

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch
v obci Kamenný Přívoz**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Jan Petruš

Diplomant: Bc. Martin Capouch

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martin Capouch

Krajinné inženýrství
Regionální environmentální správa

Název práce

Posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch v obci Kamenný Přívoz

Název anglicky

Erosion exposure assessment of agricultural areas in the municipality Kamenný Přívoz

Cíle práce

Cílem této diplomové 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 obci Kamenný Přívoz a návrh protierozních opatření.

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 včetně jeho fotodokumentace. Následně budou popsány a vyhodnoceny jednotlivé erozní faktory. Využitím Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy bude vyhodnoceno ohrožení vybraných zemědělských pozemků vodní erozí. Na erozně ohrožených pozemcích bude navržen komplexní systém protierozních opatření. Součástí práce budou také mapové výstupy vytvořené pomocí GIS.

Doporučený rozsah práce

dle nařízení děkana č.02/2020 – Metodické pokyny pro zpracování diplomové práce na FŽP

Klíčová slova

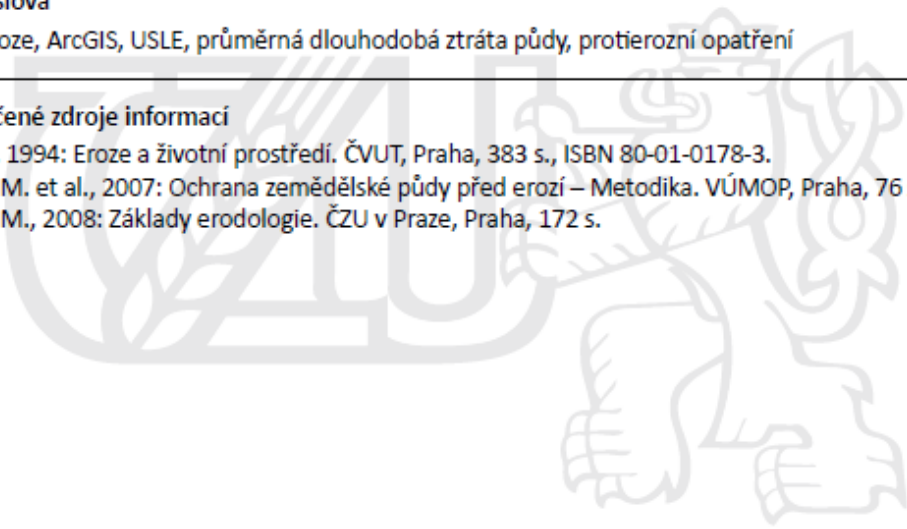
vodní eroze, ArcGIS, USLE, průměrná dlouhodobá ztráta půdy, protierozní opatření

Doporučené zdroje informací

Holý M., 1994: Eroze a životní prostředí. ČVUT, Praha, 383 s., ISBN 80-01-0178-3.

Janeček M. et al., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí – Metodika. VÚMOP, Praha, 76 s.

Janeček M., 2008: Základy erodologie. ČZU v Praze, Praha, 172 s.



Předběžný termín obhajoby

2021/22 ZS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Petrů

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 9. 12. 2021

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 12. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 09. 12. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma "Posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch v obci Kamenný Přívoz" vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Petřů, veškerá odborná literatura a informační zdroje byly v práci citovány a jsou na konci práce uvedeny v přehledu literatury a použitých zdrojů.

Dále prohlašuji, že data, která byla zapůjčena z Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního jsem zpracoval pouze pro účely této práce a nebyla poskytnuta jiným osobám či využita k jiným účelům.

V Praze dne 9.12.2021

.....

Bc. Martin Capouch

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Petřů za vedení práce, cenné rady, podněty a připomínky, které mi v průběhu psané této práce poskytl. A samozřejmě bych rád poděkoval své rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia a také při tvorbě této práce.

Abstrakt

Půda je nedílnou součástí našeho života. Díky svým jedinečným vlastnostem slouží jako výrobní prostředek, ovšem touto funkcí je půda znehodnocována. Znehodnocování půdy neboli degradace je problém nejen v České republice ale i v celém světě. Existuje několik faktorů, jenž mohou vyvolat proces degradace. Jedním z nich je vodní eroze, která snižuje kvalitu půdy a ohrožuje majetek svou činností. A to je důvod, proč je zapotřebí monitorovat erozní ohroženost a co nejvíce se snažit předcházet jejímu vzniku a omezit její negativní dopady. Diplomová práce se zabývá problémem vodní eroze v obci Kamenný Přívoz. Obsahem se tato práce zaměřuje na posouzení míry erozního ohrožení zemědělských ploch na vybrané lokalitě a navrhnout případná protierozní opatření. Analýza byla vyhotovena dle metodiky „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ (Janeček a kol.,2012). Pro posouzení míry byla využita Univerzální rovnice pro výpočet ztráty půdy (USLE), dle Wischmeiera a Smithe (1978). Veškeré výpočty byly provedeny v prostředí ArcGIS.

V teoretické části jsou popsány pojmy, které vysvětlují problematiku eroze, dále jsou popsány protierozní opatření.

V praktické části je popsáno zájmové území a samotný postup kde je vyhodnocena erozní ohroženost na půdních blocích v obci Kamenný Přívoz. Pro výpočet bylo nutné stanovení jednotlivých faktorů, které byly následně použity v rovnici USLE. Výsledky, které vzešly z rovnice USLE ukázaly, že je vodní erozí ohroženo 27 půdních bloků. Na tyto ohrožené půdní bloky bylo navrženo protierozní opatření. U pěti bloků bylo navrženo jejich převedení na trvalý travní porost. Šest půdních bloků, které se nacházejí vedle sebe bylo, navrženo technické opatření ve formě zemní hráze se zatravněným pásem. Dva půdní bloky potřebovaly komplexnější opatření z důvodu vyššího rizika zaplavení obce. U zbylých sedmnácti půdních bloků byl změněn C-faktor.

Klíčová slova: vodní eroze, ArcGIS, USLE, průměrná dlouhodobá ztráta půdy, protierozní opatření

Abstract

Soil is an integral part of our lives. Thanks to its unique properties, it serves as a means of production, but this function degrades the soil. Soil degradation or degradation is a problem not only in the Czech Republic but also worldwide. There are several factors that can trigger the degradation process. One of them is water erosion, which reduces the quality of the soil and endangers the property through its activities. And that is the reason why it is necessary to monitor the erosion risk and try as much as possible to prevent its occurrence and limit its negative effects. The diploma thesis deals with the problem of water erosion in the municipality Kamenný Přívoz. The content of this work focuses on the assessment of the degree of erosion threat to agricultural areas in the selected locality and to propose possible anti-erosion measures. The analysis was performed according to the methodology "Protection of agricultural soil against erosion" (Janeček et al., 2012). The Universal Equation for Calculating Soil Loss (USLE), according to Wischmeier and Smith (1978), was used to assess the rate. All calculations were performed in ArcGIS.

The theoretical part describes the concepts that explain the issue of erosion, then describes the anti-erosion measures.

The practical part describes the area of interest and the procedure itself where the erosion risk in the soil blocks in the village of Kamenný Přívoz is evaluated. For the calculation, it was necessary to determine the individual factors, which were then used in the USLE equation. The results from the USLE equation showed that 27 soil blocks are endangered by water erosion. Anti-erosion measures have been proposed for these endangered soil blocks. For five blocks, their conversion to permanent grassland was proposed. Six soil blocks, which are located next to each other, were proposed technical measures in the form of a dam with a grassy belt. Two land blocks needed more comprehensive measures due to the higher risk of flooding the village. The C-factor was changed for the remaining seventeen soil blocks.

Key words: water erosion, ArcGIS, USLE, average long-term soil loss, anti-erosion measures

Obsah

1	ÚVOD.....	11
2	CÍLE PRÁCE.....	12
3	TEORETICKÁ ČÁST	13
3.1	PŮDA	13
3.1.1	Zemědělský půdní fond.....	13
3.1.2	Bonitace půdy.....	14
3.2	DEGRADACE PŮDY.....	15
3.3	EROZE	16
3.3.1	Typy eroze.....	17
3.3.2	Intenzita eroze.....	20
3.4	VODNÍ EROZE	20
3.4.1	Vznik vodní eroze	20
3.4.2	Typy vodní eroze.....	21
3.4.3	Příčiny vodní eroze	22
3.5	ROVNICE USLE	23
3.5.1	Faktor erozní účinnosti deště	24
3.5.2	Faktor erodovatelnosti půdy.....	25
3.5.3	Faktor délky a sklonu svahu.....	27
3.5.4	Faktor ochranného vlivu vegetace	28
3.5.5	Faktor účinnosti protierozních opatření	30
3.5.6	Vyhodnocení rovnice USLE	30
3.6	PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ.....	31
3.6.1	Organizační opatření	31
3.6.2	Agrotechnická opatření	32
3.6.3	Technická opatření	33
4	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	37
4.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE.....	37
4.2	KLIMATICKÉ POMĚRY.....	38
4.3	HYDROLOGICKÉ POMĚRY.....	38

4.4	PEDOLOGICKÉ POMĚRY	38
4.5	GEOLOGICKÉ A GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY.....	40
5	METODIKA	42
5.1	VSTUPNÍ DATA A ZPRACOVÁNÍ	42
5.2	ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ.....	42
5.3	PŮDNÍ BLOKY	43
5.4	DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU.....	44
5.5	FAKTOR EROZNÍ ÚČINNOSTI DEŠTĚ	48
5.6	FAKTOR DÉLKY A SKLONU SVAHU.....	48
5.7	FAKTOR ERODOVATELNOSTI PŮDY.....	49
5.8	FAKTOR OCHRANNÉHO VLIVU VEGETACE.....	50
5.9	FAKTOR ÚČINNOSTI PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ.....	51
5.10	ROVNICE USLE	51
5.11	PŘÍPUSTNÉ ZTRÁTY PŮDY	52
6	VÝSLEDKY PRÁCE	54
6.1	NÁVRH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ	54
7	DISKUZE	60
8	ZÁVĚR	61
9	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	62
10	SEZNAM TABULEK	64
11	SEZNAM ROVNIC.....	65
12	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	66
13	PŘÍLOHY	71
13.1	PŘÍLOHA 1 – Tabulka hodnot C-faktoru.....	71
13.2	PŘÍLOHA 2 – Charakteristika klimatických regionů.....	72
13.3	PŘÍLOHA 3 – Vlastní fotodokumentace	73

Seznam použitých zkratk

BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
ČR	Česká republika
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DMT	Digitální model terénu
DP	Diplomová práce
GAEC	Dobry zemědělský a environmentální stav půdy
HPF	Hlavní půdní jednotka
k.ú.	Katastrální území
LPIS	Veřejný registr půd ČR
Mze	Ministerstvo zemědělství ČR
MŽP	Ministerstvo životního prostředí ČR
ORP	Obec s rozšířenou působností
PB	Půdní blok
PEO	Protierozní opatření
SO	Stavební objekt
TPEO	Technická protierozní opatření
USLE	Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd v.v.i.
ZPF	Zemědělský půdní fond

1 ÚVOD

Pro lidstvo je půda nejcennějším bohatstvím. Společně s dalšími složkami jako ovzduší, voda, organismy vytváří systém zvaný životní prostředí. Půda poskytuje úkryt pro živočichy, prostor pro pěstování rostlin, slouží jako zdroj informací, probíhá zde výměna látek a energie.

Samotný pojem slova „půda“ je složitý a nelze ho jednoznačně definovat. Živý dynamický systém, svrchní část zemské kůry, v ekonomice je brána jako jeden z výrobních faktorů, to všechno je půda. Pro člověka má ale největší význam její výrobní schopnost, pěstování rostlin. V zemědělství je půda základní jednotkou.

Činností člověka dochází ke znehodnocování až k nenávratnému poškození půdy. Poškození půdy vede k poškození životního prostředí jako celku, a tím se snižuje kvalita života pro člověka. Její degradací (erozí, acidifikací, utužováním, zasolováním apod..) ztrácí půda svoje schopnosti.

V ČR je vodní a větrná eroze tím největším nebezpečím pro půdu. Přes 50% výměry zemědělské půdy je ohrožováno vodní erozí a 10 % větrnou erozí. Eroze je celosvětovým problémem, následkem čehož je úbytek v řádů tisíců km² zemědělské půdy (Janeček a kol., 2008).

2 CÍLE PRÁCE

Cílem této diplomové práce je zhodnocení současného stavu zemědělských ploch v obci Kamenný Přívoz v rámci erozního ohrožení a návrh protierozních opatření pro ohrožené pozemky. Analýza bude vypracována v souladu s metodikou „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ (Janeček a kol., 2012) s použitím geografického informačního systému (GIS), Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) a textového dokumentu Microsoft Word z balíku MS Office.

V teoretické části budou vysvětleny pojmy související s půdou, erozí. Detailně bude vysvětlena vodní eroze, její druhy, příčiny, dále bude popsána rovnice USLE a protierozní opatření.

V praktické části bude představeno zájmové území, jeho historie, současnost a poměry (klimatické, pedologické, geologické). Hlavní část praktické práce se bude zabývat výpočtem dlouhodobých ztrát půdy vodní erozí. V programu ArcGIS, se ze zapůjčených dat z ČÚZK získají hodnoty jednotlivých faktorů, které budou zadány do rovnice USLE. Výsledek rovnice USLE prozradí míru ohrožení jednotlivých půdních bloků vodní erozí. Na základě získaných výsledků budou navržena opatření protierozního charakteru na půdních blocích, které byly vyhodnoceny jako ohrožené.

3 TEORETICKÁ ČÁST

3.1 PŮDA

Půda má mnoho funkcí, vlastností, a proto je těžké jí obecně formulovat. Zde je několik definic.

Oficiální definice Ministerstva životního prostředí říká že „Půda je dynamický, stále se vyvíjející živý systém. Přežití a prosperita všech suchozemských biologických společenstev, přirozených i umělých, závisí na tenké vrchní vrstvě Země“ (MŽP, 2021).

ČSN 75 0145 určuje půdu jako „přírodní útvar, který vzniká na rozhraní litosféry s atmosférou nebo s hydrosférou pomocí součinnosti pedogenetických faktorů a půdotvorném procesu.“

V právní úpravě je pojem půda uveden ve dvojitým významu. První z nich je především ekonomický a říká že „pro vlastnické a užívací vztahy k půdě je určující zemský povrch a jeho jednotlivé části (pozemky, parcely), které tvoří právní základ pro využívání a přisvojování si užitečných vlastností nejen povrchu, ale i prostoru nad zemským povrchem a pod ním.“. Druhý význam je především ekologický „v životním prostředí jsou určující užité vlastnosti hmotného substrátu země, zejména jeho svrchní (kulturní, úrodné) vrstvy“ (Damohorský, 2010).

Půda je nejsvrchnější částí zemské kůry, tvořená směsí minerálních součástí, odumřelé organické hmoty a živých organismů (Hauptman a kol, 2009).

Půda je živý systém se specifickým zvrstvením, morfologií a určitou produkční schopností. Má schopnost ovlivňovat živé organismy a současně tyto zpětně působí na ni (Sklenička, 2003).

Každá definice se zaměřuje na jinou vlastnost, funkci či využití půdy ale všechny v zásadě říkají to samé, a to že půda je základní, nenahraditelný přírodní zdroj, který slouží k obživě člověka, útočiště pro malé živočichy, probíhá zde výměna energií.

3.1.1 Zemědělský půdní fond (ZPF)

Zemědělský půdní fond je prvek v zemědělství. Legislativně v ČR, je upraven zákonem č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu.

Do zemědělského půdního fondu patří různé typy pozemků: orná půda, ovocné sady, chmelnice, vinice, trvalý travní porost, zahrady, ornou půdu, která není obdělávána.

Dále do zemědělského půdního fondu lze zařadit rybníky s chovem ryb a vodní drůbeže, nezemědělskou půdu, jenž slouží k zajištění zemědělské výroby (odvodňovací příkopy, protierozní opatření, polní cesty, hráze).

3.1.2 Bonitace půdy

Bonitace a oceňování půdy vznikly v ČR před více než dvě stě lety za účelem stanovení výnosnosti půdy pro potřeby státních institucí a k odhadům při koupi, prodeji či směně pozemků. Po vytvoření vědního oboru pedologie v 19. století se upřesnily znalosti o vlastnostech půdy a v 60. letech 20. století se provedlo podrobné mapování půd. Komplexní průzkum zemědělských půd byl podnětem k rozvoji půdní genetiky, klasifikaci a bonitaci zemědělského půdního fondu ČR. Současná bonitace navazuje na veškeré poznatky, které byly v těchto dvou stoletích získány (Němec J., 2001).

Aby se mohlo BPEJ přiřadit ke konkrétní lokalitě je nutné znát faktory, které jsou zahrnuty v kódu BPEJ (obr. 1). Tento kód tvoří pět číslic, které charakterizují faktory půdy.

