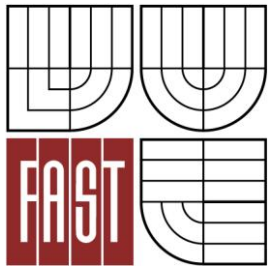




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

# PREVENTIVNÍ PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA FORMOU PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH OPATŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

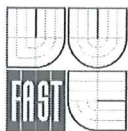
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

JAN POSPÍŠIL

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.

BRNO 2012



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**Studijní program** B3607 Stavební inženýrství  
**Typ studijního programu** Bakalářský studijní program s prezenční formou studia  
**Studijní obor** 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby  
**Pracoviště** Ústav vodního hospodářství krajiny

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Jan Pospíšil


**Název** Preventivní protipovodňová ochrana formou přírodě blízkých opatření

**Vedoucí bakalářské práce** doc. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

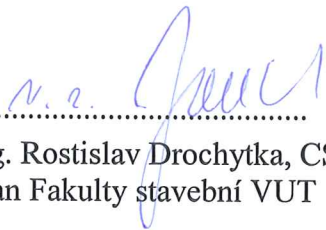
**Datum zadání bakalářské práce** 30. 11. 2011

**Datum odevzdání bakalářské práce** 25. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

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



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

### **Podklady a literatura**

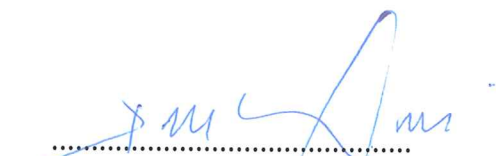
1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Metodika: Ochrana zemědělské půdy před erozí VÚMOP Praha 2007
3. Návrhové průtoky pro velmi malá povodí, Hydroprojekt Praha, 1989
4. Dumbrovský M , - Mezera J,,: Metodický návod pro pozemkové úpravy a související informace, metodika VUMOP 2005
5. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, VUMOP Praha 1997

### **Zásady pro vypracování**

V zadaném povodí navrhnete komplex přírodě blízkých opatření jako preventivní ochranu před povodněmi. S využitím daných výškopisných a polohopisných podkladů vytvořte digitální model terénu. Digitální model terénu bude vytvořen v prostředí Arc GIS a Atlas DMT. K analýzám erozních a odtokových poměrů využijte erozní a hydrologické nástroje GIS.

### **Předepsané přílohy**

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací  
Technická zpráva  
Grafické přílohy



doc. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.  
Vedoucí bakalářské práce

### **Abstrakt**

Předmětem práce je návrh komplexního systému přírodně blízkých protipovodňových opatření v lokalitě katastrálního území obce Jeseník nad Odrou. Na základě analýzy a průzkumu území, bylo navrženo možné řešení pomocí erozních a hydrologických nástrojů GIS. Pro identifikaci erozně ohrožených ploch a odtokových poměrů bylo využito digitálního modelu terénu, rovnice Wischmeier-Smith a modelu DesQ. Následně byla vyhodnocena účinnost navrhovaných opatření srovnáním výsledků erozních a odtokových poměrů před a po aplikaci opatření.

### **Klíčová slova**

Eroze půdy

Protipovodňová ochrana

GIS

Povrchový odtok

### **Abstract**

This thesis investigates the design of complex systems-natural flood control measures in the area of the cadastral municipality Jeseník nad Odrou. Based on the analysis and exploration of the territory, it was suggested a possible solution by erosion and hydrological GIS tools. To identify areas at risk of erosion and runoff conditions were used a digital elevation model, Wischmeier-Smith equation and model DesQ. Subsequently, the effectiveness was evaluated by comparing the results navrhovaných measure erosion and runoff conditions before and after measures.

### **Keywords**

Soil erosion

Flood protection

GIS

Runoff

...

## **Bibliografická citace VŠKP**

POSPÍŠIL, Jan. *Preventivní protipovodňová ochrana formou přírodě blízkých opatření*. Brno, 2012. 55 s., 2 příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce doc. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc..

**Prohlášení:**

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

V Brně dne 22.5.2012

.....  
podpis autora

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## **Prohlášení:**

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

V Brně dne 22.5.2012

.....  
podpis autora  
Jan Pospíšil

**Poděkování:**

*Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. M. Dumbrovskému, CSc. za ochotné vedení práce, za trpělivost a za množství poskytnutých odborných rad a informací.*



## **OBSAH:**

1	ÚVOD .....	1
2	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE .....	2
3	ANALÝZA ÚZEMÍ.....	3
3.1	Klimatické poměry .....	4
3.2	Geomorfologické poměry.....	5
3.3	Geologické poměry.....	7
3.4	Pedologické poměry .....	8
3.4.1	BPEJ .....	9
3.4.2	Hlavní půdní jednotky .....	10
3.4.3	Hydrologické skupiny půd .....	12
3.5	Vodohospodářské poměry .....	13
3.5.1	Hydrologické parametry říčky Luhy .....	13
3.5.2	Povodně 2009 .....	15
3.6	Ohrožení půdy vodní erozí a využití hydrologických nástrojů GIS pro její určení ..	17
3.6.1	Rovnice Wischmeier-Smith .....	17
3.6.2	Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R) .....	18
3.6.3	Faktor erodovatelnosti půdy (K) .....	18
3.6.4	Topografický faktor – faktor sklonu a délky (LS) .....	20
3.6.5	Faktor ochranného vlivu vegetace (C) .....	23
3.6.6	Faktor účinnosti protierozních opatření (P).....	25
3.6.7	Postup výpočtu erozního smyvu .....	25
3.6.8	Výpočet erozního smyvu před návrhem PEO .....	26
3.6.9	Stanovení čísel odtokových křivek CN před návrhem PEO .....	27
3.6.10	Využití modelu DesQ před návrhem PEO .....	28
3.7	Biogeografické poměry .....	35
3.8	Zvláště chráněná území CHKO Poodří .....	36

4	NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ .....	37
4.1	Liniová protierozní opatření .....	37
4.1.1	Stabilizace drah soustředěného odtoku .....	37
4.1.2	Zasakovací pásy .....	37
4.2	Plošná protierozní opatření .....	38
4.2.1	Vyloučení pěstování erozně nebezpečných plodin .....	38
4.2.2	Plošné zatravnění.....	38
4.3	Výsledný návrh opatření.....	39
5	VYHODNOCENÍ EROZNÍCH A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ PO NÁVRHU OPATŘENÍ.....	40
5.1	Výpočet erozního smyvu po návrhu PEO .....	40
5.2	Vytvoření čísel odtokových křivek po návrhu PEO .....	42
5.3	Využití modelu DesQ po návrhu PEO .....	43
5.3.1	Vstupní hodnoty .....	43
5.3.2	Výstupní hodnoty .....	43
5.4	Srovnání erozního smyvu před návrhem a po návrhu PEO.....	47
5.5	Srovnání povrchového odtoku před návrhem a po návrhu PEO .....	51
6	ZÁVĚR .....	52
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	53
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	54
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	55

# 1 ÚVOD

Katastrální území Jeseník nad Odrou postihla v létě roku 2009 neočekávaná povodeň. Dynamické srážky způsobily masivní povrchový odtok z polí a došlo k zaplavení obce, které si vyžádalo velké ztráty nejen na majetku, ale i na životech.

S přihlédnutím k těmto událostem bylo nutné vypracovat návrh komplexních protierozních respektive protipovodňových opatření a zajistit tak budoucí ochranu obce před extravilánovou přívalovou vodou.

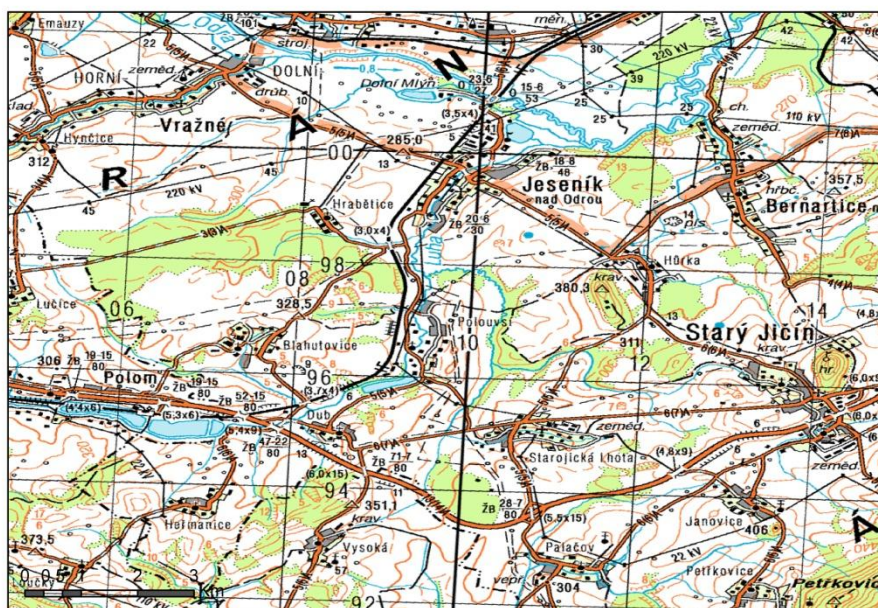
K analýze erozních a odtokových poměrů a návrhům přírodě blízkých opatření byly využity erozní a hydrologické nástroje GIS.

## 2 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Kraj:	Moravskoslezský
ORP:	Nový Jičín
Obce:	Jeseník nad Odrou, Hrabětice, Polovousí, Blahutovice, Hůrka
Katastrální území:	Jeseník nad Odrou
Počet obyvatel (1.1.2011):	1903
Obecní úřad:	Jeseník nad Odrou
Rozloha katastrálního území:	28,93 km <sup>2</sup>

### 3 ANALÝZA ÚZEMÍ

Územní obvod obce se rozkládá v jihozápadní části chráněné krajinné oblasti Poodří, samotný Jeseník nad Odrou leží severozápadně od Nového Jičina. Dnešní územní obvod zahrnuje celkem pět katastrálních území (k. ú.). Postupně se k Jeseníku nad Odrou připojily obce Hrabětice, Polouvsí, Blahutovice a Hůrka.



*Obr. 1. Přehledná situace zájmového území*

### 3.1 Klimatické poměry

Podle mapy klimatických oblastí ČSR (Quitt, 1971) se zájmové území nachází v klimatické oblasti MT10.

Tato oblast se vyznačuje dlouhým teplým a mírně suchým létem, krátkými přechodovým přechodným obdobím s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem a krátkou mírně teplou a velmi suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky.

Vlivem geomorfologických poměrů v Moravské bráně, převládají v oblasti řešeného území jihozápadní a severovýchodní větry. [11]

*Tab. 1. Charakteristické hodnoty klimatické oblasti MT 10 (Quitt, 1975)*

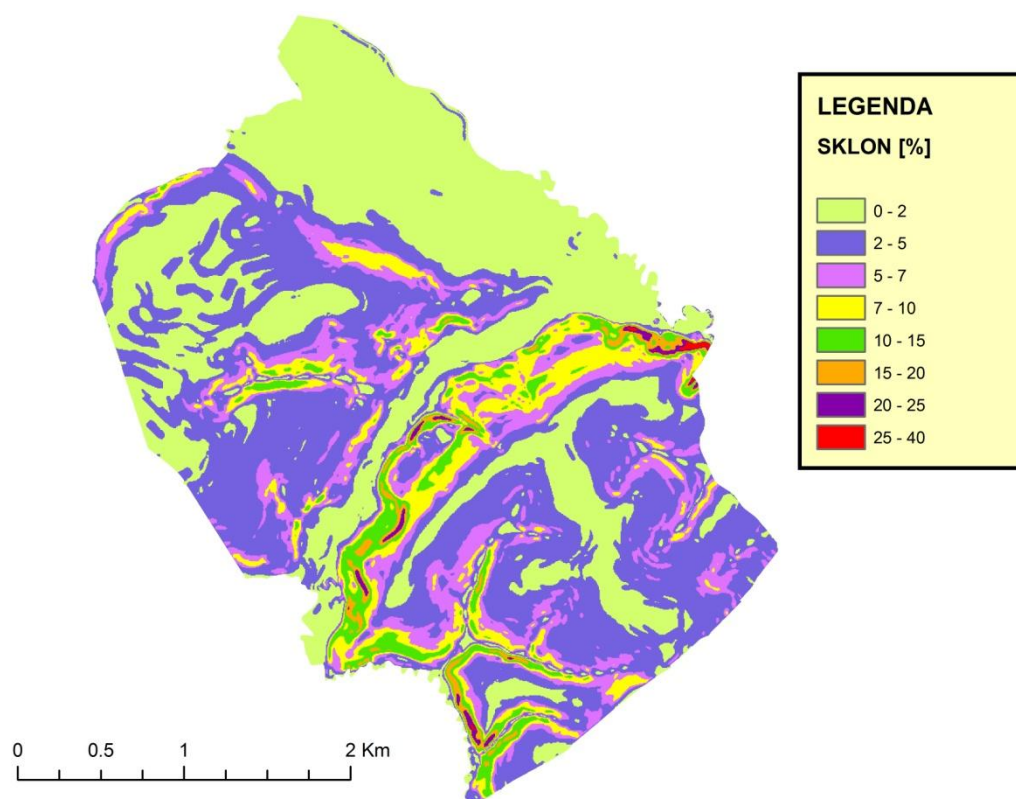
<b>Klimatická charakteristika</b>	<b>MT 10</b>
Počet letních dnů	40 - 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	140 - 160
Počet mrazových dnů	110 - 130
Počet ledových dnů	30 - 40
Průměrná teplota v lednu [°C]	-3 - -4
Průměrná teplota v dubnu [°C]	7 - 8
Průměrná teplota v červenci [°C]	17 - 18
Průměrná teplota v říjnu [°C]	7 - 8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	100 - 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období	400 - 450
Srážkový úhrn v zimním období	250 - 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 80
Počet dnů zamračených	120 - 150
Počet dnů jasných	40 - 50

### 3.2 Geomorfologické poměry

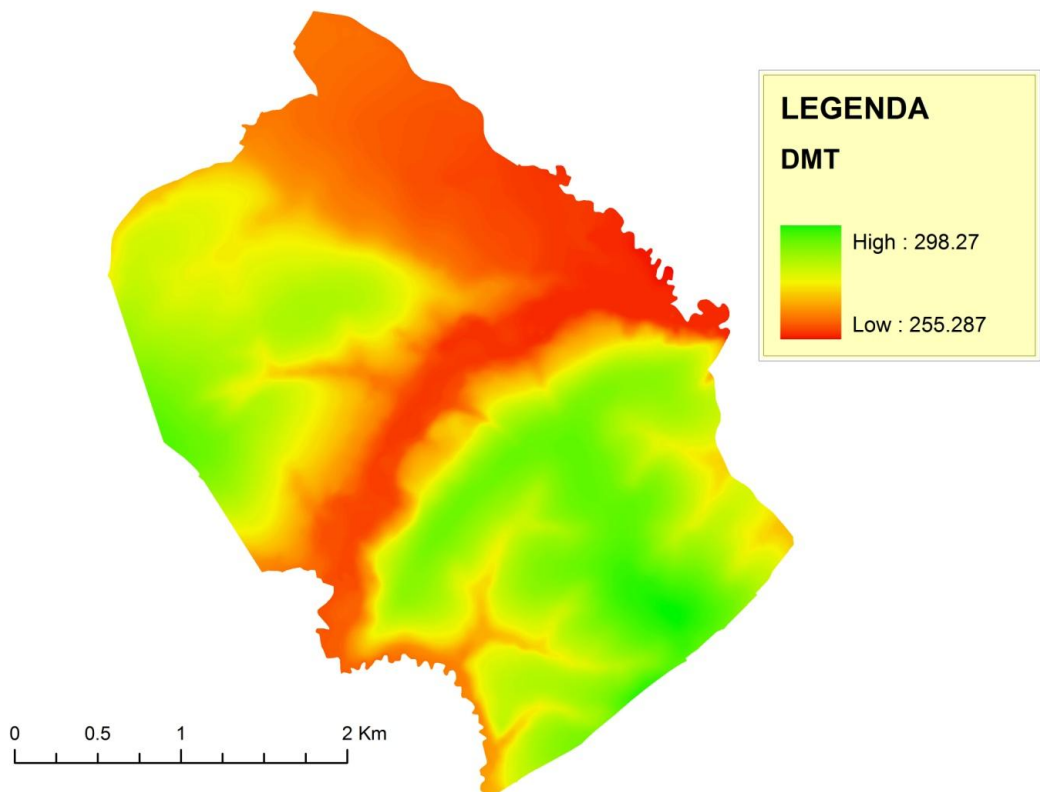
Řešené území náleží do následujících geomorfologických jednotek. [2]

