

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA PLÁNOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Posouzení míry erozního ohrožení vybraných
ploch v k.ú. Radostín
u Havlíčkova Brodu**

Vedoucí práce: Ing. Jan Petřů
Bakalant: Zdeněk Fikar, DiS.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zdeněk Fikar

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Posouzení míry erozního ohrožení vybraných zemědělských ploch v k.ú. Radostín u Havlíčkova Brodu

Název anglicky

Erosion exposure assessment of selected agricultural areas in cadastral area Radostín u Havlíčkova Brodu

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je popsat problematiku eroze půdy, charakterizovat zájmové území a jednotlivé erozní faktory. Hlavním cílem práce je posouzení míry erozního ohrožení vybraných zemědělsky využívaných ploch v katastrálním území Radostín u Havlíčkova Brodu.

Metodika

Na základě studia odborné literatury bude zpracována rešerše zaměřená na problematiku eroze půdy. Další část práce bude věnována charakteristice zájmového území a popisu jeho současného využití. Součástí vypracování této části bude terénní průzkum území. Následně budou popsány a vyhodnoceny jednotlivé erozní faktory. Využitím Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy bude vyhodnoceno ohrožení vybraných zemědělských pozemků vodní erozí. Součástí práce budou také mapové výstupy vytvořené pomocí GIS.

Doporučený rozsah práce

dle nařízení děkana č.01/2020 – Metodické pokyny pro zpracování bakalářské práce na FŽP

Klíčová slova

půda, USLE, GIS, ztráta půdy

Doporučené zdroje informací

DUFKOVÁ, J. *Krajinné inženýrství*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-112-8.

HOLÝ, M. *Eroze a životní prostředí*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. ISBN 80-01-01078-3.

JANEČEK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.

JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: ISV, 2002. ISBN 80-85866-86-2.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Petrů

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2021

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2021

Prohlašuji,

že jsem bakalářskou práci na téma: Posouzení míry erozního ohrožení vybraných pozemků v k. ú. Radostín u Havlíčkova Brodu vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Radostíně 23. 3. 2021

.....

Zdeněk Fikar

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Janu Petřů za věcné rady a pomoc při psaní práce a celé mé rodině, přátelům za podporu při studiu a psaní bakalářské práce.

Abstrakt

Hlavním cílem této bakalářské práce je určit ohroženost vodní erozí u vybraných zemědělsky využívaných ploch v katastrálním území Radostín u Havlíčkova Brodu.

Teoretická část práce je zaměřena na půdu a její degradaci se zaměřením na vodní erozi. Dále je zde popsána metoda vyhodnocení erozního ohrožení půdy za pomoci univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy dle Wischmeiera a Smithe (1978), ve zkratce USLE. Pro tuto rovnici jsou zde popsány jednotlivé erozní faktory, včetně jejich možnosti výpočtu.

Na tuto část navazuje praktická část, na úvod této části je charakterizováno zájmové území. Pro vybrané pozemky jsou vyhodnoceny konkrétní erozní faktory a konkrétní míra erozního ohrožení za pomoci programu ArcGis.

Z výsledků vyplývá, že část půdních bloků je silně zasažena vodní erozí, kterou je nutno neprodleně řešit. Na druhou stranu více než polovina řešených pozemků není tímto problémem zasažena. Důvodu může být hned několik. Od velikosti půdních bloků až po rozmanitost krajiny, v níž se na značně malé rozloze výrazně mění reliéf.

Klíčová slova: půda, USLE, GIS, ztráta půdy

Abstract

The main goal of this thesis is to determine the danger caused by water erosion for chosen agricultural areas. located in cadastral district Radostín near Havlíčkův Brod.

Theoretical part is focused on soil and its degradation because of water erosion and Wischmeier's and Smith's methods connected with the evaluation of erosive danger for soil are described. These methods use universal equation for the calculation of long-lasting losses of soil (abbreviation USLE). The particular erosive factors needed for the given equation are described including the possibilities of their calculation.

The lead-in of practical part is devoted to the characterization of interest territory but the main contain of this part is the evaluation of particular erosive factors for chosen areas and the extent of erosive threat. For the evaluation Programme ArcGis has been used.

The results based on the previous research show that one part of soil blocs is strongly impacted with water erosion and it is necessary to solve the problem without delay. On the other hand it is positive that more than a half of chosen land is not strucked with the given problem. It can be caused by a few reasons – from the size of soil blocs to the diversity of the countryside which noticeably changes its relief on the small area.

Key words: erosion, USLE, GIS, loss of soil

Obsah

1.	Úvod.....	10
2.	Literární rešerše.....	11
2.1	Půda.....	11
2.1.1	Definice půdy.....	11
2.1.2	Funkce půdy.....	11
2.1.3	Půdní druhy.....	12
2.1.4	Bonitovaná půdně ekologická jednotka.....	12
2.1.5	Degradace půdy.....	13
2.2	Eroze.....	14
2.2.1	Příčiny eroze.....	14
2.2.2	Druhy eroze.....	15
2.3	Univerzální rovnice ztráty půdy – USLE.....	17
2.4	Faktor erozní účinnosti dešťových srážek – R.....	18
2.5	Faktor erodovatelnosti půdy – K.....	19
2.5.1	K faktor – pomocí vzorce.....	19
2.5.2	K faktor – pomocí nomogramu.....	20
2.5.3	K faktor – pomocí BPEJ tabulky.....	20
2.6	Faktor délky a sklonu svahu – L, S.....	21
2.6.1	Faktor L.....	21
2.6.2	Faktor S.....	22
2.7	Faktor ochranného vlivu vegetace – C.....	22
2.8	Faktor účinnosti protierozních opatření – P.....	24
3.	Zájmové území.....	25
3.1	Obec Radostín.....	25
3.2	Klima.....	27
3.3	Půdní poměry, analýza BPEJ.....	28
3.4	Hydrologické poměry.....	29
3.5	Geologické a geomorfologické poměry.....	29
4.	Metoda vyhodnocení USLE.....	32
4.1	Výběr určitých pozemků (půdních bloků).....	32
4.2	Digitální model reliéfu DMR5G.....	33
4.3	Faktor C.....	34
4.4	Výpočet LS faktoru.....	36
4.4.1	Sklonitost zájmového území.....	36
4.4.2	Orientace povrchového odtoku.....	37
4.4.3	Akumulace odtoku.....	37
4.4.4	Výpočet LS faktoru.....	39
4.5	Faktor K.....	39
4.6	Faktor R.....	40

4.7	Faktor P	40
4.8	Výpočet USLE	40
5.	Diskuse.....	43
6.	Závěr	44
7.	Seznam použitých zdrojů	45
8.	Seznam obrázků	48
9.	Seznam tabulek	49
10.	Seznam rovnic.....	50
11.	Přílohy.....	51

Cíl práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je posouzení míry ohroženosti vodní erozí u vybraných půdních bloků v katastrálním území Radostín u Havlíčkova Brodu. Tyto půdní bloky jsou obhospodařovány mojí rodinou. Bakalářská práce se za dosažením tohoto cíle dělí na dvě části.

Teoretická část popisuje půdu a její degradaci se zaměřením na vodní erozi. Dále se zaměřuje na metodu vyhodnocení erozní ohroženosti půdních bloků vodní erozí. Toto je doplněno vysvětlením jednotlivých erozních faktorů.

Praktická část je cílena na zájmové území, jeho charakteristiku a na jednotlivé erozní faktory. Po zjištění těchto skutečností je vypočítaná konkrétní ohroženost jednotlivých půdních bloků v katastrálním území Radostín u Havlíčkova Brodu.

1. Úvod

Půda, voda a vzduch jsou tři základní složky života, bez kterých žádný z organismů nemůže přežít. A z tohoto důvodu je nutné je chránit, poněvadž poškození těchto složek je často nevratné. Eliminace poškození je velmi dlouhý a namáhavý proces, je-li vůbec možný.

Zaměříme-li se na půdu, jedná se o základní výrobní prostředek pro zemědělství. I když je to hlavní výrobní prostředek, půda je neobnovitelný zdroj a však lze vytvořit půdu novou. Vznik půdy je velice pomalý proces, při kterém se pouhý 1 cm ornice vytváří 100 až 200 let. (MZe, 2012)

V současné době se zejména vlivem člověka objevují degradace půdy např.: eroze, zhutňování, zasolení, úbytek organické hmoty.

Z výše uvedených degradací je u půdy v současné době největší problém eroze. Eroze je proces rozrušování povrchu půdy. V přírodních podmínkách erozní proces probíhá pozvolna bez větších škodlivých vlivů. Vlivem člověka je erozní proces na zemědělských půdách mnohonásobně urychlován. (Voltr a kol., 2011)

Eroze nejen poškozuje přírodu, ale i omezuje a ovlivňuje hospodaření na půdě. Erozí se v současné době zabývá mnoho vědců po celém světě, což by mělo mít za následek lepší porozumění problémům a včasné zjištění povede ke zvolení vhodných opatření, která povedou k zachování dobré kvality půdy pro další generace.

Jak v České republice, tak i ve světě je snaha o zvětšování zemědělsky obhospodařovaných pozemků. Důvodem je urychlení času a náročnosti obhospodařování těchto ploch. Vlivem těchto rozhodnutí dochází k urychlení erozních činitelů a degradaci půdy. Mezi největší problém se řadí vodní eroze, která je následovaná erozí větrnou.

Pro zhodnocení erozních procesů se v současné době ve větší míře využívají matematické modely v kombinaci s geografickými systémy. Výsledky těchto modelů slouží k určení míry ohrožení pozemků erozí a k možným protierozním opatřením, které vedou ke snížení degradace půdy.

2. Literární rešerše

2.1 Půda

Pod slovem půda si mnoho z nás představí různé, například pro zemědělce je půda výrobní prostředek, pro fyziky je to zásobárna prvků a sloučenin, z hlediska geologického se jedná o zvětralou část zemské kůry promísenou s organickými zbytky atd. (Šarapatka, 2014)

2.1.1 Definice půdy

Půda je dynamický a stále se rozvíjející živý systém, který je nutný pro přežití všech suchozemských živočichů. Půda je bezesporu nejcennější přírodní bohatství, a proto je nutné chránit ji nejen pro současnou dobu, ale i pro budoucí generace. (MŽP, 2021)

Již v roce 1972, na zasedání výboru ministrů, došlo k přijetí Evropské charty o půdě, která se zabývá zacházením s půdním fondem. V roce 1981, při 21. konferenci FAO k přijetí Světové charty o půdě. (Jeníček, Foltýn, 2010)

V současné době existuje několik různých definic půdy. I když je každá jiná, všechny směřují ke stejnému závěru. Půda je neobnovitelný přírodní zdroj, který je nutné chránit.

Příklad definice půdy:

„Půda je omezený a nenahraditelný přírodní zdroj; v případě postupující degradace a její ztráty se stává tento zdroj v mnoha částech světa hranicí dalšího rozvoje lidské společnosti. Jestliže by půda přestala existovat, přestane existovat i biosféra. To bude mít pro lidstvo ničivé následky.“ (definice OSN; MŽP, 2015)

2.1.2 Funkce půdy

Půda je nedílnou součástí několika ekosystémů, a proto není zcela jednoduché říct, které funkce půdy jsou nejdůležitější. Ale mezi funkce, které nelze vynechat, patří:

- Koloběh látek, pufruční funkce – má zásadní roli ve stabilitě ekosystémů, bilanci látek a energii, dále zadržuje, degraduje a uvolňuje rizikové látky.
- Zásobárna vody, filtrační funkce – půda jako životně důležitá zásobárna vody pro rostliny, mikroorganismy - současně dochází k filtraci a čištění vody, která skrze částice půdy prochází.
- Růst rostlin, produkce potravin – základním článkem potravního řetězce, slouží jako substrát pro růst rostlin, které jsou dále využívány.
- Stavební činnost – půdu lze čerpat jako stavební materiál, ale zároveň ji lze vnímat i jako místo, kam je možno stavby umístit.
- Genetická banka, mikroorganismy – organismy žijící v půdě jsou zásobárnou genetických informací; zadržuje uhlík, dusík, fosfor.

- Archeologická činnost – v půdě probíhá archeologický a paleontologický výzkum, v tuto chvíli slouží jako „konzervační“ funkce. (MŽP, 2020)

2.1.3 Půdní druhy

Půdu tvoří různá skupenství. Více než polovinu struktury tvoří pevná část půdy, ve druhé polovině se nachází voda a vzduch v různém poměru. Vlastnosti různých druhů půd se liší podle materiálu vzniku a místa, kde se nacházejí. Například půdy v kopcovitém terénu bývají mělké, půdy v tropických oblastech mají zcela odlišné složení od půd v mírných oblastech. Důležitou vlastností půdy je úrodnost. Například se jedná o fyzikální, klimatický, biologický a chemický faktor. Úrodnost je schopnost půdy poskytnout vhodné podmínky pro růst rostlin a jejich správný vývoj.

Půdní druhy můžeme dělit podle množství minerální frakce:

- Písčité půdy – skládají se z větších částic, dostatek prostoru pro vodu a vzduch, různé druhy zrnitosti od hrubozrnných až po jemnozrnné, dobrá absorpce vody, rychlé vysychání
- Hlinité půdy – skládají se z malých až velkých částic v takovém poměru, že se půda dobře zpracovává, zadržuje vodu a vzduch ve správném poměru
- Jílovité půdy – skládají se z malých částic, nedostatek místa pro vodu a vzduch, nepropustné, málo vzdušné, vlhké. (Tomášek, 2014)

Dále lze půdu dělit podle zpracovatelnosti:

- Lehké půdy – půdy hlinitopísčité a písčité, vzdušné, snadno obdělávatelné, dobře propustné pro vodu, rychle vysychají, nutné závlahy
- Střední půdy – hlinité a písčitohlinité, dobrá biologická činnost, nižší oblasti, dobré podmínky pro hospodaření, dobře zadržují vodu
- Těžké půdy – jíly, jílovité a jílovitohlinité, špatné fyzikální vlastnosti, nepropouští vodu a vzduch, špatné podmínky pro hospodaření, nutné zásahy pro zlepšení půdních vlastností. (Tomášek, 2014)

2.1.4 Bonitovaná půdně ekologická jednotka

Bonitovaná půdně ekologická jednotka neboli ve zkratce BPEJ. Bonitovaná půdně ekologická jednotka slouží k hodnocení absolutní i relativní produkční schopnosti zemědělských půd, včetně jejich podmínek k jejich nejvhodnějšímu využití. BPEJ je pětimístní kód, ze kterého lze vyčíst dle pořadí číslic klimatický region a zařazení půdy do půdní jednotky klasifikační soustavy (HPJ). Dále stanovuje stupeň sklonitosti a příslušnou expozici ke světové straně. Poslední číslice vyjadřuje hloubku půdy a skeletovitosti půdního profilu ve společné kombinaci, což je viditelné v tabulce č. 1, která je níže. V základu je 2278 BPEJ kódů, k těmto skupinám jsou i ekonomické charakteristiky, kromě posledních nových 138 kódů je bez ekonomického charakteru. (MZe, 327/1998 Sb.)

Označení kódů BPEJ	Pořadí číslice v kódu BPEJ	Význam	Rozsah hodnot
X.xx.xx	1.	Kód klimatického regionu	0–9
x.XX.xx	2. a 3.	Kód hlavní půdní jednotky	01–78
x.xx.Xx	4.	Sdružený kód sklonitosti a expozice	0–9
x.xx.xX	5.	Sdružený kód skeletovitosti a hloubky půdy	0–9

Tabulka 1 – Složení kódů BPEJ (vyhláška Mze, 237/1998 Sb.)

