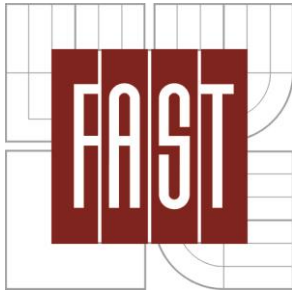


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF

Vliv změn faktoru erozní účinnosti deště na plošný rozsah kategorií stupně erozní ohroženosti

The effect of rainfall erosion efficiency factor change on the areal extent of erosion risk categories

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ PÍREK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

PROF. ING. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSC.

BRNO 2016



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	Jiří Pírek
Název	Vliv změn faktoru erozní účinnosti deště na plošný rozsah kategorií stupně erozní ohroženosti
Vedoucí bakalářské práce	prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
Datum bakalářské práce zadání	30. 11. 2015
Datum bakalářské práce odevzdání	27. 5. 2016
V Brně dne 30. 11. 2015	

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

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

Podklady a literatura

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Janeček M, a kol. : Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika ČZU Praha, 2012
3. Dumbrovský M, - Mezera J, Střítecký L.: Metodický návod pro projektování pozemkových úprav, metodika ČMKPU 2005
4. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, VUMOP Praha 1997

Zásady pro vypracování

Na základě vyhodnocení variantních hodnot R faktoru, provede student vyhodnocení plošného rozsahu jednotlivých kategorií stupně erozní ohroženosti ve vybraném území v povodí Moravy. Analýzy pro stanovení míry erozního ohrožení provede pro tři úrovně hodnot R faktoru s využitím programů USLE2D a Atlas DMT.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).
- 3.

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

ABSTRAKT

Hlavním tématem této práce je citlivostní analýza plošného rozsahu kategorií erozní ohroženosti v závislosti na různém R faktoru, který vstupuje do univerzální rovnice pro výpočet ztráty půdy vodní erozí (USLE). Matematický model eroze byl zpracován pro katastr Nikolčice ležící v Jihomoravském kraji. Práce se dále zabývá evropskými standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu v souvislosti s vodní erozí (GAEC 1 a 2) a stručnou ekonomickou analýzou možných škod, způsobených erozním smyvem.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodní eroze, erozní smyv, R faktor, ztráta půdy, retence, zemědělství, krajina, dešťové srážky, Nikolčice

ABSTRACT

The main theme of the thesis is a sensitivity analysis of the area of erosion risks categories depending on different R factor that enters into a universal equation for soil loss by water erosion (USLE). Mathematical model of erosion was processed for the cadastral Nikolčice located in Southern Moravia. The study also discusses the european standards for Good agricultural and environmental condition in relation to water erosion (GAEC 1 and 2) and a brief analysis of the potential economic damage caused by erosive wash.

KEY WORDS

Water erosion, erosion washes, R factor, soil loss, retention, agriculture, landscape, rainfall, Nikolčice

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jiří Pírek *Vliv změn faktoru erozní účinnosti deště na plošný rozsah kategorií stupně erozní ohroženosti*. Brno, 2016. 37 s., 54 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne

.....

podpis autora Jiří Pírek

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce za poskytnuté podklady a cenné rady. Také bych rád poděkoval svojí rodině za duševní podporu.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
2	REŠERŠE.....	4
2.1	Základní pojmy	4
2.2	Rovnice USLE.....	4
2.3	Definice R FAKTORU	6
2.4	Historie vývoje R faktoru v ČR.....	7
2.5	Důsledky erozního smyvu	8
2.6	Limitní smyv	8
2.7	Utuzení půd.....	8
3	MATERIÁL A METODY.....	10
3.1	Materiál.....	10
3.1.1	Popis územního plánování	10
3.1.2	Pedologie.....	11
3.1.3	Hydrologie	11
3.1.4	Vegetační pokryv	12
3.1.5	Morfologie a sklonitost	13
3.2	Metody.....	13
3.2.1	Digitalní model terénu.....	13
3.2.2	Výpočet erozního smyvu.....	14
3.2.3	Statistické vyhodnocení	18
	vstupní data.....	20
4	VÝSLEDKY A DISKUZE	21
4.1	Plošný rozsah nadlimitního smyvu	21
4.2	Citlivostní analýza plošného rozsahu kategorií erozní ohroženosti	22
4.2.1	Mapy kategorií erozní ohroženosti	23
4.3	Evropské standardy Gaec.....	26
4.3.1	GAEC 1.....	26
4.3.2	GAEC 2.....	27
4.4	Vodní eroze jako plíživý jev	29
4.5	Eroze jako externalita	30
4.6	Ekonomická analýza	31

5	ZÁVĚR	32
6	POUŽITÁ LITERATURA	34
	SEZNAM TABULEK	35
	SEZNAM OBRÁZKŮ	36
	SEZNAM PŘÍLOH	37

1 ÚVOD

Zemědělská krajina je na jižní Moravě fenomén. Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu nařizuje uživatelům půdy šetrné hospodaření. Pro získání plné výše přímých podpor ovšem zemědělci postačuje dodržování tzv. standardů GAEC. Pokud hospodář dodržuje tyto standardy, vodní erozi částečně zabrání. Bohužel ne vždy dostatečně. Nutností je individuální řešení každého ohroženého půdního bloku, což zajistí lepší retenceschopnost a minimalizuje transport splavenin spojený s odnosem živinných složek.

Pro svoji práci jsem si vybral katastr Nikolčic, který leží na severu Břeclavska. Ten dle mapy vodní erozní ohroženosti, kterou zpracoval Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd spadá do rizikového území.

Vodní eroze je vyvolávána destrukční činností dešťových kapek, povrchovým odtokem a následným transportem uvolněných půdních částic ve směru povrchového odtoku. Eroze může být způsobena i odtokem z tajícího sněhu. (Janeček a kol., 2012)

Eroze zemědělských půd vážně ohrožuje produkční i mimoprodukční funkce půd. Ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část – ornici, zhoršuje fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost a snižuje obsah živin a humusu v půdě. (Vopravil a kol., 2009)



Obr. 1.1 terasy na Jižních svazích Liščího a Žerotínského vrchu (vlevo) a erozně citlivá oblast na sever od obce. pozn. Jedná se o pracovní číslo (ID) půdního bloku 67 (vpravo)

2 REŠERŠE

2.1 ZÁKLADNÍ POJMY

Vodní eroze půdy je přírodní proces, při kterém dochází k rozrušování půdního povrchu působením vody, transportu půdních částic na jiné místo a jejich následnému usazování. Lze rozlišit dva druhy eroze. Jedná se o normální (geologickou) a (působením člověka) zrychlenou erozi. Geologická eroze probíhá přirozeně, postupně přetváří reliéf území a je v souladu s půdotvorným procesem. Zrychlená eroze naopak smývá půdní částice v takovém rozsahu, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem, jelikož tento probíhá mnohem pomaleji. (Vopravil a kol., 2013)

Tato práce se zabývá erozí zrychlenou, v důsledku působení zemědělské činnosti. Přesněji erozí **plošnou**. Dále známe také erozi **rýhovou**, která může výslednou sumu odnosu splavenin ještě navýšit. Eroze rýhová ale není předmětem zkoumání mojí práce.

2.2 ROVNICE USLE

Plošnou erozi ovlivňuje mnoho faktorů. V 70. letech 20. století probíhal ve Spojených státech experimentální výzkum vodní eroze na mnoha pozemcích o stejné délce (22,13 m) a sklonu (9%). Cílem tohoto výzkumu bylo právě stanovit matematické závislosti mezi jednotlivými faktory ovlivňující plošnou vodní erozi. Hlavní autoři tohoto výzkumu byli pánové Wischmeier a Smith a ti dali vzniknout univerzální rovnici pro výpočet dlouhodobé a průměrné ztráty půdy USLE (The Universal Soil Loss Equation).

$$G = R \times C \times K \times L \times S \times P$$

kde:

- **G** je průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$),
- **R** je faktor erozní účinnosti deště vyjádřený v závislosti na kinetické energii a intenzitě erozně nebezpečných dešťů ($MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$), resp. po úpravě ($N \cdot ha^{-1}$),
- **K** je faktor erodovatelnosti půdy vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu ($t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$), resp. po úpravě ($t \cdot N^{-1}$),
- **L** je faktor délky svahu vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku délky 22,13 m),
- **S** je faktor sklonu svahu vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku sklonu 9 %),
- **C** je faktor ochranného vlivu vegetace vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku s trvalým úhorem),
- **P** je faktor účinnosti protierozních opatření (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku obdělávaném ve směru sklonu pozemku).

2.3 DEFINICE R FAKTORU

Dlouhodobá měření ukazují, že jsou-li ostatní faktory USLE konstantní, je ztráta půdy z obdělávaného pozemku přímo úměrná součinu celkové kinetické energie přívalového deště (E) a jeho maximální 30minutové intenzity (i_{30}).

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

kde: R je faktor erozní účinnosti deště $/MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}/$,

E celková kinetická energie deště $/J \cdot m^{-2}/$,

i_{30} maximální 30minutová intenzita deště $/cm \cdot h^{-1}/$

Kinetická energie deště je určena sumou všech dílčích energií úseků (E_i) o charakteristické intenzitě a srážkovém úhrnu.

$$E_i = (206 + 87 \log i_{si}) \times H_{si}$$

kde: i_{si} je intenzita i -tého úseku deště $/cm \cdot h^{-1}/$,

H_{si} je srážkový úhrn i -tého úseku deště $/cm/$

Faktor erozní účinnosti srážek R tedy závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu. Roční hodnota R faktoru se proto určuje z dlouhodobých záznamů o srážkách a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přívalových dešťů, které se v daném roce odehrály. Neuvažují se ale deště s menším úhrnem než 12,5 mm a pokud v průběhu 15 minut nepadlo alespoň 6,25 mm. Tyto deště musí být oddělené od ostatních dobou delší než 6 hodin. (Janeček a kol., 2012, Wischmeier, W.C. a kol., 1978,)

2.4 HISTORIE VÝVOJE R FAKTORU V ČR

V České republice byla dříve určena hodnota R faktoru na $20 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$. Tato hodnota byla určena na základě dlouhodobé řady pozorování srážek na 3 stanicích Českého hydrometeorologického ústavu. Konkrétně Praha – Klementinum, Tábor a Bílá Třemešná s tím, že k výpočtu byly použity deště s úhrny sníženými o 12,5mm.

Později však došlo ke zpracování aktuálnějších dlouhodobých řad ombrografických záznamů z dalších stanic Českého hydrometeorologického ústavu (viz. tab. 2.1) a provedením důkladnějšího metodického rozboru erozní účinnosti srážek. Aby nedošlo k přílišnému ovlivnění průměru hodnoty R faktoru, byl použit tzv. „useknutý“ aritmetický průměr (bez 2 nejmenších a 2 nejvyšších hodnot). Výsledky ukázaly, že v horských oblastech se dá uvažovat R faktor 60 až 120. Zastoupení orné půdy v těchto oblastech je však velmi malé. Pro podhorské oblasti vychází R 45 až 60.