System:	Alpsko-himálajský
Provincie:	Západní Karpaty
Subprovincie:	Vněkarpatské sníženiny
Oblast:	Západní vněkarpatské sníženiny
Celek:	Moravská brána
Podcelek:	Oderská brána

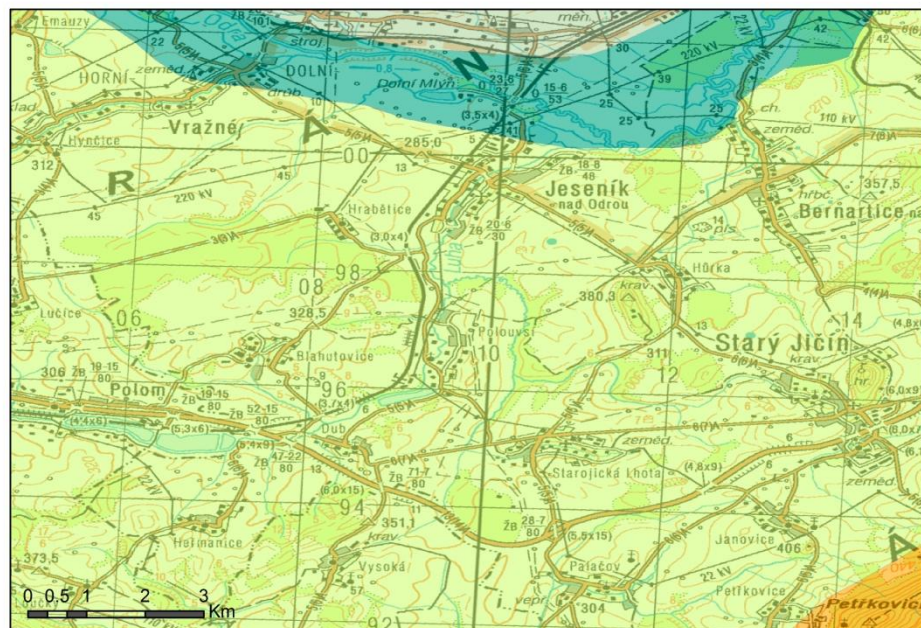
Nadmořská výška k. ú. Jeseník nad Odrou se pohybuje v rozmezí 259 m n. m. až 300 m n. m. Reliéf tvoří převážně nížiny. Topologie řadí jižní a střední část území do krajiny vrchovin Carpatica, severní část pak do krajiny širokých říčních niv. [2]







Obr. 2. Mapa sklonových poměrů v zájmové oblasti.



Obr. 3. Hypsonometrie zájmového území.



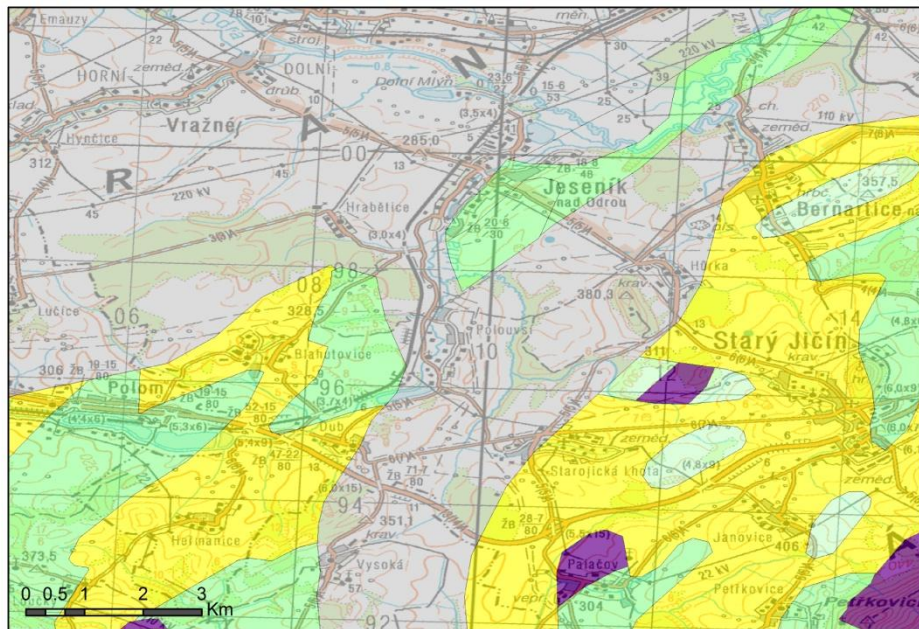
Obr. 4. Topologie území.

- |   |                              |   |   |
|---|------------------------------|---|---|
|  | Krajiny širokých říčních niv |  | Krajiny vrchovin Carpatica                    |
|  | Krajiny vrchovin Hercynica   |  | Krajiny výrazných svahů a skal. hors. hřebenů |







### 3.3 Geologické poměry

Mimo malé části ve středu řešeného území, kde se nachází mezozoické horniny alpinsky zvrásněné, jako jsou pískovce a břidlice, se většina zájmového území nachází v oblasti kvartérních, miocenních sedimentů, jako jsou hlíny, spraše, písky a štěrky, ke kterým vedlo vyvrásnění Vnějších Karpat, jejich nasunutí ve formě příkrovů a následné přesunutí mořské sedimentace do oblasti Vněkarpatských sníženin. Na základě této skladby je možné území označit jako flyšové, charakteristické právě střídáním hrubozrnných a jemnozrnných sedimentů. [2]



Obr. 5. Geologické členění území.

- |   |  |
|---|--|
|  kvartér (hlíny, spraše, písky, štěrky)                    |  mezozoické horniny alpinsky zvrásněné (pískovce, břidlice) |
|  terciární horniny alpinsky zvrásněné (pískovce, břidlice) |  tmavé granodiority, syenity (durbachitová řada)            |

### 3.4 Pedologické poměry

Řešené území obsahuje následující půdní jednotky. [2]

Pseudoglej luvický - tvoří většinu katastrálního území obce. Téměř veškerá orná půda je tvořena právě tímto typem.

Fluvizem glejová – tímto půdním typem je tvořen pás podél řeky Luhy a severozápadní část katastru.

Fluvizem modální – tuto půdní jednotku nalezneme převážně v severní a severovýchodní části katastru. Kolem Jesenického rybníka a na soutoku řek Odry a Luhy.



Obr. 5. Mapa genetických půdních představitelů.

 Luvizemě	 Pararendziny	 Černozemě	 Smonice
 Antropozemě	 Hnědozemě	 Fluvizemě	 Pseudogleje
 Regozemě	 Černice	 Gleje	 Vodní plochy
 Kambizemě	 Podzoly	 Organozemě	

### 3.4.1 BPEJ

BPEJ neboli bonitovaná půdně ekologická jednotka vyjadřuje pětimístným číselným kódem hlavní klimatické a půdní podmínky zemědělských pozemků, které mají vliv na produkční schopnost zemědělské půdy a její ekonomické ohodnocení.

Informace o BPEJ nevyužíváme jen k zemědělským účelům, ale také pro zpracování projektu komplexních pozemkových úprav, popřípadě pro další účely.

System BPEJ je platný pro celé území ČR.

První číslice kódu značí příslušnost ke klimatickému regionu (0–9). Klimatické regiony byly vyčleněny na základě podkladů Českého hydrometeorologického ústavu v Praze výhradně pro účely bonitace zemědělského půdního fondu (dále jen ZPF). Zahrnují území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin. V ČR bylo vymezeno celkem 10 klimatických regionů. Klimatické regiony 0 - 5 jsou převážně sušší a teplejší, klimatické regiony 6 - 10 jsou spíše vlhčí a chladnější.

Druhá a třetí číslice vymezuje příslušnost k určité hlavní půdní jednotce.

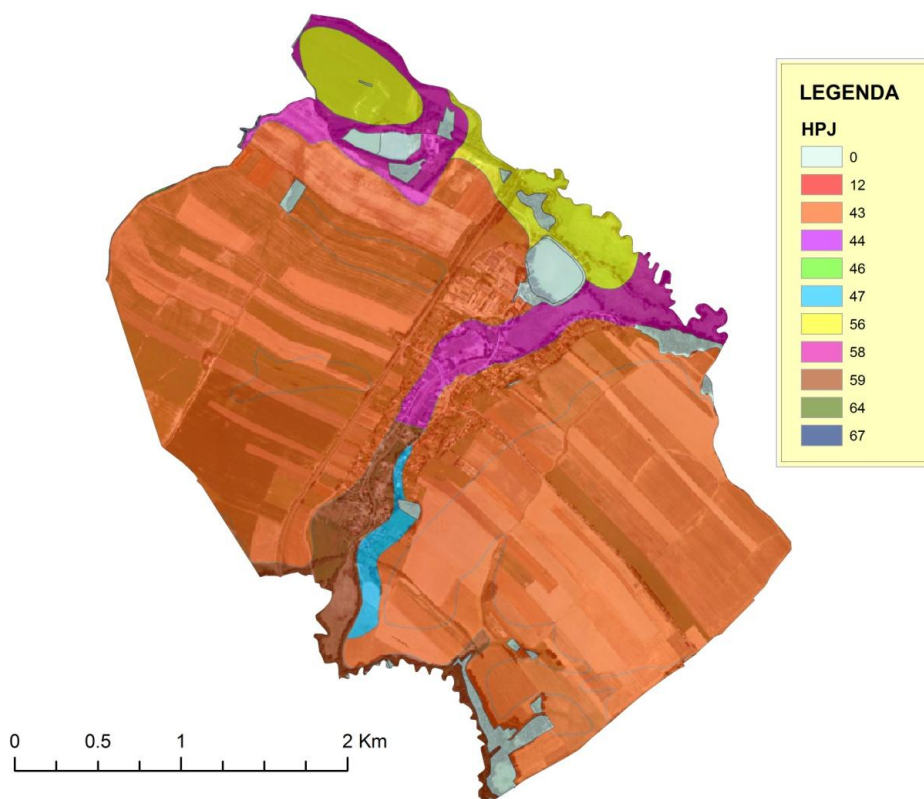
Čtvrtá číslice stanoví kombinaci svažitosti a expozice pozemku ke světovým stranám.

Pátá číslice určuje kombinaci hloubky půdního profilu a jeho skeletovitosti. Tedy podíl obsahu šterku a kamene v ornici k obsahu šterku a kamene ve spodině do 60 cm. [7]

### 3.4.2 Hlavní půdní jednotky

Hlavní půdní jednotka (dále HPJ) je účelové seskupení půdních forem s příbuznými ekologickými a agronomickými vlastnostmi, charakterizované převážně půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí půdy a u některých HPJ výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu. [6]

Na území ČR rozlišujeme 78 typů HPJ, zatříděných do 13 skupin.



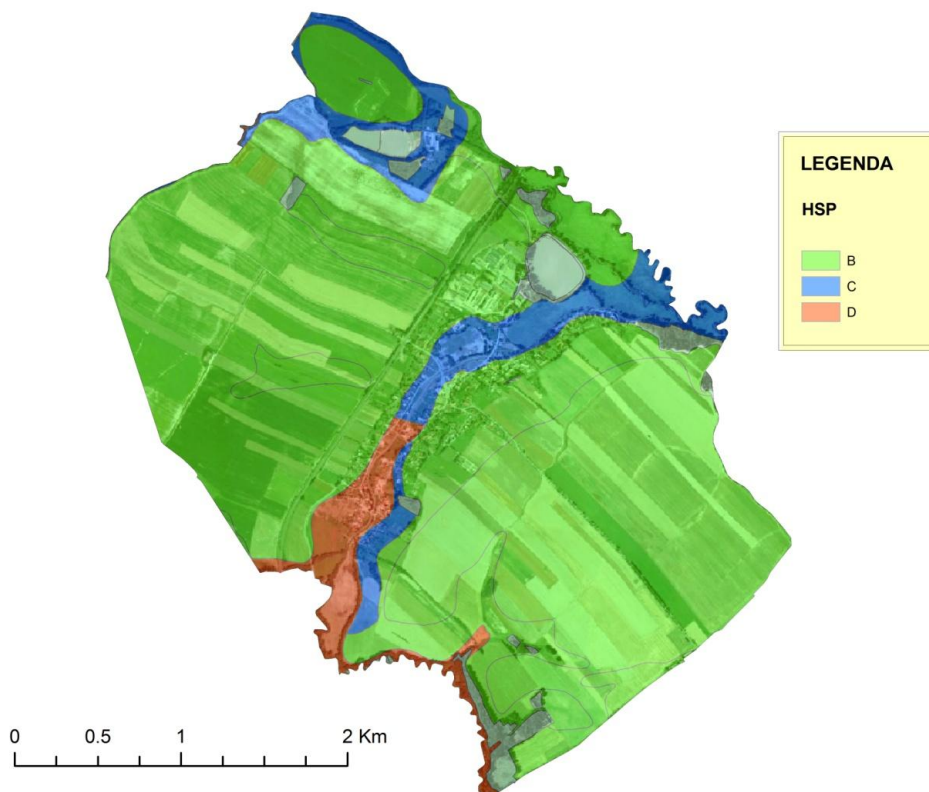
Obr. 6. Prostorové zobrazení HPJ v zájmové oblasti.

Tab. 2. Charakteristika HPJ zastoupených v zájmové oblasti.

HPJ	POPIS
12	Hnědozemě modální, kambizemě modální a kambizemě luvické, všechny včetně slabě oglejených forem na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké s těžkou spodinou, až středně skeletovité, vododržné, ve spodině s místním převlhčením
43	Hnědozemě luvické, luvizemě oglejené na sprašových hlínách (prachovicích), středně těžké, ve spodině i těžší, bez skeletu nebo jen s příměsí, se sklonem k převlhčení
44	Pseudogleje modální, pseudogleje luvické, na sprašových hlínách (prachovicích), středně těžké, těžší ve spodině, bez skeletu nebo s příměsí, se sklonem k dočasnému zamokření
46	Hnědozemě luvické oglejené, luvizemě oglejené na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší, bez skeletu až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření
47	Pseudogleje modální, pseudogleje luvické, kambizemě oglejené na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření
56	Fluvizemě modální eubazické až mezobazické, fluvizemě kambické, koluvizemě modální na nivních uloženinách, často s podložím teras, středně těžké lehčí až středně těžké, zpravidla bez skeletu, vláhově příznivé
58	Fluvizemě glejové na nivních uloženinách, popřípadě s podložím teras, středně těžké nebo středně těžké lehčí, pouze slabě skeletovité, hladina vody níže 1 m, vláhové poměry po odvodnění příznivé
59	Fluvizemě glejové na nivních uloženinách, těžké i velmi těžké, bez skeletu, vláhové poměry nepříznivé, vyžadují regulaci vodního režimu
64	Gleje modální, stagnogleje modální a gleje fluvické na svahových hlínách, nivních uloženinách, jílovitých a slinitých materiálech, zkulturněné, s upraveným vodním režimem, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu nebo slabě skeletovité
67	Gleje modální na různých substrátech často vrstevnatě uložených, v polohách širokých depresí a rovinných celků, středně těžké až těžké, při vodních tocích závislé na výšce hladiny toku, zaplavované, těžko odvodnitelné

### 3.4.3 Hydrologické skupiny půd

V řešené oblasti převažují hydrologické skupiny půd (dále HSP) B respektive C tedy půdy se střední rychlostí infiltrace (0,05 – 0,20 mm/min), respektive s nízkou rychlostí infiltrace (0,02 – 0,05 mm/min).[10]



Obr. 7. Prostorové zobrazení HSP v zájmové oblasti.

Tab. 3. Charakteristika HSP.

A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ( $> 0,20$ mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky a šterky.
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace (0,10 – 0,20 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité.
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace (0,05 – 0,10 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité.
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ( $< 0,05$ mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.

### 3.5 Vodohospodářské poměry

Oblast se nachází v hlavním povodí řeky Odry, která protéká severní částí území. Dále k. ú. protéká řeka Luha, která pramení v Oderských vrších. Po soutok Vlčnovského potoka na jihu zájmové oblasti, spadá řeka Luha pod územní vodohospodářskou správu se sídlem v Novém Jičíně. Na severu území se vlévá právě do řeky Odry a to v nadmořské výšce 256 m n. m. V období dešťů a při jarním tání tvoří Luha hlavní recipient k. ú.