2.1.5 Degradace půdy

Půda je neustále se vyvíjející systém, který je stále ovlivňován přírodními vlivy, ale i působením lidské činnosti, a to jak pozitivně, tak i negativně. Vlivem působení těchto činitelů dochází k různým formám degradace půdy. (Voltr a kol., 2011)

Jako degradaci půdy lze nazvat proces, při kterém dochází ke snížení funkce půdy z hlediska přijímání, ukládání, recyklace vody, energie a živin, a tím k vytváření vhodných podmínek pro růst a vývoj rostlin. Tudíž se jedná o veškeré procesy, které vedou ke znehodnocení a snížení funkce půdy. (Braniš, 2004)

Degradaci půdy způsobuje několik faktorů, které mohou působit samostatně, nebo spolu naopak úzce souviset. Jedná se o:

- Eroze – proces, který rozrušuje povrch půdy, transportuje půdní částice a následně je ukládá. Toto probíhá za působení přírodních činitelů, jako je voda, vítr, led aj. Eroze je podrobněji rozebrána v kapitole 2.2.2. (Janeček a kol., 2008)
- Zastavování území – lze definovat jako zakrytí půdy nepropustným materiálem, při čemž půda ztrácí své přirozené vlastnosti. Zastavěné území je trvalá ztráta půdy. Následkem je zničení její ekologické a produkční funkce. V minulosti docházelo k velkému ničení půdy z důvodu těžby nerostných surovin, v dnešní době dochází naopak k rekultivaci a obnovení těchto míst. (Cenia, 2020)
- Acidifikace půdy – snížení uhličitanu v půdě a půdním roztoku. Acidifikace půdy vede k poklesu půdní reakce (pH). Nízké pH vede ke snížení hektarových výnosů. (MZe, 2020)
- Dehumifikace půdy – jedná se o úbytek humusu v půdě, což je způsobeno vlivem člověka (intenzivní hospodaření), vodní a větrnou erozí, nevhodnou kultivací. Málo humusu v půdě vede například ke ztrátě stability půdních agregátů, snížení filtrační schopnosti, snížení poutání živin aj. (MZe, 2021)
- Utužení půdy – jedná se o stlačování půdy, snížení pórovitosti a propustnosti, snížení úrodnosti, rozpad půdní struktury. Příčin utužení půdy je mnoho, například vysoká závlaha půdy, nevhodná kultivace, vysoké dávky draselných hnojiv, těžká zemědělská technika a jiné. (Vopravil a kol., 2010)
- Podmáčení půdy – jedná se o lokální problémy, při nichž se objevuje abnormální výskyt spodních vod. Typickým příkladem jsou močály a mokřady. V podmáčené půdě je nevá-

žený podíl vody a kyslíku, což ovlivňuje anaerobní rozkladné procesy. Plodiny nemají dostatek kyslíku a kvůli tomuto jevu odumírají. (eAGRI, 2020)

- Zasolování půdy – je akumulace rozpustných solí. Dochází k ní většinou v místě, kde vyvěrá spodní voda a při vyšších teplotách se vypařuje. Druhou možností je vliv člověka, použití závlahového systému. Dochází k vypařování vody a na povrchu zůstávají krystaly minerálních solí. (MZe, 2021)
- Kontaminace půdy – jedná se o vyšší výskyt potenciálně rizikových látek v půdě, jedná se například o vypouštění odpadních vod, havarijní situace, skládky. Jedná se většinou v důsledku lidské činnosti. (Voltr a kol., 2011)

2.2 Eroze

Výraz eroze pochází z latinského slova ERODERE, což v českém jazyce znamená rozhlodávat. Slovo eroze se začalo v literatuře používat ve čtyřicátých letech minulého století. Američan H. H. Bennett je zakladatelem vědy, která se nazývá erodologie. (Janeček a kol, 2002)

Dále lze říci, že eroze je zcela přirozený jev, který je způsobován přírodními vlivy. V současné době přispívá čím dál větší částí i člověk, jeho skutky a činy jsou významnější než přírodní vlivy. Jedná se například o rozorávání svažitých ploch, špatný nebo nevyhovující osevní postup, obhospodařování půdy v nepříznivých podmínkách, zastavování ploch, úpravy přírodních svažitých ploch atd. (Braniš, 2004)

2.2.1 Příčiny eroze

Česká republika se bohužel řadí mezi země, které mají největší půdní bloky. Pod vlivem skutečnosti, že se tyto bloky lépe obhospodařují, docházelo k odstraňování cest, remízků a dalších protierozních činitelů. V tuto chvíli už nehraje takový vliv vlastnické právo, ale to, aby se pozemky lépe a rychleji obhospodařovaly, a proto dochází ke směnám obhospodařovaných pozemků mezi jednotlivými subjekty. (Novotný, 2014)

Ke vzniku eroze přispívají samozřejmě různé činitele, a to tvary a délky svahu, vegetační krytí, geologické poměry, klimatické poměry, a již existující protierozní opatření a další. (Vopravil, 2013)

Příklady vlivů na vznik a působení eroze:

- Klimatické a hydrologické poměry – mezi klimatické příčiny řadíme zejména dešťové srážky. Z těchto srážek vzniká odtok, který získává různou kinetickou rychlost v závislosti na intenzitě srážek a jejich kinetické energii. Důsledkem toho dochází k rozpořádání zemských částic a jejich transportu do níže položeného území. Nejvíce je ohrožená zemědělská půda v měsících červen až srpen z důvodu posklizňových aktivit. (Janeček a kol, 2008)
- Vegetační kryt – mluvíme-li o vegetačním krytu, máme na mysli to, co se nachází na pozemku. Většinou se jedná o rostliny. Vegetační kryt tvoří ochranu půdy a chrání ji před přímým dopadem deště. Zpomalí jeho odtok a zabezpečuje rovnoměrné vsakování. Půdní

kryty mají různý ochranný ráz. Mezi nejlepší půdní kryty řadíme lesní porosty, dále pak trvalé travní porosty, dočasné travní porosty, obiloviny, okopaniny. (Sedlák, 1978)

- Způsob využití půdy – pokud mluvíme o využití půdy, mělo by být využití pozemků vždy takové, aby jeho obděláváním nedošlo k jeho degradaci. Je tedy vhodné vždy řádně zvolit způsob využití a při obhospodařování zvolit správné osevní postupy a správnou údržbu pozemků. (MZe, 2021)

2.2.2 Druhy eroze

Erozi lze dělit dle příčin, které vedou k jejímu vzniku. V následující části si představíme pět nejčastějších druhů eroze.

2.2.2.1 Vodní eroze

Vodní eroze je způsobena rozrušováním povrchu půdy dopadem vody a mechanickou silou povrchového odtoku. Její hlavní charakteristika spočívá v tom, že voda rozrušuje, splachuje a posouvá půdu na jiná níže položená místa, kde dochází k její sedimentaci. (Novotný, 2014)

Vznik vodní eroze můžeme rozdělit na přirozený (geologický) a zrychlený. Pro přirozený vznik je typické pozvolné přetváření reliéfu (dochází k přirozené obnově). V případě zrychlené eroze (způsobené většinou vlivem člověka) se jedná o rychlý proces, který nelze obnovit, případně trvá obnova velmi dlouho a probíhá pomalu. Lze tedy říci, že v současné době a za současných podmínek je v České republice protierozní ochrana zvláště nutná, a to zejména na skalním podloží s obsahem štěrku, kde dochází k velkému výskytu vodní eroze (kopcovitý terén). (Eagri, 2020)

Vlivem vodní eroze dochází ke zmenšení mocnosti půdního profilu, ke snížení množství orné půdy, organické hmoty a humusu. Vodní eroze celkově snižuje produktivitu půdy a dále zvyšuje její utužení. V tuto chvíli se v České republice vyčísluje finanční ztráta spojená s vodní erozí minimálně na 4,3 mld. Kč ročně (finanční vyjádření ztráty na půdě v ceně zeminy).

(MZe, 2021)

Vodní erozi můžeme dále dělit na:

- **Erozi plošnou** – lze ji charakterizovat jako rozrušování a smyv půdní hmoty na celém území. Při tomto typu eroze se tvoří tzv. půdní škraloup, a kvůli tomu dochází k poklesu absorpce půdy a vzniká půdní odtok. (Cáblík, Jůva, 1963)
- **Erozi výmolovou** – v členitém terénu se vytváří postupně zářezy, které se prohlubují. Tento typ občas nazýváme výmolová eroze. (Novotný a kol., 2014)
- **Erozi proudovou** – tento druh eroze se objevuje ve vodních tocích, a to zejména v bystrinách. Dochází k velkému množství splavenin. Dle toho, kde se vyskytuje, dělíme na dnovou erozi a břehovou erozi. (Janeček a kol., 2008)

V tabulce č. 2 lze vidět ohroženost půdy v České republice vodní erozí. V tabulce v prvním sloupci je uvedena hodnota C_p , což je hodnota maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace. Dále je v tabulce patrné procentuální a hektarové zastoupení ohrožené

půdy v rámci České republiky. Za zmínku stojí, že necelých 47 % půdy v České republice je bez ohrožení vodní erozí, což je velmi nízká hodnota. V posledním sloupci je i doporučení vhodných opatření na konkrétně ohrožené pozemky.

Kategorie erozní	Výměra (ha)	Zastoupení (%)	Rámcové doporučení opatření
Půdy kriticky ohrožené (C_p do 0,005)	22 241	0,53	ochranné zatravnění
Půdy velmi silně ohrožené (C_p 0,005 – 0,02)	94 070	2,25	víceleté píceřiny nebo ochranné zatravnění
Půdy silně ohrožené (C_p 0,02 – 0,10)	627 329	15,02	vyločnění erozně nebezpečných plodin a vyšší zastoupení víceletých pícnin
Půdy ohrožené (C_p 0,10 – 0,20)	690 039	16,53	vyločnění erozně nebezpečných plodin a použití půdoochranných technologií
Půdy mírně ohrožené (C_p 0,20 – 0,24)	210 728	5,05	pásové střídání plodin nebo vyločnění erozně nebezpečných plodin
Půdy náchylné (C_p 0,24 – 0,40)	603 663	14,46	erozně nebezpečné plodiny pěstovány s půdoochrannými technologiemi
Půdy bez ohrožení (C_p nad 0,4)	1 927 166	46,16	bez omezení
Celkem	4 175 236	100	–

Tabulka 2 – Ohroženost půd ČR vodní erozí (eAGRI, 2020)

2.2.2.2 Větrná eroze

Větrná eroze je začleněna mezi vážné degradační činitele, a to hlavně v oblastech s nejúrodnější půdou (například Polabí). Problémem je snižování množství orné půdy, to vede ke snižování hektarových výnosů. Větrná eroze je proces, kdy dochází působením větru k odnosu zejména půdních částic, dále pak hnojiva, osiva a jiných částic z půdy. Takto přenášené částice dále znečišťují ovzduší, vodní toky, silnice a způsobují i jiné problémy. (Janeček a kol., 2002)

Ke vzniku větrné eroze zejména přispívají faktory klimatické (vítr, dešťové srážky, teplota), půdní (struktura půdy, velikost a tvar částic, vlhkost, drsnost), územní (sklonitost pozemku, délka daného pozemku) a vegetační (vegetační kryt). (MZe, 2021)

V současné době jsou snahy o snížení vlivu větrné eroze na půdní bloky v České republice. Nyní se totiž vyčíslují škody větrné eroze zhruba na peněžní hodnotu 10 % eroze vodní, což není zanedbatelná částka. A přitom lze vhodnými nástroji snížit větrnou erozi o více než 50 %. Mezi vhodné nástroje omezující větrné eroze řadíme opatření organizační (tvar a velikost pozemků, střídání plodin po pásech), agrotechnická (úprava struktury půdy – organická hnojiva, ochranné obdělávání – bezorebné setí) a technická (větrolamy). (eAGRI, 2020)

2.2.2.3 Antropogenní eroze

Jedná se o erozi, která je způsobena lidskou činností, a to buď přímou, anebo nepřímou činností. Mezi nepřímé řadíme zásah člověka, který snižuje absorpci plochy. Mezi přímé lze zařadit migraci obyvatelstva, intenzivní zemědělskou činnost a urbanizaci. (Holý, 1994)

2.2.2.4 Ledovcová eroze

Tento typ eroze vyvolávají pevninské ledovce, které se posouvají svou vlastní vahou z vrcholku hor do údolí a odnášejí s sebou horninu. Materiál, který ledovec přenáší, se nazývá morén. Rozlišujeme několik druhů morénu, a to podle toho, kde se nachází vzhledem k ledovci. Jedná se o svrchní morén, který se nachází na povrchu ledovce a spodní morén, jenž se usazuje na spodní části, a boční morén nacházející se na bočních stranách. (Horník 1986)

2.2.2.5 Sněhová eroze

Sněhová eroze vzniká většinou v zimních měsících, kdy je krajina trvale pokryta sněhem. Při utržení laviny dochází pod vlivem jejího tlaku k vytvoření erozní rýhy. V České republice vzniká sněhová eroze většinou v jarních měsících, kdy dochází k tání sněhu. Výsledná eroze závisí na rychlosti odtávání sněhu, propustnosti zeminy, vlhkosti a půdním krytí. Rychlost odtávání sněhu je většinou pomalý proces oproti dešťovým srážkám. V tomto období je většinou půda zmrzlá, a proto se eliminuje její infiltrace. (Středová, Toman, 2012)

2.3 Univerzální rovnice ztráty půdy – USLE

Pro výpočet erozního ohrožení půdy existuje několik matematických rovnic. V České republice nejčastěji používáme metodu „Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí“ neboli „USLE“ dle Wischmeiera a Smithe 1978. Matematickou rovnicí stanovíme průměrnou roční ztrátu půdy z pozemku způsobenou vodní erozí. (Janeček a kol., 2008)

Při použití rovnice se počítá se standardními rozměry pozemku o délce 22,13 metrů se sklonem 9 %, který je udržovaný jako kypřený úhor bez vegetace. A to po dobu minimálně jednoho roku, protože metodu USLE nelze používat pro dobu kratší než jeden rok. (Janeček a kol., 2002).

Rovnice USLE se během let postupně vyvíjela a upravovala pro různé podmínky. Zároveň vedla k vývoji dalších vědeckých poznatků v oblasti výzkumu eroze půdy. Metoda rovnice USLE je používaná na všech kontinentech světa, kromě Arktidy. (Roner, 2010)

Univerzální rovnici pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy lze zapsat:

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

Rovnice 1 – Univerzální rovnice podle Wischmeiera a Smithe (Janeček a kol., 2002)

Pro:

G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy udávaná v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$

R – faktor erozní účinnosti dešťových srážek (v závislosti na struktuře a struktuře ornice, obsahem organické hmoty a zrnitosti) udávaný v $MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$

K – faktor erodovatelnosti půdy, který je vyjádřen jakožto náchylnost půdy k erozi

L – faktor délky svahu (vyjádřený vliv délky svahu na velikost ztráty půdy způsobenou erozí)

S – faktor sklonu svahu (vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí)

C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu (vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice)

P – faktor účinnosti protierozních opatření. (Janeček a kol., 2002)

2.4 Faktor erozní účinnosti dešťových srážek – R

Tento faktor závisí na intenzitě, úhrnu, hojnosti a kinetické energii srážek. Na základě velkého objemu dat o erozních srážkách byl odvozen v USA. (Janeček a kol., 2002)

Faktor erozní účinnosti deště lze zapsat vzorečkem například takto:

$$R = (E \times i30) / 100$$

Rovnice 2 – Faktor erozní účinnosti deště (Janeček a kol., 2002)

Jednotlivé členy lze vysvětlit jako:

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

i30 – maximální třicetiminutová intenzita deště ($cm \cdot h^{-1}$).

Abychom však mohli začít dosazovat jednotlivé členy rovnice R faktoru, musíme si jednotlivé členy dopočítat. Nejprve je zapotřebí dopočítat celkovou kinetickou energii deště, která je zastoupena písmenem E.

Celkovou kinetickou energii lze spočítat například vzorečkem:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

Rovnice 3 – Celková kinetická energie deště (Janeček a kol., 2002)

Kde:

n – počet úseku deště

E_i – kinetická energie i-tého úseku deště ($J \cdot m^{-2}$).