Oblasti dešťového stínu (Louny – Žatec) jsou na hodnotách R 15 až 30. A konečně hodnota pro většinu zemědělsky využívaného území České republiky je v rozmezí R 30 až 45. Z těchto nových výsledků byla stanovena nová paušální hodnota R faktoru pro celou Českou republiku na $R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$. (Janeček a kol., 2012)

V současné metodice dle Janečka je možné zjistit vypočtenou hodnotu R faktoru pro Židlochovice ($R = 40,9$) a Pohořelice ($R = 40,8$). Obě tyto obce jsou od mnou sledovaného katastru Nikolčic vzdálené asi 10 kilometrů.

2.5 DŮSLEDKY EROZNÍHO SMYVU

Eroze se podílí na degradaci půd, snižování výnosů plodin a na negativním ovlivnění životního prostředí. Snížení výnosů plodin se značně liší v závislosti na stupni degradace půdy. Při odstranění 5 – 15 cm ornice mohou poklesnout výnosy o 15 – 30 %, při úplném odstranění humusového horizontu může být toto snížení až o tři čtvrtiny. Další důsledky můžeme zaznamenat i u vlastností půd. Z fyzikálních vlastností se mění struktura i textura, objemová hmotnost, pórovitost a infiltrační schopnosti. Z chemických se pak snižuje obsah půdní organické hmoty, minerálních živin, ztrátou živin a obnažením podorničí se mnohdy zvyšuje i kyselost půdy. (Šarapatka, 2014)

2.6 LIMITNÍ SMYV

Povolený smyv by měl nejlépe odpovídat množství půdy, které se stačí během roku v dané lokalitě vytvořit (pedogeneze). (Šarapatka, 2014)

Za tohoto předpokladu by nedocházelo k dlouhodobým ztrátám úrodných horizontů půdy. Pokud ale dochází vlivem vodní eroze k výše zmíněným důsledkům a úplné likvidaci posklizňových zbytků, tak se proces pedogeneze značně zpomaluje a tím se celý problém jen dále prohlubuje. Pro realizaci kontrolního systému je pro jednoduchost určena paušální hodnota $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Pedogeneze ale probíhá za různých podmínek rozdílně.

2.7 UTUŽENÍ PŮD

Utuzení půd neboli pedokompakce je další z procesů degradace půd. Jedná se o degradaci fyzikálních půdních vlastností, úzce souvisí s rozpadem půdní struktury. V důsledku utužení pak dochází ke snižování pórovitosti, ke zvyšování objemové hmotnosti, ke zhoršení schopnosti infiltrace vody a ke snížení retenční vodní kapacity. Rozlišujeme dva druhy utužení půd. První, genetické utužení, je typické pro půdy těžšího zrnitostního složení, zatímco technogenní, neboli antropogenní utužení, které vzniká jako důsledek působení těžkých mechanizačních prostředků na půdu, může postihnout půdy jakéhokoliv

zrnatostního složení, tedy i půdy lehké. Na těžších půdách se potom obě formy utužení obvykle kombinují.

Vliv na rozpad půdní struktury s následným utužením má zejména:

- *acidifikace půdy*
- *úbytek půdní organické hmoty*
- *utužování půdy těžkými mechanismy zvláště za nevhodných vlhkostních podmínek*
- *orba na stejnou hloubku*
- *vysoká závlaha půdy*
- *vysoké hnojení draselnými hnojivy*
- *pěstování monokultur s nízkým nebo žádným zastoupením víceletých pícnin v osevním postupu*

(Brtnický, 2012)

3 MATERIÁL A METODY

3.1 MATERIÁL

Modelování změn R faktoru je aplikováno na katastru Nikolčic. I přes ten fakt, že Jihomoravský kraj je rovinatý, obec leží ve svažité dolině, ve které teče částečně zatrubněn Nikolčický potok č. h. p. 4-15-03-108. Celý katastr leží ve velmi teplém klimatickém regionu s klimatickým kódem 0. Nadmořský výška mnou sledované oblasti je mezi 178 – 404 m n.m.

3.1.1 Popis územního plánování

Katastr Nikolčic o celkové výměře 16,07 km² spadá do mikroregionu Hustopečko. Sousední katastrální území jsou k.ú. Diváky, Šitbořice, Křepice a Hustopeče. Je zde zpracovaný územní plán a v současné době zde probíhá pozemková úprava. Zastavěná plocha má rozlohu 17,3 ha a v územním plánu jsou vymezeny další požadované plochy pro bydlení v rodinných domech. Jedná se o lokality Záhumenice a Horní konec. Obcí prochází silnice II. Třídy, která Jižním směrem dále pokračuje do Hustopečí. Na severu obce jsou v územním plánu nově vymezeny plochy pro tělovýchovu a sport a plochy pro veřejně prospěšné stavby, v tomto případě se bude pravděpodobně jednat o čistírnu odpadních vod. Do územního plánu vstupuje také územní systém ekologické stability (ÚSES). Jedná se hlavně o stávající biocentra a biokoridory místního, regionálního ale i nadregionálního významu. Jako nadregionální biocentrum je označen NRBC13 Přední kout v nejjižnější části území s evidovaným záměrem na provedení změny. Dále se v severní části území nachází biocentrum regionálního významu RBC145 Rumunská bažantnice také s evidovaným záměrem na provedení změny. Z plánovaných prvků ekologické stability mohou jmenovat například biokoridory RBK085, RBK084 a lokální biocentra LBC N6 Odměrky, LBC N7 Nový dvůr. Mezi silné stránky udržitelného rozvoje území patří vysoký podíl půdy v 2. třídě ochrany, existence sběrného dvora a chráněných přírodních lokalit. Ke slabým stránkám patří nízká úroveň koeficientu ekologické stability (0,23), nižší kvalita hygieny prostředí vzhledem k absenci čistírny odpadních vod, eroze půdy, zastavěné území zasahuje do migračně významného území a do sesuvného území.

3.1.2 Pedologie

Většina orné půdy sledovaného území spadá pod kód hlavní půdní jednoty (HPJ) 6,7,8, což jsou dle 2. přílohy vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb.

- 08 - Černozemě modální a černozemě pelické, hnědozemě, luvizemě, popřípadě i kambizemě luvické, smyté, kde dochází ke kultivaci přechodného horizontu nebo substrátu na ploše větší než 50 %. Leží na spraších nebo sprašových hlínách. Jsou středně těžké i těžší, převážně bez skeletu.
- 06 - Černozemě pelické a černozemě černické pelické na velmi těžkých substrátech (jílech, slínech, karpatském flyši a tercierních sedimentech), těžké až velmi těžké s vylehčeným orničním horizontem, ojediněle štěrkovité, s tendencí povrchového převlhčení v profilu
- 07 smonice modální a smonice modální karbonátové, černozemě pelické a černozemě černické pelické, vždy na velmi těžkých substrátech, celoprofilově velmi těžké, bezskeletovité, často povrchově periodicky převlhčované.

O konkrétním rozložení hlavních půdních jednotek vypovídá příloha 4.1.

3.1.3 Hydrologie

Většina území Nikolčic leží v povodí Litavy. Ta se vlévá do Svratky, která ústí do Novomlýnských nádrží ležící na řece Dyji. Obcí protéká částečně zatrubněn Nikolčický potok.

Kvalita vody v potoce je slabá z důvodu absence čistírny odpadních vod (viz obr. 2.1.4). Niže po potoku můžeme najít Mokřad, který plní funkci nejen čištění vody ale i funkci lokálního biocentra. Kvalitu spodních vod může nepříznivě ovlivňovat stará ekologická zátěž v podobě bývalé skládky u Kurdějova, na místě proběhla výsadba zeleně.



Obr. 3.1.3 Nikolčický potok v intravilánu

3.1.4 Vegetační pokryv

Konkrétní data o místních osevních postupech se mi nepodařilo získat. Nicméně lze uvažovat o určitých plodinách jako například: pšenice setá, řepka olejná, kukuřice, slunečnice, píce a další, které se v této klimatické oblasti pěstují a stanovit roční průměrný C faktor paušálně pro ornou půdu. Konkrétně jsem nastavil hodnotu 0,278, což se blíží variantě s řepkou ozimou dle Janečkovy současné metodiky (0,22). Jelikož na plochách jako jsou vinice pěstované na terasách, zahradách a trvalých travních porostech se eroze nijak zvláště neprojevuje je zde hodnota nastavena na 0 a tím jsou tyto plochy z výpočtu eroze dle USLE2D vyloučeny. Pro úplnou představu o vegetačních poměrech uvádím data o výměrách jednotlivých ploch v katastru. Tyto data pochází od ČÚZK. 100% je celková plocha katastru.

Plošné zastoupení způsobů využití půdy na sledovaném území:

• Orná půda	11563821	m ²	72%
• Vinice	551937	m ²	3,4%
• Zahrada	155290	m ²	1,0%
• Ovocný sad	535587	m ²	3,3%
• Trvalý travní porost	142624	m ²	0,9%

Z této analýzy vyplývá, že se jedná o intenzivně využívanou krajinu.

3.1.5 Morfologie a sklonitost

Nejvyšším bodem území je Žerotínský vrch s nadmořskou výškou 381,3 m n. m. a nejnižším Rumunská bažantnice 190,0 m n. m. O geomorfologii a sklonitosti terénu nejlépe vypovídají přílohy č. 1.3 Přehledná mapa zájmového území a č 5.1 Mapa sklonitosti.

3.2 METODY

Práce spočívala v modelování, nejdříve terénu a poté samotné plošné vodní eroze. K výpočtu jsem využil výše zmiňovanou rovnici USLE a softwaru GIS, usle2D. Po vytvoření erozního modelu jsem analyzoval vliv změn R faktoru na plošný rozsah eroze větší než 4 t.ha⁻¹.rok⁻¹ a kategorií erozní ohroženosti. Všechny hydrologické výpočty a analýzy byly provedeny na základě digitálního modelu terénu označovaného zkratkou DMT.

3.2.1 Digitalní model terénu

Většina práce byla realizována v prostředí ArcGIS kde byly využity hydrologické nástroje [www.esri.com]. Nejdříve jsem vytvořil DMT pomocí interpolační funkce Topo to raster.