V severní části území se nachází Jesenický rybník tvořící svým okolím, hlavně chráněným územím Meandry Staré Odry, významné biocentrum. Dále severní částí protékají Hrabětický potok a Mlýnský náhon, které obtékají mlýnské rybníky a vlévají se rovněž do řeky Odry. [4][5]

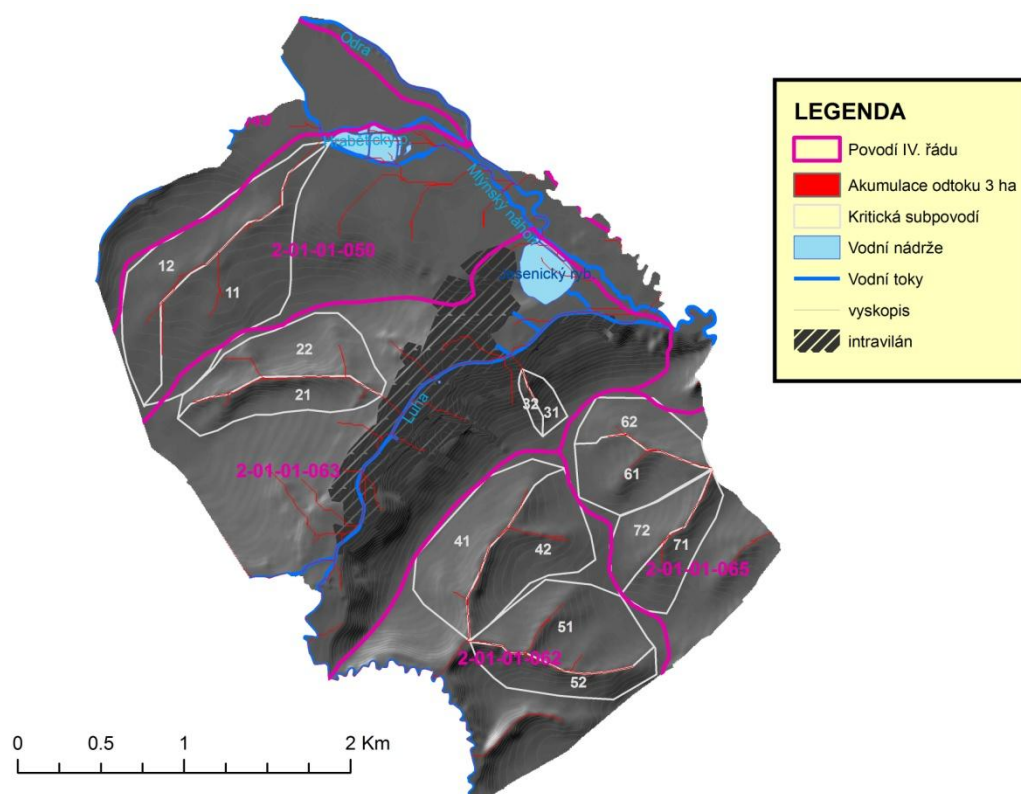
#### 3.5.1 *Hydrologické parametry řeky Luhy*

Délka toku:	29,2 km
Plocha povodí:	95,6 km <sup>2</sup>
Průměrný průtok:	0,53 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>100</sub> (ústí) =	67,0 m <sup>3</sup> /s

Celková plocha povodí Luhy je rozdělena do 13 povodí IV. Řádu. [11]

Tab. 4. Hydrologická pořadí povodí Luhy.

Tok a místo	ČHP
Luha nad Hradečným potokem	2-01-01-051
Hradečný potok	2-01-01-052
Luha od Hradečného potoka po Doubravu	2-01-01-053
Doubrava	2-01-01-054
Luha od Doubravy po Bělotínský potok	2-01-01-055
Bělotínský potok	2-01-01-056
Luha od Bělotínského potoka po Lučický potok	2-01-01-057
Lučický potok	2-01-01-058
Luha od Lučického potoka po Rybník	2-01-01-059
Rybník nad Lhoteckým potokem	2-01-01-060
Lhotecký potok	2-01-01-061
Rybník od Lhoteckého potoka po ústí	2-01-01-062
Luha od rybníka po ústí	2-01-01-063



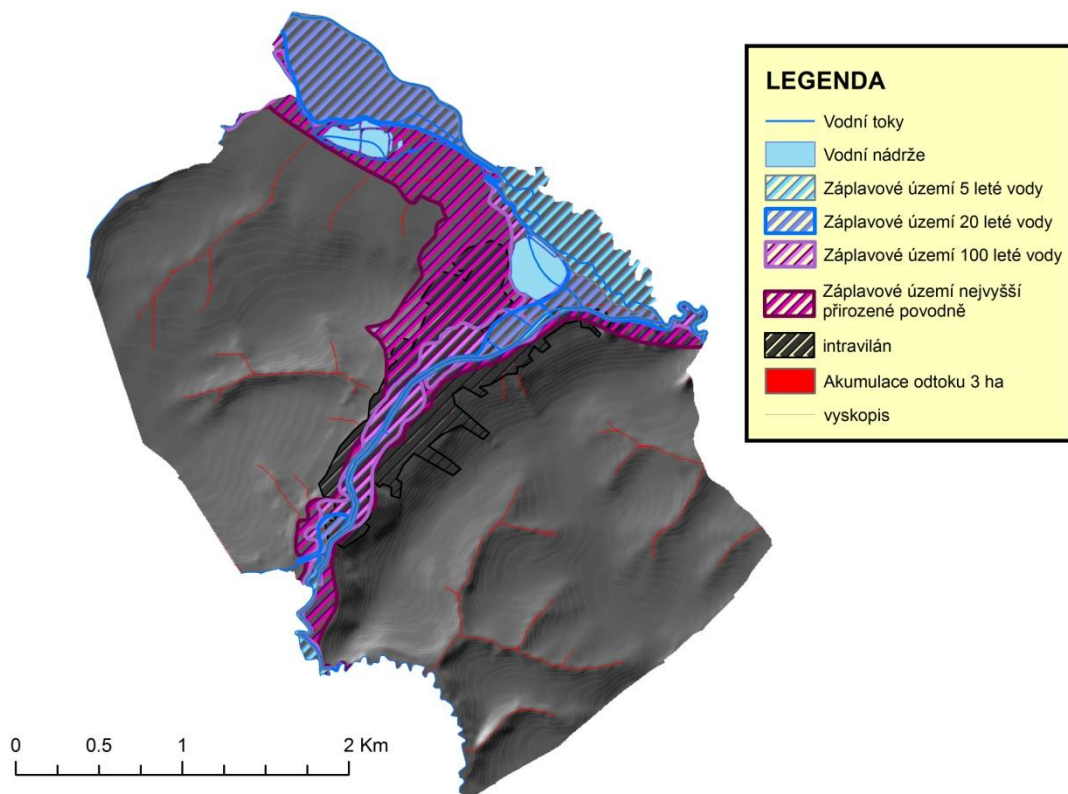
Obr. 8. Mapa hydrologických poměrů zájmového území.



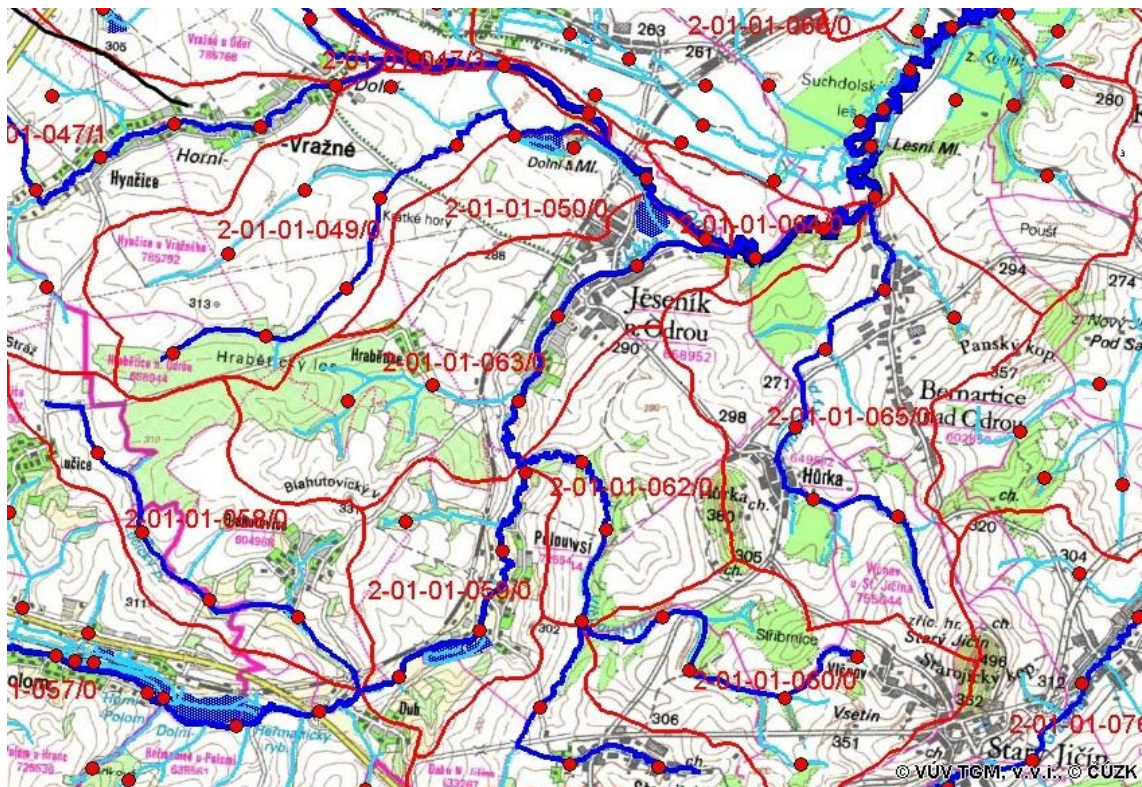
### 3.5.2 Povodně 2009

Základní příčinou povodní v povodí Luhy byly přívalové srážky ve večerních hodinách dne 24. 6. 2009, které podle výpovědi místních obyvatel dosahovaly nejvyšší intenzity mezi 19 a 22 hodinou a také srážky v pěti předcházejících dnech, které dosahovaly 24 hodinových úhrnů průměrně cca 20 mm (dle měření místních uživatelů).













Kulminační průtoky povodňových vln v této lokalitě dosahovaly hodnot až  $250 \text{ m}^3/\text{s}$ . Značně tedy přesáhly hodnoty platných 100letých průtoků. [11]



Obr. 9. Mapa záplavových území v zájmovém území.



Obr. 10. Hydrologická povodí a vodní toky územního obvodu.

- |   |   |   |                            |
|---|---|---|----------------------------|
|  | Povodí 1. řádu                              |  | ostatní                    |
|  | Hydrologická povodí 3.řádu                  |  | Úseky toků - hrubé členění |
|  | Hydrologická povodí 4.řádu                  |  | Úseky toků - jemné členění |
|  | hlavní tok                                  |  | Kilometráž                 |
|  | páteří tok vodního útvaru                   |  | Povrchové vody stojaté     |
|  | páteří tok základního hydrologického povodí |  | Významné vodní nádrže      |

### 3.6 Ohrožení půdy vodní erozí a využití hydrologických nástrojů GIS pro její určení

Erozi rozlišujeme na přirozenou a zrychlenou a lze ji popsat jako přírodní proces, při kterém působením vody, větru, ledu, případně jiných činitelů dochází k degradaci povrchu půdy a následnému transportu půdních částic a jejich usazování.

Eroze půdy ochuzuje zemědělskou půdu o nejurodnější část – ornici, zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, snižuje obsah živin a humusu, zmenšuje mocnost půdního profilu, ovlivňuje zrnitost půdy, poškozují plodiny a znesnadňuje hospodaření na polích. Transportovaný půdní materiál znečišťuje, zakaluje a zanáší vodní zdroje, zhoršuje prostředí pro vodní organismy, snižuje průtočnou kapacitu vodních toků a zvyšuje finanční náklady na jejich úpravu.

Vodní eroze je způsobena činností deště a povrchového odtoku a následným transportem půdních částic. Intenzita vodní eroze je závislá na charakteru srážek, půdních vlastnostech, morfologii území, vegetačních poměrech a v neposlední řadě na způsobu hospodaření na zemědělských pozemcích. [1]

#### 3.6.1 Rovnice Wischmeier-Smith

Pro výpočet byla použita univerzální rovnice Wischmeier-Smith, která počítá smyv v závislosti na šesti faktorech ovlivňujících hodnotu smyvu podle vztahu:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \text{ [t.ha}^{-1}\text{.rok}^{-1}\text{]}$$

Kde:

- G je průměrná roční ztráta půdy [t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>]
- R faktor erozní účinnosti deště [MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>]
- K faktor náchylnosti půdy k erozi [-]
- L faktor délky svahu [-]
- S faktor sklonu svahu [-]
- C faktor ochranného vlivu vegetace [-]
- P faktor vlivu protierozních opatření [-]

### 3.6.2 Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R)

Faktor R definovali W.H. Wischmeier a D.D. Smith vztahem.

$$R = E \cdot i_{30}/100$$

Kde:

R faktor erozní účinnosti deště [ $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

E celková kinetická energie deště [ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ ]

$I_{30}$  maximální 30 minutová intenzita deště [ $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

Celková kinetická energie deště E je:

$$E = \sum_{i=1} E$$

kde:

$E_i$  kinetická energie i-tého úseku deště

N počet úseků deště

$$E_i = (206 + 87 \log i s_i) \cdot H s_i$$

kde:

$i s_i$  intenzita deště i-tého úseku

$H s_i$  úhrn deště v i-tém úseku [cm]

Pro výpočet erozního smyvu v zájmovém území byly použity hodnoty  $R=20$  a  $R=40$ .

### 3.6.3 Faktor erodovatelnosti půdy (K)

Vlastnosti půdy ovlivňující infiltrační schopnost půdy a odolnost půdních agregátů proti rozrušujícímu účinku dopadajících kapek deště a transportu povrchově odtékající vodou.

Faktor erodovatelnosti půdy je v univerzální rovnici definován jako odnos půdy v  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$  na jednotku faktoru erozní účinnosti přívalového deště R ze

standardního pozemku o délce 22,13 m a se svahem o sklonu 9 %, který je udržován jako kypřený černý úhor kultivací ve směru sklonu.[1]

Pokud obsah prachu a práškového písku (frakce 0,002 – 0,1 mm) nepřekročí 70 %, lze faktor K určit ze vztahu:

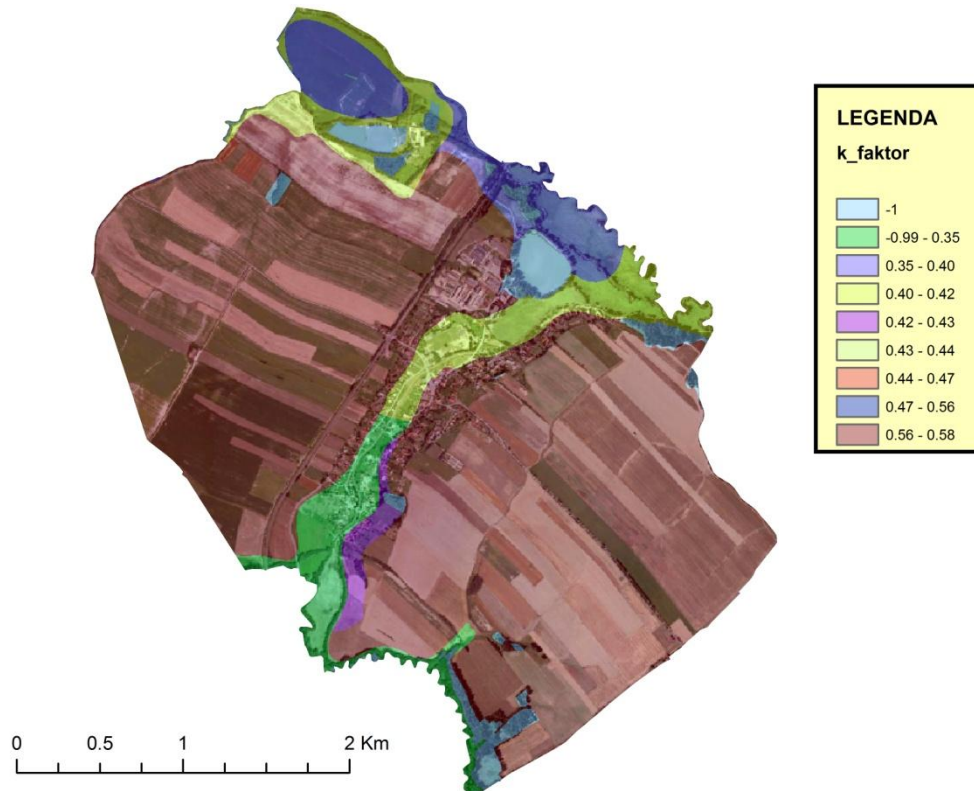
$$100 K = 2,1M1.1410^{-4} (12-a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3)$$

Kde:

- M je součin (% prachu + % práškového písku) x (100 - % jílu)
- a % organické hmoty
- b třída struktury ornice
- c třída propustnosti půdního profilu

Hodnoty K faktoru lze rovněž odečíst z nomogramu (Wischmeier, Johnson, Cross, 1971).

