



**Stanovení ztráty půdy erozí a návrh protierozních  
opatření**  
Diplomová práce

*Vedoucí práce:*  
doc. Ing. Jana Kozlovsky Dufková PhD.

*Vypracoval:*  
Bc. Karel Gross



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Stanovení ztráty půdy erozí a návrh protierozních opatření vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů. (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou. (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce doc. Ing. Janě Kozlovsky Dufkové, PhD. za trpělivost, ochotu a cenné rady v průběhu tvorby této práce.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce na téma „Stanovení ztráty půdy erozí a návrh protierozních opatření“ se zabývá ztrátou půdy erozí z povodí Dolnodubňanského potoka. Nejprve je obecně popsáno, co je to eroze půdy, a jak se lze proti ní bránit. Další část je pak zaměřena na výpočet erozní ohroženosti ve zvoleném povodí. Tento výpočet je proveden pomocí Univerzální rovnice USLE pro stanovení dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí dle Wischmeiera a Smithe. Samotný výpočet byl pak proveden pomocí programů USLE2D, LS converter a ArcGIS. V závislosti na výsledném stupni erozního ohrožení jsou navržena protierozní opatření. Všechny vypočtené hodnoty jsou graficky znázorněny v mapových výstupech.

**Klíčová slova:** eroze, půda, USLE, ArcGIS, povodí Dolnodubňanského potoka

## **Abstract**

The thesis entitled "Determination of soil loss by erosion and erosion control measures proposal" deals with the calculation of soil loss by erosion from watershed of Dolnodubňanský stream. First, soil erosion is described generally and possibilities of erosion control measures. Next part is focused on the calculation of erosion risks in the mentioned watershed. The calculation is done using USLE according to Wischmeier and Smith. The calculation was then performed by programs USLE2D, LS converter and ArcGIS. Erosion control measures are then propose depending on the final stage of erosion hazard. All the calculated values are shown graphically in the map outputs.

**Keywords:** erosion, soil, USLE, ArcGIS, watershed of Dolnodubňanský stream

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>10</b>
2.1	PŮDA.....	10
2.2	POJEM EROZE .....	10
2.2.1	<i>Eroze na zemědělsky využívaných půdách</i> .....	10
2.3	DRUHY EROZE.....	11
2.3.1	<i>Vodní eroze</i> .....	11
2.3.2	<i>Formy vodní eroze</i> .....	12
2.3.3	<i>Větrná eroze</i> .....	12
2.4	OPATŘENÍ PROTI VODNÍ EROZI .....	13
2.4.1	<i>Organizační opatření</i> .....	13
2.4.1.1	Tvar a velikost pozemku .....	14
2.4.1.2	Delimitace druhů pozemků .....	14
2.4.1.3	Ochranné zatravnění .....	15
2.4.1.4	Ochranné zalesnění .....	15
2.4.1.5	Protierozní rozmísťování plodin .....	15
2.4.1.6	Protierozní oseední postupy.....	15
2.4.1.7	Pásové střídání plodin .....	16
2.4.1.8	Protierozní směr výsadby ve speciálních kulturách .....	16
2.4.2	<i>Agrotechnická opatření</i> .....	16
2.4.2.1	Agrotechnické operace po vrstevnici .....	17
2.4.2.2	Ochranné obdělávání půdy.....	17
2.4.2.3	Opatření při pěstování širokořádkových plodin .....	17
2.4.2.4	Protierozní pěstování řepky ozimé a obilnin.....	18
2.4.2.5	Hrázkování a důlkování povrchu půdy .....	18
2.4.3	<i>Agrotechnologie ve speciálních kulturách</i> .....	18
2.4.3.1	Zatravnění meziřadí .....	18
2.4.3.2	Krátkodobé porosty v meziřadí.....	19
2.4.3.3	Mulčování .....	19
2.4.4	<i>Technická opatření</i> .....	19
2.4.4.1	Terénní urovnávky .....	20
2.4.4.2	Terasy .....	20
2.4.4.3	Zasakovací pásy .....	20
2.4.4.4	Asanace drah soustředného povrchového odtoku .....	21
2.4.4.5	Asanace výmolů a strží .....	21
2.4.4.6	Terénní urovnávky .....	21
2.4.4.7	Protierozní meze .....	21
2.4.4.8	Protierozní cesty.....	22
2.4.4.9	Protierozní hrázky.....	22
2.4.4.10	Manipulační pásy .....	22
2.4.4.11	Protierozní průlehy.....	22
2.4.4.12	Protierozní příkopy .....	23

2.4.4.13	Protierozní nádrže .....	23
<b>3</b>	<b>CÍL PRÁCE.....</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>MATERIÁL A METODIKA .....</b>	<b>25</b>
4.1	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....	25
4.1.1	Lokalizace povodí .....	25
4.1.2	Geomorfologické podmínky .....	26
4.1.3	Geologické podmínky.....	26
4.1.4	Pedologické podmínky .....	26
4.1.5	Klimatické podmínky.....	26
4.1.6	Hydrologické podmínky .....	27
4.2	METODIKA .....	28
4.2.1	Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy.....	28
4.2.2	Jednotlivé faktory univerzální rovnice .....	29
4.2.2.1	Erozní účinnost přívalového deště – R.....	29
4.2.2.2	Erodovatelnost půdy – K.....	30
4.2.2.3	Topografický faktor – LS.....	30
4.2.2.4	Ochranný vliv vegetace – C .....	31
4.2.2.5	Účinnost protierozních opatření – P .....	32
4.3	PODKLADY PRO VÝPOČET EROZE.....	32
4.4	VÝPOČET OHROŽENOSTI ÚZEMÍ VODNÍ EROZÍ.....	33
4.4.1	Vykreslení hranice povodí.....	33
4.4.2	Způsob využití území .....	33
4.4.3	Digitální model terénu DMT.....	34
4.4.4	Vytvoření půdních bloků .....	34
4.4.5	Hydrologické poměry povodí .....	34
4.4.6	Sklonitost povodí.....	35
4.4.7	Erodovatelnost půdy – faktor K .....	35
4.4.8	Topografický faktor LS.....	35
4.4.9	Ochranný vliv vegetace – faktor C.....	36
4.4.10	Průměrná ztráta půdy G.....	36
4.4.11	Navržená protierozní opatření .....	37
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>38</b>
5.1	MAPOVÉ VÝSTUPY Z PROGRAMU ARCGIS .....	38
5.1.1	Hydrologická charakteristika .....	39
5.1.2	Faktor K.....	40
5.1.3	Sklonitost.....	41
5.1.4	Průměrný sklon odtoku .....	42
5.1.5	LS faktor.....	43
5.1.6	Faktor C.....	44
5.1.7	Průměrná dlouhodobá ztráta půdy před návrhem PEO .....	46

5.1.8	<i>Stupeň erozní ohroženosti</i> .....	47
5.2	NÁVRH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ .....	48
5.2.1	<i>Změna osevních postupů</i> .....	48
5.2.2	<i>Ochranné zatravnění</i> .....	49
5.3	ZHODNOCENÍ STAVU POVODÍ PO NÁVRHU PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ .....	50
5.4	DISKUSE .....	52
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÉ ZDROJE</b> .....	<b>56</b>
7.1	POUŽITÁ LITERATURA .....	56
7.2	INTERNETOVÉ ZDROJE .....	58
<b>8</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK</b> .....	<b>59</b>
8.1	OBRÁZKY .....	59
8.2	TABULKY .....	59
<b>9</b>	<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>10</b>



# 1 ÚVOD

Půda se řadí mezi nejcennější složky životního prostředí. Poskytuje nám potravu, a proto bychom se měli snažit chránit ji před poškozováním. Půda není jen něco neživého, ale obsahuje miliony mikroorganismů, které jsou velmi citlivé na změny. Půda vzniká z matečné horniny procesem vodní a větrné eroze. Přesto, při nesprávném hospodaření s půdou, ji může stejná eroze nenávratně poškodit.

Dnes je eroze celosvětový problém. Každý rok jsou erozí odneseny miliardy tun půdy, které se už nikdy nevrátí na své původní místo. Každý stát by si měl půdu chránit, a starat se o ni, jako by to byl poklad. Mnoho lidí bere půdu jako výrobní nástroj, který musí pracovat neustále na 100 %, ale pokud se stroj rozbije, lze ho opravit nebo koupit nový. Půdu si však koupit nemůžeme. I z tohoto důvodu se tímto problémem zabývá mnoho odborníků. Díky rozvoji moderních metod zkoumání eroze za pomoci softwarových programů, lze přesně stanovovat místa nejvíce ohrožená erozí, zjišťovat proč k ní dochází a navrhnout ochranná opatření.

## 2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1 Půda

Půda je nejsvrchnější část zemského povrchu a označujeme ji jako pedosféra. Tvoří jednu ze tří základních složek životního prostředí.. (Novotná a kol., 2001) Řadíme ji mezi obnovitelný přírodní zdroj, avšak její obnova probíhá velice pomalu a je často negativně ovlivňována.. (Matějček a kol., 2007) Půdotvorné procesy jsou dlouhodobé jevy, při kterých v součinnosti podnebí, rostlinných a živočišných organismů, topografie, matečné horniny a času vzniká půda. Vzniklá půda může být buď organická. (vzniklá z organické hmoty postupným ukládáním a přeměnou) nebo minerální. (vzniklá fyzikálním a chemickým zvětráváním hornin). (Rajchard a kol., 2002)

### 2.2 Pojem eroze

Eroze je původně lékařský pojem, který byl poprvé použit v dnešním slova smyslu v roce 1774. (Smrček, 2011) Pojem eroze. (z latinského slova *erodere*) označuje činnost vody, větru nebo ledu, která spočívá v rozrušování a odnosu půdní hmoty a v jejím přemísťování do jiných poloh. Tam se tyto hmoty ukládají. (akumulují) ve formě nánosu. Činnost eroze, která neustále přetváří půdní reliéf, probíhá za neporušených přírodních podmínek. (zejména vegetačních) celkem pomalu a zpravidla i zcela neškodně, a k výraznějšímu eroznímu odnosu většinou nedochází.. (Cabík a Jůva, 1963) Eroze, jako přírodní jev, je hlavně morfogenetickým jevem, který je dán klimatem, geomorfologickými poměry, substrátem i antropogenními zásahy.. (Buzek, 1983) Hlavní příčinou nadměrné eroze je tedy člověk a jeho nevhodně postupy v zemědělství.

#### 2.2.1 Eroze na zemědělsky využívaných půdách

Jak uvádí Tlapák a kol.. (1992), eroze půdy je celosvětový problém. Jako nepřetržitý proces formování a tvarování půdního reliéfu, probíhá v různém rozsahu a intenzitě. Činitele, které se na erozi podílejí, rozdělujeme na přírodní a antropogenní.

Zrychlená eroze zemědělských půd má výrazně negativní vliv na produkční i mimoprodukční funkce zemědělských půd. Protože se eroze na zemědělsky obhospodařovaných půdách projevuje zejména smyvem půdy a povrchovým odtokem

ze zemědělských pozemků, má za následek i mnohamilionové škody v intravilánech přilehlých měst a obcí.. (Janeček a kol., 2012) Ochuzováním půdy o ornici, která tvoří nejúrodnější část půdy, dochází ke zhoršování fyzikálních vlastností půd, tedy ke zhoršování struktury poškozováním půdních agregátů, celkovému zmenšování mocnosti půdního profilu, snižování propustnosti pórů i ke zvyšování šterkovitosti. Eroze půdy má vliv i na chemické vlastnosti, a to zejména v důležitých oblastech snižování obsahu organické hmoty a humusu, snižování obsahu minerálních živin v půdě a obnažování podorničí s nízkou přirozenou úrodností a vyšší kyselostí. (Janeček a kol., 2002) V této problematice je třeba zohlednit i fakt, že jakmile jednou dojde k degradaci půdy, stává se její náprava drahou a časově náročnou. Jednodušší, ale i ekonomičtější je půdu chránit a omezovat její ztráty.. (Janeček a kol., 2008)

## **2.3 Druhy eroze**

Podle erozních činitelů členíme erozi na vodní (akvatickou), větrnou (eolitickou), ledovcovou (glaciální), sněhovou (nivální) atd. Tyto druhy eroze vznikají převážně na svazích, s výjimkou větrné eroze. Je možné je dále třídit dle jejich intenzity, původu, vývoje a možnosti ochrany a prevence. (Janeček a kol., 2002)

### **2.3.1 Vodní eroze**

Vodní eroze je způsobena mechanickou silou povrchové vody. Jako první na půdní povrch dopadají dešťové kapky s určitou kinetickou energií a dochází k tzv. kapkové erozi. Ve chvíli, kdy půda nestačí vsáknout všechnu vodu, začíná dešťová voda stékat po povrchu a eroze se mění na plošnou. (Šarapatka a kol., 2002) Při větším množství stékající vody začne být odtok soustředěný. Výskyt erozního smyvu vodou je vázán na průměrné roční srážky. Ve velmi suchých oblastech, kde průměrné roční srážky nepřekročí hodnotu 250 mm, není erozní smyv tak častý. Při srážkách nad 380 mm brzdí erozi zhuštěná vegetace. Nejvyšší intenzity dosahuje eroze v oblastech, kde jsou průměrné roční srážky v rozmezí 250 až 380 mm. Oblasti aridní bývají častěji postiženy výmolnou erozí, protože srážky jsou krátké a intenzivní a umožňují odnos větších zrn. V humidnějších oblastech převládá plošný odnos jemných částic suspendovaných ve vodě. (Janeček, 2008) Nejkritičtější částí roku je období červen až srpen, kdy se odehrává 80 % všech erozně nebezpečných dešťů. (Vopravil a kol., 2013)

### 2.3.2 Formy vodní eroze

Srážky způsobují erozi nejen na povrchu půdy, ale i pod ním. Povrchová eroze se dále dělí podle typu odtoku vody na plošnou (plošný odtok) a výmolnou (soustředěný odtok), přičemž přechod mezi nimi je pozvolný.

Při plošné erozi dochází k rozrušení a smyvu rovnoměrně a je vyplavena především jemnozrnná frakce, která se usazuje pod svahelem, a některé lehčí částice jsou odnášeny až do vodoteče. Odnos jemnozrnné frakce se projeví změnou textury a obsahu živin, zhoršením fyzikálních a chemických vlastností půdy, což vede v konečném důsledku ke snížení odolnosti vůči vodní a větrné erozi. Ke zjištění plošné eroze lze využít letecké snímky, ze kterých je patrná změna barvy půdy. Během vegetačního období, kdy nelze změnu barvy sledovat, dokládá erozi nestejný vývoj vegetace. Kromě těchto viditelných změn je také možné erozi zjistit pomocí kopané sondy, která odhalí změnu v kvalitě půdy a akumulaci jemných částic.

Pro výmolnou erozi je typický vznik zářezů v členitém terénu a na dlouhých svazích, které se postupně prohlubují. Podle intenzity se dělí na rýžkovou a brázdovou, rýhovou, výmolnou a stržovou. (Novotný a kol., 2014)

Pod povrchem voda způsobuje tunelovou erozi, při které vymílá chodby nad nepropustným podložím. Konečným stadiem je otevřená erozní rýha. (Jones a kol., 2003)

### 2.3.3 Větrná eroze

Větrná eroze je přírodní jev, při kterém vítr působí na půdní povrch svou mechanickou silou, která rozrušuje půdu, a tím uvolňuje půdní částice. Ty jsou uvedeny do pohybu a unášeny na různou vzdálenost, kde se po snížení rychlosti větru ukládají. (Janeček a kol., 2012)

Podstatným faktorem ovlivňujícím průběh větrné eroze je stav a povaha půdy a odpor půdních částic. Ten je dán, mimo jiné, především vlhkostí a strukturou půdy, drsností půdního povrchu a rostlinným krytem, který při ochraně půdního povrchu před dynamickými účinky větru sehrává klíčovou roli. Po rychlosti větrného proudu jsou tedy z dalších klimatických činitelů, které rozhodují o větrné erozi, významné

především srážky a teplota vzduchu. Významným faktorem je také délka erodovaného území. Čím je území delší ve směru působení větru, tím se uvolňuje větší množství částic. (Janeček a kol., 2012) Cablík a Jůva (1963) uvádí, že prst' bývá odvívána zvláště silně na stepních, původně zatravněných územích, která byla později zorána a přeměněna v pole. Větrnou erozi tedy přímo ovlivňují zejména faktory meteorologické a půdní, které jsou zesilovány nebo tlumeny přímými zásahy člověka. (Podhrázká a Dufková, 2005)

Tato diplomová práce se zabývá pouze vodní erozí, proto budou dále rozebrány pouze opatření zabraňující tomuto typu eroze.

