí, která lze schematizovat buď jednou odtokovou plochou, nebo povodím ve tvaru „otevřené knihy“. Software umožňuje výpočet maximálních N-letých průtoků a objemů povodňových vln vyvolaných přívalovými dešti o zvolené době trvání a náhradní intenzitě. Dále odvozuje časové řady průběhu povodňové vlny (Hrádek - Kuřík, 2001, s. 26).

## 4 APLIKACE TEORETICKÝCH POSTUPŮ

### 4.1 VSTUPNÍ DATA

Identifikace drah soustředěného odtoku probíhala v prostředí platformy ArcGIS od americké firmy Esri. Jedná se o geografický informační systém určený pro práci s prostorovými daty (Arcdata, 2016). Jeho součástí je počítačová aplikace ArcMap, ve které jsem analyzoval katastrální území obcí Čejkovice a Mutěnice. K výpočtům jsem používal především nástroje pro práci s prostorovými daty z nadstavby *Spatial Analyst*.

Základními vstupními daty byly digitální výškopisné informace o území ve formě vektorových křivek vrstevnic. Ty byly pořízeny z digitálního modelu reliéfu ČR 4. generace, který zobrazuje přirozený nebo lidskou činností upravený povrch zemského terénu. Mapování bylo provedeno pomocí laserového skenování v letech 2009 – 2013 (ČÚZK, 2016). Výškopisné informace pokrývaly území obou obcí a přilehlého okolí.

Další vstupní data představovaly vektorové vrstvy nesoucí informace o způsobu využívání sledovaného území. Jejich zdrojem byl zčásti Veřejný registr půdy (LPIS), který obsahuje údaje o zemědělských pozemcích. Tato data byla následně doplněna o další typy využití pozemků, především komunikace a intravilán, ale také zalesněné a vodní plochy.

Prostorové rozdělení půdních jednotek představovala vektorová vrstva s kódy BPEJ. Jedná se o pětimístný číselný kód, kde první číslice určuje klimatický region, další dvojčíslí představuje klasifikaci hlavních půdních jednotek. Čtvrté číslo určuje sklon a expozici svahu, poslední pak skeletovitost a hloubku půdy (VÚMOP, 2016).

Pro přesnější tvorbu digitálního modelu terénu (viz kap. 4.2.1) a snadnější orientaci v mapě jsem použil vrstvu toků a vodních ploch dostupnou z Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD, 2016). Posledními vstupními daty pak byly vektorové křivky ohraničující katastrální území obou obcí.

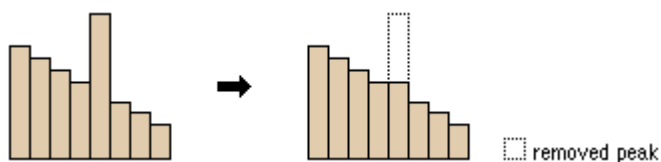
### 4.2 ANALÝZA ÚZEMÍ

#### 4.2.1 Tvorba digitálního modelu terénu

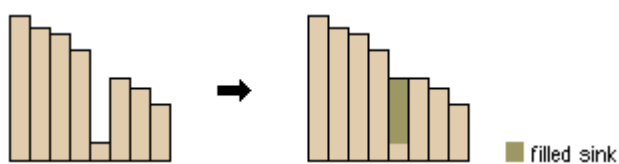
Digitální model terénu představuje rastrové pole, kde každá buňka (pixel) nese informaci o své nadmořské výšce. Dochází zde tedy ke kombinaci dvourozměrných dat s atributem třetího rozměru (nadmořské výšky) (Dumbrovský - Sobotková - Pavlík - Uhrová, 2012, s. 4). V programu ArcMap slouží k tvorbě digitálního modelu terénu (DMT) nástroj *Topo To Raster*

z nadstavby *Spatial Analyst*, který používá interpolační metodu speciálně navrženou pro vytváření hydrologicky korektních DMT. Jeho základem je program ANUDEM, jenž při výpočtech zavádí omezující podmínky, které zajišťují vzájemné napojení odtokových linií (ArcGIS, 2016a). Algoritmus vychází z předpokladu, že hlavním faktorem, který modeluje tvar terénu, jsou hydrologické procesy (Dumbrovský - Sobotková - Pavlík - Uhrová, 2012, s. 4).

Jako základní vstupní data pro tvorbu DMT slouží vektorové vrstevnice. Přesnějšího výpočtu je možné docílit připojením dalších dat – při své práci jsem použil také vrstvu linií vodních toků a vodních ploch. Velikost buněk (tzv. grid) DMT jsem volil 5 x 5 metrů. Při tvorbě všech dalších rastrových vrstev jsem volil stejnou velikost gridu. Výsledný model terénu ovšem ještě obsahuje různé deprese, poklesy a výčnělky, které je vhodné před další prací odstranit, k čemuž slouží nástroj *Fill* (ArcGIS, 2016b)

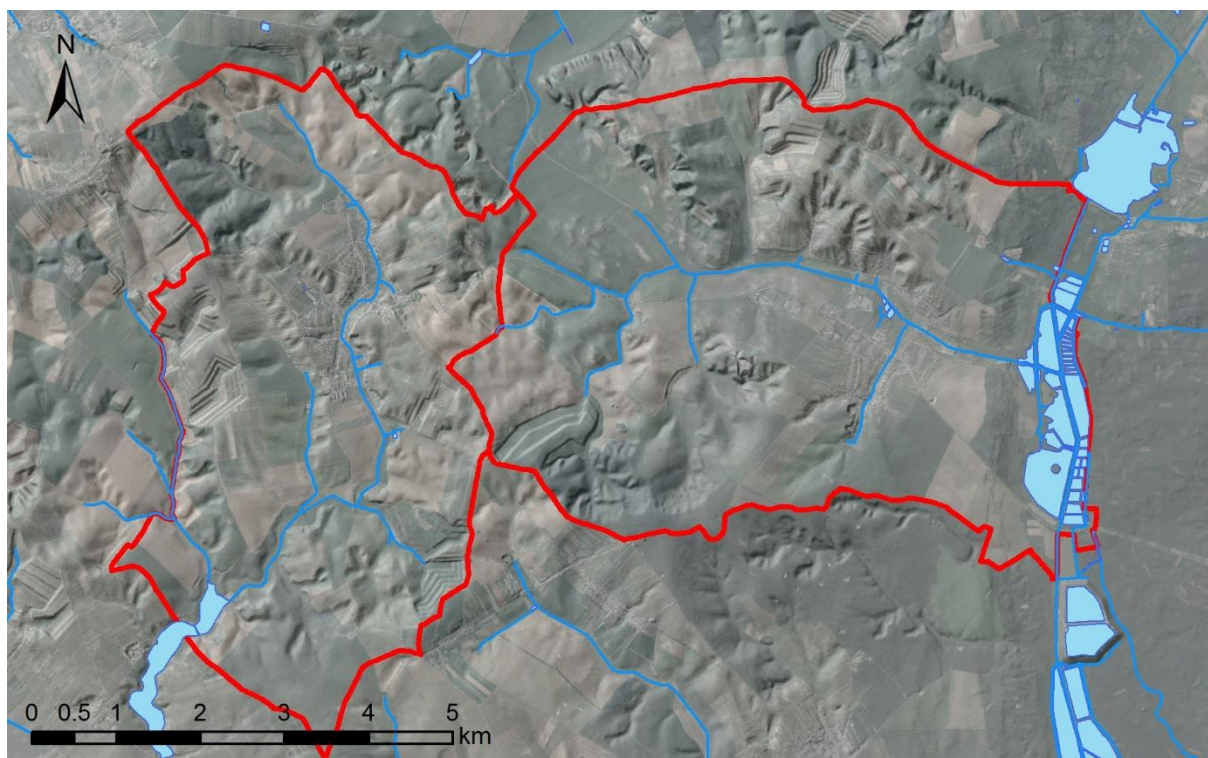


Obrázek 4.1 – Znázornění postupu nástroje *Fill* během odstraňování výčnělků (ArcGIS, 2016b)



Obrázek 4.2 – Znázornění postupu nástroje *Fill* během vyplňování poklesů (ArcGIS, 2016b)

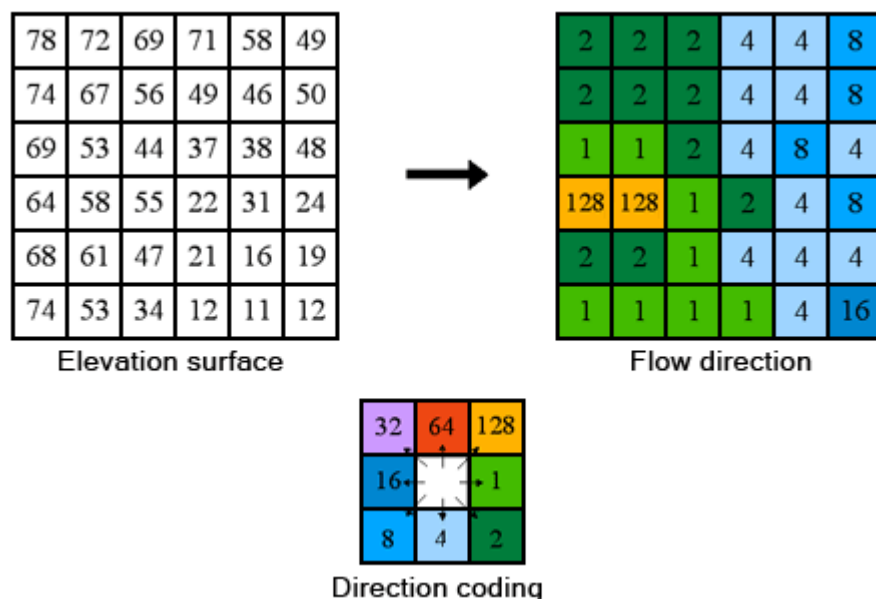




Obrázek 4.3 - Grafické znázornění digitálního modelu terénu (Hillshade) pro obě obce

#### 4.2.2 Identifikace drah soustředěného odtoku a kritických bodů

Jedním ze základních výpočtů pro stanovení dalších hydrologických charakteristik zadaného území je určení směrů odtoků z každé buňky DMT, k čemuž slouží nástroj *Flow Direction*. Při výpočtu se porovnává možnost odtoku do všech osmi sousedních buněk. Výsledkem je pak rastr s číselnými hodnotami, které definují směr odtoku pro každou buňku.

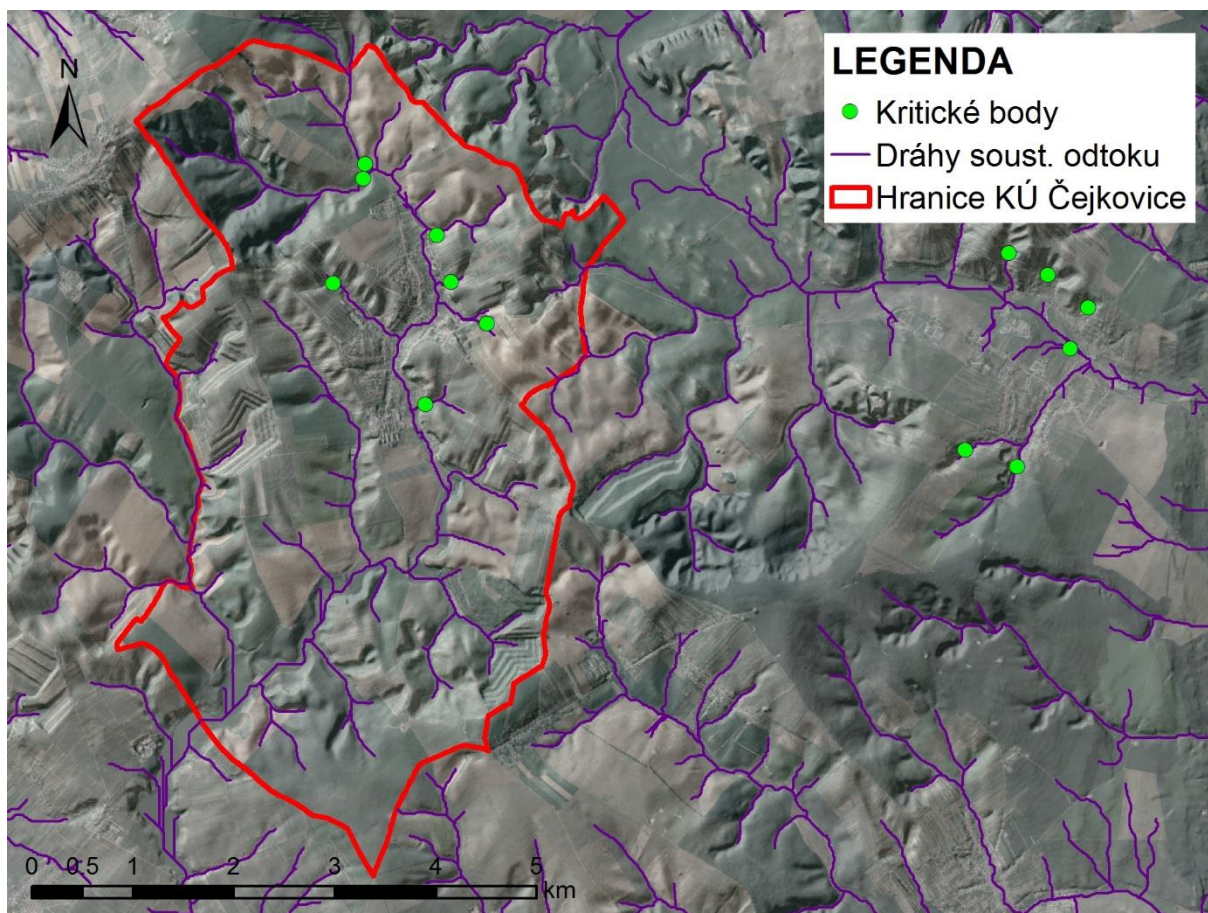


**Obrázek 4.4 – Ilustrace výpočtu směrů odtoku pomocí nástroje *Flow Direction* (ArcGIS, 2016c)**

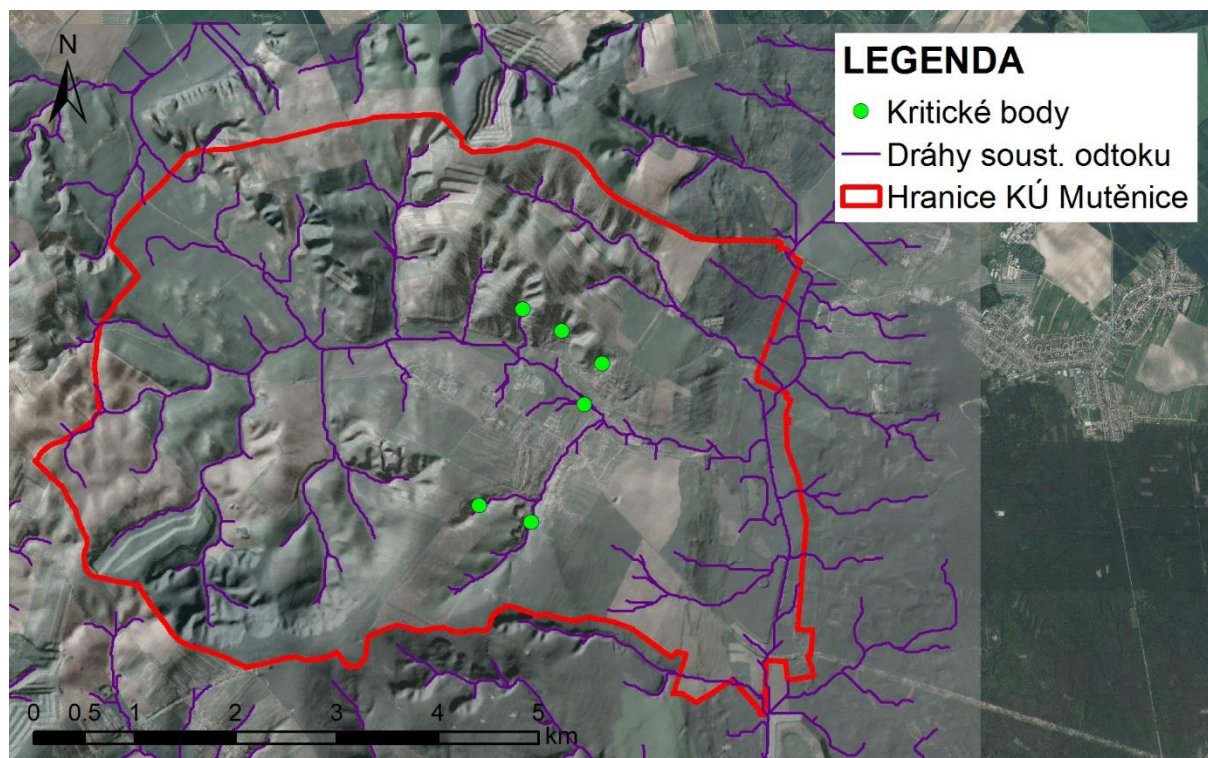
Rastr se směry toku vody mi následně sloužil jako vstupní data pro výpočet akumulace odtoku v krajině. K tomuto je určen nástroj *Flow Accumulation*, jehož funkce je založena na načítání všech buněk přitékajících do aktuálně počítané buňky (Dumbrovský - Sobotková - Pavlík - Uhrová, 2012, s. 15). Tento výpočet pochopitelně nijak nezohledňuje odtokové ztráty, pouze modeluje odtokové poměry na základě výškopisné konfigurace terénu.

Buňky ve výsledném rastru nesou informaci o počtu výše položených buněk, ze kterých do nich přitéká voda. Při hodnotách převyšujících 300 přispívajících buněk již můžeme hovořit o soustředěném povrchovém odtoku (Dumbrovský - Sobotková - Pavlík - Uhrová, 2012, s. 16). Tyto buňky představují souvislou hydrografickou síť, která je napojena do vodního toku (viz obr. 4.5).

V místech, kde tyto linie vnikají do zastavěného území obce, jsem vytýčil tzv. kritické body. Z nich jsem následně vybral třináct bodů, které představovaly významnější riziko.



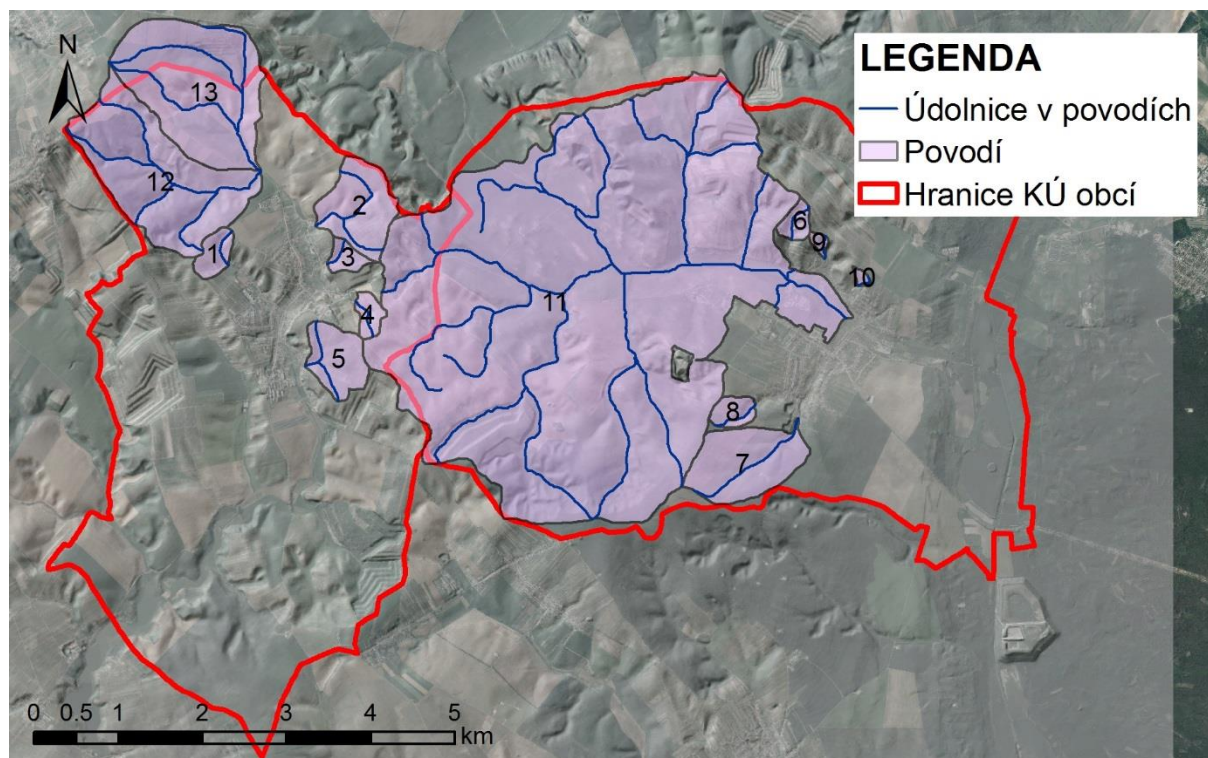
Obrázek 4.5 - Mapa drah soustředěného odtoku a kritických bodů v obci Mutěnice



Obrázek 4.6 - Mapa drah soustředěného odtoku a kritických bodů v obci Mutěnice

### 4.2.3 Stanovení přispívajících ploch

Kritické body představovaly uzávěrové profily, k nimž jsem na základě průběhu vrstevnic stanovil jejich přispívající plochy. V některých případech, kdy byla povodí příliš rozsáhlá a jejich hydrografická síť značně rozvinutá, jsem tuto povodí rozdělil na několik menších pro dosažení přesnějších výsledků. Celkem se na řešeném území nacházelo 57 takovýchto subpovodí. Pro další výpočty v modelu DesQ je nutné tyto subpovodí ještě rozdělit na pravý a levý svah.