Pro účely řešení zájmového území, byl však K faktor stanoven podle HPJ bonitační soustavy půd.



Obr. 11. Mapa K faktoru zájmové oblasti.

Tab. 5 Hodnoty K faktoru podle HPJ vytvořené z BPEJ zájmové oblasti.

HPJ	K - faktor
12	0,50
43	0,58
44	0,56
46	0,47
47	0,43
56	0,40
58	0,42
59	0,35
64	0,40
67	0,44

#### 3.6.4 Topografický faktor – faktor sklonu a délky (LS)

Vliv sklonu a délky svahu na velikost půdního smyvu vyjádřili Wischmeier a Smith (1965) topografickým faktorem LS, který představuje poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na jednotkovém pozemku o délce 22,13 m a se sklonem 9 %.

LS faktor se stanoví na základě situování odtokových výpočtových linií, které se navrhují v rámci erozně uzavřených celků (EUC), případně na jednotlivých pozemcích kolmo na vrstevnice, a sice tam, kde se předpokládá nejvyšší hodnota kombinace LS. K rozdělení území na EUC a k návrhu průběhu linií bylo využito vygenerovaného podkladu digitálního modelu terénu (DMT) v prostředí ArcGIS z podkladů ZABAGED. [1]

Hodnota topografického faktoru LS pro přímé svahy se vypočítá ze vztahu:

$$LS = l_d \cdot 0,5 \cdot (0,0138 + 0,0097 \cdot s + 0,00138 \cdot s^2)$$

kde:

$l_d$  nepřerušovaná délka svahu [%],

$s$  sklon svahu [%].

Samostatně lze stanovit hodnoty faktoru délky L výpočtem ze vztahu:

$$L = (l_d / 22,13)^\alpha$$

kde:

$l_d$  nepřerušovaná délka svahu [m],

$\alpha$  exponent zahrnující vliv sklonu svahu.

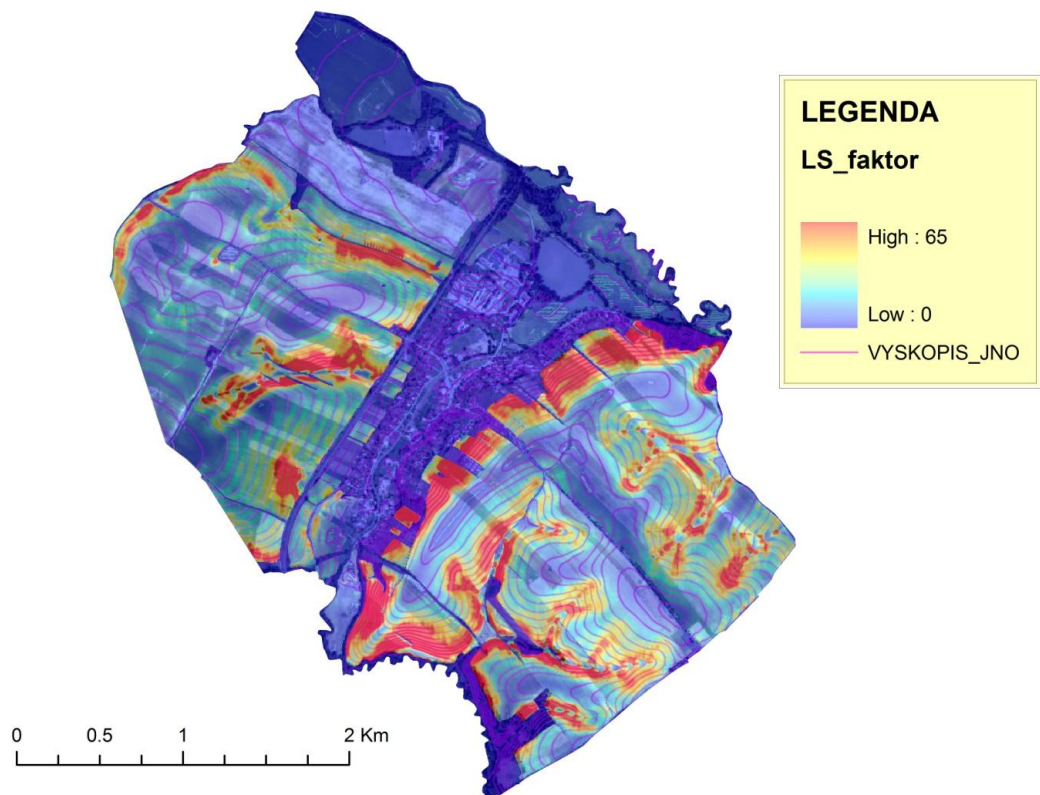
Sklon [%]	5	3 - 5	1 - 3	1
$\alpha$	0,5	0,4	0,3	0,2

Hodnoty faktoru svahu S lze vypočítat ze vztahu:

$$S = \frac{0,43 + 0,30s + 0,043s^2}{6,613}$$

kde:

s sklon svahu [%]



Obr. 12. Mapa LS faktoru zájmového území.

#### 3.6.4.1 Výpočet dle USLE 2D

Pro vyřešení LS faktoru zájmového území bylo využito programů ArcGIS a USLE 2D. Program USLE 2D pracuje pouze s daty ve formátu Idrisi (\*.rst). K převodu dat z prostředí GIS do tohoto formátu a zpět slouží program LS Conventor.

##### Potřebná data pro výpočet metodou USLE 2D:

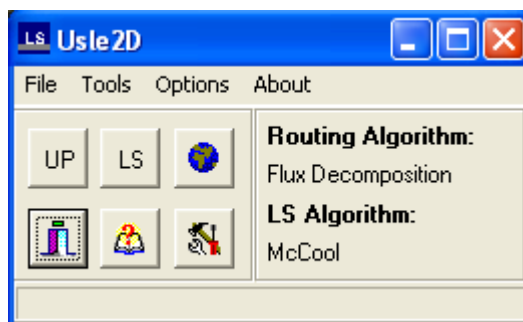
- DMT (rastrová vrstva – vyhlazený model terénu),
- Vektorová data – hranice území, vodní toky, nádrže, lesy, zastavěné území, silnice, železnice

Program USLE 2D pro výpočet LS faktoru vyžaduje jako vstupní data digitální model terénu (DMT) a grid „parcel“. Grid parcel prostřednictvím uvedených dat rozčleňuje území na dílčí plochy vkládáním bariér – hranic mezi dílčími plochami, které přerušují povrchový odtok. Tím se snižuje délka odtokové dráhy a tedy i faktor L délky svahu. V programu USLE 2D byl LS faktor počítán zvlášť pro každý rastrový element. Délka odtokové dráhy byla nahrazena zdrojovou plochou rastrového elementu.

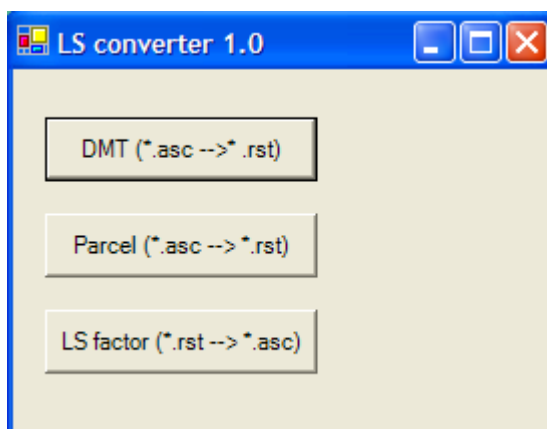
Soubor ve formátu Idrisi s hodnotami LS faktoru byl převeden za pomoci LS Conventoru na textový soubor a ten následně převeden do prostředí ArcGIS a pomocí funkce „*Conversion Tools*“ do rastru.

Grid parcel byl vytvořen převodem vektorových dat na data rastrová a následně byla tato data reklasifikována. Hodnotám „*NoData*“ bylo přiřazeno číslo 0 a ostatním hodnotám číslo 1. Vznikl tak výsledný reklasifikovaný grid zájmové oblasti. Dále byla provedena deklasifikace oblastí, které měly ve vrstvě „parcel“ hodnotu 0 (vodní toky, nádrže, lesy, zastavěné území, atd.). Hodnotám „*NoData*“ se přiřadí číslo 1 a ostatním hodnotám číslo 0. Následoval součin reklasifikovaných gridů za pomoci funkce „*Raster Calculator*“.[8]





Obr. 13. Program USLE 2D.



Obr. 14. Prostředí LS Conventoru.

### 3.6.5 Faktor ochranného vlivu vegetace (C)

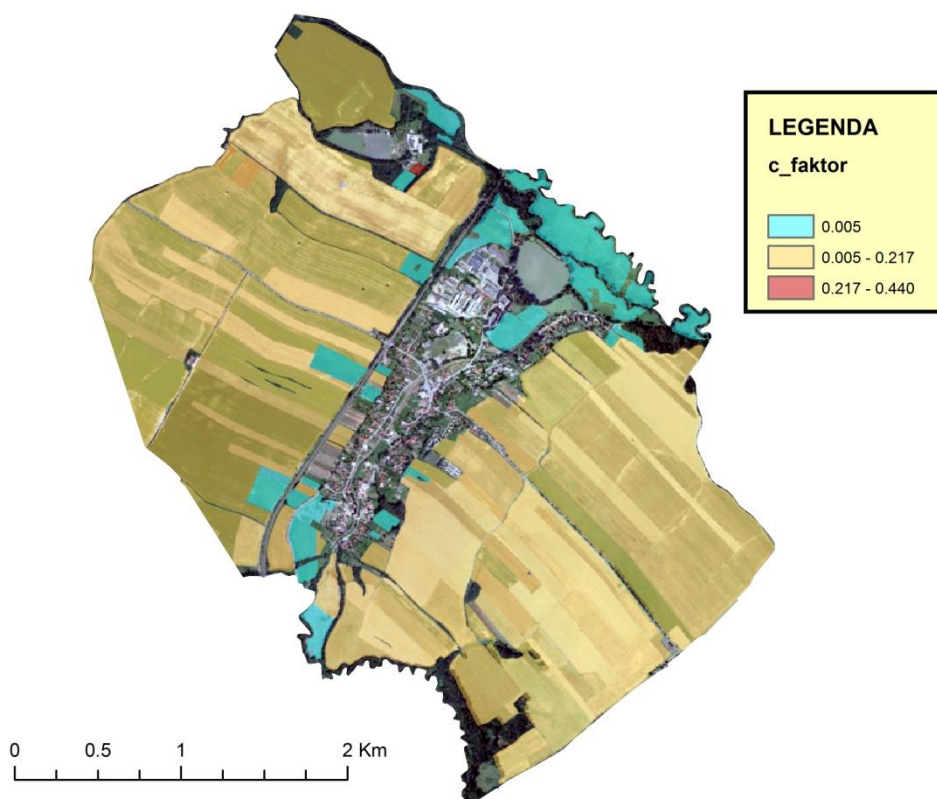
Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje několika způsoby. Jednak přímo – ochranou povrchu půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku nebo nepřímo – působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména na pórovitost a propustnost, včetně omezení možností zanášení pórů jemnými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem.

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný míře pokryvu a hustotě porostu, proto dokonalou protierozní ochranu představují porosty trav a jetelovin, zatímco běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny jako jsou kukuřice, cukrovka, brambory, řepka, ale i vinná réva poskytují půdě ochranu nedostatečnou.

Pro vyhodnocení současného stavu využívání pozemků před navrhovaným řešením je možné použít orientačních průměrných ročních hodnot faktoru C s ohledem na dlouhodobou strukturu pěstovaných plodin vztažených ke klimatickým regionům BPEJ.[12]

Tab. 6. Průměrné roční hodnoty C faktoru pro jednotlivé klimatické regiony.

Klimatický region	Hodnoty faktoru C
	orná půda
0	0,291
1	0,278
2	0,266
3	0,254
4	0,241
5	0,229
6	0,216
7	0,204
8	0,192
9	0,179



Obr. 15. Mapa C faktoru zájmového území před navržením PEO.

### 3.6.6 Faktor účinnosti protierozních opatření (P)

Faktor účinnosti protierozního opatření je stanovován na základě sklonu svahu, maximálních délek pozemku po spádnici, maximální šířce a počtu pásů při pásovém střídání, hrázkování a terasování.

V případě řešení zájmového území byla uvažována hodnota  $P = 1$ . Jelikož nebylo možné předpokládat, že zde byly dodrženy stanovené podmínky maximálních délek a počtů pásů a nebylo tedy s protierozní účinností těchto opatření uvažováno.[1]

### 3.6.7 Postup výpočtu erozního smyvu

Pro výpočet erozního smyvu byla opět použita funkce „*Raster Calculator*“, kde se provedl součin jednotlivých rastrových vrstev, které byly dříve vygenerovány se zadanými konstantami.[8]

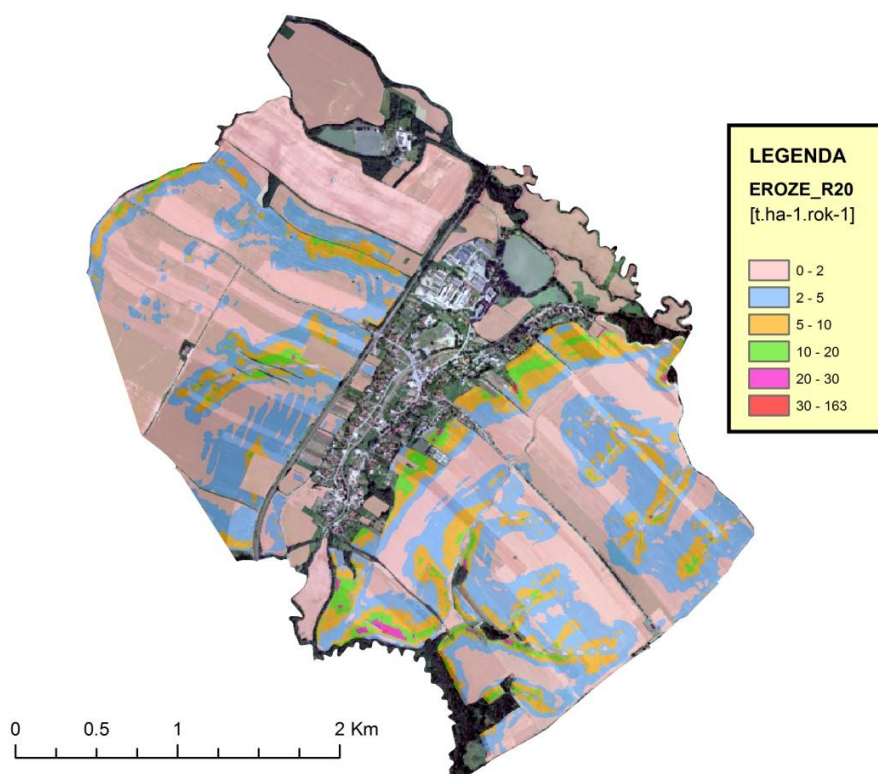
$$G = 20 * [K\_faktor] * [LS\_faktor] * [C\_faktor] * 1$$

Kde:

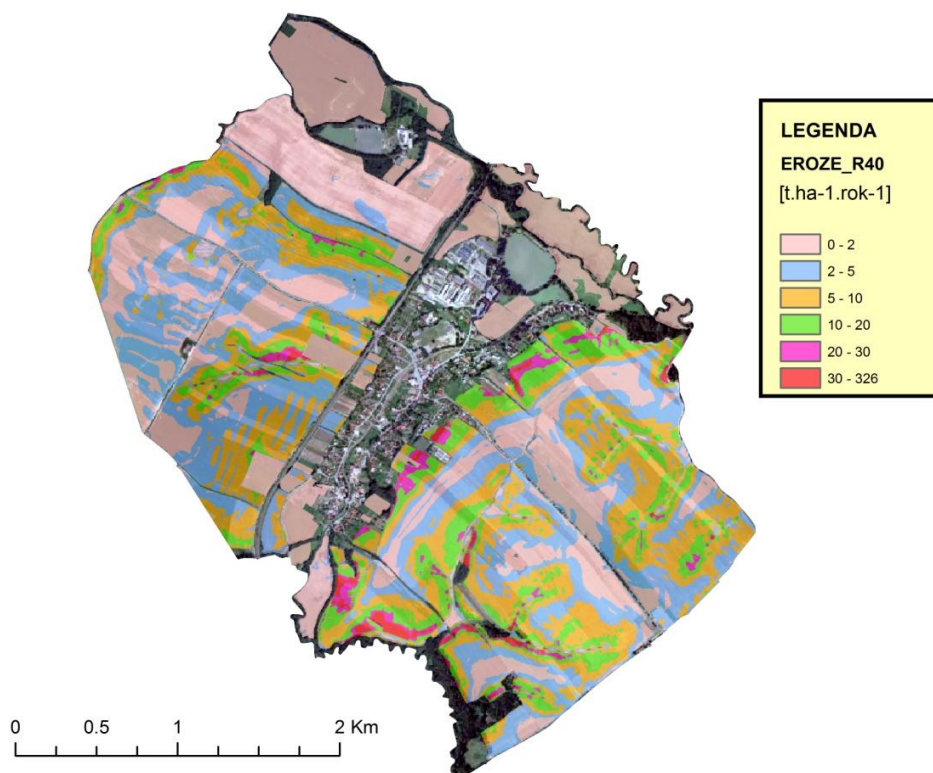
20	je konstanta R-faktoru
[K_faktor]	je vygenerovaná vrstva K faktoru
[LS_faktor]	je vygenerovaná vrstva LS faktoru
[C_faktor]	je vygenerovaná vrstva C faktoru
1	je konstanta P faktoru

Tímto způsobem byly vypočítány dva případy erozního smyvu jeden pro hodnotu  $R=20$  a druhý pro hodnotu  $R=40$ .