## **2.4 Opatření proti vodní erozi**

Těmito opatřeními lze chránit zemědělskou půdu před erozí. Opatření se realizují na základě potřeby snížení ztráty půdy na příslušnou mez a také se zohledňuje ochrana objektů. Jedná se o vodní zdroje, toky a nádrže, komunikace, intravilány obcí apod. Současně se respektují zájmy vlastníků a uživatelů dotčených pozemků, tvorby krajiny, životního prostředí i ochrany přírody. Nejčastěji se protierozní opatření navrhuje jako soubor organizačních, agrotechnických. (vegetačních) a technických opatření. (Janeček a kol., 2012)

### **2.4.1 Organizační opatření**

Základem těchto opatření je situování pozemků delší stranou ve směru vrstevnic, dále volba vhodné velikosti a tvaru pozemku a také vymezení parcel vodných ke změně druhů pozemků. Organizační opatření by měla být navrhována v součinnosti s ostatními protierozními opatřeními. Jejich povaha předpokládá fungující spolupráci a zainteresovanost hospodařících subjektů. (Janeček a kol., 2012) Dle Podhrázké a Dufkové. (2005) můžeme zásadní změnu v rozmístování plodin očekávat pouze při realizaci pozemkových úprav, kterými se docílí optimálního funkčního a prostorového uspořádání pozemků. Zásahy organizačního charakteru, vycházející především ze znalostí příčin erozních jevů a ze zákonitostí jejich rozvoje, vyúsťují v následující obecné protierozní zásady:

- včasný termín výsevu plodin,

- výsev víceletých píceň do krycí plodiny,
- posun podmítky do období s nižším výskytem přívalových dešťů, tzn. na září
- zařazování bezorebně setých meziplodin,
- rozmístění plodin podle svažitosti pozemku.

#### **2.4.1.1 Tvar a velikost pozemku**

Za nejvhodnější tvar pozemku se považuje obdélník nebo rovnoběžník, jehož delší strana je ve směru obdělávání, a vnitřní úhly mají 50 až 60°. Jako optimální poměr šířky a délky se uvádí poměr 1:2 až 1:3. (Holý, 1978) Vhodná velikost pozemku je dána zpravidla dvěma skupinami faktorů, a to faktorů přírodních (upřednostňují vytváření menších půdních celků) a ekonomických (naopak upřednostňují vytváření větších půdních celků). Proto je dodržení nejvhodnější velikosti pozemku velice obtížné a v konkrétních případech budou mít rozhodující vliv místní podmínky. Je také žádoucí, aby rozměry pozemku orné půdy ve směru sklonu nepřevyšovaly přípustnou délku stanovenou výpočtem přípustné ztráty půdy erozí. Při novém návrhu uspořádání pozemků je nutné respektovat i další faktory, jako je homogenost půdních vlastností a mechanizační přístupnost. Velikost a tvar pozemku v praxi často určují místní geografické poměry, požadavky na přístupnost pozemků a způsob hospodaření na půdě. Doporučují se půdní bloky o velikosti do 50 ha v rovinných územích a do 20 ha ve členitých územích. (Janeček a kol., 2008)

#### **2.4.1.2 Delimitace druhů pozemků**

Delimitace druhů pozemků se chápe jako prostorová a funkční optimalizace pozemku sloužící k pěstování jednotlivých kultur. Představuje členění v rámci organizace půdního fondu na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice. V rámci této optimalizace je nutno především vymezit funkční zaměření, které je na lokalitách ohrožených erozí protierozní a vodoochranné. (Podhrázská a Dufková, 2005)

### **2.4.1.3 Ochranné zatravnění**

Trvale zatravnňujeme půdy, které nelze velkovýrobně obhospodařovat, není výhodné je zalesnit nebo jsou výrazně ohroženy erozí. Zatravnňujeme také v případě nepravidelných útvarů v polních tratích ohrožených erozí, pohyblivých písčitých půd, navážek, průmyslových výsypek apod. (Holý, 1978)

### **2.4.1.4 Ochranné zalesnění**

Zalesnění se užívá jako plošné nebo jako ochranné lesní pásy. Zapojený hustý les s vrstvou hrabanky na půdě a s bohatým bylinným patrem poskytuje vysokou protierozní ochranu půdy. (Janeček a kol., 2008) Do lesního půdního fondu je třeba převést půdně-ekologické jednotky na svazích větších jak 17°. Dále gleje organozemní, různé hydromorfní a semihydromorfní půdy. Tyto půdy jsou z hlediska porušení vodního režimu, z hlediska obhospodařování nevhodné pro zemědělské využití. (Podhrázká a Dufková, 2005)

### **2.4.1.5 Protierozní rozmíst'ování plodin**

Pěstování plodin, které nedostatečně chrání půdu před erozí, je vhodné na rovinných nebo mírně sklonitých pozemcích. Nejvyšší protierozní účinek mají travní porosty, dále jetel, vojtěška, ozimé obilniny, jarní obilniny, ozimá řepka, hrách a nejnižší protierozní účinek mají okopaniny (slunečnice, brambory, cukrovka, kukuřice). Na pozemcích ohrožených erozí je možno obilninami osévat celé pozemky, zatímco širokořádkové plodiny je nutno doplnit použitím vrstevnicových pásů okopanin a víceletých píceň. (Janeček a kol., 2008)

### **2.4.1.6 Protierozní osevní postupy**

Jedná se o protierozní uspořádání pozemků a plodin, zejména organizaci a strukturu plodin. Protierozní osevní postupy se navrhují převážně na silně svažitéch pozemcích, ve velmi sklonitém a členitém terénu. Pozemky silně ohrožené je třeba zařadit do samostatného osevního postupu a zajistit rostlinný kryt pozemku po celý rok (Podhrázká a kol., 2009)

#### **2.4.1.7 Pásové střídání plodin**

Pásové střídání plodin spočívá ve střídání různě širokých pásů plodin s vyšším protierozním účinkem (obilniny, píce) s pásy plodin, které jsou erozí snadno ohrožené (kukuřice, brambory). Pásové střídání by měly směřovat po vrstevnicích a jejich účinek může poskytovat až 100% ochranu před erozí. Mohou být stejně široké nebo se navrhuje o různé šířce. Zohledňuje se erozní ohroženost chráněné plodiny, tvar svahu pozemku a velikost sklonu. Šíře pásů s plodinami dostatečně chrání půdu před erozí volíme dle protierozního účinku pěstovaných plodin. (Novotný a kol., 2014)

#### **2.4.1.8 Protierozní směr výsadby ve speciálních kulturách**

Sady a vinice se budují v rovných řadách výsadby a směr těchto řad ovlivní agrotechnické zásahy v meziřadích a erozní ohroženost. V mírně členitém terénu je vhodné překonat podélným sklonem údolnicí a zamezit soustředování odtoku na pozemku volbou směru výsadby v podélném sklonu šikmo k vrstevnici (max. 30 %). Voda odtéká meziřadím na okraj pozemku do technického opatření. Docílí se tak zvýšení vsaku, snížení povrchového odtoku a eroze. (Podhrázská a kol., 2009)

#### **2.4.2 Agrotechnická opatření**

Agrotechnická protierozní opatření jsou založena zejména na zkrácení času, kdy je půda bez vegetačního pokryvu na minimum, protože v tomto období nejvíce podléhá erozi. Rizikovým obdobím z hlediska vodní eroze je zvláště období nejčastějšího výskytu přívalových dešťů (červen – srpen). K protierozní ochraně půdy v tomto období lze však cíleně využívat posklizňové zbytky plodin a biomasu meziplodin, které se na pozemcích v této době přirozeně vyskytují. (Janeček a kol., 2012) Ideální je ponechat min. 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy. Takto zdrsňený povrch pozemku zpomaluje povrchový odtok a zlepšuje vsakování spadlých srážek. V případě mulčování částečně zapravujeme posklizňové zbytky kypřiči s pasivními pracovními orgány (radličkové a dlátové kypřiče, šípové podřezávače) a kypřiči s rotačními pracovními orgány. (Podhrázská a Dufková, 2005)



### **2.4.2.1 Agrotechnické operace po vrstevnici**

Provádění agrotechnických operací (setí/sázení, orba, ostatní kultivace a sklizňové práce) po vrstevnici nebo s malým odklonem od vrstevnic přispívá k ochraně proti erozi. (Novotný a kol., 2014) Nejdůležitější je orba, při které je otočnými pluhů půda překlápěna proti svahu, čímž se omezují ztráty půdy sesouváním. (Toman, 1996) Pokud se provádí další agrotechnické operace stejným způsobem (konturově), dochází tak k dalšímu poklesu erozních účinků. Vrstevnicové obdělávání je podmíněno možnostmi použití mechanizačních prostředků pro práci na svahu. (Novotný a kol., 2014)

### **2.4.2.2 Ochranné obdělávání půdy**

Do této skupiny protierozních opatření řadíme obdělávání a pěstování plodin, při kterém na půdním povrchu zůstává minimálně 30 % rostlinných zbytků. Jedná se tedy o redukované obdělávání, slučování a snižování počtu operací a ochranný pokryv rostlinnými zbytky. Místo tradiční orby se půda pouze kypří kypřiči. Při bezorebném zpracování strništních ploch se posklizňové zbytky zapravují do půdy jen částečně a vytváří se nastýlka. (mulč) Podstatou tohoto způsobu obhospodařování je, že se půda nepřeklápí, ale drobí. Výhodou opatření je zvýšení vlhkosti, lepší infiltrace, snížení výparu, minimalizace vzniku půdního škraloupu, snížení počtu pojezdů a energie. Nevýhodou je zvýšení zapevlení, nutnost používání herbicidů, nárůst škůdců a chorob, potřeba výkonnější mechanizace, odčerpání živin z vláhy meziplodinami. (Janeček a kol., 2008)

### **2.4.2.3 Opatření při pěstování širokořádkových plodin**

Jedná se zejména o pěstování kukuřice a slunečnice, jejichž výsev se provádí do mulče. Ochranný vliv závisí na stupni pokrytí mulčem, výšce a rovnoměrnosti pokrytí. Existuje několik způsobů setí do mulče, a to přímé setí do meziplodiny, přímé setí do celoplošně zkypleného strniště, přímé setí do mulče z posklizňových zbytků předplodiny, setí s ochrannou podplodinou.

Další půdoochrannou technologií je pěstování slunečnice a kukuřice s obilnými pásy. Toto opatření je pouze nouzové řešení proti erozi. Jedná se o setí obilných pásů po vrstevnicích, s vzdáleností od sebe cca 20 až 40 m podle stupně erozního ohrožení. (Janeček a kol., 2012)

#### **2.4.2.4 Protierozní pěstování řepky ozimé a obilnin**

Setí ozimé řepky se provádí do mulče secím strojem s kotoučovými secími botkami. Jako mulč se používá chemicky umrtvený porost jílku jednoletého, v podobě strniště. V praxi se ke snížení eroze využívá setí ozimé obilniny po řepce s mělkou podmítkou, setí jarních obilnin a luskovin po řepce či obilnině bez orby s využitím strniskové meziplodiny a specializace pracovních postupů. (Janeček a kol., 2012)

#### **2.4.2.5 Hrázkování a důlkování povrchu půdy**

Účelem hrázkování meziřadí a důlkování povrchu půdy je zabránění vzniku povrchového odtoku vytvořením dostatečných prostor pro spadlé srážky přímo na pozemku. Obě technologie se realizují speciálními stroji - hrázkovačem nebo důlkovačem.

Hrázkování meziřadí se využívá u širokořádkových plodin, které se pěstují v hrůbcích. Hrázkováním meziřadí po setí či sázení a případných oborávkách se vytváří na pozemku nádržky na zachycení spadlých srážek, takže povrchový odtok je silně omezen a nedochází ke smyvu půdy z pozemku. Nahrnuté hrázky zadrží na pozemku se sklonem 2° - 8° dešťové úhrny 25 – 35 mm. Vlivem opakovaných srážek, momentální půdní vlhkosti a s ohledem na nerovnosti terénu se doporučuje použít technologii s hrázkováním meziřadí na svahy do 7° při maximální délce pozemku 300 m.

Důlkování povrchu půdy lze využít u všech širokořádkových plodin s tím, že účinnost tohoto opatření je nižší než u hrázkování. (Dufková, 2007)

### **2.4.3 Agrotechnologie ve speciálních kulturách**

#### **2.4.3.1 Zatravnění meziřadí**

Účelem zatravnění meziřadí v erozně ohrožených sadech, vinicích a chmelnicích, je zajištění vegetačního krytu půdy plodinou s vysokým protierozním účinkem. Navržené opatření odstraní vodní erozi na téměř na úrovni TTP. Z protierozního pohledu je použití zatravnění všech meziřadí vhodné ve sklonech 7°- 12°, při půdách nepropustných a snadno erodovatelných již od sklonu 4°. Tráva meziřadí je opakovaně (4-8x) sežínána a s výhodou ukládána na povrch půdy v příkmeném pásu jako

nastýlka. Trvalé zatravnění lze navrhnout pouze tam, kde roční úhrn srážek činí 400-800 mm. (Podhrázká, Dufková, 2005)

#### **2.4.3.2 Krátkodobé porosty v meziřadí**

Pěstování podkultury je možno aplikovat u všech meziřadí nebo pouze u některých meziřadí s přihlédnutím ke směru výsadby. Pro podkultury lze použít různé druhy plodin v čistém porostu nebo i směsi. Termíny výsevu a zaorání podkultury se řídí jejím druhem. Ve vhodných podmínkách je možné využít bezorebného setí. Případné zaorání je nutno provést v období bez přívalových dešťů (říjen – březen). Přínosem opatření je i obohacení půdy o organickou hmotu. Minimální šířka pásu podkultury v meziřadí se doporučuje 2 m. (Dufková, 2007)

#### **2.4.3.3 Mulčování**

Mulčování (nastýlání) půdy ve vinicích a sadech spočívá v zajištění nastýlky, organické hmoty v tloušťce 10-20 cm. Při dočasném nastýlání se dává vrstva 10-15 cm po ukončení jarních prací a na podzim se zaorá. Trvalé nastýlání spočívá v přidávání organické hmoty tak, aby její výška zabránila prorůstání plevelů, tj. asi 20 cm. Mulčování výrazně omezuje erozi, zmenšuje nebo vylučuje potřebu kultivace, snižuje výpar, zvyšuje vsak. Doporučuje se na erozně ohrožených pozemcích sadů a vinic, především ve sklonu 7°-10°. (Podhrázká, Dufková, 2005)

#### **2.4.4 Technická opatření**

Technická opatření v povodí se navrhují jako základní prvek komplexního systému protierozních opatření zejména na pozemcích, kde nepříznivé důsledky povrchového odtoku ohrožují zastavěnou část obce. Jejich základní účinnost se zvyšuje v kombinaci s protierozními opatřeními organizačního a agrotechnického charakteru. (Janeček a kol., 2012) Technická protierozní opatření slouží k vyrovnání terénních příčných nerovností a snížení podélného sklonu velmi svažitéch pozemků, k ochraně pozemků před tzv. „cizí“ vodou, např. přitékající z lesních porostů na zemědělskou půdu, k neškodnému odvedení povrchových vod z povodí, k retardaci povrchového odtoku a zachycování smyté zeminy. (Janeček a kol., 2002)

#### **2.4.4.1 Terénní urovnávky**

Při terénních urovnávkách jde především o odstranění nerovností přesunem zeminy, čímž dochází ke snížení příčného sklonu jednotlivých částí pozemku, omezení možnosti soustředování povrchového odtoku a vzniku rýhové eroze. Terénní urovnávky je možné provádět jen na hlubokých půdách. (Dufková, 2007)

#### **2.4.4.2 Terasy**

Na extrémně svažitéch pozemcích o sklonu vyšším než 20° na hlubokých až velmi hlubokých půdách lze použít jako protierozní opatření terasování. Terasování umožňuje využívat pozemky, které pro velký sklon a členitost by nebylo možné současnými formami zemědělské výroby jinak efektivně využívat. Jejich zřízení je velkým zásahem do geologie, geomorfologie, pedologie i biologie krajiny a mohou být narušeny přirozené ekologické mechanismy, jejichž rozsah lze i dnes těžko předvídat. Z tohoto důvodu je nutno terasy považovat za krajní řešení protierozní ochrany. (Janeček a kol., 2002) Terasy je možno dělit dle vlastního technického spořádání na čtyři základní typy a to: úzké vrstevnicové, úzké paralelní, široké a terasové dílce. Šířka terasové plošiny, u úzkých teras, je volena tak, aby terasa byla průjezdná pro běžné mechanizační prostředky. Na jedné terase se umísťuje pouze jedna řada stromků nebo keřů, které se umísťují na hranu terasy nebo do její těsné blízkosti. Široké terasy umožňují na jedné terasové plošině výsadbu několika řad kultur. U paty a hrany terasy je ponechán volný prostor (min. 3 m) pro průjezd mechanizačních prostředků. Terasové dílce jsou pozemky se zmírněným a vyrovnaným sklonem obdélníkového tvaru, které jsou nejčastěji omezeny terasovým svahem z jedné nebo dvou stran. Umožňují všestranné zemědělské využití podle ekologických podmínek zájmového území. (Pasák a kol., 1984)

#### **2.4.4.3 Zasadovací pásy**

Zasadovací pásy, spolu se zatravněnými údolnicemi jsou účinné liniové prvky protierozní ochrany. Navrhují se buď na svažitéch pozemcích podél vrstevnic, kde se střídají s plodinami nedostatečně chránícími půdu před erozí, nebo se budují podél nádrží nebo vodotečí k zabránění vzniku erozních smyvů. Záchytná účinnost pásu je závislá na charakteru vegetačního krytu, půdě, vlhkosti půdy, sklonu svahu, šířce pásu a

intenzitě přívalového deště. Účinnost zasakovacích pásu spočívá v převedení povrchově odtékající vody, zejména vody přitékající z výše ležících pozemků, v odtok podpovrchový. (Dufková, 2007)