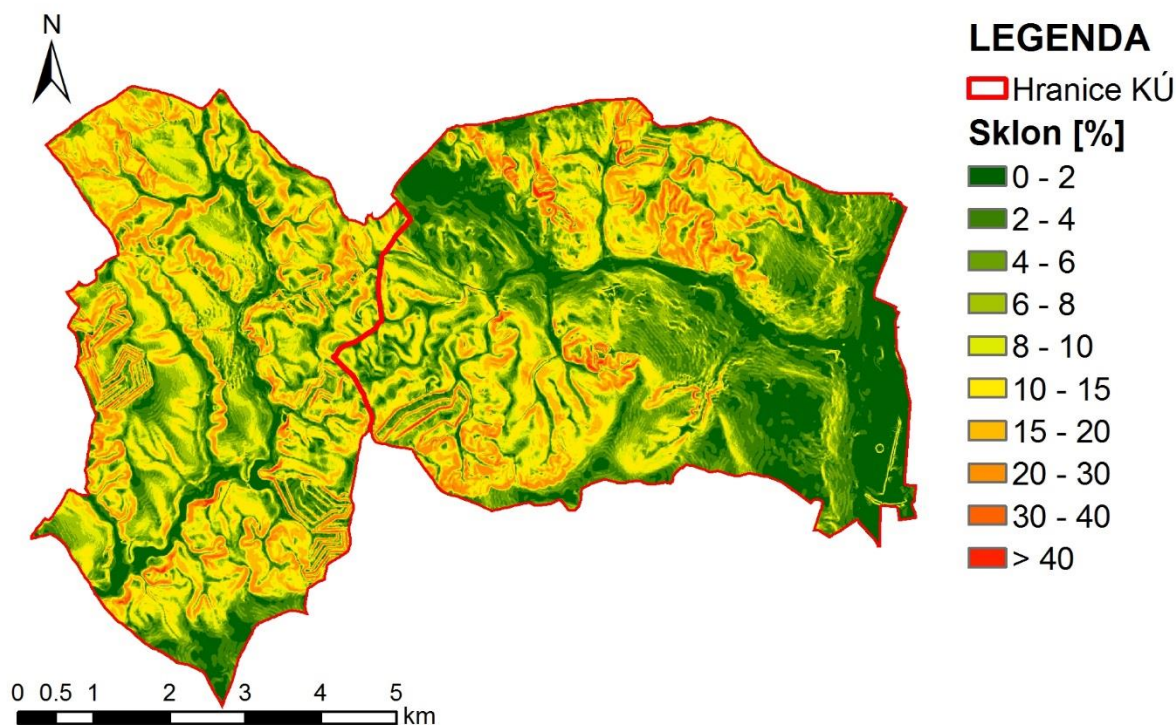


Obrázek 4.7 - Mapa třinácti povodí řešených kritických bodů

#### 4.2.4 Klasifikace vstupních dat

Model DesQ (viz kap. 3.6) vyžaduje pro výpočet povrchového odtoku zadání několika vstupních dat. Pro každé subpovodí je nutné znát délku a průměrný sklon jeho údolnice mezi pravým a levým svahem. Tato data vychází z geometrie křivek údolnic a DMT v ArcMap.

Další údaje je nutné určit pro oba dva svahy v každém subpovodí. Jedná se o plochu svahu a dále jeho průměrný sklon. K jeho výpočtu je nutné vytvořit rastr sklonitosti pomocí nástroje *Slope*, který každé buňce přiřadí procentuální hodnotu sklonu. Jeho průměrnou hodnotu pro celý svah subpovodí jsem následně získal statistickou analýzou nástroje *Zonal Statistics As Table*.



**Obrázek 4.8 - Mapa sklonitosti**

Dalším údajem je průměrná hodnota součinitele drsnosti  $\gamma$  v závislosti na způsobu využívání půdy a hydrologických podmínkách lesa. Jeho hodnota se získává váženým průměrem podle plošného zastoupení různého využívání pozemků v subpovodí (Hrádek - Kuřík, 2001, s. 30). V následující tabulce jsou uvedeny použité hodnoty součinitele drsnosti  $\gamma$  pro jednotlivé druhy pokryvu řešených subpovodí:

**Tabulka 4.1 - Hodnoty součinitele drsnosti podle druhu pokryvu subpovodí (Hrádek – Kuřík, 2001).**

Pokryv	$\gamma$ [s]	Pokryv	$\gamma$ [s]
orná půda	9	křovinaté porosty	10
sady, zahrady	6	vodní plocha, toky	0
trvalý travní porost	6	nepropustné plochy	1
vinice	5	zpevněné komunikace	1
lesy	9	nezpevněné komunikace	5.8

Tyto hodnoty součinitele drsnosti jsem přiřadil jednotlivým pozemkům vektorové vrstvy popisující pokryv terénu řešeného území (viz kap. 4.1) a opět pomocí nástroje *Zonal Statistics As Table* získal průměrné hodnoty drsnosti pro každé subpovodí.

Poslední klíčovou hodnotou pro výpočet povrchového odtoku v programu DesQ jsou čísla odtokových křivek CN. Jejich hodnota se stanoví v závislosti na skupině hydrologických půd rozdělených podle rychlosti infiltrace, vlhkosti půdy určované na základě pětidenního úhrnu předcházejících srážek a využití půdy, jejím vegetačním pokryvu a způsobu obdělávání (Janeček - Váška, 2001, s. 2).

Hydrologické skupiny představují čtyři kategorie půdních jednotek označené písmeny A, B, C a D rozdělené na základě minimální rychlosti infiltrace do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení (Janeček, 2012, s. 28).

**Tabulka 4.2 - Charakteristika hydrologických skupin půd (Janeček, 2012, s. 29)**

Skupina	Charakteristika hydrologických vlastností
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ( $> 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo šterky.
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace ( $0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovité.
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ( $0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v původním profilu a půdy jílovohlinité až jílovité.
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ( $< 0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.

Půdy jsou rozděleny do jednotlivých hydrologických skupin (HSP) na základě čísla hlavních půdních jednotek (HPJ), které je součástí kódu BPEJ (viz kap. 4.1); jedná se o druhé a třetí číslo kódu. V následující tabulce uvádím půdní jednotky, které se vyskytovaly na řešeném území a příslušnou hydrologickou skupinu, do které byly zařazeny dle Janečkovy metodiky (2012).

**Tabulka 4.3 - Určení HSP v závislosti na HPJ (Janeček, 2012, s. 29)**

HPJ	HSP	HPJ	HSP	HPJ	HSP
1	B	4	A	5	A
6	C	8	B	19	B
20	D	22	B	39	C
40	B	41	B	55	A
56	B	58	C	60	B
62	C	72	D		

Vlhkost půdy na základě předchozího úhrnu srážek jsem volil jakožto střední nasycení. Posledním kritériem je způsob využití půdy, typ vegetačního pokryvu, způsob obdělávání a případné uplatnění protierozních opatření (Janeček, 2012, s. 28). Všechny varianty vyskytující se v řešeném území a jejich závislost na hydrologických skupinách půd uvádím v následující tabulce, která také vychází z Janečkovy metodiky (2012).

**Tabulka 4.4 - Stanovení čísel CN podle charakteru využití pozemku (Janeček, 2012, s. 30)**

Charakter využití pozemků	Čísla CN dle HSP			
	A	B	C	D
Orná půda, širokořádkové plodiny, rozlehlé lány, posklizňové zbytky	71	80	87	90
Orná půda, širokořádkové plodiny, drobná drážba, posklizňové zbytky	64	75	82	85
Ovocné sady, zahrady	43	65	76	82
Trvalý travní porost	30	58	71	78
Vínice - zatravněné	43	65	76	82
Vínice – z poloviny zatravněné	54	70	79	84
Vínice – nezatravněné	64	75	82	85
Komunikace – zpevněné	83	89	92	93



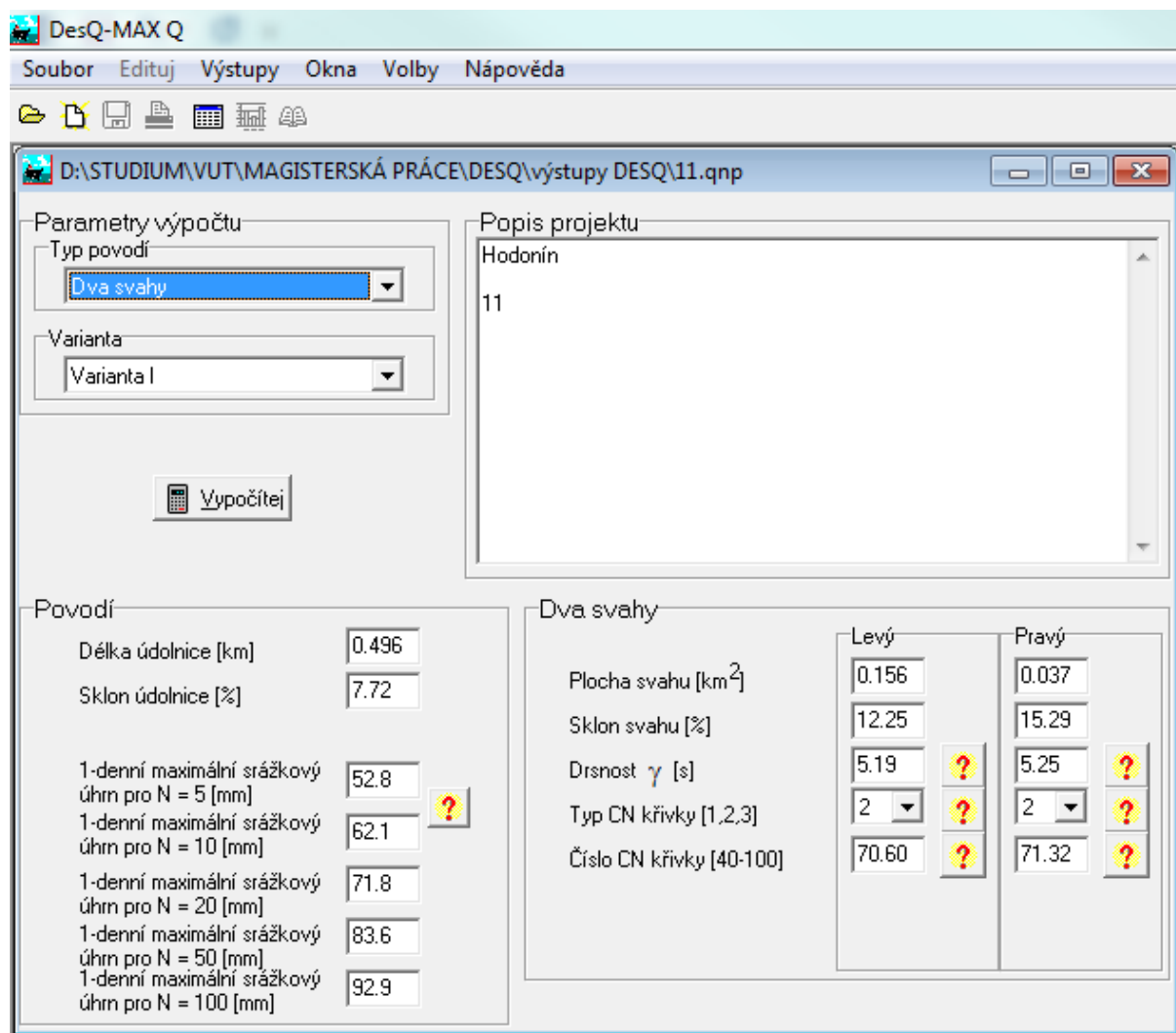
Komunikace – nezpevněné	76	85	59	91
Lesy	36	60	73	79
Lesy s křovinatým porostem	35	56	70	77
Nepropustné plochy, zastavěné oblasti	98	98	98	98
Zemědělské dvory	59	74	82	86
Vodní plochy, vodní toky	100	100	100	100

U menších ploch orné půdy, které nejsou agrotechnologicky obhospodařovány, jsem volil příznivější hydrologické podmínky, protože zde můžeme očekávat kvalitnější údržbu než u rozsáhlých lánů na velkých pozemcích. Vinice jsem rozdělil do tří kategorií podle míry zatravnění meziřadí. Nezatravněné vinohrady se svými odtokovými vlastnostmi blíží širokořádkovým plodinám, a proto jsem volil pro tuto variantu stejná čísla CN jako pro ornou půdu. Z poloviny zatravněným vinicím jsem přiřadil průměrná čísla odtokových křivek mezi oběma krajními variantami.

Pro účely zapsání CN čísel pro všechny kombinace hydrologických skupin půd a charakteru využití pozemků jsem vytvořil průnik vektorových vrstev pokryvu a BPEJ pomocí nástroje *Union*. Z definovaných hodnot CN křivek jsem následně vytvořil jejich rastr nástrojem *Feature to Raster* a pomocí zonální statistiky spočítal průměrné hodnoty pro každý svah subpovodí.

### 4.3 VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU V PROGRAMU DESQ

Model DesQ umožňuje tři varianty výpočtu podle doby trvání deště. Pro účely této magisterské práce jsem volil první variantu výpočtu, tedy předpoklad, že maximální odtok z povodí je vyvolán přívalovým deštěm kritické doby trvání  $t_{dk}$  (Hrádek - Kuřík, 2001, s. 17).



**Obrázek 4.9 - Pracovní prostředí programu DesQ-MAXQ**

Software obsahuje hodnoty maximálních 1-denních srážkových úhrnů z množství hydrometeorologických stanic na území ČR; pro své výpočty jsem volil nejbližší dostupnou stanicí, která se nachází v městě Hodonín. Následně jsem do programu vložil všechny vstupní hodnoty, jejichž výpočet jsem popisoval v kapitole 4.2. Výsledky jsou uvedeny v kapitole 5.1. V následující tabulce uvádím všechny vypočítané vstupní hodnoty:

Tabulka 4.5 - Vstupní hodnoty do programu DesQ

číslo povodí	číslo subpovodí	délka údolnice	sklon údolnice	strana	plocha svahu	sklon svahu	drsnost	číslo CN
		m	%		m <sup>2</sup>	%	s	
1	1	496	7.72	L	156941	12.25	5.19	70.60
				P	37110	15.29	5.25	71.32
2	1	700	5.20	L	80640	9.56	6.44	73.44
				P	60223	7.97	6.73	73.91
	2	987	3.16	L	103483	9.31	9.00	80.00
				P	348845	9.68	8.46	78.49
	3	395	2.01	L	130812	10.22	9.00	80.00
				P	46108	15.59	8.32	77.20
3	1	392	5.67	L	31895	13.36	6.28	71.19
				P	101940	10.59	5.96	71.64
4	1	509	5.35	L	95419	11.23	9.00	79.61
				P	46429	9.18	9.00	80.00
5	1	540	3.98	L	187430	7.20	5.11	69.82
				P	36622	8.47	5.00	70.00
	2	522	4.64	L	45594	8.39	5.00	68.50
				P	192440	7.78	5.50	70.83
	3	158	3.10	L	14948	13.75	4.94	68.15
				P	17566	11.63	4.85	70.79
6	1	510	11.44	L	70055	19.00	4.90	70.66

číslo povodí	číslo subpovodí	délka údolnice	sklon údolnice	strana	plocha svahu	sklon svahu	drsnost	číslo CN
		m	%		m <sup>2</sup>	%	s	
				P	64797	23.85	4.95	70.22
7	1	1690	4.32	L	408895	7.16	8.94	78.29
				P	574908	7.07	8.97	79.39
8	1	587	7.13	L	40021	11.22	8.76	78.98
				P	127278	8.54	7.67	76.62
9	1	280	13.35	L	34009	17.68	5.03	65.37
				P	8681	19.01	5.01	65.00
10	1	211	9.71	L	24857	12.87	4.94	67.01
				P	4923	12.55	5.51	65.18
11	1	1325	1.55	L	333551	6.86	9.00	79.21
				P	178514	7.51	8.99	79.99
	2	1970	1.34	L	343708	6.80	8.97	79.89
				P	1086303	9.00	8.75	78.44
	3	659	1.27	L	131407	7.98	8.96	80.49
				P	55438	8.22	8.86	79.75
	4	917	4.11	L	161703	9.73	8.38	74.68
				P	262740	14.41	6.40	72.42
	5	558	4.14	L	127228	11.13	6.90	75.00
				P	47106	8.55	9.00	79.97
	6	1224	1.35	L	348150	7.45	8.81	76.62

číslo povodí	číslo subpovodí	délka údolnice	sklon údolnice	strana	plocha svahu	sklon svahu	drsnost	číslo CN
		m	%		m <sup>2</sup>	%	s	
				P	449886	5.65	8.95	75.83
	7	423	0.87	L	58690	7.41	8.67	77.93
				P	47734	7.16	8.89	78.30
	8	2144	3.89	L	647602	13.41	8.97	69.83
				P	840386	13.96	8.98	65.88
	9	1577	3.03	L	353361	11.40	8.99	79.24
				P	350557	10.92	8.96	79.44
	10	1485	0.71	L	449985	12.40	8.76	78.45
				P	435066	8.60	8.97	79.60
	11	712	0.60	L	168514	4.44	8.88	74.60
				P	369209	4.17	8.94	74.67
	12	1512	0.70	L	262913	3.01	9.00	74.02
				P	444546	4.19	8.86	75.06
	13	1250	3.23	L	124762	4.40	8.96	74.96
				P	164093	8.54	8.92	76.31
	14	424	0.48	L	177395	3.55	8.70	74.57
				P	297320	9.46	8.99	75.11
	15	1651	2.56	L	191928	6.82	8.98	76.78
				P	480967	13.22	8.49	72.01
	16	840	0.34	L	216869	4.08	8.96	74.30

číslo povodí	číslo subpovodí	délka údolnice	sklon údolnice	strana	plocha svahu	sklon svahu	drsnost	číslo CN
		m	%		m <sup>2</sup>	%	s	
				P	97423	3.20	8.51	77.83
	17	203	0.24	L	39374	3.01	8.75	74.35
				P	227842	9.45	7.73	74.19
	18	1708	4.82	L	784694	13.07	8.00	76.04
				P	235795	10.49	9.00	79.90
	19	2262	3.92	L	778781	10.97	8.99	68.42
				P	787960	10.46	8.99	71.52
	20	1062	0.98	L	258997	10.37	8.17	75.49
				P	401144	7.47	8.95	75.89
	21	795	0.03	L	782440	5.97	8.61	73.67
				P	195598	7.81	7.37	68.99
	22	1154	3.35	L	256933	9.50	8.96	75.31
				P	302897	6.40	8.84	73.34
	23	1110	4.73	L	278263	11.80	6.41	66.89
				P	236389	16.28	5.77	64.04
	24	986	6.13	L	185995	13.21	6.27	70.94
				P	232535	12.56	8.00	76.98
	25	1349	1.19	L	545475	10.20	8.65	74.58
				P	405952	13.31	6.79	70.89
	26	624	0.33	L	226204	5.50	7.77	67.95

číslo povodí	číslo subpovodí	délka údolnice	sklon údolnice	strana	plocha svahu	sklon svahu	drsnost	číslo CN	
		m	%		m <sup>2</sup>	%	s		
	27	1198	6.80	P	240435	8.40	6.23	68.98	
				L	262314	15.09	5.23	69.58	
				P	274882	17.67	5.07	70.45	
	28	595	0.00	L	110389	4.19	8.39	73.78	
				P	155978	13.31	6.26	76.02	
	29	1383	1.66	L	73213	2.89	6.73	57.45	
				P	104491	4.34	8.30	70.40	
	30	1101	1.39	L	2826	5.15	6.68	86.20	
				P	5688	2.19	8.21	83.36	
	31	878	0.23	L	244420	2.59	7.43	68.39	
				P	130479	1.94	6.91	79.78	
	12	1	1231	7.37	L	168769	14.71	8.94	60.66
					P	261383	13.42	8.93	64.47
		2	1216	7.02	L	208486	12.43	8.97	70.50
P					239302	13.76	8.22	73.85	
3		357	2.02	L	143205	11.10	8.91	60.72	
				P	113814	15.17	8.59	76.57	
4		721	5.89	L	108537	17.13	8.97	60.20	
				P	148287	13.12	8.94	60.47	
5		528	1.24	L	81440	13.95	8.97	62.21	

číslo povodí	číslo subpovodí	délka údolnice	sklon údolnice	strana	plocha svahu	sklon svahu	drsnost	číslo CN
		m	%		m <sup>2</sup>	%	s	
	6	1104	3.69	P	160352	13.58	8.09	75.37
				L	189786	13.31	7.44	75.86
				P	242495	14.01	8.30	63.48
	7	619	0.71	L	124631	11.40	8.63	79.10
				P	109659	8.69	8.91	79.85
13	1	1230	5.19	L	98433	10.27	6.57	76.90
				P	121979	10.26	6.79	79.55
	2	1927	5.70	L	359255	9.36	8.99	79.73
				P	476689	8.23	6.82	71.87
	3	472	1.34	L	51043	8.28	9.00	79.99
				P	105003	11.50	9.00	79.97
	4	2003	5.82	L	360039	11.05	8.84	78.85
				P	304053	13.43	9.00	78.83
	5	565	0.90	L	395093	8.03	8.44	77.65
				P	65328	9.04	8.79	79.37

### 4.3.1 Výpočet povrchového odtoku v povodích rozdělených na dílčí výpočtová subpovodí

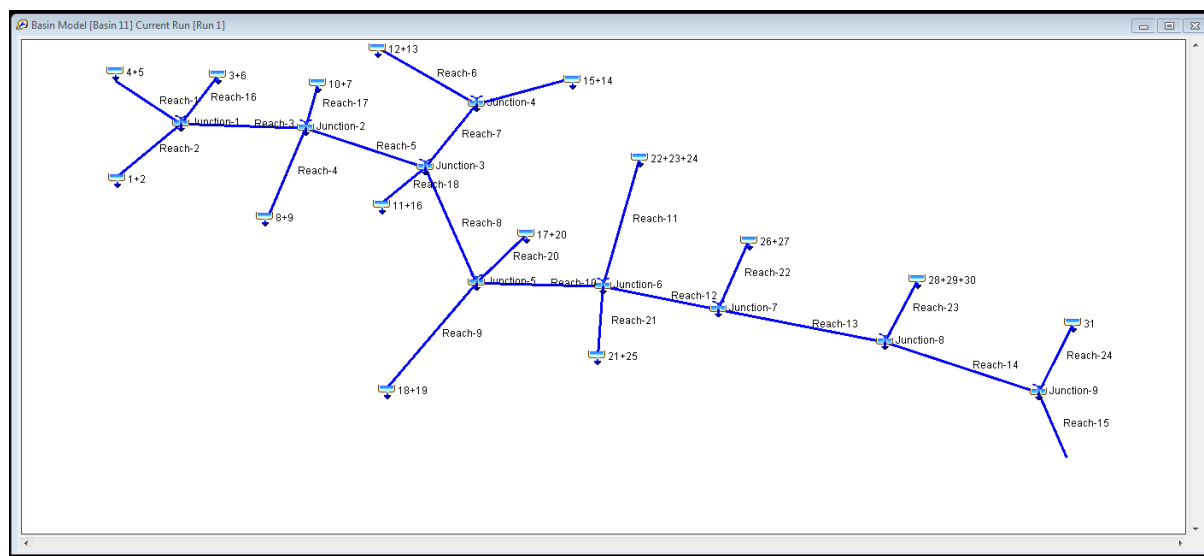
Pět ze třinácti řešených povodí jsem z důvodu přesnějšího výpočtu (viz kap. 7) rozdělil na dílčí subpovodí. V případě tohoto řešení doporučuje autor modelu DesQ následné využití hydraulického modelu neustáleného proudění k provedení superpozice jednotlivých hydrogramů. V literatuře autor zmiňuje program HEC-RAS od US Army Corps. of Engineers (Hrádek - Kuřík, 2001, s. 25). Při svých výpočtech jsem použil obdobný software od stejného



vydavatele, který také umožňuje modelování neustálených průtoků v hydrografické síti – HEC-HMS.