Význam jednotlivých číslic (dle vyhlášky MZE 327/1998 Sb):

První číslice: *Klimatický region* – zahrnuje území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro vývoj a růst zemědělských plodin

Druhá a třetí číslice: *Hlavní půdní jednotka* – je definována seskupením půdních taxonomických skupin

Čtvrtá číslice: *Sklonitost a expozice* – vystihuje utváření povrchu zemědělského pozemku

Pátá číslice: *Skeletovitost a hloubka půdy* – podíl obsahu šterku a kamene v ornici k obsahu šterku a kamene v spodině do 60 cm

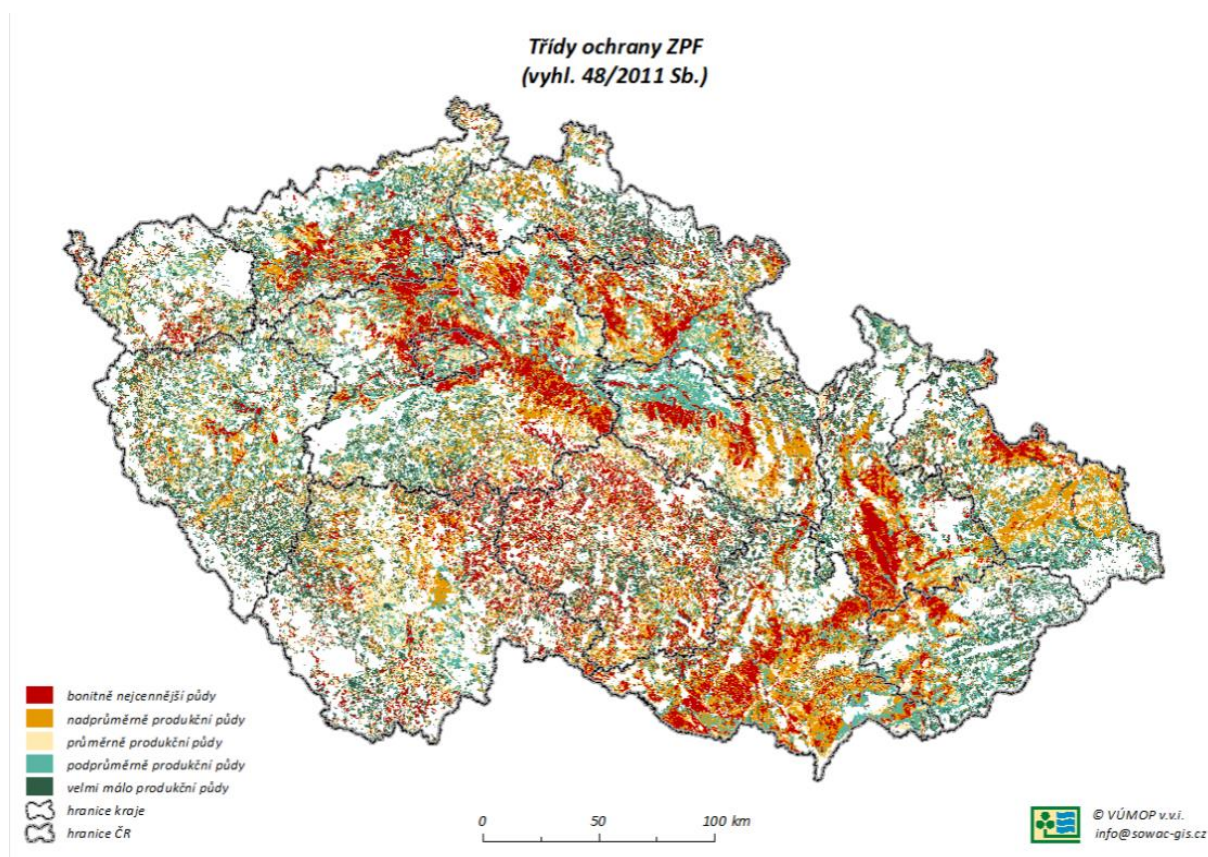


Obr. 1: BPEJ kód (VÚMOP, 2021)

V ČR je zemědělský půdní fond rozdělen do pěti ochranných tříd (obr. 2).

V první třídě jsou zastoupeny půdy bonitně nejcennější, převážně v plochách rovinných či jen mírně sklonitých. Do druhé třídy se řadí půdy a nadprůměrnou produkční schopností, jde

o půdy vysoce chráněné. Ve třetí třídě nalezneme půdy s průměrnou produkční schopností a středním stupněm ochrany, lze je případně využít pro výstavbu. Čtvrtá třída zahrnuje půdy s převážně podprůměrnou produkční schopností, jsou využitelné pro výstavbu. Do poslední páté třídy se řadí půdy s velmi nízkou produkční schopností, vhodné spíše pro nezemědělské využití. Tyto půdy mají nižší stupeň ochrany s výjimkou ochranných pásem a chráněných území. Prostřednictvím produktivních vlastností se vypočítá tzv. úřední cena pro zemědělské půdy, využívá se při oceňovacím procesu (Svatoš, 2018).



Obr. 2: Třídy ochrany ZPF (VÚMOP, 2021)

3.2 DEGRADACE PŮDY

Degradace půdy (znehodnocení půdy) je pojem, který je v dnešní době často zmiňován po celém světě. Půdu ovlivňuje mnoho různých faktorů, ty mohou mít pozitivní či negativní účinek. Negativní působení na půdu a její prostředí se nazývá degradace půdy. Do termínu degradace půdy zahrnujeme procesy, během kterých dochází k omezení funkce a poklesu kvality půdy (Voltr a kol., 2011).

Osman (2014) definuje degradaci půdy jako snížení či ztrátu aktuální nebo potenciální schopnosti půdy vykonávat funkce přijímání, ukládání a recyklace vody, živin, energie a vytvářet vhodné podmínky pro růst a vývoj rostlin v požadované kvalitě a množství.

Voltr a kol. (2011) uvádí že mezi významné činitele znehodnocování půdy antropogenními vlivy patří: odstraňování vegetace (například odlesňování), stavební (stavba silnic, železnic), hromadění škodlivých a toxických látek v půdy, vznikání vodních děl a nádrží, ale také chov hospodářských zvířat, aktivní život obyvatel.

Várallyay (1994) rozlišuje 8 typů degradace půd:

- eroze půdy (vodní větrná)
- vacidifikace půdy
- salinizace a alkalizace půdy
- degradace fyzikálních vlastností půdy (poškození struktury, utužení, slévavost povrchu)
- extrémní vodní režim (přemokření, zaplavení, sucho)
- biologická degradace (snížení obsahu a kvality organické hmoty a jiné)
- nežádoucí změny obsahu živin v půdy (vyplavování, biologická i abiotická imobilizace)
- snížení pufrovací schopnosti (poškození sorpčního komplexu) a znečištěná půdy polutanty

Podle Vopravil a kol. (2010) všichni činitelé, kteří se podílí na procesu degradace se vzájemně ovlivňují.

Těžká mechanizace způsobuje změnu půdní struktury, která ovlivňuje schopnost půdy infiltrovat vodu (Badalíková, Hrubý, 2009).

ČR se řadí mezi státy, kde je půda hojně využívána pro zemědělskou činnost, a proto je velká část půdního fondu značně ohrožena. Měli bychom tedy přistoupit ke snahám o její ochrana (Voltr a kol., 2011).

3.3 EROZE

Výraz „eroze“ je odvozen z latinského slova „erodere“ – rozhlodávat. Eroze je definována jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů. Všeobecně se pod pojmem eroze půdy (Soil erosion) rozumí především mechanické rozrušování půdy vodou a větrem, popř. jinými destrukčními činiteli (sněhem, ledem apod.). Při tomto rozrušování dochází k transportu a sedimentaci uvolněných částic (Janeček a kol., 2012).

Působením eroze se na jedné straně snižuje (degraduje), na druhé straně hromaděním usazených hmot zvyšuje (agraduje) zemský povrch. Výsledkem je zarovnání zemského povrchu (Tomášek, 2007).

Eroze půdy ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část – ornici, zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozují plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv a sady, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin (Janeček a kol., 2008)

Podle Holého (1994) se samotný proces eroze dělí do tří fází. V první fázi se uvolňují částice z půdní hmoty, které jsou následně (ve druhé fázi) za působení sil konkrétního činitele transportovány. Následuje třetí fáze, kde dochází k ukládání půdních částic v důsledku ztráty energie unášecích sil.

V našich podmínkách trvá tvorba 10 mm půdy i déle jak 100 let. Tato vrstva půdy může být odnesena jedním přívalovým deštěm či jednou prachovou (větrnou) bouří (Hejduk, 2008).

Kukal (1964) došel k závěru, že průměrná rychlost tvorby půdy na celém zemském povrchu se pohybuje okolo 1,2 t. ha⁻¹. rok⁻¹. Všechny tyto údaje jsou jen orientační, protože intenzita a kvalita zvětrávání jsou velice variabilní.

3.3.1 Typy eroze

Členit erozi můžeme podle několika kritérií. První je dle příčiny vzniku erozních procesů (Zachar, 1970).

- vodní eroze
- ledovcová eroze
- sněhová eroze
- větrná eroze
- zemní eroze
- antropogenní eroze

Vodní eroze

Podrobná charakteristika vodní eroze je uvedena v samostatné kapitole 3.4.

Ledovcová eroze

Ledovcová eroze vzniká tehdy, kdy ledovcové splazy kloužou, působením gravitace, z hor dolů a mechanicky opracovávají svahy. Při sestupu se ledovcové masy lámou a unášejí s sebou kudy skal, písek, štěrky a svým pohybem vyrývají údolí (Řezníčková, 2003).

Tato eroze je charakteristická pro území velehor. V ČR se s jejími následky z dob čtvrtohor lze setkat v podobě morénových sedimentů například v Jeseníkách nebo Krkonoších (Cáblík, Jůva, 1963).

Sněhová eroze

Při roztání sněhu (v jarním či zimním období) dochází k úbytku a přemístování půdních částic (Horník, 1986).

Eroze, která je způsobena roztáním sněhu je propojena s množstvím tekoucí vody a její maximální rychlostí, která narůstá s deštěm, který přichází ve stejný okamžik jako roztávání sněhu (Středová, Toman, 2012). Dle McCoola (2002) půdní eroze je velmi důležitá v celém světě právě kvůli efektu zimních srážek. Roztání sněhu (ať na jaře či v zimě) vyvolává erozi především v severních zemích Evropy (např. Švédsko, Norsko, Finsko) (Horník, 1986).

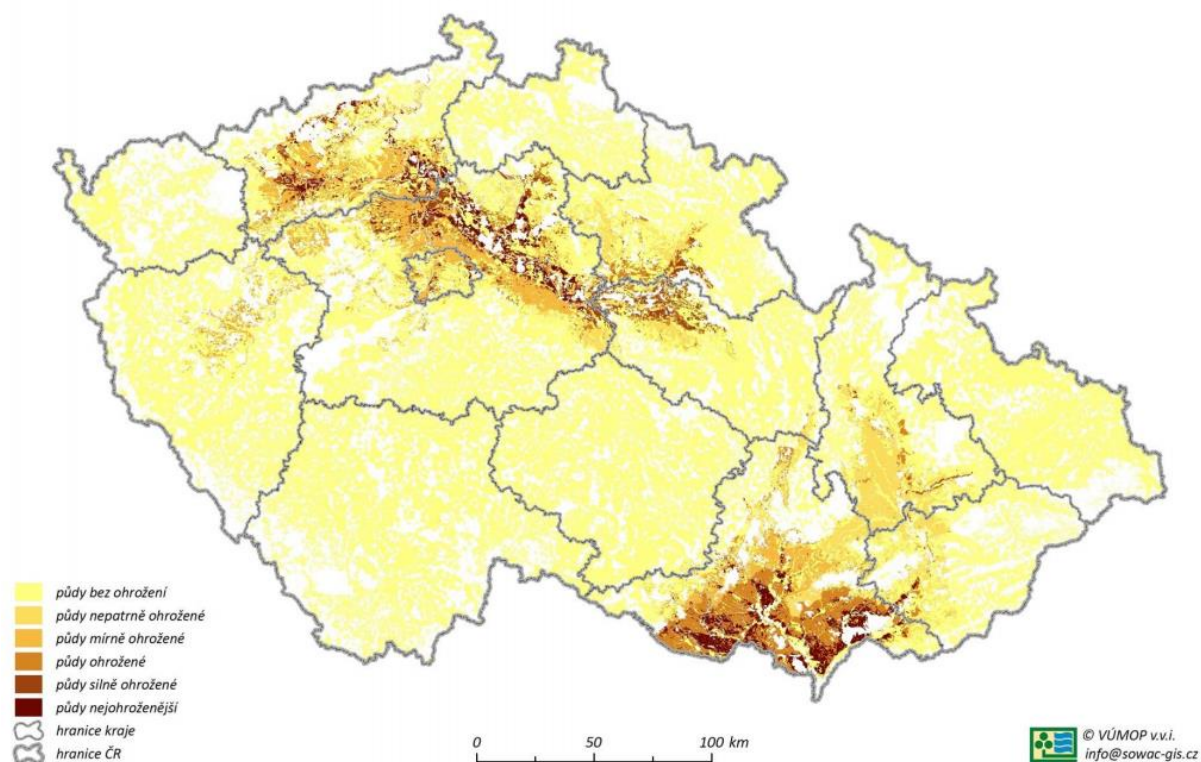
Větrná eroze

Vznik větrné eroze závisí na působení několika faktorů. Mezi ně patří klimatické poměry (srážky, výpary a další). Dále například vlhkost, půdní poměry, a obsah částic, a způsob využití krajiny včetně vegetace (Sklenička, 2003).

Větrná eroze je způsobena kinetickou silou větru, která přemísťuje uvolněné částice, a ty následně při svém poklesu vzdušného proudění ukládá. Vzdálenost, na jakou jsou půdní částice unášeny, může být od několika metrů, ale i po stovky kilometrů. S unášenými částicemi půdy, se do pohybu dostávají i chemické látky na ně vázané. Spolu s rychlostí významně ovlivňuje větrnou erozi i směr větrů, doba jejich trvání a jejich četnost. Území postihuje plošně, ojediněle v pruzích ve směru proudění větru. Tento druh eroze, hned po vodní erozi, způsobuje největší škody (Sklenička, 2003).

V ČR je větrnou erozí ohroženo 26% celkové výměry zemědělské půdy, na Moravě cca 45 % (obr. 3) (VÚMOP, 2001).

Potenciální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí



Obr. 3: Potencionální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí (VÚMOP, 2021)

Zemní eroze

U zemní eroze se suťový materiál prosycený vodou uvolňuje do údolí, kdy působení suťových proudů svým pohybem rozrušuje půdu a vytváří hluboké rýhy. Tento suťový materiál ohrožuje údolní polohy pod místem sesuvu, mosty, osady, dopravní komunikace apod. (Holý 1994).

Antropogenní eroze

Na vzniku antropogenní eroze, se podílí především člověk. Svými zásahy do přírody, které mohou být přímé či nepřímé, zrychluje přirozené erozní procesy (Šarapatka, 2002)

Eroze se dále může členit například podle pozice působení erozních činitelů. Takové eroze mohou být povrchové či podpovrchové (Holý, 1994). Dále se eroze může rozlišovat na erozi normální a abnormální, tj. dle intenzity, kterou vyjadřujeme jako odnos půdy z určité plochy za určitý čas.

Eroze, při které se odnos půdy rovná její tvorbě zvětráváním se nazývá erozí vyrovnanou či kompenzační. Intenzita tvorby půdy je dána především vlastnostmi substrátu, jeho tvrdostí a větratelností podloží. Za míru vyrovnané eroze považuje ztrátu $0,75 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ s kolísáním

mezi 0,25 až 1,5 t. ha⁻¹. rok⁻¹. Pokud je půda tvořena mocnější vrstvou půdy (spraše), může být přípustná eroze větší než vyrovnaná, aniž by došlo k podstatnému snížení půdní úrodnosti (Zachar, 1970).

3.3.2 Intenzita eroze

Erozi lze rozdělit i podle její intenzity. Čím je půda skeletovitější, tím rychleji klesá intenzita plošné eroze. Intenzita eroze se zpravidla vyjadřuje ztrátou, resp. odnosem půdy v mm, t. ha⁻¹ popř. m³. ha⁻¹ za určité časové období, zpravidla za 1 rok (Řezníčková, 2013).

Třídění erozního ohrožení dle intenzity (dle odnosu v t. ha⁻¹) – stav v ČR (Sáňka a Materna, 2004):

- velmi slabé ohrožení - 3 % zemědělských půd
- slabé ohrožení - 26 % zemědělských půd,
- střední ohrožení - 25 % zemědělských půd
- silné ohrožení - 17 % zemědělských půd
- velmi silné ohrožení - 11 % zemědělských půd
- extrémní ohrožení - 18 % zemědělských půd.

Znalost intenzity erozních procesů je základem pro návrh ekonomické protierozní ochrany území (Toman, 1999).