Opět se dostáváme k tomu, že pro vypočítání celkové kinetické energie musíme nejdříve spočítat kinetickou energii pro E_i , což lze vypočítat například takto:

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

Rovnice 4 – kinetická energie pro E_i (Janeček a kol., 2002)

i_{si} – intenzita deště i -tého ($\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$)

H_{si} – úhrn deště v i -tém úseku (cm). (Janeček a kol., 2012)

Dle dlouhodobých záznamů o srážkách v České republice je stanovena průměrná hodnota faktoru R na $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$. V tabulce číslo 3 je viditelné procentuální rozložení faktoru R v České republice na jednotlivé měsíce ve vegetačním období. Za zmínku stojí zejména červenec, ve kterém se vyskytuje třicet procent celkových dešťových srážek v České republice. (Janeček a kol., 2012)

Měsíc	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen
%faktoru R	1	11	22	30	26	8	2

Tabulka 3 – Průměrné rozdělení faktoru R do měsíců vegetačního období (Janeček a kol., 2012)

2.5 Faktor erodovatelnosti půdy – K

Faktor K, tedy faktor erodovatelnosti půdy, ukazuje náchylnost půdy k erozi s přihlédnutím na její vlastnosti. Jedná se například o strukturu, zrnitost, propustnost a množství organické hmoty. (Podhrázká, Dufková, 2005)

V rovnici USLE se o faktoru K mluví jako o odnosu půdy v $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku o standardních vlastnostech, o délce 22,13 metrů se sklonem svahu 9 %. Udržování svahu probíhá kultivací ve směru sklonu kypřením. (Podhrázká, Dufková, 2005)

Hodnotu faktoru K lze určit za pomoci tří metod:

- pomocí vzorce
- podle nomogramu
- dostupné z mapy BPEJ, dle hlavních půdních jednotek. (Janeček a kol., 2002)

2.5.1 K faktor – pomocí vzorce

Vzorec pro K faktor lze využít, když obsah práškového písku a prachu nepřekročí 70 %. Mluvíme-li o prachu a práškovém písku, mluvíme o rozměrech částic od 0,002 až do 0,1 mm. (Dufková, Toman, Šťastná, 2005)

Pokud tedy dodržíme výše řečené pravidlo, využijeme vzorec pro faktor K, který zní takto:

$$100K = 2,1M^{1,14} \times 10^{-4}(12-a) + 3,25(b-2) + 2,5(c-3)$$

Rovnice 5 – K faktor (Janeček a kol., 2002)

Použijeme-li tento vzorec, je nutné znát význam jednotlivých položek vzorce:

$$M - (\% \text{ prachu} + \% \text{ práškového písku}) \times (100 - \% \text{ jílu})$$

a – organická hmota půdy (%)

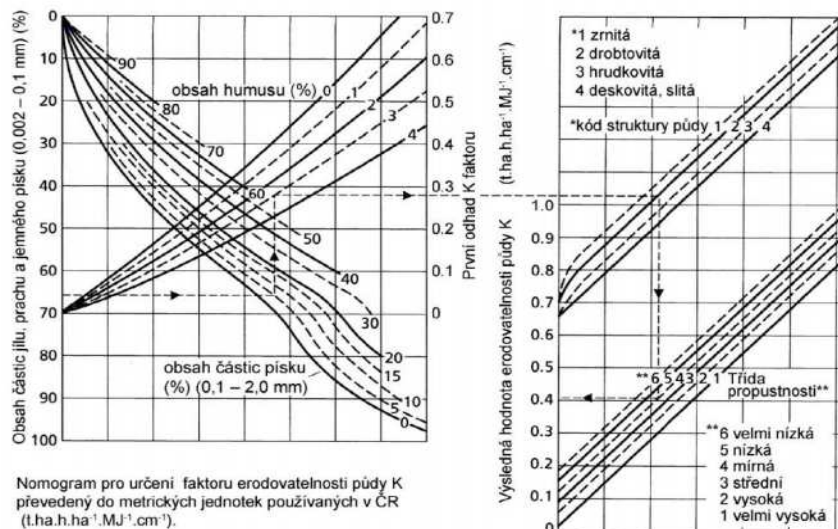
b – třída struktury ornice

c – třída propustnosti půdního profilu.

Po dosažení všech neznámých ve vzorci jsme schopni začít počítat faktor K.
(Janeček a kol., 2012)

2.5.2 K faktor – pomocí nomogramu

Abychom mohli pro výpočet faktoru K využít nomogramu, viz obrázek 1, musíme znát obsah humusu, propustnost a strukturu půdy. Veškeré hodnoty, které jsou označeny jako vstupní, se určují pro ornice, kromě propustnosti, která se vztahuje na celý profil půdy. (Podhrázká, Dufková, 2005)



Obrázek 1 – Nomogram pro určení K faktoru (Janeček a kol., 2012)

2.5.3 K faktor – pomocí BPEJ tabulky

Hodnotu faktoru K můžeme určit i za pomoci hlavních půdních jednotek neboli HPJ. HPJ je součástí bonitovaných půdně ekologických jednotek neboli BPEJ. Ne ke všem HPJ jsou přiřazeny hodnoty faktoru K, což je patrné z tabulky 4, u těchto jednotek můžeme použít pouze metodu nomogramu nebo metodu vzorcem. (Janeček a kol., 2012)

Druhé a třetí místo pětímístného kódu	Faktor K ornice	Druhé a třetí místo pětímístného kódu	Faktor K ornice
01	0,41	28	0,35
02	0,46	29	0,34
03	0,39	30	0,26
04	0,17	31	0,21
05	0,40	32	0,30
06	0,30	33-S-T	0,45-0,3
07	0,29	34	0,26
08	0,65 a	35	0,24
09	0,53	36	0,22
10	0,52	37-39 c	-
11	0,55	40-41	-
12	0,48	42	0,52
13	0,55 b	43	0,61
14	0,66	44	0,57
15	0,60	45	0,48
16	0,30	46	0,55
17	0,29	47	0,50
18	0,42	48	0,39
19-S-T	0,49-0,42	49	0,49
20	0,34	50	0,33
21	0,16	51	0,20
22	0,20	52	0,34
23	0,18	53	0,36
24-S-T	0,52-0,43	54	0,35
25	0,49	55-63 e	-
26	0,49	64-76 f	-
27	0,30	77-78 g	-

Pozn: Uvedené hodnoty jsou střední (průměrné) hodnoty pro danou jednotku. Při velké šíři vymezení některých jednotek jsou uvedeny průměrné hodnoty krajních mezi (S – střední, T – těžké). Fluvizemní, černicové a půdní společenstva se zastoupením hydromorfních půd vyžadují vyhledání faktoru K z nomogramu:

- velká variabilita – odvodit z nomogramu,
- obvykle na překryvech teras, ne na svazích,
- použit údaje z půd 18–36, v jejichž areálu se nacházejí,
- použit údajů z ostatních půd, v jejichž areálu se nacházejí,
- pokud jsou na agradačních valech či jiných svažitých prvcích fluvizemě, použít nomogram,
- u půd použít nomogram (velká variabilita, zejména v obsahu humusu)
- vyčlenit ze ZPF.

Tabulka 4 – Orientační hodnoty faktoru K podle BPEJ (Podhrázská, Dufková, 2005)

2.6 Faktor délky a sklonu svahu – L, S

Faktor LS (faktor délky L, faktor sklonu S) je poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standardním pozemku o délce 22,13m a sklonu 9 %. (Janeček, 2002)

Standardním vzorečkem pro výpočet faktoru délky a sklonu se například udává tato rovnice:

$$LS = (A/22,13)^m \times (\sin(s) / 0,0896)^n$$

Rovnice 6 – LS faktor (Mitášová, 1996)

Pro tuto rovnici platí:

A – plocha pozemku

m, n – kalibrační koeficienty

22,13 – standardní délka pozemků

s – sklon pozemku. (Mitášová, 1996)

2.6.1 Faktor L

Faktor délky svahu je charakterizován vlivem nepřerušené délky svahu na velikost smyvu. Na vršku svahu se utváří povrchový odtok. Dochází k odnosu horniny až na místo, kde voda nemá takovou sílu, což vede k usazování. (Wilson, 1984)

Faktor délky svahu, faktor L, lze vypočítat například podle vzorce:

$$L=(l/22,13)^p$$

Rovnice 7 – L faktor (Dufková, 2007)

l – nepřerušovaná délka svahu (m)

22,13 – standardní délka svahu

p – exponent zahrnující vliv sklonu svahu. (Dufková, 2007)

2.6.2 Faktor S

Faktor S vypovídá o velikosti ztráty půdy vzhledem k velikosti sklonu svahu. Lze říci, že čím větší je sklon daného pozemku, tím větší je i ztráta půdy na pozemku.

Samostatný faktor S lze vypočítat například dle vzorečku:

$$S= (0,43 + 0,30s + 0,043s^2)/6,613$$

Rovnice 8 – S faktor (Dufková, 2007)

V tomto vzorečku pro jedinou neznámou platí:

s – sklon svahu (%).

Jedinou neznámou, pro vzoreček k výpočtu faktoru S, lze orientačně určit například z BPEJ. (Dufková, 2007)

2.7 Faktor ochranného vlivu vegetace – C

Faktor C je poměr smyvu ornice na pozemku s pěstovanými plodinami ke smyvu půdy na klasickém pozemku s úhorem, který je za stejných podmínek udržován kypřením.

Vliv dané vegetace na daný pozemek je více než důležitý. Vliv vegetace na ochranu půdy je během kalendářního roku různý, ovlivňuje jej například vliv porostu, množství srážek, druh a způsob obdělávání daného pozemku. V České republice se vyskytují vydatné srážky zejména od dubna až do října. V daném období je většinou hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace různá, a to od 0,005 (travní porosty) až do 1 (nechráněná půda). (Janeček, 2012)

Pro C faktor je rok rozdělen do částí v závislosti na stádiu a střídání plodin. A jsou to tato období:

- období podmítky a hrubé brázdy
- období od příprav až po zasetí plodin
- období do 2 měsíců po zasetí, sázení plodiny (ozim do 30. 4.)
- období od konce předešlého období až do období po sklizni
- období strniště až do doby prvního období. (Janeček a kol., 2002)

Vždy je nutné co nejpřesněji zařadit období, hodnota faktoru C je v tabulce 5. Když zjišťujeme faktor C na velkém území, nebo když neznáme osevní postupy, bereme jeho hodnotu z průměrného zastoupení plodin v určité lokalitě, což je možné čerpat z veřejného registru půdy (LPIS). V tomto případě využijeme tabulku 6, nebo postupujeme dle klimatického regionu. (Janeček a kol., 2012)

Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období					
			1	2	3	4	5 s	5p
obilniny	v 1.roce po jetelovinách	OP	0,50	0,55	0,30	0,05	0,20	0,04
		St	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	po obilninách	OP	0,65	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
		St	0,25	0,25	0,20	0,08	0,25	0,04
	po okopaninách a kukuřici	OP	0,70	0,75	0,50	0,08	0,25	0,04
		St	0,70	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
kukuřice	Sláma předplodiny sklizena	OP	0,70	0,90	0,70	0,35	0,70	0,40
		St	O K 0,25-0,70	O K 0,25-0,70	O K 0,20-0,50	O K 0,25	O K 0,60	O K 0,30
	Sláma předplodiny nesklizena	OP	0,60	0,75	0,55	0,25	0,60	0,30
		St	O K 0,04-0,30	O K 0,04-0,25	O K 0,04-0,20	O K 0,05-0,20	O K 0,25-0,40	O K 0,15-0,30
	Do herbicidem umrtného drnu	víceletých píceňin	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03
		jílku -ozimé meziplodiny	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,10
Brambory, cukrovka	v přímých řádcích lib.směru	0,65	0,80	0,65	0,30	0,70		
vojtěška						0,02		
Jetel dvousečný						0,015		
Víceletá tráva, louky						0,005		

5s – sklizená sláma, 5b – ponechána sláma, O – po obilovině, K – po kukuřici, OP – setí do zorané půdy, St – setí do strniště, O K – rozpětí

Tabulka 5 – Hodnoty C faktoru (Janeček, 2012)

Plodina	C-faktor	Plodina	C-faktor
pšenice ozimá	0,12	chmelnice	0,8
žito ozimé	0,17	řepka ozimá	0,22
ječmen jarní	0,15	slunečnice	0,6
ječmen ozimý	0,17	mák	0,5
oves	0,1	ostatní olejníny	0,22
kukuřice na zrno	0,61	kukuřice na siláž	0,72
luštěniny	0,05	ostatní píceňiny jednoleté	0,02
brambory rané	0,6	ostatní píceňiny víceleté	0,01
brambory pozdní	0,44	zelenina	0,45
louky	0,005	sady	0,45

Tabulka 6 – Hodnoty C faktoru – tabulkové hodnoty (Janeček a kol., 2012)

2.8 Faktor účinnosti protierozních opatření – P

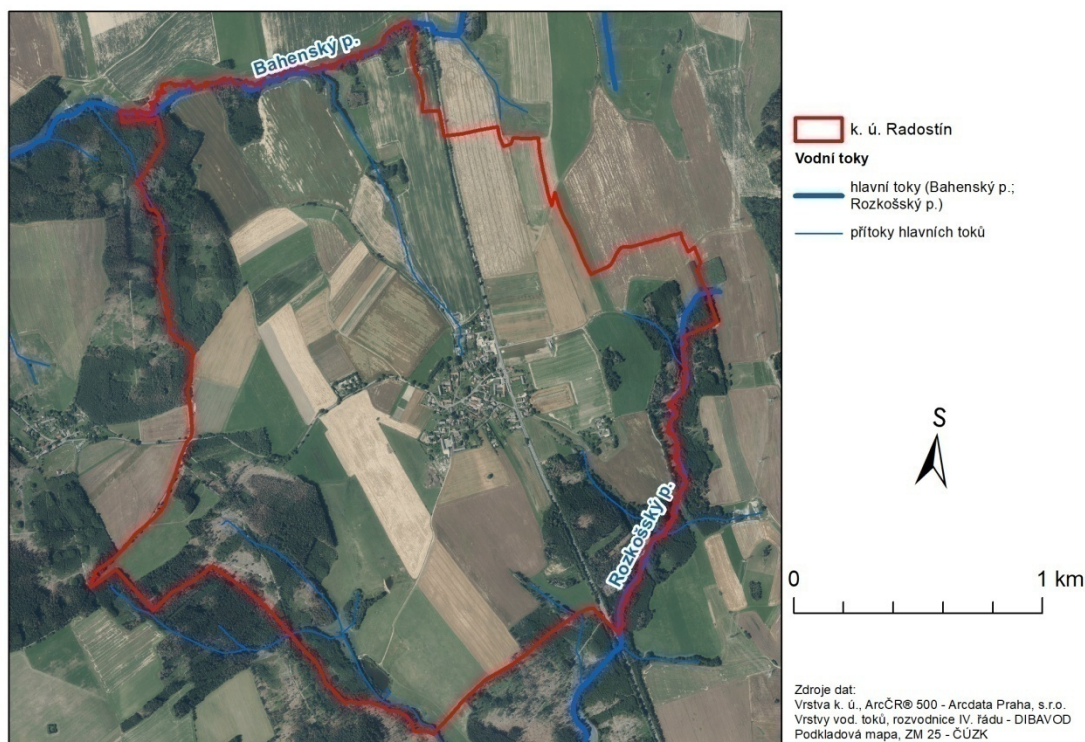
Účinnost protierozních opatření hodnotí, jak pozitivní vliv mělo protierozní opatření na daný pozemek, a to vzhledem k tomu, jak to změní charakter proudění a síly vodní eroze. Hodnoty faktoru P jsou uvedeny v tabulce číslo 7, která je níže. Pokud na daném pozemku nejsou aplikována žádná protierozní opatření, je faktor P vždy roven 1. (Dufková, 2007)

Protierozní opatření	Sklon svahu (%)			
	2-7	7-12	12-18	18-24
Maximální délka pozemku po spádnicí při konturovém obdělávání	120 m	60 m	40 m	-
	0,6	0,7	0,9	1,0
Maximální šířka a počet pásů při pásovém střídání	40 m	30 m	20 m	20 m
	6 pásů	4 pásy	4 pásy	2 pásy
- okopanin s víceletými pícevinami	0,30	0,35	0,40	0,45
-okopanin s ozimými obilovinami	0,50	0,60	0,75	0,90
Hrázkování, resp. přerušované brázdování podél vrstevnic	0,25	0,30	0,40	0,45

Tabulka 7 – Hodnoty faktoru P (Janeček a kol., 2012)

3. Zájmové území

Výpočet USLE probíhal na vybraných půdních blocích v k. ú. Radostín, které je i jediným katastrálním územím stejnojmenné obce v okrese Havlíčkův Brod. Radostín sousedí s k. ú. Olešná u Havlíčkova Brodu na severu, na východě s k. ú. Zbožice, na jihu s k. ú. Veselý Žďár a západě s k. ú. Lučice, jak je vidět na obrázku 2. Jsou vidět letecké snímky od ČÚZK, dostupné prostřednictvím WMS služby: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx. Pro lepší orientaci v mapě byly přidány (zvýrazněny) vodní toky z databáze DIBAVOD.



Obrázek 2 – Pohled na k. ú. Radostín u Havlíčkova Brodu – letecký pohled

3.1 Obec Radostín

Obec Radostín leží přibližně šest kilometrů od Havlíčkova Brodu v okrese Havlíčkův Brod, v Kraji Vysočina, jak je patrné z obrázku 3. Nachází se v nadmořské výšce 550 metrů nad mořem, avšak nejvyšším bodem v okolí obce je Volský vrch, který se nachází v nadmořské výšce 598 metrů a je situován severovýchodně od vsi. Obcí prochází silnice první třídy, číslo 38, která je hlavním dopravním uzlem, jenž prochází celým krajem Vysočina. Obec Radostín leží v jediném katastrálním území, které nese název Radostín u Havlíčkova Brodu. Právě v tomto katastrálním území byly zvolené konkrétní půdní bloky. Celková velikost katastrálního území je 434 hektarů. (obec Radostín, 2020)



Obrázek 3 – Poloha obce, na území ČR (obec Radostín, 2020)

První písemná zmínka o této obci pochází z roku 1591 našeho letopočtu, kdy byla obec poprvé uvedena ve výčtu majetku v Zemských deskách. A to jako majetek panství Trčků z Lípy. Jednalo se o svobodnou ves s rychtou. Obec byla od svého počátku hospodářskou obcí, v roce 1911 bylo v obci 8 zemědělských usedlostí. Obec však zasáhla třicetiletá válka a většina usedlostí byla zničena. Od roku 1651, kdy bylo v obci 21 obyvatel v 17 domech (což je patrné ze starých map), tento počet kolísal, největší zalidnění obce bylo v roce 1930, konkrétně 238 obyvatel v 39 domech. Od této doby počet obyvatel klesal až do roku 2010, kdy došlo k novým výstavbám. Počet obyvatel začal stoupat, v roce 2014 zde žilo 160 obyvatel. Obec zřejmě dosáhla svého maxima, protože výstavba nových budov je velmi obtížná z důvodu ochranných pásem plynovodů a ropovodů ze všech světových stran.