#### **2.4.4.4 Asanace drah soustředěného povrchového odtoku**

Zejména na příčně zvlněných pozemcích dochází během přívalových dešťů a jarního tání k soustředování po povrchu odtékající vody v úžlabinách a údolnicích. V těchto místech způsobuje voda zpravidla hluboké erozní rýhy. Je proto nezbytné chránit tyto potenciální dráhy soustředěného povrchového odtoku vegetačním krytem. Při realizaci zatravněných vodních cest není v mnoha případech nutné provádět zemní práce. Nejlepší postup je využít původní přirozené vodní cesty. Zatravněná upravená nebo přirozená vodní dráha soustředěného povrchového odtoku je protierozní opatření, které potřebuje údržbu. (Dufková, 2007)

#### **2.4.4.5 Asanace výmolů a strží**

Strže vznikají i v polohách mírně svažitéch, změní-li se plošná eroze ve výmolovou erozi. Příčinou může být např. nepatrná erozní brázdy, vozová kolej, nebo cesta na svahu. Úprava strží se provádí dvojím způsobem, buď postupnou asanací se samovolným zanášením, nebo jednorázovou úpravou umělým zahrnutím. (Pasák a kol., 1984)

#### **2.4.4.6 Terénní urovnávky**

Podstatou terénních urovnávek je odstranění vertikálních nerovností přesunem zeminy ke snížení příčného sklonu jednotlivých částí pozemku, omezení možnosti soustředování povrchového odtoku a vzniku rýhové eroze. Terénní urovnávky je možné provádět jen na hlubokých půdách. (Janeček a kol., 2002)

#### **2.4.4.7 Protierozní meze**

Protierozní meze jsou často navrhovány spolu s průlehy ve spodní nebo horní části, či bez průlehu jako bezodtokové, jsou trvalou překážkou soustředěného povrchového odtoku. Navržený systém protierozních mezí, včetně navržené zeleně s protierozní funkcí může fungovat v krajině i jako nezbytná část lokálních biokoridorů – územních systémů ekologické stability. Mez by měla být navržena po vrstevnici nebo s mírným

odklonem, aby bylo zajištěno zadržení povrchového odtoku a jeho neškodné odvedení do vhodného recipientu. Pro přejíždění mezi mechanizací je potřeba vybudovat propust, nebo část meze snížit a ponechat jen průleh, přes který je možné přejet. Stačí průjezdná šířka 12 m. (Dufková, 2007)

#### **2.4.4.8 Protierozní cesty**

Polní cesty jsou vhodným doplněním systému protierozní ochrany, pokud jsou doplněny cestními příkopy, případně průlehy na straně ke svahu. Výhodné je požadavky na komunikační propojení spojit s řešením protierozní ochrany. Pozemky nejsou zbytečně tříštěny a jejich ochrana před erozí je vyšší. Polní cesty vedené nad terénem mohou plnit i funkci protierozních hrázek. (Janeček a kol., 2002)

#### **2.4.4.9 Protierozní hrázky**

Protierozní hrázky se budují na úpatí svahu zemědělského pozemku především k ochraně důležitých objektů před zatopením povrchovou vodou z přívalových srážek a zanesením erozními splaveninami. Prostor před hrázkou a výška hrázky musí vyhovovat potřebě retence vody včetně objemu usazených erozních splavenin. Hrázky se budují převážně jako zemní, nejvýše 1 – 1,5 m vysoké opevněné zatravněním. (Toman, 1996)

#### **2.4.4.10 Manipulační pásy**

Podstatou manipulačních pásů je umožnit otáčení zemědělské techniky ve svahu tam, kde by otáčení bez tohoto opatření bylo nebezpečné nebo nemožné. Tím se otevře možnost pestřejší skladby pěstovaných kultur na neúměrně dlouhých svazích ohrožených erozí. Optimálními parametry pro protierozní manipulační pás jsou šířka 12 m, podélný sklon po vrstevnici nebo s malým odklonem, příčný sklon 4° a vegetační zpevnění pomocí travní směsi. (Podhrázká, Dufková, 2005)

#### **2.4.4.11 Protierozní průlehy**

Průleh je mělký, široký příkop s mírným sklonem svahů, založený zpravidla v malém podélném sklonu, kde se povrchově stékající voda zachycuje a je neškodně odváděna. Podle funkce protierozní průlehy můžeme rozdělit na záchytné, sběrné a svodné. Záchytné průlehy nad chráněnými pozemky zamezují přítoku vody z výše ležících ploch. Sběrné se budují na pozemcích k snížení příliš velké délky pozemku po

spádnici. Svodné průlehy se navrhují pro neškodné odvedení odtoku ze záchytných a sběrných průlehy při krátkodobě trvajících deštích nebo při náhlém jarním tání sněhu. (Janeček a kol., 2012)

#### **2.4.4.12 Protierozní příkopy**

Protierozní příkopy můžeme rozdělit na záchytné a svodné, slouží k zachycení přítoku vnější cizí vody na pozemek, k zachycení povrchové vody uvnitř pozemku a k neškodnému odvedení přebytečné vody ze zájmového území. Musí být vždy napojeny na stálou hydrologickou síť v povodí. Jsou nákladnějším protierozním opatřením než průlehy, a proto pro úspornější řešení je vhodné využívat sítě cestních příkopů s protierozní funkcí nebo je budovat zejména v návaznosti na přirozenou a umělou hydrografickou síť. Příkopy je třeba dimenzovat na základě základních hydraulických rovnic pro průtok. Při navrhování profilu a sklonu příkopu je nutno dbát na to, aby byly schopné odvést návrhový kulminační průtok s pravděpodobností výskytu alespoň jedenkrát za 10 let. (Dufková, 2007)

#### **2.4.4.13 Protierozní nádrže**

Úkolem protierozních nádrží je zadržet velké množství vody, a tím chránit níže položené území před povodněmi a erozními účinky vody. Zřizují se hlavně v horních částech povodí. Jejich zádržný prostor je udržován prázdný, aby v případě potřeby mohla zachytit povodňovou vlnu. Tyto nádrže mohou být buď dočasným opatřením, jestliže se po zanesení již neobnovují, ale rekultivací se přemění v pole, louku či les, nebo opatřením trvalým, udržují-li se periodickým odstraňováním zachycených nánosů trvale v provozním stavu. Záchytné nádrže můžeme po technické stránce rozdělit na: suché nádrže, které se naplňují pouze při průchodu velkých vod např. z jarního tání nebo letních přívalových dešťů, jinak jejich dno slouží jako louka. Druhým typem jsou nádrže s vymezeným ochranným prostorem určeným k zachycování velkých vod, popřípadě k snížení jejich kulminace. Velikost ochranného prostoru by se měla blížit objemu vody přitekající z povodí z letního přívalového deště o průměrné době překročení 50 až 100 let. Ochranný prostor se pak automaticky vypustí samostatnou výpustí. (Pasák a kol., 1984)

### 3 CÍL PRÁCE

Cíl této diplomové práce je stanovení ztráty půdy vodní erozí v povodí Dolnodubňanského potoka a návrh opatření zabraňujících erozi. V úvodní části je zpracován literární přehled zpracovaný z odborné literatury, která se věnuje problematice půdy, eroze a ochranou před ní. Druhá část bude zaměřena na zvolené území, bude zpracována jeho stručná charakteristika a následně za pomoci získaných podkladů budou vypočítány jednotlivé faktory Univerzální rovnice USLE. S ohledem na vypočítaný stupeň erozní ohroženosti budou navržena protierozní opatření. Výsledky rozboru území a výpočtů jednotlivých faktorů budou zpracovány do mapové dokumentace za pomoci programu ArcGIS.



## 4 MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 Charakteristika zájmového území

Pro posuzování ohrožení vodní erozí bylo vybráno povodí Dolnodubňanského potoka. Nejprve je stručně charakterizována poloha povodí v rámci ČR a následně bude povodí rozebráno z hlediska geologického, pedologického, hydrologického, klimatického a geomorfologického.

#### 4.1.1 Lokalizace povodí

Povodí Dolnodubňanského potoka leží přes katastrální území čtyř obcí, jsou to Horní Dubňany, Dolní Dubňany, Tulešice a Rybníky. Přesná poloha je patrná z obrázku č. 1. Všechny obce leží v Jihomoravském kraji a okrese Znojmo. Obce jsou od sebe vzdáleny cca 2 km a 10 km od města Moravský Krumlov, do jehož správního obvodu náleží. Povodím vede silnice II. třídy č. 392 a dále jím vedou silnice III. třídy č. 4131, č. 39220 a č. 39221. ([www.edpp.cz](http://www.edpp.cz))



Obr. č. 1: Mapa povodí Dolnodubňanského potoka. ([www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

#### 4.1.2 Geomorfologické podmínky

Z geomorfologického hlediska spadá povodí Dolnodubňanského potoka do systému Hercynského, provincie Česká vysočina. Dále pak do geomorfologické subprovinci Česko-moravská soustava, oblasti Českomoravská vrchovina. Celé území spadá do celku Jevišovická pahorkatina, podcelku Znojemská pahorkatina a okrsku Hrotovická pahorkatina. Pro lepší přehlednost jsou shrnuty uvedené údaje v tabulce č. 1. ([www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz))

Tab. č. 1: Geomorfologie povodí. ([www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz))

	kód	název
Provincie	-----	Česká vysočina
Subprovincie	II	Česko-moravská vrchovina
Oblast	IIC	Českomoravská vrchovina
Celek	IIC-7	Jevišovická pahorkatina
Podcelek	IIC-7D	Znojemská pahorkatina
Okrsek	IIC-7D-d	Hrotovická pahorkatina

#### 4.1.3 Geologické podmínky

Zvolené povodí se nachází v geologické soustavě Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, oblast moldanubická. Region metamorfních jednotek obsahující horniny jako granulit, amfibolit, migmatit nebo ortorula. Menší část území pak tvoří nezpevněné sedimenty spraší a sprašové hlíny. ([www.geology.cz](http://www.geology.cz))

#### 4.1.4 Pedologické podmínky

Ve vybraném povodí se vyskytují tři půdní typy, které vznikly z různých půdotvorných substrátů. Půdním typem zabírajícím největší část rozlohy povodí je hnědozem modální vzniklá na substrátu prachovice. Druhým nejčastěji se vyskytujícím půdním typem je kambizem modální. Půdotvorným substrátem jsou lehké svahoviny rul. Nejméně zastoupeným půdním typem je černozem modální, která se vytvořila na spraších. ([www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz))

#### 4.1.5 Klimatické podmínky

Povodí Dolnodubňanského potoka se nachází dle členění Quitta. (1971) v klimatické oblasti T 2. Charakteristiku určené oblasti vyjadřuje tabulka č. 2.

Tab. č. 2: Charakteristika klimatické oblasti dle Quitta. (1971)

Charakteristika	T 2
Počet letních dní	50 - 60
Počet dní s průměrnou teplotou 10°C a více	160 - 170
Počet mrazových dní	100 - 110
Počet ledových dní	30 - 40
Průměrná teplota v lednu [°C]	-2 - (-3)
Průměrná teplota v dubnu [°C]	8 - 9
Průměrná teplota v červenci [°C]	18 - 19
Průměrná teplota v říjnu [°C]	7 - 9
Počet dní se srážkami alespoň 1 mm	90 - 100
Úhrn srážek ve vegetačním období	350 - 400
Úhrn srážek v zimním období	200 - 300
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40 - 50

#### 4.1.6 Hydrologické podmínky

Dolnodubňanský potok pramení v polích 650 m severozápadně od obce Horní Dubňany, v nadmořské výšce 345 m. Délka potoka je cca. 5,5 km a ústí do řeky Rokytná nad obcí Vémyslice v nadmořské výšce 252 m. převýšení potoka je 93 m s průměrným sklonem 1,7 %. Jediným přítokem je Hornodubňanský potok. Povodí Dolnodubňanského potoka je povodím 4. řádu s rozlohou 9,38 km<sup>2</sup>. Číslo hydrologického pořadí je 4-16-03-0500-0-00. ([www.heiz.vuv.cz](http://www.heiz.vuv.cz))

## 4.2 Metodika

V úvodu metodiky je popsána univerzální rovnice, která se používá pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí – USLE. Dále jsou podrobně rozebrány jednotlivé faktory této rovnice a jsou popsány podklady a data využitá při výpočtu dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí. Výpočty zmíněných faktorů byly provedeny za pomoci počítačových programů ArcGIS, LS converter a USLE2D.

### 4.2.1 Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy

Pro simulaci modelů vodní eroze a následného transportu půdních částic je využíván zjednodušený matematický popis fyzikálních procesů. Aplikace těchto simulačních modelů je v současnosti nejčastěji spojována s programy ArcGIS. Těchto modelů je celá řada, např. HydroCAD, SMODERP, nebo KINFIL. Jako nejdokonalejší model, který se používá k určení ohroženosti půdy vodní erozí nejenom v České republice, je tzv. „univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí“ dle Wischmeiera a Smithe. (1978)

Univerzální rovnice dle Wischmeiera a Smithe. (Janeček a kol., 2012). (1):

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P. (t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}) \quad (1)$$

kde: G – průměrná ztráta půdy. ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ )

R – faktor erozní účinnosti dešťů, jenž je vyjádřen v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů. ( $MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$ ),

K- faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na struktuře a textuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu. ( $t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$ ),

L – faktor délky svahu, jenž vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí

S – faktor sklonu svahu, jenž vyjadřuje vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí

C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, jenž je vyjádřen v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice,

P – faktor účinnosti protierozních opatření.

Výsledná hodnota průměrné dlouhodobé ztráty půdy představuje množství půdy uvolněné vodní erozí. V této hodnotě však není započítáno množství půdy uložené v nižších polohách svahu. Nevýhodou této rovnice je, že ji nelze použít na období kratší než je jeden rok, ani pro zjištění ztráty půdy z jednotlivých srážek či z tání sněhu. (Janeček a kol., 2012)

## 4.2.2 Jednotlivé faktory univerzální rovnice

### 4.2.2.1 Erozní účinnost přívalového deště – R

Na základě výzkumu v USA, kdy bylo zpracováno velké množství dat, byl vytvořen vzorec pro výpočet erozní účinnosti deště. Výzkum ukázal, že pokud mají ostatní faktory USLE konstantní hodnoty, je ztráta půdy ze zemědělsky využívaného pozemku přímo úměrná součinu celkové kinetické energie přívalového deště E a jeho maximální 30-ti minutové intenzity  $i_{30}$ . (Janeček a kol., 2012). (2)

$$R = \frac{E \cdot i_{30}}{100} \quad (2)$$

kde: R – faktor erozní účinnosti deště. ( $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ ),

E – celková kinetická energie deště. ( $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ ),

$i_{30}$  – max 30-ti minutová intenzita deště. ( $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ )

Pro území České republiky se hodnota faktoru R nerozděluje podle skutečného stavu, ale užívá se průměrná hodnota pro celou ČR, má hodnotu  $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ . V tabulce č. 3 je uvedeno procentuální zastoupení hodnoty faktoru R v průběhu vegetačního období. (Janeček a kol., 2012)

Tab. č. 3: Průměrné rozdělení faktoru R do měsíců vegetačního období dle Janečka a kol., (2012)

Měsíc	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
% faktoru R	1	11	22	30	26	8	2

Z uvedené tabulky je patrné, že téměř 80 % všech erozně nebezpečných dešťů se vyskytuje od června do srpna, proto by zejména v tomto období měla být půda chráněna vegetačním krytem. (Janeček a kol., 2012)

#### **4.2.2.2 Erodatelnost půdy – K**

Vlastnosti, které půda má, ovlivňují její infiltrační schopnosti a to, jaká je odolnost půdních agregátů proti rozrušujícím účinkům dopadajících kapek deště a jejich transportu vodou odtékající po povrchu. K- faktor, tedy faktor určující její erodovatelnost, je v USLE definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku udávaná v  $t \cdot ha^{-1}$  na jednotku faktoru erozní účinnosti deště R ( $MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$ ). Jeho stanovení je možné třemi způsoby. Podle vztahu odvozeného pro faktor K dle Janečka a kol. (2012)

Druhým způsobem je využití nomogramu sestrojeného na základě uvedeného vztahu a posledním způsobem je přibližně podle hlavních půdních jednotek (HPJ) bonitační soustavy půd nebo podle půdních typů, subtypů a variet Taxonomického klasifikačního systému půd ČR. U prvních dvou postupů je nezbytné mít zjištěnou základní charakteristiku dané půdy, popřípadě mít k dispozici výsledky z rozborů vzorků získaných přímo v terénu z míst nejvíce ohrožených erozí na řešeném území. K přibližnému určení hodnoty faktoru K se využívá kódu BPEJ. Podle druhé a třetí číslice určující hlavní půdní jednotku (HPJ) zjistíme v tabulce hodnot faktoru K pro jednotlivé HPJ příslušnou přibližnou hodnotu. (Janeček a kol., 2012)