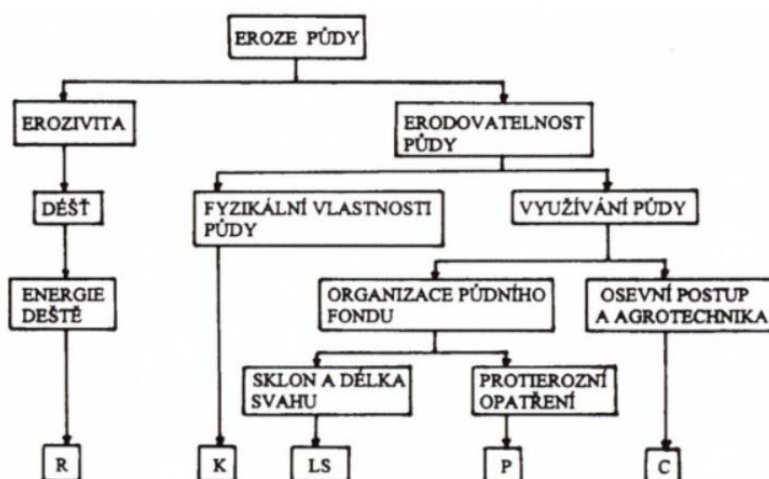
3.4 VODNÍ EROZE

Vodní eroze způsobuje největší škody jak v ČR, tak i celosvětově. Vodní eroze ohrožuje cca 50% orné půdy (VÚMOP, 2021). Zvláště v zemích, kde je produkční schopnost nízká, působí tato eroze katastrofálně.

3.4.1 Vznik vodní eroze

Kinetická energie dešťových kapek dopadajících na povrch půdy a mechanická síla odtékající povrchové vody vyvolávají vodní erozi. Při dlouhotrvajících srážkách, přívalových deštích, jarním tání sněhu, ale i koncentraci vody v přirozené i umělé hydrografické síti, vzniká povrchový odtok. Mechanickou erozní činností vody označujeme jako korazi, chemickou činností korozi. U hornin vymílaných krouživým pohybem vody se jedná o evorzi, u skalního podkladu dna hovoříme u vodních toků při jeho obrušování o abrazi (Holý 1994).

Na obrázku 4 vidíme schéma působení erozních faktorů při vodní erozi.



Obr. 4: Schéma působení erozních faktorů při vodní erozi (Slavík, Neruda, 2007)

3.4.2 Typy vodní eroze

Vodní erozi rozlišujeme podle formy jejího vzniku na povrchovou a podpovrchovou. Povrchová vodní eroze se dělí na: plošnou, výmolnou a proudovou (Cáblík, Jůva, 1963).

Eroze plošná

Tato eroze je charakterizována rozrušováním a smyvem půdní hmoty na celé ploše území. Proud plošné eroze splachuje jemné půdní částice a erodované půdy se stávají hrubozrnnými. Půdy, které byly obohaceny nánosem, se stávají jemnějšími. Vzniká, tzv. půdní škraloup, čímž klesá však do půdy a zvyšuje se tím povrchový odtok (Cáblík, Jůva, 1963).

Plošná eroze se dělí na dva stupně: selektivní a vrstevní.

Eroze plošná se stává nejintenzivnější ve chvíli, kdy kapka dopadá na půdu, která je silně vysušená (Morgan, 2005).

Eroze výmolná

Tento typ vzniká postupným soustředováním stékající vody po povrchu, kdy tento tok postupně vyrývá v půdním povrchu mělké zářezy postupně se zahlubující. Vzniká zvláště v územích s členitým terénem a dlouhými svahy. (Novotný a kol., 2014).

Dělí se na dva stupně intenzity. První stupeň se nazývá eroze rýžková a brázdová. Při rýžkové erozi se vytváří na půdním povrchu úzké zářezy, které společně vytvářejí hustou síť. Brázdová eroze je charakterizována mělčími a širšími zářezy, jejichž hustota sítě je menší než u rýžkové (Novotný a kol., 2014)

Po postupném pruhlování těchto rýžek a brázd se eroze dostává do druhého stupně, do eroze rýhové. Která přechází v erozi výmolovou, ta může dále přecházet do velmi devastující eroze stržové (Holý, 1994).

Eroze proudová

Vzniká ve vodních tocích, zvláště v bystřinách je nejintenzivnější, kde se odplavuje velké množství splavenin. Jestliže tato eroze rozrušuje dno, nazývá se eroze dnová, pokud jsou erozí zasaženy břehy, jedná se o erozi příčnou (břehovou) (Holý, 1994).

Podpovrchová vodní eroze transportuje půdní částice a živiny z horních půdních horizontů do nižších prostřednictvím infiltrující srážkové vody. Je potřeba zmínit, že tento půdotvorný proces je přirozený (Holý, 1994).

3.4.3 Příčiny vodní eroze

Vodní eroze (obr. 5) je ovlivněna řadou přírodních a člověkem ovlivněných faktorů (Kozlík a kol., 1961). Dle Vopravila (2013) tyto faktory rozhodují o vzniku, průběhu a intenzitě eroze a vždy působí kombinovaně:

Klimatické a hydrologické

Zeměpisná poloha, odtok, nadmořská výška, výskyt, výpar, oslunění, teplota, síla a směr větru, množství, rozdělení a intenzita srážek,

Morfologické

Návětrnost, sklon území, délka svahu, expozice, tvar svahu

Vegetační

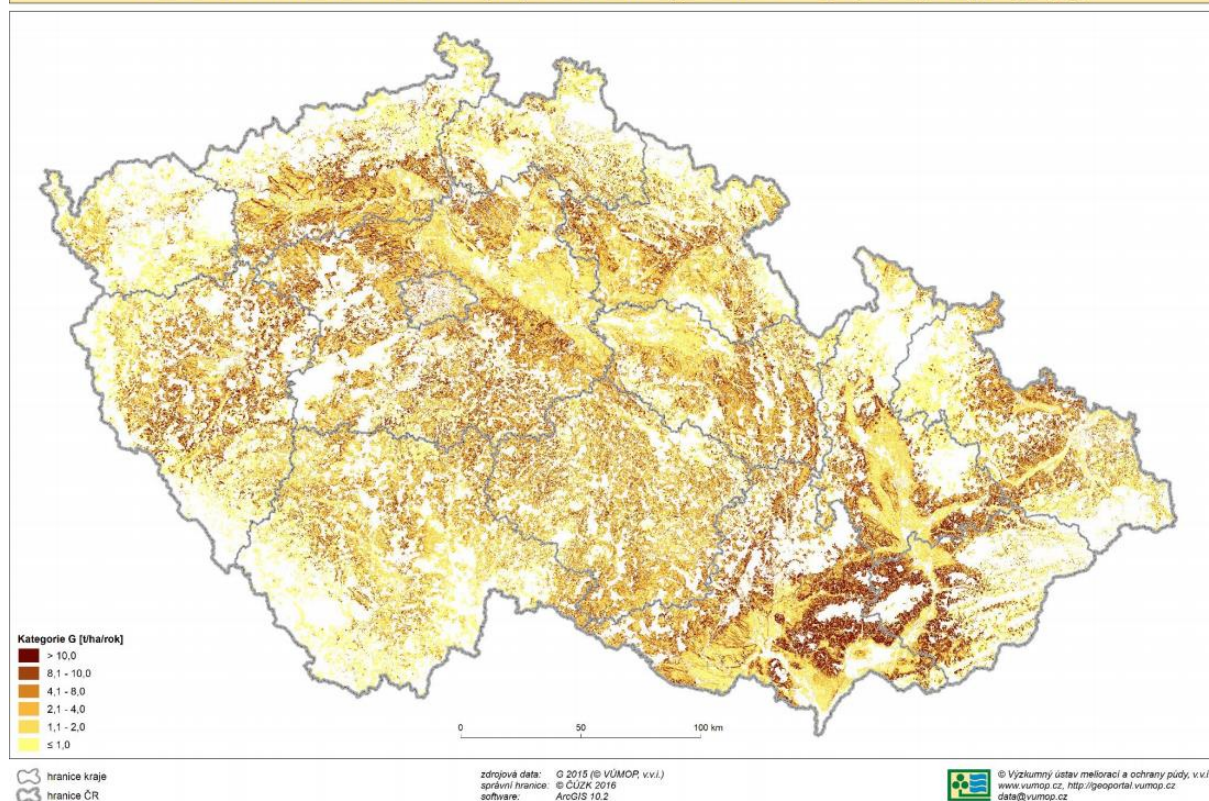
Hustota a délka trvání pokryvu,

Geologické a půdní

Povaha horninového substrátu, půdní druh a typ, textura a struktura půdy, její vlhkost a zvrstvení, obsah humusu,

Způsob využívání a obhospodařování půdy

Směr obdělávání, střídání plodin, tvar a poloha pozemku.



Obr. 5: Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí (VÚMOP, 2021)

3.5 ROVNICE USLE

Pro zjištění ohroženosti půdy vodní erozí se v ČR využívá nejčastěji Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí (USLE) dle Wischmeiera a Smithe (1978) (Rovnice č. 1). Princip spočívá ve výpočtu ztráty půdy vodní erozí, z předem definovaného pozemku, jehož délka činí 22,13 m, sklon 9 % na kterém je povrch kypřen ve směru sklonu svahu jako úhor (Janeček a kol., 2012).

Vzorec USLE obsahuje 6 faktorů, každý z těchto faktorů ovlivňuje vznik eroze.

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

Rovnice č. 1: Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí dle Wischmeiera a Smithe

kde:

G = průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)

R = faktor erozní účinnosti deště

K = faktor erodovatelnosti půdy

L = faktor délky svahu

S = faktor sklonu svahu

C = faktor ochranného vlivu vegetace

P = faktor účinnosti protierozních opatření

Tuto rovnici nelze použít pro dobu kratší, než je roční období ani pro zjištění ztrát půdy erozí z jednotlivých dešťových srážek nebo z tajícího sněhu (Janeček a kol., 2012).

3.5.1 Faktor erozní účinnosti deště

Faktor erozní účinnosti deště je podmíněn závislostí na kinetické energii, působící na povrch půdy a také na intenzitě a úhrnu srážek a na počtu výskytu srážek. Při výpočtu R faktoru se také počítá s maximální 30minutovou intenzitou deště. (Janeček a kol., 2008). Pro výpočet R-faktoru slouží vztah (Rovnice č.2):

$$R = \frac{E \cdot I_{30}}{100}$$

Rovnice č. 2: Rovnice pro výpočet R-faktoru (Janeček a kol., 2008)

kde:

R = faktor erozní účinnosti deště ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$)

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

I_{30} = maximální 30minutová intenzita deště ($\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$)

Vztah pro výpočet celkové kinetické energie E (Rovnice č. 3):

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

Rovnice č. 3: Rovnice pro výpočet kinetické energie deště (Janeček a kol., 2008)

kde:

E_i = kinetická energie i-tého úseku ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)

n = počet úseků deště

Kinetická energie i-tého úseku deště (Rovnice č. 4):

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

Rovnice č. 4: Rovnice pro výpočet R-faktoru (Janeček a kol., 2008)

kde:

i_{si} = intenzita deště i-tého úseku (cm.h⁻¹)

H_{si} = úhrn deště v i-tém (cm)

Roční hodnota R-faktoru se vypočítá jako součet jednotlivých přívalových dešťů (respektive jejich erozní účinnosti) za daný rok. Do tohoto součtu se nezapočítávají deště, u nichž je úhrn menší než 12,5 mm a jestliže během deště trvajících 15 minut nespadlo minimálně 6,25 mm. Časový interval mezi takovými srážkami musí být více jak 6 hodin (Janeček a kol., 2012).

Aby bylo možno zhodnotit dlouhodobou ztrátu půdy pro území ČR, byla stanovena průměrná hodnota R faktoru na 40 MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹. Tato hodnota se využívá pro převážnou část zemědělských ploch. Průměrná hodnota R faktoru se rozdělila, pro potřebu výpočtů, procentuálně do jednotlivých měsíců vegetačního období (tab. 1). V tabulce č.1 lze vyčíst, že nejvíce ohrožené měsíce jsou červen, červenec a srpen. V této době se vyskytuje největší počet spadlých srážek. (Janeček a kol., 2012)

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

Tab. 1: Průměrné rozdělení R faktoru do měsíců dle vegetačního období (Janeček a kol., 2012)

3.5.2 Faktor erodovatelnosti půdy

K-faktor vyjadřuje vliv půdních vlastností (zrnitost, množství organické hmoty v půdě, struktura a propustnost půdy) na výši ztráty půdy (Pavlů, 2018).

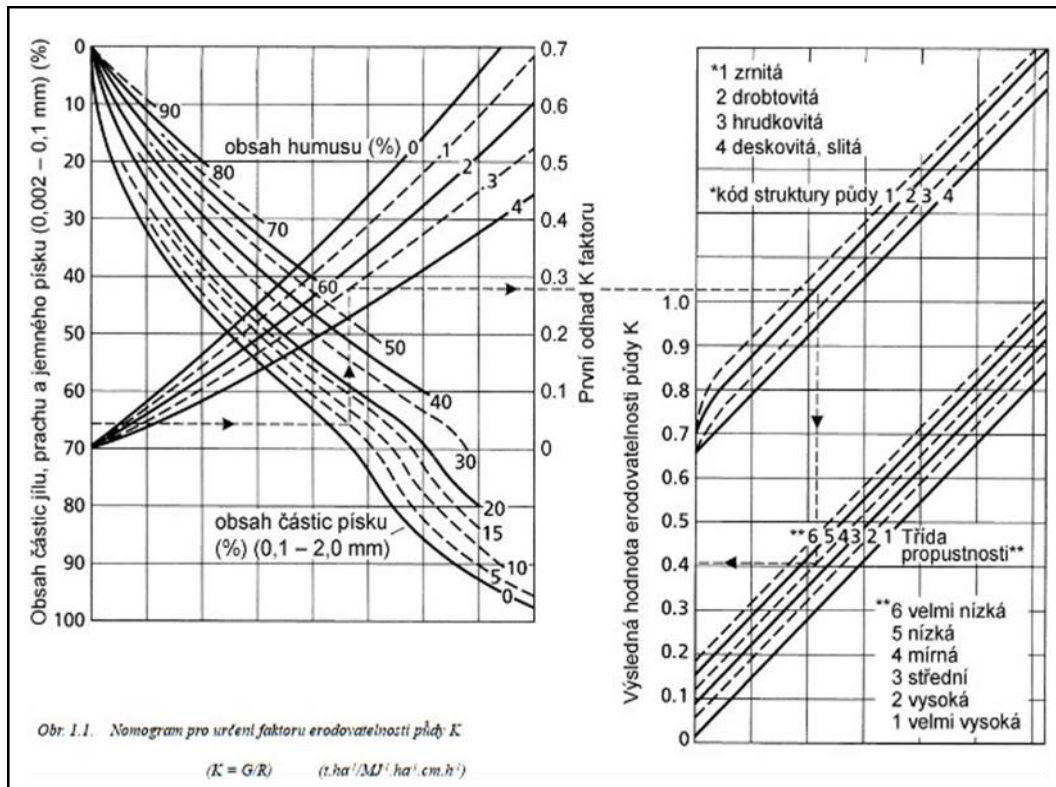
Janeček (2008) definuje K faktor jako odnos půdy v t. ha⁻¹ n jednotku dešťového faktoru R ze standartního pozemku o délce 22,13 m, na svahu o sklonu 9%, který je udržován jako kypřený černý úhor kultivací ve směru sklonu.

K faktor lze stanovat třemi způsoby:

- Nomogramem
- Vzorcem
- Pomocí hlavních půdních jednotek (HPJ) z mapy BPEJ

Nomogram

Nomogram (obr. 6) říká že textura půdy nejvíce ovlivňuje erodovatelnost půdy. Z nomogramu lze vyčíst, že všechny hodnoty křivek, kromě třídy propustnosti, se vztahují k nejsvrchnější části půdy (ornice). K daným půdním profilům jsou přiřazeny třídy v rámci propustnosti půdy (Pasák a kol., 1984).



Obr. 6: Nomogram pro určení K-faktoru (zdroj: Janeček a kol., 2008)

Vzorec

Vzorec lze použít jen v případě že obsah práškového písku (0,002-0,1 mm) a prachu nepřesahuje přes 70 %. Vzorec vypadá takto (Rovnice č. 5):

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

Rovnice č. 5: Vzorec pro výpočet K-faktoru (Janeček a kol., 2008)

kde:

M = (% prachu + % práškového písku) · (100 - % jílu)

a = % zastoupení humusu v ornici

b = třída struktury ornice

c = třída propustnosti půdního profilu (Dufková, Toman, Šťastná, 2003)

Hlavní půdní jednotky (HPJ)

Při třetím způsobu se hodnota K-faktoru získá pomocí přiřazování hlavní půdní jednotkou. HPJ se vyjadřuje v kódu BPEJ druhým a třetím číslem. V tabulce č. 2 jsou uvedeny hodnoty pro jednotlivé číslice HPJ. Jestliže je K faktor v tabulce vyjádřena slovním spojením „žádná data“, musí být hodnot získána buď z nomogramu nebo ze vzorce. (Janeček a kol., 2012).