Prvním krokem při práci v programu byla schematizace řešeného povodí. Okrajová subpovodí byla reprezentována bodovými zdroji průtoků, které charakterizovaly časové řady vypočtené v DesQ. Dalšími prvky ve schématu byly dílčí údolnice, které tvořily hydrografickou síť. V místech závěrových profilů, kde docházelo ke styku údolnic, byly obdobně jako u vnějších subpovodí připojeny bodové zdroje vnitřních subpovodí.

Proudění v síti údolnic program počítal podle Chézyho rovnice na základě jejich délky, průměrného sklonu a průměrné drsnosti povrchu. Všechna tato vstupní data jsem již měl vyhotovená pro účely výpočtu v programu DesQ. Tvar koryta údolnic jsem vzhledem k obtížnosti získání takovýchto údajů volil ve zjednodušené formě obdélníkové formě. Výstupem z programu HEC-HMS byly časové řady průtoků v posledním uzávěrovém profilu povodí.



Obrázek 4.10 - Schematizace povodí č. 11 v prostředí programu HEC-HMS

#### 4.4 PRŮZKUM ÚZEMÍ

V průběhu zpracovávání diplomové práce jsem také osobně navštívil řešenou lokalitu a zdokumentoval všechna místa vytyčených kritických bodů. Zaměřoval jsem se především na místa, kudy by soustředěný povrchový odtok případně proudil směrem do intravilánu a hledal jsem také případná opatření v těchto místech.



**Obrázek 4.11 - Vyústění dráhy soustředěného odtoku v místě kritického bodu č. 2**



**Obrázek 4.12 - Kanalizace v místě kritického bodu č. 2**



**Obrázek 4.13 - Suchý poldr v místě kritického bodu č. 5**



**Obrázek 4.14 - Hráz suchého poldru u kritického bodu č. 5**



Obrázek 4.15 - Pohled na povodí č. 9

## 4.5 VÝPOČET EROZNÍHO SMYVU

Pro získání komplexnějších informací o řešených povodích jsem také pro každé z nich vypočítal míru průměrné dlouhodobé ztráty půdy v důsledku erozního smyvu. Výpočty probíhaly stejně jako v případě povrchového odtoku v prostředí ArcMap a vycházel jsem z Wischmeierovy a Smithovy rovnice:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (4)$$

G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy [ $t \cdot ha^{-1} / rok$ ]

R – faktor erozní účinnosti deště

K – faktor erodovatelnosti půdy

L – faktor délky svahu

S – faktor sklonu svahu

C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu

P – faktor účinnosti protierozních opatření

Výsledná hodnota představuje průměrnou roční ztrátu půdy na řešených pozemcích a není možné ji používat pro kratší období, např. jednotlivých dešťů (Janeček, 2012, s. 9). Faktor erozní účinnosti deště R jsem uvažoval dle metodiky prof. Janečka (2012, s. 11), která doporučuje jeho průměrnou hodnotu pro území ČR jakožto  $40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Faktor erodovatelnosti půdy je definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku o délce 22,13 m a sklonu 9% vyjádřená v  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  na jednotku faktoru R. Jeho hodnoty jsem stanovoval podle hlavních půdních jednotek na základě Janečkovy metodiky (Janeček 2012, s. 13 – 16). Topografický faktor (součin faktorů L a S) představuje vliv délky a sklonu řešených pozemků a jeho hodnotu jsem vypočítal pomocí modelu USLE 2D. Jako vstupy jsem potřeboval digitální model terénu území a také vrstvu obsahující vybrané pozemky, na kterých se předpokládá ztráta půdy – jedná se o plochy orné půdy, trvalého travního porostu, vinic a sadů či zahrad (Horký 2014, s. 27).

Vliv vegetačního pokryvu na celkový smyv půdy se projevuje ochranou před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek, zpomalováním povrchového odtoku a také působí na půdní vlastnosti, zejména na pórovitost a propustnost. Množství a pokryvnost vegetace přímo ovlivňuje hodnotu faktoru C (Janeček, 2012, s. 21). Jeho číselná charakteristika pro trvalé travní porosty je 0,001, pro ovocné sady, zahrady a vinice 0,44 a pro ornou půdu v řešeném klimatickém regionu 0,179 (Dumbrovský - Sobotková - Pavlík - Uhrová, 2012, s. 22). Na území sledovaných povodí jsem nepředpokládal žádná protierozní opatření, a proto jsem uvažoval hodnotu účinnosti protierozních opatření jako  $P = 1$ .

Z hodnot faktorů K, LS a C jsem vytvořil v ArcMap rastry, které jsem vzájemně vynásobil dle Wischmeierovy a Smithovy rovnice pomocí nástroje *Raster Calculator*. Hodnoty průměrného smyvu pro plochy řešených třinácti povodí jsem následně získal pomocí statistické analýzy *Zonal Statistics as Table*. Výsledky jsou uvedeny v kapitole 5.3.

## **5 VÝSLEDKY**

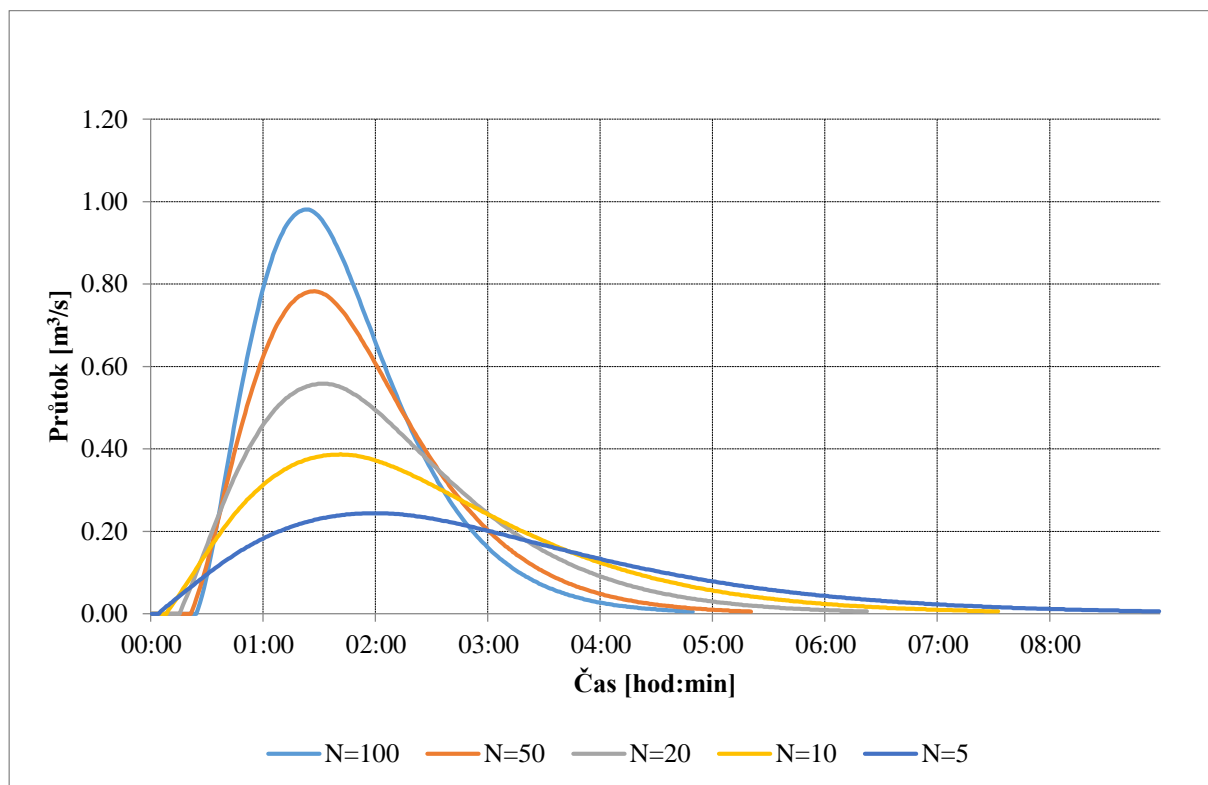
### **5.1 POVRCHOVÝ ODTOK**

V následující kapitole uvádím výsledky výpočtu povrchového odtoku modelem DesQ pro všechna nerozdělená povodí. Následuje graficky znázorněný časový průběh pěti variant povodňové vlny podle doby opakování. Dále jsou zde uvedeny grafy průtoků v rozdělených povodích podle simulace v programu HEC-HMS. V tomto případě je uvedena pouze povodňová vlna vyvolaná stoletým deštěm. Pro všech třináct povodí jsem také vypracoval grafické znázornění procentuálního zastoupení využití pozemků na jejich ploše.

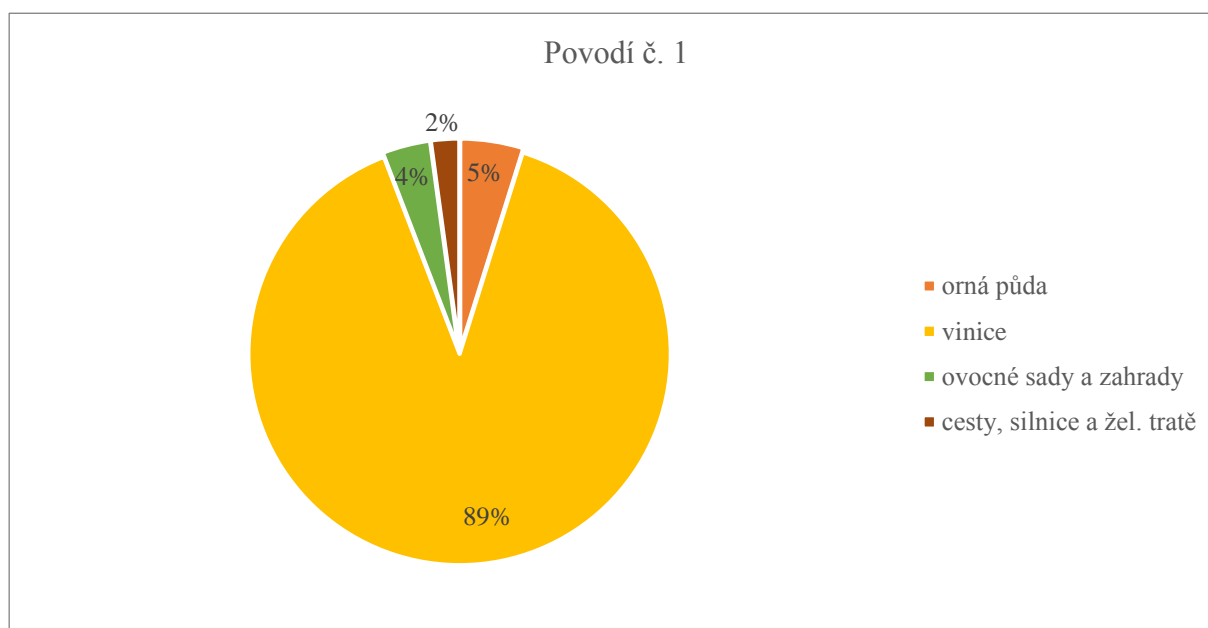
### 5.1.1 Povodí č. 1

Tabulka 5.1 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 1

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	0.245	0.196	0.048	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.7	1.37	0.333	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	3.34	2.68	0.652	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	0.387	0.311	0.075	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	2.14	1.72	0.42	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	4.12	3.31	0.806	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	0.563	0.448	0.11	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	2.58	2.07	0.508	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	4.71	3.79	0.923	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	0.789	0.629	0.153	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	3.06	2.45	0.607	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	5.2	4.17	1.02	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	0.987	0.789	0.192	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	3.42	2.74	0.681	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	5.64	4.52	1.11	$[10^3 \cdot m^3]$



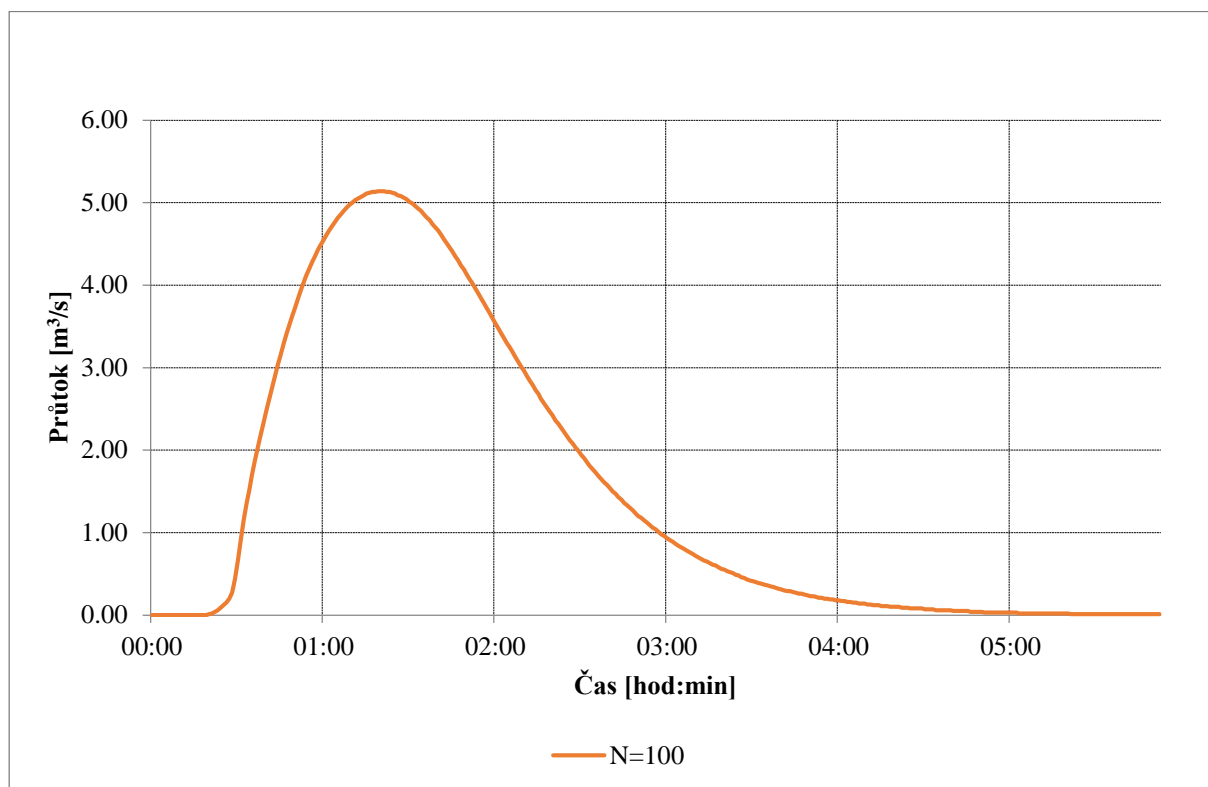
Obrázek 5.1 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 1



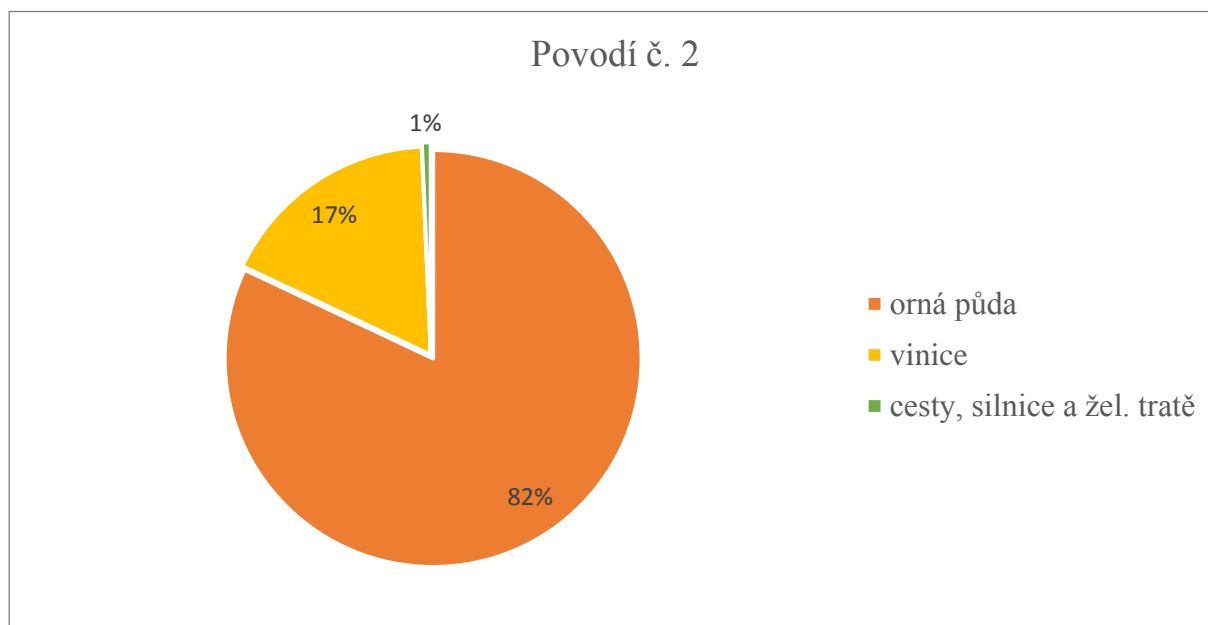
Obrázek 5.2 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 1