V obci se nachází několik významných dominant, například kaplička, kterou ze všech světových stran chrání mohutné lípy. První dochovaná zmínka o ní je z roku 1896. Dále se za obcí nachází památník svatého Jana Nepomuckého z roku 1734, který je opět chráněn vzrostlými lípami. V obci se nachází další tři památné kříže z let 1674 – 1728.

V okolí obce bylo vždy mnoho mezí, remízků, luk a tůňek, které ale byly v šedesátých letech 20. století hojně a nenávratně ničeny z důvodu scelování pozemků pro snadnější a rychlejší obhospodařování. V tehdejší době byly totiž pozemky obhospodařovány svými majiteli a nebyly scelovány, tak jako je tomu dnes. Proto byla krajina členitější a pestřejší. (www.obecradostin.cz)

V současné době je půda v katastrálním území Radostín obhospodařována několika subjekty, např. zemědělským družstvem Solmilk a. s. a několika soukromými zemědělci, mezi které patří i má rodina. Obhospodařování těchto pozemků probíhá od bezorebkové přípravy půdy až po přípravu orbou. Pěstují se zde z 80 % klasické plodiny a z 20 % širokořádkové plodiny. Zhruba 75 % je orná půda a zbylých 25 % se týká trvale travních porostů. Z obrázku 4 je patrné, že je půda rozdělena do mnoha malých bloků. Je zde vidět mnoho krajinných prvků. Nachází se zde však i několik obhospodařovaných celků, které přesahují výměru 10 hektarů.



Obrázek 4 – Letecký snímek obce 2020 (obec Radostín)

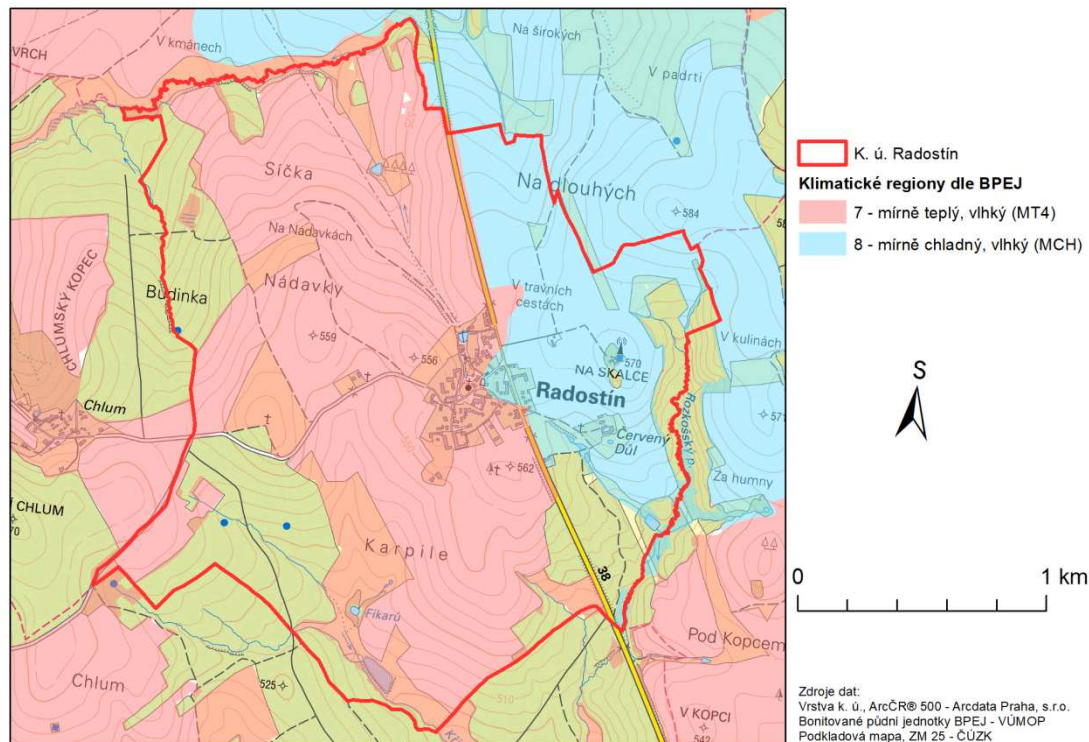
3.2 Klima

Katastrální území Radostín u Havlíčkova Brodu je zařazeno z větší části do klimatického regionu MT4. Jak je patrné z tabulky 8, klimatický region MT4 se řadí mezi mírně teplý a vlhký region, u kterého se vyskytuje průměrná roční teplota mezi 6 až 7 °C. V oblasti je průměrná roční srážka deště mezi 650 až 750 mililitry a vláhová jistota je zde na úrovni 10. (Vyhláška Mze, 327/1998 Sb.)

Kód regionů	Symbol regionů	Charakteristika regionů	Suma teplot nad +10 °C	Průměrná roční teplota °C	Průměrný roční úhrn srážek v mm	Pravděpodobnost suchých vegetač. období	Vláhová jistota
0	VT	velmi teplý, suchý	2 800 – 3 100	9 – 10	500 – 600	30 – 50	0 – 3
1	T 1	teplý, suchý	2 600 – 2 800	8 – 9	< 500	40 – 60	0 – 2
2	T 2	teplý, mírně suchý	2 600 – 2 800	8 – 9	500 – 600	20 – 30	2 – 4
3	T 3	teplý, mírně vlhký	2 500 – 2 800	(7) 8 – 9	550 – 650 (700)	10 – 20	4 – 7
4	MT 1	mírně teplý, suchý	2 400 – 2 600	7 – 8,5	450 – 550	30 – 40	0 – 4
5	MT 2	mírně teplý, mírně vlhký	2 200 – 2 500	7 – 8	550 – 650 (700)	15 – 30	4 – 10
6	MT 3	mírně teplý (až teplý), značně vlhký	2 500 – 2 700	7,5 – 8,5	700 – 900	0 – 10	10
7	MT 4	mírně teplý, vlhký	2 200 – 2 400	6 – 7	650 – 750	5 – 15	10
8	MCH	mírně chladný, vlhký	2 000 – 2 200	5 – 6	700 – 800	0 – 5	10
9	CH	chladný, vlhký	pod 2 000	5	> 800	0	10

Tabulka 8 – Klimatické regiony (VÚZE, 1973)

Přestože je většina katastrálního území řazena do klimatického regionu MT4, na obrázku 5 je patrné, že část katastru spadá do klimatického regionu CH, což je region chladný a vlhký. Průměrná roční teplota je zde 5 °C. Průměrné srážky zde jsou pod 800 milimetrů. (Vyhláška Mze, 327/1998 Sb.)



Obrázek 5 – Klimatické regiony v oblasti dle BPEJ

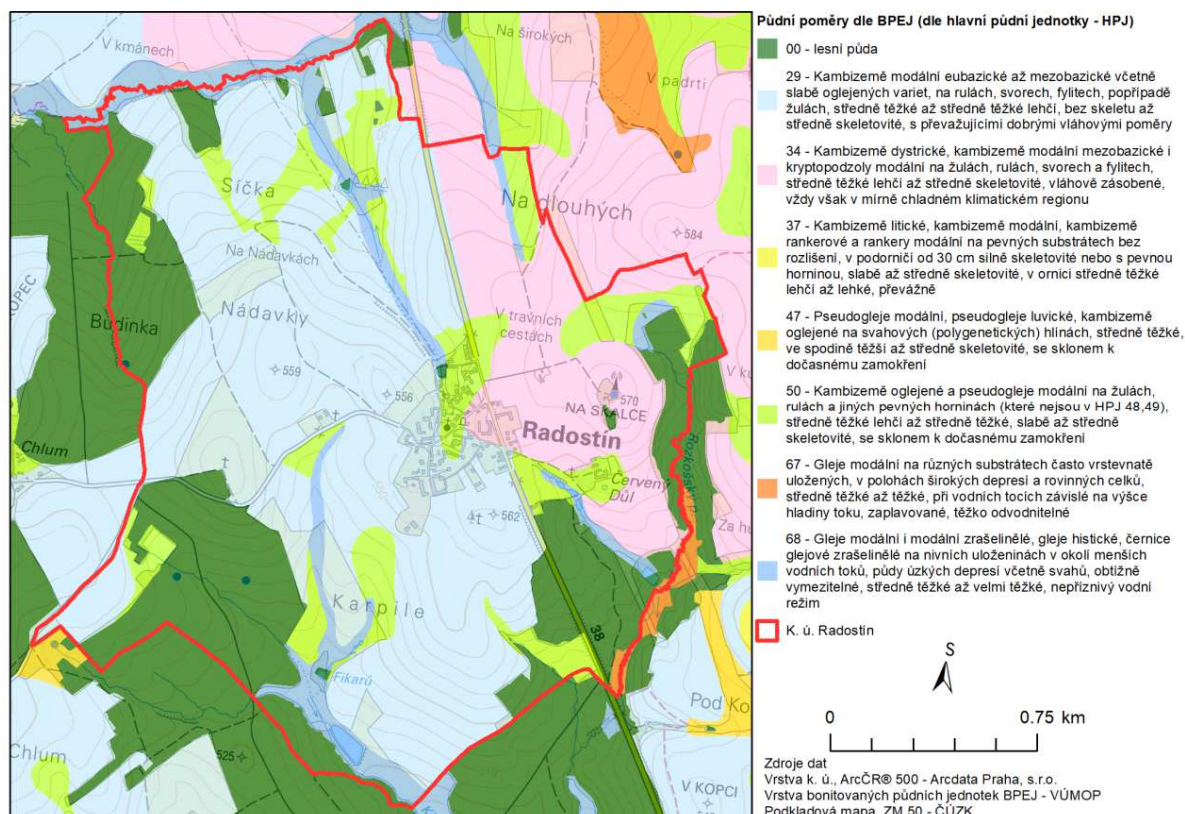
3.3 Půdní poměry, analýza BPEJ

Dle hlavní půdní jednotky, konkrétně druhé a třetí pozice v BPEJ, bylo zjištěno, že na zvoleném území se vyskytují kambizemě. V místech, kudy vedou vodní toky, naopak převažují gleje, dobře viditelné z obrázku 6.

Kambizemě jsou totiž v České republice nejrozšířenější půdní typ, který se nachází v nadmořské výšce cca 300 až 600 metrů nad mořem. Kambizemě lze rozdělit na dva typy, a to na kambizemě v nižších vrstvách a kambizemě u vyšších ploch (nad 600 mn. m.) Tento typ země je vhodný k zemědělským účelům, například k pěstování méně náročných plodin (obilniny, cukrová řepa, brambora aj.). (Šarapatka, 2014)

Jak již bylo zmíněno, převládá zde kambizemě. Jedná se konkrétně o číslo 29 dle BPEJ, což jsou kambizemě modální eubazické až mezobazické. Dále pak dle BPEJ číslo 34 neboli kambizemě dystrikové, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách. Vyskytují se zde dle BPEJ číslo 50, což jsou kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách. (vyhláška č. 237/1998Sb.)

Databáze BPEJ byla stažena ze serveru <https://www.spucr.cz/bpej/celostatni-databaze-bpej>. Tato vrstva má význam pro zjištění K faktoru, který se přiřazuje na základě indexu hlavní půdní jednotky (HPJ), což je druhá a třetí cifra z pěticiferného kódu BPEJ.



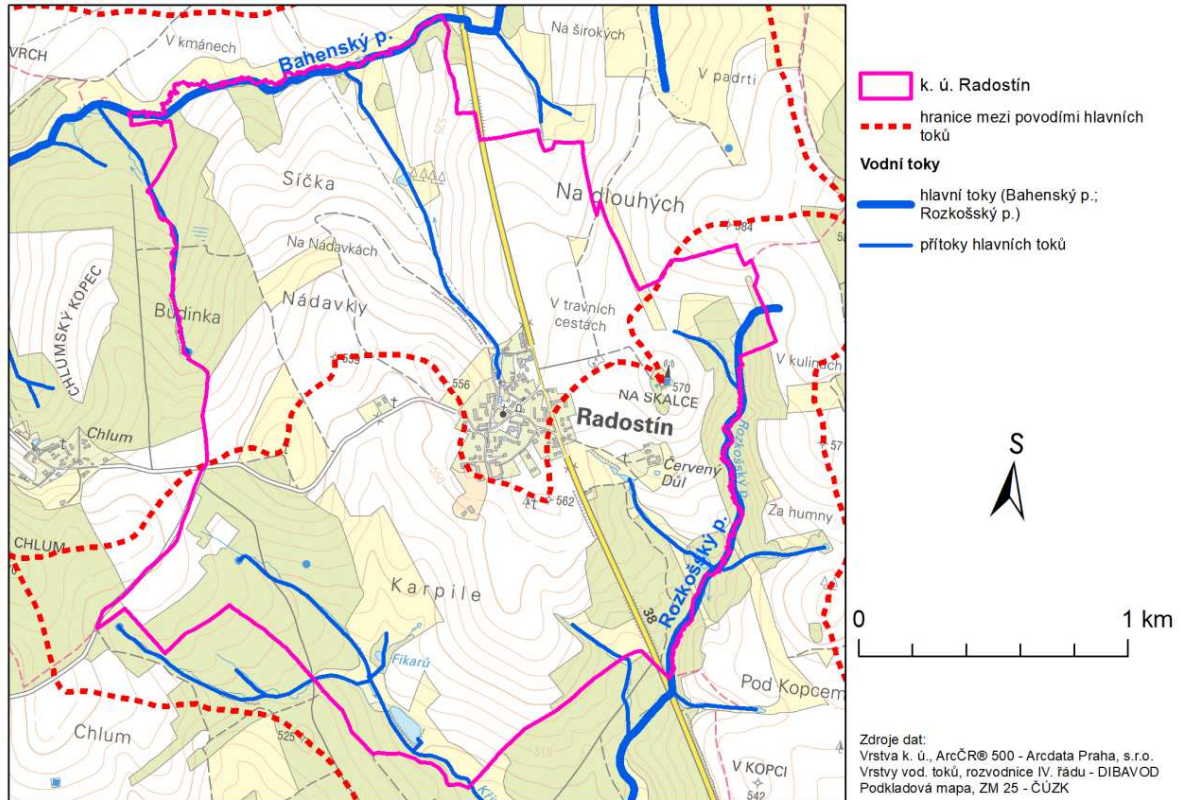
Obrázek 6 – Půdní poměry ve vybrané oblasti dle BPEJ

3.4 Hydrologické poměry

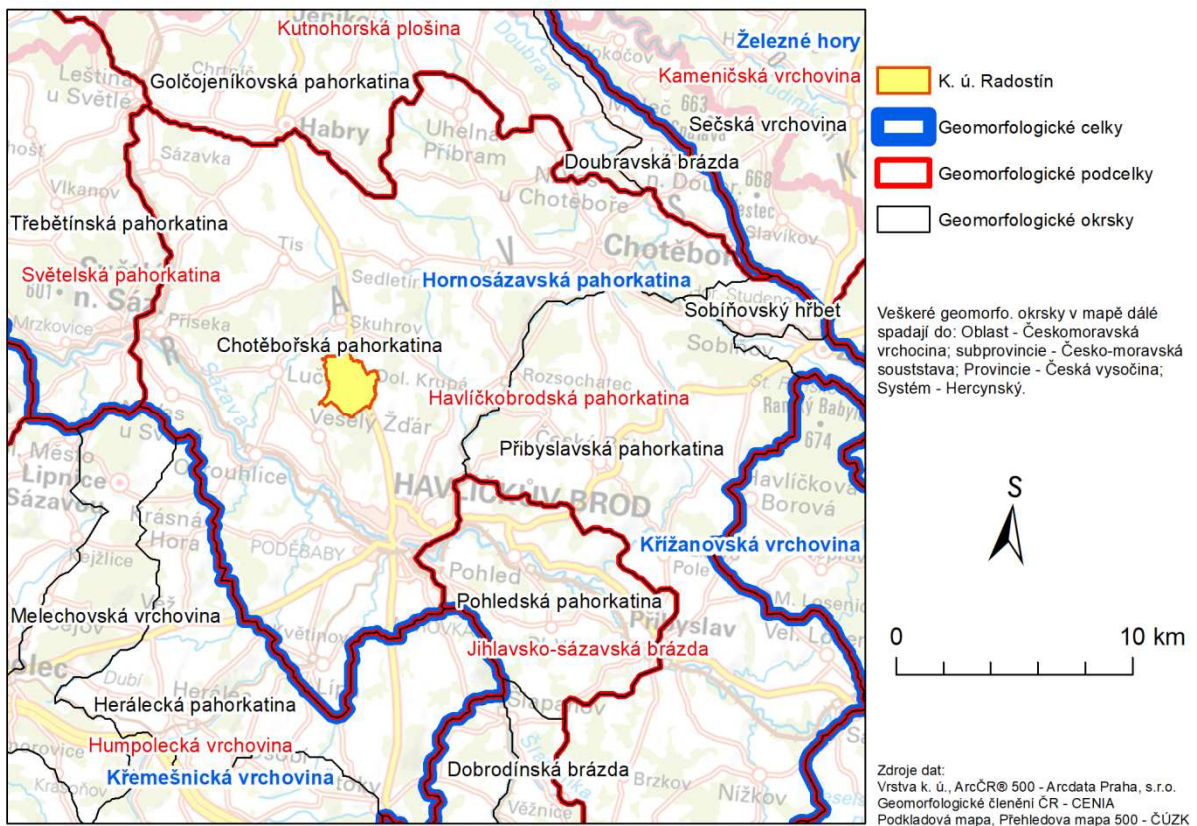
Hlavními vodními toky v zájmovém území jsou Bahenský a Rozkošský potok. Rozkošský potok pramení pár metrů východně od hranice k. ú. Radostín, aby následně jeho tok tvořil východní hranici. Na rozdíl od Bahenského potoka se jedná o přímý přítok řeky Sázavy. Tok Bahenského potoka tvoří severní hranici k. ú. Radostín a vlévá se do Lučického potoka. Rozvodnice mezi těmito toky tak prochází prostředkem zájmového území, jak je vidět na obrázku 7. Vrstva vodních toků a rozvodnice byla získána z databáze DIBAVOD.