HPJ	K - faktor	HPJ	K - faktor	HPJ	K - faktor
1	0,41	27	0,34	53	0,38
2	0,46	28	0,29	54	0,4
3	0,35	29	0,32	55	0,25
4	0,16	30	0,23	56	0,4
5	0,28	31	0,16	57	0,45
6	0,32	32	0,19	58	0,42
7	0,26	33	0,31	59	0,35
8	0,49	34	0,26	60	0,31
9	0,6	35	0,36	61	0,32
10	0,53	36	0,26	62	0,35
11	0,52	37	0,16	63	0,31
12	0,5	38	0,31	64	0,4
13	0,54	39	žádná data	65	žádná data
14	0,59	40	0,24	66	žádná data
15	0,51	41	0,33	67	0,44
16	0,51	42	0,56	68	0,49
17	0,4	43	0,58	69	žádná data
18	0,24	44	0,56	70	0,41
19	0,33	45	0,54	71	0,47
20	0,28	46	0,47	72	0,48
21	0,15	47	0,43	73	0,48
22	0,24	48	0,41	74	žádná data
23	0,25	49	0,35	75	žádná data
24	0,38	50	0,33	76	žádná data
25	0,45	51	0,26	77	žádná data
26	0,41	52	0,37	78	žádná data

Tab. 2: Hodnoty K-faktoru dle HPJ (Janeček a kol., 2012)

3.5.3 Faktor délky a sklonu svahu

Topografický faktor vznikl spojením L faktoru (faktoru délky svahu) a S faktoru (faktoru sklonu svahu).

L faktor

Faktor L (délka svahu) je charakterizován vlivem nepřerušené délky svahu na velikosti smyvu. Na vršku svahu se utváří povrchový odtok. Dochází k odnosu horniny až na místo, kde tok není tak silný, což má za následek usazování (Wilson, 1984).

Stanovuje se ze vztahu (Rovnice č.6):

$$L = \left(\frac{l}{22,13} \right)^m$$

Rovnice č. 6: Výpočet L-faktoru (Renard a kol., 1997)

kde:

l = horizontální projekce délky svahu (m)

m = exponent sklonu svahu, který vyjadřuje náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze

S faktor

Faktor S (sklon svahu) popisuje vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy. Se vzrůstajícím sklonem roste ztráta půdy (Janeček a kol. 2012).

Vztahy k určení faktoru sklonu (Rovnice č.7):

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 - \text{pro sklon} < 9\%$$

$$S = 16,8 \sin \theta - 0,50 - \text{pro sklon} \geq 9\%$$

Rovnice č. 7: Výpočet S-faktoru (Renard a kol., 1997)

kde:

θ ... úhel sklonu svahu (v rad nebo m/m)

Většinou se tyto dva faktory spojují do LS faktoru. Hodnoty LS faktoru se vyjadřují jako poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standardním pozemku za jinak stejných podmínek (Wilson, 1986).

3.5.4 Faktor ochranného vlivu vegetace

Faktor ochranného vlivu vegetace je definován jako poměr ztráty půdy z vybraného pozemku ke ztrátě půdy na standardním pozemku, udržovaný jako trvalý kypřený úhor. Vegetační pokryv chrání půdu před účinkem dešťových kapek v období, kdy zemědělské pozemky jsou vystaveny velkému množství přivalových dešťů. V našich podmínkách se tyto srážkové události nejvíce vyskytují od června do srpna. Během těchto kritických období půdu

chrání jednak kořenový systém rostlin (vytváří tzv. síť) a taktéž nadzemní části rostlin (Janeček a kol., 2012).

Širokořádkové plodiny (například: okopaniny, kukuřice, sady, vinice a chmelnice) mají nejnižší půdoochrannou funkci. Pícniny a travní porosty se naopak projeví jako kvalitní ochranné plodiny (Janeček a kol., 2012).

Vliv vegetace na ochranu půdy před erozí je během roku ovlivňován. Ovlivňuje ho například vlastnosti porostu, charakter a obdělávání. Hodnoty C faktoru se pohybují v rozmezí od 0,005 (travní porost) do 1 (nechráněná půda) (Janeček a kol., 2012).

Jednotlivým obdobím se u každé plodiny přiřadí co nejpřesněji kalendářní údaje, dílčí hodnota C faktoru (Příloha 1) a procentuální hodnota z roční hodnoty R faktoru. Tyto období na sebe navazují po celý osevní plán a žádný den nepřibývá ani nechybí (Janeček a kol., 2012).

Při výpočtu faktoru C pro každou jednotlivou plodinu z celkového osevního plánu je vegetační období rozděleno do 5 základních období:

1. Podmítka a hrubá brázda
2. Od přípravy pozemků k setí do jednoho měsíce po zasetí
3. Od jarního nebo letního setí (u ozimů do 30.4), po dobu dvou měsíců
4. Od konce třetího období do doby sklizně
5. Strniště (Janeček a kol., 2012)

Pokud není možné zjistit osevní postup, je možné užít hodnoty dle průměrného zastoupení plodin v dané lokalitě nebo dle klimatických regionů (zjištěných z BPEJ), viz. tab. č. 3 (Janeček a kol., 2012)

Klimatický region	Hodnoty faktoru C (orná půda)
0	0,291
1	0,278
2	0,222
3	0,254
4	0,241
5	0,229
6	0,216
7	0,204
8	0,192
9	0,179

Tab. 3: Průměrné hodnoty ročního faktoru C dle klimatického regionu (zdroj: Janeček a kol., 2012)

3.5.5 Faktor účinnosti protierozních opatření

P-faktor je vyjadřován poměrem ztráty půdy na vybrané území, na kterém se aplikovalo vybrané protierozní opatření, ke ztrátě půdy na stejném území bez protierozního opatření a obdělávané po spádnici. Mimo opatření a hodnoty které jsou uvedené v tabulce č. 4, je P-faktor vždy roven 1 (Dufková, 2007).

Protierozní opatření	Sklon svahu (%)			
	2 - 7	7 - 12	12 - 18	18 - 24
Max. délka pozemku po spádnici při konturovém obdělávání	120 m	60 m	40 m	-
	0,6	0,7	0,9	1,0
Maximální šířka a počet pásů při pásovém střídání plodin	40m - 6 pásů	30m - 4 pásy	20m - 4 pásy	20m - 2 pásy
- okopaniny a víceleté pícniny	0,30	0,35	0,40	0,45
- okopaniny a ozimé obiloviny	0,50	0,60	0,75	0,90
Hrázkování (přerušené brázdování) podél vrstevnic	0,25	0,30	0,40	0,45

Tab. 4: Hodnoty P faktoru (Janeček a kol., 2012)

3.5.6 Vyhodnocení rovnice USLE

Pro vyhodnocení rovnice USLE (tab. č. 5) je nutné znát roční přípustnou ztrátu (G_p) půdy vodní erozí z posuzované plochy. Dle Janečka a kol., 2012, se stanovují hodnoty G_p , dle hloubky půdy takto:

Půdy	Přípustná ztráta půdy erozí ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)
Mělké (< 30 cm)	Dříve: 1 Dnes: doporučuje se zatravnit
Střední až hluboké (30 - 60 cm)	4
Hluboké (> 60 cm)	10

Tab. 5: Vyhodnocení rovnice USLE (Janeček a kol., 2012)

3.6 PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ

Protierozní opatření (PEO) jsou prostředky, které svými vlastnostmi mají zabraňovat vodní erozi, aby devastovala zemědělskou půdu. Mezi nejdůležitější cíle PEO patří ochrana objektů (například vodní zdroje, komunikace, intravilány apod.) a snížení ztráty půdy na přijatelné hodnoty. Při navrhování těchto opatření se musí zohlednit zájmy vlastníků a uživatelů půdy, či případné zásahy do krajiny a životního prostředí obecně (Janeček a kol., 2012).

Protierozní opatření se zřizují během pozemkových úprav, při kterých se provádí šetření pro získávání údajů z hlediska ohroženosti vodní erozí. Velmi často se PEO navrhuje tak, aby sloužila i jako protipovodňová opatření. Samotné navrhování protierozních opatření je rozděleno do tří částí. V první části by měl být posouzen současný stav území, ve druhé by měl být proveden návrh PEO a ve třetí části se posuzuje navržené opatření (Kubátová, 2001).

PEO se rozděluje do tří druhů:

- organizační
- agrotechnická
- technická opatření

3.6.1 Organizační opatření

Tato opatření se navrhuje tehdy pokud známe příčinu vzniku eroze. Proto zde najdeme opatření, která upravují tvar pozemku, zabývají se vhodně umístěním pěstovaných plodin, střídání plodin či změnou (optimalizací) osevních postupů (Milerski a kol., 2005)

Tvar pozemku

Delší strana pozemku nebo půdního bloku by měla být umístěná ve směru vrstevnic. Výsledkem je zkrácení délky půdního bloku po spádnicí a přirození obdělávání. Zkrácení délky půdního bloku by nemělo přesahovat maximální přípustnou délku (Novotný a kol., 2014).

Vhodné rozmístění pěstovaných plodin

Při tomto návrhu je nutno upravit druhovou skladbu pěstovaných plodin tím způsobem, aby byla zajištěna jejich ochrana. Lze pěstovat široko řádkové plodiny jak na rovinných, tak i na mírně sklonitých či středně erozně ohrožených půdách. Při navrhování středně ohrožených půdních bloků se navrhuje opatření ve formě zatravnovacích pásů, které zpomalují povrchový odtok a zachytávají smytou zeminu (Novotný a kol., 2014).

Pásové střídání plodin

Princip spočívá ve střídání pásů plodin s malým protierozním účinkem s pásy plodin s větším protierozním účinkem. Vedení pásu se odvíjí od sklonu a délky svahu. (Vlasák, Bartošková, 2007).

Protierozní osevní postupy

Během sestavování osevních postupů se musí zohlednit erozní ohrožení, které se odvíjí od sklonu daného půdního bloku. Pokud má půdní blok svažítost vyšší než 3° tak by se měli vyřadit z osevních postupů širokořádkové plodiny (např. okopaniny, kukuřice...). Naopak plodiny, které mají schopnost půdu chránit před účinky dopadu dešťových kapek, jsou například obilniny, řepka apod. Pokud je zařazení širokořádkových plodin do osevního postupu nezbytné, tak je půdní blok doplněn plodinami s vyšší ochranou či travnatými pásy (Vlasák, Bartošková, 2007). Změnou osevního postupu by se měly snižovat hodnoty C faktoru. Pokud je nutné vytvořit protierozní opatření, tak se nejdříve přistupuje k těm opatřením, které jsou technicky a ekonomicky méně náročná, a to jsou organizační PEO (Jelínek, 1989)

3.6.2 Agrotechnická opatření

Cílem agrotechnických opatření, je zkrácení doby, kdy zemědělská půda je bez vegetačního pokryvu. Jako ochrana se využívají posklizňové zbytky, ale taktéž i biomasa meziplodin, které chrání půdu v období častějšího výskytu přívalových dešťů, tedy od června do srpna. V prvním období, nejvíce ohrožené půdní bloky jsou ty, na nichž jsou pěstovány slunečnice, kukuřice a okopaniny. Naopak v období konce přívalových dešťů jsou ohrožené ty půdní bloky, které jsou přichystané na výsev ozimých plodin (Janeček a kol., 2012). Dle Hůly a kol. (2003) se do velmi účinných protierozních opatření řadí hlubší prokypřování ornice, mělké kypření půdy a vynechání obracení zpracované vrstvy.

Pokud v technologii zpracování je zařazena orba, je možnost jí využít takovým způsobem, který zajistí ochranu půdy. Základními pravidly jsou klopní skýv proti svahu a pohyb zemědělské techniky ve směru vrstevnic. V tom případě je vhodné před jarními plodinami, ponechat přes zimu hrubou brázdou kvůli snížení povrchového odtoku z tání sněhu (Janeček a kol., 2012).

Přímé setí do mulče z rostlinných zbytků

Půda zůstává na podzim po sklizni bez jakéhokoliv obdělávání, žádné zpracování zemědělskou technikou. Před setím je půda ošetřena herbicidem a přesným secím strojem je proveden jarní výsev (Novotný a kol., 2014).

Přímé setí do přezimujících a vymrzajících meziplodin

U tohoto opatření se půda zpracovává kypřením či orbou a bezprostředně potom probíhá výsev meziplodiny. Stejně jako u předchozího opatření se používají stroje s funkcí přímého setí pro jarní výsev (Novotný a kol., 2014).

Setí do mulče meziplodin

Hmota mulče je tvořena nadzemní ozimou (umrtvených chemicky) či strniskovou (umrtvených mrazem) biomasou. Doporučenou plodinou pro tento výsev je cukrové řepy, kde meziplodinu tvoří hořčice bílá a svazenka vratičolistá. Brambory se dají mulčovat za pomoci slámy z obilnin (Vlasák, Bartošková, 2007).

Výsev ochranné podplodiny v pásech a meziřadích

Tato metoda je vhodná při pěstování kukuřice. Může být proveden ve dvojitým provedení. První způsob doporučuje ihned po zasetí kukuřice, aplikovat obilné pásy např. ječmenem ozimým, který nekonkuruje kukuřici v raném stádiu (Novotný a kol., 2014).

Druhý způsob je setí kukuřice za použití ochranné podplodiny. Jako vhodná podplodina se uvádí ozimé žito, zaseté v meziřadí z jara (Novotný a kol., 2014).

Hrázkování, důlkování

Hrázkování především slouží k pěstování brambor. Po výsadbě jsou vytvořeny akumulární prostory do meziřádků, díky kterým se snižuje riziko vzniku povrchového odtoku. Hrázkovač vytváří záchytné prostory (Janeček a kol., 2012). Hrázkování je zahrnuto v P-faktoru (Kubátová, 2001).

Důlkování má podobný princip jako hrázkování, zde se však vytvářejí důlky, které slouží pro akumulaci vody. Důlkování je uplatňováno při pěstování kukuřice (Janeček a kol., 2012).

3.6.3 Technická opatření

Technická protierozní opatření (TPEO) se navrhuje zvláště v případech, kdy organizační nebo agrotechnická opatření nejsou dostatečná. Ovšem někdy je k TPEO přistoupeno okamžitě,

a to z důvodu ochrany objektů či obce, aby nedošlo k jejich zanesení splaveninami z povrchového odtoku (Kubátová, 2001). Často mohou TPEO doplňovat agrotechnická a organizační opatření. Pokud se přistoupí k TPEO, tak půdní bloky můžeme rozčleňovat a tím vznikají menší vymezené celky. Možnost zvolení různých druhů plodin je jedna z výhod členitějších půdních bloků (Janeček a kol., 2012). Vzhledem k tomu že TPEO je z ekonomického hlediska velmi nákladné, doporučuje se realizování TPEO během procesu pozemkových úprav či v rámci dotačních programů. Realizování průběhu TPEO je podmíněno stavebním zákonem (povinnost zpracování projektové dokumentace jež obsahuje všechny technické specifikace TPEO).

Protierozní průlehy

Protierozní průlehy (obr. 7) jsou v zásadě mělké, široké příkopy, které mívají mírný sklon a jejich úkol je zachytávat vodu která stéká po povrchu. Průlehy se dělí dle funkce na záchytné a svodné (Janeček, 2008)

Záchytné průlehy se navrhují na pozemky, které jsou zcela zatravněny a mají sklon do 15 %. Jsou napojeny na stabilizované údolnice či svodné příkopy (Janeček a kol., 2012).

Svodné průlehy jsou doprovázeny záchytnými a sběrnými průlehy, jejichž funkcí je odvedení povrchového odtoku z předchozích průleहů. Parametry svodných průleहů: lichoběžníkový či parabolický příčný profil min. hloubka 30 cm; max. hloubka 100 cm; max. střední profilová $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Pro návrh průtočné plochy průleहů musí být zjištěny hydrologické podklady a hydraulické parametry (Janeček a kol., 2012).



Obr. 7: Protierozní průleह (Hranice)

Protierozní příkopy

Protierozní příkopy slouží jako ochrana intravilánu před zaplavením a zanesením splaveninami. Příkopy se rozlišují na záchytné a svodné, mají lichoběžníkový tvar, přičemž svodné příkopy doprovází opevnění (Vlasák, Bartošková, 2007).

Protierozní hrázky

Zřizování protierozních hrázek probíhá v souladu s ochranou komunikací a zastavěného území. Jejich funkce spočívá v přerušení povrchového odtoku a nánosů splavenin z výše položených zemědělských pozemků. Hrázky jsou umístěné na dolním kraji pozemku. Před samotnou hrázkou by měl být dostatečně velký prostor pro záchyt odtoku. Hrázky musí být vybaveny vypouštěcím zařízením pro odvedení zadržené vody a zároveň musí mít mřížku která zachytává plovoucí předměty. Výška hrázek se pohybuje v rozmezí 1 - 1,5 m, délka mezi 300–450 m (Janeček a kol., 2012).

Protierozní meze

Protierozní meze jsou opatření, které znamenají že se do krajiny navracejí prvky, které během minulého režimu, v průběhu kolektivizace, byly odstraněny (rozorávání mezí). Dnes jsou meze navrhovány především z důvodu protierozní ochrany a v některých situacích i k rozčlenění krajiny tvorných prvků. Aby se meze začlenily do krajinného prostoru je vhodné je zatravnit a doplnit o výsadbu dřevin. Protierozní meze se často kombinují s jinými TPEO. Meze slouží, stejně jako u předchozích opatření, k transportu a retenci přebytečné vody. U mezí je riziko poškození volně žijícími živočichy (Kadlec a kol., 2014).