#### **4.2.2.3 Topografický faktor – LS**

Faktor délky svahu L a faktor sklonu svahu S se slučuje do tzv. topografického faktoru LS. LS faktor představuje poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standardním pozemku o délce 22,13 m a se sklonem 9 %. Faktor L tedy určuje, jaký je vliv nepřerušené délky svahu na množství půdy ztracené erozí, S faktor pak udává to, jak sklon svahu ovlivňuje ztrátu půdy erozí. Nepřerušenou délkou svahu se rozumí délka svahu od rozvodnice nebo od horní hrany pozemku k prvku přerušujícímu povrchový odtok. Takovými prvky jsou např. cesta s příkopem, průleh, hrázka apod. (Renard a kol., 1997) Stanovení faktorů L a S se provádí pomocí výpočtových linií, které by měly být navrženy variantně v drahách předpokládaného plošného

povrchového odtoku. Délka této dráhy by neměla přesáhnout 400 m, jelikož tato metoda není ověřena pro větší délky. Takto stanovené faktory nemohou přesně vystihnout vliv heterogenity sklonu po délce svahu, ani změny délek a sklonů na pozemku nepravidelného tvaru. Mnohem vhodnější je k výpočtu použít geografický informační systém (GIS) a digitální model terénu (DMT). Díky tomu lze řešit heterogenní svahy v komplexní morfologii v ploše. (Janeček a kol., 2012)

#### **4.2.2.4 Ochranný vliv vegetace – C**

Vegetační kryt má velký vliv na smývání půdy, a to zejména na ochranu půdy před účinkem dopadajících kapek deště a na snížení rychlosti povrchového odtoku. Kořenový systém rostlin zpevňuje půdu a rostliny také pozitivně ovlivňují propustnost a pórovitost a zabraňují tomu, aby se zanášeli póry jemnými částicemi půd. (Janeček a kol., 2012)

Existuje přímá úměra mezi ochranným vlivem vegetace a její hustotou. Čím hustší je porost, tím větší ochranu půdě poskytuje. To je důležité v době přívalových dešťů. Nejdokonalejší protierozní ochranu v tomto směru poskytují trávy a jeteloviny. Protipólem jsou pak širokořádkové plodiny, jako jsou například kukuřice nebo okopaniny, pěstované běžným způsobem, jejichž ochrana půdy je nedostatečná. (Janeček a kol., 2012)

Janeček a kol., (2012) uvádí, že faktor vegetačního vlivu C představuje poměr ztráty půdy z pozemku, na kterém je plodina pěstována ke smyvu půdy, který probíhá na pozemku vedeném jako úhor, a který je po každém dešti pravidelně zkyřován. Tyto hodnoty se mění v závislosti na tom, v jaké fázi pěstování se plodina nachází. Jsou rozděleny do pěti kategorií, které zohledňují strukturu pěstovaných plodin to, jak se na jednotlivých pozemcích střídají, ale i období mezi střídáním plodin nebo nástup a způsob agrotechnických prací:

1. Období podmínky a hrubé brázdy
2. Období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po setí nebo sázení
3. Období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimů do 30. 4.

4. Období od konce 3. období do sklizně
5. Období strniště

Po odečtení hodnot ochranného vlivu vegetace v jednotlivých pěstebních obdobích, musí se zkorigovat dle procentuálního zastoupení faktoru R během roku.

#### 4.2.2.5 Účinnost protierozních opatření – P

Hodnota faktoru účinnosti protierozních opatření je závislá na druhu protierozního opatření. Může to být například konturové obdělávání, pásové střídání plodin, nebo hrázkování. Jsou-li na pozemku užitá nějaká protierozní opatření, hodnota faktoru P je menší než jedna. Přehled hodnot faktoru P je uveden v tabulce č. 4. Pokud na pozemku nejsou žádná opatření uplatněna, nebo je překročena maximální přípustná délka a počet pásů, počítá se s hodnotou faktoru P = 1. (Janeček a kol., 2012)

Tab. č. 4: Hodnoty faktoru P dle Janečka a kol., (2012)

Opatření proti vodní erozi	Sklon svahu. (%)			
	2 - 7	7 - 12	12 - 18	18 - 24
Maximální délka pozemku po spádnici při konturovém obdělávání	120 m	60 m	40 m	---
	0,6	0,7	0,9	1,0
Maximální šířka a počet pásů při pásové střídání	40 m	30 m	20 m	20 m
	6 pásů	4 pásy	4 pásy	2 pásy
- okopanin s víceletými pícninami	0,30	0,35	0,40	0,45
- okopanin s ozimými pícninami	0,50	0,60	0,75	0,90
Hrázkování resp. přerušované brázdování podél vrstevnic	0,24	0,30	0,40	0,45

### 4.3 Podklady pro výpočet eroze

Základním podkladem, který byl použit při zpracování této diplomové práce, byla základní rastrová mapa České republiky v měřítku 1:10000, výškopis 3D vrstevnice a ortofotomapa z on-line prohlížečské služby WMS. (Mapový podklad © ČUZK) Dále byla využita vektorová vrstva bonitovaných půdně ekologických jednotek ČR. (BPEJ), poskytnutých z SPÚ., a vrstva DIBAVOD. (A07\_Povodí\_ IV. řádu) z VÚV TGM v.v.i.



Podklad vodní toky a vodní plochy byl získán od služby „©ArcČR, ARCDATA PRAHA, ZÚ, ČSÚ, 2016“ a nakonec data veřejného registru půdy LPIS od © Mze, který je volně ke stažení.

#### **4.4 Výpočet ohroženosti území vodní erozí**

Téměř všechny operace a výpočty, které byly potřebné pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí pomocí USLE, byly provedeny za pomoci programu ArcGIS 10.2.2 v softwarovém produktu ArcInfo potažmo jeho integrovanými aplikacemi jako ArcMap, ArcToolbox nebo ArcCatalog. Převedení dat v textové podobě \*.txt na formát \*.rst byl použit program LS converter 1.0, a výpočet faktoru LS byl proveden v softwaru USLE2D.

Oporou při zpracování metodiky byl tyto publikace: Dumbrovský. (2009), Galetič a kol.. (2013), Schmidts. (2013) a Mašíček a Ždímal. (2014)

##### **4.4.1 Vykreslení hranice povodí**

Povodím se rozumí oblast, ze které veškerá voda odtéká do jednoho toku. Hranice mezi jednotlivými povodími se nazývá rozvodnice. Můžeme si ji představit jako hranici, od které se voda roztéká do různých směrů. K vytvoření hranice povodí byla užita vrstva A07\_Povodi\_IV. z DIBAVOD. Pomocí nástroje Data – Export Data bylo vyexportováno povodí Dolnodubňanského potoka s názvem Hranice\_povodí. Dále byla z vrstvy Vodní toky poskytnuté ©ArcCR500 znázorněna hydrografická síť. Oříznutí na plochu zájmového území bylo provedeno nástrojem aplikace ArcToolbox, nadstavba Analysis Tools, nástrojem Extract – Clip. Takto získaná vrstva byla pojmenována Vodní\_toky.

##### **4.4.2 Způsob využití území**

Pro mapovou vrstvu využití území v řešeném povodí byla jako základ použita ortofotomapa. Následně byla překryta digitální vrstvou veřejného registru LPIS a velikosti a tvar pozemků byl upraven podle skutečného stavu pomocí nástrojů Polygon, Auto-complete Polygon, Cut Polygons Tool aj. Na základě takto upravené mapy bylo území rozděleno na ornou půdu, trvalý travní porost, jinou trvalou kulturu, les, intravilán a ostatní plochy. Výsledkem byla vektorová vrstva nazvaná Landuse.

#### **4.4.3 Digitální model terénu DMT**

Základem pro tvorbu digitálního modelu terénu je vrstva ZABAGED – výškopis 3D vrstevnice ve formátu \*.shp a vrstva Hranice\_povodí. Nejprve byla potřeba vrstevnice oříznout na plochu zájmového území. To bylo provedeno pomocí nástroje Extract – Clip obsažené v nadstavbě Analysis Tools. Tím vznikla nová vrstva Vrstevnice\_clip. Nyní bylo možno vytvořit digitální model terénu nástrojem Interpolation – Topo to raster z nadstavby Spatial Analyst Tools a byla pojmenována DMT. Velikost pixelů vzniklého rastru byla zvolena 5 m.

Protože takto vzniklá vrstva obsahuje vrcholy, výčnělky a deprese, bylo potřeba tyto nerovnosti vyhladit. Proto byla vrstva DMT vyhlazena pomocí nástroje Hydrology – Fill v nadstavbě Spatial Analyst Tools aplikace ArcToolbox. Vznikla nová vyhlazená vrstva nazvaná DMT\_fill. Aby bylo dosaženo prostorového 3D efektu, byl vytvořen stínovaný model terénu DMT\_hillshade nástrojem Surface – Hillshade v nadstavbě Spatial Analyst Tools.

#### **4.4.4 Vytvoření půdních bloků**

Když byl vytvořen model terénu, bylo potřeba vytvořit vrstvu Půdní\_bloky. Základ této vrstvy tvoří kopie vrstvy Laduse, ve které bylo území rozčleněno podle využití území. Následné výpočty dlouhodobé ztráty půdy počítají pouze s kulturou orná půda a trvalý travní porost, proto byly ostatní kultury odstraněny.

#### **4.4.5 Hydrologické poměry povodí**

Z Hydrologických poměrů v povodí nás zajímá délka, směr a akumulace povrchového odtoku. Nejprve byl určen směr povrchového odtoku nástrojem Hydrology – Flow Direction z nadstavby Spatial Analyst Tools. K tomu byla využita vrstva DMT\_Fill a vznikla nová vrstva Flow\_Dir. Tato vrstva pak sloužila jako vstupní, aby mohla být vytvořena vrstva délek a akumulace povrchového odtoku. Vrstva délek odtoku, nazvaná Flow\_Len, byla vytvořena pomocí nástroje Hydrology – Flow Length. Vrstva akumulace odtoku Flow\_Acc byla vymodelována nástrojem Flow\_Accumulation. Všechny použité nástroje byly z nadstavby Spatial Analyst Tools.

#### **4.4.6 Sklonitost povodí**

Při tvorbě této vrstvy bylo opět využito digitálního modelu terénu, který byl použit jako vstupní data a pomocí nástroje Surface – Slope z nadstavby Spatial Analyse Tools byla vytvořena vrstva Slope. Tato vrstva znázorňuje sklonitost terénu v procentech. Poté bylo možné vytvořit vrstvu průměrných sklonů na jednotlivých půdních blocích. K tomu byla využita nově vzniklá vrstva Slope jako vstupní a z nadstavby Spatial Analyst Tools byl použit nástroj Zonal – Zonal Statistic. Vzniklá vrstva byla pojmenována Slope\_Prum.

#### **4.4.7 Erodatelnost půdy – faktor K**

Vrstva faktoru erodovatelnosti půdy K byla vytvořena pomocí vrstvy BPEJ. Nejprve byla tato vrstva oříznuta vrstvou Půdní\_bloky nástrojem Extrakt – Clip z nadstavby Analysis Tools. Tím vznikla vrstva K faktoru K\_pudnib. V atributové tabulce této vrstvy bylo přidáno pole HPJ a do něho byly nakopírovány kódy BPEJ. Pomocí nástroje Select By Attributes a nástroje Field Calculator byly na základě druhé a třetí číslice vybrány příslušné kódy BPEJ a přepsány na kód HPJ. Nyní bylo v Atributové tabulce vytvořeno pole K pro hodnoty faktoru K. Do tohoto pole pak mohly být přepsány hodnoty faktoru K podle HPJ dle metodiky Janeček a kol. (2012) Výpočet dlouhodobé ztráty půdy je možný pouze z vrstev ve formátu rastr, proto musela být vrstva K\_pudnib převedena z vektorové podoby pomocí nástroje To Raster – Future to Raster z nadstavby Conversion tools na rastrovou vrstvu nazvanou K\_rastr. Velikost pixelů byla opět zvolena 5 m.

#### **4.4.8 Topografický faktor LS**

Nejdříve bylo nutné převést podkladovou vrstvu Půdní\_bloky z vektorového formátu na rastr. Opět byl tedy využit nástroj To Raster – Feature to Raster a byla vytvořena rastrová vrstva PB\_Rastr. Kvůli dalšímu postupu musela být tato nová vrstva překlasifikována pomocí nástroje Reclass – Reclassify z nadstavby Spatial Analyst Tools. Tím byla vytvořena vrstva Pud\_bloky\_rec. Při tvorbě této vrstvy byla nastavena hodnota pixelu 1 pro plochy orné půdy a trvalého travního porostu a pro ostatní plochy hodnota 0.

Dále byla využita již vytvořená vrstva DMT\_Fill, která byla spolu s vrstvou Pud\_bloky\_rec převedena na textový soubor \*.txt a \*.asc nástrojem From Raster – Raster to ASCII z nadstavbového programu Conversion Tools. Tento převod byl nezbytný pro další zpracování v programu LS-converter 1.0, ve kterém byly textové soubory \*.txt převedeny na formát Idrisi \*.rst.

Nyní bylo možné za užití programu USLE2D vypočítat hodnoty faktoru LS nástrojem LS Algorithm. Výsledný soubor byl nazván LS.rst a byl proveden převod tohoto souboru pomocí LS-converter na formát \*.asc. V programu ArcGIS byl pak za pomoci nástroje To Raster – ASCII proveden převod zpět do rastrové podoby. Vznikla tím vrstva nazvaná LS\_rastr.

#### **4.4.9 Ochranný vliv vegetace – faktor C**

Pro stanovení ochranného vlivu vegetace bylo potřeba zjistit strukturu pěstovaných plodin v zájmovém území. Proto byly kontaktovány subjekty hospodařící v této oblasti s žádostí o poskytnutí osevních postupů za roky 2012 – 2016. Ze získaných materiálů bylo vytvořeno pět reprezentativních osevních postupů a pro každý z nich byla vypočítána průměrná hodnota faktoru C dle metodiky Janečka a kol., (2012). V kopii vrstvy půdních bloků, která byla pojmenována C\_pudnib, bylo v atributové tabulce přidáno pole C-faktor, do kterého byla pro každý půdní blok doplněna příslušná hodnota faktoru C. Opět byl proveden převod vektorové vrstvy na rastr pomocí nástroje To Raster – Feature to raster, z nadstavby Conversion Tools, aby bylo možno vypočítat Univerzální rovnici.

#### **4.4.10 Průměrná ztráta půdy G**

Po zjištění hodnot všech faktorů rovnice USLE dle Wischmeiera a Smithe (1978) a vytvoření vrstev s těmito faktory v rastrovém formátu. (K\_rastr, LS\_rastr a C\_rastr), mohla být vypočítána dlouhodobá ztráta půdy G ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ) Hodnota faktoru R = 40 a hodnota faktoru P = 1. Po dosazení je tedy rovnice v tomto tvaru:

$$G = 40 \cdot K\_rastr \cdot LS\_rastr \cdot C\_rastr \cdot 1$$

Výpočet rovnice byl proveden pomocí nástroje Map Algebra Raster Calculator z nadstavby Spatial Analyst Tools. Výsledná rastrová vrstva, nazvána G\_eroze,

znázorňuje dlouhodobou ztrátu půdy v každé číslu jednotlivých půdních bloků. Tuto vrstvu bylo nutné reklasifikovat v intervalech G: 0 – 1; 1 – 4; 4 – 10; 10 – 15; 15 – 20; 20 a více. Následně bylo možné vypočítat průměrné hodnoty G pro jednotlivé půdní bloky, které byly rozděleny dle osevních postupů. Výpočet byl proveden pomocí nástroje Zonal – Zonal Statistic z nadstavby Spatial Analys tools. Tím byla získána rastrová vrstva G\_prum znázorňující stupeň eroze na jednotlivých půdních blocích. Vrstva byla přejmenována na Stupeň\_EO a byly vytvořeny čtyři kategorie erozní ohroženosti: nepatrná eroze, střední eroze, silná eroze a velmi silná eroze. Tyto kategorie odpovídají násobku přípustné ztráty půdy  $G_p$ , které jsou uvedeny v tabulce č. 5. V zájmovém povodí jsou pouze hluboké (nad 60 cm) a středně hluboké (30 – 60 cm) půdy, proto  $G_p = 4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Tab. č. 5: Stupeň erozní ohroženosti dle Podhrázské a Dufkové,. (2005)

Stupeň erozní ohroženosti	Násobek G
1 eroze nepatrná	$\leq 1x$
2 eroze střední	$\leq 2x$
3 eroze silná	$\leq 3x$
4 eroze velmi silná	$> 3x$

#### 4.4.11 Navržená protierozní opatření

Po zjištění dlouhodobé ztráty půdy a zjištění, které pozemky jsou erozí ohroženy, byla navržena některá protierozní opatření. Z důvodů co možná nejnižších nákladů, spojených s protierozními opatřeními, byly nejprve navrženy protierozní osevní postupy a změna organizace pozemku. Na nejvíce ohrožených pozemcích byla navržena změna využití pozemků na trvalý travní porost. Díky navrženým protierozním osevním postupům došlo ke snížení hodnoty faktoru C., proto byla vytvořena vrstva C\_faktor\_návrh. Následoval nový výpočet dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí a vznikla vrstva G\_novy a bylo znovu stanoveno erozní ohrožení na jednotlivých pozemcích. Vzniklá vrstva byla nazvána prumer\_G:nyy.