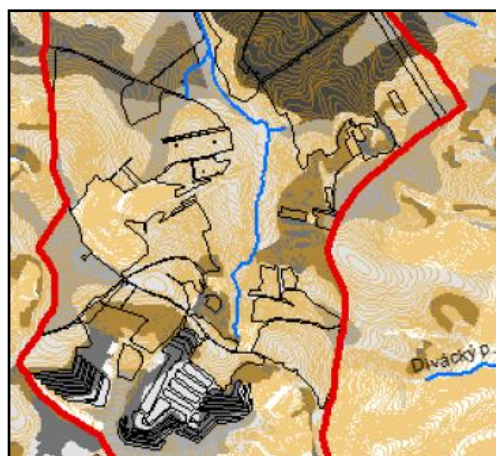
Dále jsem tento model vyhladil pomocí nástroje fill, tak aby byl hydrologicky korektní. Tento model jsem dále používal jako vstupní vrstvu pro provádění hydrologických analýz.

3.2.2 Výpočet erozního smyvu

Erozní smyv v řešeném území jako základní podklad pro návrh opatření byl stanoven na základě DMT metodou USLE 2D s využitím LS algoritmu dle Mc Coola a Goverse.

Z průniku datových vrstev hlavních půdních jednotek a hydrologické skupiny půd a bylo nejdříve nutné tabulkově stanovit výši K faktoru a potom tabulkové hodnoty převést do rastrové podoby pomocí funkce Features to Raster (viz obr. 3.2.3).

C faktor byl určen na základě klimatického regionu a převeden také na rastrovou vrstvu. Vrstva pro LS faktor byla zhotovena v softwaru usle2D. V tomto programu je faktor LS počítán zvlášť pro každý rastrový element. Délka odtokové dráhy je nahrazena zdrojovou plochou rastrového elementu.



Obr. 3.2.3 Náhled na vrstvu K faktoru

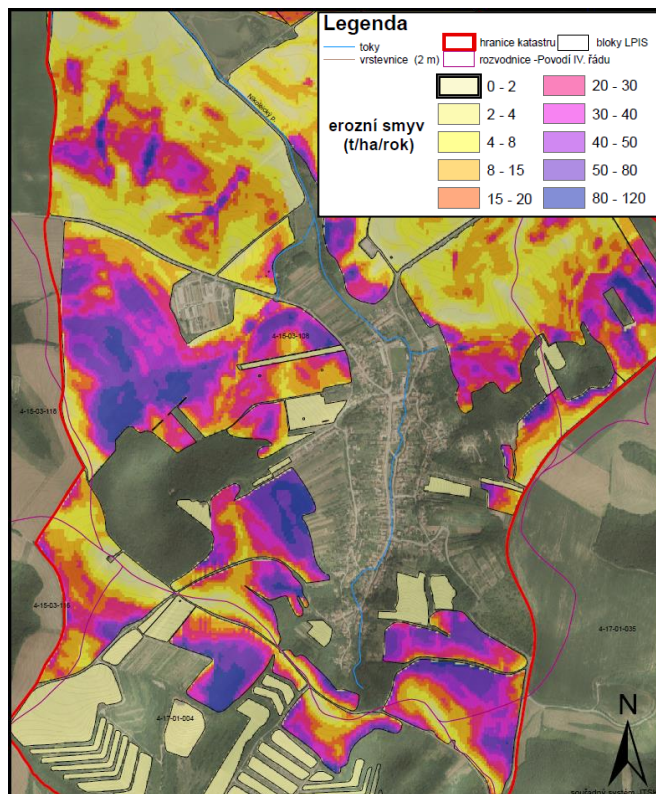
Vektorová data potřebná pro určení LS faktoru:

- Hranice povodí
- Zemědělská půda
- Vodní toky, nádrže, rybníky
- Lesy
- Zastavěné území
- Silnice, železnice

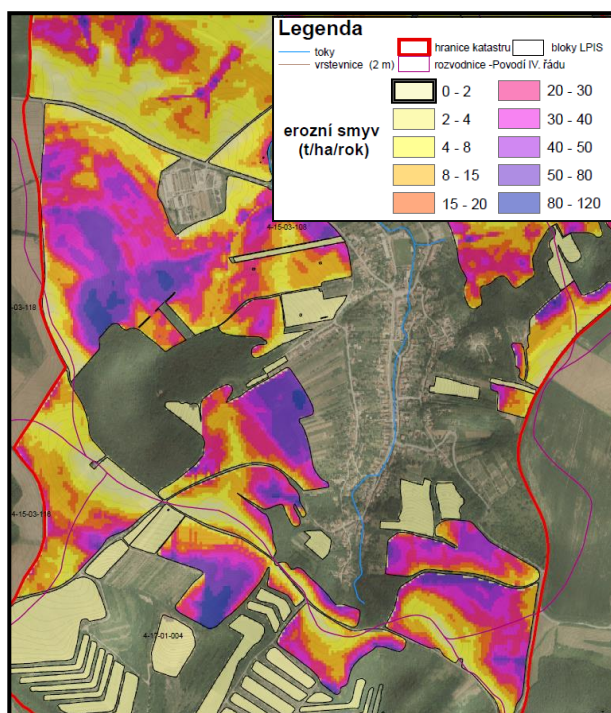
Program USLE 2D pro výpočet LS-faktoru vyžaduje jako vstupní data DMT (digitální model terénu) a grid tzv. "parcel". Grid parcel převodem z uvedených dat rozčleňuje území na dílčí plochy vkládáním bariér - hranic mezi dílčími plochami, které působí jako překážky pro plošný povrchový odtok a dochází zde k přerušení odtoku. Tím se snižuje délka odtokové dráhy a faktor L délky svahu. Délka odtokové dráhy je nahrazena zdrojovou plochou rastrového elementu.

Z metod výpočtu byly použity "Routing Algorithm: flux decomposition" (umožňuje větvení odtokové dráhy) a "LS Algorithm: Mc Cool" (standardní metoda výpočtu LS-faktoru v RUSLE).

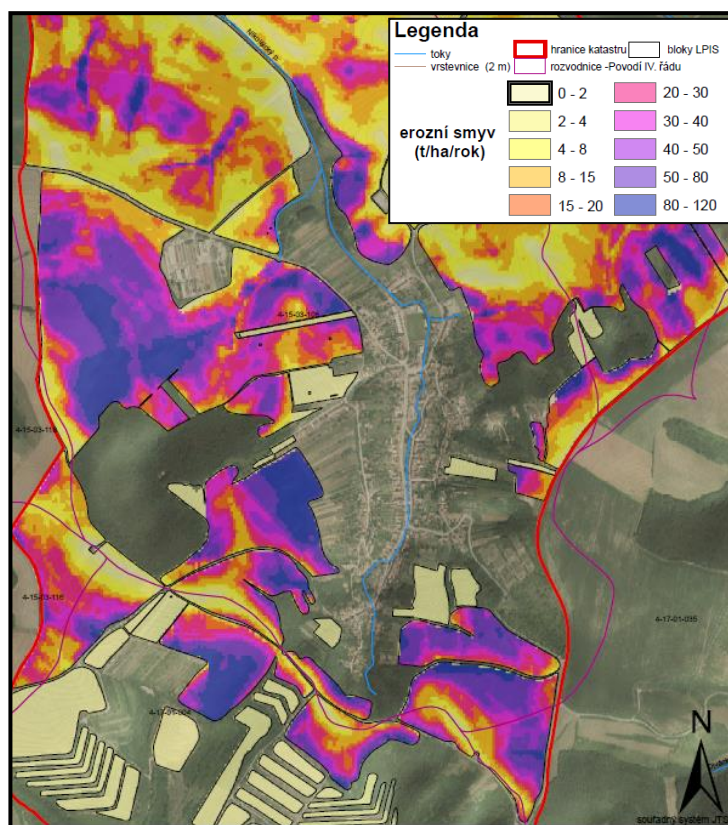
V mém případě je velikost jednoho rastrového elementu neboli cellsize 10 krát 10 metrů. Hlavní výpočetní úlohu erozního smyvu provedla funkce Raster calculator. Zde byla aplikována rovnice USLE. Došlo k vynásobení rastrových vrstev a konstant $P = 1$ a $R=20,30,40,50,60$ (viz. obr. 3.1.4). Tímto jsem získal několik erozních map a podkladů pro další analýzy plošných rozsahů erozní ohroženosti a možných finančních škod.



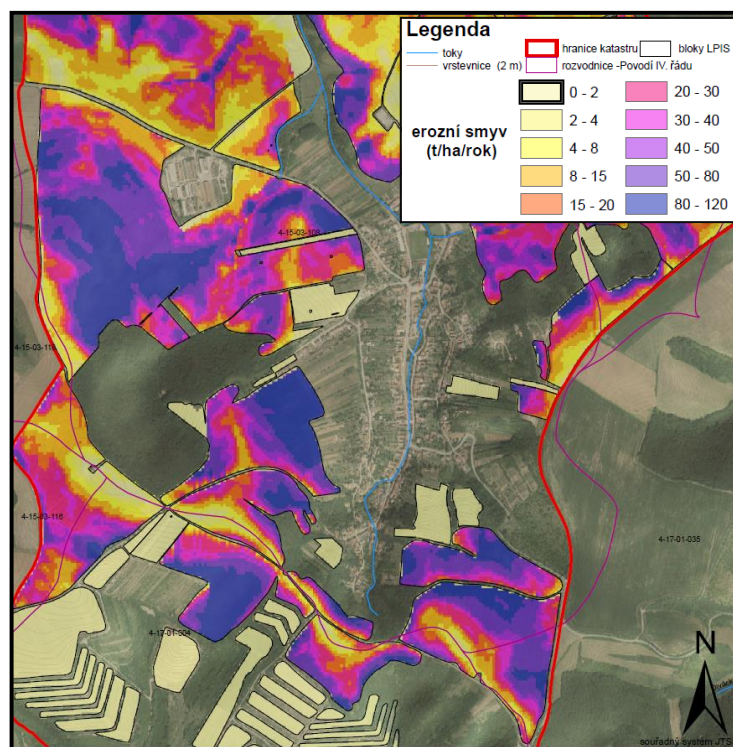
Obr. 3. 2. 4 Rastrové zobrazení průměrné roční sumy erozního smyvu pro R faktor 40



Obr. 3. 3. 5 Rastrové zobrazení průměrné roční sumy erozního smyvu pro R faktor 30



Obr. 3. 4. 6 Rastrové zobrazení průměrné roční sumy erozního smyvu pro R faktor 50



Obr. 3. 5. 7 Rastrové zobrazení průměrné roční sumy erozního smyvu pro R faktor 60