### 5.1.2 Povodí č. 2



Obrázek 5.3 - Graf časové řady průtoků povodňové vlny v povodí č. 2

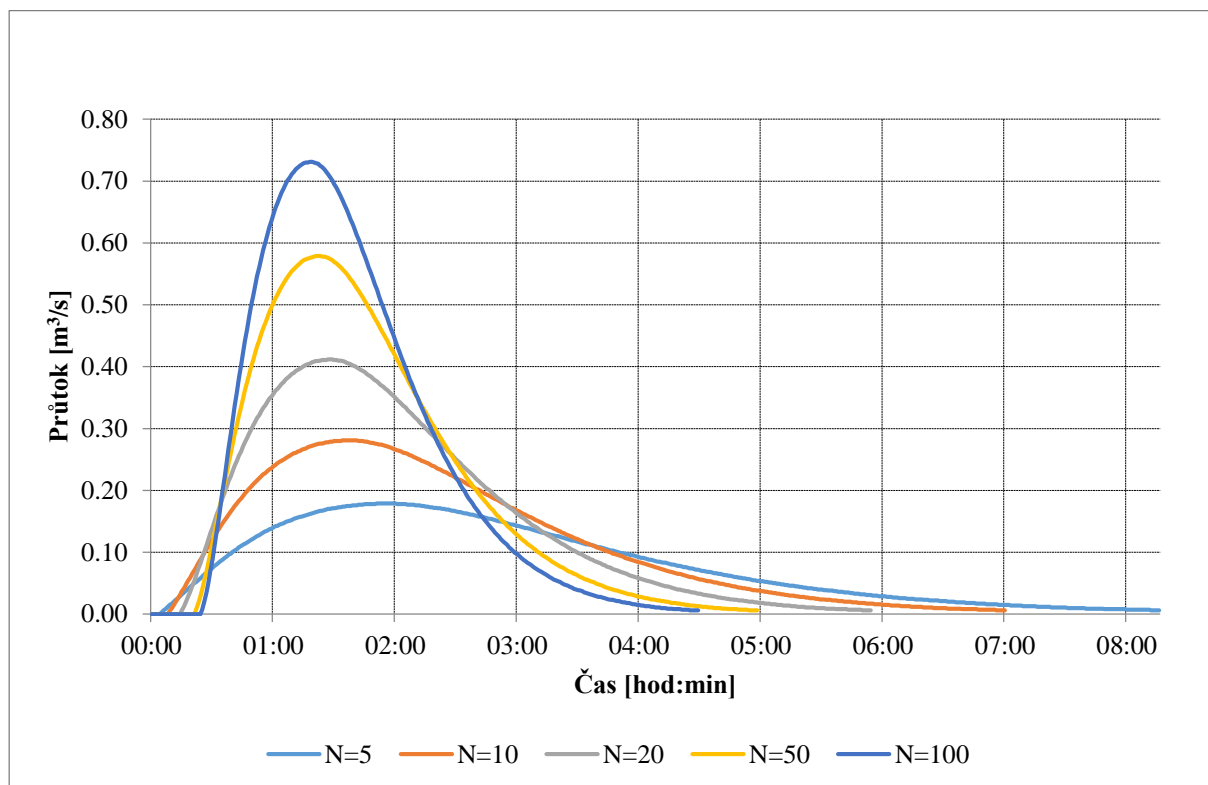


Obrázek 5.4 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 2

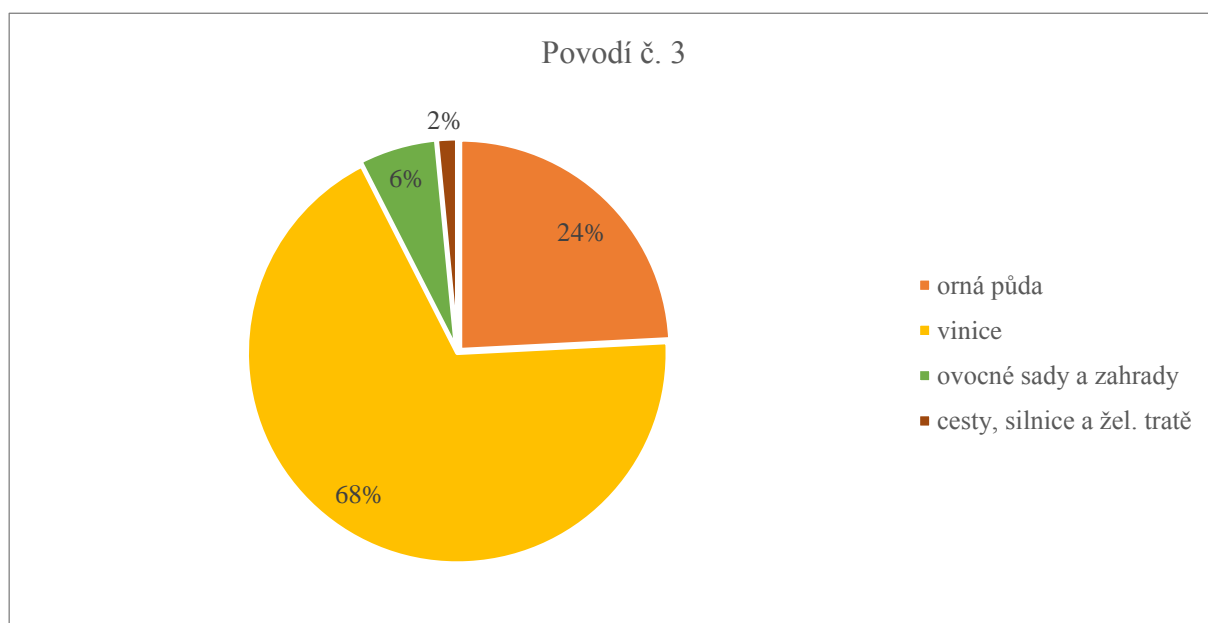
### 5.1.3 Povodí č. 3

Tabulka 5.2 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 3

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	0.179	0.042	0.137	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.2	0.283	0.918	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	2.38	0.561	1.82	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	0.284	0.066	0.215	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.52	0.357	1.16	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	2.94	0.694	2.25	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	0.414	0.097	0.315	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.83	0.429	1.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	3.37	0.795	2.58	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	0.589	0.137	0.442	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	2.18	0.51	1.67	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	3.74	0.88	2.86	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	0.742	0.173	0.558	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	2.44	0.571	1.87	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	4.07	0.956	3.12	$[10^3 \cdot m^3]$



Obrázek 5.5 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 3

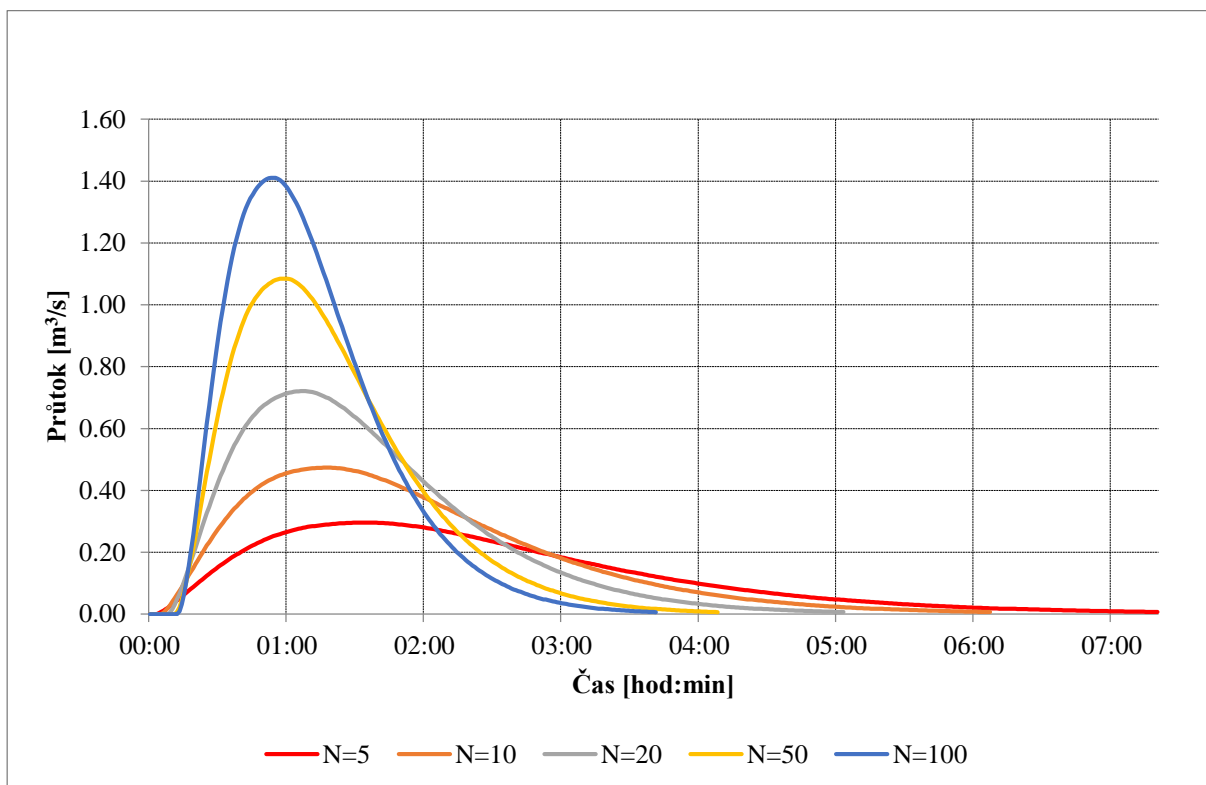


Obrázek 5.6 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 3

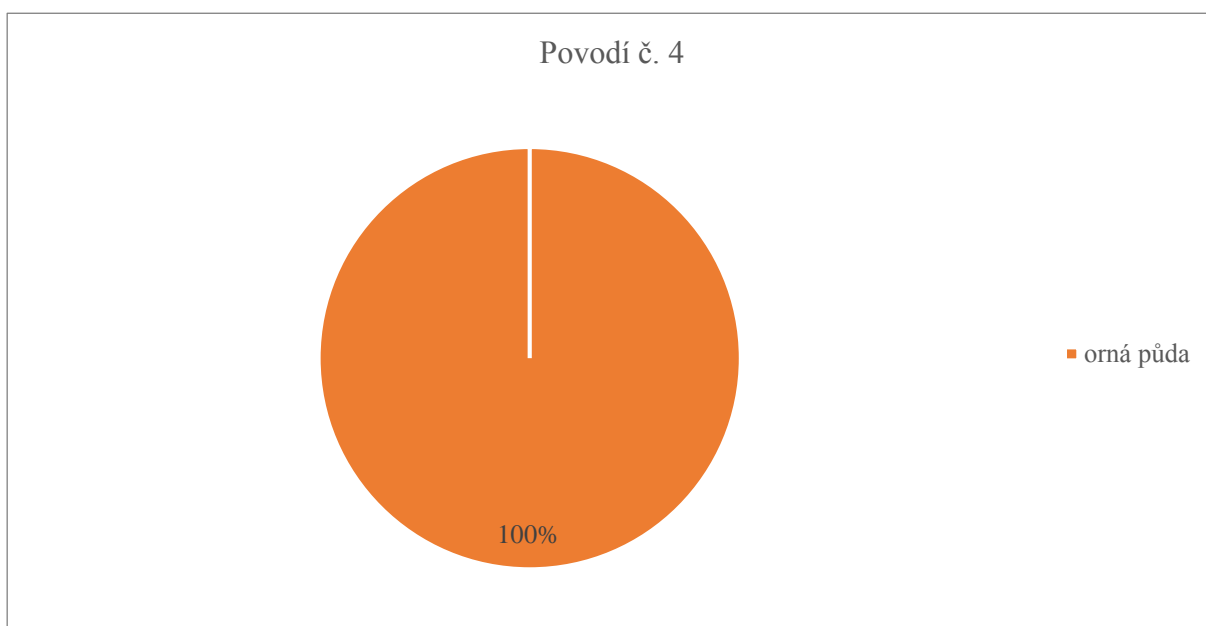
### 5.1.4 Povodí č. 4

Tabulka 5.3 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 4

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	0.299	0.198	0.098	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.63	1.1	0.539	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	3.31	2.22	1.09	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	0.48	0.317	0.156	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	2.07	1.39	0.684	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	4.11	2.76	1.35	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	0.728	0.483	0.238	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	2.55	1.71	0.843	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	4.83	3.24	1.59	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	1.09	0.726	0.359	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	3.13	2.09	1.03	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	5.6	3.75	1.85	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	1.42	0.944	0.467	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	3.56	2.38	1.18	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	6.24	4.18	2.06	$[10^3 \cdot m^3]$

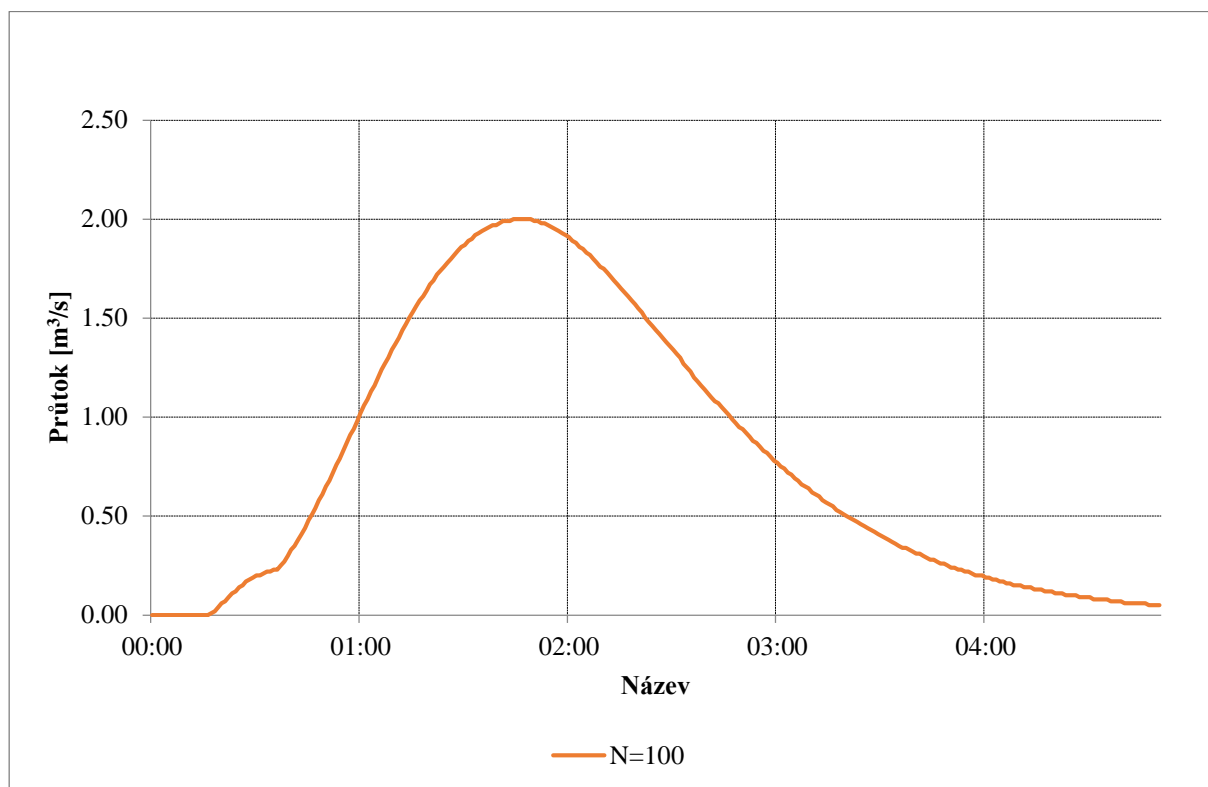


Obrázek 5.7 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 4

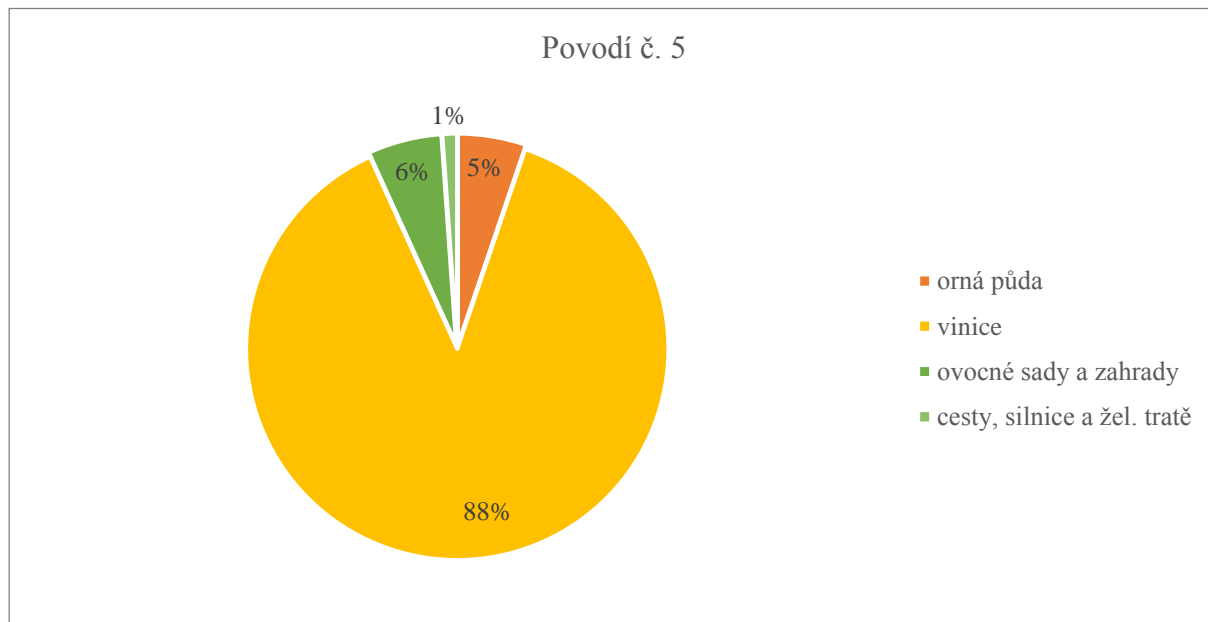


Obrázek 5.8 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 4

### 5.1.5 Povodí č. 5



Obrázek 5.9 - Graf časové řady průtoků povodňové vlny v povodí č. 5

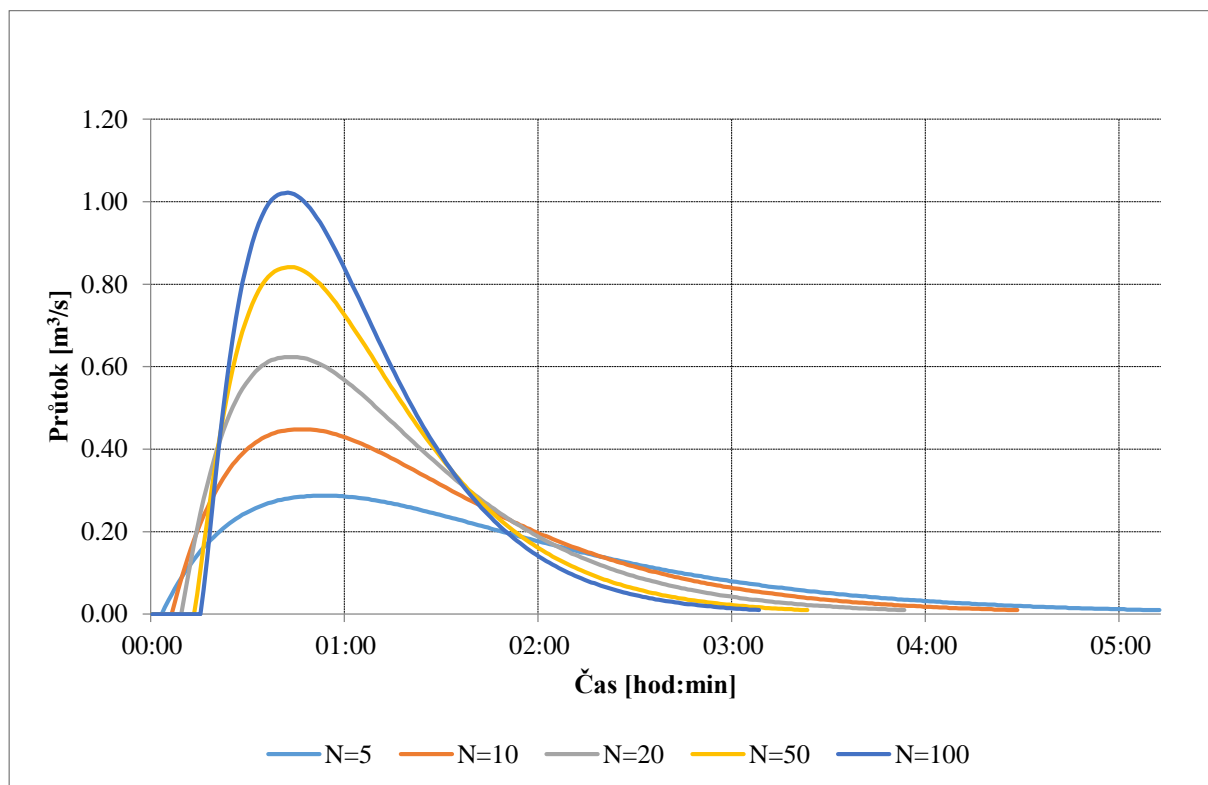


Obrázek 5.10 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 5

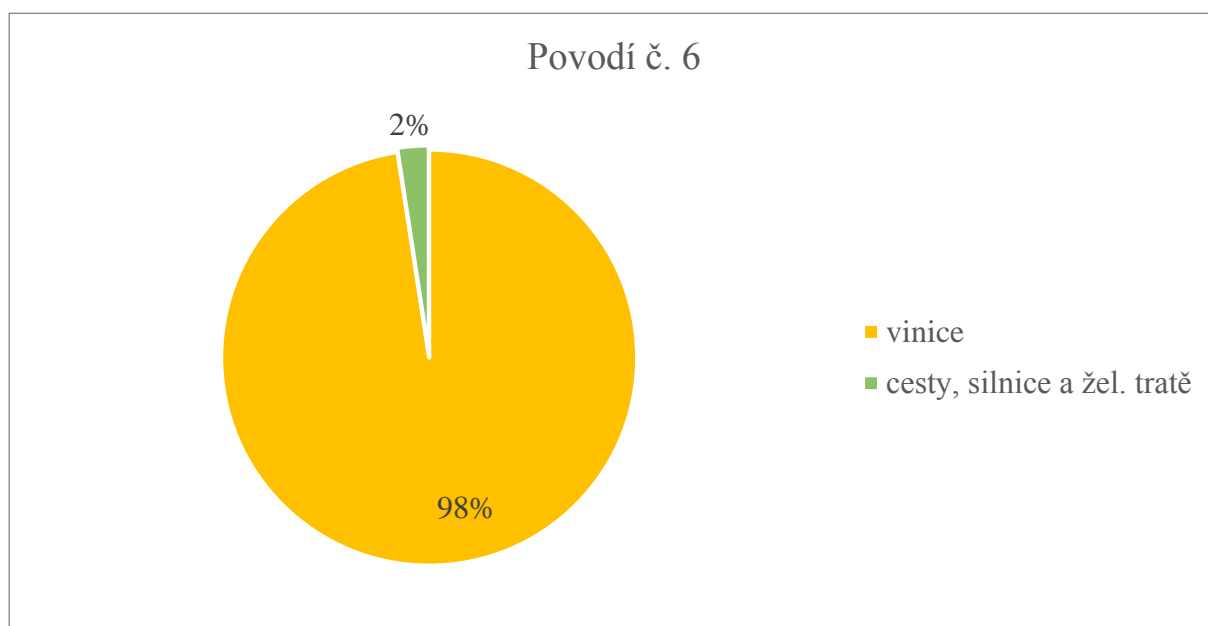
## 5.1.6 Povodí č. 6

Tabulka 5.4 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 6

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	0.288	0.15	0.137	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	879	459	419	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	2.31	1.21	1.1	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	0.452	0.235	0.214	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.1	0.577	0.526	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	2.85	1.49	1.36	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	0.634	0.327	0.297	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.31	0.686	0.623	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	3.26	1.7	1.55	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	0.853	0.442	0.399	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.51	0.796	0.718	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	3.59	1.88	1.71	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	1.03	0.538	0.484	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.66	0.872	0.783	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	3.88	2.04	1.85	$[10^3 \cdot m^3]$