## **5 VÝSLEDKY A DISKUSE**

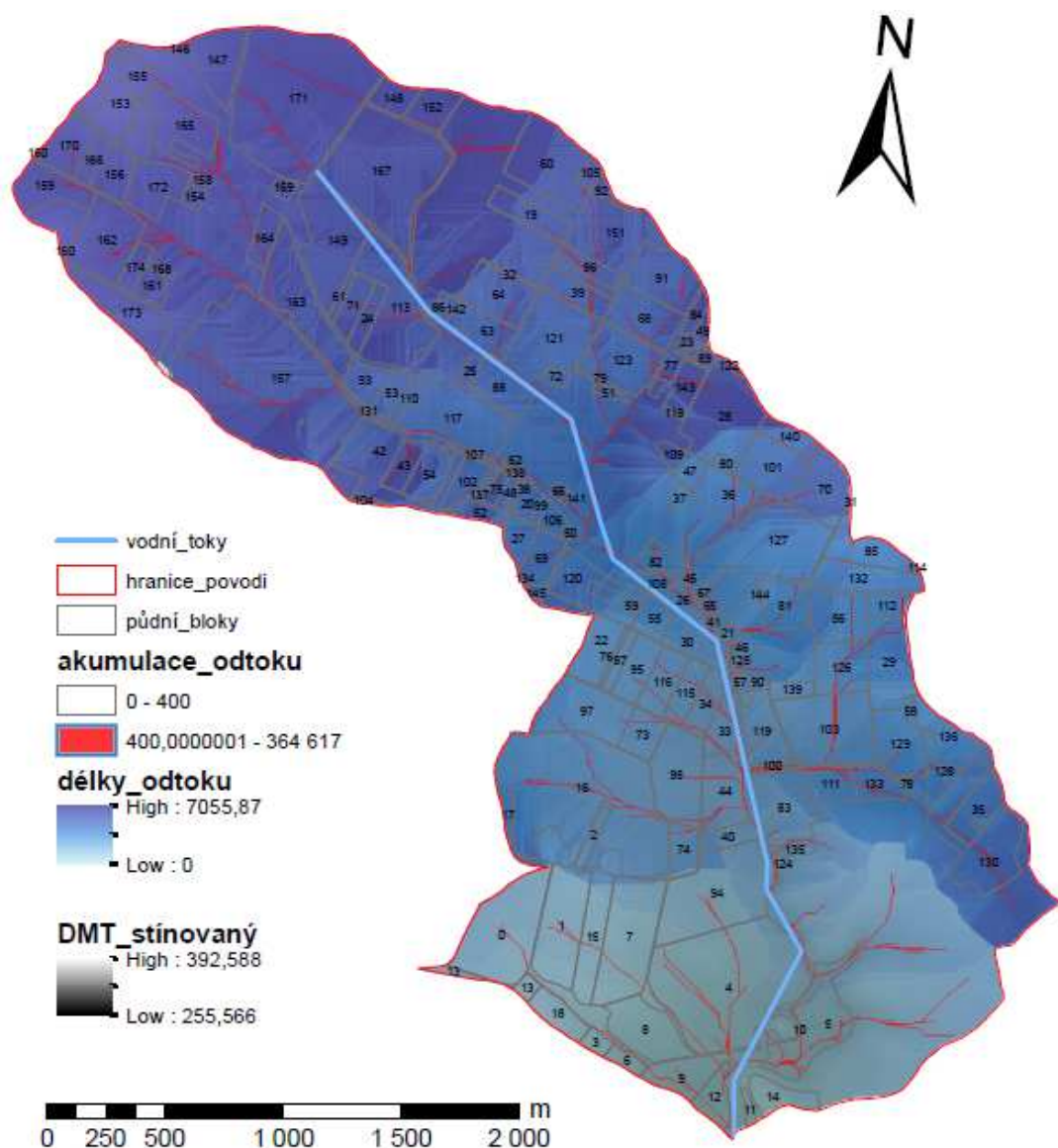
Cílem této diplomové práce bylo stanovit Průměrnou dlouhodobou ztrátu půdy vodní erozí v povodí Dolnodubňanského potoka. K tomu byla využita Univerzální rovnice (USLE), která se skládá z několika faktorů. Jednotlivé faktory musely být stanoveny ze získaných podkladů. Následně bylo vše zpracováno v Programech ArcGIS, USLE2D, LS converter a MS Excel. Po zjištění stupně erozní ohroženosti na jednotlivých pozemcích byla navrženy vhodná protierozní opatření (PEO). Poté byl opět proveden výpočet dlouhodobé ztráty půdy s navrženými PEO. Výsledky byly zpracovány do mapových výstupů vytvořených v programu ArcGIS.

### **5.1 Mapové výstupy z programu ArcGIS**

Následující kapitoly jsou věnovány mapovým výstupům z programu ArcGIS. Tyto mapy jsou vytvořeny vždy souborem několika vektorových nebo rastrových vrstev obsahujících hodnoty dílčích výpočtů jednotlivých faktorů USLE. Podkladem je vždy Vrstva hranice povodí a vodní toky.

### 5.1.1 Hydrologická charakteristika

Akumulace a délka odtoku jsou jedněmi ze základních hydrologických charakteristik sloužících k přiblížení hydrologických poměrů v povodí. Obr. č. 2 byl vytvořen na podkladu digitálního modelu terénu pro získání 3D efektu. Jsou na něm znázorněny akumulace a délky odtoku.



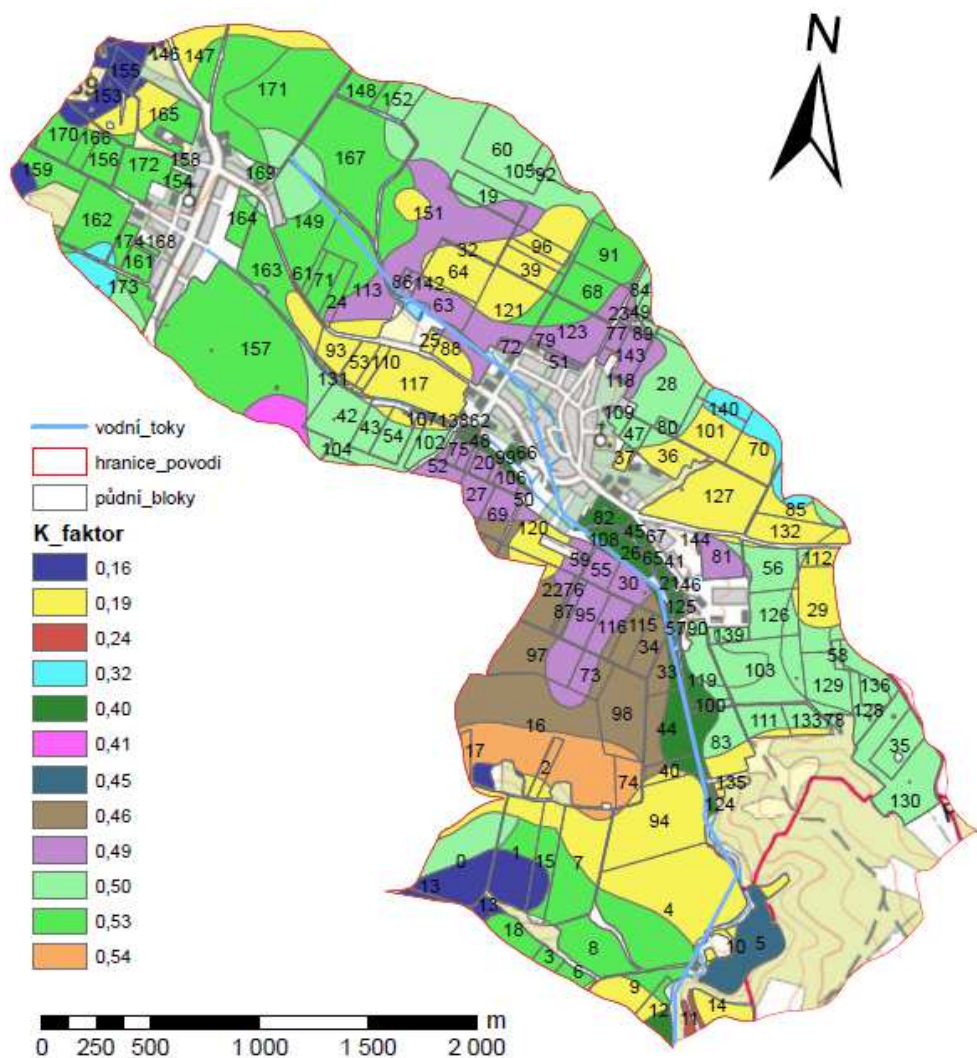
Obr. č. 2: Mapa znázorňující kumulaci a délky odtoku

## 5.1.2 Faktor K

Hodnoty faktoru K byly určeny dle vrstvy BPEJ, ze které byly zjištěny hlavní půdní jednotky. Ty byly následně dle metodiky Janeček a kol., (2012) převedeny na hodnotu faktoru K podle tabulky č. 6. Na Obr. č. 3. je vidět rozložení faktoru K v zájmovém území.

Tab. č. 6: Hlavní půdní jednotky a hodnoty faktoru K dle Janečka a kol., (2012)

HPJ	37	32	40	29	56	26
K	0,16	0,19	0,24	0,32	0,40	0,41
HPJ	57	02	08	12	10	13
K	0,45	0,46	0,49	0,50	0,53	0,54

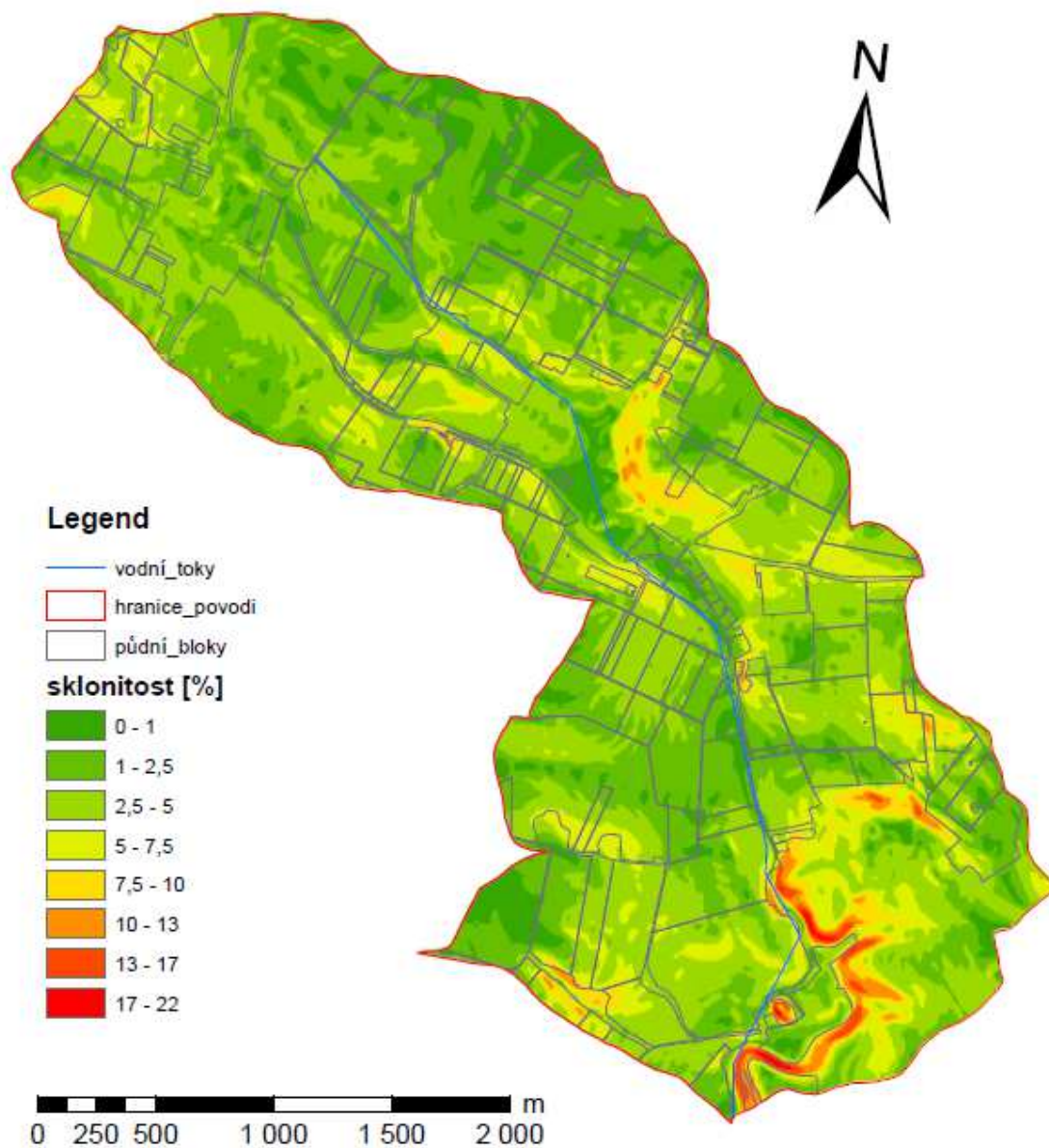


Obr. č. 3: Mapa faktoru K



### 5.1.3 Sklonitost

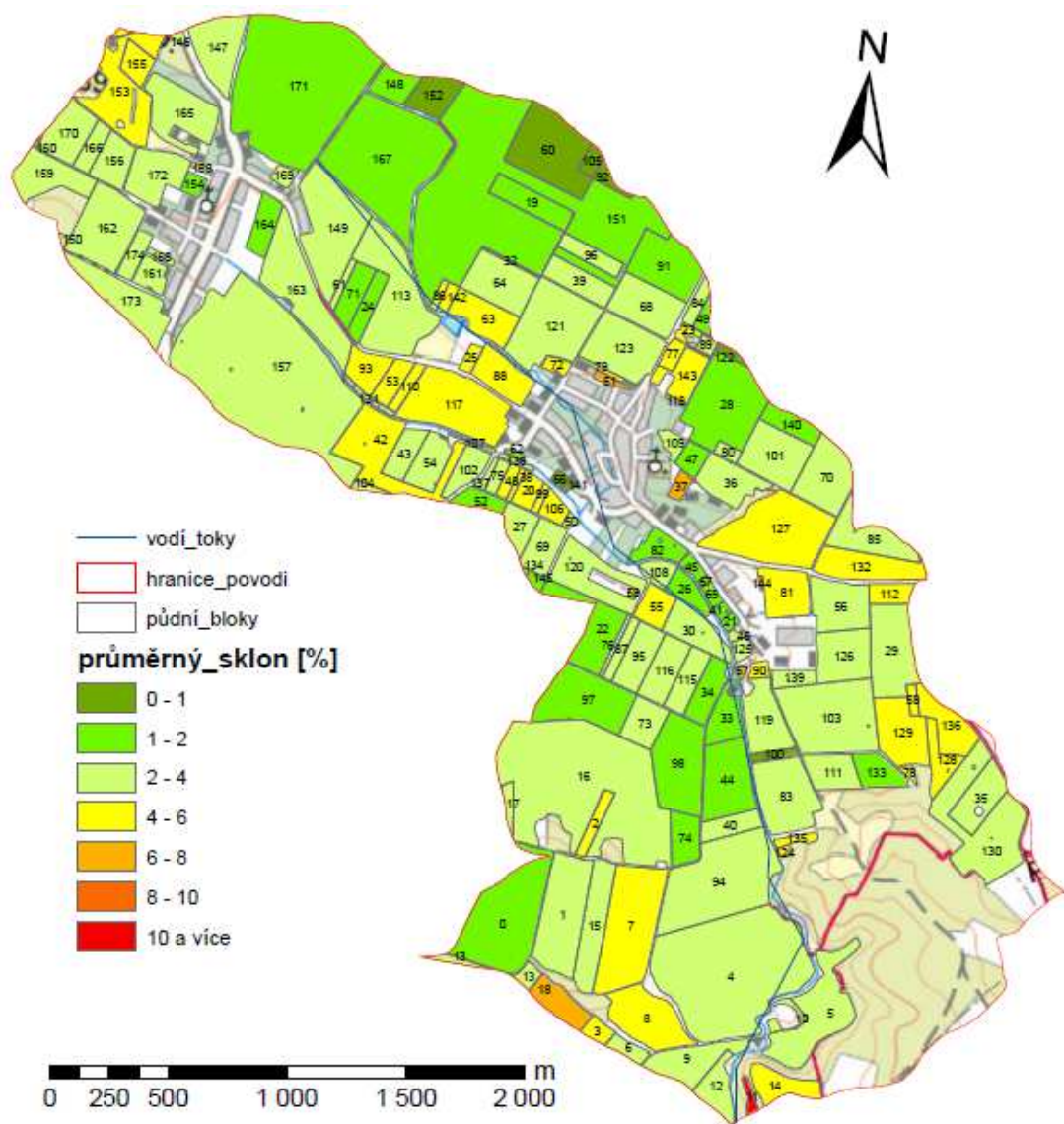
Na obrázku č. 4 je znázorněna stupnice sklonitosti zájmového povodí. Je udávána v procentech. (%) a byla rozčleněna do osmi kategorií v intervalech 0 – 1; 1 – 2,5; 2,5 – 5; 5 – 7,5; 7,5 – 10; 10 – 13; 13– 17; 17 – 22. Je patrné, že povodí není příliš sklonité.