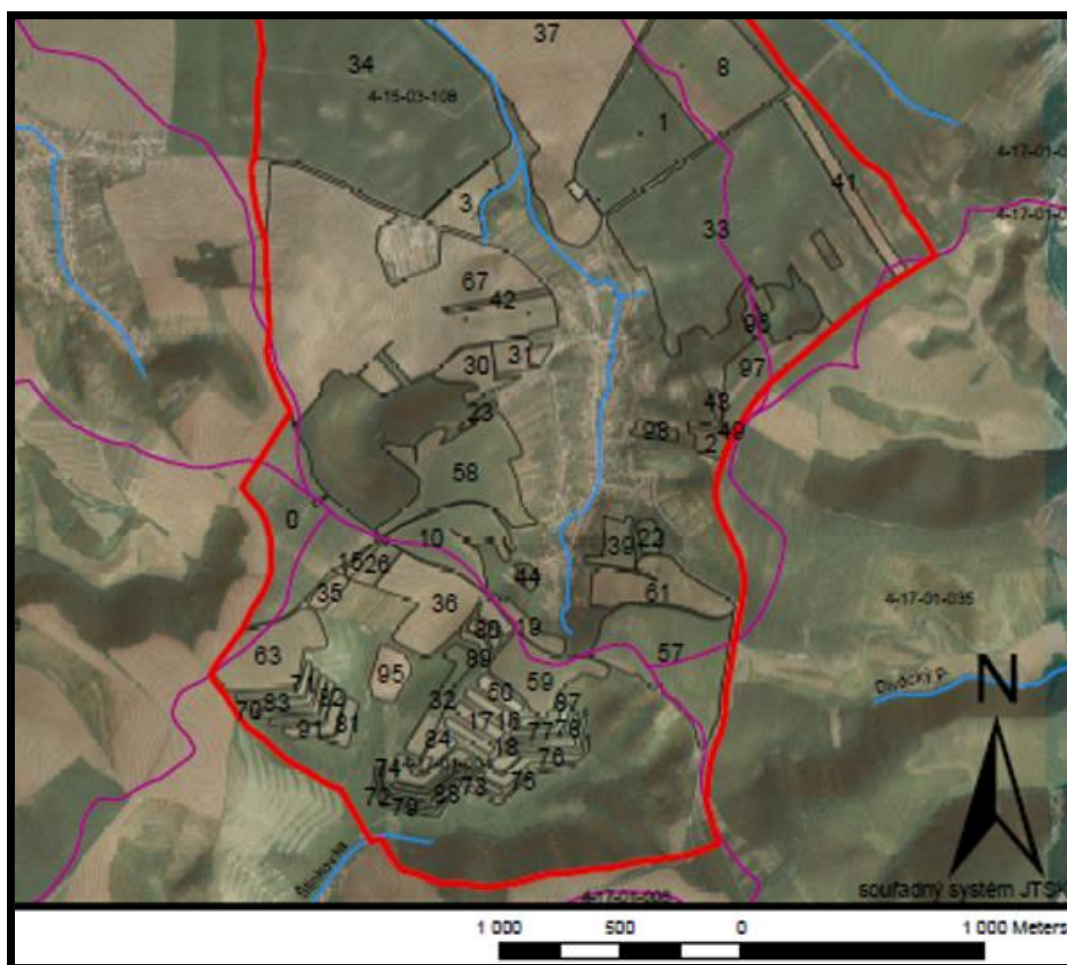
3.2.3 Statistické vyhodnocení

Velice užitečným nástrojem pro zpracování grafických dat na data tabulková pro mne byl nástroj Zonal statistics as table. Jako okrajová šablona mi sloužila vrstva s bloky LPIS a nebo katastrální hranice Nikolčic. Pomocí tohoto nástroje jsem byl schopen určit průměrný erozní smyv a další statistiky na každý blok LPIS blok zvlášť. Vzniklé tabulky, které vytvoří sám arcGIS jsou dále možné exportovat do softwaru Microsoft office excel. Toho jsem využil a výsledné výstupy s drobnou ekonomickou analýzou dané problematiky jsem vypracoval v tomto softwaru.

Tab. 3.2.4 kvantifikace erozního smyvu na jednotlivých blocích LPIS pro R 40

ID bloku LPIS	počet buněk	plocha (m ²)	plocha (ha)	plocha (km ²)	průměrná eroze (t/ha/rok)	vypočtená suma t/rok	limitní suma t/rok	poměr odnosu [m ³]	možná škoda Kč/rok
36	1131	113100	11.31	0.1131	57.05	645.2	45.2	215.1	258 072.34 Kč
58	1610	161000	16.1	0.161	41.60	669.7	64.4	223.2	267 896.12 Kč
67	6645	664500	66.45	0.6645	37.25	2475.1	265.8	825.0	990 028.06 Kč
61	854	85400	8.54	0.0854	36.79	314.2	34.2	104.7	125 667.44 Kč
57	1877	187700	18.77	0.1877	29.47	553.2	75.1	184.4	221 279.54 Kč
43	50	5000	0.5	0.005	28.04	14.0	2.0	4.7	5 607.34 Kč
19	224	22400	2.24	0.0224	25.81	57.8	9.0	19.3	23 130.00 Kč
59	759	75900	7.59	0.0759	24.76	187.9	30.4	62.6	75 176.49 Kč
30	373	37300	3.73	0.0373	22.70	84.7	14.9	28.2	33 862.27 Kč
2	139	13900	1.39	0.0139	22.52	31.3	5.6	10.4	12 519.19 Kč
10	960	96000	9.6	0.096	22.10	212.1	38.4	70.7	84 848.06 Kč
97	717	71700	7.17	0.0717	19.33	138.6	28.7	46.2	55 451.64 Kč
41	495	49500	4.95	0.0495	17.87	88.4	19.8	29.5	35 374.25 Kč
33	6209	620900	62.09	0.6209	16.84	1045.8	248.4	348.6	418 329.71 Kč
0	2204	220400	22.04	0.2204	14.53	320.3	88.2	106.8	128 133.44 Kč
34	8858	885800	88.58	0.8858	11.38	1008.3	354.3	336.1	403 333.00 Kč
3	445	44500	4.45	0.0445	10.23	45.5	17.8	15.2	18 202.38 Kč
46	964	96400	9.64	0.0964	10.05	96.9	38.6	32.3	38 764.56 Kč
40	9927	992700	99.27	0.9927	9.67	960.1	397.1	320.0	384 026.38 Kč
37	6676	667600	66.76	0.6676	8.54	570.4	267.0	190.1	228 166.35 Kč
20	263	26300	2.63	0.0263	7.43	19.6	10.5	6.5	7 820.38 Kč
7	3801	380100	38.01	0.3801	6.80	258.3	152.0	86.1	103 327.95 Kč
48	593	59300	5.93	0.0593	6.17	36.6	23.7	12.2	14 626.90 Kč
1	1853	185300	18.53	0.1853	5.41	100.2	74.1	33.4	40 087.79 Kč
8	2218	221800	22.18	0.2218	4.32	95.7	88.7	31.9	38 286.18 Kč
56	8253	825300	82.53	0.8253	3.08	253.9	330.1	84.6	101 565.43 Kč

92	2739	273900	27.39	0.2739	3.05	83.5	109.6	27.8	33 409.31 Kč
55	3861	386100	38.61	0.3861	2.70	104.3	154.4	34.8	41 723.70 Kč
69	3186	318600	31.86	0.3186	2.54	80.9	127.4	27.0	32 356.39 Kč
9	4530	453000	45.3	0.453	2.44	110.8	181.2	36.9	44 301.43 Kč
14	2533	253300	25.33	0.2533	2.38	60.2	101.3	20.1	24 090.76 Kč
66	310	31000	3.1	0.031	2.37	7.4	12.4	2.5	2 943.79 Kč
21	3392	339200	33.92	0.3392	2.14	72.5	135.7	24.2	28 985.60 Kč
53	3906	390600	39.06	0.3906	1.28	50.0	156.2	16.7	19 986.74 Kč
51	3302	330200	33.02	0.3302	1.18	39.1	132.1	13.0	15 627.50 Kč
68	32	3200	0.32	0.0032	1.07	0.3	1.3	0.1	136.49 Kč
24	29	2900	0.29	0.0029	1.05	0.3	1.2	0.1	121.42 Kč
54	1747	174700	17.47	0.1747	1.02	17.7	69.9	5.9	7 099.94 Kč
28	17	1700	0.17	0.0017	0.93	0.2	0.7	0.1	63.41 Kč
52	4935	493500	49.35	0.4935	0.83	41.0	197.4	13.7	16 401.34 Kč
5	54	5400	0.54	0.0054	0.79	0.4	2.2	0.1	171.44 Kč
47	1554	155400	15.54	0.1554	0.78	12.1	62.2	4.0	4 845.44 Kč
62	38	3800	0.38	0.0038	0.66	0.3	1.5	0.1	100.06 Kč
45	2086	208600	20.86	0.2086	0.58	12.1	83.4	4.0	4 824.37 Kč
SUMA			11			10977	4254		4 390 772.32 Kč



Obr. 3.2.5 pracovní identifikace bloků LPIS (ID)

VSTUPNÍ DATA

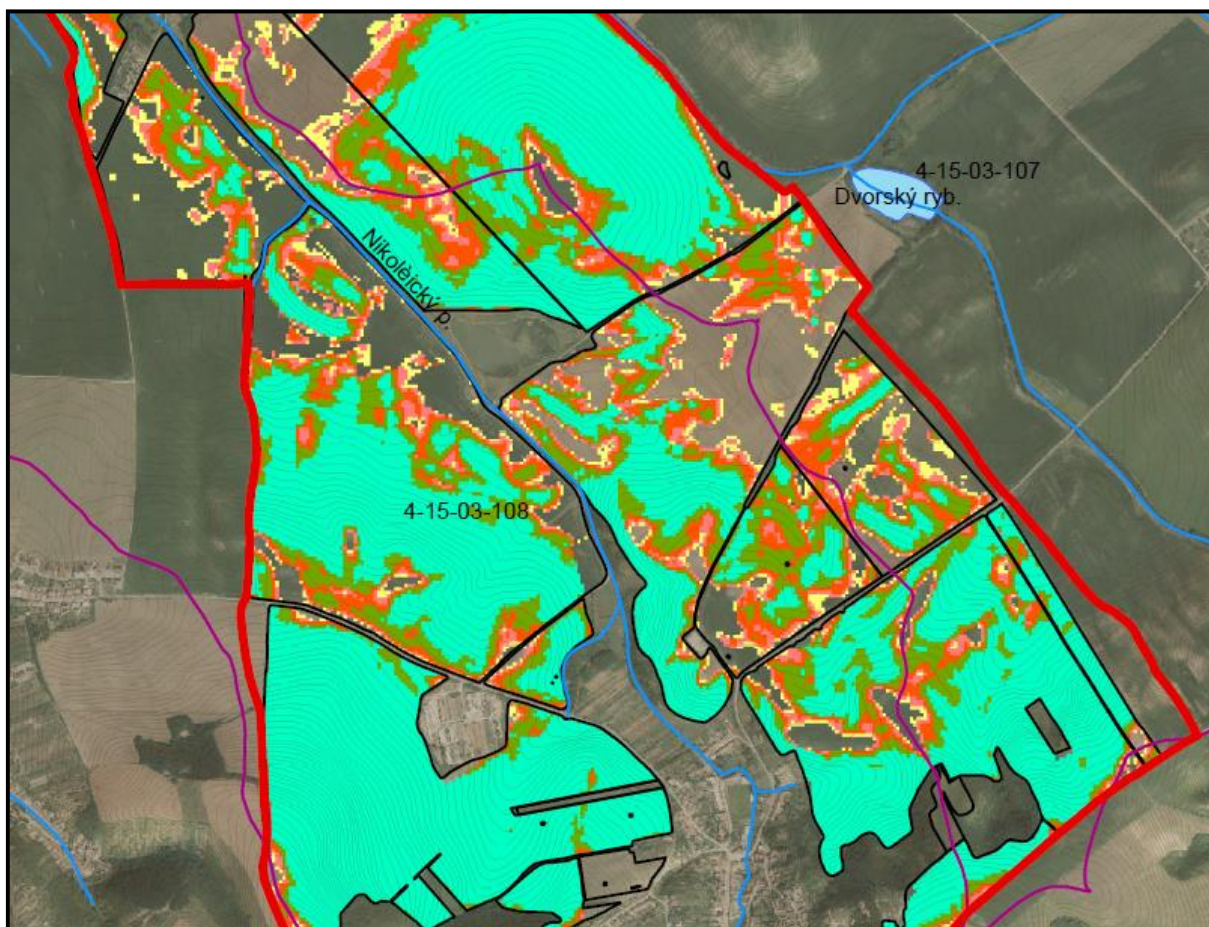
Data jsem čerpal především z těchto zdrojů:

- www.geoportal.cuzk.cz – WMS připojení pro ortofoto
- <http://www.dibavod.cz/> - Hydrologická síť
- <http://www.vumop.cz/> - pedologické podklady
- www.eagri.cz - polygony bloků LPIS

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 PLOŠNÝ ROZSAH NADLIMITNÍHO SMYVU

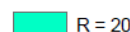






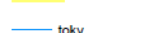

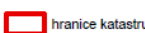
Dle současné metodiky platí, že výpočtová hodnota průměrné dlouhodobé ztráty půdy má dosahovat maximálně $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Na tomhle kritériu jsem založil první analýzu plošného rozsahu. Rostoucí R faktor se na sledované ploše neprojeví lineárně, jelikož míru erozní ohroženosti zásadně určuje morfologie terénu a ta je velmi nepravidelná.



Obr. 4.1.1 plošný rozsah nepovoleného smyvu pro různé R faktory

Tab. 4.1.2 vypočtená výměra nadlimitního smyvu pro různé R faktory a legenda k obr. 4.1.1

plocha orné půdy kde je překročený povolený smyv $G > 4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$				
R faktor	m ²	ha	km ²	procenta
20	3296300	329.63	3.2963	29.2%
30	4234900	423.49	4.2349	37.5%
40	5017000	501.7	5.017	44.5%
50	5630900	563.09	5.6309	49.9%
60	6154100	615.41	6.1541	54.6%

 R = 20	Legenda
 R = 30	
 R = 40	
 R = 50	
 R = 60	
 toky	 hranice katastru
 vrstevnice (2 m)	 bloky LPIS
	 rozvodnice -Povodí IV. řádu

4.2 CITLIVOSTNÍ ANALÝZA PLOŠNÉHO ROZSAHU KATEGORIÍ EROZNÍ OHROŽENOSTI

Další podrobnější analýza plošného rozsahu erozní ohroženosti byla provedena na základě kategorizace dle násobků povoleného smyvu. Na dalších stranách této kapitoly je vidět jak se výrazně se projevuje změna R faktoru na plošném rozsahu daných kategorií.

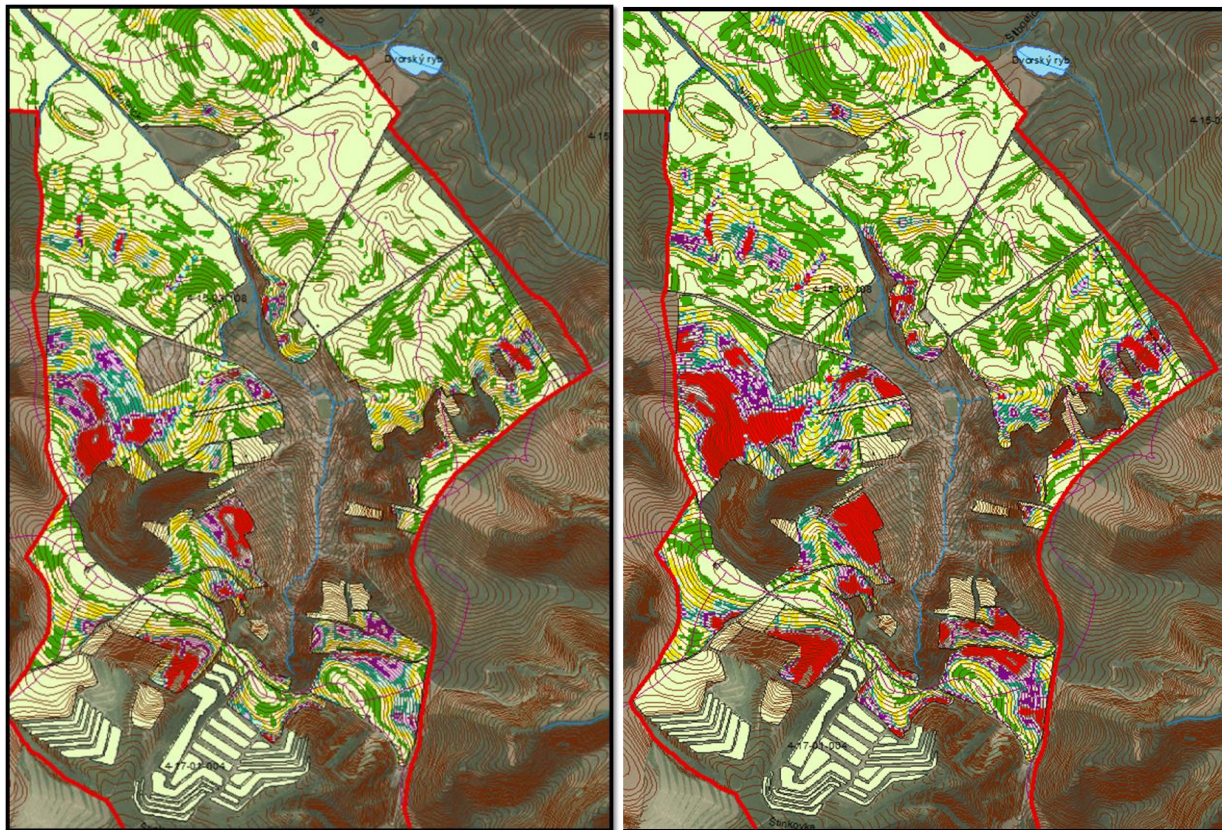
Dále do mojí práce vstupuje také varianta výpočtu, kde jsem uvažoval R faktor dle aktuální metodiky jako 40, ale navýšil jsem hodnotu K faktoru o 30 procent z důvodu zhutnění a erozní degradace půdy. Jako horní limit kategorizace jsem zvolil hodnotu $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ tedy desetinásobek povolené hodnoty. Na této erozně nejcitlivější kategorii lze pozorovat značné změny plošného rozsahu. Například varianta R 40 má plochu kategorie s větším než desetinásobkem povoleného smyvu 6,58 hektaru. Oproti variantě R 20, která má rozlohu této kategorie na 1,17 hektarech, je to asi šestinásobek. Tento velký rozdíl oproti jiným kategoriím je způsoben tím, že na kritických plochách dochází ještě k většímu odnosu, než je desetinásobek smyvu povoleného. Na nejkritičtějších gridech dochází ve variantě R 40 až ke 40-tinásobně většímu smyvu, než je smyv povolený.

Tab. 4.2.1 kvantifikace ploch jednotlivých kategorií EO pro různé R faktory

kategorie dle násobků povoleného smyvu	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]		plocha [ha]					
			R 20	R 30	R 40	R 40 K+30%	R 50	R 60
	větší než	menší než						
povolený smyv	0	4	79.75	70.38	62.57	55.33	56.44	51.22
až 2 násobek	4	8	13.14	15.21	17.21	18.64	18.49	19.19
2 - 3 násobek	8	12	6.67	7.32	8.08	8.83	8.66	9.39
3 - 4 násobek	12	16	3.96	4.94	5.06	5.52	5.42	5.82
4 - 5 násobek	16	20	2.61	3.23	3.84	3.93	3.91	4.10
5 - 6 násobek	20	24	1.89	2.46	2.82	3.18	3.17	3.23
6 - 7 násobek	24	28	1.35	1.79	2.17	2.60	2.53	2.68
7 - 8 násobek	28	32	0.97	1.55	1.79	1.94	1.89	2.27
8 - 9 násobek	32	36	0.63	1.16	1.34	1.66	1.68	1.73
9 - 10 násobek	36	40	0.52	0.91	1.28	1.47	1.36	1.51
10 násobek a více	40	160	1.17	3.73	6.58	9.66	9.19	11.65