Protierozní nádrže

Protierozní nádrže (obr. 8.) patří k nejvyššímu stupni ochrany infrastruktury a intravilánů před následkem povrchového odtoku a smyvu zeminy. Dělí se na suché a zatopené (Novotný a kol., 2014).

Hlavním úkolem protierozních nádrží je zadržování vody, proto se nádrže umísťují na místech s vysokou akumulací vody. Nejčastěji se budují suché nádrže neboli poldry. Poldry se dimenzují tak, aby byly schopny zadržet, odtékající vodu v co největším množství. Pokud jsou nádrže zatopené je hladina vody stálá a v zásadě se jedná o malé vodní nádrže (Vlasák, Bartošková, 2007).



Obr. 8: Protierozní nádrž (Zvole)

Protierozní terasy

Tyto terasy (obr. 9) jsou budovány jen na lokalitách kde se nacházejí vysoce výnosné půdy, a jenž jsou ve velmi sklonitém terénu (Vlasák, Bartošková, 2007). Terasováním se vytvářejí stupně, které rozdělují svah, který je ve sklonu a tím se snižuje erozní účinek povrchového odtoku. Vzhledem k tomu že se jedná o náročné opatření z hlediska ekonomického a technického, které by mohlo v určitých případech velmi významně ovlivňovat charakter krajiny je realizace těchto tras minimální (Janeček a kol., 2012).

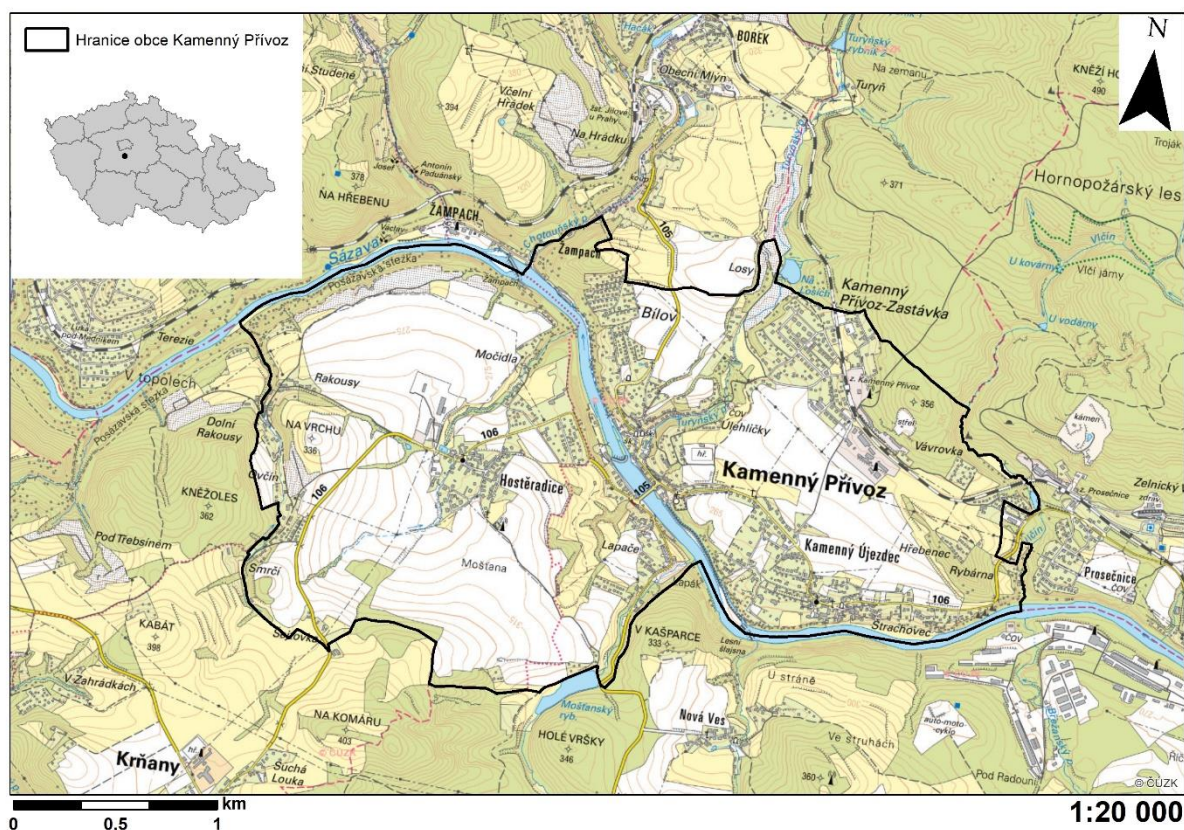


Obr. 9: Protierozní terasy (Kadlec a kol., 2014)

4 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

4.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE

Obec Kamenný Přívoz (obr. 10) se nachází ve Středočeském kraji a je součástí správní celku ORP Černošice. Kamenný Přívoz tvoří dvě katastrální území, k.ú. Kamenný Přívoz s rozlohou 343,82 ha a k.ú. Hostěradice s rozlohou 283,56 ha. Nachází se na spodním toku Sázavy, v jižní části okresu Praha – západ, čtyři kilometry jižně od města Jílové u Prahy. V obci je nejčastějším druhem pozemku orná půda (tab. 6).



Obr. 10: Hranice obce Kamenný Přívoz (práce autora)

Kamenný Přívoz je vyhledávaná chatářská destinace, a zároveň známá i jako oblast kde v 19. století se rozmohlo plavení dříví po řece Sázavě, který zvětšil ve svém díle zdejší rodák, spisovatel Jan Morávek, či těžba zlata v nedalekém Jílovém u Prahy. V části Žampach se nachází známý Žampašský viadukt, druhý nejvyšší kamenný železniční most ve střední Evropě.

Obec se skládá ze čtyř částí, a to Kamenného Přívozu, Kamenného Újezdce, Žampachu a Hostěradic s osadou Rakousy. Kamenný Přívoz má jednu z nejhustších zástaveb chatami v celé ČR. (Kamenný Přívoz, 2021).

Druh pozemku	Výměra v ha
Orná půda	255,51
Zahrada	101,6
Ovocný sad	2,03
TTP	74,34
Lesní pozemek	78,87
Vodní plocha	23,05
Zastavěná plocha	20,74
Ostatní plocha	71,23
Celkem	627,37

Tab. 6: Přehled druhů pozemků v obci Kamenný Přívoz (zdroj: ČÚZK, 2021a,b)

4.2 KLIMATICKÉ POMĚRY

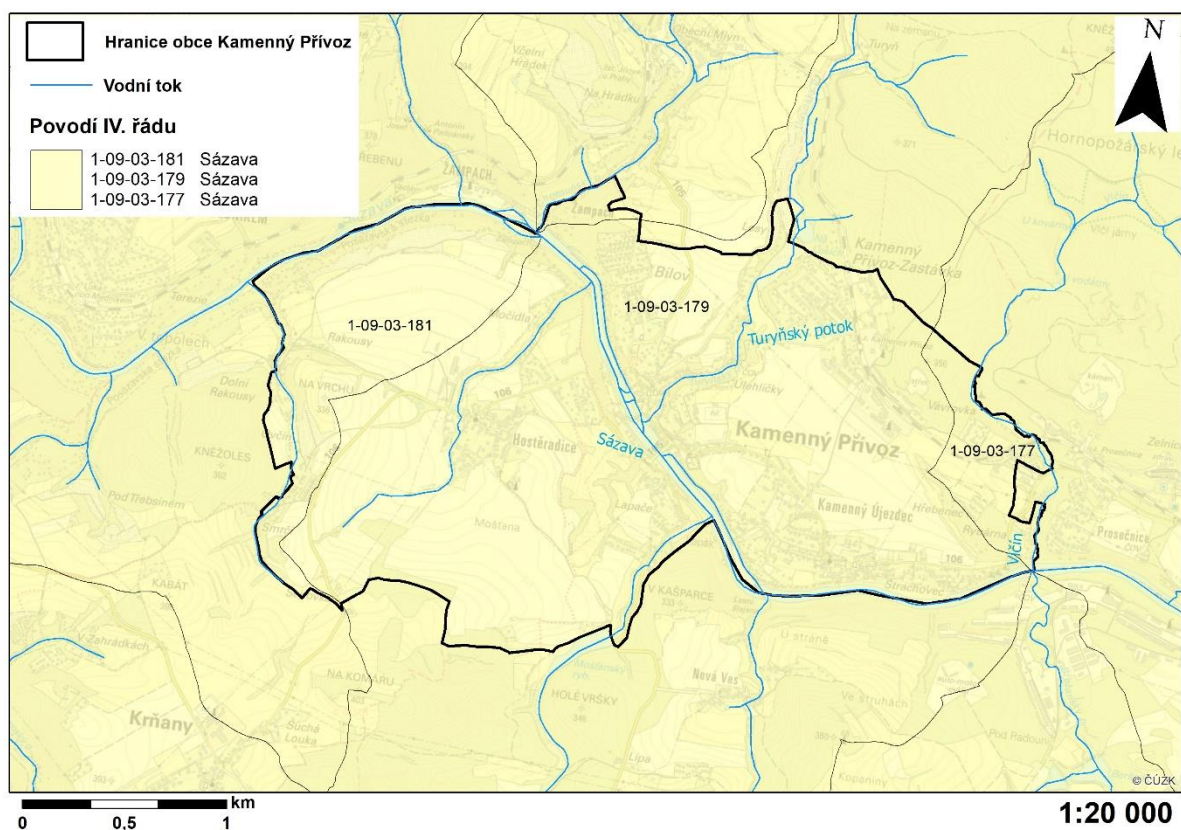
Obec Kamenný Přívoz, podle kódu BPEJ patří do 5. klimatického regionu MT2 (Příloha 2). Charakteristika 5. klimatického regionu: je mírně vlhký, mírně teplý a průměrná roční teplota se pohybuje mezi 7 až 8 °C. Průměrný úhrn srážek je v rozsahu 550 až 650 mm. Suma teplot nad 10 °C je mezi 2200 do 2500 a pravděpodobnost suchých vegetačních období je v rozsahu 15 až 30 % (VÚMOP, 2021).

4.3 HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Zájmovým územím protéká řeka Sázava. Mezi významné přítoky do Sázavy patří Turyňský potok, který se do řeky vlévá před jezem v Kamenném Přívoze a potok Vlčín, který se vlévá na západní hranici katastrálního území Kamenný Přívoz z Hornopožárského lesa.

V území se dále nachází bezejmenný rybník, kterým protéká potok Vlčín (obr. 11).

Zájmové území spadá do oblasti povodí Dolní Vltavy (Povodí Vltavy, 2021)



Obr. 11: Hydrologické poměry v obci Kamenný Přívoz (zdroj: práce autora)

4.4 PEDOLOGICKÉ POMĚRY

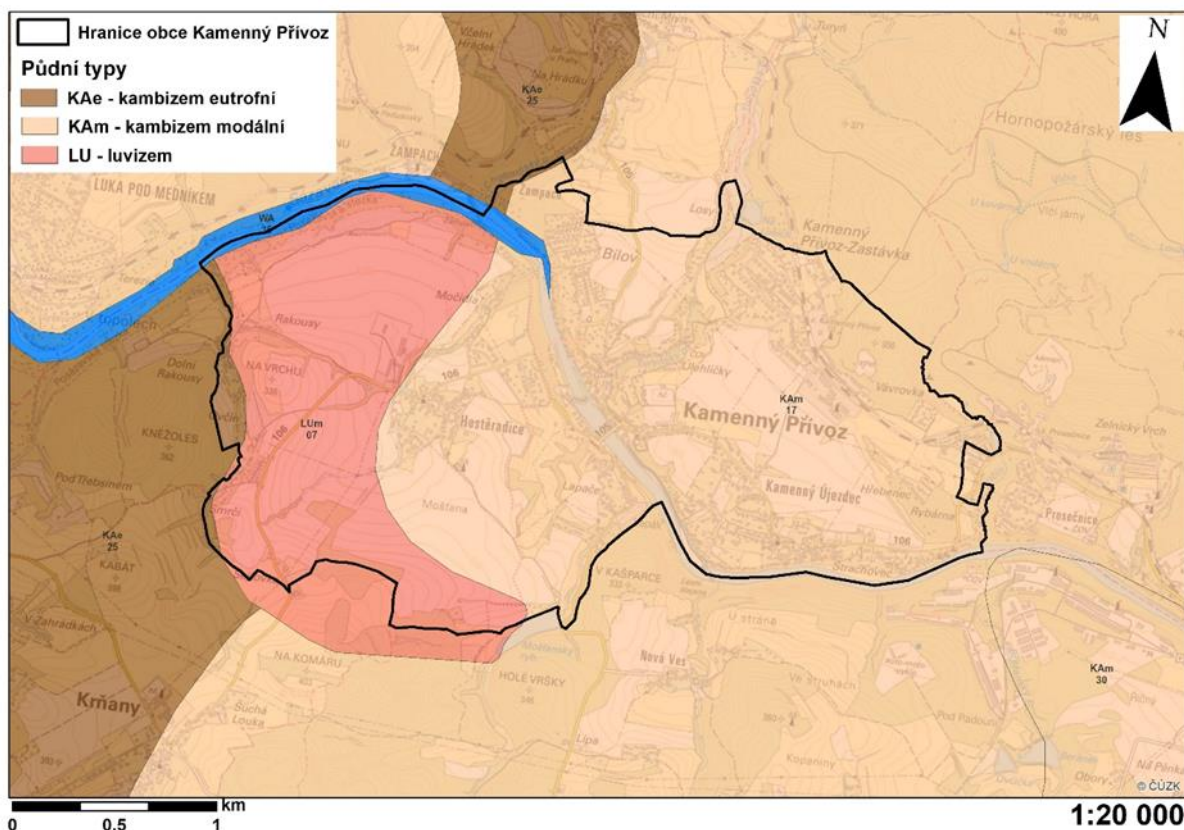
V řešeném území (obr. 12) nacházejí 3 druhy půd (VÚMOP, 2021):

Luvizem (LU) – je značně rozšířený půdní typ v pahorkatinách a vrchovinách. Klimatické podmínky jsou zde humidnější. Nejčastějšími půdotvornými substráty jsou sprašové hlíny (tj. odvápněné spraše), smíšené svahoviny (s eolickou příměsí), středně těžké glaciální sedimenty. Hlavním půdotvorným pochodem je iluviace. Jsou po celém území ČR v nadmořských výškách 300-600 m.

Kambizem (KA) – jsou naším nejrozšířenějším půdním typem. Zaujímají 45 % zemědělských půd převážně v pahorkatinách a vrchovinách v nadmořských výškách 400 (výjimečně 200) – 800 m. Jako mateční horniny se uplatňují zvětraliny téměř všech hornin (žul, rul, svorů, fylitů, čediče a dalších). Hlavním půdotvorným procesem je intenzivní vnitropůdní zvětrávání (Vrábková, Vráblík, 2006).

Kambizem modální je subtypem kambizemě, ze středně těžkých a lehčích středních substrátů.

Kambizem eutrofní je varetou kambizemě, jsou to takové, kde je nasycenost v kambickém horizontu $>60\%$ u zemědělských a $>50\%$ u lesních půd (Pedologie ČZU, 2021).