Obr. č. 4: Mapa sklonitosti povodí

### 5.1.4 Průměrný sklon odtoku

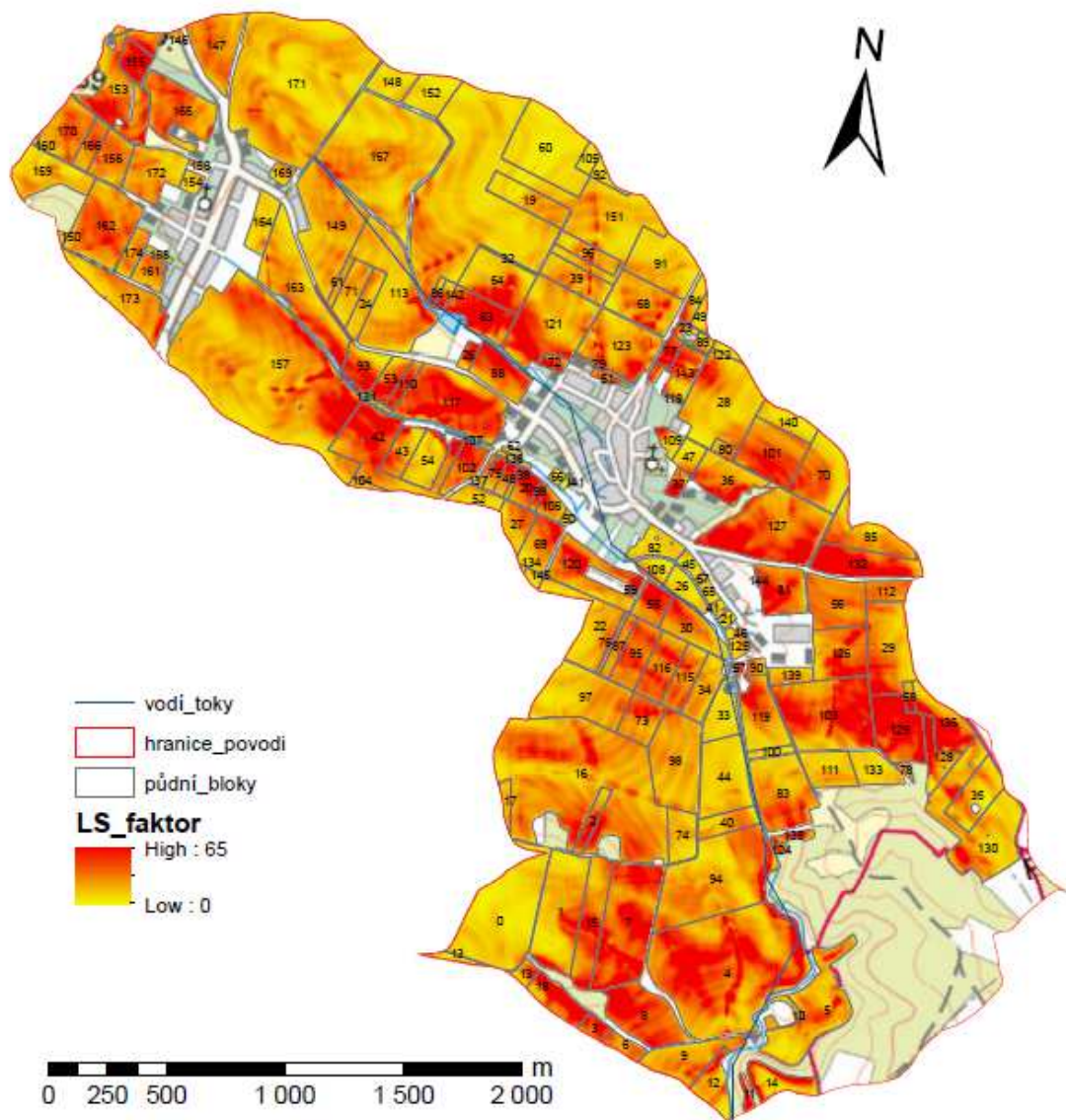
Při tvorbě mapy průměrného sklonu pozemků posloužila mapa sklonitostí jako podklad pro výpočet. Jak můžeme vidět na obrázku č. 5, výsledné hodnoty byly rozděleny do sedmi kategorií s průměrným sklonem pozemku: 0 – 1; 1 – 2; 2 – 4; 4 – 6; 6 – 8; 8 – 10; 10 a více. Uvedené hodnoty jsou v %. Téměř všechny pozemky mají průměrný sklon do 6 %.



Obr. č. 5: Mapa průměrného sklonu

### 5.1.5 LS faktor

Z obrázku č. 6 je patrné, že LS faktor udávající vliv nepřerušené délky svahu nabývá poměrně vysokých hodnot, i když povodí není příliš sklonité. Je to zapříčiněno zejména velikostí pozemků, které jsou zceleny, a nedochází tak k přerušení povrchového odtoku.



Obr. č. 6: Mapa faktoru LS

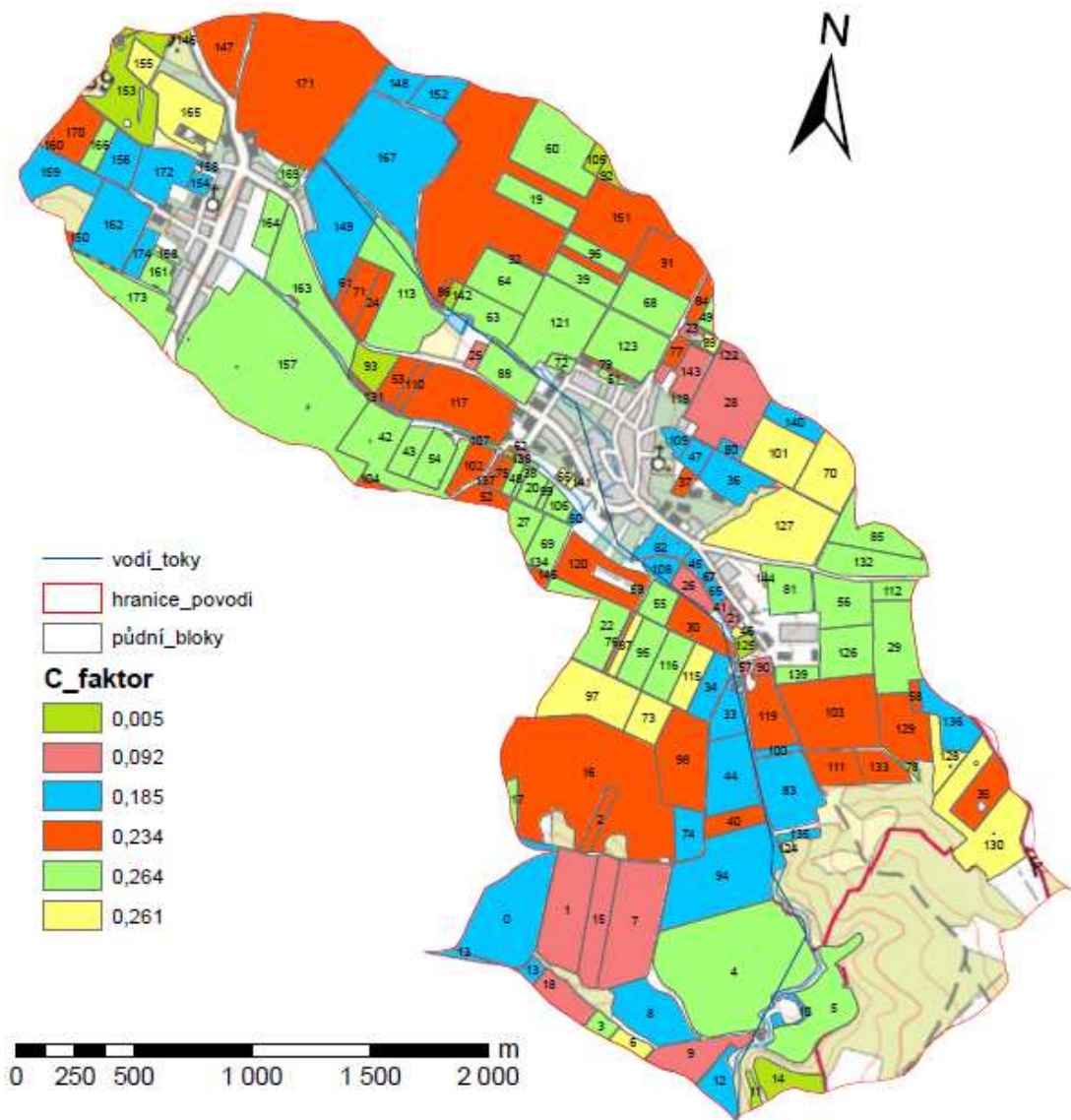
### 5.1.6 Faktor C

Průměrné hodnoty faktoru C byly vypočítány na základě zvolených reprezentativních osevních postupů za roky 2012 až 2016. Tyto hodnoty jsou znázorněny v tabulce č. 7. Následně byly půdní bloky barevně rozlišeny podle vypočítané hodnoty faktoru C. Pozemky vedeny, jako trvalý travní porost mají přiřazenou hodnotu C = 0,005.

Tab. č. 7: Reprezentativní osevní postupy a hodnoty faktoru C

Osevní postupy s hodnotou faktoru C					
ROK	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5
2012	pšenice ozimá	kukuřice	pšenice ozimá	vojtěška	řepka ozimá
2013	řepka ozimá	pšenice ozimá	ječmen jarní	vojtěška	ječmen jarní
2014	ječmen jarní	ječmen jarní	řepka ozimá	řepka ozimá	kukuřice
2015	kukuřice	kukuřice	pšenice ozimá	ječmen jarní	pšenice ozimá
2016	ječmen jarní	pšenice ozimá	pšenice ozimá	pšenice ozimá	kukuřice
C faktor	<b>0,234</b>	<b>0,264</b>	<b>0,185</b>	<b>0,092</b>	<b>0,261</b>

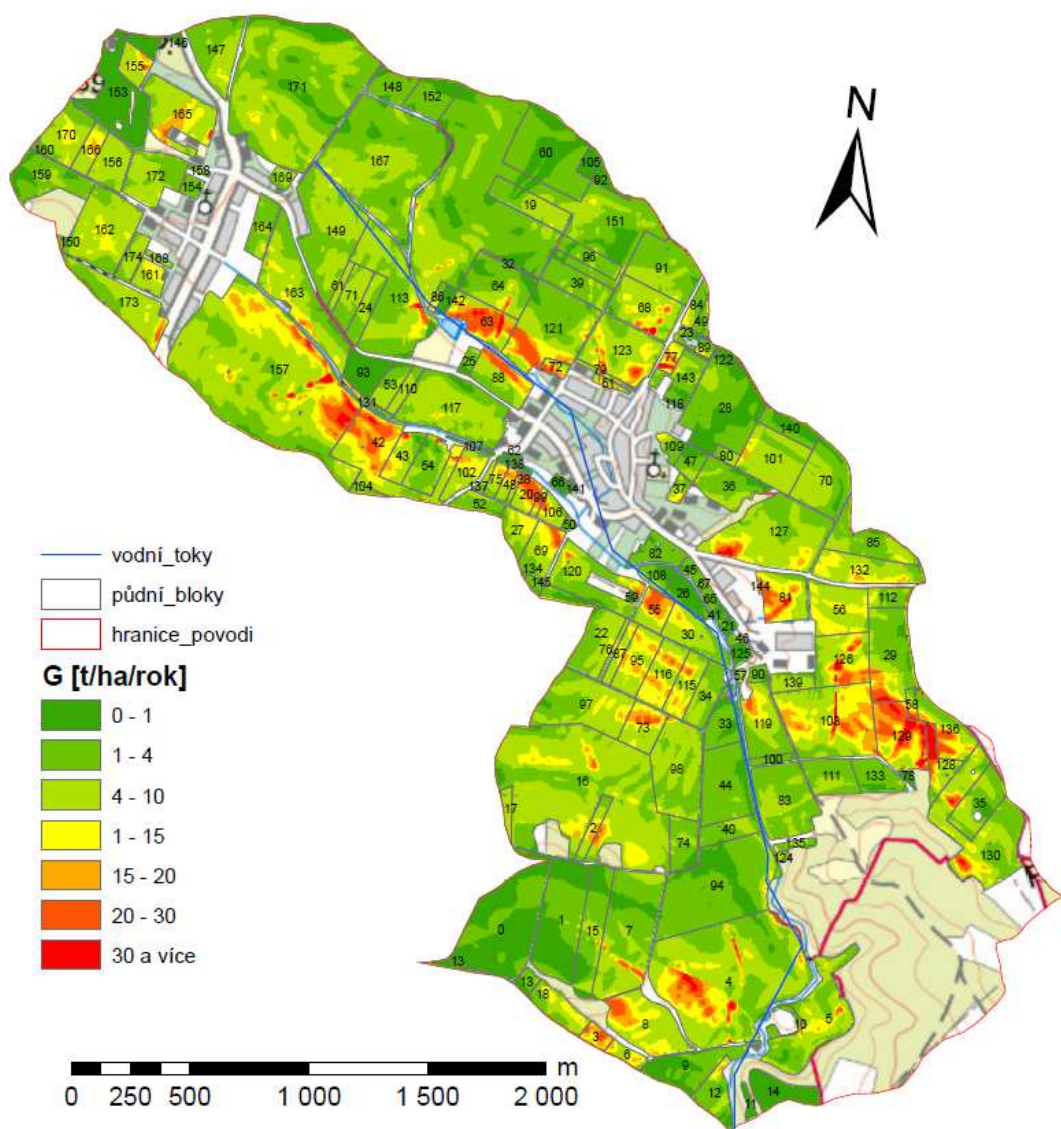




Obr. č. 7: mapa faktoru C bez PEO

### 5.1.7 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy před návrhem PEO

Průměrná dlouhodobá ztráta půdy G byla spočítána na základě faktorů udávajících erozní poměry v povodí. Na obrázku č. 8 graficky znázorňujícím vypočítanou hodnotu G jsou jasně vidět pozemky, na nichž je TTP. Mají tmavě zelenou barvu označující ztrátu půdy do  $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Při srovnání s obrázkem č. 7 znázorňujícím LS faktor, můžeme pozorovat, že hodnota LS faktoru ztlačně ovlivňuje velikost ztráty půdy z orné půdy, pozemky s TTP ovlivněny nejsou. Zároveň je vidět, že místa s nejvyšší hodnotou LS faktoru jsou erozí nejvíce ohrožena.



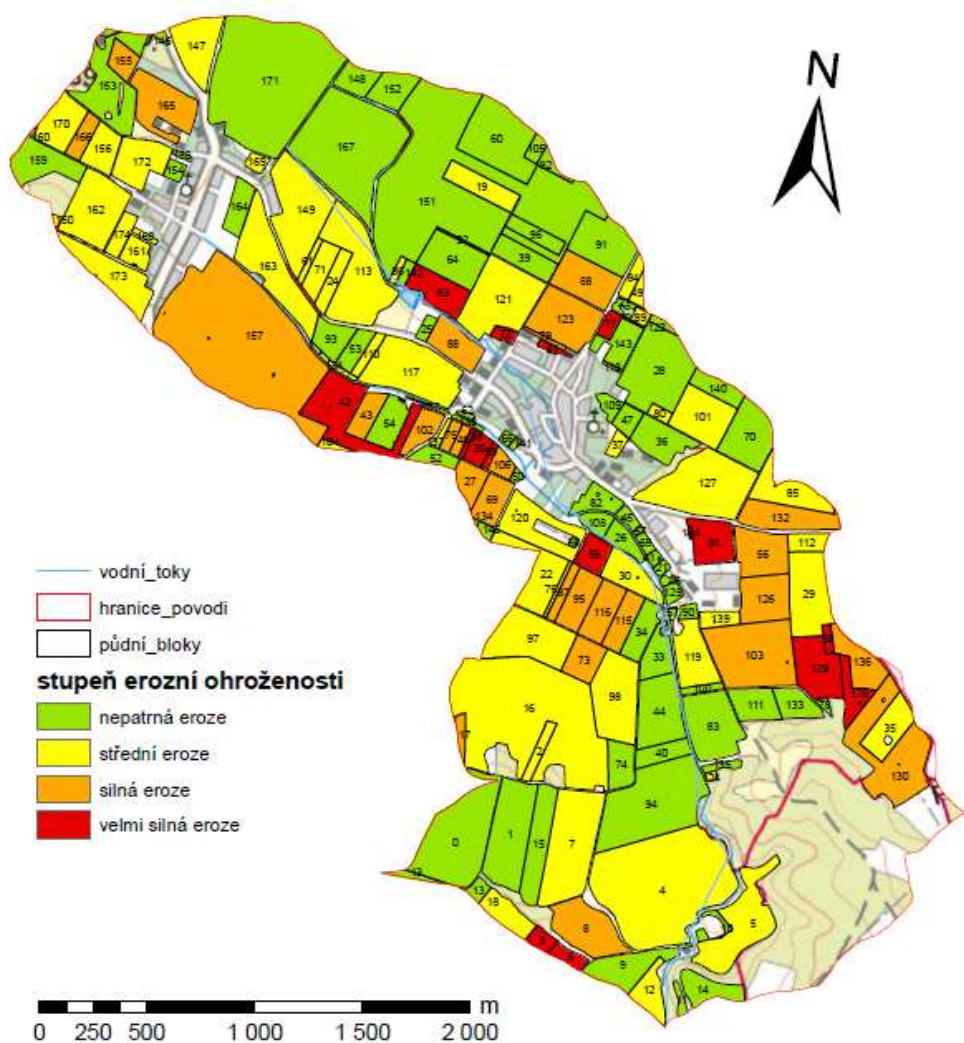
Obr. č. 8: Mapa dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí před návrhem PEO

### 5.1.8 Stupeň erozní ohroženosti

Stupeň erozní ohroženosti na jednotlivých pozemcích je znázorněn na obrázku č. 9. Barevné rozčlenění určuje násobek přípustné ztráty půdy (viz tabulka č. 5) do kategorií nepatrná, střední, silná a velmi silná eroze. V zájmovém povodí jsou zastoupeny všechny stupně.