4.2.1 Mapy kategorií erozní ohroženosti

R 20 a R 30

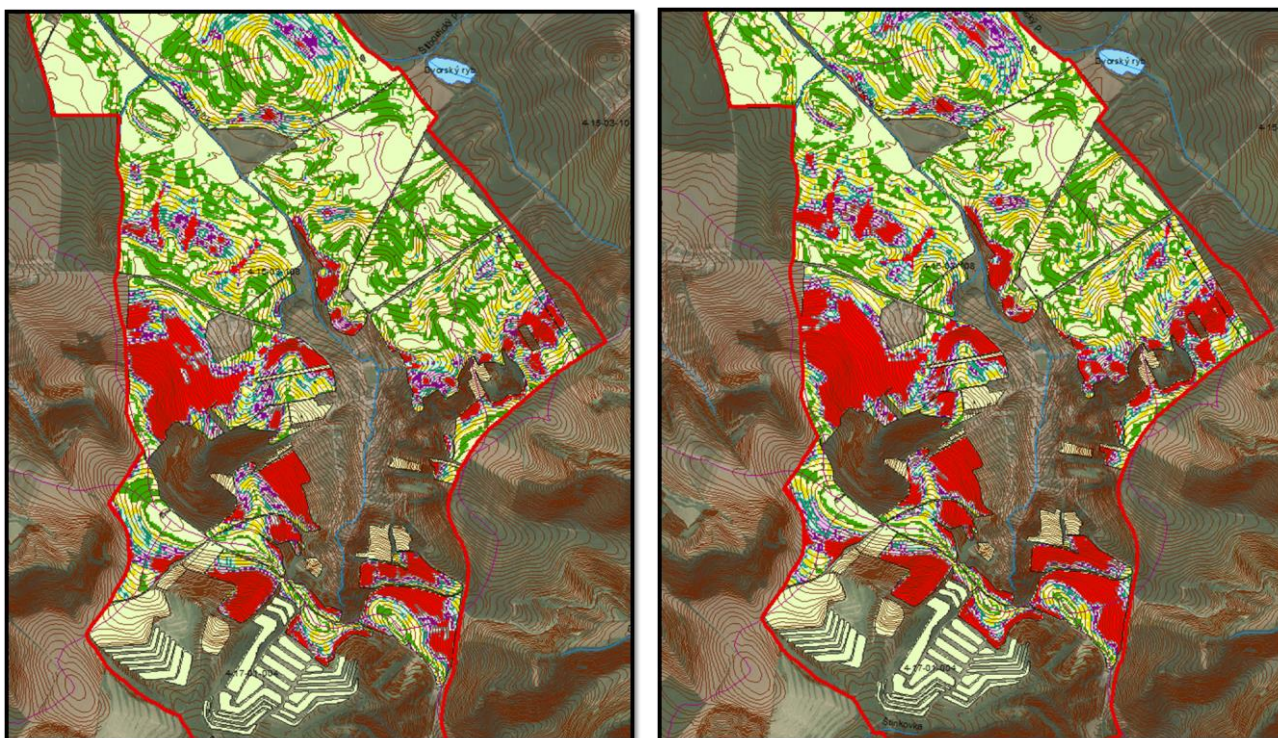


Obr. 4. 2. 2 a Obr. 4. 2. 3 Mapy kategorií erozní ohroženosti varianty R 20 (vlevo) a R30 (vpravo)












Legenda	
	povolený smyv 0 až 4 t/ha/rok
	až 2 násobek
	2 - 3 násobek
	3 - 4 násobek
	4 - 5 násobek
	5 - 6 násobek
	6 - 7 násobek
	7 - 8 násobek
	8 - 9 násobek
	9 - 10 násobek
	více než 10 násobek

Už mezi variantami R 20 a R 30 lze vidět změnu, kategorie s větším erozním ohrožením se rozrůstají na plochy, kde u R 20 bylo o jeden či dva násobky menší ohrožení.

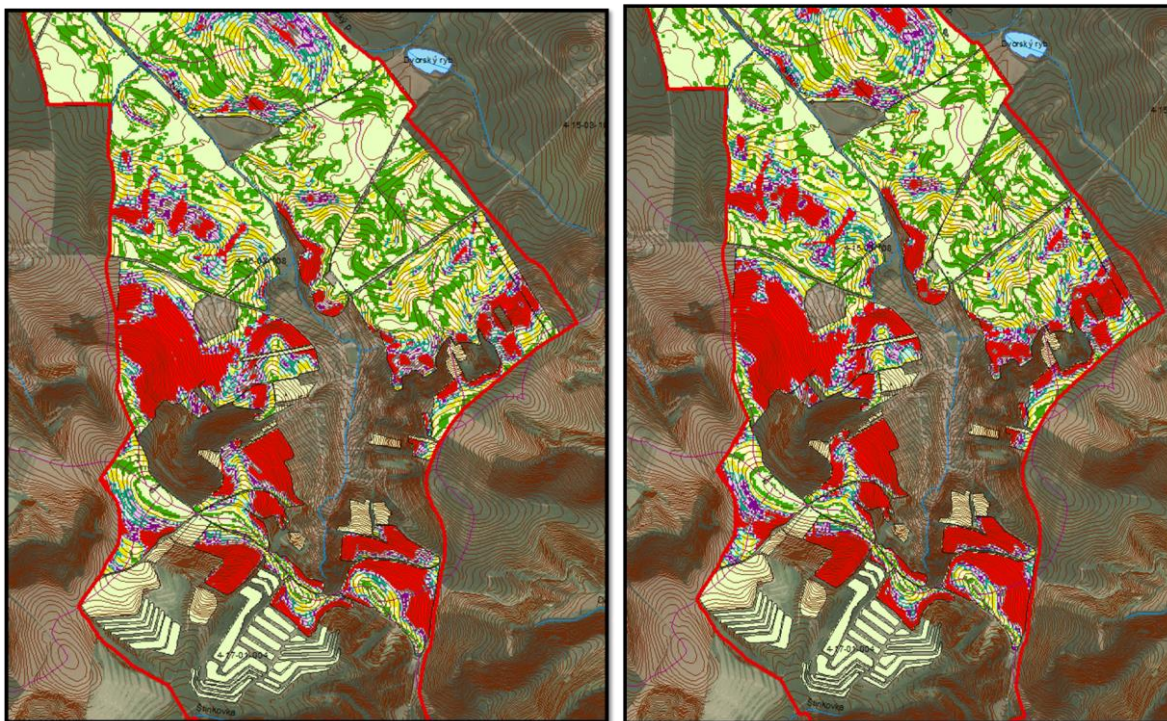
R 40 a R 40 - K faktor zvýšen o 30 %














Obr. 4. 2. 4 a Obr. 4. 2. 5 Mapy kategorií erozní ohroženosti varianty R 40 (vlevo) a R 40 K+30% (vpravo)

Legenda	
	povolený smyv 0 až 4 t/ha/rok
	až 2 násobek
	2 - 3 násobek
	3 - 4 násobek
	4 - 5 násobek
	5 - 6 násobek
	6 - 7 násobek
	7 - 8 násobek
	8 - 9 násobek
	9 - 10 násobek
	více než 10 násobek

R 50 a R 60



Obr. 4. 2. 6 a Obr. 4. 2. 7 Mapy kategorií erozní ohroženosti varianty R 40 (vlevo) a R 40 K+30% (vpravo)

Legenda	
	povolený smyv 0 až 4 t/ha/rok
	až 2 násobek
	2 - 3 násobek
	3 - 4 násobek
	4 - 5 násobek
	5 - 6 násobek
	6 - 7 násobek
	7 - 8 násobek
	8 - 9 násobek
	9 - 10 násobek
	více než 10 násobek

Tab. 4.2.2 plošné zastoupení kategorií erozní ohroženosti v procentech z celkové plochy

kategorie dle násobků povoleného smyvu	G [t.ha-1.rok-1]		procenta z celkové orné [%]					
	větší než	menší než	R 20	R 30	R 40	R 40 K+30%	R 50	R 60
povolený smyv	0	4	70.78	62.47	55.54	49.11	50.10	45.47
až 2 násobek	4	8	11.67	13.50	15.27	16.55	16.41	17.04
2 - 3 násobek	8	12	5.92	6.50	7.17	7.84	7.69	8.33
3 - 4 násobek	12	16	3.52	4.39	4.49	4.90	4.81	5.17
4 - 5 násobek	16	20	2.32	2.87	3.41	3.49	3.47	3.63
5 - 6 násobek	20	24	1.68	2.18	2.50	2.82	2.81	2.87
6 - 7 násobek	24	28	1.19	1.59	1.93	2.31	2.24	2.37
7 - 8 násobek	28	32	0.86	1.38	1.59	1.72	1.68	2.01
8 - 9 násobek	32	36	0.56	1.03	1.18	1.47	1.49	1.53
9 - 10 násobek	36	40	0.46	0.81	1.13	1.30	1.21	1.34
10 násobek a více	40	160	1.04	3.31	5.84	8.57	8.16	10.34
								100.00

4.3 EVROPSKÉ STANDARDY GAEC

Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC) zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí (ŽP). Hospodaření v souladu se standardy GAEC je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých plateb, některých podpor z osy II Programu rozvoje venkova a některých podpor společné organizace trhu s vínem. Plnění standardů GAEC se tak týká všech žadatelů o přímé platby a uvedené podpory. Kontrolu dodržování standardů vykonává Státní zemědělský intervenční fond (SZIF), který buďto nepřímou, s využitím metod dálkového průzkumu Země (DPZ), nebo přímo

v terénu ověřuje aktuální stav na veškeré zemědělské půdě obhospodařované žadatelem, který byl ke kontrole vybrán.

(Příručka ochrany proti vodní erozi. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2011)

4.3.1 GAEC 1

Standard řeší problematiku protierozní ochrany půdy na svažitéch pozemcích, jejichž průměrná sklonitost přesahuje 7°. Žadatel na půdních blocích, popřípadě jejich dílech s

druhem zemědělské kultury orná půda, které splňují uvedenou podmínku svažitosti, zajistí po sklizni plodiny založení porostu následné plodiny, nebo uplatní alespoň jedno z níže uvedených opatření:

- *strniště sklizené plodiny je ponecháno na půdním bloku, popřípadě jeho dílu minimálně do 30. listopadu*
- *nebo půda zůstane zorána, popřípadě podmítnuta za účelem zasakování vody minimálně do 30. listopadu.*

Uvedená opatření jsou minimální opatření vedoucí k omezení smyvu půdy, zpomalení povrchového odtoku a zvýšení retence vody v krajině. Opatření jsou rovněž důležitá pro snižování rizika povodní a jimi způsobených škod.