### 3.6.8 Výpočet erozního smyvu před návrhem PEO



Obr. 16. Zobrazení erozního smyvu v zájmovém území pro hodnotu R faktoru 20 před navržením PEO



Obr. 17. Zobrazení erozního smyvu v zájmovém území pro hodnotu R faktoru 40 před navržením PEO

### 3.6.9 Stanovení čísel odtokových křivek CN před návrhem PEO

Přímý odtok zahrnuje odtok povrchový a část odtoku hypotermického. Podíly těchto odtoků se hodnotí právě pomocí čísel odtokových křivek – CN. K hypotermickému (podpovrchovému) odtoku, podílejícímu se na přímém odtoku, dochází tehdy, když do půdy infiltrovaná voda stéká po málo propustné, mělce uložené vrstvě a vyvěrá na povrch. Na rozdíl od základního odtoku, na jehož tvorbě se podílí voda, která infiltuje až k hladině podzemní vody a vtéká do koryt toků. Tento základní odtok se objevuje zřídka natolik brzy po přívalovém dešti, aby ovlivnil velikost povodňové vlny z přívalu. CN je tedy současně i ukazatelem pravděpodobnosti typu odtoku. Platí, že čím větší hodnota CN, tím je pravděpodobnější, že se přímý odtok týká povrchového odtoku.

Odtok je především určen množstvím srážek, infiltrací vody do půdy, porostem, vlhkostí půdy, nepropustnými plochami a retencí povrchu.

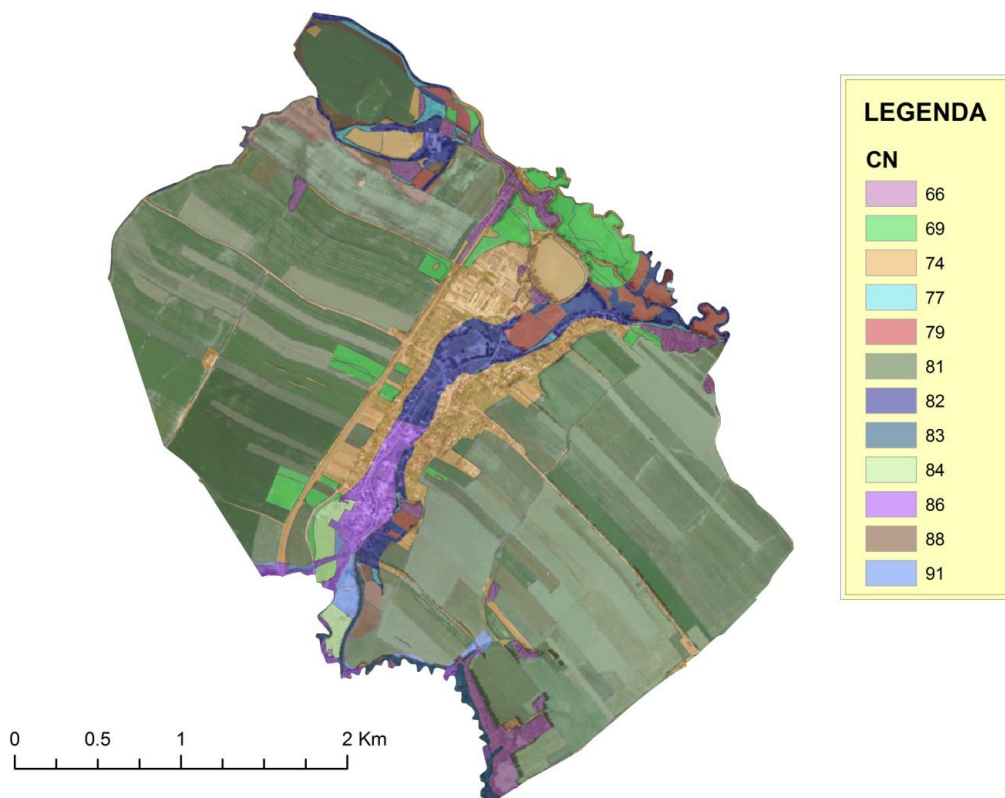
Základním vstupem metody odtokových křivek CN je srážkový úhrn o určitém časovém rozdělení, za předpokladu jeho rovnoměrného rozdělení na ploše povodí. Objem srážek je přeměněn na objem odtoku pomocí čísel odtokových křivek CN. Jejich hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepci a povrchové akumulaci. [1]

#### Základní vrstvy potřebné k odvození CN:

- Vrstva pokryvu, odvozená z:
  - o LPIS
  - o Lesy (stupeň hydrologických podmínek)
  - o Prvky mimo les a LPIS, tedy zbývající druhy pozemků (intravilán, vodní plochy, komunikace, ostatní)
- Vrstva HSP (vygenerovaná z vrstvy BPEJ)

Nejprve byla vytvořena vrstva kompletního pokryvu sloučením vrstev LPIS, vrstvy lesa (ořezaného podle bloků LPIS) a vrstvy ostatní plochy (ořezané podle LPIS a ořezané vrstvy lesa). V atributové tabulce bylo zapotřebí zkontrolovat kódy vrstev, popřípadě kódy podle příslušných tabulek.

Takto přichystaná vrstva pokryvu byla spojena nástrojem „Union“ s vrstvou HSP odvozenou u vrstvy BPEJ. Nyní bylo zapotřebí spojit hodnoty pokryvu a HSP v atributové tabulce a sloučeným kódům přiřadit jedinečné číslo CN dle příslušné tabulky.



Obr. 18. Mapa CN zájmového území před návrhem PEO.

### 3.6.10 Využití modelu DesQ před návrhem PEO

K výpočtu povrchového odtoku bylo využito modelu DESQ vyvinutým profesorem Hrádkem. Tento model je určen pro stanovení návrhových charakteristik povodňových vln v nepozorovaných profilech malých povodí vyvolaných přívalovými dešti a výpočet ovlivnění maximálních průtoků a objemů povodňových vln změnou charakteristik povodí.[9]

### 3.6.10.1 Vstupní hodnoty

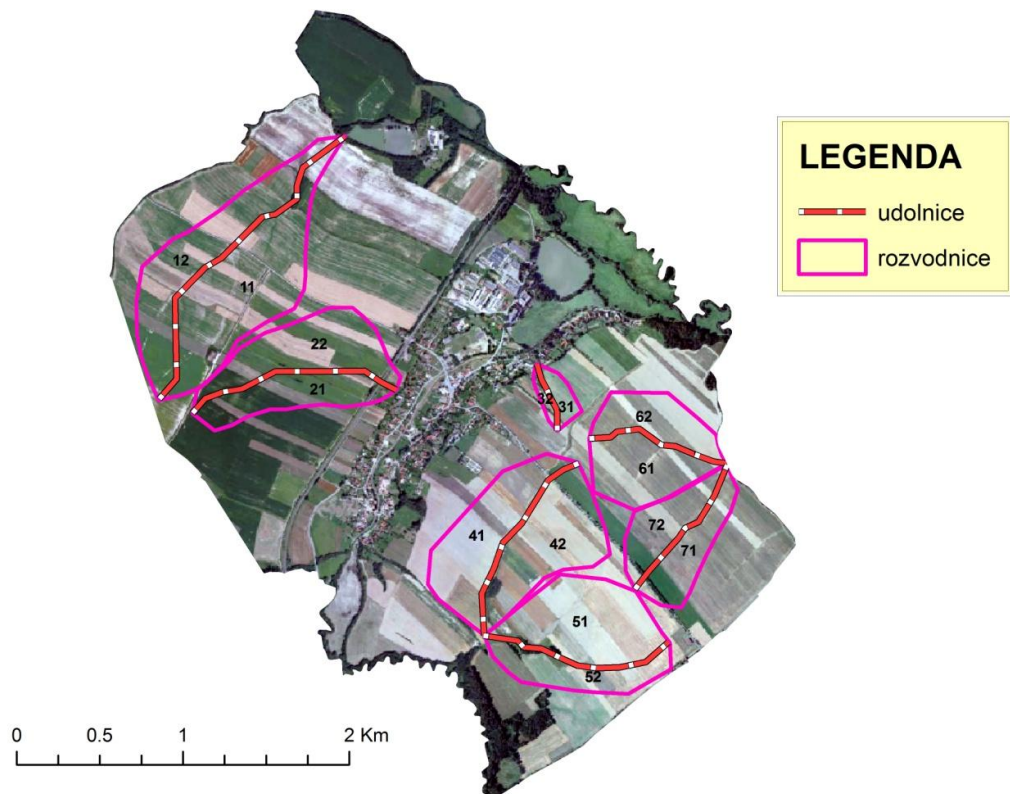
Tab. 7. Vstupní hodnoty do programu DESQ před návrhem PEO.

Označení subpovodí	Plocha [ha]	Sklon svahu [%]	CN před návrhem PEO	Délka údolnice [km]	Sklon údolnice [%]
11	5.381	2.052	80.440	2.127	1.41
12	4.022	1.986	80.847		
21	2.239	4.706	80.029	1.335	2.1
22	3.206	4.902	79.138		
31	0.443	6.701	80.696	0.438	6.39
32	0.203	7.370	78.198		
41	3.368	4.171	80.855	1.257	1.83
42	3.584	3.801	80.374		
51	3.881	4.334	80.674	1.206	2.07
52	1.867	5.591	80.482		
61	2.387	3.709	80.999	0.889	2.25
62	1.794	3.362	80.976		
71	1.682	3.751	80.797	0.953	2.62
72	1.674	3.766	80.849		

### 3.6.10.2 Postup výpočtu

- Nejprve bylo nutné vymezit kritická subpovodí v zájmovém území, tato rozdělit na levou a pravou stranu a určit údolnici.
- Jako typ povodí byla tedy zvolena možnost „Dva svahy“.
- Byla vybrána varianta zpracování I, tedy výpočet maximálního N-letého průtoku vyvolaného deštěm kritické doby trvání.
- V prostředí ArcGIS byly vyčteny délky a sklony údolnic
- Dále bylo nutné zvolit nejbližší srážkoměrnou stanicí zájmové lokality a načíst data maximálních srážkových úhrnů. V tomto případě byla zvolena srážkoměrná stanice Nový Jičín.
- Plocha jednotlivých svahů byla zjištěna v prostředí ArcGIS za pomoci měřících nástrojů.
- Průměrný sklon svahů byl vypočítán z rastrové vrstvy sklonitosti za pomoci funkce „Zonal Statistics“ v prostředí ArcGIS.

- Drsnost volíme podle způsobu využívání půdy a hydrologických podmínek lesa. V případě řešení zájmové lokality byla použita jednotná hodnota  $\gamma = 6$  s.
- Pro výpočet byl zvolen standardní typ CN křivky 2.
- Pro stanovení průměrné hodnoty čísla CN ve vymezených subpovodích bylo opět využito funkce „Zonal Statistics“ v prostředí ArcGIS, za použití rastrové vrstvy CN křivek, vygenerované z rastrové vrstvy HSP.
- Po dosazení všech charakteristik a vypočítání byly veškeré výstupy vygenerovány do souboru \*.xls (viz přílohy).



Obr. 19. Vymezení kritických subpovodí v zájmové oblasti.



Nepojmenovaný projekt

**Parametry výpočtu**

Typ povodí

Varianta

**Popis projektu**

**Povodí**

Délka údolnice [km]

Sklon údolnice [%]

1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 5 [mm]  ?

1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 10 [mm]

1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 20 [mm]

1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 50 [mm]

1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 100 [mm]

**Dva svahy**

	Levý	Pravý
Plocha svahu [km <sup>2</sup> ]	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sklon svahu [%]	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Drsnost $\gamma$ [s]	<input type="text"/> ?	<input type="text"/> ?
Typ CN křivky [1,2,3]	<input type="text"/> ?	<input type="text"/> ?
Číslo CN křivky [40-100]	<input type="text"/> ?	<input type="text"/> ?

Obr. 20. Prostředí modelu DesQ.

### 3.6.10.3 Výstupní hodnoty

Tab. 8. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 1.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	2.15	1.08	1.07	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	15.8	6.8	9.04	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	29.9	12.8	17.1	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	3.5	1.49	1.98	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	21.7	9.31	12.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	37.3	16	21.3	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	5.41	2.32	3.08	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	26.9	11.5	15.3	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	44.3	19	25.3	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	8.34	3.57	4.74	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	33.4	14.4	19.1	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	52	22.3	29.7	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	10.9	5.15	5.74	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	36.7	15.8	20.9	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	58.4	25.1	33.4	$[10^3 \cdot m^3]$

Tab. 9. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 2.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	1.55	0.905	0.644	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	8.27	4.83	3.44	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	16.6	9.72	6.88	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	2.53	1.47	1.05	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	10.6	6.17	4.39	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	20.7	12.1	8.58	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	3.88	2.24	1.6	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	13.1	7.66	5.46	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	24.5	14.4	10.2	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	5.92	3.42	2.45	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	16.2	9.44	6.76	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	28.8	16.8	11.9	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	7.76	4.5	3.23	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	18.5	10.8	7.74	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	32.3	18.9	13.4	$[10^3 \cdot m^3]$

Tab. 10. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 3.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	0.304	0.094	0.203	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	723	225	498	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	1.87	0.59	1.28	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	0.466	0.144	0.312	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	894	277	617	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	2.33	0.737	1.59	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	0.668	0.203	0.458	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.07	0.329	0.741	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	2.76	0.871	1.89	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	0.942	0.29	0.636	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.26	0.383	0.878	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	3.24	1.02	2.22	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	1.17	0.354	0.819	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.41	0.424	0.982	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	3.63	1.14	2.49	$[10^3 \cdot m^3]$

Tab. 11. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 4.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	1.81	0.864	0.941	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	11.2	5.7	5.48	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	21.7	11.1	10.6	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	2.94	1.41	1.53	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	14.3	7.27	6.99	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	27	13.8	13.2	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	4.52	2.15	2.37	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	17.7	9	8.66	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	32	16.3	15.7	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	6.94	3.29	3.65	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	21.8	11.1	10.7	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	37.6	19.2	18.4	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	9.12	4.34	4.78	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	25.1	12.8	12.3	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	42.3	21.6	20.7	$[10^3 \cdot m^3]$

Tab. 12. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 5.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	1.45	0.461	0.981	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	9.6	3.07	6.53	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	17.8	5.71	12.1	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	2.35	0.75	1.59	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	12.2	3.91	8.32	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	22.2	7.12	15.1	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	3.62	1.14	2.43	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	15.2	4.87	10.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	26.4	8.44	17.9	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	5.58	1.79	3.81	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	18.8	6.01	12.8	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	31	9.92	21.1	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	7.34	2.35	4.9	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	21.6	6.9	14.7	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	34.8	11.1	23.7	$[10^3 \cdot m^3]$

Tab. 13. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 6.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	1.13	0.485	0.648	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	7.2	3.09	4.12	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	13.5	5.8	7.74	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	1.84	0.79	1.05	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	9.18	3.93	5.25	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	16.9	7.23	9.65	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	2.84	1.21	1.62	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	11.4	4.88	6.51	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	20	8.57	11.4	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	4.36	1.84	2.46	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	14.2	6.08	8.11	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	23.5	10.1	13.5	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	5.74	2.46	3.28	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	16.2	6.93	9.25	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	26.4	11.3	15.1	$[10^3 \cdot m^3]$

Tab. 14. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 7.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	1.12	0.558	0.557	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	5.28	2.64	2.64	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	10.9	5.46	5.45	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	1.82	0.904	0.903	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	6.72	3.36	3.36	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	13.6	6.8	6.79	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	2.8	1.39	1.39	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	8.34	4.18	4.17	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	16.1	8.06	8.05	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	4.29	2.15	2.14	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	10.3	5.17	5.16	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	19	9.48	9.47	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	5.59	2.75	2.74	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	11.9	5.94	5.92	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	21.3	10.7	10.6	$[10^3 \cdot m^3]$

### 3.7 Biogeografické poměry

K. ú. Jeseník nad Odrou náleží do biogeografické Polonské podprovincie a Pooderského bioregionu, který zabírá část geomorfologického celku Ostravská pánev a část Moravské Brány.