3.5 Geologické a geomorfologické poměry

Celé katastrální území Radostín u Havlíčkova Brodu i okolní obce leží jen v jednom geomorfologickém okrsku, a to v Chotěbořské pahorkatině zhruba uprostřed (podcelek: Havlíčkobrodská pahorkatina, celek: Hornosázavská pahorkatina, oblast: Českomoravská vysočina, subprovincie: Česko-moravská sibprovincie, provincie: Česká vysočina, systém: Hercynský). Toto je dobře patrné z obrázku 8. Vrstva geomorfologického členění byla získána z Arcgis portálu: <http://geoportal.gov.cz/ArcGIS/services>, konkrétně se jednalo o vrstvu *cenie_geomorfologie*.

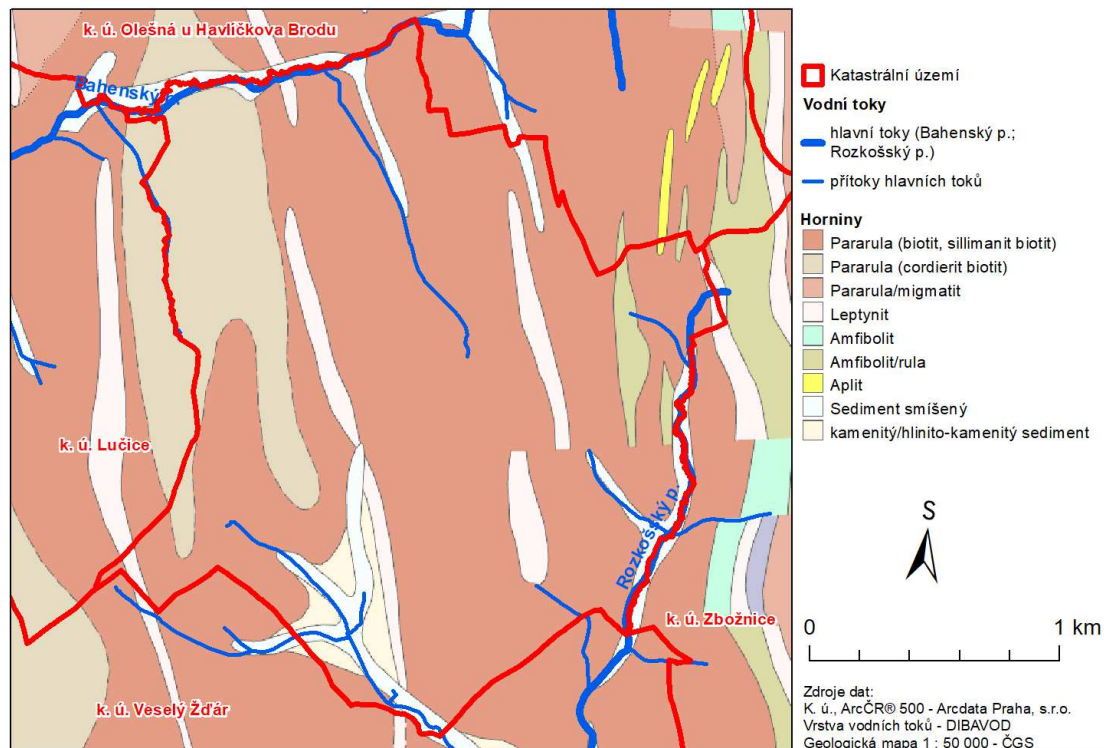


Obrázek 7 – Hydrologické poměry ve vybrané oblasti



Obrázek 8 – Geomorfologické poměry

Geologický podklad k. ú. Radostín je tvořen zejména pararulami, jak je vidět na obrázku 9. Vrstva geologické mapy byla přidána pomocí WMS služby: Geologické poměry 1:50 000, dostupné přes <http://mapy.geology.cz/arcgis/services/Geologie/geocr50/MapServer/WMServer?>



Obrázek 9 – Geologické poměry

4. Metoda vyhodnocení USLE

Výpočet univerzální rovnice ztráty půdy proběhl na vybraných půdních blocích v k. ú. Radostín. Hodnoty LS faktoru byly získány zpracováním digitálního modelu reliéfu od DMR 5G. Hodnoty K faktoru byly získány z čísla hlavní půdní jednotky půdních bloků LPIS.

Veškeré zpracování dat probíhalo v softwaru ArcMap 10.8, kromě výpočtu C faktoru, který byl vypočítán v softwaru Excel.

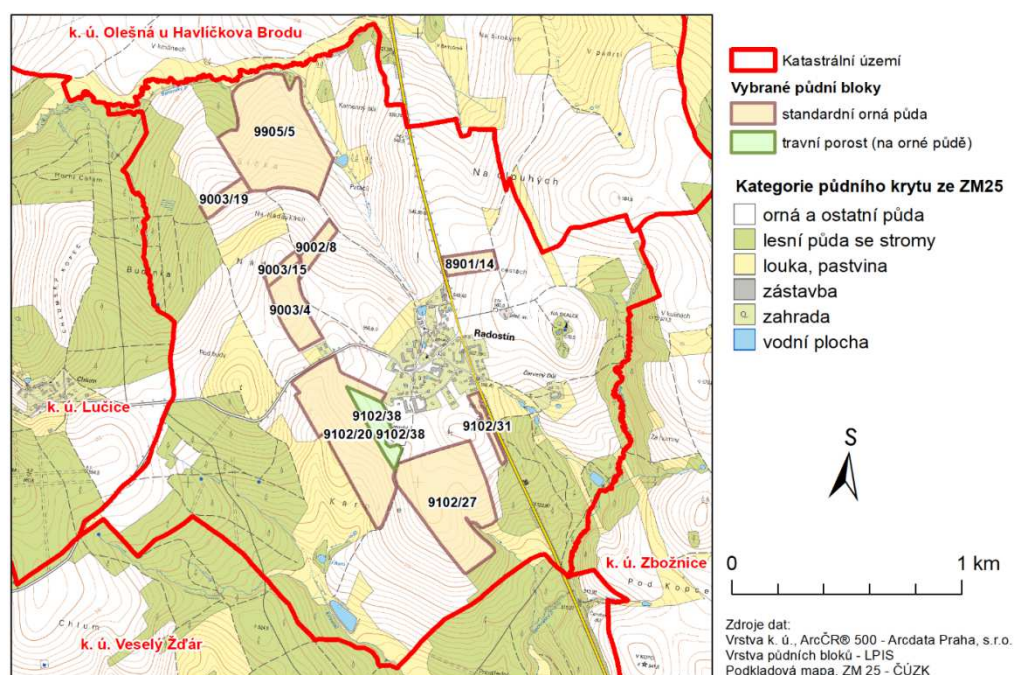
Pro lepší orientaci v mapách byla použita jako podkladová mapa ZM 25 od ČÚZK. V případě, že vizualizovaný jev neumožňoval zobrazení podkladové mapy, byl ve výsledné mapě zvýrazněn intravilán obce Radostín a popisky místních názvů.

4.1 Výběr určitých pozemků (půdních bloků)

Ztráta půdy a veškeré ostatní výpočty nebudou probíhat v celém katastrálním území Radostín u Havlíčkova Brodu, ale pouze na těchto půdních blocích ležících v katastrálním území: 8901/14, 9002/8, 9003/4, 9003/15, 9003/19, 9102/20, 9102/27, 9102/31, 9102/38, 9905/5. Jedná se tedy celkem o 10 půdních bloků, které je možné vidět na obrázku 10. Pouze blok 9102/38 je travní porost, ostatní jsou standardní ornou půdou.

Výběr těchto půdních bloků byl jasnou volbou. Velká část zemědělských pozemků ve zvoleném katastrálním území patří mé rodině a z tohoto důvodu jsem si zvolil možnost vytvářet tuto práci, abych zjistil, jakým způsobem hospodaří má rodina a jiné subjekty na pozemcích, které nám patří již mnoho generací.

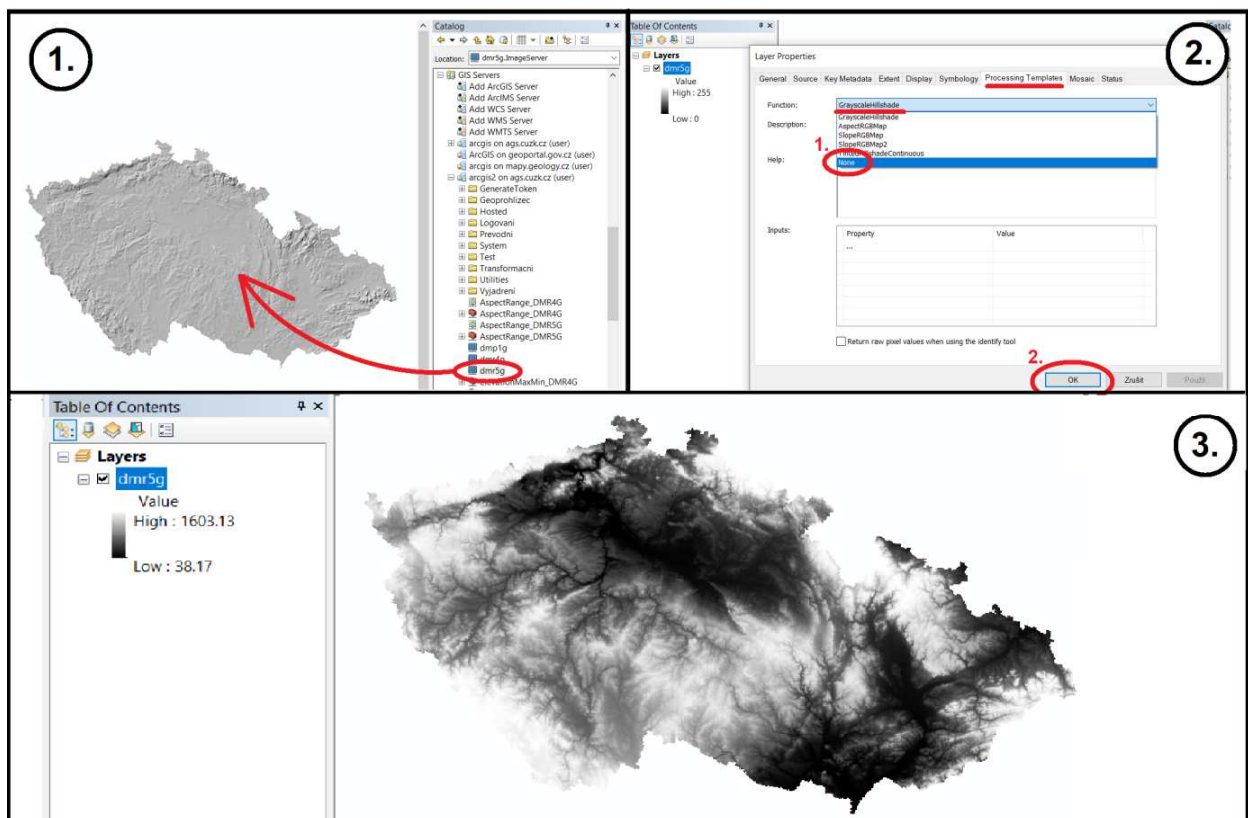
Vrstva půdních bloků pro k. ú. Radostín byla stažena z veřejného registru půdy (LPIS) přes server eagri.cz.



Obrázek 10 – Přehledná mapa půdních bloků

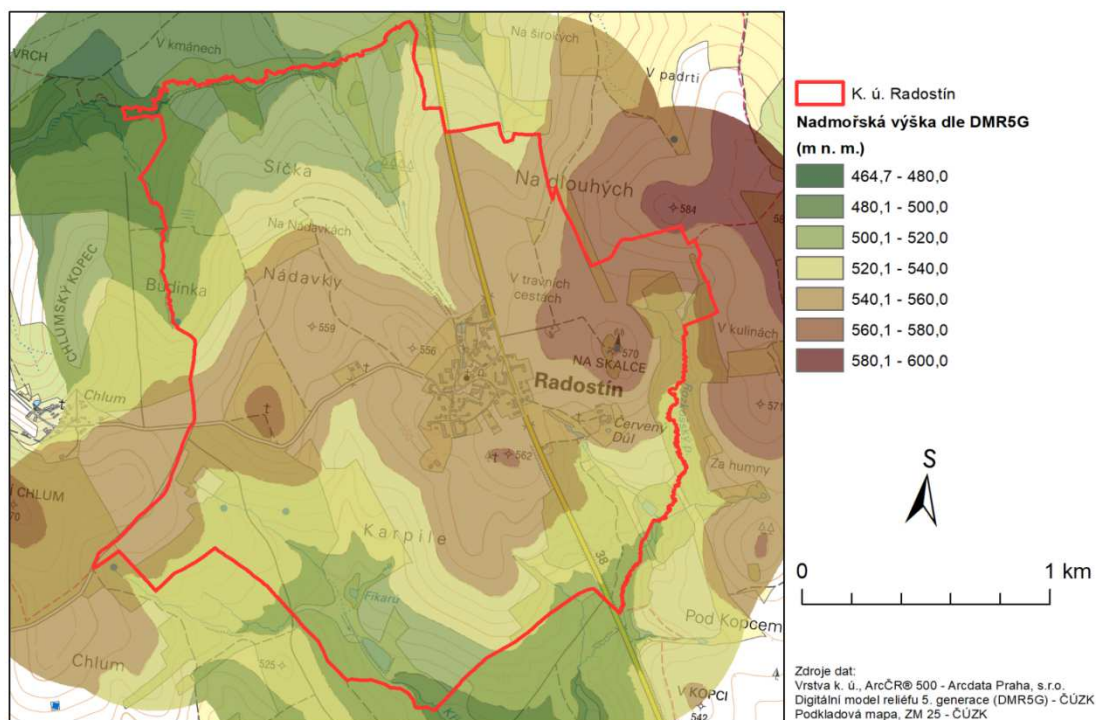
4.2 Digitální model reliéfu DMR5G

Pro výpočet LS faktoru je potřeba mít digitální model reliéfu, ze kterého se vypočítá sklonitost a akumulace odtoku. Pro potřeby této práce byl použit DMR5G od ČÚZK, který byl v prostředí ArcMap 10.8 otevřen prostřednictvím ArcGIS serveru. Pro nahrání této vrstvy bylo potřeba nejdříve dvojklikem myši kliknout na AddArcGIS Server (GIS Servers) v Catalogu. Dále kliknout na další a potom vložit odkaz do Server URL: <http://ags.cuzk.cz/arcgis2/services>. Po následném kliknutí na Finish se objevil nový řádek v GIS Servers: arcgis2 on ags.cuzk.cz (user), viz obrázek č. 11, okno 1. Ten se rozklikl a nahrála se vrstva DMR5G. Tato vrstva se ve výchozím nastavení zobrazuje pouze jako stínovaný reliéf. Aby bylo možné tuto vrstvu vizualizovat a zpracovávat jako model povrchu je potřeba v Properties, v záložce Processing Templates, rozkliknout Function a vybrat: None (viz okno 2 na obrázku č. 11). Vizualizace této vrstvy je vidět v okně 3 na obrázku č. 11. Nejvyšším bodem je vrchol Sněžky (1603,13 m n. m.) a nejnižším bodem je dno hnědouhelného dolu Bílina (38,17 m n. m.).