(Příručka ochrany proti vodní erozi. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2011)

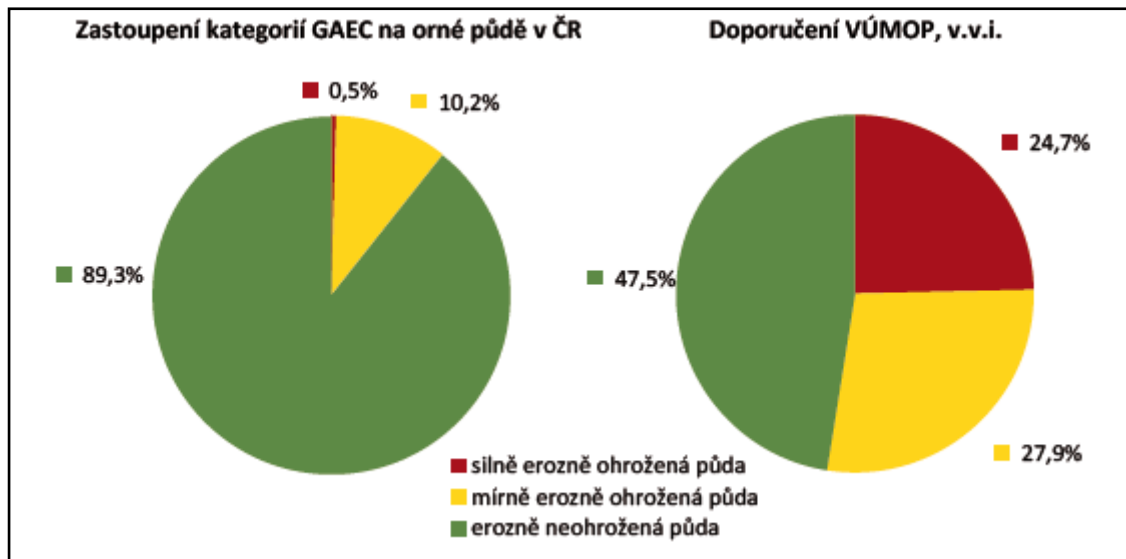
4.3.2 GAEC 2

Standard vstoupil v platnost 1. ledna 2010 a jeho cílem je především ochrana půdy před vodní erozí a snaha omezit negativní působení důsledků eroze, jako jsou např. škody na obecním a soukromém majetku způsobené zaplavením nebo zanesením splavenou půdou. Tento standard řeší problematiku protierozní ochrany půdy stanovením požadavků na způsob pěstování vybraných hlavních plodin na silně erozně ohrožených půdách. Od 1. 7. 2011 se standard rozšířil i na mírně erozně ohrožené půdy. Na plochách půdních bloků (PB), resp. dílů půdních

bloků (DPB), které jsou v LPIS označeny jako silně erozně ohrožené (SEO), vyplývá pro zemědělce a farmáře povinnost zajistit, že se na nich nebudou pěstovat širokořádkové plodiny: kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója a slunečnice. Porosty obilnin a řepky olejné na takto označené ploše budou zakládány s využitím půdoochranných technologií: bezorebné

setí/sázení, setí/sázení do mulče, setí/sázení do mělké podmítky, setí/sázení do ochranné plodiny, podsev a důlkování. V případě pěstování obilnin nemusí být dodržena podmínka aplikace půdoochranných technologií při zakládání porostů pouze v případě, že budou pěstovány s podsevem jetelovin. Na plochách PB/DPB, které jsou v LPIS označeny jako

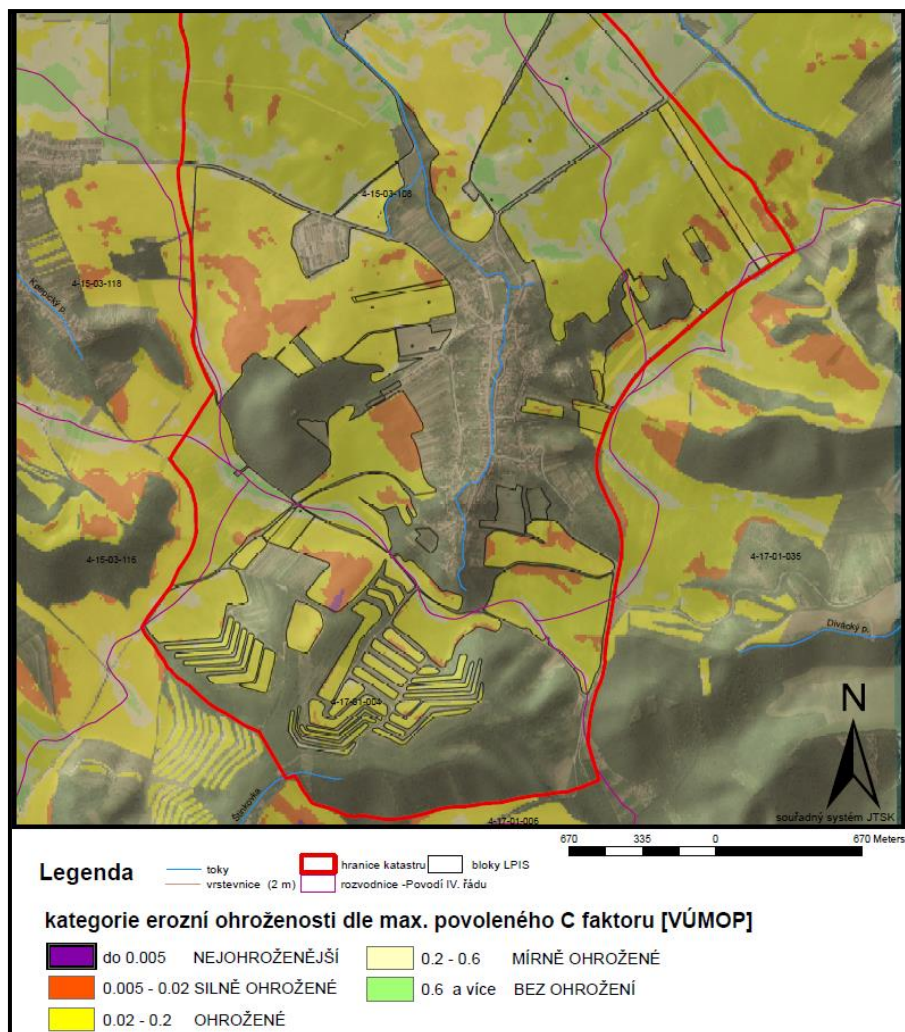
mírně erozně ohrožené (MEO), vyplývá pro zemědělce a farmáře povinnost zajistit, že širokořádkové plodiny: kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója a slunečnice budou zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií.



Obr. 4.3.3 Erozní ohroženost půd ČR podle GAEC 2 a podle doporučení VÚMOP v.v.i.

(Příručka ochrany proti vodní erozi. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2011)

Na výše uvedených grafech (obr. 4.3.3) je jasně vidět, že rozsah ploch kategorií erozní ohroženosti dle GAEC 2 je k zemědělcům poměrně shovívavý oproti doporučení VÚMOP. Jde o politicky citlivé téma, protože na rozsah kategorií ohroženosti navazuje povinnost realizace protierozních opatření a pořízení nových půdoochranných technologií, což je pro zemědělce pochopitelně vícenáklad. Protierozní opatření, jako je například převedení části půdního bloku s ornou půdou do trvalých travních porostů (TTP), může mít v krátkodobém měřítku negativní dopad na zisk pro podnikatele. Nicméně takové opatření může dlouhodobě velmi příznivě ovlivnit odtokové poměry, erozní smyv a biodiverzitu lokality. Další obrázek (obr. 4.3.4) ukazuje erozní ohroženost mnou sledovaného katastru dle mezních hodnot určených standardem GAEC 2. Vymezení erozní ohroženosti v této vrstvě vychází z analýzy Maximálních přípustných hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace (Cp).



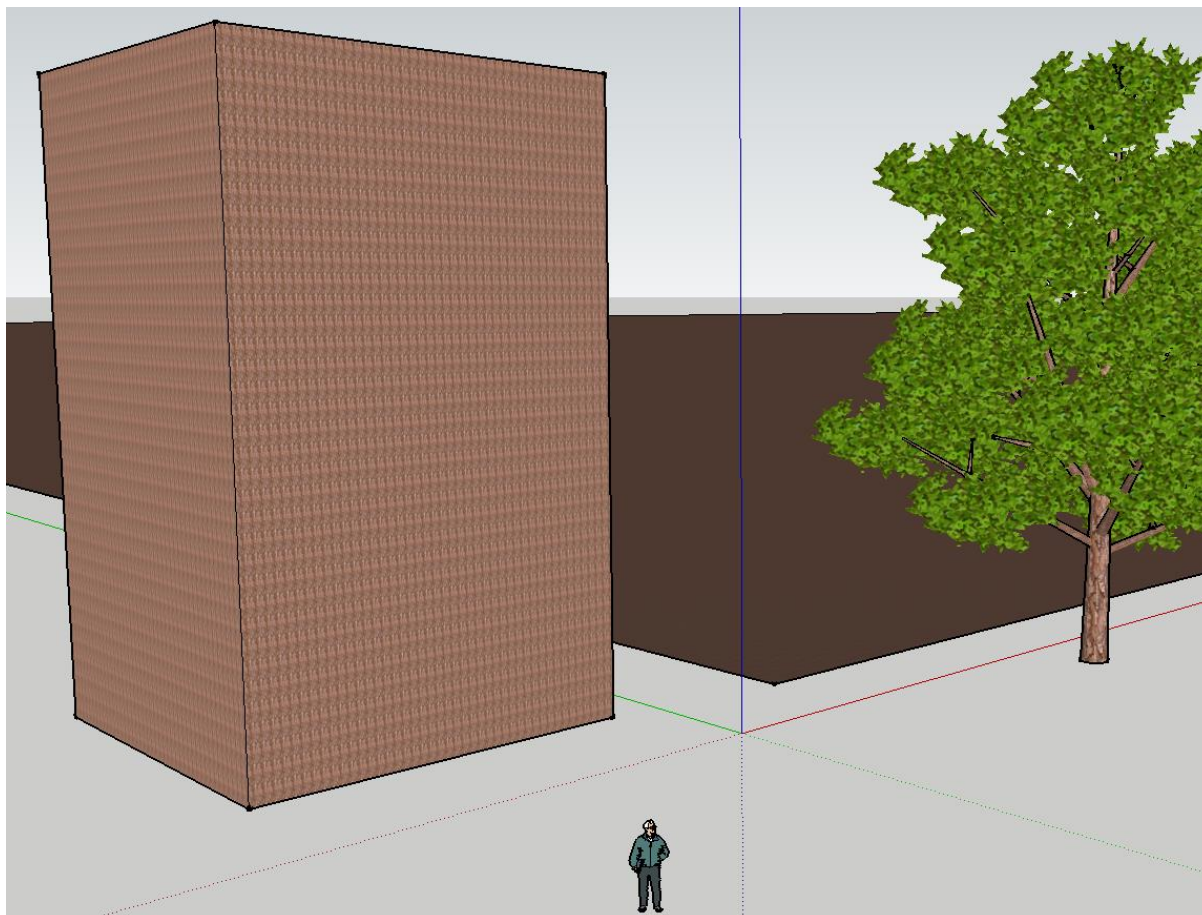
Obr. 4.3.4 Erozní ohroženost půd části katastru Nikolčic podle GAEC 2 pro variantu R 40.

4.4 VODNÍ EROZE JAKO PLÍŽIVÝ JEV

Zde bych rád graficky demonstroval, proč vidím plošnou vodní erozi jako plíživý jev.

Pro názorný příklad jsem si vybral jeden konkrétní blok LPIS s pracovním ID 67 o výměře 66,45 ha. A v programu Google Sketchup jsem vymodeloval kvádry reprezentující uvažovanou roční ztrátu půdy při klimatickém scénáři R 40. Objemovou hmotnost půdy předpokládám jako $1500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. První 16,5 metrů vysoký s půdorysnými rozměry 10 na 10

metru. A druhý má půdorysnou plochu stejnou jako vybraný blok. Výška tohoto kváдру jsou pouhé dva a půl milimetru. Dá se tedy říct, že pokud nedojde k dramatickým srážkovým scénářům je vodní eroze velmi těžce pozorovatelná. Pro představu měřítka vkládám do modelu i lidskou postavu 180 cm vysokou a strom vysoký asi 20 metrů.