Tab. č .8: Stupně erozní ohroženosti

stupeň ohroženosti	výměra [ha]	%
1. nepatrná eroze	315,67	46,77
2. střední eroze	215,07	31,86
3. silná eroze	94,37	13,98
4. velmi silná eroze	49,98	7,40
	<b>675,09</b>	<b>100,00</b>



Obr. č. 9: Mapa erozní ohroženosti pozemků před návrhem PEO

## 5.2 Návrh protierozních opatření

Z tabulky č. 8 je patrné, že na polovině území je pouze nepatrná eroze, ale na 30 % už se vyskytuje eroze střední a 20 % území je ohroženo silnou až velmi silnou erozí. Z tohoto důvodu je vhodné navrhnout protierozní opatření, která by měla tuto erozi snížit. Při návrhu protierozních opatření bychom měli respektovat zájmy subjektů hospodařících v zájmovém území.

Dle Novotného a kol., (2014) je vhodné, aby se jednotlivé druhy opatření navzájem doplňovaly. Nejprve by měla být navržena organizační a agrotechnická opatření, protože jsou jednodušší na realizaci a finančně méně nákladná. K technickým opatřením by se mělo přistupovat a v krajních případech.

Pro potřeby této diplomové práce byla tedy navržena organizační a agrotechnická opatření. Důležité bylo zachování skladby osevních postupů, proto byla navržena agrotechnická řešení. U dvou pozemků je doporučeno změnit osevní postup, nebo převést tyto pozemky na trvalý travní porost. Technická opatření nebyla navrhována z důvodu nákladnosti a složitého začlenění do současné zemědělské praxe.

### 5.2.1 Změna osevních postupů

Na pozemcích s trvalým travním porostem můžeme jasně vidět důležitost vegetačního krytu, bez kterého je půda erozně nejvíce ohrožena. Vegetace chrání před přímým dopadem kapek. Proto byla navržena agrotechnická opatření, která měla za cíl co možná nejvíce zkrátit čas, kdy je půda bez ochrany vegetací. K tomu se využívá posklizňových zbytků, rostlinných zbytků z meziplodin nebo předplodin. Meziplodiny chrání půdu před erozí a po sklizení hlavní plodiny poskytují organickou hmotu a zlepšují strukturu půdy. (Janeček a kol., 2012)

Při tvorbě protierozního osevního postupu byla snaha zachovat současnou skladbu pěstovaných plodin při zvýšení protierozní ochrany. Zachování současných osevních postupů je důležité pro subjekty hospodařící v zájmovém území, neboť osevní postupy jsou nastaveny tak, aby pro ně byly výhodné finančně, nebo aby měli dostatek krmiva pro hospodářská zvířata. Proto nebylo možné vyloučit plodiny s nízkým protierozním účinkem, ale bylo třeba najít způsob, jak zajistit ochranu půdy i během pěstování těchto plodin.



Návrh protierozních osevních postupů tedy spočíval v setí kukuřice a řepky do strniště, v některých případech byla ponechána sláma předplodiny jako mulč. Byla navržena orba v období, kdy je nižší výskyt erozně nebezpečných dešťů. Provedené změny v osevních postupech jsou znázorněny v tabulce č. 9, zde jsou i nové průměrné hodnoty faktoru C.

Tab. č. 9: Původní a protierozní osevní postupy

Osevní postupy s hodnotou faktoru C					
ROK	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5
2012	pšenice ozimá	kukuřice	pšenice ozimá	vojtěška	řepka ozimá
2013	řepka ozimá	pšenice ozimá	ječmen jarní	vojtěška	ječmen jarní
2014	ječmen jarní	ječmen jarní	řepka ozimá	řepka ozimá	kukuřice
2015	kukuřice	kukuřice	pšenice ozimá	ječmen jarní	pšenice ozimá
2016	ječmen jarní	pšenice ozimá	pšenice ozimá	pšenice ozimá	kukuřice
<b>C faktor</b>	<b>0,234</b>	<b>0,264</b>	<b>0,185</b>	<b>0,092</b>	<b>0,261</b>
	orba před jařinami co nejpozději, 3x setí do strniště, sláma sklizena po druhé jařině jinak ponechána	orba před jařinou a druhou pšenicí co nejpozději, 3x setí do strniště, po jařině sláma sklizena, jinak ponechána	orba 3x co nejpozději, po řepce a po první a poslední pšenici, po jařině sláma sklizena jinak ponechána, 2x setí do strniště	orba po řepce a jařině co nejpozději, řepka setá do strniště, sláma ponechána	sláma ponechána, meziplodina před kukuřicí, setí kukuřice do strniště, 3x orba co nejpozději
<b>C faktor</b>	<b>0,100</b>	<b>0,088</b>	<b>0,107</b>	<b>0,059</b>	<b>0,086</b>

### 5.2.2 Ochranné zatravnění

Protože ideálně zapojený travní porost, poskytuje nejlepší protierozní ochranu, je vhodný jako protierozní opatření zejména na pozemky s vyšším sklonem, kde pouze změna osevního postupu nestačí. Dle Dufkové (2007) jsou k tomuto účelu vhodné zejména trávy výběžkaté, které se vyznačují tvorbou drnů. V zájmovém území je jen málo ploch využívaných jako trvalý travní porost. Důvodem může být jednak fakt, že zájmové území není příliš sklonité a také to, že neposkytují téměř žádný výnos a dají se využívat pouze jako pastviny. Po návrhu protierozních osevních postupů zbyly pouze dva pozemky ohrožené silnou erozí. Jsou to pozemky č. 128 a č. 129. Ochranné zatravnění zde nebylo navrženo, ale z hlediska erozní ochrany by to bylo nejlepší řešení.

### 5.3 Zhodnocení stavu povodí po návrhu protierozních opatření

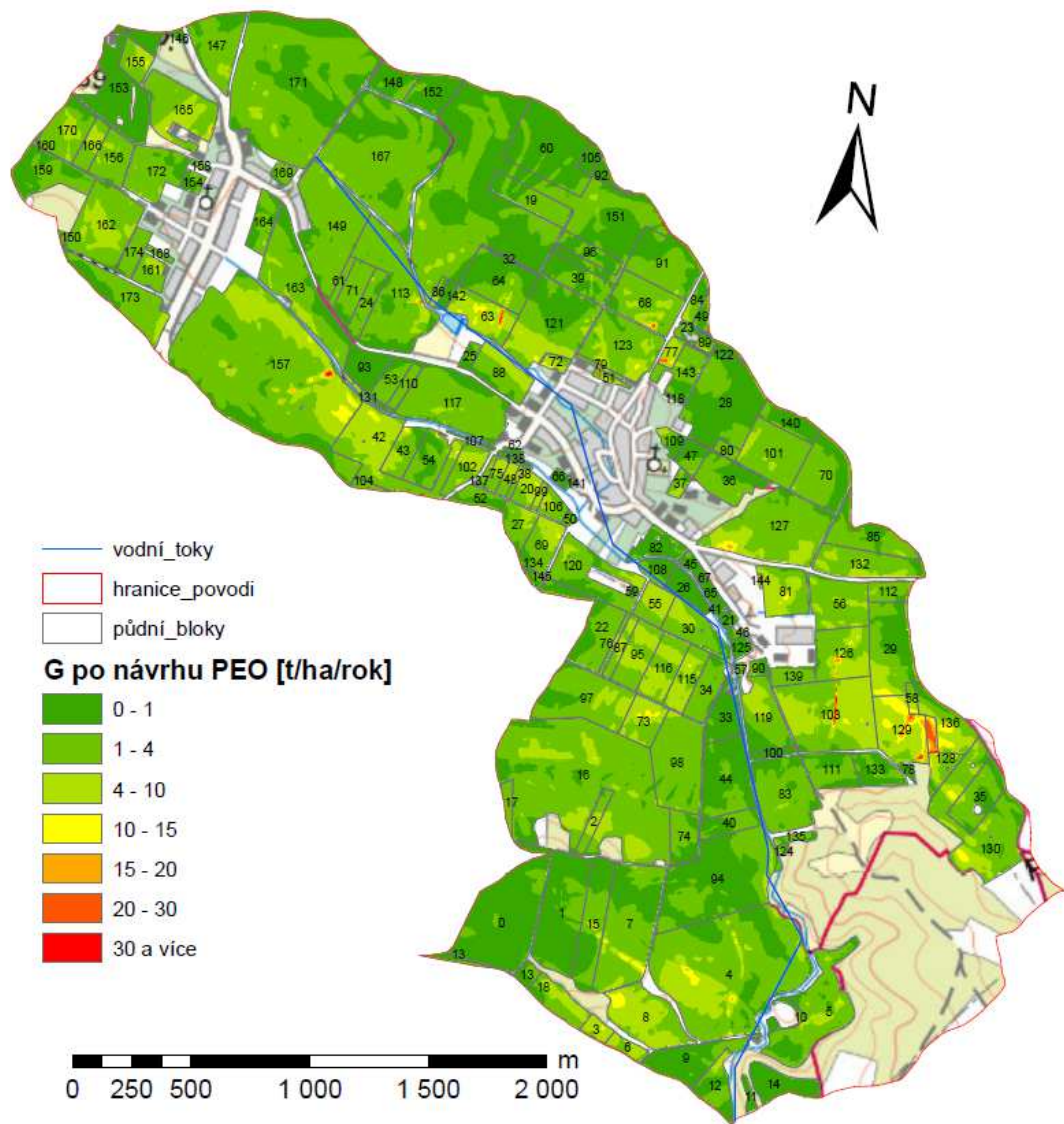
Po návrhu protierozních opatření přepočtu průměrných hodnot faktoru C, byla znovu vypočítána průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodná erozí pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy USLE dle Wischmeiera a Smithe. Při výpočtu byl postup stejný jako při výpočtu před navržením protierozních opatření. Výsledné hodnoty jsou zobrazeny na obrázku č. 10. Porovnáme-li ho s obrázkem č. 8, můžeme jasně vidět snížení erozní ohroženosti téměř na celém území.

Na obrázku č. 11 jsou znázorněny stupně erozní ohroženosti na jednotlivých pozemcích po návrhu protierozních opatření. Pozitivním zjištěním bylo, že u všech pozemků v kategoriích vyšších než nepatrná eroze, došlo ke snížení erozní ohroženosti minimálně o jeden stupeň. Je patrné, že se podařilo snížit erozní ohroženost téměř na všech pozemcích vedených v kategorii velmi silná eroze a jsou nyní ohroženy pouze střední erozí. Pouze pozemky č. 128 a č. 129 jsou stále ohroženy silnou erozí. Zde by bylo nejvhodnější trvalé zatravnění. Dále můžeme vidět velký nárůst výměry v kategorii nepatrná eroze.

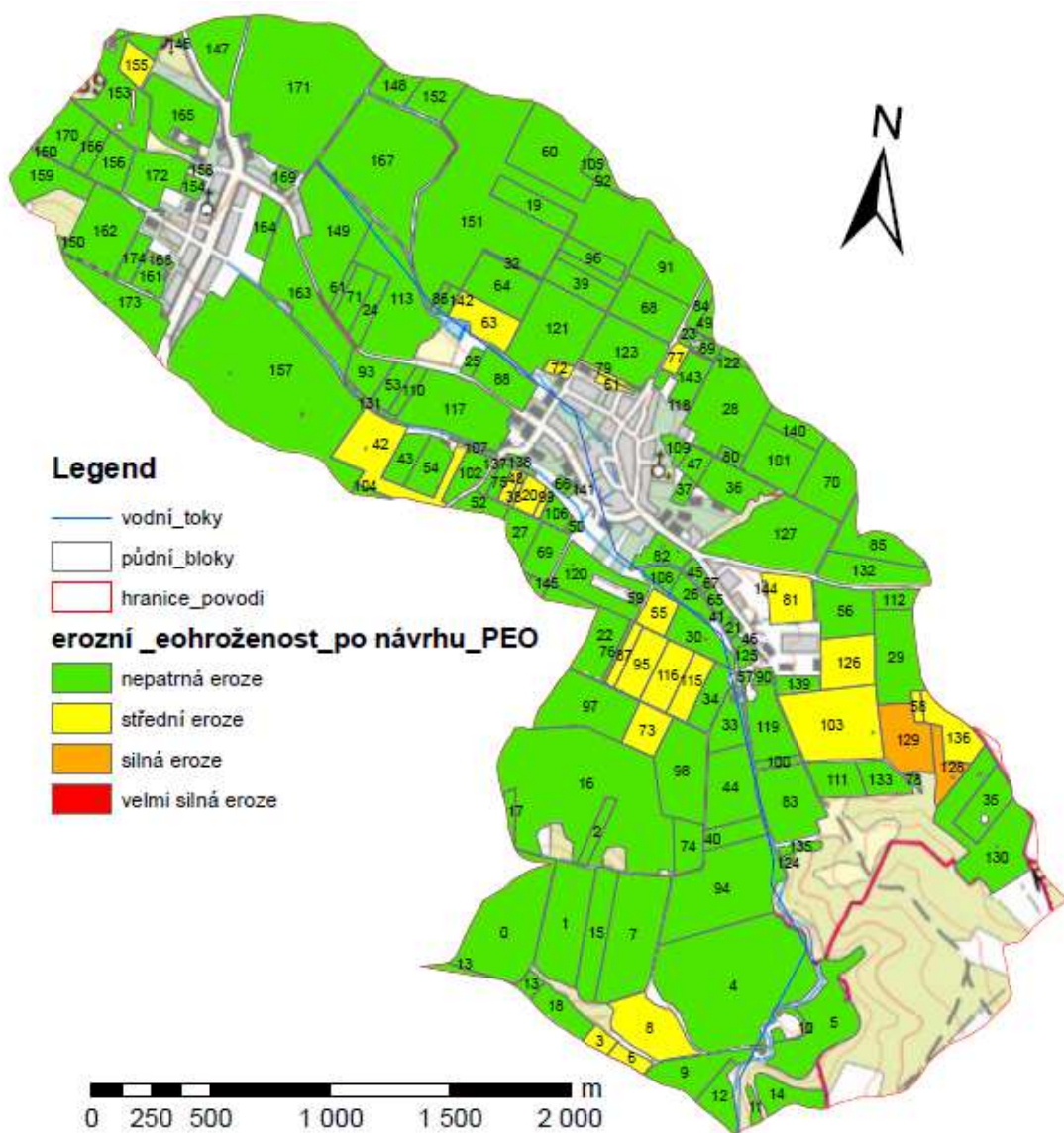
Změny výměr pozemků zastoupených v jednotlivých stupních erozní ohroženosti a jejich procentuální zastoupení jsou uvedeny v tabulce č. 10.

Tab. č. 10: Zastoupení jednotlivých stupňů erozní ohroženosti před a po návrhu PEO

stupeň ohroženosti	před návrhem PEO		po návrhu PEO	
	výměra [ha]	%	výměra [ha]	%
1. nepatrná eroze	315,67	46,77	593,41	87,91
2. střední eroze	215,07	31,86	71,54	10,60
3. silná eroze	94,37	13,98	10,15	1,50
4. velmi silná eroze	49,98	7,40	0,00	0,00
	<b>675,09</b>	<b>100,00</b>	<b>675,09</b>	<b>100,00</b>



Obr. č. 10: Průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí po návrhu PEO



Obr. č. 11: Mapa erozní ohroženosti pozemků po návrhu PEO

## 5.4 Diskuse

Provedené výzkumy a praxe při realizacích ukázaly, že ochranu proti vodní erozi je potřeba řešit v rámci povodí. Proto by samotná realizace protierozních opatření měla vycházet z projektu pozemkových úprav a speciálního projektu protierozních opatření. Ty by měly obsahovat především hydrologické posouzení daného území, posouzení, jakým způsobem jsou v současnosti využívány pozemky z hlediska ohroženosti půdy erozí, která je vyjádřena dlouhodobým průměrným smyvem v  $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  a z hlediska ohrožení vodních zdrojů nebo intravilánu. Důležité je také variantní řešení protierozní

ochrany povodí s doporučením optimální varianty, která zajistí nepřekročení přípustné hodnoty ztráty půdy, popřípadě další požadované limity, jako jsou koncentrace nerozpuštěných látek v tocích. (Podhrázská a Dufková, 2005)

Dle Janečka a kol. (2012) sestává protierozní opatření ze systému organizačních, agrotechnických a technických opatření. Tato opatření se navzájem doplňují při současném respektování současné zemědělské výroby v dané oblasti. Při návrhu je doporučeno zavádět nejprve organizační opatření a poté agrotechnická. Zavádění technických opatření je spojeno s vyššími finančními náklady, a proto je vhodné je zavádět pouze v krajních případech.