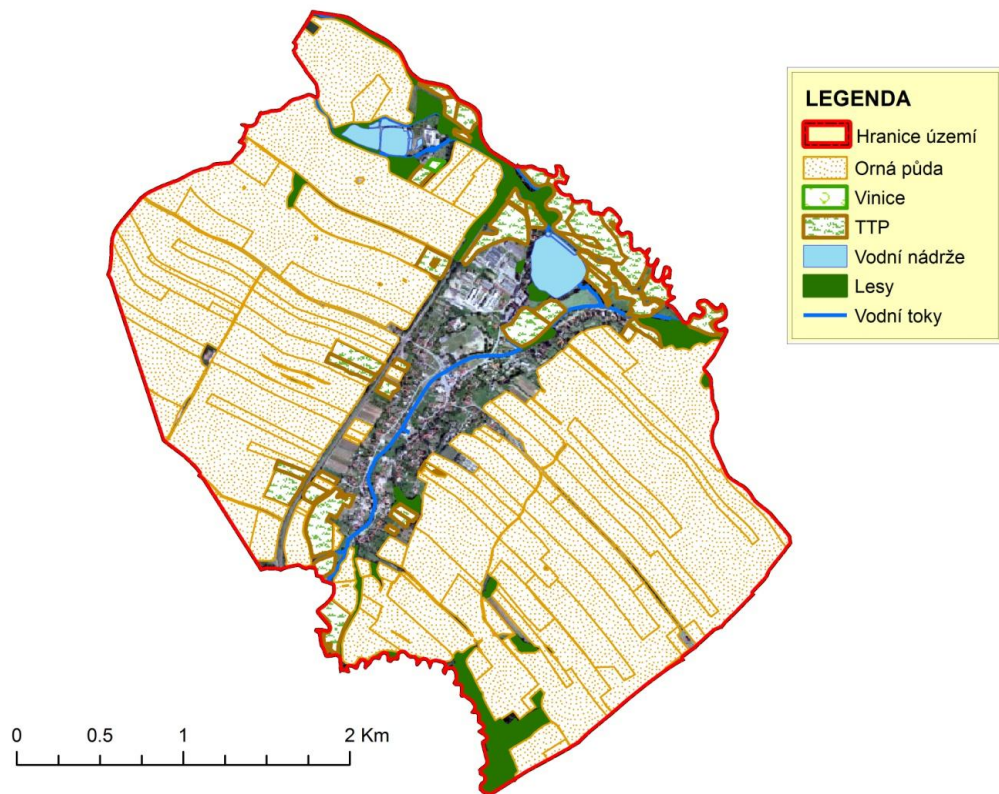
Bioregion je tvořen nivou řeky Odry a jejích přítoků a je typicky nivní, 4. vegetačního stupně, se středoevropskou vlhkomilnou a mokřadní biotou. Tato biota souvisí s Polonikem a je ovlivněna karpatskými a hercynskými prvky.

V dnešní době se zde hojně vyskytují vlhké louky, malé lužní lesy a rybniční soustavy, zpravidla s hodnotnou biotou.

Z fyto geografického hlediska leží bioregion v okresu 83. Ostravská pánev a v malé části podokresu 76a Moravská brána.

Základní potenciální jednotkou jsou úvalové luhy (Ficario-Ulmetum), lipové dubohabřiny (Tiliocordatae-Carpinetum), v severní části dubové bučiny (Carici-Quercetum), v nejnižších vlhkých polohách nivy Odry a jiných vlhkých

místech vegetace svazu *Salicion albae* a *Salicion triandrae* a v místech výskytu glejových půd jsou přítomny bažinné olšiny (*Alnion glutinosae*). [3]



Obr. 21. Zastoupení druhů pozemků v zájmové oblasti.

### 3.8 Zvláště chráněná území CHKO Poodří

CHKO Poodří tvoří úzký pás o šířce 0,5 až 4,5 km a délce cca 34 km. Jedná se o území rovinného a pahorkatého terénu kolem řeky Odry v severní části Moravské brány.

Hlavní funkcí tohoto území je ochrana zachovalých, mimořádně hodnotných, nivních mokřadních ekosystémů a zachovalých lužních lesů.

Poodří bylo vyhlášeno v roce 2005 ptačí zónou a v rámci územních systémů ekologické stability patří mezi významné evropské biosférické rezervace.

CHKO Poodří má poměrně malý podíl lesa. Lesy pokrývají cca 10% území.

Na území CHKO Poodří je v současné době vyhlášeno celkem 10 zvláště chráněných území. Za zmínku stojí hlavně oblast zvaná Meandry Staré Odry,

kteřá se nachází mezi Jesenickým rybníkem a soutokem Odry s řekou Luhou a zasahuje tak přímo do řešeného území.

Tato chráněná přírodní památka je zbytkem bývalého koryta řeky Odry s četnými tůněmi a mnoha druhy dřevin, poskytuje jedinečné podmínky pro výskyt vzácných a ohrožených druhů rostlin a živočichů jako jsou například krvavec toten a modrásek bahenní.[13]

## **4 NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ**

### **4.1 Liniová protierozní opatření**

Mezi liniová protierozní opatření můžeme zařadit záchytné průlehy, protierozní meze, stabilizace drah soustředěného odtoku a zasakovací pásy.

Jelikož jsem navrhoval opatření přírodě blízka, volil jsem pro svou práci právě poslední dvě zmíněná.

#### **4.1.1 Stabilizace drah soustředěného odtoku**

Přirozené nebo upravené dráhy soustředěného povrchového odtoku (dále jen DSO), které mají charakter průlehu, jsou zpevněné vegetačním krytem a jsou schopny odvést povrchový odtok bez známek eroze.

Nejvhodnější ochranou těchto exponovaných míst je trvalé zatravnění. Vegetační pokryv DSO v závislosti na hustotě a kvalitě přímo ovlivňuje rychlost vody a odnos půdních částic. Při realizaci zatravnění drah soustředěného odtoku často nebývá nutné provádět zemní práce pro dosažení optimálního parabolického příčného profilu. [14]

#### **4.1.2 Zasakovací pásy**

Tyto prvky navrhujeme ve svahu jako pás s vegetačním pokryvem (travní, křovinný, lesní) ve směru vrstevnic. Jeho funkce spočívá ve zpomalení

povrchového odtoku, usazení odnášených sedimentů a vsak vody, tedy převedení povrchového odtoku vody na podpovrchový.

Účinnost těchto funkcí závisí na mnoha faktorech, jako jsou množství přitékající vody, stav vegetace, půdní vlastnosti, sklon svahu a samozřejmě na šířce zasakovacího pásu, která by měla být alespoň 15 – 20 metrů. [14]

## **4.2 Plošná protierozní opatření**

Mezi plošná protierozní opatření můžeme zařadit vyloučení pěstování erozně nebezpečných plodin (VENP), plošné zatravnění (TTP), protierozní agrotechniku (PEAGT) a zatravnění na speciálních kulturách (TTPS).

V rámci návrhu protierozních opatření v zájmovém území nebyla opatření PEAGT a TTPS uvažována.

### **4.2.1 Vyloučení pěstování erozně nebezpečných plodin**

Cílem opatření je vyloučení pěstování takových plodin, které mají velmi malý protierozní účinek a jsou při pěstování ohroženy erozí.

Protierozní účinek je charakterizován typem vzrůstu, olistěním plodiny, rychlostí vývinu a způsobem pěstování (širokořádkové a úzkořádkové plodiny)

Mezi tyto erozně nebezpečné plodiny patří především kukuřice, cukrovka a brambory, dále pak slunečnice či řepka. [14]

### **4.2.2 Plošné zatravnění**

Ochranné zatravnění se používá především na pozemcích s ornou půdou o vyšší sklonitosti – sklonem terénu nad 20 %, dále pak „buffer“ zóny kolem toků či údolnic nebo travní pásy podél průlehů a mezi jako zefektivnění jejich účinnosti.

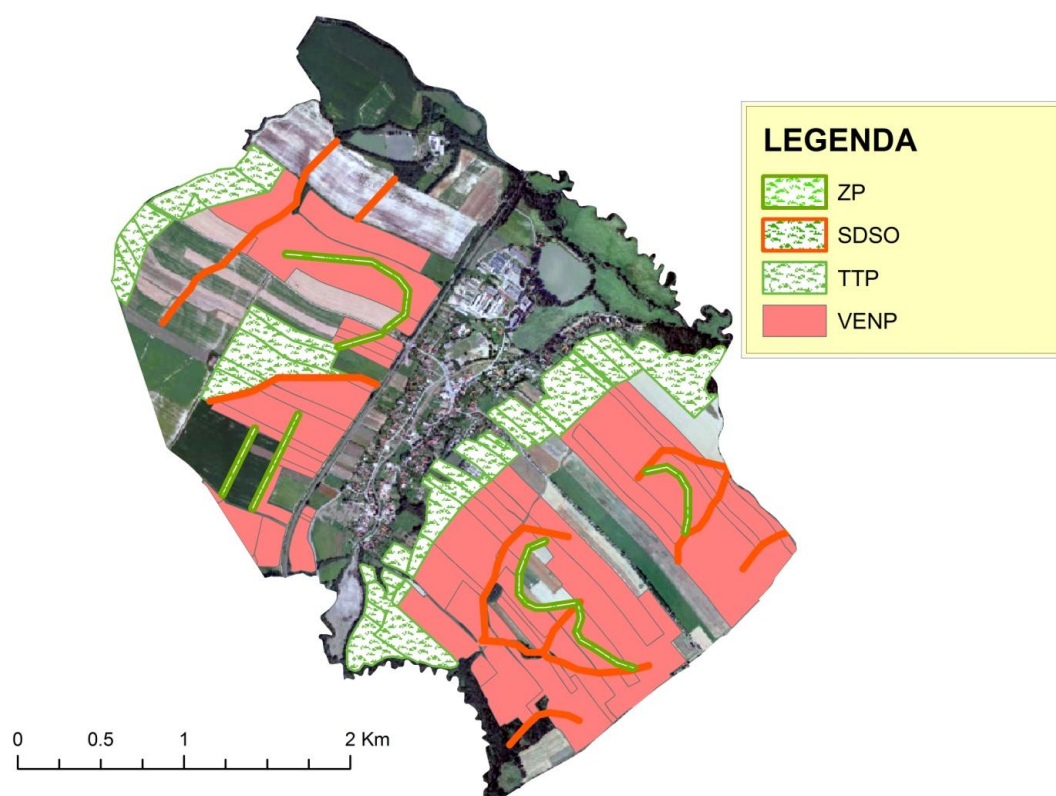
Plošné zatravnění výrazným způsobem mění hodnotu ochranného faktoru vegetace – C faktoru.

Preferovány jsou trávy výběžkaté tvořící pevný drn (Lipnice, Kostřava, Psárka atd.) [14]



### 4.3 Výsledný návrh opatření

V zájmovém území bylo pro výpočty vymezeno 7 kritických subpovodí. V těchto a zbývajících místech s dráhami soustředěného odtoku byla provedena stabilizace (SDSO) zatravněním o šířce 20 m. Pro přerušení povrchového odtoku byly v kritických místech ve směru vrstevnic navrženy travní zasakovací pásy (ZP) o šířce 30 m. V místech s velkým sklonem a v místech, která se nejvíce podílí na ohrožení intravilánu, bylo navrženo trvalé zatravnění (TTP). V místech, ve kterých by pěstování širokořádkových kultur do značné míry přispělo k nepřiměřenému eroznímu smyvu, bylo navrženo vyloučení erozně nepříznivých plodin (VENP).

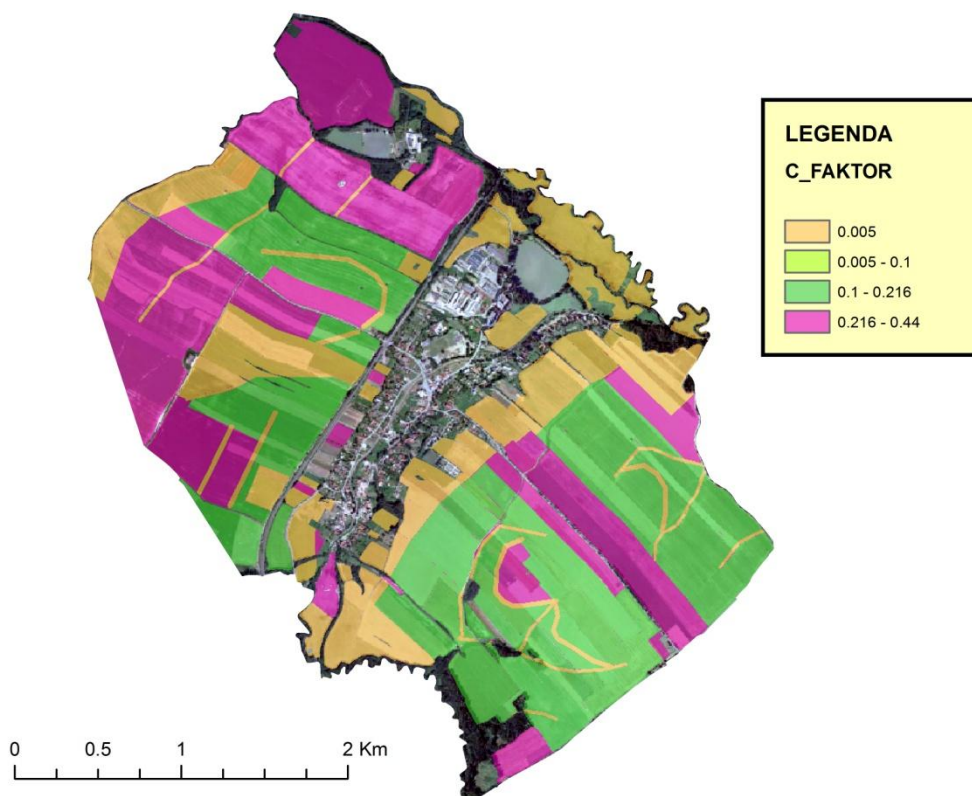


Obr. 22. Mapa návrhu protierozních a protipovodňových opatření v řešeném území

## 5 VYHODNOCENÍ EROZNÍCH A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ PO NÁVRHU OPATŘENÍ

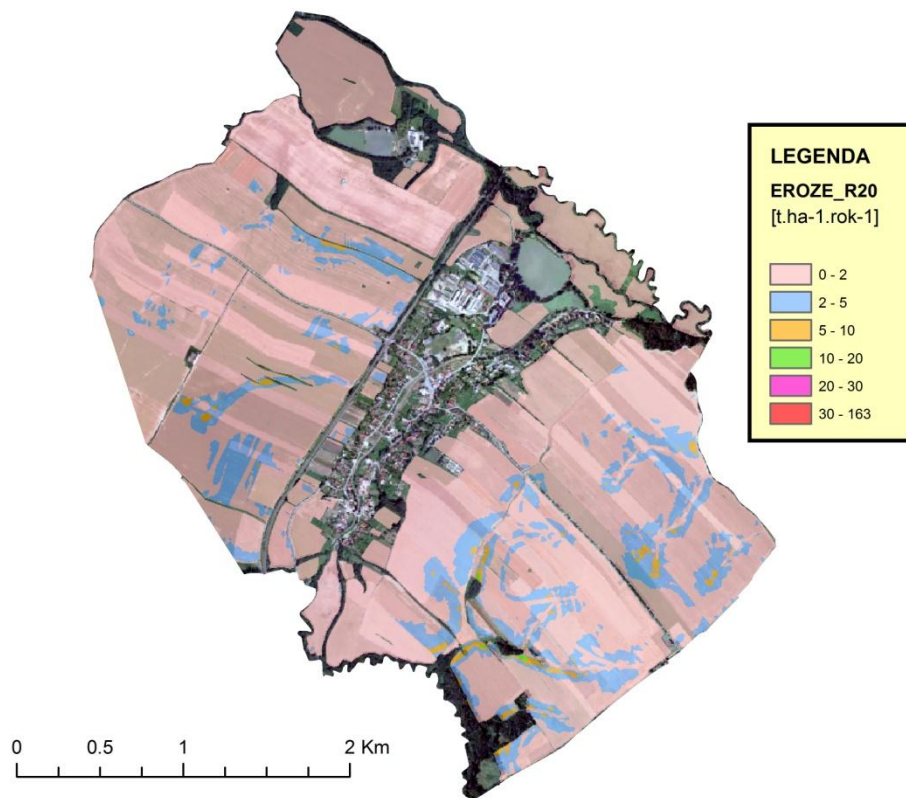
### 5.1 Výpočet erozního smyvu po návrhu PEO

Po návrhu prvků protierozní ochrany se zásadně změnila hodnota ochranného vlivu vegetace C faktoru. Na místech chráněných trvalým travním porostem (TTP, SDSO, ZP) C faktor nabývá hodnot 0,005. Na plochách, kde bylo navrženo vyloučení pěstování širokořádkových kultur, získal C faktor hodnotu 0,1.