Obrázek 5.11 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 6



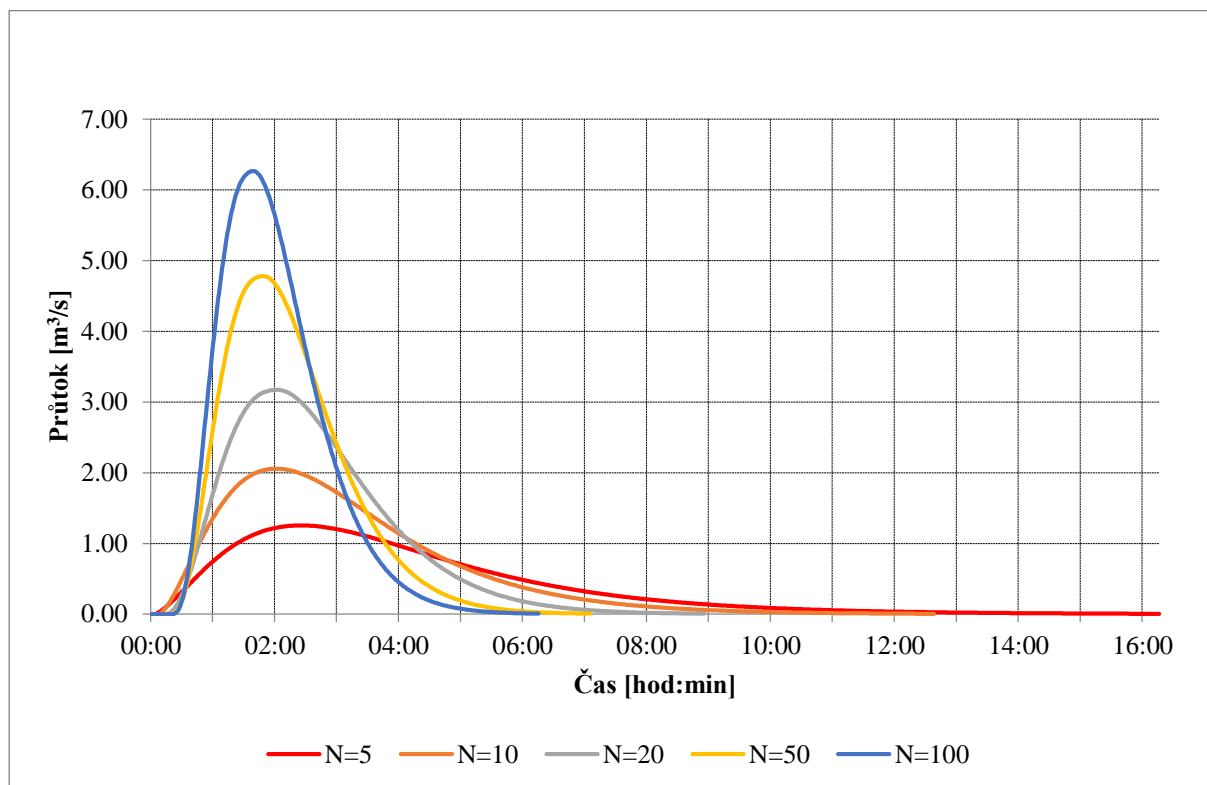
Obrázek 5.12 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 6



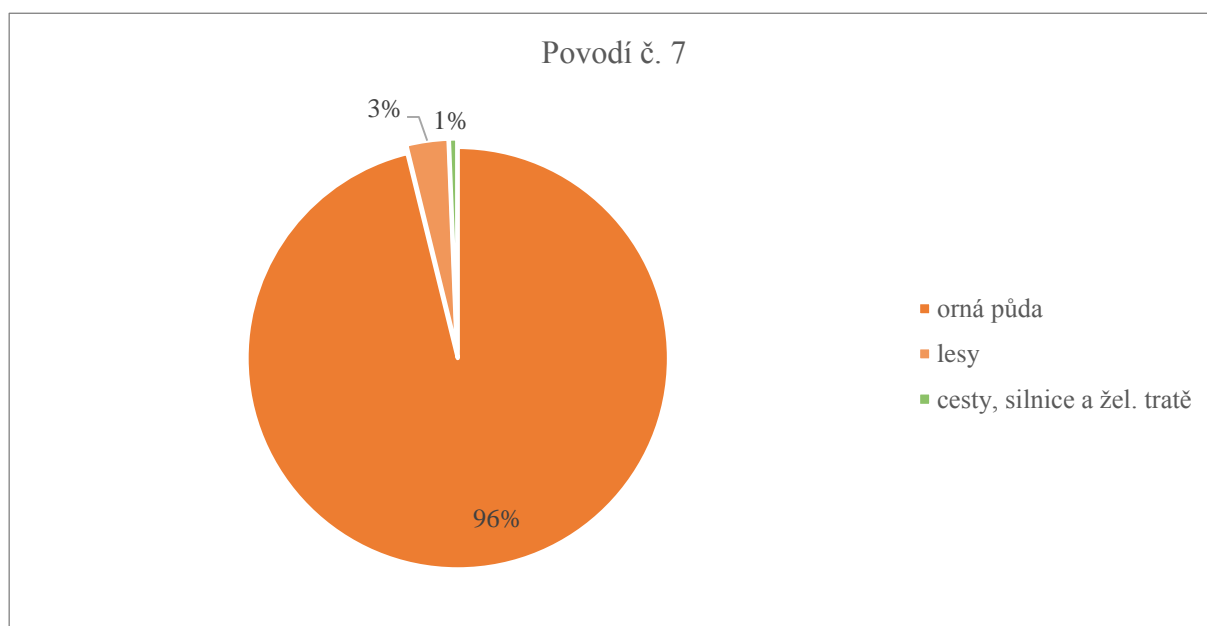
### 5.1.7 Povodí č. 7

Tabulka 5.5 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 7

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	1.25	0.601	0.653	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	12.6	5.09	7.48	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	22.5	9.13	13.3	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	2.06	0.956	1.1	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	16.3	6.59	9.7	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	27.9	11.3	16.6	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	3.17	1.31	1.87	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	21.2	8.56	12.6	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	32.7	13.3	19.5	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	4.82	1.94	2.84	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	26.3	10.6	15.7	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	37.8	15.3	22.5	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	6.28	2.54	3.73	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	29.9	12	17.9	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	42.1	17	25.1	$[10^3 \cdot m^3]$



Obrázek 5.13 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 7

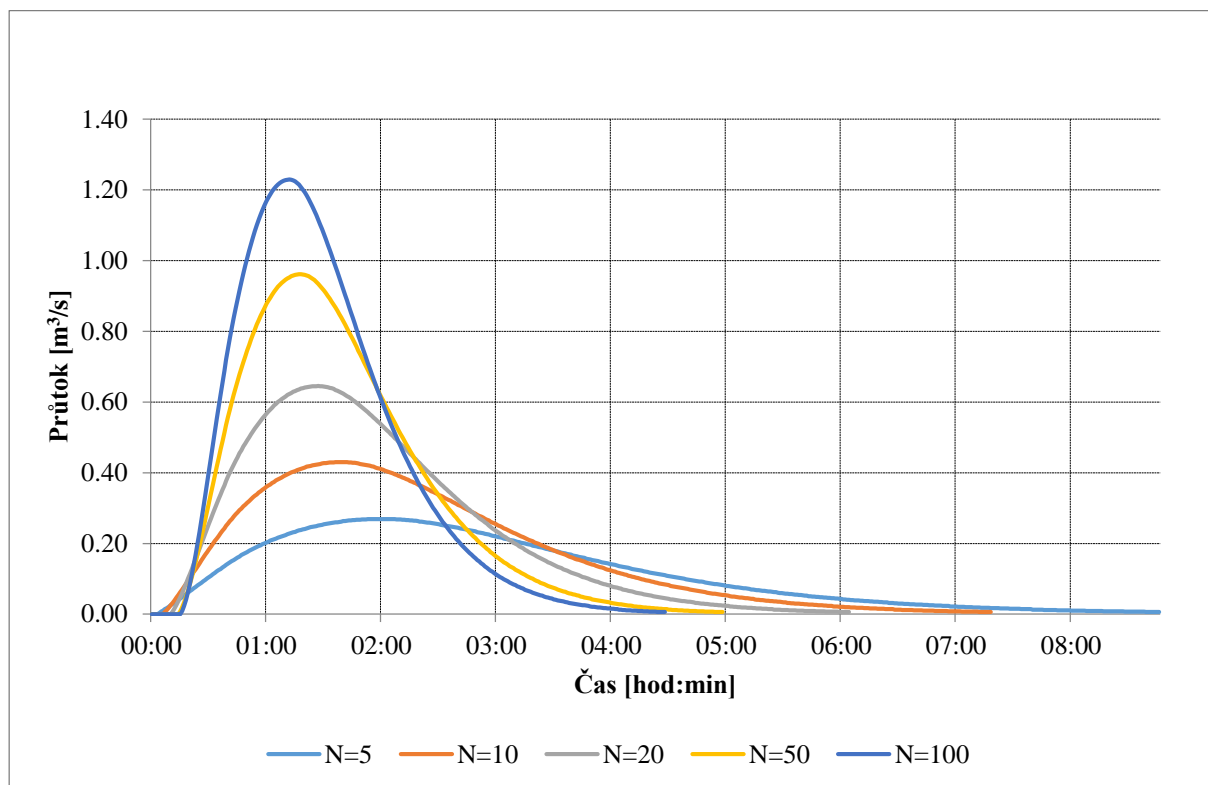


Obrázek 5.14 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 7

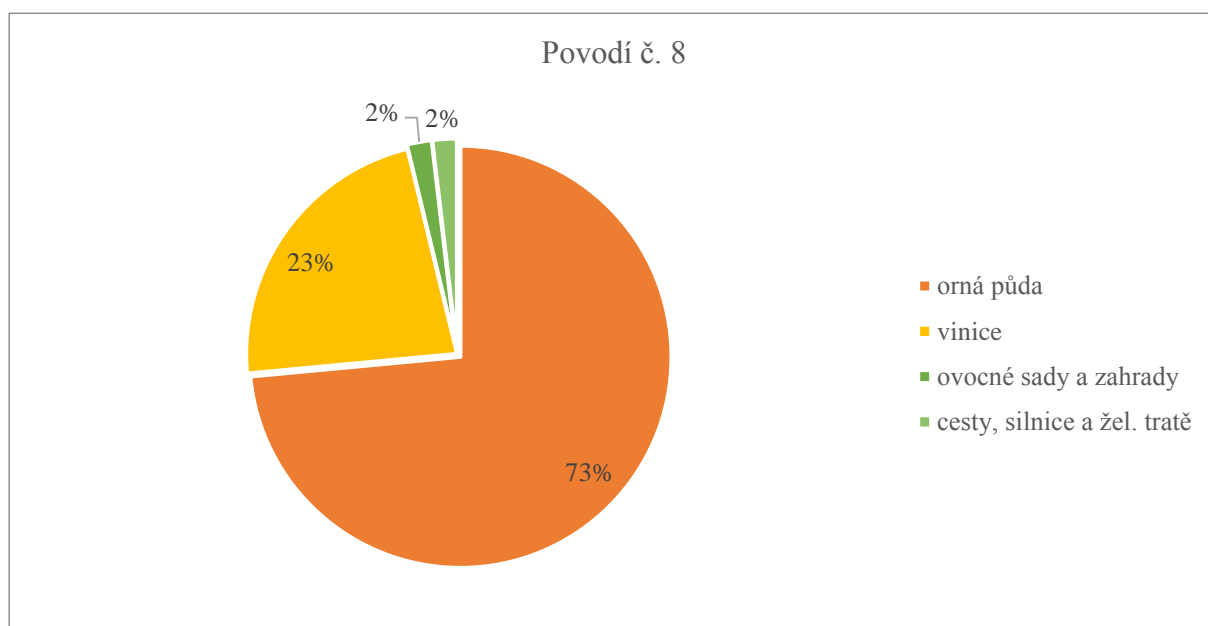
## 5.1.8 Povodí č. 8

Tabulka 5.6 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 8

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	0.27	0.069	0.201	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.9	0.487	1.41	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	3.59	0.914	2.68	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	0.434	0.11	0.32	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	2.41	0.62	1.78	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	4.46	1.14	3.32	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	0.652	0.166	0.48	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	2.95	0.767	2.19	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	5.21	1.33	3.88	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	0.965	0.247	0.715	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	3.61	0.947	2.66	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	5.97	1.54	4.43	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	1.24	0.316	0.914	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	4.1	1.08	3.01	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	6.63	1.71	4.91	$[10^3 \cdot m^3]$



Obrázek 5.15 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 8

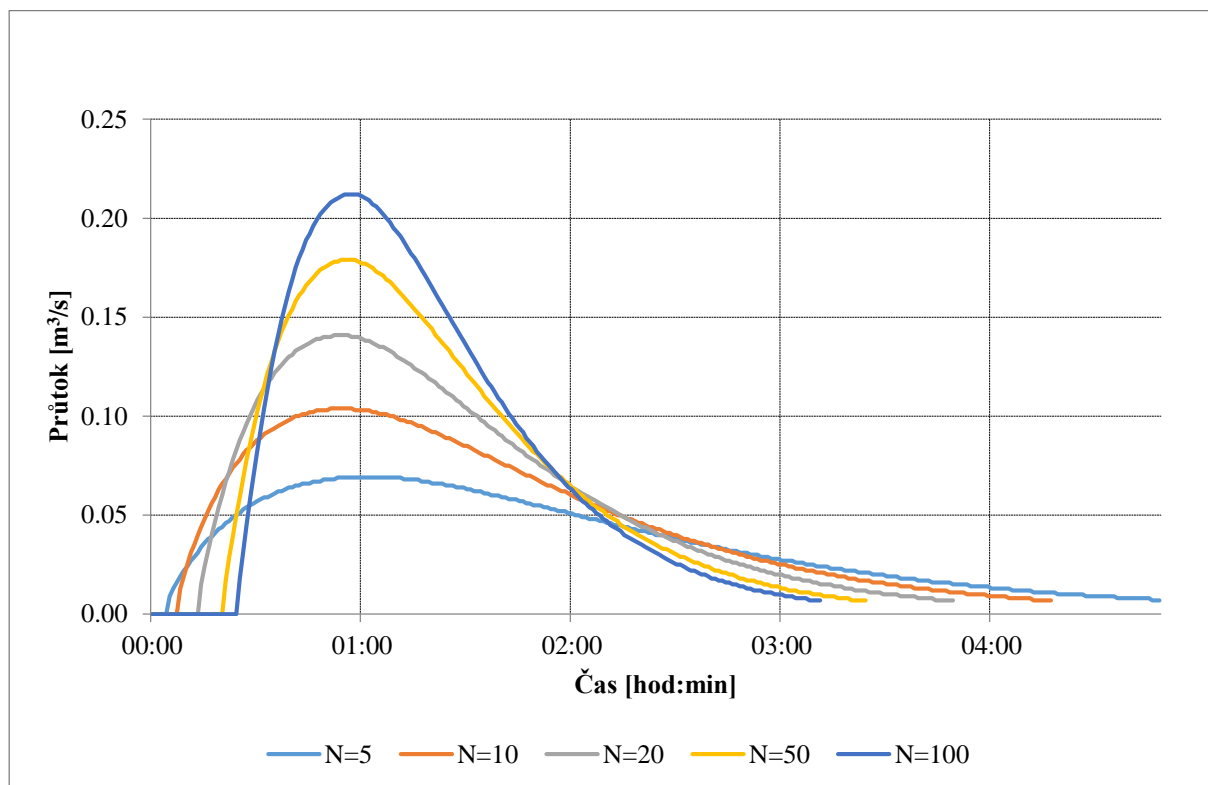


Obrázek 5.16 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 8

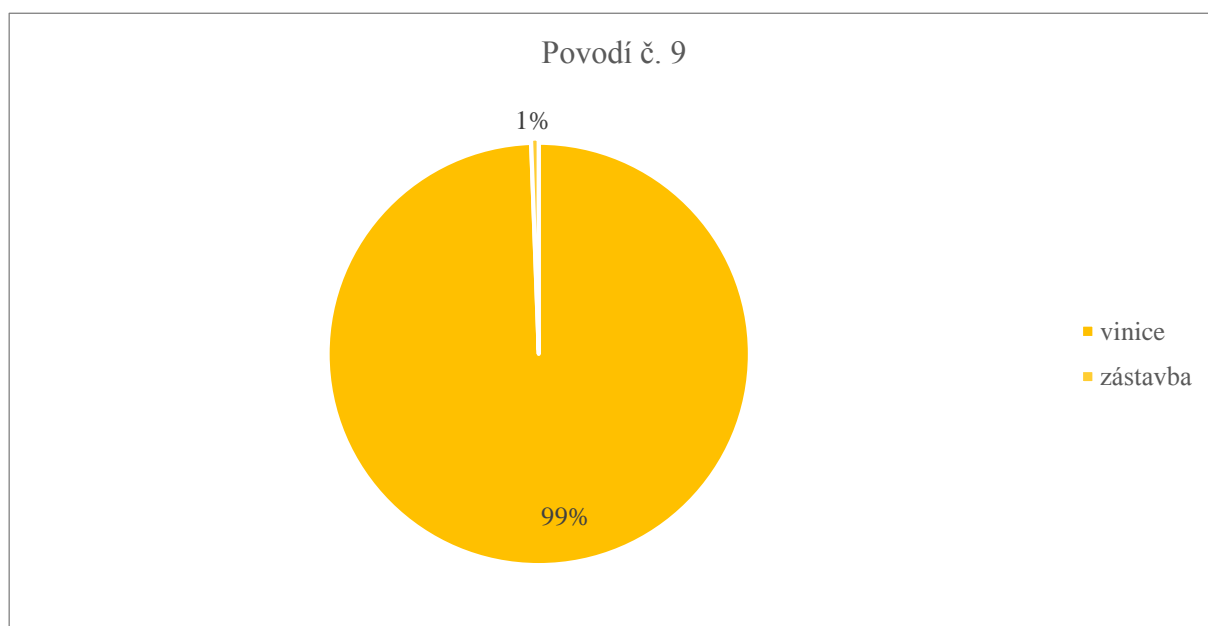
## 5.1.9 Povodí č. 9

Tabulka 5.7 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 9

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	0.07	0.055	0.014	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	241	191	49.9	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	620	492	129	$[m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	0.106	0.082	0.021	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	299	237	61.7	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	758	601	157	$[m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	0.143	0.112	0.029	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	346	275	71.3	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	842	668	174	$[m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	0.179	0.142	0.037	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	386	307	79.2	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	884	702	182	$[m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	0.212	0.169	0.043	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	420	334	85.8	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	929	738	191	$[m^3]$



Obrázek 5.17 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 9

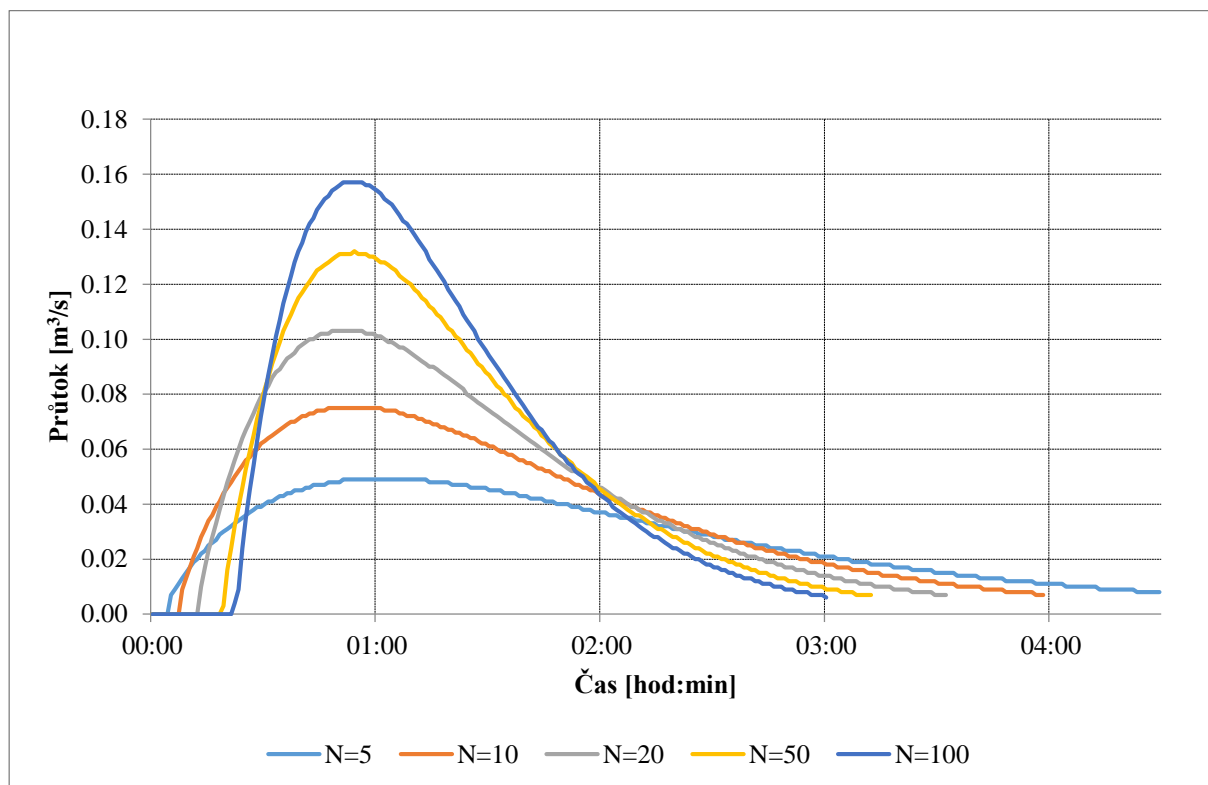


Obrázek 5.18 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 9

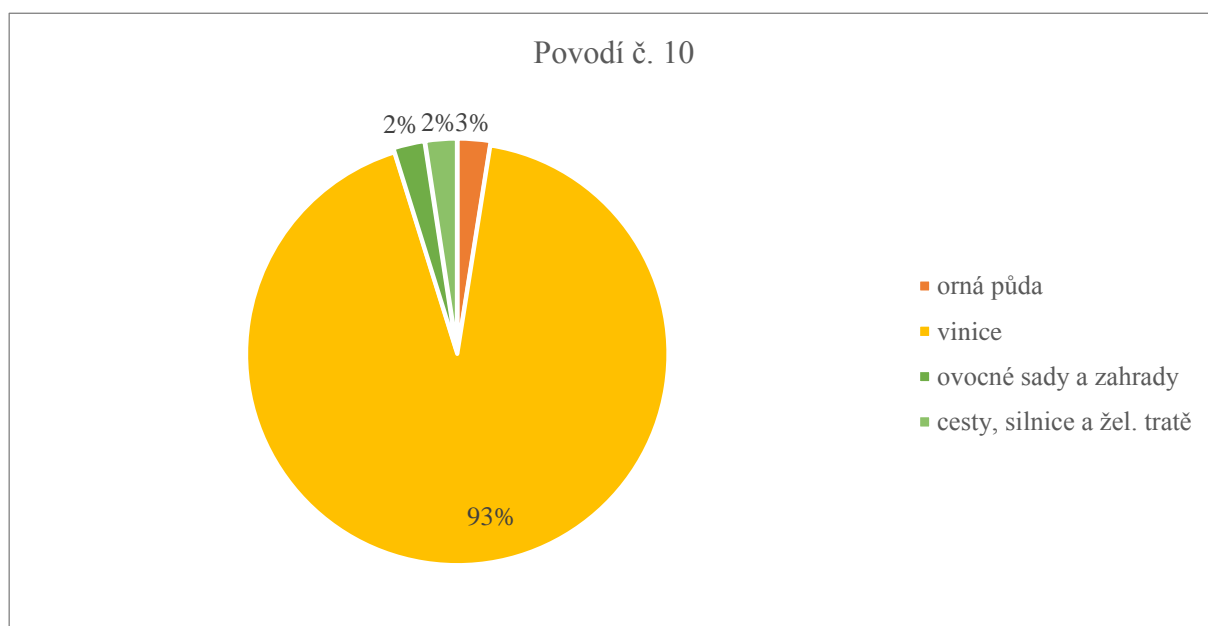
### 5.1.10 Povodí č. 10

Tabulka 5.8 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 10

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	0.049	0.041	0.008	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	172	144	27.9	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	438	366	71.8	$[m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	0.075	0.063	0.012	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	213	178	34.3	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	537	449	87.8	$[m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	0.103	0.087	0.016	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	248	209	39.3	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	602	505	97.5	$[m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	0.134	0.111	0.021	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	283	239	43.7	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	641	539	102	$[m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	0.161	0.132	0.025	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	308	262	46.8	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	681	573	107	$[m^3]$