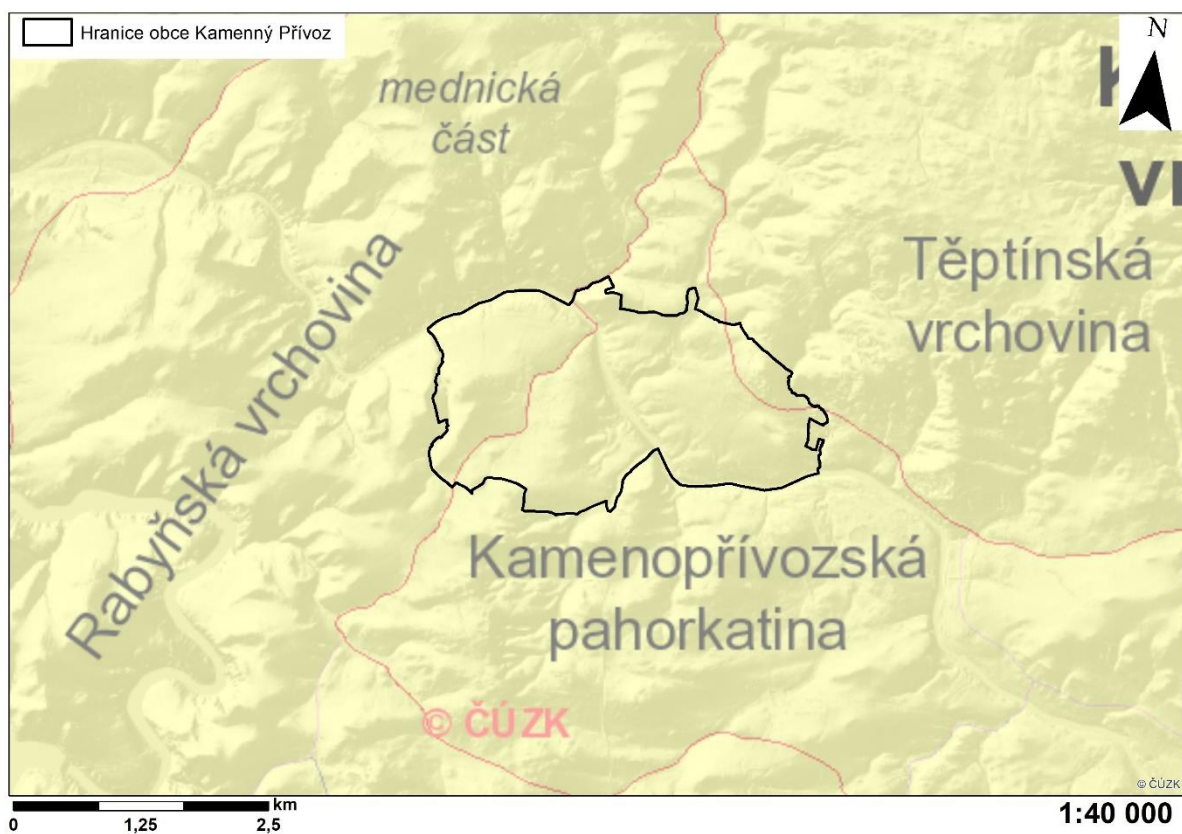
Obr. 12: Pedologické poměry v obci Kamenný Přívoz (zdroj: Národní geoportál INSPIRE, 2021)

4.5 GEOLOGICKÉ A GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY

Z geomorfologického hlediska se řešené území nachází v Hercynském systému, provincii Česká Vysočina, Česko-moravské subprovincii, Benešovské pahorkatině. Dále v Dobříšské pahorkatině. Oblastí prochází tři podcelky (obr. 13) Těptínská vrchovina, Rabyňská vrchovina a převážně Kamenopřívozská pahorkatina (Národní geoportál INSPIRE, 2021 a).

Na území je nejrozšířenějším horninovým typem magmatit hlubinný (horniny granodiorit, tonalit apod.), dále také metamorfit (metabazity) (Národní geoportál INSPIRE, 2021 b).

V sousedních obcích (Prosečnice, Krhanice) se nacházejí kamenolomy pro těžbu převážně šedé žuly (obr. 14).



Obr. 13: Geomorfologické poměry v obci Kamenný Přívoz (zdroj: ČÚZK, 2021)



Obr. 14: Lom Krhanice (práce autora)

5 METODIKA

Praktická část práce vychází z metodiky Ochrany zemědělské půdy před erozí (Janeček a kol. 2012), je založena na výpočtech, z kterých se zjistí průměrná dlouhodobá ztráta půdy na vybraných pozemcích v obci Kamenný Přívoz za pomoci Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) a geoinformačních systémů ArcGIS.

5.1 VSTUPNÍ DATA A ZPRACOVÁNÍ

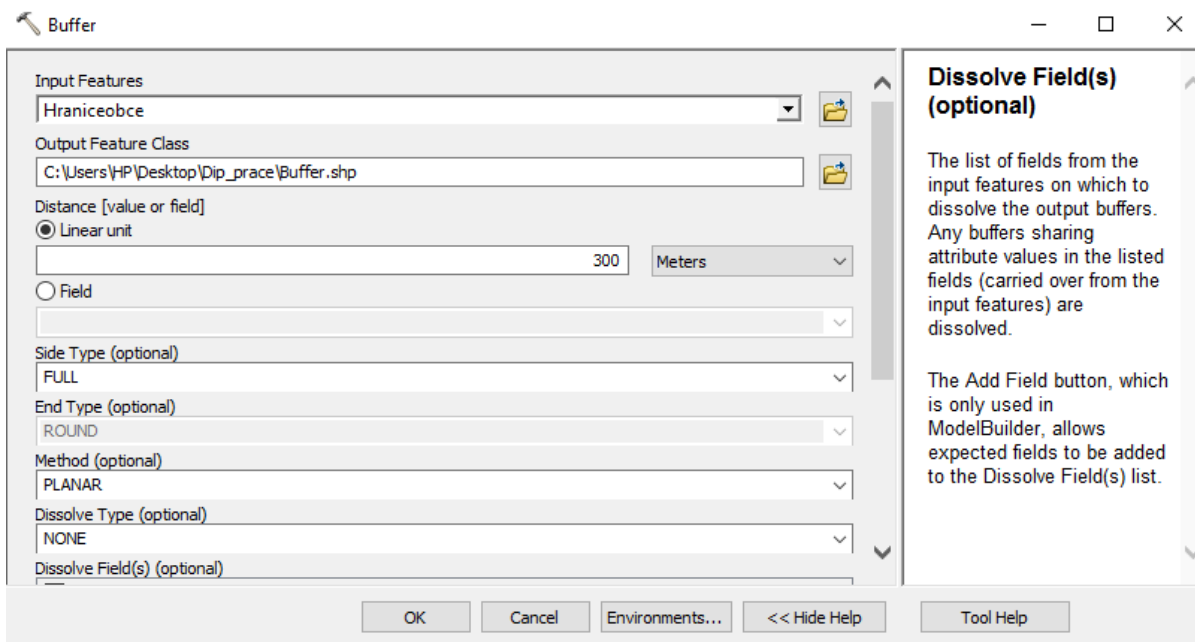
Potřebná data:

- **Ortofoto mapa** – volně dostupné od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK, 2020 a)
- **Polygonová vrstva obce Kamenný přívoz** – volně dostupné od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK, 2020 d)
- **ZABAGED výškopis** – Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR4G) zapůjčený od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK, 2020 c)
- **Vodní toky** – síť vodních toků zapůjčená z digitální báze Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka (DIBAVOD, 2020)
- **LPIS – data** obsahující informace o půdních blocích v katastrálním území. Pořízeno z Veřejného registru půdy (LPIS, 2020)
- **Data BPEJ** – volně dostupné od Státního pozemkového úřadu (SPÚ, 2020)

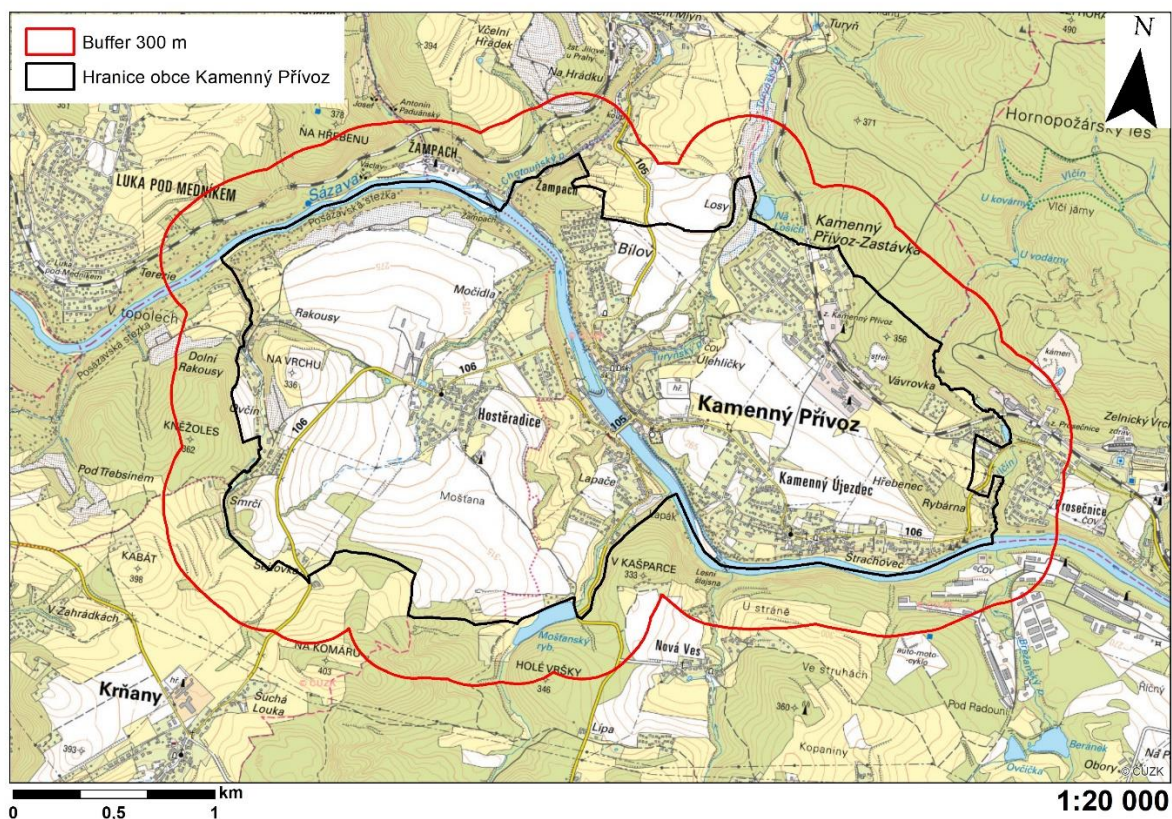
Uvedená data byla vložena do programu ArcGIS 10.7.1. (ArcGIS for Desktop Student Trial), tento program je poskytován společností ESRI. V ArcGISu byly zpracovány veškeré analýzy a výpočty. V ArcGIS byly využity podkladové mapy z veřejně dostupných WMS služeb. Ve všech analýzách byl použit souřadnicový systém S-JTSK. Textová část práce byla vypracována v Microsoft Office Word.

5.2 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

Vrstva s hranicí obce Kamenný Přívoz byla stažena z portálu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Vzhledem k tomu, že oblast obce nepokrývá oblasti celého povodí bylo potřeba vytvořit obalovou vrstvou hranice obce. Za pomoci funkce *Buffer* (obr. 15) byla vytvořena obalová vrstva 300 m (obr. 16), díky níž nebude docházet ke zkreslení. Dále ve všech výpočtech, kde bude potřeba hranic obce, bude vstupovat tato vrstva s bufferem.



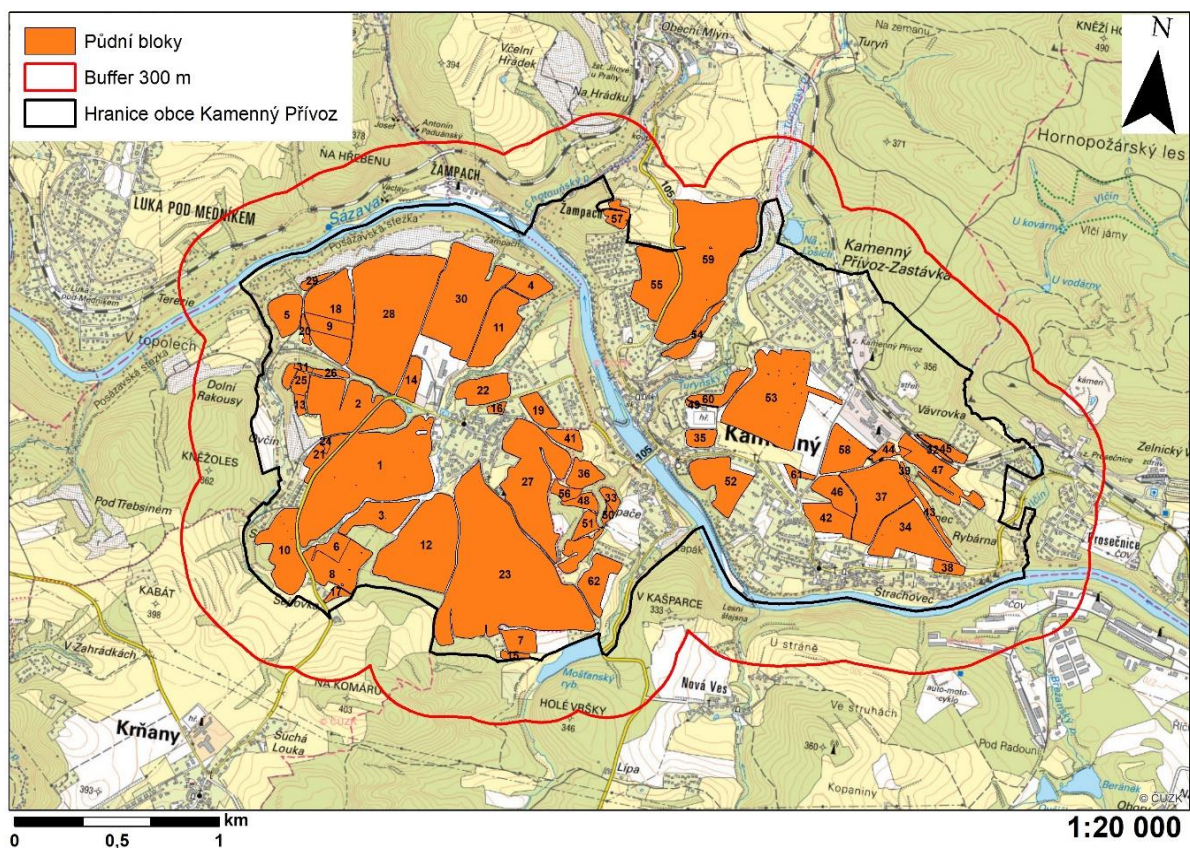
Obr. 15: Funkce Buffer



Obr. 16: Vymezení řešeného území – Buffer 300 metrů (práce autora)

5.3 PŮDNÍ BLOKY

Z Veřejného registru půdy (LPIS) byla stažena vrstva s půdními bloky v území obce Kamenný Přívoz (obr. 17). V území je celkem 62 půdních bloků.

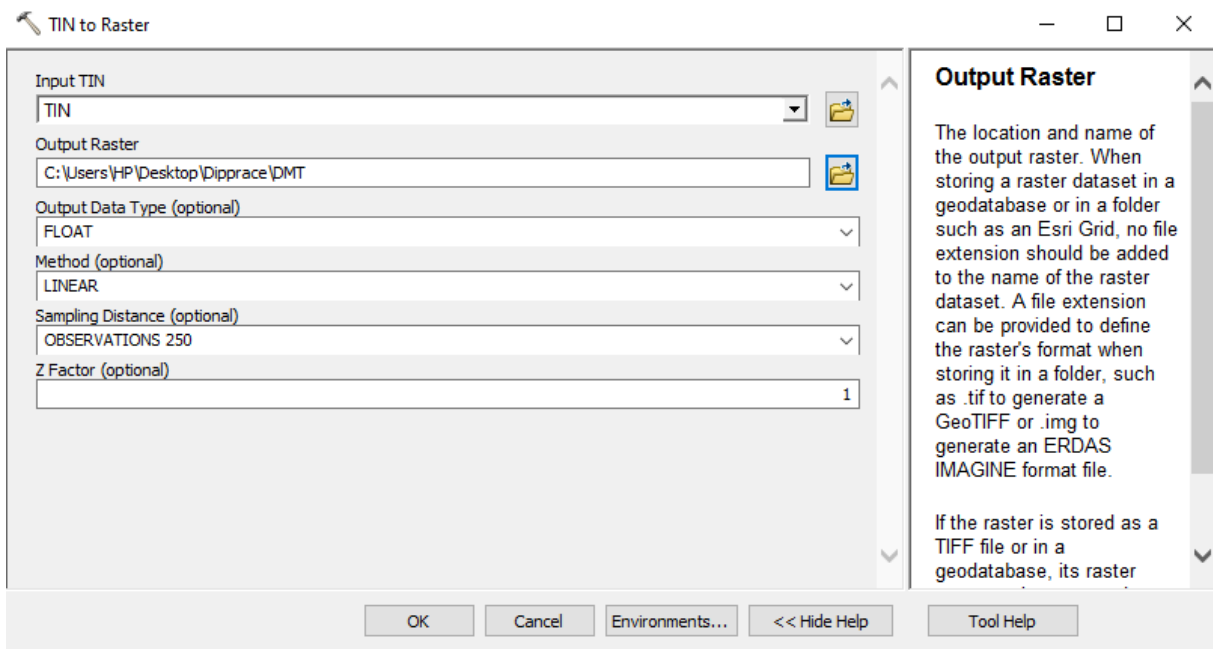


Obr. 17: Přehled vymezených půdních bloků (práce autora)