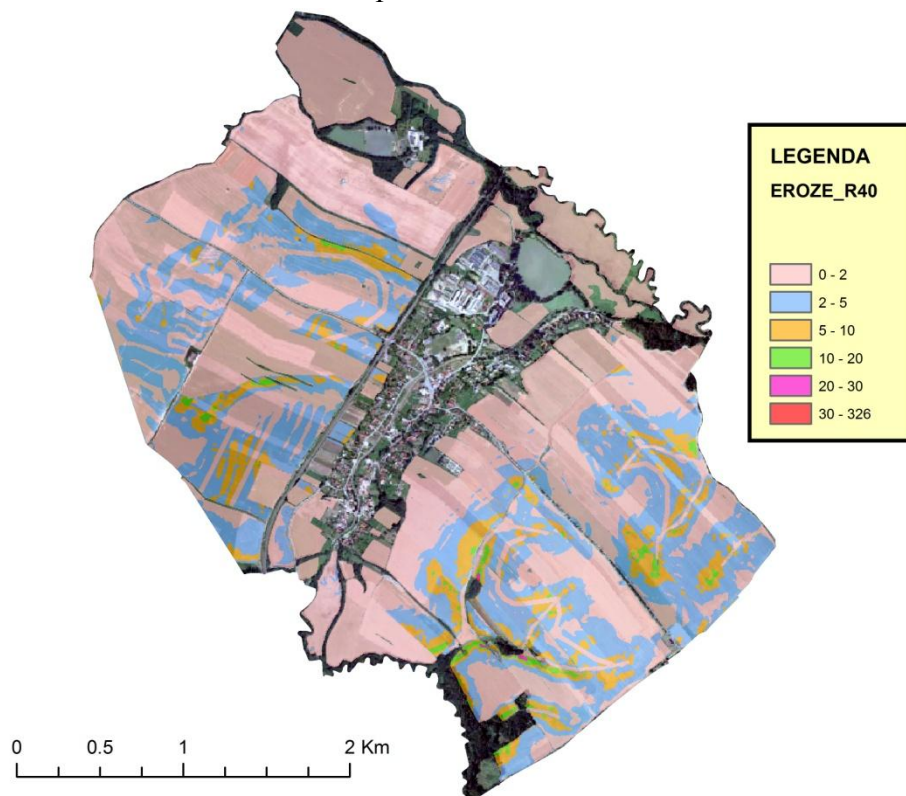


Obr. 23. Mapa C faktoru zájmového území po návrhu PEO.

S těmito novými hodnotami C faktoru byly vytvořeny nové rastry a následně opět podle rovnice Wischmeier-Smith přepočítán erozní smyv.



Obr. 24. Zobrazení erozního smyvu v zájmovém území pro hodnotu R faktoru 20 po návrhu PEO.



Obr. 25. Zobrazení erozního smyvu v zájmovém území pro hodnotu R faktoru 40 po návrhu PEO.

## 5.2 Vytvoření čísel odtokových křivek po návrhu PEO

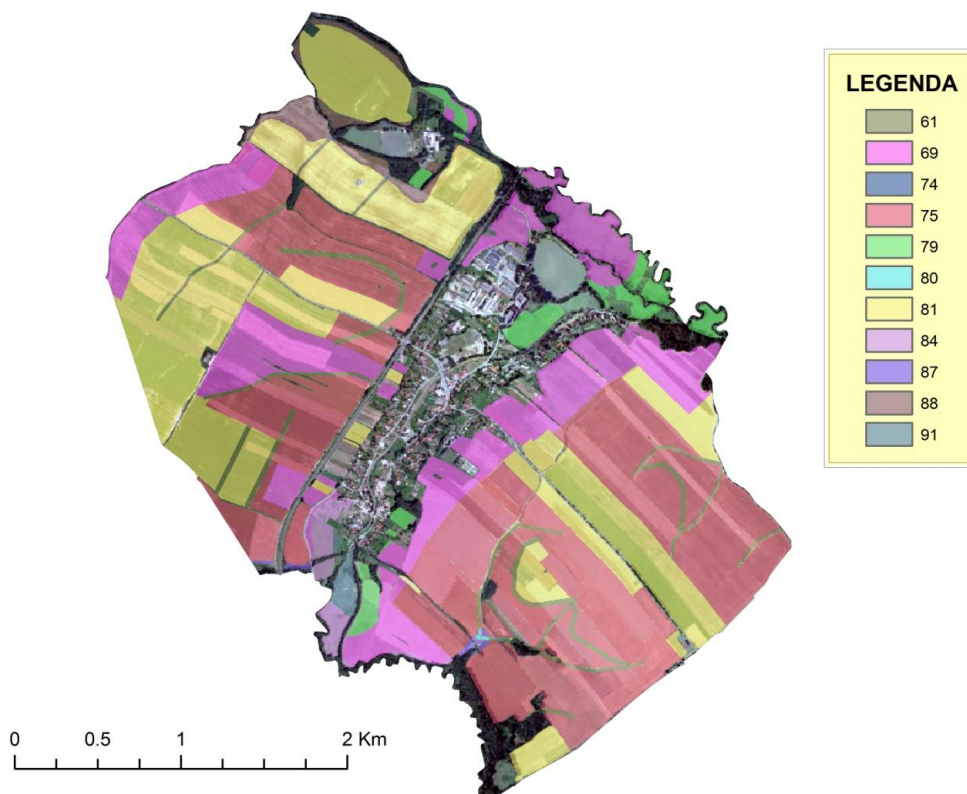
Nová rastrová vrstva CN byla opět vytvořena sloučením vrstev HSP a kompletního pokryvu.

Hodnoty „ID\_Kultura“ byly upraveny v atributové tabulce dle příslušných tabulek v závislosti na zvoleném protierozním opatření.

Tab. 15. Kódy protierozních opatření.

návrhy	161	Vyloučení pěstování erozně nebezpečných plodin	VENP
	171	Plošné trvalé zatravnění	TTP
	172	Stabilizace drah soustředěného odtoku	SDSO
	173	Zasakovací pásy	ZP

Následně podle předešlého postupu byly sloučeným kódům s typy HSP přiřazeny specifické hodnoty CN a vytvořena nová mapa čísel odtokových křivek CN, odkud bylo možné za pomoci funkce „Zonal Statistics“ zjistit nové průměrné hodnoty CN příslušných subpovodí, sloužící k výpočtu povrchového odtoku v modelu DESQ po návrhu PEO. [8]



Obr. 26. Mapa CN zájmového území po návrhu PEO.

## 5.3 Využití modelu DesQ po návrhu PEO

### 5.3.1 Vstupní hodnoty

Tab. 16. Vstupní hodnoty do programu DesQ po návrhu PEO.

Označení subpovodí	Plocha [ha]	Sklon svahu [%]	CN po návrhu PEO	Délka údolnice [km]	Sklon údolnice [%]
11	5.381	2.052	78.072	2.127	1.41
12	4.022	1.986	78.677		
21	2.239	4.706	74.386	1.335	2.1
22	3.206	4.902	71.119		
31	0.443	6.701	69.067	0.438	6.39
32	0.203	7.370	69.073		
41	3.368	4.171	75.505	1.257	1.83
42	3.584	3.801	76.395		
51	3.881	4.334	73.995	1.206	2.07
52	1.867	5.591	74.311		
61	2.387	3.709	74.345	0.889	2.25
62	1.794	3.362	76.792		
71	1.682	3.751	76.387	0.953	2.62
72	1.674	3.766	76.595		

### 5.3.2 Výstupní hodnoty

Tab. 17. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 1.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	1.88	0.951	0.933	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	14.8	6.39	8.43	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	27.8	12	15.9	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	3.08	1.33	1.75	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	20.3	8.75	11.5	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	34.8	15	19.8	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	4.72	2.02	2.69	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	25.2	10.9	14.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	41.1	17.7	23.4	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	7.25	3.12	4.1	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	31.2	13.5	17.7	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	48.1	20.7	27.4	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	9.47	4.08	5.36	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	35.7	15.4	20.3	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	53.8	23.2	30.6	$[10^3 \cdot m^3]$

Tab. 18. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 2.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	1.03	0.581	0.446	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	6.86	3.87	2.99	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	13.3	7.56	5.75	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	1.66	0.932	0.717	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	8.75	4.92	3.83	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	16.6	9.44	7.19	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	2.48	1.41	1.08	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	10.7	6	4.73	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	19.4	11	8.45	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	3.64	2.06	1.58	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	13.1	7.29	5.86	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	22.3	12.5	9.75	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	4.68	2.59	2.03	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	15	8.24	6.71	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	24.7	13.8	10.8	$[10^3 \cdot m^3]$

Tab. 19. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 3.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	0.158	0.053	0.105	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	531	177	354	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	1.33	0.443	0.886	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	0.253	0.083	0.166	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	672	224	448	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	1.66	0.553	1.11	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	0.367	0.119	0.238	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	813	271	542	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	1.92	0.64	1.28	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	0.514	0.171	0.342	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	955	319	637	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	2.16	0.719	1.44	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	0.639	0.212	0.423	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.07	0.356	0.711	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	2.37	0.789	1.58	$[10^3 \cdot m^3]$

Tab. 20. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 4.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	1.4	0.729	0.669	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	10	5.23	4.77	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	18.7	9.75	8.94	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	2.27	1.15	1.12	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	12.6	6.58	5.99	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	23.4	12.2	11.2	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	3.48	1.77	1.71	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	15.6	8.15	7.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	27.5	14.4	13.2	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	5.25	2.68	2.57	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	19.1	10	9.08	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	31.9	16.7	15.2	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	6.88	3.54	3.34	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	21.9	11.5	10.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	35.7	18.7	17	$[10^3 \cdot m^3]$

Tab. 21. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 5.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	$Q_{max}$	maximální průtok	0.989	0.32	0.669	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	7.95	2.58	5.37	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d5}$	14.5	4.7	9.82	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{max}$	maximální průtok	1.63	0.525	1.1	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	10.2	3.31	6.9	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d10}$	18.1	5.87	12.3	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{max}$	maximální průtok	2.47	0.792	1.65	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	12.6	4.08	8.51	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d20}$	21.3	6.89	14.4	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{max}$	maximální průtok	3.71	1.19	2.48	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	15.4	5.01	10.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d50}$	24.5	7.95	16.6	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{max}$	maximální průtok	4.79	1.53	3.24	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	17.6	5.71	11.9	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	27.3	8.85	18.4	$[10^3 \cdot m^3]$

Tab. 22. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 6.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	0.807	0.424	0.382	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	5.76	2.6	3.16	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d5</sub>	11.3	5.08	6.27	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
10	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	1.31	0.59	0.724	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	7.92	3.57	4.34	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d10</sub>	14.2	6.34	7.84	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
20	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	2	0.893	1.09	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	9.82	4.45	5.37	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d20</sub>	16.7	7.49	9.2	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
50	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	3.01	1.35	1.64	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	12.1	5.51	6.57	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d50</sub>	19.3	8.71	10.6	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
100	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	3.89	1.75	2.15	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	13.8	6.3	7.47	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d100</sub>	21.6	9.74	11.8	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]

Tab. 23. Výstupní hodnoty ze subpovodí č. 7.

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	0.865	0.436	0.429	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	4.64	2.33	2.31	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d5</sub>	9.5	4.77	4.74	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
10	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	1.4	0.707	0.697	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	5.91	2.97	2.94	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d10</sub>	11.9	5.96	5.92	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
20	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	2.16	1.07	1.07	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	7.32	3.68	3.64	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d20</sub>	14	7.03	6.98	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
50	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	3.24	1.63	1.6	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	8.98	4.51	4.47	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d50</sub>	16.3	8.17	8.11	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
100	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	4.21	2.14	2.07	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	10.2	5.13	5.08	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d100</sub>	18.2	9.13	9.06	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]

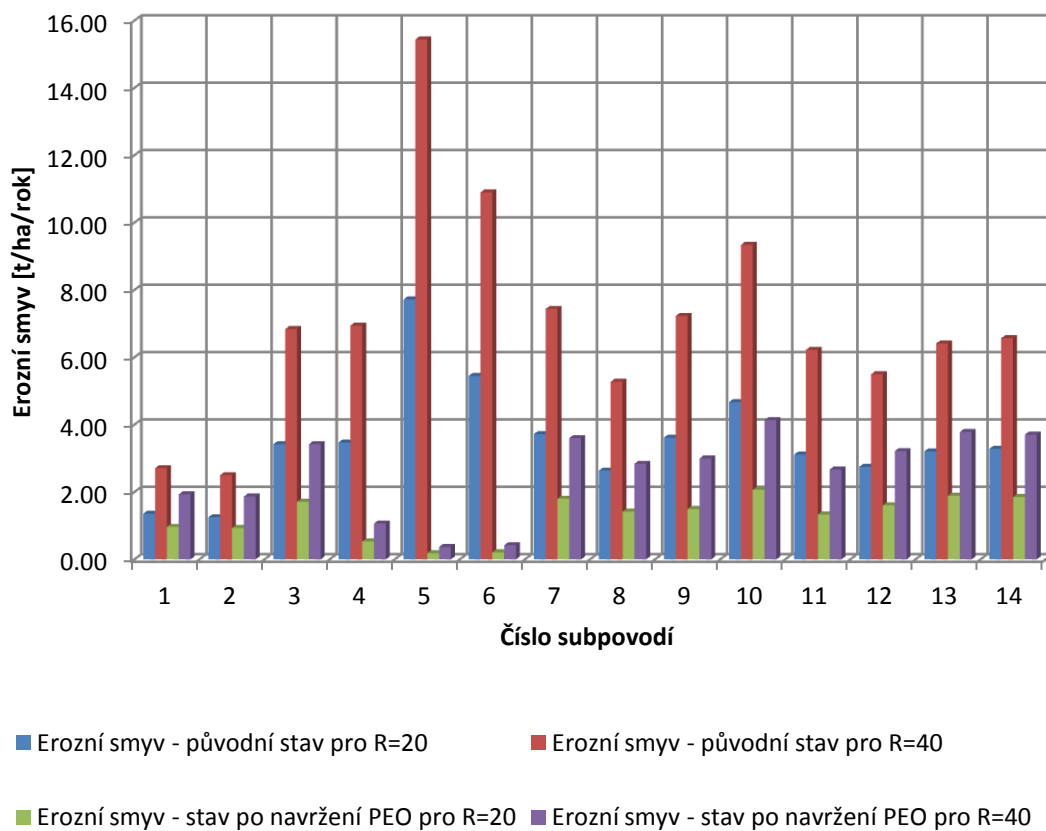


## 5.4 Srovnání erozního smyvu před návrhem a po návrhu PEO

Tab. 24. Srovnání erozního smyvu před návrhem PEO a po návrhu PEO ve vymezených subpovodích v [t/ha/rok].