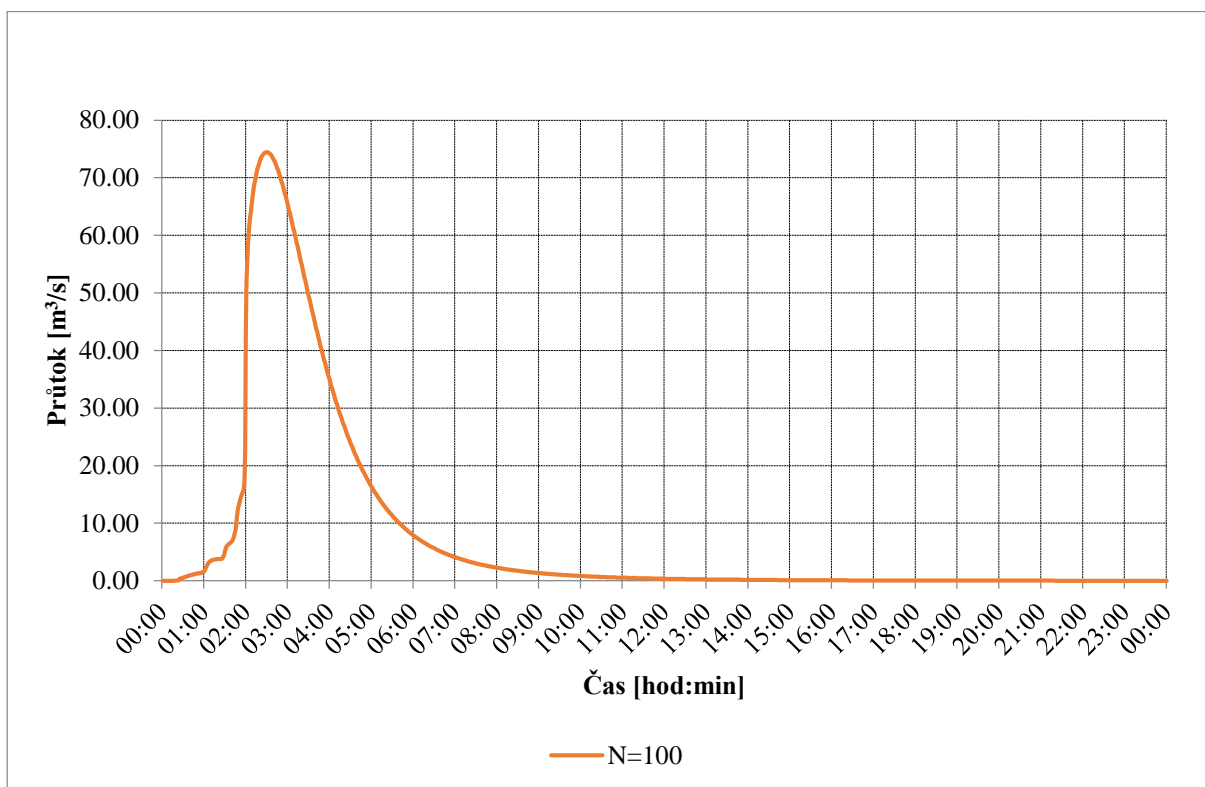
Obrázek 5.19 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 10



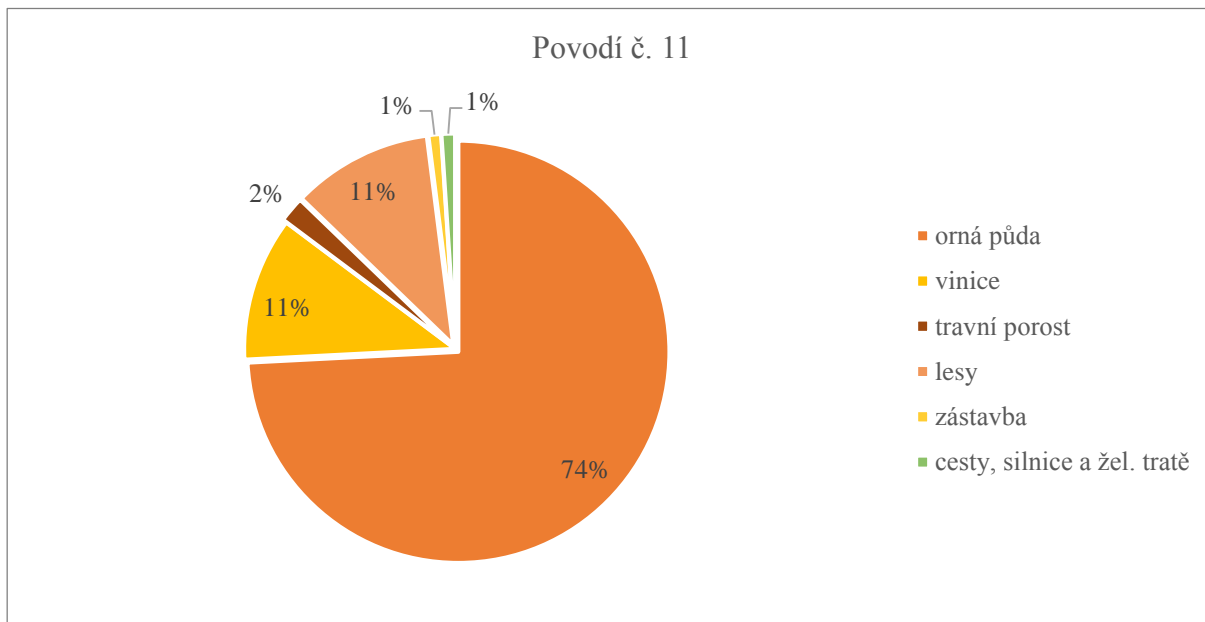
Obrázek 5.20 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 10



### 5.1.11 Povodí č. 11

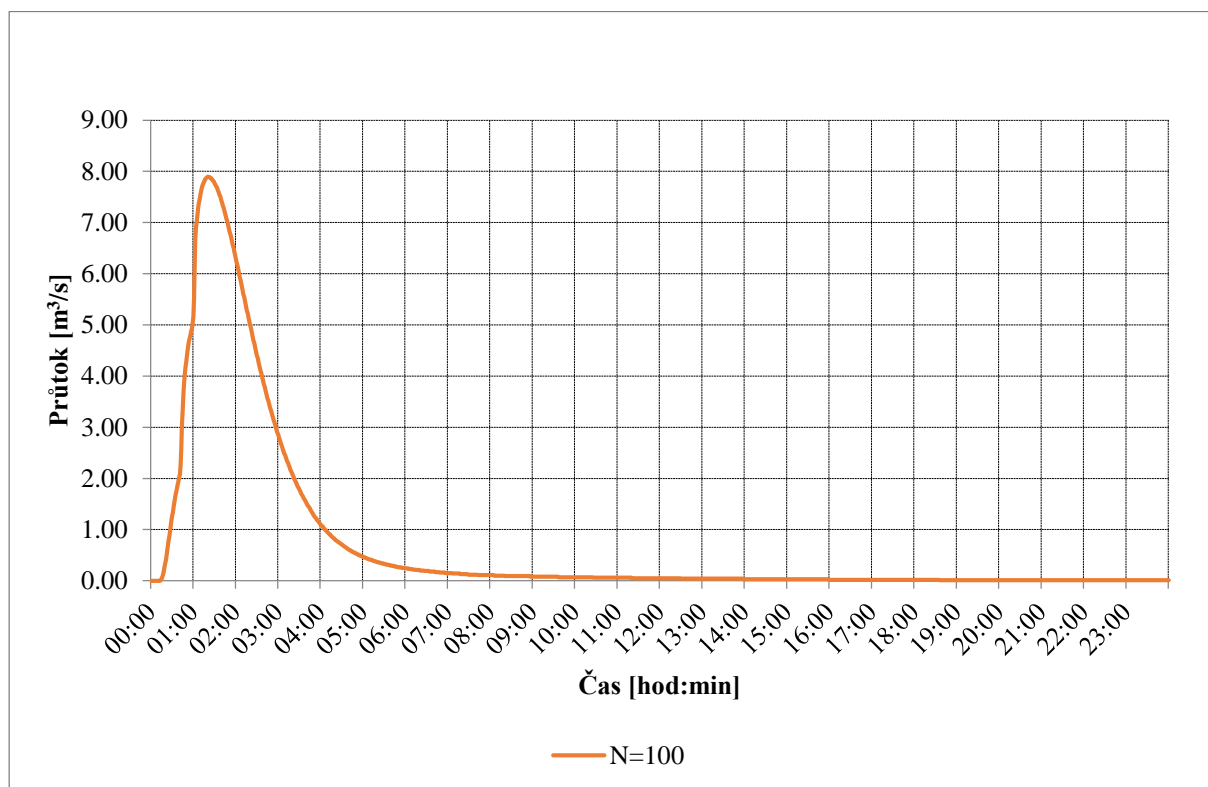


Obrázek 5.21 - Graf časové řady průtoků povodňové vlny v povodí č. 11

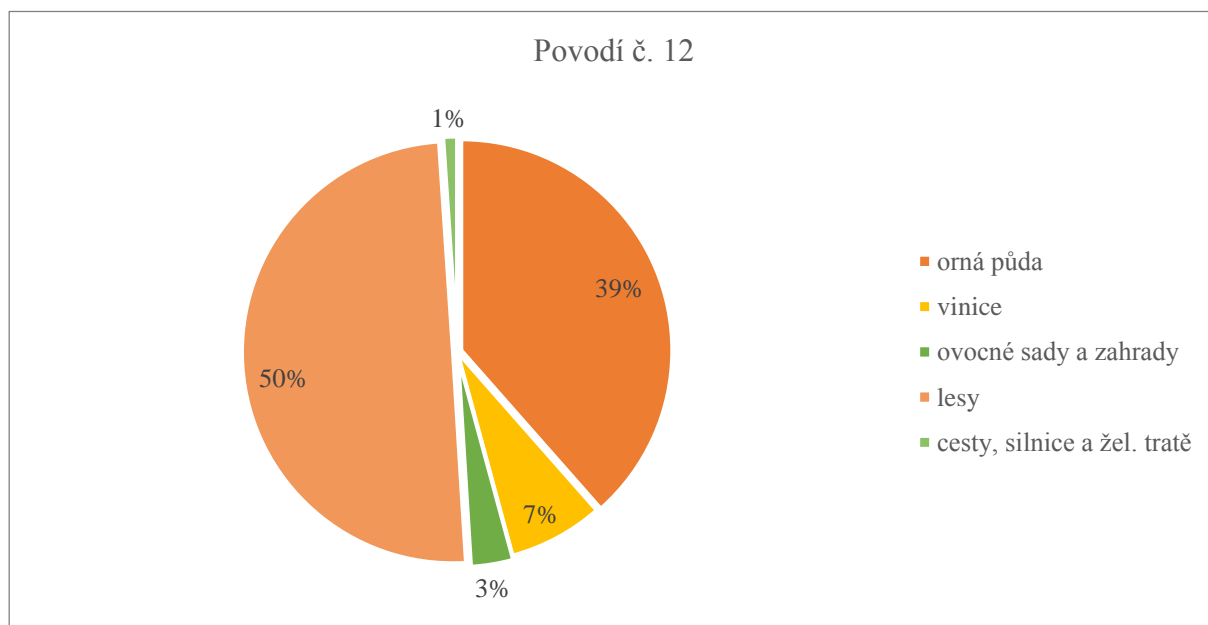


Obrázek 5.22 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 11

### 5.1.12 Povodí č. 12

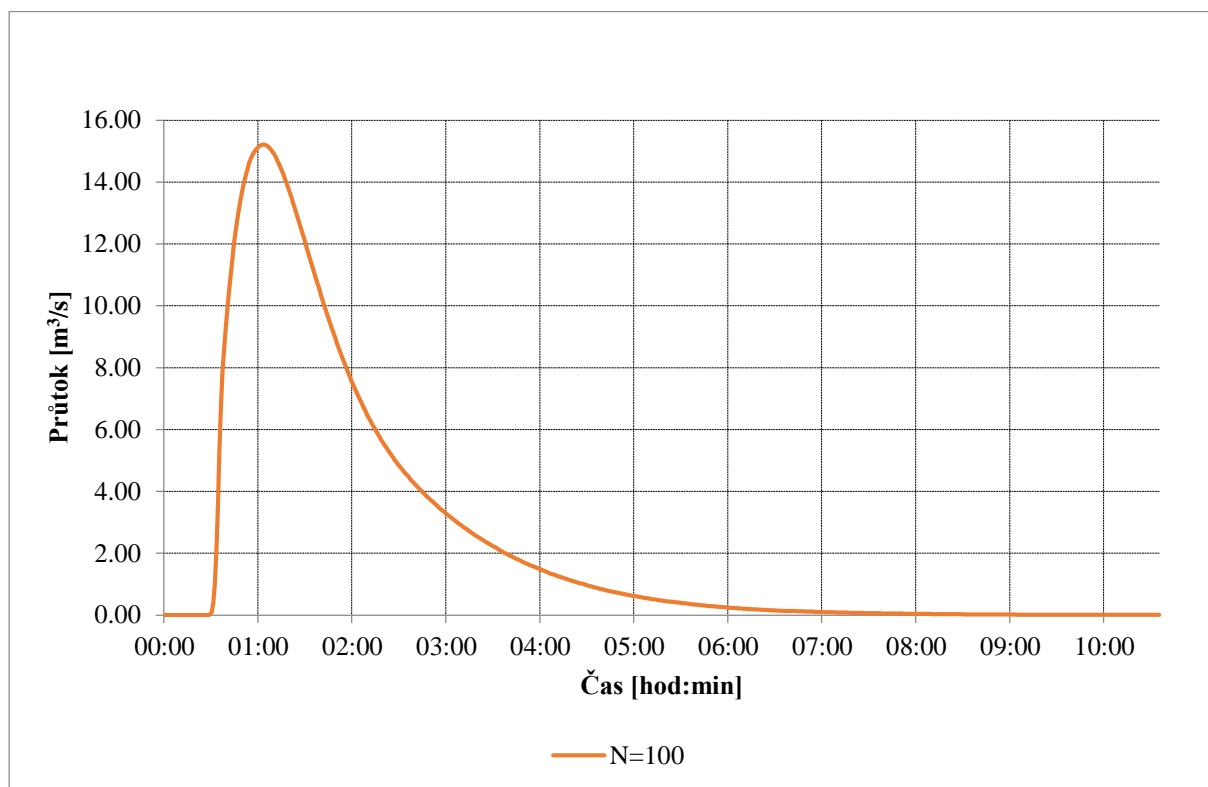


Obrázek 5.23 - Graf časové řady průtoků povodňové vlny v povodí č. 12

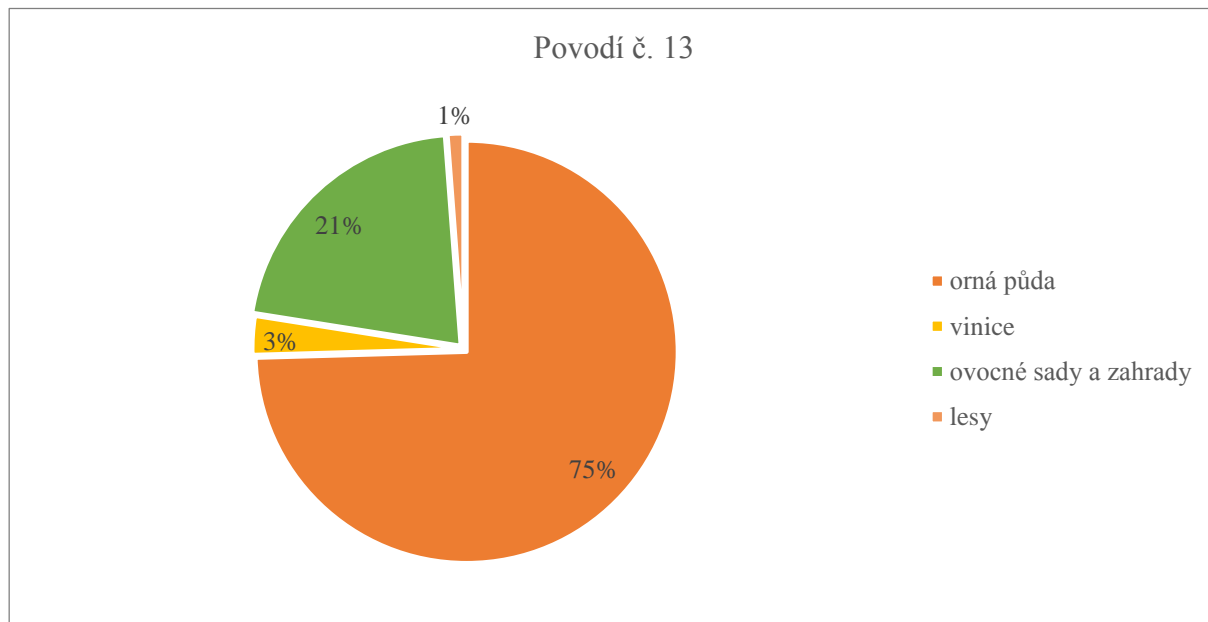


Obrázek 5.24 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 12

### 5.1.13 Povodí č. 13



Obrázek 5.25 - Graf časové řady průtoků povodňové vlny v povodí č. 13



Obrázek 5.26 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 13

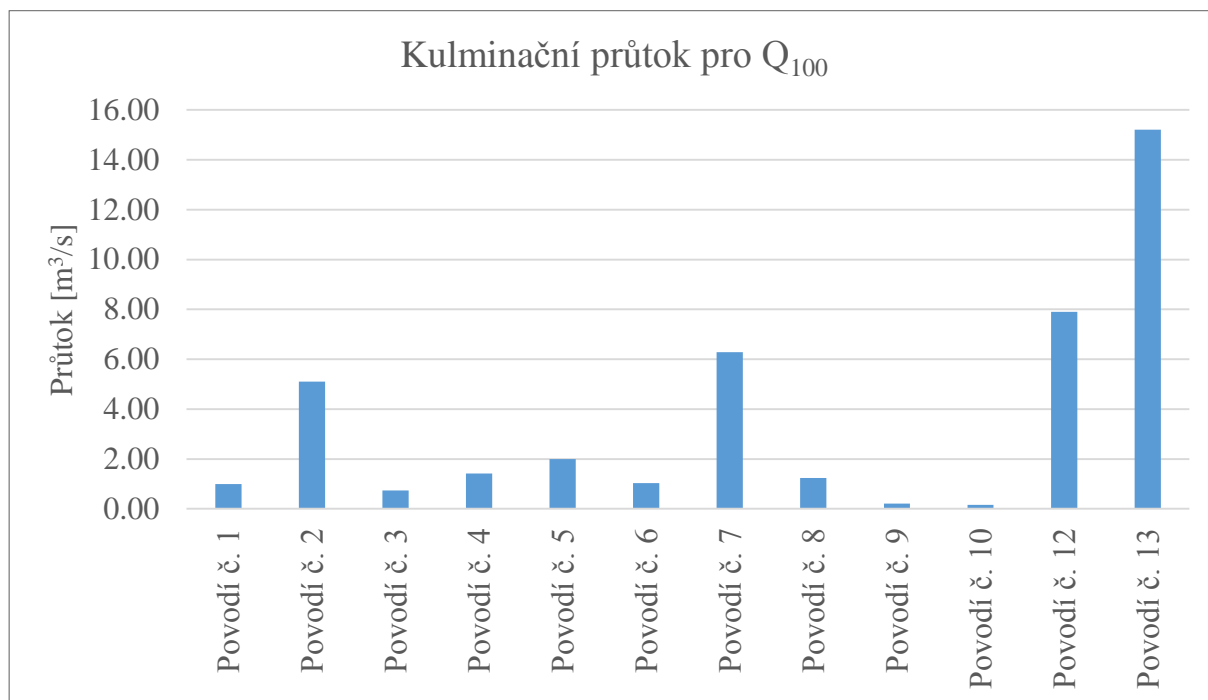
## 5.2 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH POVODÍ

V následující tabulce uvádím porovnání kulminačních průtoků a povodňových vln vyvolaných stoletým deštěm v jednotlivých povodích.