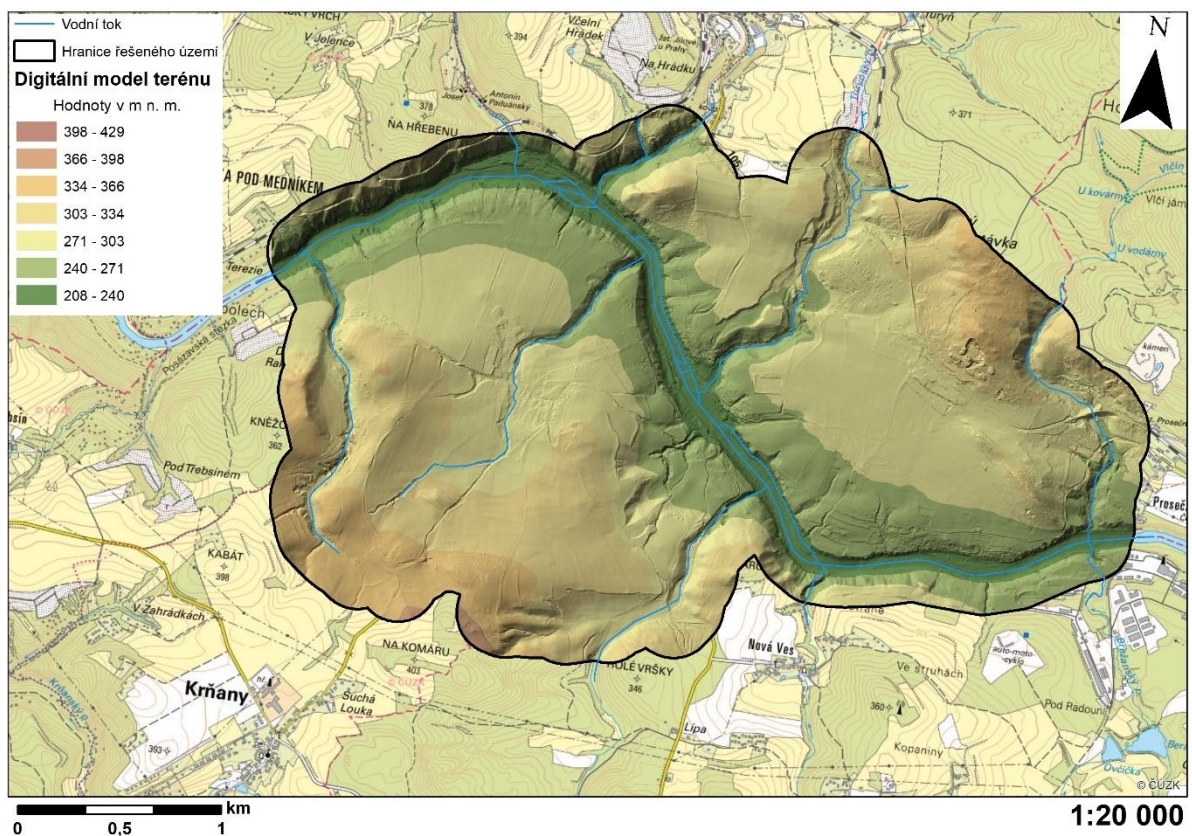
5.4 DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU

Na začátku je potřeba vytvořit digitální model terénu (DMT), který je nezbytný k vytvoření pozdějších analýz. Tento model zobrazuje model zemského povrchu, bez veškerých objektů (Naser, 2005). K vytvoření DMT byl zapotřebí Digitální model reliéfu České republiky 4. generace, který byl zapůjčený od ČÚZK.

Samotná data bylo nejprve upravit do vhodného formátu. Data byly dodány v textovém formátu, byly upraveny funkcí *Table to dBASE* a vloženy do ArcGISu (funkcí *Add XY Data*), tím vznikla bodová vrstva. Tato bodová vrstva byla poté vložena do funkce *Create TIN* a poté do *TIN to raster* (obr. 18). Výsledek, digitální model terénu, je vidět na obrázku 19.



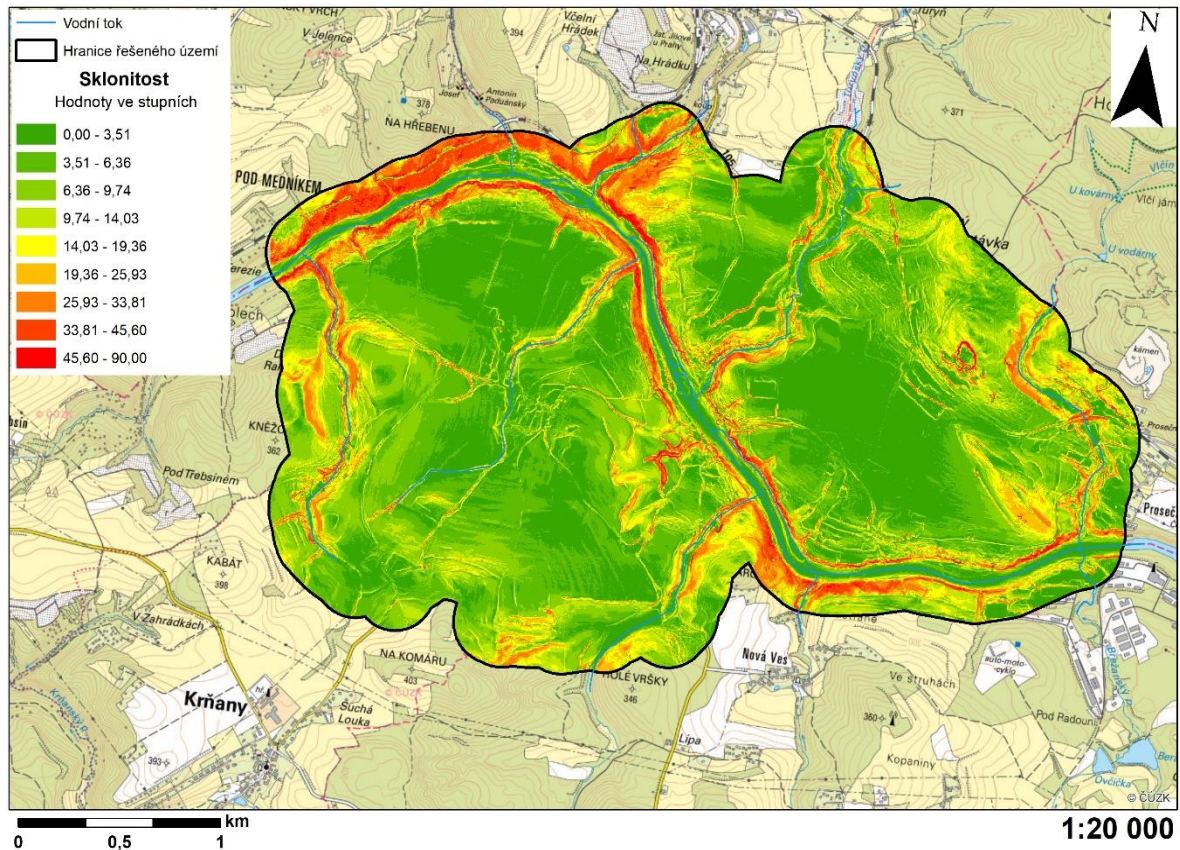
Obr. 18: Funkce TIN to raster (práce autora)



Obr. 19: Digitální model terénu (práce autora)

Tento vytvořený rastr digitálního modelu terénu, slouží k vytvoření dalších rastrů, které jsou nezbytné pro výpočet jednotlivých faktorů rovnice USLE.

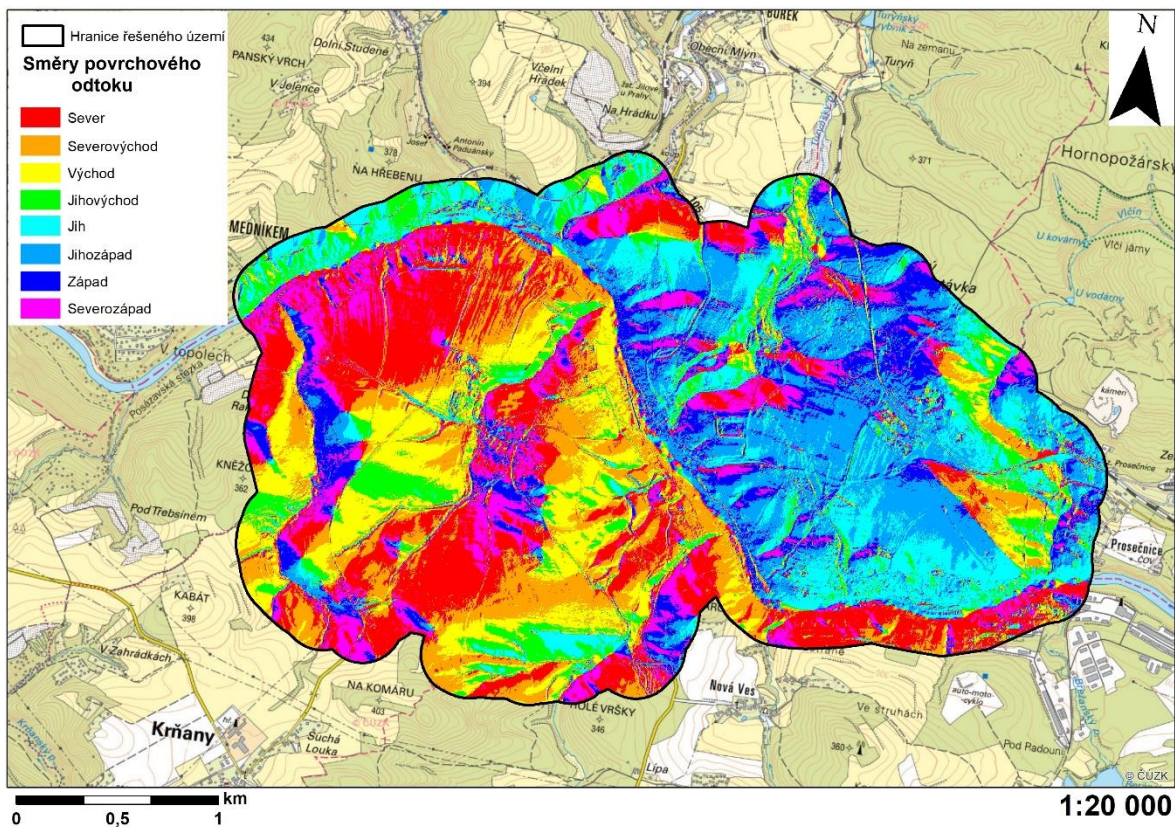
Prvním z nich je rastr sklonitosti terénu (obr. 20) který se vytváří pomocí funkce *Slope*, hodnoty tohoto rastru jsou udávány ve stupních (volba DEGREE), což je vhodné pro účel výpočtu LS – faktoru.



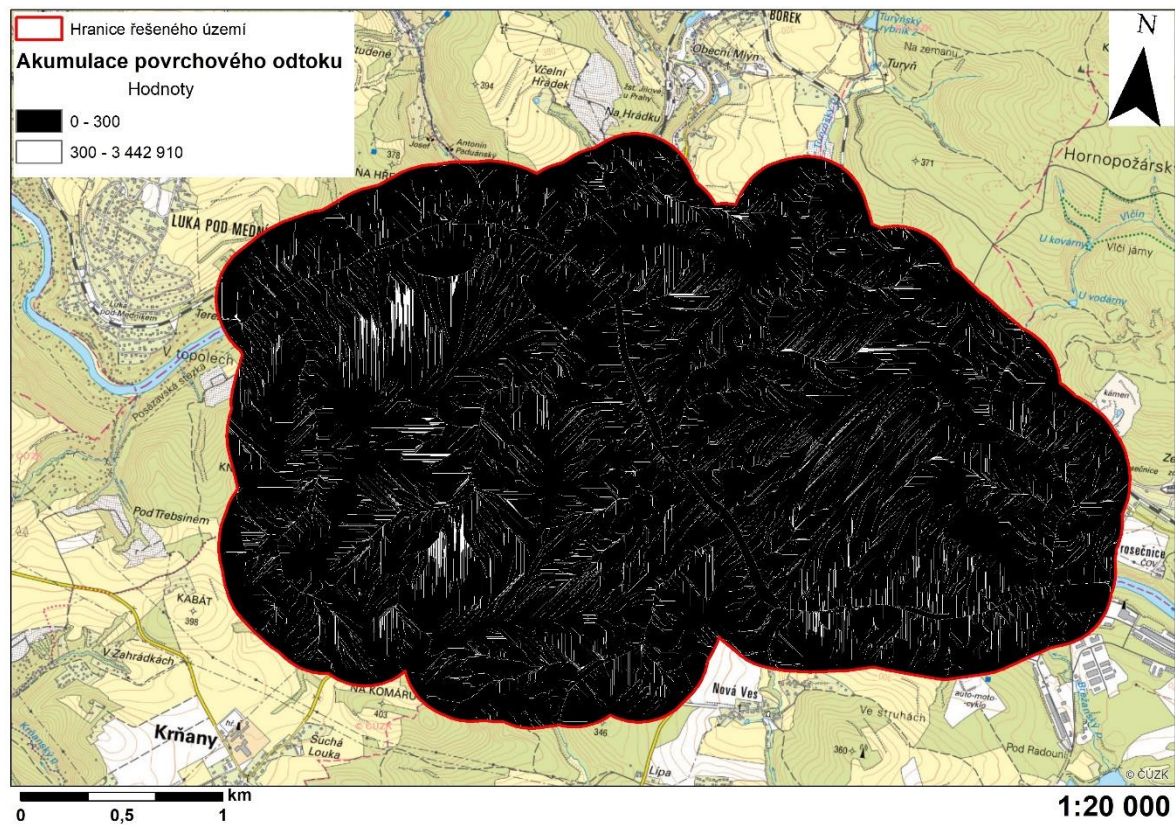
Obr. 20: Sklonitost terénu (práce autora)

Dále jsou pro výpočet LS – faktoru, důležité hydrologické charakteristiky, zvláště akumulace a směr povrchového odtoku. Pomocí funkce *Flow Direction* byl vytvořen rastr povrchového odtoku, vstupní vrstvu zde tvoří digitální model terénu. Výsledný rastr znázorňuje směr povrchového odtoku ze všech jednotlivých buněk (obr. 21).

Pro vytvoření rastru akumulace povrchového odtoku, kde výsledek každé jednotlivé buňky zobrazuje součty všech buněk do ní „přitékající“, byl vytvořen funkcí *Flow Accumulation* z předchozí rastru povrchového odtoku (obr. 22). Hodnota buňky buňky byla zvolena nastavením *INTEGER* na celá čísla.



Obr. 21: Směry povrchového odtoku (práce autora)



Obr. 22: Akumulace povrchového odtoku (práce autora)

5.5 FAKTOR EROZNÍ ÚČINNOSTI DEŠTĚ

Hodnota R – faktoru se stanovila za pomoci metodiky (Janeček a kol., 2012) na 40 MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹, což vyjadřuje průměrnou hodnotu erozní účinnosti deště pro většinu zemědělských ploch na území ČR.

5.6 FAKTOR DÉLKY A SKLONU SVAHU

Při výpočtu topografického faktoru byl použit vzorec dle Mitášové (1996):

$$LS = \left(\frac{A}{22,13} \right)^m * \left(\frac{\sin(s)}{0,0896} \right)^n$$

Rovnice č. 8: Výpočet LS-faktoru (Janeček a kol., 2008)

kde:

A... specifická přispívající plocha v místě

s... sklon terénu v místě (rad)

m, n... kalibrační koeficienty

22,13... délka standardního pozemku

0,0896... sklon standardního pozemku

Aby byl získán LS faktor (topografický model) bylo nutné nejdříve vytvořit tyto rastry: digitální model terénu, sklonitost terénu, akumulace a směr povrchového odtoku (viz. kapitola 5.4). Za pomoci funkce *Raster calculator*, byl proveden samotný výpočet topografického faktoru. V této funkci byl použit vzorec Mitášové, tvar vzorce byl zapsán takto:

Power (FlowAccumulation*resolution/22.13,0.56) *Power (Sin (Slope*0.01745) /0.0896,1.3) *1.56

kde:

FlowAccumulation - rastr akumulace povrchového odtoku

resolution - velikost buňky DMT (v tomto případě 1)

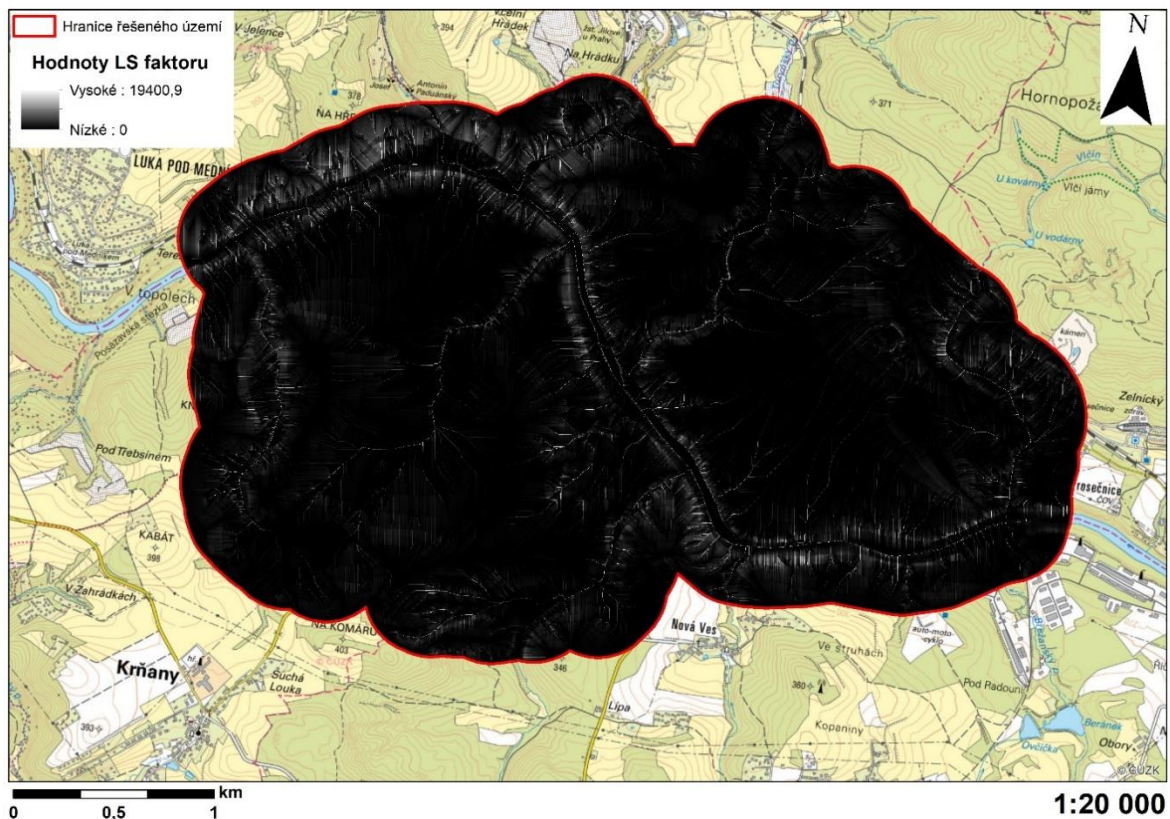
22.13 - délka standardního pozemku

0.56 - kalibrační parametr

Slope - rastr sklonitosti terénu

1.3 - kalibrační parametr

Výpočtem rovnice vzniknul rastr LS-faktoru (obr. 23).