Obrázek 11 – Postup nahrání vrstvy DMR5G do prostředí ArcMap

Rozlišení tohoto modelu reliéfu je 2 × 2 metry. Konkrétní výškové poměry v k. ú. Radostín a jeho nejbližším okolí (500 m) je možné vidět na obrázku 12. DMR5G pro Radostín a 500 m okolí byl získán prostřednictvím funkce Extract by Mask (3D analyst) v ArcMap 10.8. Převýšení je v k. ú. Radostín přibližně 100 m od výšky 380 m n. m. do 480 m n. m.



Obrázek 12 – Výškové poměry

4.3 Faktor C

Pro jednotlivé půdní bloky byly vypočítány hodnoty C faktoru jako průměrné hodnoty C faktoru plodin pěstovaných v jednotlivých letech od roku 2015 (viz tabulka 9).

Půdní bloky X	Výměra v ha	Osevní plodiny pro jednotlivé roky						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
9102/20	14,63	mák	ozimý ječmen	řepka	pšenice ozimá	mák	ozimý ječmen	řepka
9102/27	15,24	řepka	pšenice ozimá	mák	ozimní ječmen	řepka	pšenice ozimá	mák
9003/15	0,83	mák	ozimý ječmen	kmín	mák	ozimý ječmen	řepka	pšenice ozimá
9102/31	0,99	mák	pšenice ozimá	řepka	pšenice ozimá	mák	ječmen jarní	oves
9002/8	1,41	pšenice ozimá	mák	ozimý ječmen	kmín	mák	ozimý ječmen	řepka
9905/5	17,77	řepka	pšenice ozimá	trikitále	řepka	pšenice ozimá	kmín	jetel
8901/14	1,86	řepka	pšenice ozimá	pšenice ozimá	mák	oves	mák	ozimý ječmen
9102/38	2,78	tráva s leguimi nozáma	tráva s leguimi nozáma	tráva s leguimi nozáma	tráva s leguimi nozáma	tráva s leguimi nozáma	přechod na ttp	ttp
9003/19	1,39	mák	ozimý ječmen	řepka	pšenice	mák	ozimý ječmen	řepka
9003/4	4,31	řepka	ozimý ječmen	pšenice ozimá	jarní ječmen	řepka	mák	jetel

Tabulka 9 – Vyseté plodiny od roku 2015 do roku 2021 (zdroj místní zemědělci)

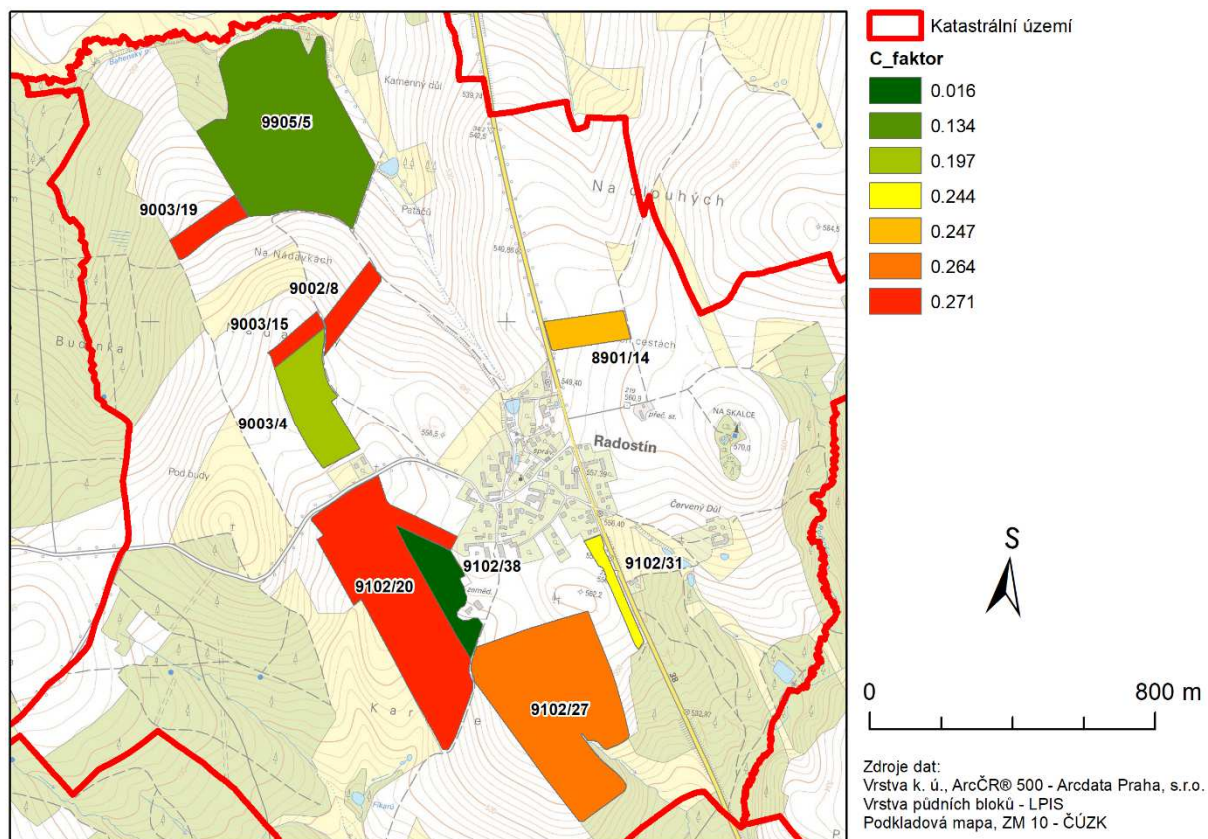
Hodnoty C faktoru pro jednotlivé plodiny je možné vidět v tabulce č. 10. Hodnoty základních plodin byly převzaty z metodiky Janeček, 2012. Nejvyšší hodnotu C faktoru má na pěstovaných půdních blocích plodina mák. Mák je tedy plodinou, která má nejnižší ochranný vliv vegetace (C=0,5). U pšenice ozimé byla pro výpočet zadaná hodnota C faktoru 0,12. Jetel i tráva s leguminozáma (bobovitými) byly považovány za pícniny víceleté, a tak jim byla přiřazena hodnota 0,02. Tritikále je křížencem žita (C faktor = 0,17) a pšenice (C faktor = 0,12), proto mu byla přiřazena hodnota z prostředku intervalu C faktorů těchto dvou plodin, tedy 0,15.

Plodina	C faktor	Plodina	C faktor
Ječmen jarní	0,15	Oves	0,1
Ječmen ozimý	0,17	Pšenice ozimá	0,12
Jetel	0,02	Řepka	0,22
Kmín	0,22	Tráva s leguminozáma	0,02
TTP	0,005	Tritikále	0,15
Mák	0,5		

Tabulka 10 – C faktor jednotlivých plodin

Na obrázku 13 je vidět sedmiletý průměr C faktorů jednotlivých půdních bloků. Nejnižší hodnoty dosahuje půdní blok 9102/38. Tato skutečnost je způsobena zejména tím, že se začal využívat jako trvalý travní porost. Nejvyšších hodnot C faktorů dosahují půdní bloky 9003/19, 9003/15, 9002/8 a 9102/20. Tyto bloky mají shodně hodnotu C faktoru 0,271. Jsou na nich totiž aplikovány stejné oseední postupy, jen pouze půdní blok 9002/8 je o tři roky pozadu.

Rastrová vrstva byla z daných půdních bloků vytvořena funkcí Polygon to Raster (Conversion). Rozlišení bylo zvoleno na 2 metry, aby se shodovalo s DMR5G a metoda přiřazení hodnoty byla zvolena Maximum Area.



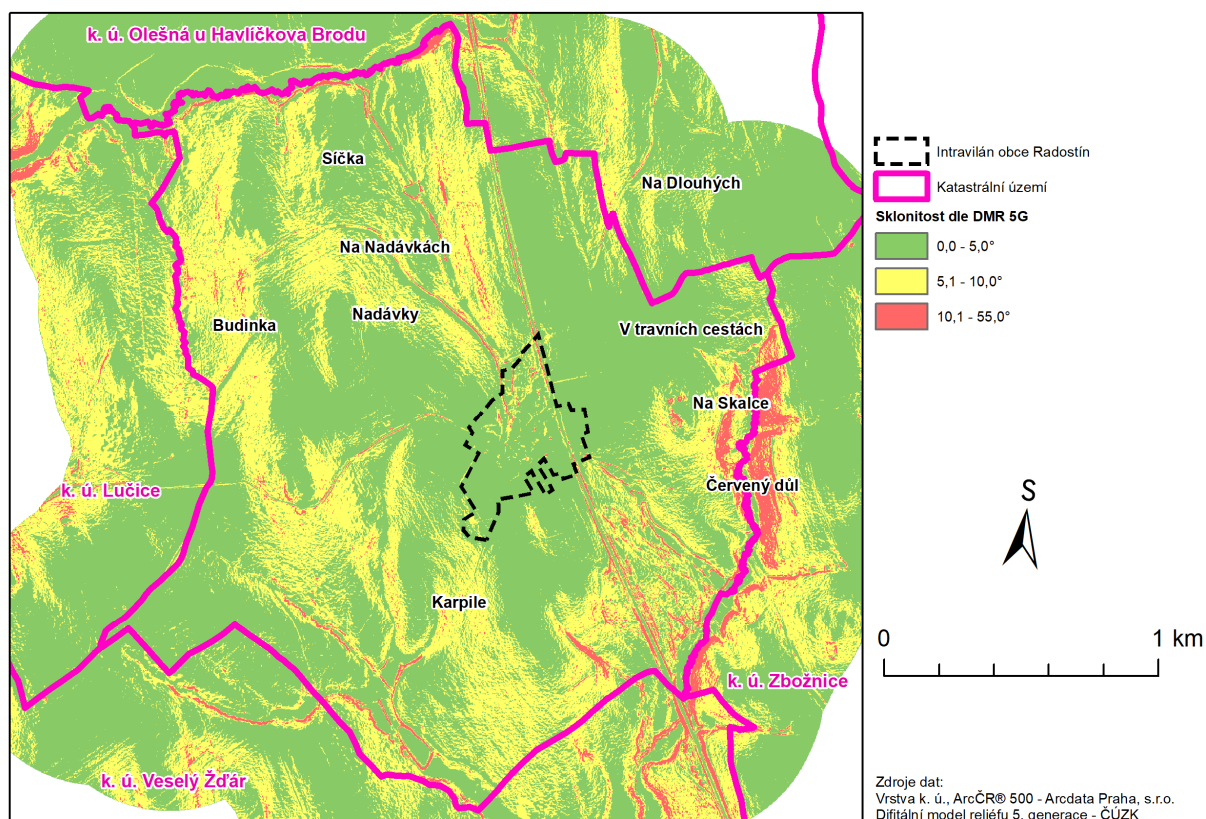
Obrázek 13 – C faktor vybraných půdních bloků

4.4 Výpočet LS faktoru

Pro výpočet LS faktoru je nutné mít k dispozici rastr sklonitosti a akumulace odtoku zájmového území.

4.4.1 Sklonitost zájmového území

Vrstva sklonitosti svahů byla získána funkcí Slope (3D analyst) v prostředí ArcMap 10.8 z vrstvy DMR5G pro Radostín a okolí 500 m. Nejvyšších sklonů dosahují svahy v údolí Rozkošského potoka na hranici mezi k. ú. Radostín a k. ú. Zbožnice, jak je vidět na obrázku 14. Nejnižší sklony jsou ve středu zájmového území, kde se soustředí zástavba a orná půda. Vyšší sklony bývají soustředěny podél hranice k. ú., často se jedná o lesní půdu.



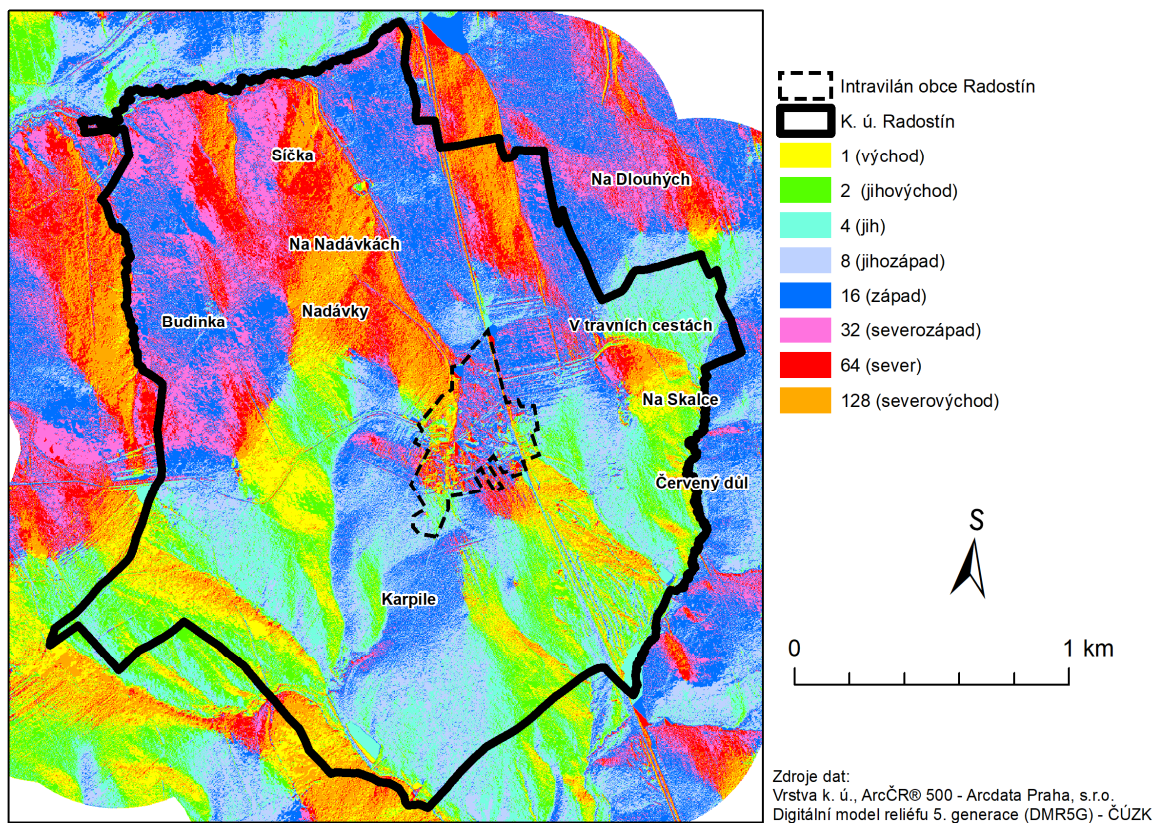
Obrázek 14 – Sklonitost terénu

4.4.2 Orientace povrchového odtoku

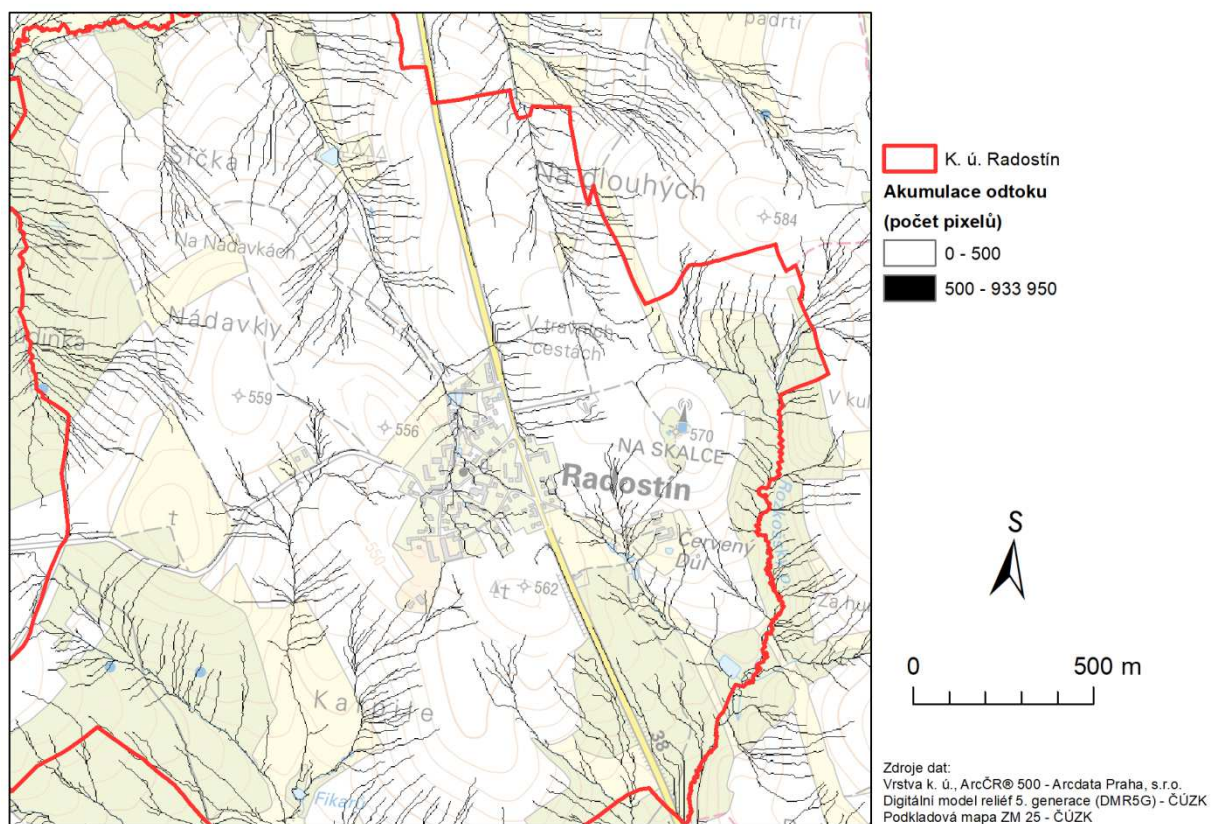
Pro získání vrstvy akumulace odtoku bylo potřeba nejdříve zjistit směr odtoku povrchové vody pro jednotlivé pixely. Ten se spočítal na hydrologicky korektním modelu, ten se získá díky funkci Fill (Spatial Analyst) v prostředí ArcMap 10.8 z vrstvy DMR5G pro Radostín a okolí 500 m. Z takto upraveného modelu reliéfu se získá směr odtoku pro jednotlivé buňky prostřednictvím funkce Flow Direction (Spatial Analyst). Každý z 8 směrů má svůj číselný index a tento číselný index je obsažen v každé buňce rastru. Směr odtoku je pro každý pixel orientován tím směrem, ve kterém leží ta sousední buňka, která má nejnižší nadmořskou výšku. Výsledná vizualizovaná vrstva je na obrázku 15. Zatímco jižní část území je orientována převážně na jih, jihozápad a jihovýchod a odvodňuje tak území do Rozkošského potoka, v severní části převažují svahy západní, severozápadní, severní a severovýchodní.