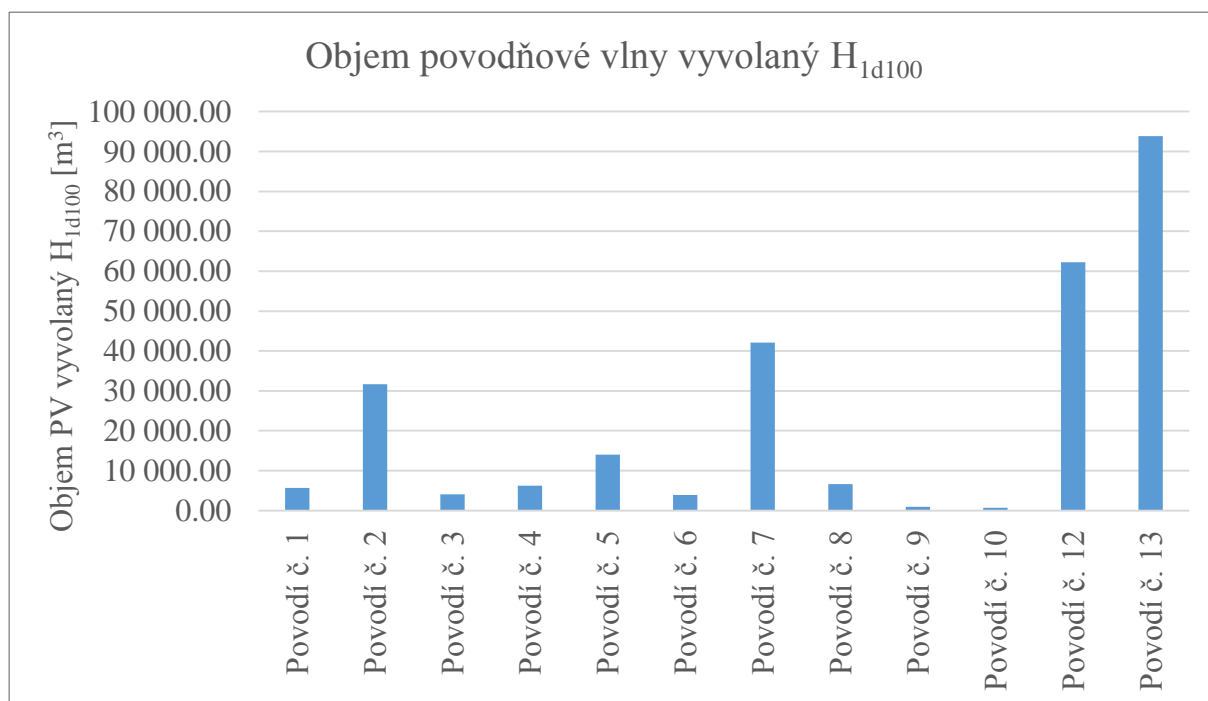
Tabulka 5.9 - Porovnání jednotlivých povodí

	Plocha	$Q_{100}$	$W_{PVT,1d}$
	[ha]	[ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	[ $m^3$ ]
Povodí č. 1	1940.5	0.987	5640
Povodí č. 2	7701.1	5.100	31700
Povodí č. 3	1338.4	0.742	4070
Povodí č. 4	1418.5	1.420	6240
Povodí č. 5	4946.0	2.000	14000
Povodí č. 6	1348.5	1.030	3880
Povodí č. 7	9838.0	6.280	42100
Povodí č. 8	1673.0	1.240	6630
Povodí č. 9	426.9	0.212	929
Povodí č. 10	297.8	0.161	681
Povodí č. 11	185032.2	74.440	637140
Povodí č. 12	23001.1	7.900	62200
Povodí č. 13	23368.1	15.21	93860

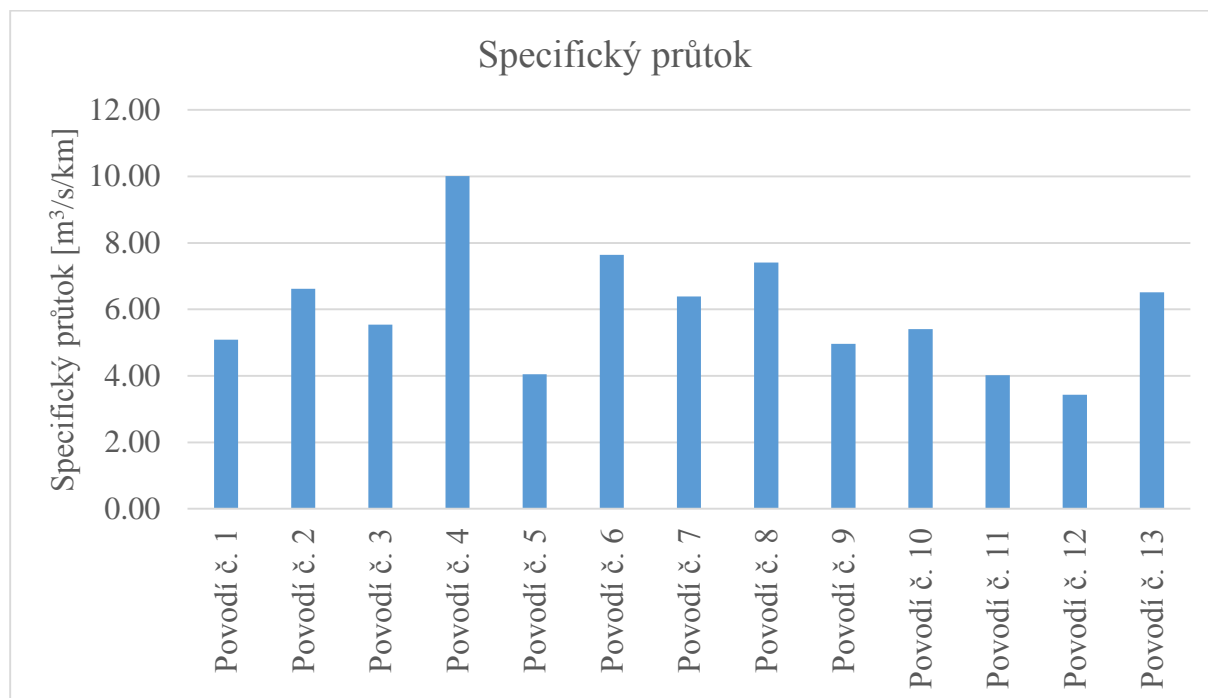
Dále přikládám grafy ukazující porovnání jednotlivých povodí z hlediska velikosti kulminačního průtoků, objemu povodňové vlny a velikosti specifického průtoků, tedy velikosti kulminačního průtoků na jeden kilometr čtvereční povodí. Všechny zmíněné charakteristiky se týkají odtoku vyvolaného srážkou s dobou opakování  $N=100$ . V některých grafech je vynecháno povodí č. 11, ve kterém dochází k výrazně vyšším odtokům než v ostatních povodích.



Obrázek 5.27 - Graf kulminačních průtoků v povodích (bez povodí č. 11)



Obrázek 5.28 - Graf objemů povodňových vln v povodích (bez povodí č. 11)



Obrázek 5.29 - Graf specifického průtoku

K posouzení závažnosti kritických bodů navrhuje Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (VÚV) následující kombinovaná kritéria:

K1 – velikost přispívající plochy 0,3 – 10,0 km<sup>2</sup>

K2 – průměrný sklon přispívající plochy  $\geq 3.5$  %

K3 – podíl plochy orné půdy  $\geq 40$  %

Kombinace fyzicko-geografických podmínek je následně zahrnuta v ukazateli kritických podmínek F, který se vypočítá podle vztahu:

$$F = P_{p,r} \cdot H_{m,r} \cdot (a_1 \cdot I_p + a_2 \cdot ORP \cdot a_3 \cdot CNII) \quad (5)$$

$$a_1 = 1.48876$$

$$a_2 = 3.09204$$

$$a_3 = 0.467171$$

$P_{p,r}$  – relativní hodnota velikosti přispívající plochy (vzhledem k max. 10 km<sup>2</sup>)

$I_p$  – hodnota průměrného sklonu přispívající plochy [%]

ORP – podíl plochy orné půdy [%]

CNII – hodnota čísel odtokových křivek

$H_{m,r}$  – relativní hodnota úhrnu jednodenních srážek s dobou opakování 100 let (vzhledem k max. 285.7 mm)

Výsledná hodnota F představuje čtvrtou podmínku:

$$K4 - F \geq 1,85$$

Tato čtyři kritéria byla dále doplněna podmínkami pro povodí, ve kterých procentuální zastoupení orné půdy nedosahuje 40 %.

K1A – velikost přispívající plochy 1.0 – 10.0 km<sup>2</sup>

K2A – průměrný sklon přispívající plochy  $\geq 5$  %

(Dumbrovský, 2013, s. 20 – 21)

V následující tabulce uvádím porovnání řešených kritických bodů podle metodiky VÚV:

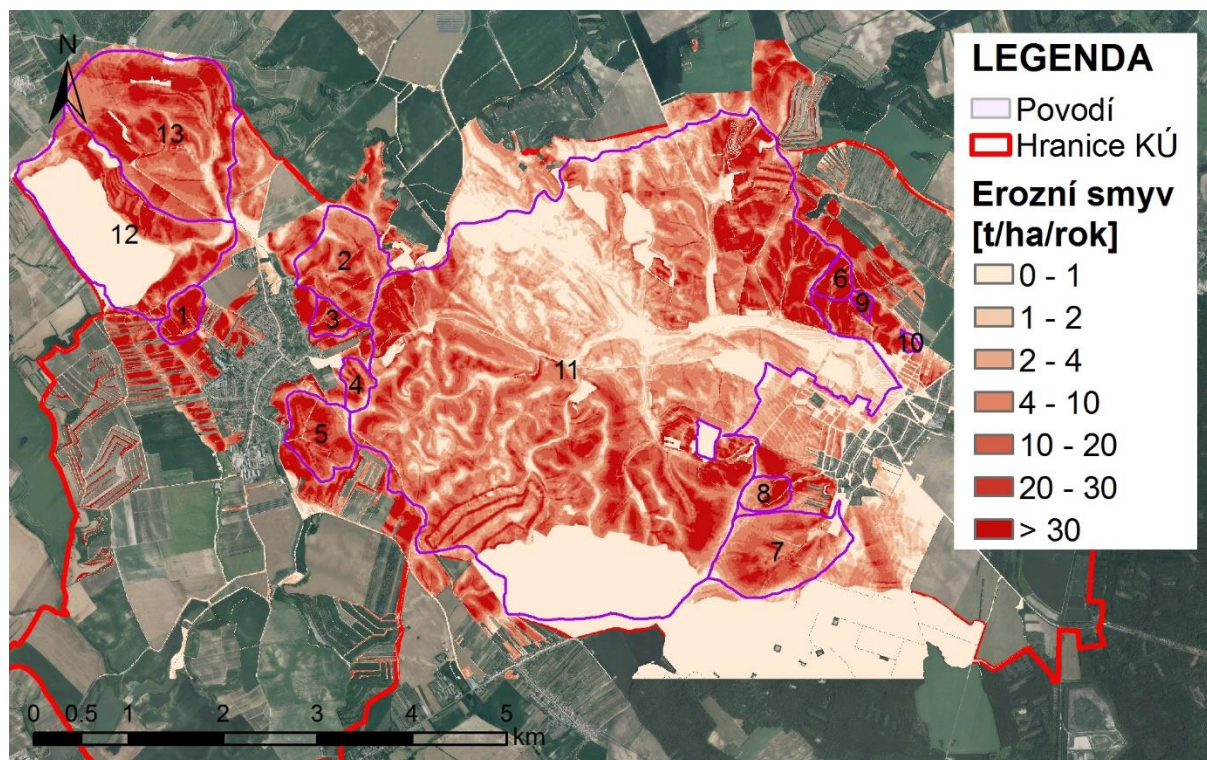
**Tabulka 5.10 – Plnění jednotlivých podmínek metodiky VÚV**

	K1	K2	K3	F	K4	K1A	K2A
Povodí č. 1	ne	ano	ne	0.4	ne	ne	ano
Povodí č. 2	<b>ano</b>	<b>ano</b>	<b>ano</b>	7.6	<b>ano</b>		
Povodí č. 3	ne	ano	ne	0.5	ne	ne	ano
Povodí č. 4	ne	ano	ano	1.7	ne		
Povodí č. 5	ano	ano	ne	1.0	ne	ne	ano
Povodí č. 6	ne	ano	ne	0.3	ne	ne	ano
Povodí č. 7	<b>ano</b>	<b>ano</b>	<b>ano</b>	11.0	<b>ano</b>		
Povodí č. 8	ne	ano	ano	1.5	ne		
Povodí č. 9	ne	ano	ne	0.1	ne	ne	ano
Povodí č. 10	ne	ano	ne	0.1	ne	ne	ano
Povodí č. 11	ne						
Povodí č. 12	ano	ano	ne	12.8	ano	<b>ano</b>	<b>ano</b>
Povodí č. 13	<b>ano</b>	<b>ano</b>	<b>ano</b>	21.2	<b>ano</b>		

Čtyři řešené kritické body splňují podmínky metodiky. Společně s povodím č. 11, které pouze přesahuje horní hranici velikosti přispívající plochy, je možné těchto pět povodí označit za objektivně závažné. Výběr dalších kritických bodů dále vysvětluji v kapitolách 6 a 7.

### 5.3 VÝSLEDKY EROZNÍHO SMYVU

Pro získání komplexnějších informací o sledovaných povodích jsem také pro všechna z nich provedl výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy. Dále uvádím mapu s hodnotami erozního smyvu a tabulku s průměrnými hodnotami pro všechna povodí.



Obrázek 5.30 - Mapa erozního smyvu

Tabulka 5.11 - Hodnoty průměrné dlouhodobé ztráty půdy v jednotlivých povodích

	Číslo povodí												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Průměrná dlouhodobá ztráta půdy [t·ha <sup>-1</sup> /rok]	42.7	16.5	31.0	17.5	22.4	44.3	11.2	24.3	46.7	20.5	10.4	11.2	20.4

Z výsledků je patrné, že průměrná dlouhodobá ztráta ve všech povodích překračuje přípustnou hodnotu uvedenou v Janečkově metodice (2012, s. 25). Celkově tedy lze území Čejkovic a Mutěnic označit jako oblast výrazně ohroženou vodní erozí.



## 6 STABILIZACE DRAH SOUSTŘEDĚNÉHO ODTOKU

Povodně z přívalových srážek vznikají z extrémních dešťových událostí a vytváří dráhy soustředěného odtoku v místech, kde se standardně nevyskytují žádné vodní toky. Výše zmíněné deště obvykle vznikají v přechodech frontálních poruch nebo v místech přílivu teplého vzduchu, který podporuje vývoj konvektivní oblačnosti. V posledních letech měly tyto povodně v České republice na svědomí rozsáhlé materiální škody a v některých případech dokonce i ztráty na lidských životech (Drbal - Dumbrovský, 2014, s. 63).

Doporučený přístup odborných autorů (viz Drbal – Dumbrovský In: Štěpánková, 2008, s. 64) k navrhování protipovodňových opatření klade důraz na aplikaci systému komplexních opatření v rámci celého povodí, odkud může docházet k nebezpečným odtokům. Vhodným nástrojem k řešení takovýchto návrhů jsou komplexní pozemkové úpravy (viz kap. 3.5), které umožňují vyřízení majetkoprávních vztahů. Funkční systém protipovodňové ochrany v povodí je kombinací prvků biotechnických, stavebně technických a organizačních opatření, které se vzájemně doplňují (Dumbrovský, 2013, s. 22).

Nejběžnějším způsobem používaným ke stabilizaci drah soustředěného odtoku je jejich zatravnění, které náleží do skupiny biotechnických prvků. Toto opatření slouží vedle bezpečného odvádění přívalových vod také k protierozní ochraně pozemků, zachycování splavenin a k zvýšení infiltrace (Soukup, 2008, s. 23 – 24). Kapacita přírodních parabolických profilů v drahách odtoku je obvykle dostačující, a proto je vhodné při návrhu respektovat přirozené údolnice. Šířka zatravněného pásu by měla být přibližně 20 m a setí se provádí optimálně v září do krycí plodiny, aby došlo k rychlejšímu nástupu stabilního porostu. Druh vegetačního pokryvu ovlivňuje rychlost vody v údolnici a jeho kořenový systém zpevňuje půdu a redukuje odnos částeczek zeminy. Význam zatravněných údolnic spočívá především v útlumu kinetické energie protékající vody, snížení její rychlosti a vymílačí a transportní schopnosti. Při návrhu zatravněných drah soustředěného odtoku je důležitá správná volba zpevňující vegetace. Důležitý je dostatečný podíl výběžkatých trav (např. psárka luční, kostřava rákosovitá, lipnice luční, kostřava červená apod. (Ústav výživy zvířat a pícninářství, 2016)), které mají největší protierozní účinek a zajišťují vytrvalost porostu. Nezbytnou součástí přístupu k založeným travním pásům je také jejich pečlivá údržba, bez které není možné zajistit dostatečnou funkčnost těchto opatření. K zachování ochranného významu zatravněných drah je nutné jejich pravidelné sečení tak, aby výška porostu po úpravě byla přibližně 8 – 10 cm. Dále je vhodné porost přihnojovat, odstraňovat akumulovaný sediment a škody při vzniklých agrotechnických

operacích. V tomto ohledu je také nutné dodržovat správný postup při pojezdu zemědělské techniky v okolí zatravněných drah, aby byla jejich plocha dobře napojena na sousedící ornou půdu a nevznikaly na jejich rozhraní brázdy, které by se pak vlivem proudění vody dále rozšiřovaly.

Stanovení plošného průběhu drah soustředěného odtoku probíhá v prostředí GIS na základě morfologie terénu. Ani s velmi podrobnými daty ovšem nemusí vždy reálná situace korespondovat s vypočtenými hodnotami. Nejspolehlivějším způsobem stanovení výskytu drah odtoku je tedy pozorování přímo v terénu při průchodu povodňové vlny po srážkové události.

Zmírňování povrchového odtoku v krajině pomocí zatravněných drah soustředěného odtoku je nutné propojit s dalšími ochrannými prvky v povodí. Z biotechnického hlediska je vhodné přerušit povrchový odtok například pomocí zatravněných průlehů, které je možné zaústit do stabilizovaných drah soustředěného odtoku. Význam průlehů spočívá především ve sběrné funkci, zpravidla jsou navrhovány lichoběžníkového profilu s mírným sklonem svahů a širokým dnem. Na svažité pozemky je vhodné umísťovat průlehy opakovaně přibližně po 20 – 35 metrech (Soukup, 2008, s. 24). Komplexní systém ochrany doplňují dále polní cesty nebo prvky územního systému ekologické stability (ÚSES).

Výše zmíněná biotechnická opatření v povodích je nutné doplnit opatřeními organizačního charakteru v celé jejich ploše. Prvním krokem je volba vhodného umístění pěstovaných plodin v rámci zemědělských pozemků anebo jejich částí. Na plochách orné půdy se sklonem do 3° lze pěstovat kultury bez významnějších omezení, a proto je zde vhodné situovat především okopaniny, kukuřici a širokořádkové plodiny, které chrání půdu nedostatečně. Na pozemcích s vyšším sklonem (do 7°) je možné pěstovat odolnější plodiny, například ozimé obiloviny. Náchylnější kultury je zde možné situovat pouze při dodržení protierozních agrotechnických opatření. Plochy orné půdy ve svažitém terénu do 12° je možno využívat jen se speciálním protierozním postupem, vhodnější je zde ovšem převedení orné půdy na trvalé travní porosty (Soukup, 2008, s. 15). Tato opatření je možné doplnit organizací pěstovaných plodin tak, že jsou vysazeny v pásech ve směru vrstevnic a střídají se erozně odolné plodiny s neodolnými. Šíře jednotlivých pásů by měla být v rozmezí 20 – 40 m, na svažitéjších pozemcích je vhodné volit užší pruhy. V rámci pozemkových úprav je možné také měnit velikost a tvar pozemku – zkrácením délky svahu pak dochází k přerušování odtoku (Soukup, 2008, s. 15 – 16).

V řešených povodích na území Čejkovic a Mutěnic by mohlo v některých případech docházet k významným soustředěným odtokům, které vyžadují pozornost. Například v povodí č. 2, kde stoletý déšť může vyvolat průtoky přesahující  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , by bylo vhodným řešením zatravnění drah soustředěného odtoku a návrh svodných průlehů. Rozsáhlá povodí č. 12 a 13 by bylo vhodné zabezpečit organizačními opatřeními v podobě eliminace erozně nebezpečných plodin. Morfologie terénu v této lokalitě také umožňuje návrh ochranné nádrže, např. suchého poldru. Z dalších potenciálně nebezpečných kritických bodů je možné zmínit uzávěrový profil povodí č. 7. Kulminační průtok stoletého deště zde přesahuje  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  a mohl by zaplavit značnou část obce Mutěnice. I v tomto případě by bylo vhodné dodržování správných agrotechnických opatření a zatravnění drah soustředěného odtoku. Zvláštním případem je povodí č. 11, které je díky své rozloze značně diverzifikované, a bylo by nutné provedení široké škály ochranných opatření. Výše zmíněná opatření snižující a zpomalující odtok z povodí by bylo vhodné kombinovat s umístěním ochranné nádrže, která by zajistila protipovodňovou ochranu Mutěnic. Na malých povodích č. 9 a 10 sice nedochází k příliš významným průtokům, nicméně i zde je nutné udržovat zatravněné vinohrady, protože uzávěrové profily těchto povodí ústí přímo na dvorech nemovitostí a mohlo by zde i při nižších průtocích docházet k závažným škodám. Všechna výše zmíněná opatření je vhodné kombinovat s navrženými prvky ÚSES.