Při porovnání výsledků erozní ohroženosti s výsledky z jiných prací, můžeme vidět, že povodí Dolnodubňanského potoka není erozí ohroženo v tak vysoké míře, jako v jiných povodích. Přesto byla polovina území před návrhem protierozních opatření ohrožena erozí větší než nepatrnou. Tento stav by bylo možné zlepšit pomocí navržených protierozních opatření, kterými se podařilo eliminovat stupeň erozní ohroženosti velmi silná eroze na nulu. Silnou a střední erozí je pak ohroženo pouze 12 % území. Jak je uvedeno výše, pozemky 128 a 129 by bylo vhodné zatravnit, neboť se nachází v části území s velkým sklonem, a úprava osevního postupu zde neměla takový účinek.

Dalším důvodem nízké erozní ohroženosti povodí může být to, že je členěno do menších půdních bloků. Janeček a kol., (2012) uvádí, že tvar a velikost pozemků do značné míry ovlivňují geografické poměry území a také nutnost přístupnosti pozemků. Doporučuje se vytvářet v rovinnatých územích půdní bloky do 50 ha, ve členitějších územích pak do 20 ha, přičemž by měly být situovány delší stranou po vrstevnici. V povodí se nachází pět půdních bloků, jejichž výměra je větší než 20 ha, jedna má dokonce skoro 42 ha. Jsou to půdní bloky číslo 4, 16, 151, 157 a 171. Tyto bloky jsou po návrhu protierozních osevních postupů ohroženy pouze nepatrnou erozí. Přesto by bylo vhodné tyto pozemky rozdělit na menší, protože v případě změny osevních postupů by se ohroženost erozí mohla zvýšit.

## 6 ZÁVĚR

Jako hlavní cíl této diplomové práce nazvané Stanovení ztráty půdy vodní erozí a návrh protierozních opatření, bylo zvoleno stanovení ohroženosti povodí Dolnodubňanského potoka vodní erozí. K tomu bylo zapotřebí vypočítat Univerzální rovnici USLE dle Wischmeiera a Smithe (1978). Tento výpočet byl proveden za pomoci programů ArcGIS, USLE2D a LS converter, pomocí nichž byla stanovena dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí. Po zpracování vypočítaných hodnot bylo nutné navrhnout vhodná protierozní opatření a následně provést výpočet znovu. Výsledkem by mělo být snížení erozního ohrožení v zájmovém území na rozumnou mez, aby bylo území zachováno i pro budoucí generace.

Z výsledků provedených výpočtů můžeme konstatovat, že v plošném měřítku není zvolené území erozně příliš ohroženo, přesto se zde nacházejí pozemky s velmi silnou erozní ohrožeností. Takový výsledek je dán zejména malou sklonitostí území. Možná z tohoto důvodu na pozemcích probíhá intenzivní hospodaření bez snahy chránit půdu před erozí. Proto byla navržena některá organizační a agrotechnická řešení. Byly navrženy protierozní oseední postupy. Při jejich tvorbě byl kladen důraz na ponechání skladby plodin, proto bylo využito, např. setí do strniště nebo byla ponechána sláma jako mulč. Pouze u dvou pozemků by bylo vhodné převést způsob využití na trvalý travní porost. Realizací navržených postupů by se snížila erozní ohroženost téměř 88 % území na stupeň ohroženosti nepatrná eroze. Velmi silná eroze byla zcela odstraněna, a silná eroze klesla z necelých 95 ha na něco málo přes 10 ha, což je 1,5 % výměry obhospodařované půdy. Výměra ploch se střední erozí klesla z 215 ha na 71,5 ha tedy z 32 % na 11 %.

V současnosti se protierozní ochrana dostává do povědomí zemědělců, kteří si začínají uvědomovat, že pokud budou z půdy jenom brát a nic jí nevrátí, její poškození dosáhne bodu, kdy o ni nenávratně přijdeme. Naštěstí došlo v roce 2015 k novele zákona o ochraně zemědělského půdního fondu, který zakazuje ohrožování a poškozování půdy erozí. Zároveň umožňuje viníky postihovat finančními postihy.

Na závěr bych rád uvedl citát Karla Schwarzenberga, který řekl „Všichni po ní šlapou a každý z ní žije. Zatímco naši předci si půdy vysoce vážili a s láskou o ní

mluvili, dnešní průměrný občan České republiky, který vyrostl ve městě, k ní žádný vztah nemá a ledabyly s ní zachází.“ Já pevně věřím, že si jí opět vážít začneme.

## 7 POUŽITÉ ZDROJE

### 7.1 Použitá literatura

BUZEK L.: *Eroze půdy*. 1. vydání. Ostrava, Pedagogická fakulta, 1983, 257 s.

CABÍK J., JÚVA K.: *Protierozní ochrana půdy*. 2. vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1963, 324 s.

DUFKOVÁ J.: *Krajinné inženýrství*. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007, 204 s. ISBN 978-80-7375-112-8.

DUMBROVSKÝ, M.: *Geografické informační systémy: Modul CS02*. Brno: Fakulta stavební VUT v Brně, 2009. 141 s.

GELETIČ, J. a kol.: *Úvod do ArcGIS 10*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, 2013, 141 s. ISBN 978-80-244-3390-5.

HOLÝ M., 1978: *Protierozní ochrana*. Praha: SNTL.

JANEČEK M. a kol.: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. 1. vydání. Praha: ISV nakladatelství, 2002, 201 s. ISBN 80-85866-86-2.

JANEČEK M. a kol.: *Základy erodologie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2008, 165 s. ISBN 978-80-213-1842-7.

JANEČEK M. a kol.: *Ochrana zemědělské půdy před erozí – metodika*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2012, 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.

JONES & kol., 2003: *Nature and extent of soil erosion in Europe* [online]. EU: Technical working group on erosion, 27 s. [vid. 2016-04-15]. Dostupné z: [http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/pesera/pesera\\_cd/pdf/WP2ErosInterimRepV331\\_4CD.pdf](http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/pesera/pesera_cd/pdf/WP2ErosInterimRepV331_4CD.pdf)

MAŠÍČEK T., ŽDÍMAL V.: *Inovace předmětu „Počítačové projektování“ – praktické využití GIS při řešení hydrologických analýz. Metodické pracovní listy*. Dílčí část institucionálního plánu č. 13.9 pro rok 2014. Brno: Mendelova univerzita, 2014.



MATĚJČEK a kol.: *Malý geografický a ekologický slovník – příručka pro školy i veřejnost*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti, 2007, 132 s. ISBN 978-80-86034-68-3.

Ministerstvo zemědělství: *Příručka ochrany proti vodní erozi*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014, 73 s. ISBN 978-80-87361-33-7.

NOVOTNÁ D. a kol.: *Úvod do pojmosloví v ekologii krajiny*. Praha: Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s vydavatelstvím ENIGMA, 2001, 399 s. ISBN: 80-7212-192-8.

NOVOTNÝ I. a kol.: *Příručka ochrany proti vodní erozi*. 2. vydání. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014, 73 s. ISBN 978-80-87361-33-7.

PASÁK V. a kol.: *Ochrana půdy před erozí* 1. vydání. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1984, 160 s.

PODHRÁZSKÁ J. DUFKOVÁ J.: *Protierozní ochrana půdy*. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005, 95 s. ISBN 80-7157-856-8.

PODHRÁZSKÁ J. a KOL., 2009: *Návrh a hodnocení účinnosti systému komplexních opatření v pozemkových úpravách pro snížení škodlivých účinků povrchového odtoku*. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 96 s. ISBN 978-80-904027-7-5.

QUITT E., 1984: *Klima Jihomoravského kraje*. Brno: Kabinet zeměpisu KPÚ v Brně, Pellicova 43, 165 s.

RAJCHARD J. a kol.: *Ekologie III*. 1. vydání. České Budějovice: KOPP, 2002, 160 s. ISBN 80-7232-191-9.

RENARD K.G. & kol., 1997: *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation. (RUSLE)*

SMRČEK L., 2011: *Eroze půdy a protierozní ochrana půdy: sborník ze semináře*. Praha: Institut vzdělávání v zemědělství, 53 s. ISBN 978-80-87262-11-5.

SCHMIDTS, M.: *Esri ArcGIS Desktop Associate: Certification Study Guide*. Redlands, California: Esri Press, 2013, 381 s. ISBN 978-1-58948-351-4.

ŠARAPATKA B., BEDRNA Z., DLAPA P., 2002: *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého, 246 s. ISBN 80-244-0584-9.

TLAPÁK, Václav, Vladimír LEGÁT a Jan ŠÁLEK. *Voda v zemědělské krajině*. Praha: Brázda, 1992, 318 s. ISBN 80-209-0232-5.

TOMAN F.: *Protierozní ochrana půdy – cvičení*. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996, 73 s. ISBN 80-7157-220-9.

## **7.2 Internetové zdroje**

1. [http://www.mapy.geology.cz/geocr\\_50/](http://www.mapy.geology.cz/geocr_50/) [Citováno: 6. 4. 2017].
2. [http://www.heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp\\_heis\\_voda&](http://www.heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&) [Citováno: 5. 4. 2017].
3. <http://www.geoportal.gov.cz/web/guest/map> [Citováno: 5. 4. 2017].
4. [http://www.edpp.cz/orpmk\\_charakteristika-zajmoveho-uzemi/](http://www.edpp.cz/orpmk_charakteristika-zajmoveho-uzemi/) [Citováno: 6. 4. 2017].

## **8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK**

### **8.1 Obrázky**

Obr. č. 1: Mapa povodí Dolnodubňanského potoka

Obr. č. 2: Mapa znázorňující kumulaci a délky odtoku

Obr. č. 3: Mapa faktoru K

Obr. č. 4: Mapa sklonitosti povodí

Obr. č. 5: Mapa průměrného sklonu pozemků

Obr. č. 6: Mapa faktoru LS

Obr. č. 7: Mapa faktoru C bez PEO

Obr. č. 8: Mapa dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí před návrhem PEO

Obr. č. 9: Mapa erozní ohroženosti pozemků před návrhem PEO

Obr. č. 10: Mapa dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí po návrhu PEO

Obr. č. 11: Mapa erozní ohroženosti pozemků po návrhu PEO

### **8.2 Tabulky**

Tab. č. 1: Geomorfologie povodí. ([www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz))

Tab. č. 2: Charakteristika klimatické oblasti dle Quitta. (1971)

Tab. č. 3: Průměrné rozdělení faktoru R do měsíců vegetačního období dle Janečka a kol.,. (2012)

Tab. č. 4: Hodnoty faktoru P dle Janečka a kol.,. (2012)

Tab. č. 5: Stupně erozní ohroženosti dle Podhrázské a Dufkové.,. (2005)

Tab. č. 6: Hlavní půdní jednotky a hodnoty faktoru K dle Janečka a kol.,. (2012)

Tab. č. 7: Reprezentativní osevní postupy a hodnoty faktoru C

Tab. č. 8: Stupně erozní ohroženosti

Tab. č. 9: Původní a protierozní osevní postupy

Tab. č. 10: Zastoupení stupňů erozní ohroženosti před a po návrhu PEO

Tab. č. 11: Osevní postup OP 1

Tab. č. 12: Osevní postup OP 2

Tab. č. 13: Protierozní osevní postup OP 1

Tab. č. 14: Protierozní osevní postup OP

## 9 PŘÍLOHY

Tab. č. 11: Osevní postup OP 1

Měsíc	% R	pšenice ozimá			řepka ozimá			ječmen jarní			kukuřice			ječmen jarní		
		obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C
IV.	1,0	3	0,450	0,450	3	0,700	0,700	2	0,700	0,700	1	0,350	0,350	2	0,750	0,750
		2	0,450	0,450				2	0,450	0,450						
V.	11,0	4	0,080	0,880	4	0,080	0,880	3	0,450	4,950	2	0,450	4,950	3	0,500	5,500
		3	0,350	0,350				3	0,350	0,350						
VI.	22,0	4	0,080	1,760	4	0,080	1,760	4	0,080	1,760	3	0,350	7,700	4	0,080	1,760
		4	0,175	0,175				4	0,175	0,175						
VII.	30,0	4	0,080	2,400	4	0,040	1,200	4	0,080	2,400	4	0,350	10,500	4	0,080	2,400
		5	0,125	0,125												
VIII.	26,0	5	0,250	6,500	5	0,125	3,250	5	0,250	6,500	4	0,350	9,100	5	0,250	6,500
		1	0,325	0,325												
IX.	8,0	1	0,650	5,200	1	0,650	5,200	1	0,700	5,600	4	0,175	1,400	1	0,650	5,200
		5	0,350	0,700				5	0,350	0,700						
X.	2,0	2	0,700	1,400	1	0,650	1,300	1	0,700	1,400	1	0,700	1,400	2	0,700	1,400
Celoroční C		0,186			0,147			0,233			0,371			0,235		
Průměrná hodnota C za celý osevní postup					0,234											

Tab. č. 12: Osevní postup OP 2

Měsíc	% R	kukuřice			pšenice ozimá			ječmen jarní			kukuřice			pšenice ozimá		
		obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C
IV.	1,00	1	0,350	0,350	3	0,450	0,158	2	0,700	0,700	1	0,350	0,350	3	0,450	0,450
		2	0,450	0,450							2	0,450	0,450			
V.	11,00	2	0,450	4,950	4	0,080	0,396	3	0,450	4,950	2	0,450	4,950	4	0,080	0,880
		3	0,350	0,350							3	0,350	0,350			
VI.	22,00	3	0,350	7,700	4	0,080	0,616	4	0,080	1,760	3	0,350	7,700	4	0,080	1,760
		4	0,175	0,175							4	0,175	0,175			
VII.	30,00	4	0,350	10,500	4	0,080	2,400	4	0,080	2,400	4	0,350	10,500	4	0,080	2,400
VIII.	26,00	4	0,350	9,100	5	0,250	6,500	5	0,250	6,500	4	0,350	9,100	5	0,250	6,500
IX.	8,00	4	0,175	1,400	1	0,650	5,200	1	0,700	5,600	4	0,175	1,400	1	0,700	5,600
		5	0,350	0,350							5	0,350				
X.	2,00	2	0,750	1,500	1	0,650	1,300	1	0,700	1,400	2	0,750	1,500	1	0,700	1,400
Celoroční C		0,368			0,166			0,233			0,365			0,190		
Průměrná hodnota C za celý osevní postup					0,264											

Tab. č. 13: Protierozní osevní postup OP 1

Měsíc	% R	pšenice ozimá			řepka ozimá			ječmen jarní			kukuřice			ječmen jarní		
		obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C
IV.	1,0	3	0,200	0,200	3	0,200	0,200	2	0,700	0,700	5	0,020	0,020	2	0,750	0,750
		2	0,020	0,020				2	0,020	0,020						
V.	11,0	4	0,080	0,880	4	0,080	0,880	3	0,450	4,950	2	0,020	0,220	3	0,500	5,500
		3	0,020	0,020				3	0,020	0,020						
VI.	22,0	4	0,080	1,760	4	0,080	1,760	4	0,080	1,760	3	0,020	0,440	4	0,080	1,760
		4	0,013	0,013				4	0,013	0,013						
VII.	30,0	4	0,080	2,400	4	0,040	1,200	4	0,080	2,400	4	0,050	1,500	4	0,080	2,400
		5	0,020	0,020												
VIII.	26,0	5	0,040	1,040	5	0,040	1,040	5	0,040	1,040	4	0,050	1,300	5	0,250	6,500
IX.	8,0	5	0,040	0,320	5	0,040	0,320	5	0,040	0,320	4	0,013	0,100	5	0,250	2,000
								5	0,075	0,700						
X.	2,0	2	0,250	0,500	1	0,650	1,300	5	0,040	0,080	1	0,700	1,400	2	0,025	0,050
Celoroční C		0,071			0,067			0,113			0,057			0,190		
Průměrná hodnota C za celý osevní postup					0,100											

Tab. č. 14: Protierozné osevní postup OP 2

Měsíc	% R	kukuřice			pšenice ozimá			ječmen jarní			kukuřice			pšenice ozimá		
		obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C
IV.	1,00	5	0,020	0,020	3	0,450	0,009	2	0,700	0,700	5	0,020	0,020	3	0,450	0,450
		2	0,020	0,020							2	0,020	0,020			
V.	11,00	2	0,020	0,220	4	0,080	0,018	3	0,450	4,950	2	0,020	0,220	4	0,080	0,880
		3	0,020	0,020							3	0,020	0,020			
VI.	22,00	3	0,020	0,440	4	0,080	0,035	4	0,080	1,760	3	0,020	0,440	4	0,080	1,760
		4	0,025	0,025							4	0,025	0,025			
VII.	30,00	4	0,050	1,500	4	0,080	2,400	4	0,080	2,400	4	0,050	1,500	4	0,080	2,400
VIII.	26,00	4	0,050	1,300	5	0,250	6,500	5	0,040	1,040	4	0,050	1,300	5	0,040	1,040
IX.	8,00	4	0,025	0,200	5	0,650	5,200	5	0,040	0,320	4	0,025	0,200	5	0,040	0,320
		5	0,075	0,075							1	0,450				
X.	2,00	2	0,750	1,500	1	0,650	1,300	5	0,040	0,080	2	0,750	1,500	5	0,040	0,080
Celoroční C		0,053			0,155			0,113			0,052			0,069		
Průměrná hodnota C za celý osevní postup					0,088											