4.4.3 Akumulace odtoku

Z vrstvy orientace odtoku se získala vrstva akumulace odtoku prostřednictvím funkce Flow Accumulation (Spatial Analyst). Výsledná rastrová vrstva nese pro každý pixel informaci o tom, kolik se do konkrétního pixelu vlévá jiných pixelů. Tam, kde bývají nejvyšší hodnoty akumulace odtoku, se většinou soustředí i vodní toky, protože se jedná o místa, kam by mělo stékat nejvíce vody. Akumulaci odtoku je možné vidět v obrázku 16. Mapa v tomto obrázku je vytvořena ve větším měřítku, aby byla akumulace odtoku lépe rozeznatelná.



Obrázek 15 – Směr povrchového odtoku



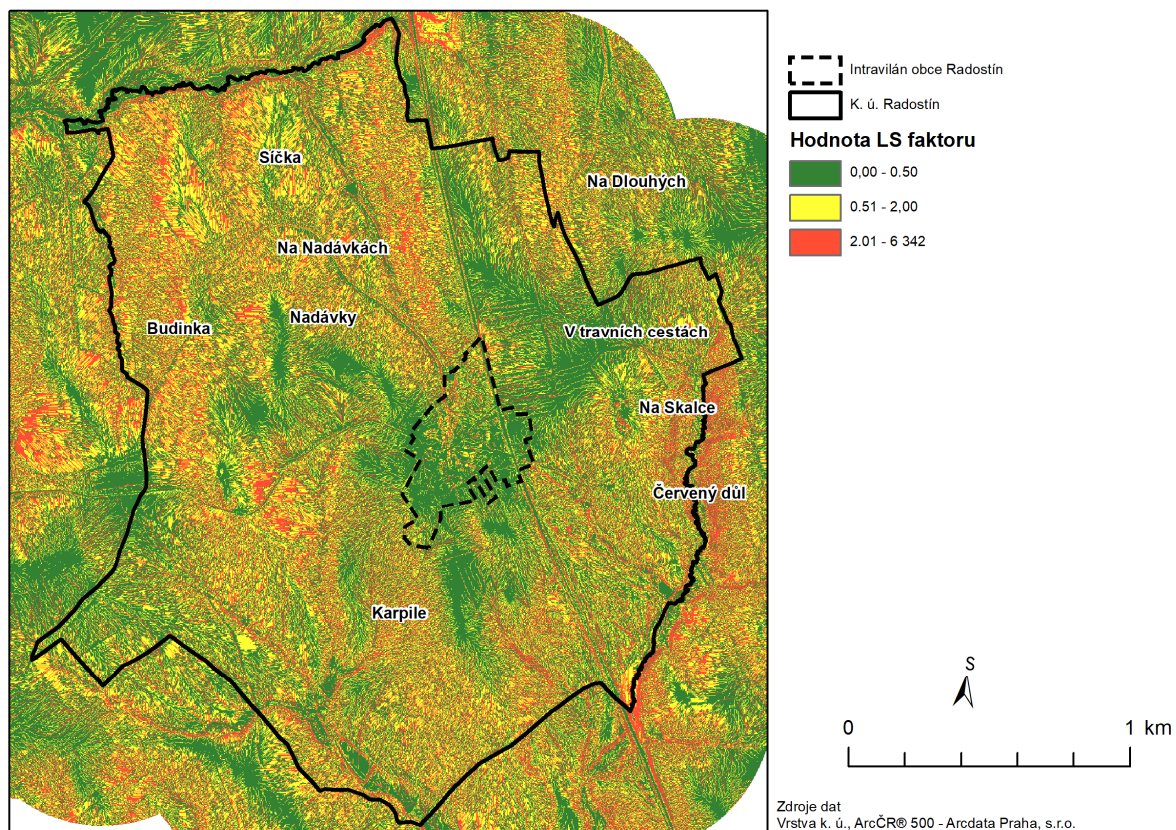
Obrázek 16 – Akumulace odtoku

4.4.4 Výpočet LS faktoru

Vrstva LS faktoru byla vygenerována prostřednictvím funkce Raster Calculator (Spatial Analyst) prostřednictvím příkazu:

$\text{Power}(\text{"AkumulaceOdtoku.tif"}^{2/22}, 13, 0.56) * \text{Power}(\text{Sin}(\text{"Sklonitost.tif"} * 0,01745) / 0,0896, 1.3) * 1.56.$

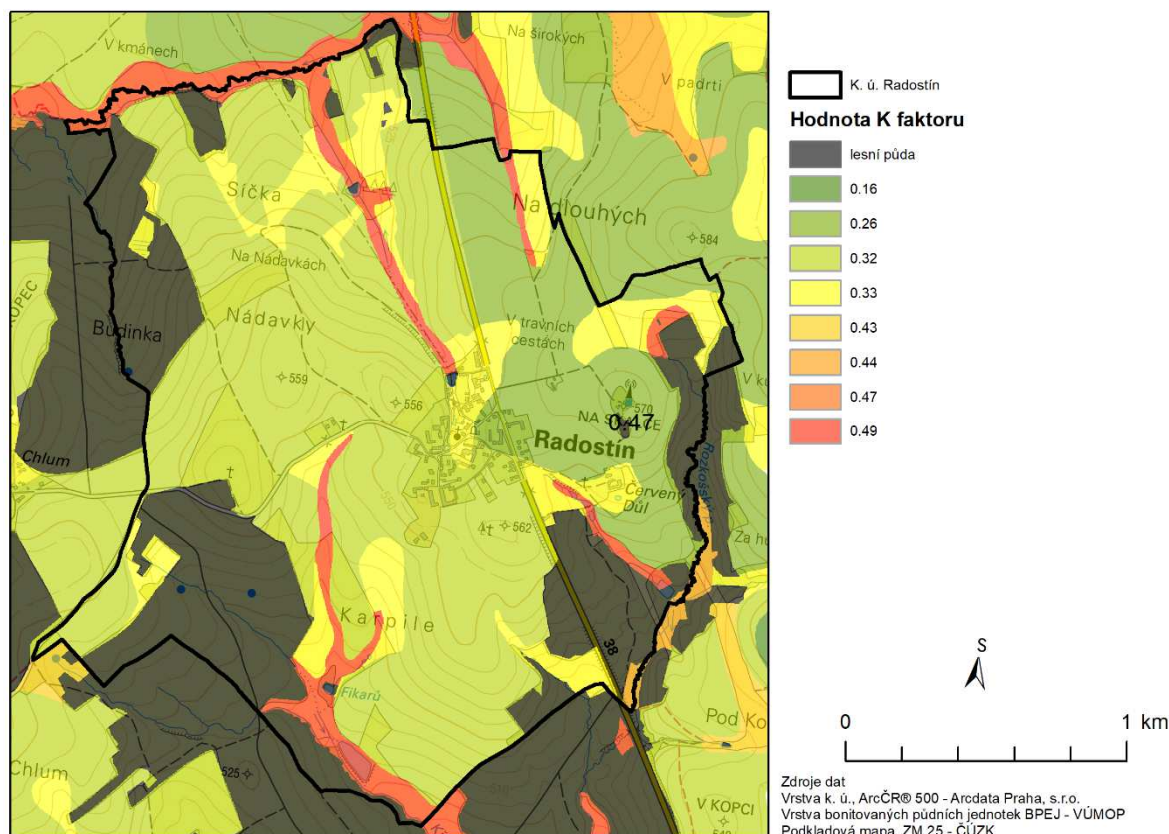
Výsledná vrstva je vizualizovaná na obrázku 17. Jak je vidět, vysoké hodnoty LS faktoru se nachází zejména v místech vysoké akumulace odtoku. Poměrně nízké hodnoty se nachází v travních cestách a okolí intravilánu.



Obrázek 17 – LS faktor

4.5 Faktor K

Hodnoty K faktoru byly přiřazeny jednotlivým půdním blokům BPEJ v závislosti na jejich hodnotě HPJ dle Janečka (2012). Hodnoty K faktoru v zájmovém území je možné vidět na obrázku 18. Nejvyšších hodnot K faktoru dosahují gleje (v blízkosti vodních toků) a kambizemě oglejené. Nejnižších hodnot dosahují kambizemě dystrické.



Obrázek 18 – K faktor

4.6 Faktor R

Hodnota erozní účinnosti deště byla převzata z metodiky Janečka (2012). Tato metodika udává pro celou Českou republiku hodnotu $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$.

4.7 Faktor P

Na výše zvolených půdních blocích není realizováno žádné protierozní opatření, a proto hodnota faktoru účinnosti protierozních opatření byla zvolena na hodnotu 1.

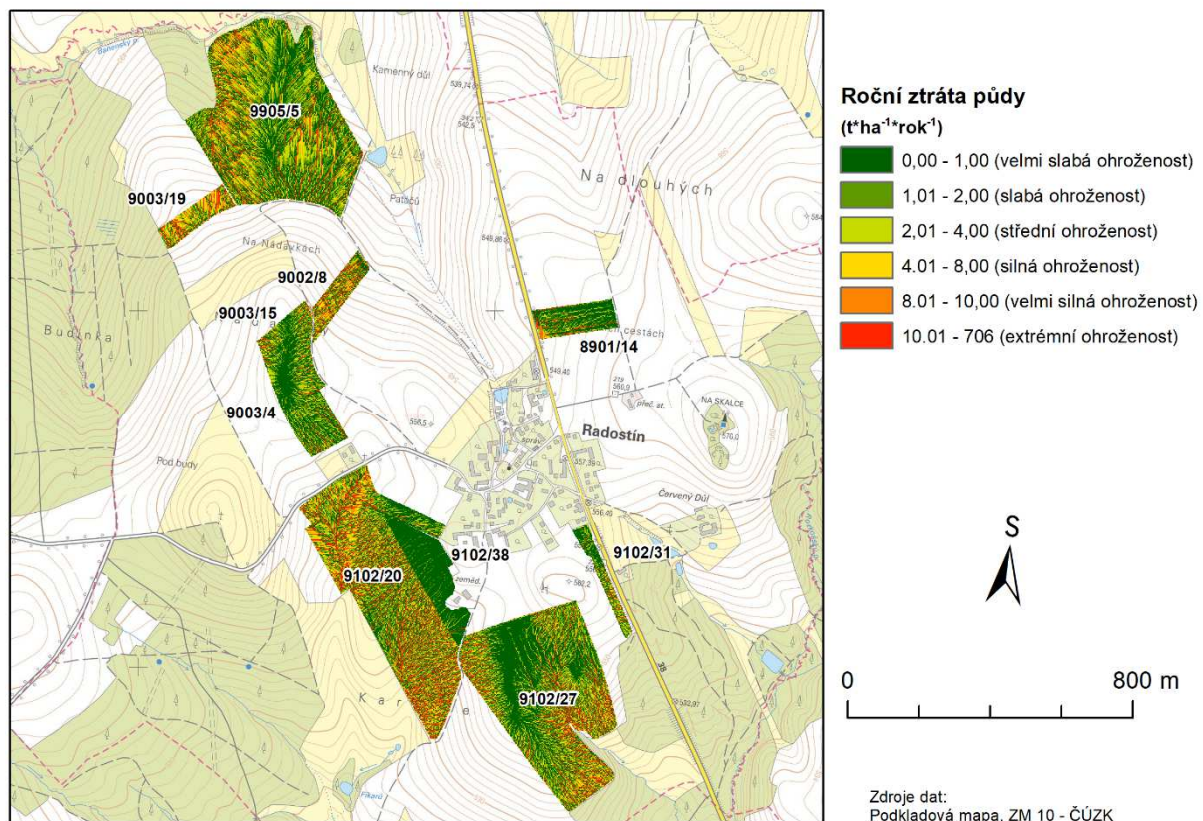
4.8 Výpočet USLE

Výpočet proběhl prostřednictvím funkce Raster Calculator (Spatial Analyst).

Použitý příkaz pro výpočet byl:

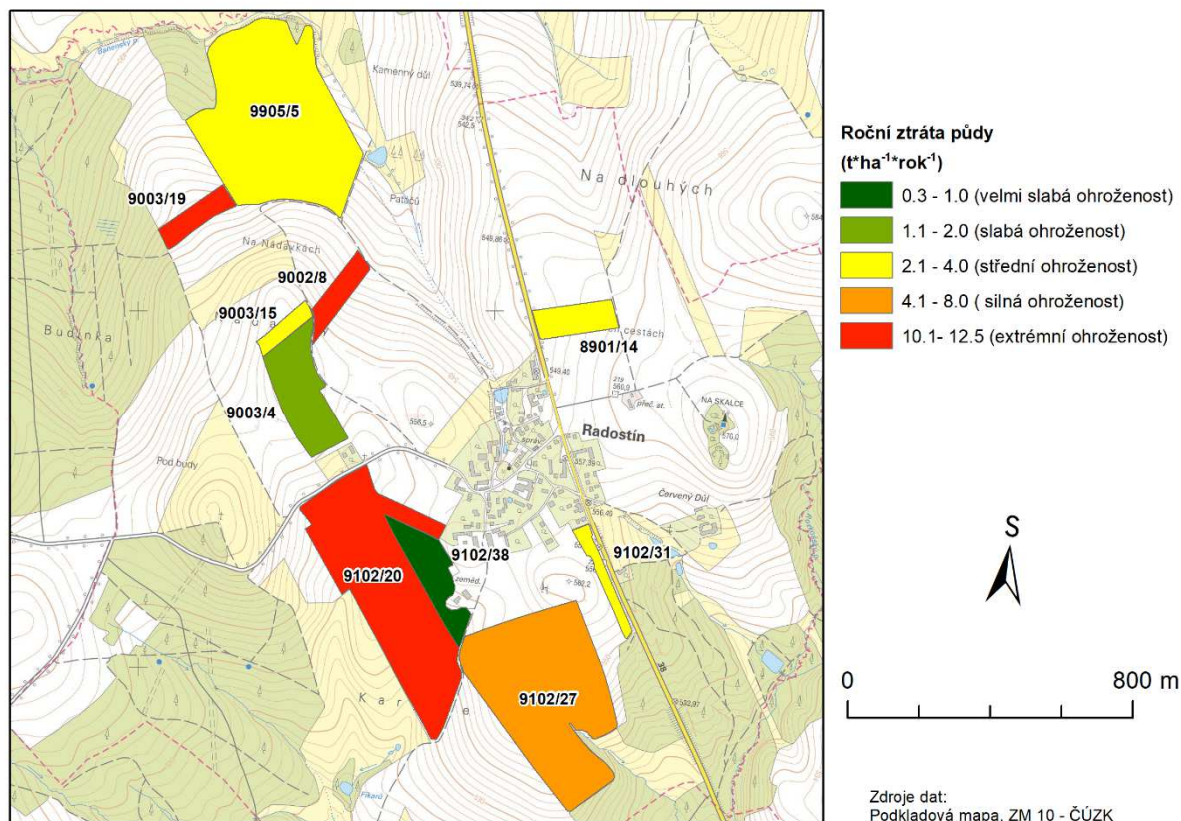
"c_faktor.tif"*"LS_faktor.tif"*"K_faktor"*40.