## 7 DISKUZE

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka definoval metodiku pro stanovení kritických bodů na základě vyhodnocení důsledků povodní z přívalových srážek v povodí Luhy a Jičinky v roce 2009. Zohledněny byly všechny příčinné faktory rozhodující z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku a kritériální analýzou stanoveny parametry kritických bodů. K jejich výběru jsou doporučena kombinovaná kritéria K1 až K4, nebo K1A a K2A (Dumbrovský, 2013, s. 20).

Do výběru kritických bodů uvažovaných v této diplomové práci jsem zahrnul i takové, které těmto kombinovaným kritériím nevyhovují. Z hlediska rozlohy povodí příslušejících ke kritickým bodům jsem uvažoval i některá velmi malá, která nevyhovují podmínce K1 požadující velikost nad 0,3 km<sup>2</sup>. Toto kritérium podmiňuje vznik průtoků takové velikosti, při kterých již dochází k výrazným poškozením nemovitostí. Jako obecně problematická však můžeme uvažovat už povodí od velikosti 5 ha, kde zejména transportované splaveniny mohou způsobovat dílčí škody (Dumbrovský, 2013, s. 20). Povodí č. 9 a 10 jsem do výpočtu zahrnul i přes jejich malou velikost především proto, že se v nich nachází výrazné přirozené údolnice a jejich uzávěrové profily ústí přímo na dvorech nemovitostí. Naproti tomu rozlehlé povodí č. 11 jsem uvažoval navzdory jeho velikosti převyšující 10 km<sup>2</sup>, protože ústí ve středu obce Mutěnice a mohlo by zde docházet k výrazným povodňovým průtokům.

Při analýze jednotlivých povodí představujících sběrné plochy ke zvoleným kritickým bodům jsem volil scénář výpočtu tak, že jsem některá tato povodí rozdělil na několik menších výpočtových subpovodí. Tyto celky potom vstupovaly jednotlivě a nezávisle do výpočtového modelu DesQ a z dílčích výsledků jsem následně vypočítal celkový odtok. Důvodem pro rozdělení některých povodí byla především vyšší míra rozvinutosti hydrografické sítě, anebo jejich rozloha. Povodí č. 11 totiž zaujímá plochu přibližně 18 km<sup>2</sup>, model DesQ však vypočítává odtok pouze z ploch do velikosti 10 km<sup>2</sup>. Dělení některých povodí na menší celky mělo směřovat především ke zpřesnění výpočtů. Vlivu detailnější schematizace povodí na přesnost výpočtu maximálních odtoků se věnoval např. Radek Roub (2008) při simulaci srážko-odtokového procesu v povodí vodního toku Ostravice. Výpočty byly prováděny podle několika scénářů pro rozdělené i nerozdělené hlavní povodí a jejich výsledky porovnávány s naměřenými reálnými povodňovými vlnami v uzávěrovém profilu Staré Hamry. Při porovnání výstupů byly patrné zřetelné rozdíly mezi těmito variantami, přičemž scénář rozděleného povodí vykazoval přesnější výsledky, zatímco u nerozděleného povodí byly

vypočítány vždy nižší průtoky. Tento rozdíl byl zdůvodněn přesnějším popisem celého povodí, kdy v rozdělené variantě vstupovaly do výpočtu informace ze sedmi různých subpovodí, zatímco nerozdělené povodí bylo definováno pouze pravým a levým svahem. Výsledky rozděleného povodí odpovídaly více změřené realitě a autor doporučuje tento postup při řešení odtoku z povodí podobného typu (Roub, 2008, s. 85 – 95). Přesto, že povodí řešené v této studii bylo větší než ta, se kterými jsem počítal (jeho velikost byla asi 73 km<sup>2</sup>), volil jsem taktéž variantu rozdělení některých povodí na dílčí subpovodí za účelem zpřesnění výpočtu.

## 8 ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem se věnoval identifikaci a stabilizaci drah soustředěného povrchového odtoku v lokalitě obcí Čejkovice a Mutěnice v Jihomoravském kraji. V textu jsem popsal proces povrchového odtoku, faktory které ho ovlivňují, a způsob jak zmírňovat jeho negativní dopady. Dále jsem se věnoval způsobu výpočtu metodou CN křivek a následně jsem popsal postup aplikace teoretických východisek na řešené území. V lokalitě jsem vybral třináct povodí, v nichž jsem provedl výpočet povrchového odtoku modelem DesQ – MAX Q. Získané výsledky jsem následně mezi sebou porovnal a vyhodnotil.

Povodně z přívalových srážek mohou způsobovat závažné škody na majetku obyvatel v zaplavené lokalitě, v některých případech v minulosti již měly na svědomí i lidské životy. Identifikace a stabilizace drah soustředěného odtoku tak představuje první krok ke zmírnění jejich negativních dopadů. Určení průběhu těchto drah by mělo být cennou informací například pro starosty a zastupitelstva obcí, kteří by měli tyto skutečnosti respektovat při schvalování územních plánů. Do potenciálních drah soustředěného odtoku je zcela nevhodné situovat novou zástavbu. Pochopitelně také stávající budovy je nutné chránit před ničivými účinky povodňové vlny. Průběh drah soustředěného odtoku v terénu by měl být respektován dále především zemědělci, lesníky a dalšími subjekty hospodařícími v krajině. Zásadní komplikací při dešťové události totiž může být splavený materiál uskladněný v trase odtoku (např. dřevo, sláma apod.), který může jednoduše ucpat mostky či propustky a záplavu výrazně intenzifikovat. Povědomí o závažnosti přívalových povodní a především znalost konkrétních odtokových poměrů v povodí by měla zásadně určovat veškerý přístup k využívání jeho plochy.

V analyzovaných povodích Prušánky a Mutěnického potoka na území katastrů Čejkovic a Mutěnic jsem posuzoval třináct kritických bodů v místě vyústění drah soustředěného odtoku. Minimálně pět z těchto třinácti lokalit lze objektivně označit za závažné, ovšem ani ostatní případy nejsou nevýznamné. Celá oblast je navíc poměrně výrazně ohrožena vodní erozí.

## 9 POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

ALEXANDER, Earl B., 2014. *Soils in natural landscapes*. Boca Raton: CRC Press, 307 s. ISBN 978-1-4665-9435-7.

ARCDATA, 2016. *ArcGIS*. www.arcdata.cz [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z: <http://www.arcdata.cz/produkty/arcgis>

ARCGIS, 2016a. *How Topo to Raster works*. www.arcgis.com. [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/009z0000007m000000>

ARCGIS, 2016b. *How Fill works*. www.arcgis.com. [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z [http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/How\\_Fill\\_works/009z00000061000000/](http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/How_Fill_works/009z00000061000000/)

ARCGIS, 2016c. *How Flow Direction works*. www.arcgis.com. [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/009z00000063000000>

ČÚZK, 2016. *Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G)*. www.cuzk.cz [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(3ukm3om mjbv1fl4yfzu2xpyz\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR4G-V&head\\_tab=sekce-02-gp&menu=301](http://geoportal.cuzk.cz/(S(3ukm3om mjbv1fl4yfzu2xpyz))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR4G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=301)

DEMEK, Jaromír, 1987. *Hory a nížiny: zeměpisný lexikon ČSR*. In: Jan Libor a Václav Štěpánek, 1998. Čejkovice 1248-1998. Vyd. 1. Čejkovice: Obecní úřad, 463 s., 16 s. barevných obrazových příloh. ISBN 80-238-2766-9.

DIBAVOD, 2016. *O projektu DIBAVOD*. www.dibavod.cz [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z <http://www.dibavod.cz/>

DIZI.CZ, 2016a. *Meteostanice Čejkovice*. www.dizi.cz [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z <http://dizi.cz/cejkovice>

DIZI.CZ, 2016b. *Meteostanice Mutěnice*. www.dizi.cz [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z <http://dizi.cz/Mutenice>

DRBAL, Karel a Miroslav DUMBROVSKÝ, 2014. *Problematika povodní z přívalových srážek a možné přístupy k zmírnění jejich negativních dopadů*. In: ŠTĚPÁNKOVÁ, Pavla.

Implementace povodňové směrnice do podmínek České republiky: sborník příspěvů ze seminářů a konferencí uspořádaných v letech 2011-2014. 1. vyd. Brno: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 97 s. ISBN 978-80-87402-28-3.

DUMBROVSKÝ, Miroslav, 2013. *Nepříznivé důsledky povrchového odtoku a jejich eliminace v procesu pozemkových úprav: teze přednášky k profesorskému jmenovacímu řízení v oboru Vodní hospodářství a vodní stavby*. Brno: VUTIUM, 34 s. ISBN 978-80-214-4699-1.

DUMBROVSKÝ, Miroslav, Veronika SOBOTKOVÁ, František PAVLÍK a Jana UHROVÁ, 2012. *Základní topografické a hydrologické nástroje a výpočet erozního smyvu v prostředí Arc GIS*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 28 s.

HENRY, Joseph Douglas, 2014. *Evapotranspiration in a catchment dominated by eucalypt forest and woodland*. Sydney: University of Sydney.

HORKÝ, Štěpán, 2014. *Vliv uspořádání krajiny na erozní a odtokové poměry v povodí*. Brno, 61 s., 2 příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

HRÁDEK, František a Karel KUŘÍK, 2001. *Maximální odtok z povodí: teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAX Q*. Vyd. 1. Praha: Credit, 37 s. ISBN 80-213-0782-x.

HRÁDEK, František a Petr KUŘÍK, 2002. *Hydrologie*. Vyd. 1. Praha: Credit, 271 s., 1 mapa.

JANEČEK, Miloslav a Jiří VÁŠKA, 2001. *Hydrologické výpočty v protierozní ochraně půdy*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 24 s. ISBN 80-86364-40-2.

JANEČEK, Miloslav, 2008. *Základy erodologie*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 165 s. ISBN 978-80-213-1842-7.

JANEČEK, Miloslav, 2012. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. 1. vyd. Praha: Powerprint, 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.

KOVÁŘÍK, Karel, Dana SITÁNYIOVÁ a Marián DRUSA, 2003. *Hydraulika a hydrológia*. 1. vyd. Žilina: EDIS, 260 s. ISBN 80-8070-037-0.

LIBOR, Jan a Václav ŠTĚPÁNEK, 1998. *Čejkovice 1248-1998*. Vyd. 1. Čejkovice: Obecní úřad, 463 s., 16 s. barevných obrazových příloh. ISBN 80-238-2766-9.

LIBOR, Jan a Václav ŠTĚPÁNEK, 2002. *Mutěnice: dějiny vinařské obce*. Vyd. 1. Mutěnice: Obec Mutěnice, 593 s., xvi s. obr. příl. ISBN 80-238-9201-0.



OBEC MUTĚNICE, 2016a. *Viniční tratě*. www.mutenice.cz [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z <http://www.mutenice.cz/vinicni-trate/>

OBEC MUTĚNICE, 2016b. *Obec v číslech*. www.mutenice.cz [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z <http://www.mutenice.cz/obec-v-cislech/>

QUITT, Evžen, 1971. *Klimatické oblasti Československa*. Brno.

ROUB, Radek, 2008. *Využití matematických modelů pro předpověď maximálních odtoků z povodí*. In: MÁČA, Petr. Monitoring a vyhodnocení extrémních odtokových poměrů v povodí drobných vodních toků z hlediska prevence a zmírňování povodňových škod: sborník workshopu grantového projektu NAZV 1G46040. Vyd. 1. V Praze: KVHEM FŽP ČZU, 2008, ii, 95 s. ISBN 978-80-213-1850-2

SOLOMON, Harssema, 2005. *GIS-Based Surface Runoff Modelling And Analysis Of Contributing Factors; A Case Study Of The Nam Chun Watershed*.

SOUKUP, Mojmir, 2008. *Biotechnická opatření v krajině pro zvýšení retence vody na odvodněných pozemcích v pramenných oblastech: metodika a katalog navrhovaných opatření*. Vyd. 1. Praha: Vyzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 82 s. ISBN 978-80-904027-2-0.

ŠTEFÁČEK, Stanislav, 2008. *Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy a Slezska*. Vyd. 1. Praha: Baset, 743 s. ISBN 978-80-7340-105-4.

ÚSTAV VÝŽIVY ZVÍŘAT A PÍCNINÁŘSTVÍ, 2016. *Výběžkaté trávy*. web2.mendelu.cz [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_222\\_multitext/picvk/index.php?N=3&I=2](http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picvk/index.php?N=3&I=2)

VESECKÝ, Antonín, 1961. *Podnebí Československé socialistické republiky: tabulky*. In: Jan Libor a Václav Štěpánek, 1998. Čejkovice 1248-1998. Vyd. 1. Čejkovice: Obecní úřad, 463 s., 16 s. barevných obrazových příloh. ISBN 80-238-2766-9.

VÍNA Z MORAVY, VÍNA Z ČECH, 2016. *Vinařské regiony*. www.wineofczechrepublic.cz [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z: <http://www.wineofczechrepublic.cz/nase-vina/vinarske-regiony/vinarska-oblast-morava.html>

VÚMOP, 2016. *Katalog BPEJ*. www.vumop.cz [online]. © 2016 [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné z: <http://bpej.vumop.cz/>

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 2.1 - Průměrné měsíční teploty v obci Čejkovice (dizi.cz, 2016a) .....	11
Tabulka 2.2 - Průměrné měsíční teploty v obci Mutěnice (dizi.cz 2016b) .....	18
Tabulka 4.1 - Hodnoty součinitele drsnosti podle druhu pokryvu subpovodí (Hrádek – Kuřík, 2001).....	38
Tabulka 4.2 - Charakteristika hydrologických skupin půd (Janeček, 2012, s. 29) .....	39
Tabulka 4.3 - Určení HSP v závislosti na HPJ (Janeček, 2012, s. 29).....	40
Tabulka 4.4 - Stanovení čísel CN podle charakteru využití pozemku (Janeček, 2012, s. 30) .	40
Tabulka 4.5 - Vstupní hodnoty do programu DesQ .....	43
Tabulka 5.1 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 1 .....	55
Tabulka 5.2 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 3 .....	58
Tabulka 5.3 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 4.....	60
Tabulka 5.4 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 6.....	63
Tabulka 5.5 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 7.....	65
Tabulka 5.6 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 8.....	67
Tabulka 5.7 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 9.....	69
Tabulka 5.8 - Výstup z modelu DesQ pro povodí č. 10.....	71
Tabulka 5.9 - Porovnání jednotlivých povodí .....	76
Tabulka 5.10 – Plnění jednotlivých podmínek metodiky VÚV .....	79
Tabulka 5.11 - Hodnoty průměrné dlouhodobé ztráty půdy v jednotlivých povodích .....	80

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1 – Přehledná mapa.....	5
Obrázek 2.2 - Mapa obce Čejkovice s vyznačenou hranicí k. ú. ....	6
Obrázek 2.3 - Mapa hlavních půdních jednotek v obci Čejkovice (specifikace kódů HPJ – viz příloha B1).....	8
Obrázek 2.4 - Mapa hydrologických poměrů v obci Čejkovice .....	9
Obrázek 2.5 – Mapa plošného zastoupení hydrologických skupin půd na území Čejkovic ....	10
Obrázek 2.6 - Mapa krajinného pokryvu v obci Čejkovice .....	12
Obrázek 2.7 - Mapa obce Mutěnice s vyznačenou hranicí k. ú. ....	13
Obrázek 2.8 - Mapa hlavních půdních jednotek v obci Mutěnice (specifikace kódů HPJ – viz příloha B2).....	15
Obrázek 2.9 - Mapa hydrologických poměrů v obci Mutěnice.....	16
Obrázek 2.10 - Mapa plošného zastoupení hydrologických skupin půd na území Mutěnic....	17
Obrázek 2.11 - Mapa krajinného pokryvu v obci Mutěnice .....	19
Obrázek 4.1 – Znázornění postupu nástroje <i>Fill</i> během odstraňování výčnělků (ArcGIS, 2016b) .....	32
Obrázek 4.2 – Znázornění postupu nástroje <i>Fill</i> během vyplňování poklesů (ArcGIS, 2016b) .....	32
Obrázek 4.3 - Grafické znázornění digitálního modelu terénu (Hillshade) pro obě obce.....	33
Obrázek 4.4 – Ilustrace výpočtu směrů odtoku pomocí nástroje <i>Flow Direction</i> (ArcGIS, 2016c).....	34
Obrázek 4.5 - Mapa drah soustředěného odtoku a kritických bodů v obci Mutěnice.....	35
Obrázek 4.6 - Mapa drah soustředěného odtoku a kritických bodů v obci Mutěnice.....	36
Obrázek 4.7 - Mapa třinácti povodí řešených kritických bodů .....	37
Obrázek 4.8 - Mapa sklonitosti .....	38
Obrázek 4.9 - Pracovní prostředí programu DesQ-MAXQ .....	42

Obrázek 4.10 - Schematizace povodí č. 11 v prostředí programu HEC-HMS .....	49
Obrázek 4.11 - Vyústění dráhy soustředěného odtoku v místě kritického bodu č. 2.....	50
Obrázek 4.12 - Kanalizace v místě kritického bodu č. 2.....	50
Obrázek 4.13 - Suchý poldr v místě kritického bodu č. 5 .....	51
Obrázek 4.14 - Hráz suchého poldru u kritického bodu č. 5.....	51
Obrázek 4.15 - Pohled na povodí č. 9 .....	52
Obrázek 5.1 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 1 .....	56
Obrázek 5.2 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 1 .....	56
Obrázek 5.3 - Graf časové řady průtoků povodňové vlny v povodí č. 2 .....	57
Obrázek 5.4 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 2.....	57
Obrázek 5.5 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 3 .....	59
Obrázek 5.6 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 3.....	59
Obrázek 5.7 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 4 .....	61
Obrázek 5.8 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 4.....	61
Obrázek 5.9 - Graf časové řady průtoků povodňové vlny v povodí č. 5 .....	62
Obrázek 5.10 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 5.....	62
Obrázek 5.11 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 6 .....	64
Obrázek 5.12 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 6.....	64
Obrázek 5.13 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 7 .....	66
Obrázek 5.14 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 7.....	66
Obrázek 5.15 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 8 .....	68
Obrázek 5.16 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 8.....	68
Obrázek 5.17 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 9 .....	70
Obrázek 5.18 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 9.....	70
Obrázek 5.19 - Graf časových řad průtoků povodňových vln v povodí č. 10 .....	72

Obrázek 5.20 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 10.....	72
Obrázek 5.21 - Graf časové řady průtoků povodňové vlny v povodí č. 11 .....	73
Obrázek 5.22 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 11 .....	73
Obrázek 5.23 - Graf časové řady průtoků povodňové vlny v povodí č. 12 .....	74
Obrázek 5.24 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 12.....	74
Obrázek 5.25 - Graf časové řady průtoků povodňové vlny v povodí č. 13 .....	75
Obrázek 5.26 - Graf procentuálního zastoupení využití pozemků v povodí č. 13.....	75
Obrázek 5.27 - Graf kulminačních průtoků v povodích (bez povodí č. 11) .....	77
Obrázek 5.28 - Graf objemů povodňových vln v povodích (bez povodí č. 11).....	77
Obrázek 5.29 - Graf specifického průtoku .....	78
Obrázek 5.30 - Mapa erozního smyvu .....	80

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Q průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

LPIS Land Parcel Identification System

BPEJ Bonitované půdně ekologické jednotky

HPJ Hlavní půdní jednotky

HSP Hydrologické skupiny půd

## SEZNAM PŘÍLOH

### Vytištěné přílohy

A1 Přehledná mapa řešené lokality

### Mapové výstupy (viz příložené DVD)

M1 Hydrologické poměry

M2 Hydropedologické poměry

M3 Využití území

M4 Mapa erozního smyvu

### Výstupy z programu DesQ – MAX Q (viz příložené DVD)

D1\_1, G1\_1 Hydrologická data z povodí č. 1

D2\_1 – D2\_3, G2\_1 – G2\_3 Hydrologická data z povodí č. 2

D3\_1, G3\_1 Hydrologická data z povodí č. 3

D4\_1, G4\_1 Hydrologická data z povodí č. 4

D5\_1 – D5\_3, G5\_1 – G5\_3 Hydrologická data z povodí č. 5

D6\_1, G6\_1 Hydrologická data z povodí č. 6

D7\_1, G7\_1 Hydrologická data z povodí č. 7

D8\_1, G8\_1 Hydrologická data z povodí č. 8

D9\_1, G9\_1 Hydrologická data z povodí č. 9

D10\_1, G10\_1 Hydrologická data z povodí č. 10

D11\_1 – D11\_31, G11\_1 – G11\_31 Hydrologická data z povodí č. 11

D12\_1 – D12\_7, G12\_1 – G12\_7 Hydrologická data z povodí č. 12

D13\_1 – D13\_5, G13\_1 – G 13\_5 Hydrologická data z povodí č. 13

### Výstupy z programu HEC-HMS (viz příložené DVD)

H1 Časový průběh povodňové vlny v povodí č. 2

H2 Časový průběh povodňové vlny v povodí č. 5

H3 Časový průběh povodňové vlny v povodí č. 11

H4 Časový průběh povodňové vlny v povodí č. 12

H5 Časový průběh povodňové vlny v povodí č. 13

**Fotografická dokumentace z průzkumu území (viz přiložené DVD)**

F1 Popis fotografické dokumentace

F2 – F80 Fotografie z průzkumu území

**Popis HPJ (viz přiložené DVD)**

B1 Specifikace hlavních půdních jednotek na území Čejkovic

B2 Specifikace hlavních půdních jednotek na území Mutěnic