Obr. 4.3.4 Prostorové zobrazení průměrné roční ztráty půdy při variantě R 40 na bloku LPIS ID 67 .

4.5 EROZE JAKO EXTERNALITA

Eroze patří v ekonomických teoriích k tzv. externalitám, což jednoduše znamená, že spotřebovávání statků podnikatelem nebo spotřebitelem je doprovázeno dopady na jiné podnikatele nebo spotřebitele. Např. zemědělec spotřebovává půdu, resp. ztrácí část vrchní vrstvy půdy a smyté půdní částice a živiny jsou odneseny na jiné pozemky nebo do vodních toků, kde vyvolávají škody. Důvodem pro měření externalit je jejich politická citlivost, neboť je obvykle neřeší trh, ale musí být řešeny v rámci státních rozpočtů. (Janeček a kol., 2012)

4.6 EKONOMICKÁ ANALÝZA

Tato stručná ekonomická analýza vypovídá o možných škodách v závislosti na množství transportované půdy z pozemku. Pro jednoduchost uvažuji poměr odnosu padesátiprocentní. Tedy polovinu sumy odnosu kalkuluji jako trvalou ztrátu půdy s nutností odtěžit z vodního toku respektive nádrže. A druhou polovinu kalkuluji jako transport odplaveného materiálu zpět na původní místo. Trvalou ztrátu půdy nelze pochopitelně vyčíslit penězi jako tunu kukuřice. Nicméně pro uchopitelnost této problematiky z finančního hlediska je nutné určitě ceny stanovit. Cena pochopitelně záleží na bonitě, obsahu cizích látek a dalších faktorech. Pro jednoduchost vycházím z průměrné ceny za metr kubický ornice stanovené panem prof. Janečkem v současné metodice. Jedná se o částku 350 Kč za metr kubický ornice. Dlouhodobou erozí vznikají škody dalším generacím v podobě snížení výnosu vlivem degradace úrodných půd. Tyto finanční ztráty v mé analýze neuvažuji. Jako vstupní údaje pro tuto jednoduchou analýzu mi sloužily výsledky funkce Zonal statistics as table. Vzniklo celkem 6 obdobných tabulek (viz tab. 3.2.4) ze kterých zde porovnávám možné výsledné škody vzniklé za různých klimatických scénářích, které reprezentují rozdílné R faktory.

Tab. 4.4.1 Ekonomická analýza

R faktor [MJ.ha-1.cm.h-1]	ztráta půdy [t]	MOŽNÁ ŠKODA [Kč]
R 20	5488	2 195 386.16 Kč
R 30	8233	3 293 079.24 Kč
R 40	10977	4 390 772.32 Kč
R 40 K+30%	14270	5 708 004.02 Kč
R 50	13721	5 488 465.40 Kč
R 60	16465	6 586 158.48 Kč

5 ZÁVĚR

Cílem mojí práce bylo posoudit vliv změn faktoru erozní účinnosti deště na plošný rozsah kategorií stupně erozní ohroženosti. Pro tento účel jsem si musel v prostředí ArcGIS vytvořit s dostupných podkladů nejdříve digitální model terénu, který pro mne byl záchytnou vrstvou pro modelování dalších hydrologických analýz. Dále bylo nutné vytvořit jednotlivé rastrové vrstvy, které reprezentují na jednotlivých buňkách (gridech) hodnoty dílčích faktorů vstupujících do rovnice na výpočet erozního smyvu USLE. Tato rovnice je podrobně popsána v rešerši, přesněji v kapitole 2.2. Po tomto kroku jsem měl již vše potřebné pro vyhotovení rastrových map erozní ohroženosti. Pro konkrétní představu o vlivu změny R faktoru na plošný rozsah eroze jsem nejdříve v kapitole 4.1 kvantifikoval plochy s nepovoleným smyvem a vytvořil přehlednou rastrovou mapu zobrazující plošný rozsah nepovoleného smyvu u všech variant R faktoru. Mým dalším úkolem bylo vytvořit mapy s citlivějším rozdělením kategorií. Hraničními hodnotami kategorií mi byly násobky povoleného smyvu. Tyto mapy jsou hlavním výstupem mojí práce. V dalších kapitolách se práce zabývá současnými evropskými standardy GAEC, které stanovují požadavky na ochranu půdy před vodní erozí. Na konci práce můžete najít stručnou ekonomickou analýzu.

První mírný srážkový scénář R 20 vychází jako ohrožení půdy na 29,2 %, na 1 % je smyv překročen více než desetinásobně. Pro variantu R 40 je ohroženo až 44,5 % orné a suma ročního odnosu půdy vyšla jako 5488 tun. Po zvýšení K faktoru o 30 % vlivem zhutnění půdy překračuje smyv povolenou hodnotu na 51 % orné. Suma odnosu se zvedne také o 30 % vlivem lineární závislosti. Minimální finanční škoda způsobena trvalou ztrátou půdy a náklady na sanaci se v této variantě vyšplhala na 5,7 milionu korun ročně.

Jako hlavní cíl a přínos práce vidím ve vytvoření přehledných map a tabulek, které umožní zájemci o mojí práci udělat si konkrétní představu o tom, jaký vliv má změna R faktoru na plošný rozsah kategorií erozní ohroženosti. Byl bych rád, kdyby tato práce v budoucnu posloužila také jako upozornění na reálná nebezpečí této problematiky a stejně tak sloužila jako zdroj informací pro další studenty.

S ohledem na klimatické změny jako je častější výskyt přivalových dešťů a prodlužování suchých období, se stává vodní eroze ještě aktuálnějším tématem. Pozornost jsem při své práci věnoval hlavně vodní erozi. Rád bych poukázal také na to, že

navrhované prvky bránící vodní erozi jako jsou zasakovací pásy, zatravněné údolnice, protierozní meze, průlehy, biokoridory, jsou multifunkční prvky, které dokážou velice pozitivně ovlivnit i jiné problémy spjaté s velmi intenzivně obdělávanou krajinou jako je snižování druhové různorodosti organismů pěstováním rozsáhlých monokultur, změna místního klimatu, infiltrace povrchové vody do vod podzemních, eutrofizace vodních toků vlivem smyvu živinných složek ať přirozených nebo antropogenních (hnojiva), ovlivnění krajinného rázu, větrná eroze a celková ekologická stabilita. Je sice pravda, že za posledních pár let se procento „zelených“ ploch mírně zvětšuje, zároveň se ale výrazně zvětšuje procento ploch zpevněných a zastavěných, které jsou protkané systémem odvodnění. Snad se mi tímto posledním odstavcem podařilo zapojit naléhavost problému vodní eroze do širšího kontextu.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] JANEČEK, M. a kol. (2012): Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika, Česká zemědělská univerzita Praha, Praha, 113 s., ISBN 978-80-87415-42-9.
- [2] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. (2011): Příručka ochrany proti vodní erozi. MZe, Praha. 56 s. ISBN 978-80-7084-966-5..
- [3] BRTNICKÝ, Martin. Degradace a regenerace dílčích krajinných sfér. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012. ISBN 978-80-7375-687-1.
- [4] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (2011): Kontrola podmíněnosti Cross Compliance -Průvodce zemědělce Kontrolou podmíněnosti, Praha, 112 s., ISBN: 978-80-7084-890-6
- [5] ŠARAPATKA, Bořivoj. Pedologie a ochrana půdy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.
- [6] VOPRAVIL, J. a kol. *Půda a její hodnocení v ČR, díl II.* 1. vyd. Praha: VÚMOP, 2011. 156 s. ISBN 978-80-87361-08-5.

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.2.4 kvantifikace erozního smyvu na jednotlivých blocích LPIS pro R 40	s.18,19
Tab. 4.1.2 vypočtená výměra nadlimitního smyvu pro různé R faktory	s. 21
Tab. 4.2.1 kvantifikace ploch jednotlivých kategorií EO pro různé R faktory	s. 22
Tab. 4.2.2 plošné zastoupení kategorií erozní ohroženosti	s. 26
Tab. 4.4.1 Ekonomická analýza	s. 31

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 terasy na Jižních svazích Liščího a Žerotínského vrchu a erozně citlivá oblast na sever od obce	s. 3
Obr. 3.1.3 Nikolčický potok v intravilánu	s. 12
Obr. 3.2.3 Náhled na vrstvu K faktoru	s. 14
Obr. 3.2.4 Rastrové zobrazení průměrné roční sumy erozního smyvu pro R faktor 40	s. 16
Obr. 3.3.5 Rastrové zobrazení průměrné roční sumy erozního smyvu pro R faktor 30. ...	s. 16
Obr. 3.4.6 Rastrové zobrazení průměrné roční sumy erozního smyvu pro R faktor 50 ...	s. 17
Obr. 3.5.7 Rastrové zobrazení průměrné roční sumy erozního smyvu pro R faktor 60	s. 17
Obr. 3.2.5 pracovní identifikace bloků LPIS (ID)	s. 19
Obr. 4.1.1 plošný rozsah nepovoleného smyvu pro různé R faktory	s. 21
Obr. 4.2.2 Mapy kategorií erozní ohroženosti varianty R 20	s. 23
Obr. 4.2.3 Mapy kategorií erozní ohroženosti varianty R 30.	s. 23
Obr. 4.2.4 Mapy kategorií erozní ohroženosti varianty R 40	s. 24
Obr. 4.2.5 Mapy kategorií erozní ohroženosti varianty R 40 K+30%.... ..	s. 24
Obr. 4.2.6 Mapy kategorií erozní ohroženosti varianty R 50.	s. 25
Obr. 4.2.7 Mapy kategorií erozní ohroženosti varianty R 60.	s. 25
Obr. 4.3.3 Erozní ohroženost půd ČR podle GAEC 2.	s. 28
Obr. 4.3.4 Erozní ohroženost půd podle GAEC 2 pro variantu R 40.	s. 29
Obr. 4.3.4 Prostorové zobrazení průměrné roční ztráty půdy při variantě R 40 na bloku LPIS ID 67	s. 30

SEZNAM PŘÍLOH

- 1.1. Plošná lokalizace pozemků
- 1.2. Ortofoto
- 1.3. Přehledná situace zájmového území
- 1.4. Mapa hydrologických poměrů
- 1.5. Mapa geologických poměrů
- 4.1. Mapa HPJ
- 5.1. Mapa sklonitosti
- 5.3. Mapa HSP
- 5.4. IDLPIS
- 6.1. Limitní smyv
- 7.1. R 20
- 7.2. R 30
- 7.3. R 40
- 7.4. R 50
- 7.5. R 40 – K+30%
- 7.6. R 60
- 8.1. R 40 kategorie dle max. C (VÚMOP)