Výslednou roční ztrátu půdy za jednotlivé pixely je možné vidět na obrázku 18. Z obrázku je patrný vliv C faktoru, protože mezi některými díly půdních bloků, které spolu sousedí, není plynulý přechod hodnot ztráty půdy (například 9102/20 a 9102/38) a mezi jinými je naopak vidět (například 9102/20 a 9102/27).



Obrázek 19 – Roční ztráta půdy za jednotlivé pixely

Na obrázku 20 je vidět průměrná ohroženost půdních dílů. Jak je vidět, do kategorie extrémní ohroženosti spadají 3 ze 4 půdních dílů, které mají nejvyšší hodnotu C faktoru (0,271). Pouze dílu 9003/15 byla vypočítána střední ohroženost. Rozdělení do kategorií je podle prahových hodnot dle VÚMOP (2016).



Obrázek 20 – Průměrná ohroženost půdních dílů

V tabulce 11 jsou uvedeny konkrétní hodnoty průměrné roční ztráty půdy v zájmových dílech půdních bloků. Nejnižší hodnoty dosahuje půdní blok 9102/28, což je způsobeno nejnižším C faktorem.

Vynecháme-li půdní bloky s C faktorem = 0,271 - roční ztráta půdy v ostatních půdních blocích se pohybuje od 1,82 do 4,41 t·ha⁻¹·rok⁻¹.

Půdní blok	Kultura	Rozloha (ha)	G (t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹)
8901/14	standardní orná půda	1,86	3,19
9002/8	standardní orná půda	1,41	10,09
9003/15	standardní orná půda	0,83	3,02
9003/19	standardní orná půda	1,39	12,46
9003/4	standardní orná půda	4,31	1,82
9102/20	standardní orná půda	14,63	10,98
9102/27	standardní orná půda	15,24	4,41
9102/31	standardní orná půda	0,99	2,74
9102/38	travní porost (na orné půdě)	2,78	0,32
9905/5	standardní orná půda	17,75	3,82

Tabulka 11 – Průměrná roční ztráta půdy v jednotlivých půdních blocích

5. Diskuse

Z výsledků, které jsou patrné z tabulky 11 a obrázku 19, lze vyčísl průměrnou ztrátu půdy způsobenou vodní erozí na jednotlivých půdních blocích.

Největší průměrnou ztrátu půdy uskutečněnou vodní erozí ukazují půdní bloky č. 9003/19, 9102/20 a 9002/8, kde ztráta přesahuje $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. U půdního bloku č. 9102/20 byl předpokládán takovýto výsledek vzhledem k jeho výměře a sklonitosti, avšak u půdního bloku č. 9003/19 a 9002/8 byl tento výsledek vzhledem k jeho velikostem překvapivý.

Nejmenší průměrnou ztrátu půdy vykazoval půdní blok č. 9102/38. Tento výsledek byl očekávaný z důvodu kultury – trvalý travní porost, tento půdní blok vykazoval ztrátu pouhých $0,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Mezi nejnižší ztrátu půdy se řadí půdní blok č 9003/4s kulturou – standardní orná půda, kde průměrná ztráta půdy nepřevyšuje $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$.

Překvapivý výsledek se objevil na největším půdním bloku č. 9905/5 s rozlohou 17,75ha. Na tomto půdním bloku byl očekávan největší úbytek půdy vzhledem k jeho výměře a sklonu. Dle výpočtu však bylo zjištěno, že je zde průměrná ztráta půdy $3,82 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$.

Výsledky výpočtu v této práci poskytují informace o ohroženosti půdních bloků vodní erozí. Tyto informace byly předány obhospodařujícím subjektům. Stejně tak jako já byly překvapeny výsledky a přislíbily úpravu osevních postupů a pokus o vytvoření protierozních opatření.

6. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo stanovit míru erozního ohrožení vybraných zemědělských ploch v katastrálním území Radostín u Havlíčkova Brodu. Celkově bylo k hodnocení vybráno 10 půdních bloků, z čehož 9 půdních bloků je standardní orná půda a jeden blok je trvalý travní porost. První část této práce byla věnována půdě, její degradaci, erozi a metodě výpočtu eroze. Druhá část byla zaměřena na vybrané zájmové území a jeho charakteristiku. Za pomoci vyhodnocení konkrétních erozních faktorů byla zjištěna míra erozního ohrožení na konkrétních půdních blocích.

Při vyhodnocování erozního ohrožení bylo zjištěno, že šest půdních bloků splňuje přípustnou průměrnou ztrátu půdy do $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Na jednom pozemku průměrná ztráta půdy dosahuje necelých $4,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Na zbylých třech pozemcích byla hodnota průměrné ztráty půdy, přes $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Z těchto výsledků je patrné, že na těchto pozemcích je potřeba zavést vhodná protierozní opatření, která by omezila smyv půdy.

Pro posouzení erozní ohroženosti byly vybrány pozemky místních zemědělců, kteří zájmové území obhospodařují. Výsledky bakalářské práce mohou posloužit těmto zemědělcům nejen jako informace o stavu jejich pozemků a správném osevním postupu, ale také mohou vést k vhodnému provádění agrotechnických prací a k příhodným protierozním opatřením.

Hospodář, který nevhodným způsobem obhospodařuje zemědělské pozemky, nedodržuje environmentální stav, porušuje podmínky pro poskytování plné výše určitých přímých dotačních titulů. (Novotný a kol., 2017)

7. Seznam použitých zdrojů

Knížní zdroje

- BRANIŠ M., 2004: Základy ekologie a ochrany životního prostředí. Informatorium, Praha, 204 s.
- CÁBLÍK J., JŮVA K., 1963: Protierozní ochrana půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 324 s.
- CULEK M. A KOL., 1995: Biogeografické členění České republiky. ENIGMA, Praha, 347 s. ISBN 80-85368-80-3
- DANIEL P. (2018): Posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch v k. ú. Psáry [Bakalářská práce, depon. in Česká zemědělská univerzita, Praha] [62 pp.].
- DUFKOVÁ J., 2007: Krajinné inženýrství. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 206 s. ISBN 978-80-7375-112-8
- DUFKOVÁ J., TOMAN F., ŠŤASTNÁ M., 2005: Srovnání metod stanovení faktoru erodovatelnosti půdy. Acta univ. Agric. Et silvic. Mendel. Brun., LIII, No. 5, s. 197–206
- DUŠKOVÁ I. (2019): Posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch v k.ú. Vyskytná [Bakalářská práce, depon. in Česká zemědělská univerzita, Praha] [70 pp.].
- HOLÝ M., 1994: Eroze a životní prostředí. Vydavatelství ČVUT, Praha, 383 s.
- HORNÍK S., 1986, Fyzická geografie II., Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 319 s.
- JANEČEK M. A KOL., 2002: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV nakladatelství, Praha, 201 s. ISBN 85866-85-8
- JANEČEK M. A KOL., 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita v Praze – FŽP, Praha, 172 s.
- JANEČEK M. A KOL., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Česká zemědělská univerzita v Praze – FŽP, Praha, 113 s.
- JENÍČEK V. A FOLTÝN J., 2010: Globální problémy světa v ekonomických souvislostech., C.H. Beck, 2010. Beckovy ekonomické učebnice, Praha, ISBN 978-80-7400-326-4.
- MITASOVA a kol., 1996: Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. INT. I. GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS, VOL. 10, NO. 5, s. 629–641
- NOVOTNÝ I. a kol., 2017: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. MZe, Praha, 85 s.
- NOVOTNÝ I., 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi, Mze, Praha, 73 s.

- NOVOTNÝ I., PAPAJ V., PODHRÁZSKÁ J., et al.: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. 3. aktualizované vydání. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., 2017. ISBN 978-80-87361-67-2.
- PODHRÁZSKÁ J., DUFKOVÁ J., 2005: Protierozní ochrana půdy. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 95 s. ISBN 80-7157-856-8
- Roehl J. W., 1965: Proceedings: Erosion and its control on agricultural lands. U.S. Gov., Washington, 970 p.
- RŮŽIČKOVÁ K. (2017): Posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch v k.ú. Zdice [Bakalářská práce, depon. in Česká zemědělská univerzita, Praha] [64 pp.].
- SEDLÁK L. a kol., 1978: Meliorace. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 240 s.
- STŘEDOVÁ, H., TOMAN, F., 2012: Erosion potential of snow cover in the Czech Republic. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., LX, No. 1, s. 117–124
- ŠARAPATKA B., 2014: Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci, 240 s.
- ŠIMEČKOVÁ J. (2011): Ohrožení zemědělských půd erozí v katastrálním území Bučovice [Bakalářská práce, depon. Mendelova univerzita v Brně, Brno] [51 pp.].
- TOMÁŠEK M., 2014: Půdy České republiky, Česká geologická služba, Praha, 112 s.
- VOLTR V. a kol., 2011: Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí. Ústav zemědělské ekonomiky a informací Praha, 480 s.
- VOPRAVIL J. A KOL., 2010: Vývoj a degradace půd v podmínkách očekávaných změn klimatu. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Voda v krajině. MZ ČR, Praha. s. 23–30. ISBN 978-80-86690-79-7.
- VOPRAVIL J. a kol., 2013: Studie zabývající se základní problematikou eroze půdy a jejím současným stavem v Ústeckém a Jihomoravském kraji České republiky. SOWAC, s. r. o. Praha
- WILSON J., 1984: Estimating the topographic factor in the universal soil loss equation for watersheds. Journal of soil and water conservation, s. 179–184
- Wischmeier W. H., Smith D. D., 1978: Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. United States, Dept. Of Agriculture, USA.
- Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, v platném znění.
- Zákon č. 41/2015 Sb., kterým se mění zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů.
- VYHLÁŠKA Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci
- MZe ČR, 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství, Praha, 58 s.

- MZe ČR, 2015: Situační a výhledová zpráva půdy, Ministerstvo zemědělství, Praha, 134 s.
- Mze, 1995: Voda v krajině. Ministerstvo zemědělství, Praha, 52 s.

Internetové zdroje

- Vítejte na zemi, 2021: Kyselost půdy – půdní reakce (online) [cit. 2021.03.04], dostupné z www.vitejtenazemi.cz
- Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. DIBAVOD (online) [cit. 2021.02.04], dostupné z www.dibavod.cz.
- MŽP ČR, 2021: Definice, význam a funkce půdy (online) [cit. 2021.03.04], dostupné z www.mzp.cz
- Česká geologická služba, 2021: Česká geologická služba (online) [cit. 2021.03.12], dostupné z www.geology.cz
- Geoprohlížeč, 2021: Geoprohlížeč, Zeměměřický úřad (online) [cit. 2021.03.12], dostupné z www.agr.cz/uzk
- Goportál SOWAC – GIS, 2021: Souhrnné mapy VÚMOP (online) [cit. 2021.03.12], dostupné z www.mapy.vumop.cz
- Obce a změna klimatu: na cestě k adaptaci. Praha: Týmová iniciativa pro místní udržitelný rozvoj, 2016. ISBN 978-80-87549-06-3.(online).[cit. 2020.12.31], dostupné z <http://eds.b.ebscohost.com/infodroje.czu.cz/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=33d7ca6e-6fb5-4175-940b-3a9d064f7fee%40pdc-v-sessmgr06>
- MŽP ČR, 2020: definice, význam a funkce půdy (online) [cit. 2020.12.24], dostupné z <http://mzp.cz/>
- eAGRI, 2020: Kód BPEJ (online). [cit. 2020-11-04]. dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/>
- CENIA, 2020: Geoportál ČR (online) [cit. 2020.12.04], dostupné z <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map/>
- Obec Radostín, 2020: Obec Radostín (online) [cit. 2020.12.10], dostupné z www.obecradostin.cz
- MAPY VUMOP, 2020: Mapy vumop (online) [cit. 2020.12.31], dostupné z <https://mapy.vumop.cz/>
- VÚMOP v. v. i., 2021: eKatalog BPEJ (online) [cit. 2021.02.05], dostupné z www.vumop.cz
- MZe ČR, 2021: Ministerstvo zemědělství ČR (online) [cit. 2021.03.04], dostupné z www.eagri.cz

8. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Nomogram pro určení K faktoru

Obrázek 2 – Pohled na k. ú. Radostín u Havlíčkova Brodu – letecký pohled

Obrázek 3 – Poloha obce na území ČR

Obrázek 4 – Letecký snímek obce 2020

Obrázek 5 – Klimatické regiony v oblasti dle BPEJ

Obrázek 6 – Půdní poměry ve vybrané oblasti dle BPEJ

Obrázek 7 – Hydrologické poměry ve vybrané oblasti

Obrázek 8 – Geomorfologické poměry

Obrázek 9 – Geologické poměry

Obrázek 10 – Přehledná mapa půdních bloků

Obrázek 11 – Postup nahrání vrstvy DMR5G do prostředí ArcMap

Obrázek 12 – Výškové poměry

Obrázek 13 – C faktor vybraných půdních bloků

Obrázek 14 – Sklonitost terénu

Obrázek 15 – Směr povrchového odtoku

Obrázek 16 – Akumulace odtoku

Obrázek 17 – LS faktor

Obrázek 18 – K faktor

Obrázek 19 – Roční ztráta půdy za jednotlivé pixely

Obrázek 20 – Průměrná ohroženost půdních dílů

9. Seznam tabulek

Tabulka 1 – Složení kódů BPEJ

Tabulka 2 – Ohroženost půd ČR vodní erozí

Tabulka 3 – Průměrné rozdělení faktoru R do měsíců vegetačního období

Tabulka 4 – Orientační hodnoty faktoru K podle BPEJ

Tabulka 5 – Hodnoty C faktoru

Tabulka 6 – Hodnoty C faktoru – tabulkové hodnoty

Tabulka 7 – Hodnoty faktoru P

Tabulka 8 – Klimatické regiony

Tabulka 9 – Vyšetřené plodiny od roku 2015 do roku 2021

Tabulka 10 – C faktor jednotlivých plodin

Tabulka 11 – Průměrná roční ztráta půdy na jednotlivých půdních blocích

10. Seznam rovnic

Rovnice 1 – Univerzální rovnice podle Wischmeiera a Smithe

Rovnice 2 – Faktor erozní účinnosti deště

Rovnice 3 – Celková kinetická energie deště

Rovnice 4 – kinetická energie pro E_i

Rovnice 5 – K faktor

Rovnice 6 – LS faktor

Rovnice 7 – L faktor

Rovnice 8 – S faktor

11. Přílohy

Fotodokumentace vybraných půdních bloků



Obrázek P 1 – půdní blok č. 9102/20



Obrázek P 2 – půdní blok č. 9102/20



Obrázek P 3 – půdní blok č. 9003/4



Obrázek P 4 – půdní blok č. 9003/4



Obrázek P 5 – půdní blok č. 9003/19



Obrázek P 6 – půdní blok č. 9003/19



Obrázek P 7 – půdní blok č. 9102/38



Obrázek P 8 – půdní blok č. 9002/8



Obrázek P 9 – půdní blok č. 9003/15



Obrázek P 10 – půdní blok č. 8901/14



Obrázek P 11 – půdní blok č. 9102/31



Obrázek P 12 – půdní blok č. 9102/27



Obrázek P 13 – půdní blok č. 9102/27



Obrázek P 14 – půdní blok č. 9905/5



Obrázek P 15 – půdní blok č. 9905/5

Průměrný faktor C na jednotlivých blocích za sledované období

Půdní bloky	Roky							Průměr C faktor x
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
X								
9102/20	0,5	0,17	0,22	0,12	0,5	0,17	0,22	0,280
9102/27	0,22	0,12	0,5	0,17	0,22	0,12	0,5	0,225
9003/15	0,5	0,17	0,22	0,5	0,17	0,22	0,12	0,297
9102/31	0,5	0,12	0,22	0,12	0,5	0,15	0,1	0,268
9002/8	0,12	0,5	0,17	0,22	0,5	0,17	0,22	0,280
9905/5	0,22	0,12	0,15	0,22	0,12	0,22	0,02	0,175
8901/14	0,22	0,12	0,12	0,5	0,1	0,5	0,17	0,260
9102/38	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,005	0,005	0,018
9003/19	0,5	0,17	0,22	0,12	0,5	0,17	0,22	0,280
9003/4	0,22	0,15	0,12	0,15	0,22	0,5	0,02	0,227

Tabulka P1 – průměrný faktor C na jednotlivých blocích