SROVNÁNÍ EROZNÍHO SMYVU VE VYBRANÝCH SUBPOVODÍCH								
Číslo subpovodí	Označení subpovodí	Plocha subpovodí	Erozní smyv - původní stav pro R=20	Erozní smyv - původní stav pro R=40	Erozní smyv - stav po návržení PEO pro R=20	Erozní smyv - stav po návržení PEO pro R=40	Rozdíl hodnot pro R=20	Rozdíl hodnot pro R=40
		[ha]	[t/ha/rok]	[t/ha/rok]	[t/ha/rok]	[t/ha/rok]	[t/ha/rok]	[t/ha/rok]
1	11	5.056	1.354	2.708	0.966	1.932	0.388	0.776
	12	3.947	1.251	2.502	0.933	1.867	0.318	0.635
2	21	2.067	3.42	6.84	1.711	3.422	1.709	3.418
	22	3.076	3.471	6.943	0.533	1.065	2.938	5.878
3	31	0.428	7.72	15.44	0.185	0.370	7.535	15.070
	32	0.125	5.449	10.899	0.210	0.420	5.239	10.479
4	41	3.286	3.718	7.437	1.801	3.602	1.917	3.835
	42	3.304	2.637	5.275	1.418	2.837	1.219	2.438
5	51	3.708	3.614	7.228	1.498	2.996	2.116	4.232
	52	1.774	4.67	9.34	2.068	4.137	2.602	5.203
6	61	2.387	3.111	6.222	1.334	2.668	1.777	3.554
	62	1.784	2.748	5.496	1.608	3.215	1.140	2.281
7	71	1.633	3.206	6.411	1.891	3.782	1.315	2.629
	72	1.637	3.284	6.568	1.853	3.706	1.431	2.862

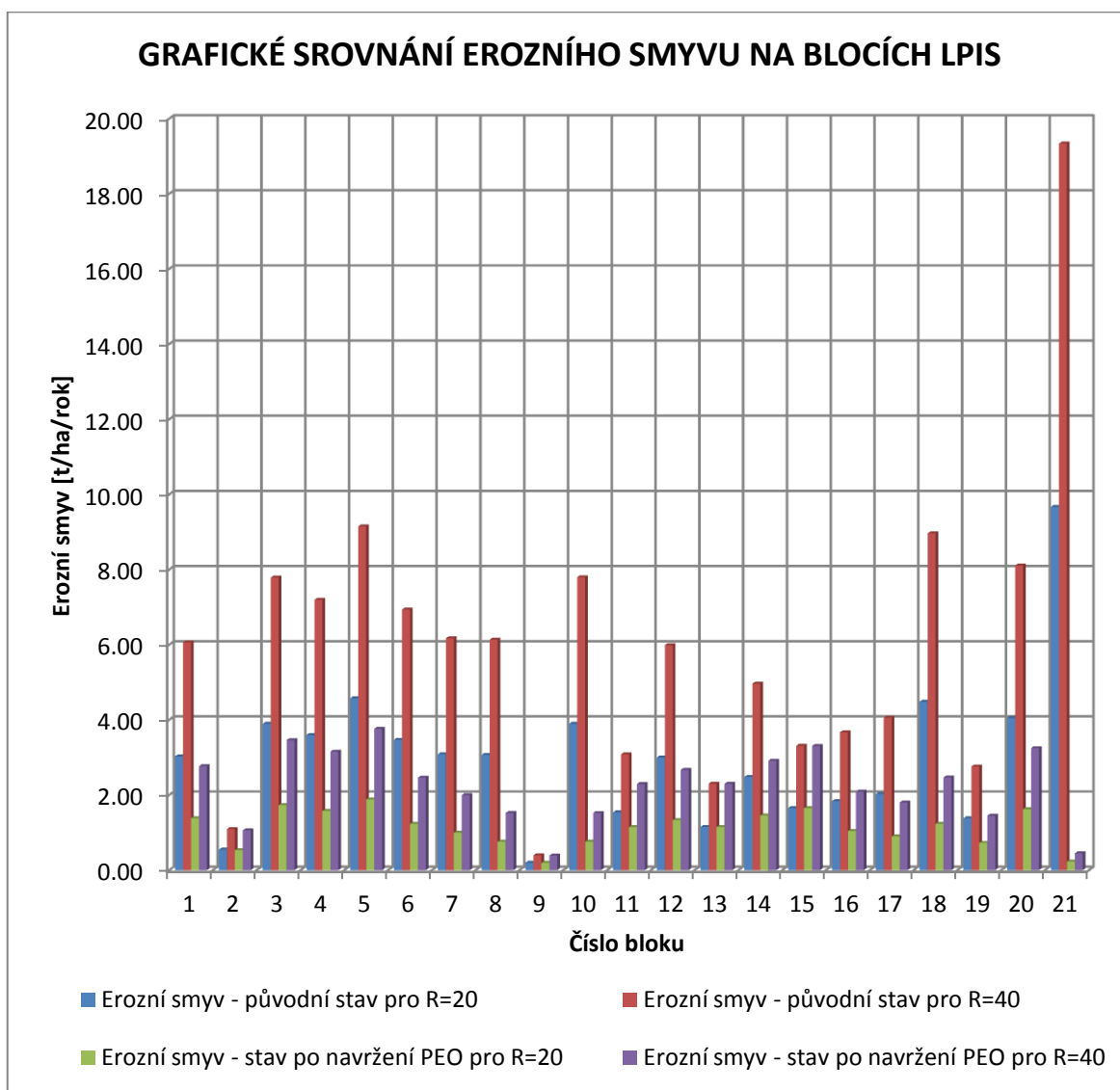
## GRAFICKÉ SROVNÁNÍ EROZNÍHO SMYVU VE VYBRANÝCH SUBPOVODÍCH



Graf 1. Srovnání erozního smyvu před a po návrhu PEO v subpovodích v [t/ha/rok].

Tab. 25. Srovnání erozního smyvu před návrhem PEO a po návrhu PEO na blocích LPIS o minimální ploše 1 ha v [t/ha/rok].

SROVNÁNÍ EROZNÍHO SMYVU NA BLOCÍCH LPIS								
Číslo bloku LPIS	Označení bloku LPIS	Plocha bloku LPIS [ha]	Erozní smyv - původní stav pro R=20 [t/ha/rok]	Erozní smyv - původní stav pro R=40 [t/ha/rok]	Erozní smyv - stav po návrhu PEO pro R=20 [t/ha/rok]	Erozní smyv - stav po návrhu PEO pro R=40 [t/ha/rok]	Rozdíl hodnot pro R=20 [t/ha/rok]	Rozdíl hodnot pro R=40 [t/ha/rok]
1	0	1.23	3.029	6.059	1.384	2.767	1.645	3.292
2	12	4.606	0.548	1.095	0.530	1.061	0.018	0.034
3	20	2.628	3.894	7.788	1.730	3.460	2.164	4.328
4	36	1.402	3.597	7.194	1.577	3.153	2.020	4.041
5	38	1.175	4.574	9.148	1.881	3.763	2.693	5.385
6	40	10.171	3.468	6.936	1.232	2.464	2.236	4.472
7	43	5.08	3.086	6.171	1.000	1.999	2.086	4.172
8	51	2.501	3.067	6.133	0.761	1.521	2.306	4.612
9	58	2.737	0.197	0.393	0.195	0.390	0.002	0.003
10	75	1.637	3.898	7.796	0.760	1.520	3.138	6.276
11	77	1.054	1.541	3.083	1.146	2.292	0.395	0.791
12	79	2.78	2.995	5.989	1.334	2.668	1.661	3.321
13	81	1.356	1.15	2.301	1.149	2.298	0.001	0.003
14	83	4.402	2.482	4.964	1.456	2.911	1.026	2.053
15	85	1.22	1.655	3.31	1.652	3.304	0.003	0.006
16	86	1.411	1.835	3.67	1.044	2.088	0.791	1.582
17	87	1.395	2.028	4.056	0.901	1.802	1.127	2.254
18	89	1.556	4.482	8.963	1.233	2.466	3.249	6.497
19	110	1.839	1.379	2.759	0.725	1.450	0.654	1.309
20	115	1.175	4.053	8.107	1.623	3.246	2.430	4.861
21	117	1.039	9.669	19.337	0.226	0.452	9.443	18.885

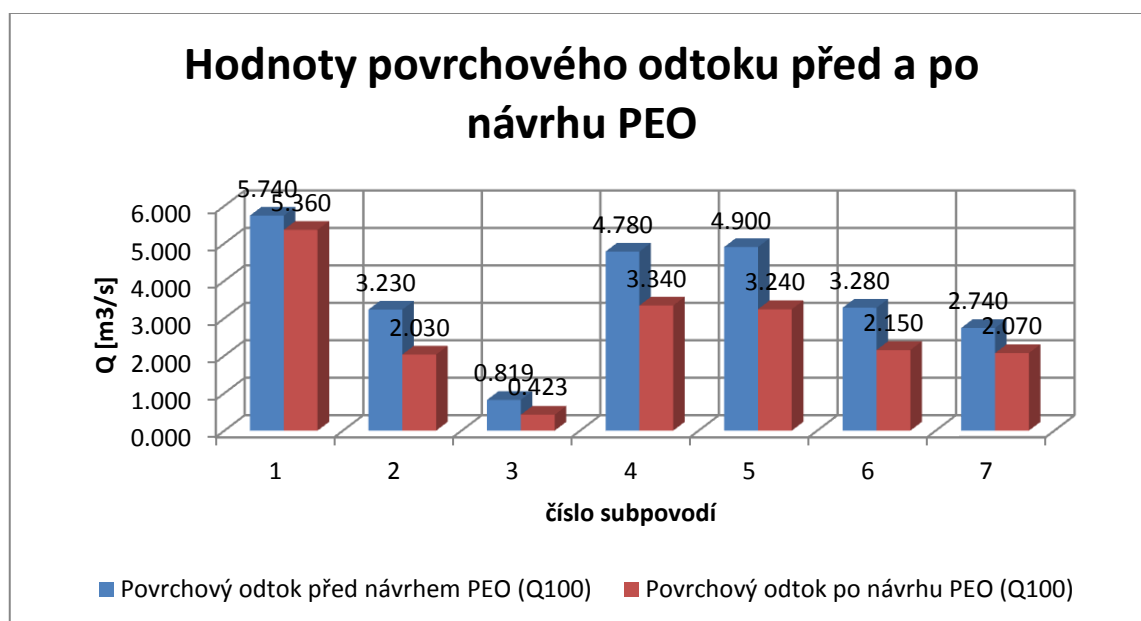


Graf 2. Srovnání erozního smyvu před návrhem PEO a po návrhu PEO na blocích LPIS o minimální ploše 1 ha v [t/ha/rok].

## 5.5 Srovnání povrchového odtoku před návrhem a po návrhu PEO

Tab. 26. Srovnání maximálních hodnot povrchového odtoku ( $Q_{100}$ ) před a po návrhu PEO.

SROVNÁNÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU PŘED A PO NÁVRHU PEO						
Číslo subpovodí	Označení subpovodí	Plocha subpovodí	Celková plocha subpovodí	Povrchový odtok před návrhem PEO ( $Q_{100}$ )	Povrchový odtok po návrhu PEO ( $Q_{100}$ )	rozdíl
		[ha]	[ha]	[ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	[ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	[ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]
1	11	5.056	9.003	5.740	5.360	0.380
	12	3.947				
2	21	2.067	5.143	3.230	2.030	1.200
	22	3.076				
3	31	0.428	0.552	0.819	0.423	0.396
	32	0.125				
4	41	3.286	6.590	4.780	3.340	1.440
	42	3.304				
5	51	3.708	5.482	4.900	3.240	1.660
	52	1.774				
6	61	2.387	4.171	3.280	2.150	1.130
	62	1.784				
7	71	1.633	3.270	2.740	2.070	0.670
	72	1.637				



Graf 3. Grafické srovnání povrchového odtoku před a po návrhu PEO v [ $m^3/s$ ].

## 6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo provedení analýzy odtokových a erozních poměrů v k. ú. Jeseník nad Odrou a návrh opatření, které povedou ke změnám charakteristik (C faktor, čísla CN) ovlivňující právě tyto poměry. Analýza a následný návrh protierozních opatření byly provedeny v prostředí ArcGIS a za pomoci programů DesQ a USLE 2D.

V lokalitě, kterou v minulosti postihly záplavy způsobené přívalovými dešti,

byl navržen systém přírodě blízkých protierozních a protipovodňových opatření, který má eliminovat nepříznivé účinky povrchového odtoku, přispět ke zlepšení stavu zemědělské půdy, k omezení škod na vegetačním pokryvu, k ochraně intravilánu před extravilánovými přívalovými vodami a v neposlední řadě také ke zlepšení ekologické stability krajiny a čistotě místních toků.

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

PEO	Protierozní opatření
BPEJ	Bonitované půdně ekologické jednotky
HPJ	Hlavní půdní jednotky
HSP	Hydrologické skupiny půd
EUC	Erozně uzavřené celky
SDSO	Stabilizace drah soustředěného odtoku
ZP	Zasakovací pásy
VENP	Vyloučení erozně nepříznivých plodin
TTP	Trvalý travní porost
DMT	Digitální model terénu
GIS	Geografické informační systémy
k. ú.	Katastrální území

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DUMBROVSKÝ, M., MILERSKI, R., Vodní hospodářství krajiny II, FAST VUT Brno 2005
- [2] <http://geoportal.gov.cz/web/guest/map?q=Jesen%C3%ADk+nad+Odrou>
- [3] CULEK, Martin. Biogeografické členění České republiky. Praha : ENIGMA, 1996. 347 s. ISBN 80-85368-80-3.
- [4] <http://www.turistika.cz/mista/>
- [5] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Luha\\_\(přítok\\_Odry\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Luha_(přítok_Odry))
- [6] JANEČEK, M. a kol. 2007. Metodika Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV Praha
- [7] Vyhláška 327/1998 Sb.
- [8] DUMBROVSKÝ, M., Geografické informační systémy, FAST VUT Brno 2009
- [9] ŘÍDKÁ, A., Návrh Komplexního systému opatření v ploše povodí jako podklad pro KPÚ Drnovice: Diplomová práce. VUT FAST Brno, 2009
- [10] <http://ms.sowac-gis.cz/mapserv/soopv/docs/analytickadata.html>
- [11] DUMBROVSKÝ, M., SOBOTKOVÁ, V., PAVLÍK, F., UHROVÁ, J., Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území české republiky, FAST VUT Brno 2009
- [12] MAZÁČOVÁ, L., Studie společných zařízení: diplomová práce. VUT FAST Brno, 2012
- [13] DOLEŽALOVÁ, R., Místní klima CHKO Poodří: Bakalářská práce. UP PF Olomouc, 2009
- [14] <http://www.vodavkrajine.cz/index.php/menu/4/24>



## 9 SEZNAM PŘÍLOH

LAYOUT (viz přiložené CD)

- L1 Mapa HPJ
- L2 Mapa HSP
- L3 Mapa hydrologických poměrů
- L4 Mapa záplavových území
- L5 Mapa K - faktoru
- L6 Mapa LS - faktoru
- L7 Mapa C – faktoru před návrhem PEO
- L8 Mapa erozního smyvu pro R=20 před návrhem PEO
- L9 Mapa erozního smyvu pro R=40 před návrhem PEO
- L10 Mapa čísel odtokových křivek CN před návrhem PEO
- L11 Mapa návrhu PEO
- L12 Mapa C – faktoru po návrhu PEO
- L13 Mapa erozního smyvu pro R=20 po návrhu PEO
- L14 Mapa erozního smyvu pro R=40 po návrhu PEO
- L15 Mapa čísel odtokových křivek CN po návrhu PEO
- L16 Mapa sklonových poměrů
- L17 Mapa Hypsometrie

VÝSTUPY Z DESQ (viz přiložené CD)

- S1 Hydrologická data ze subpovodí 1.
- S2 Hydrologická data ze subpovodí 2.
- S3 Hydrologická data ze subpovodí 3.
- S4 Hydrologická data ze subpovodí 4.
- S5 Hydrologická data ze subpovodí 5.
- S6 Hydrologická data ze subpovodí 6.
- S7 Hydrologická data ze subpovodí 7.