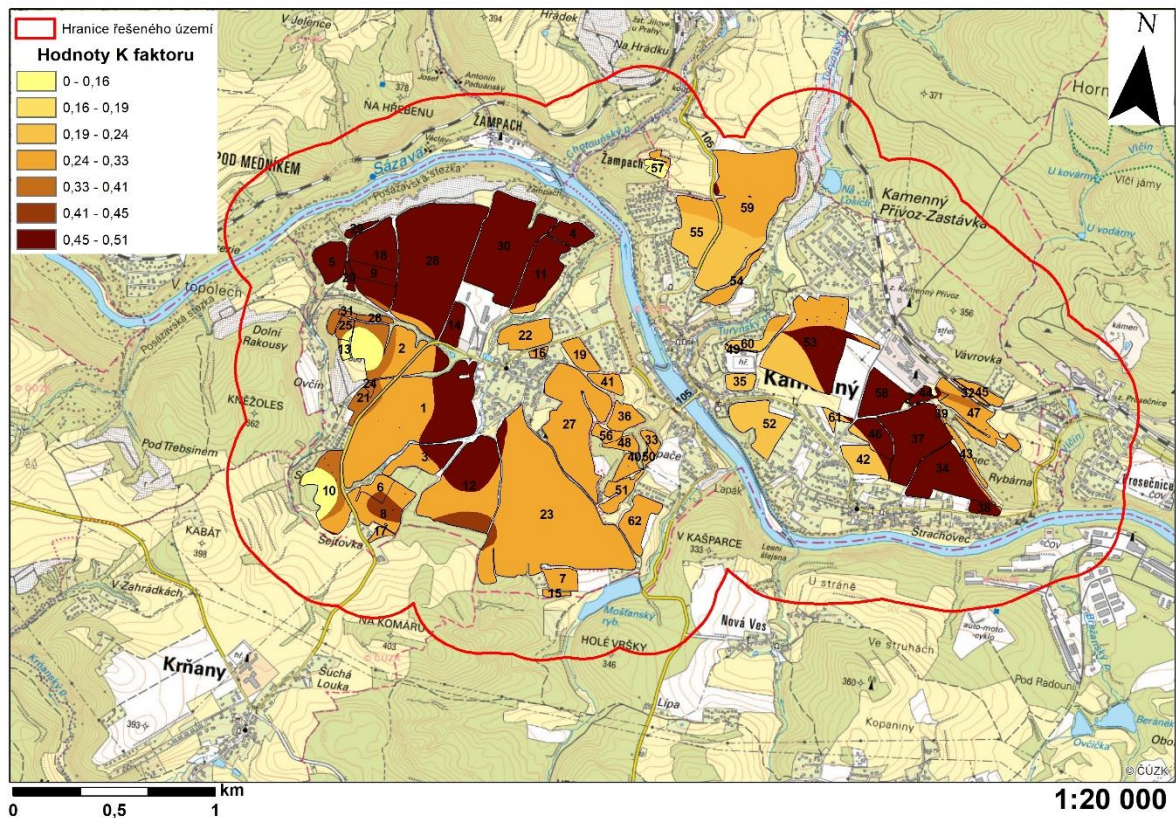


Obr. 23: Topografický faktor (práce autora)

5.7 FAKTOR ERODOVATELNOSTI PŮDY

Hodnota K-faktoru (erodovatelnost půdy) se určila z mapy BPEJ, která je volně ke stažení od Státního pozemkového úřadu. Tato mapa obsahuje informace o celé ČR, aby se získali informace pouze k zájmovému území, byl použit nástroj *Clip*. Následně byl vytvořen sloupec „HPJ“ (Typ: Short Integer) v atributové tabulce, do tohoto sloupce byly zaznamenány hodnoty druhého a třetího čísla kódu BPEJ. Tyto dvě hodnoty určují hlavní půdní jednotku, podle čísla HPJ se určila hodnota K-faktoru podle platné metodiky.

Vzhledem k tomu že území je lokálního charakteru, byly hodnoty K-faktoru ručně zaznamenány do nového sloupce „K“ (Typ: Float), za pomoci funkce *Editor*. Následně funkcí *Feature to raster* byl vytvořen rastr K faktoru (obr. 24).

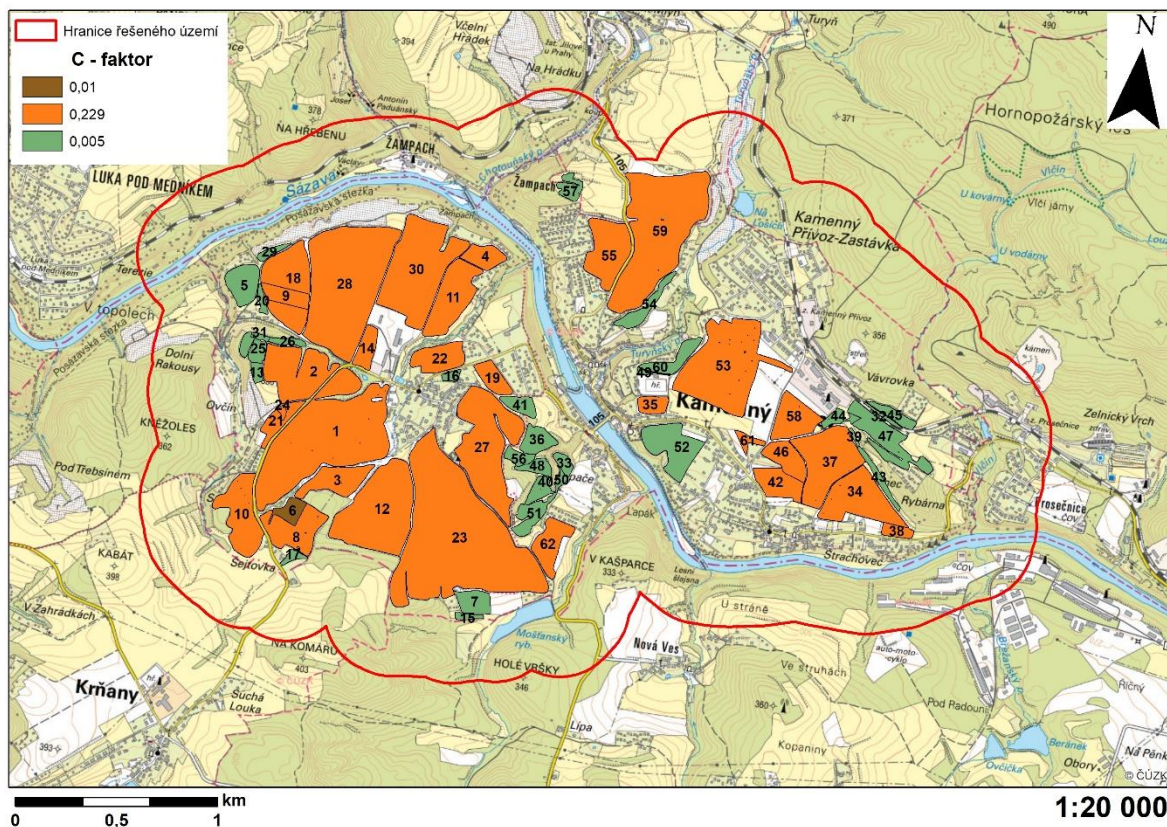


Obr. 24: Faktor erodovatelnosti půdy (práce autora)

5.8 FAKTOR OCHRANNÉHO VLIVU VEGETACE

Na území hospodaří celkem 6 drobných zemědělců a společností. Vzhledem k tomu že se nepodařilo získat osevnické postupy od zemědělců, byl C – faktor, faktor ochranného vlivu vegetace, stanoven podle průměrné roční hodnoty pro jednotlivé klimatické regiony (Kadlec a Toman, 2002).

V území jsou půdní bloky typu standartní orná půda, trvalý travní porost a rychle rostoucí dřeviny. Hodnota C – faktoru pro ornou půdu v 5. klimatickém regionu je 0,229 (obr. 25).



Obr. 25: Faktor ochranného vlivu vegetace (práce autora).

5.9 FAKTOR ÚČINNOSTI PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ

Protože v celém zájmovém území se v současné době nevyskytují žádná protierozní opatření, byla do rovnice USLE, za P – faktor, dosazena hodnota 1.

5.10 ROVNICE USLE

Každý, doposud vytvořený rastr byl vložen do funkce *Raster calculator* v podobě této rovnice:

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

Rovnice č. 1: Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí dle Wischmeiera a Smithe

kde:

40... hodnota R faktoru

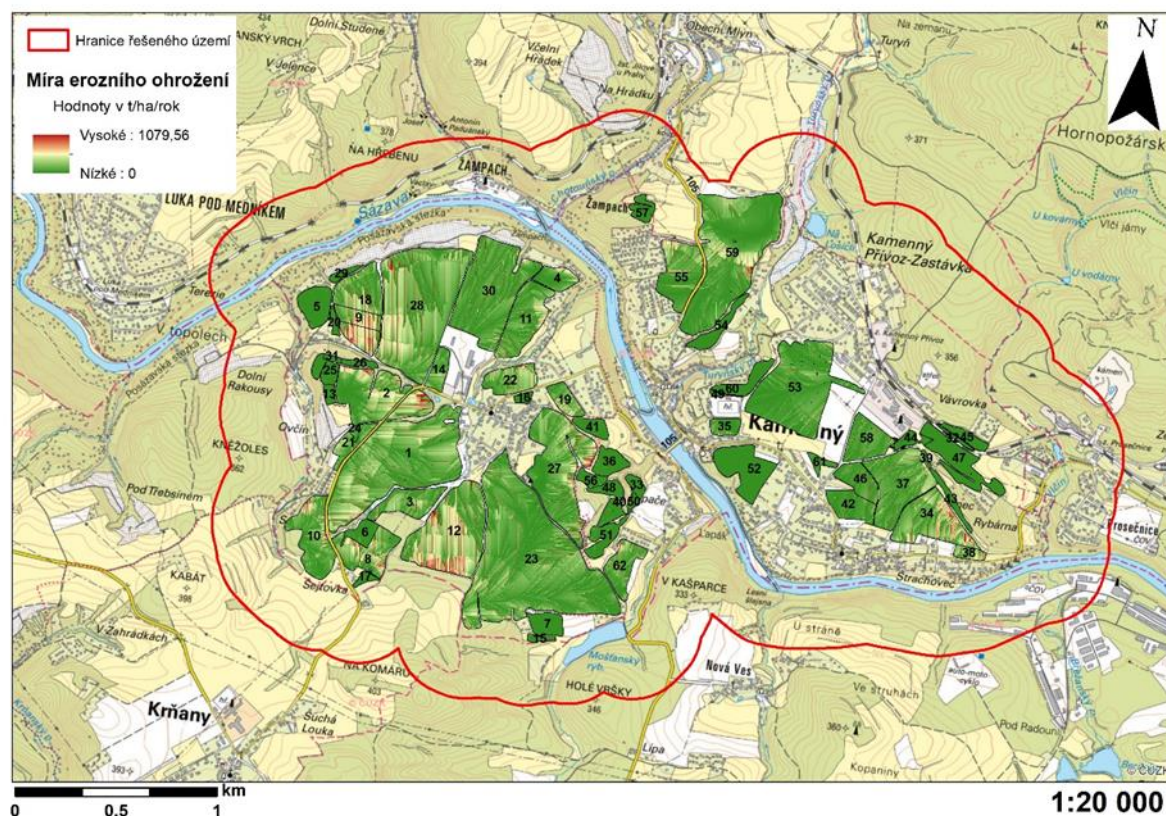
K... rastr LS faktoru

C... rastr C faktoru

1... hodnota P faktoru

Funkcí *Raster calculator* vznikl rastr (obr. 26), který představuje pro každou jednotlivou buňku tohoto rastru míru ohrožení vodní erozí.

Pomocí funkce *Zonal Statistics* se získá rastr o ohroženosti vodní erozí pro jednotlivé půdní bloky. Vstupními parametry byly vrstva půdních bloků, která určuje míru erozního ohrožení a oblast výpočtu každé buňky. Tím byl vytvořen rastr (obr. 27) průměrné ztráty půdy vodní erozí v t/ha/rok pro každý pozemek, kde byly hodnoty rozděleny do 3 intervalů.

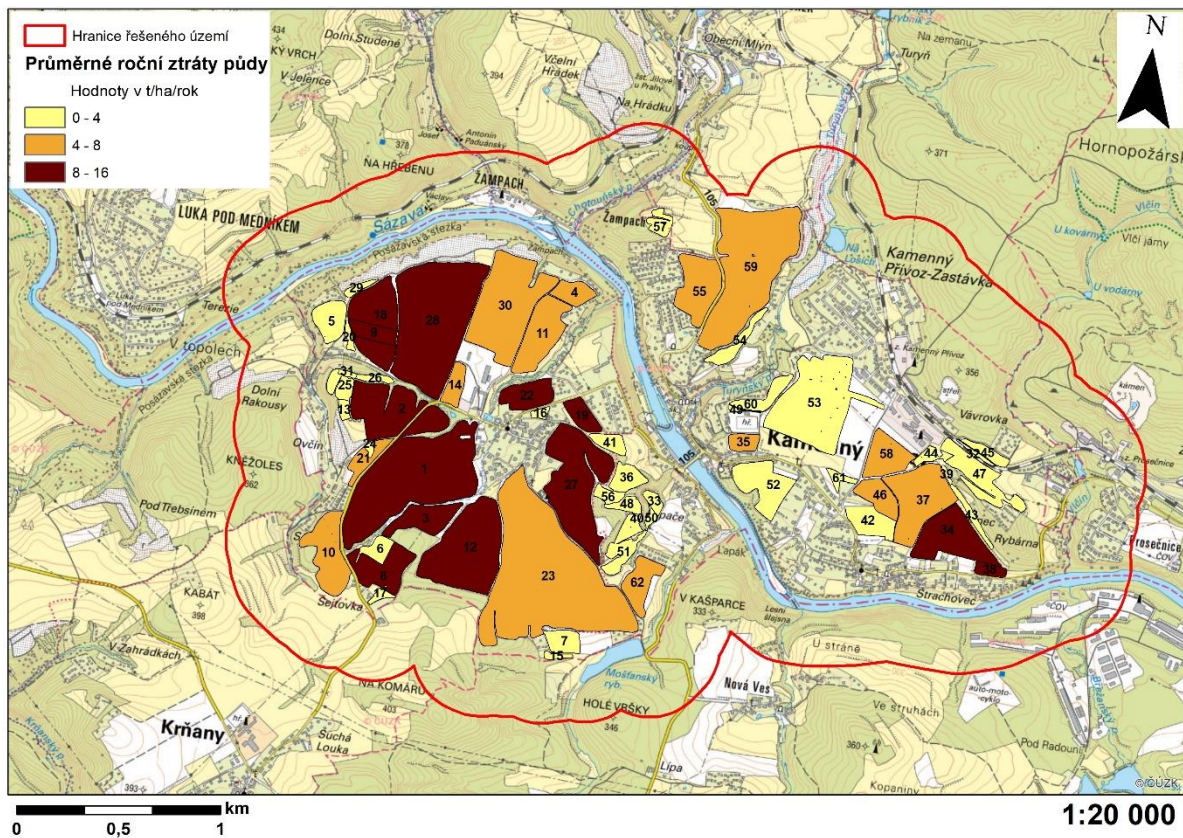


Obr. 26: Míra erozního ohrožení pro každou buňku (práce autora)

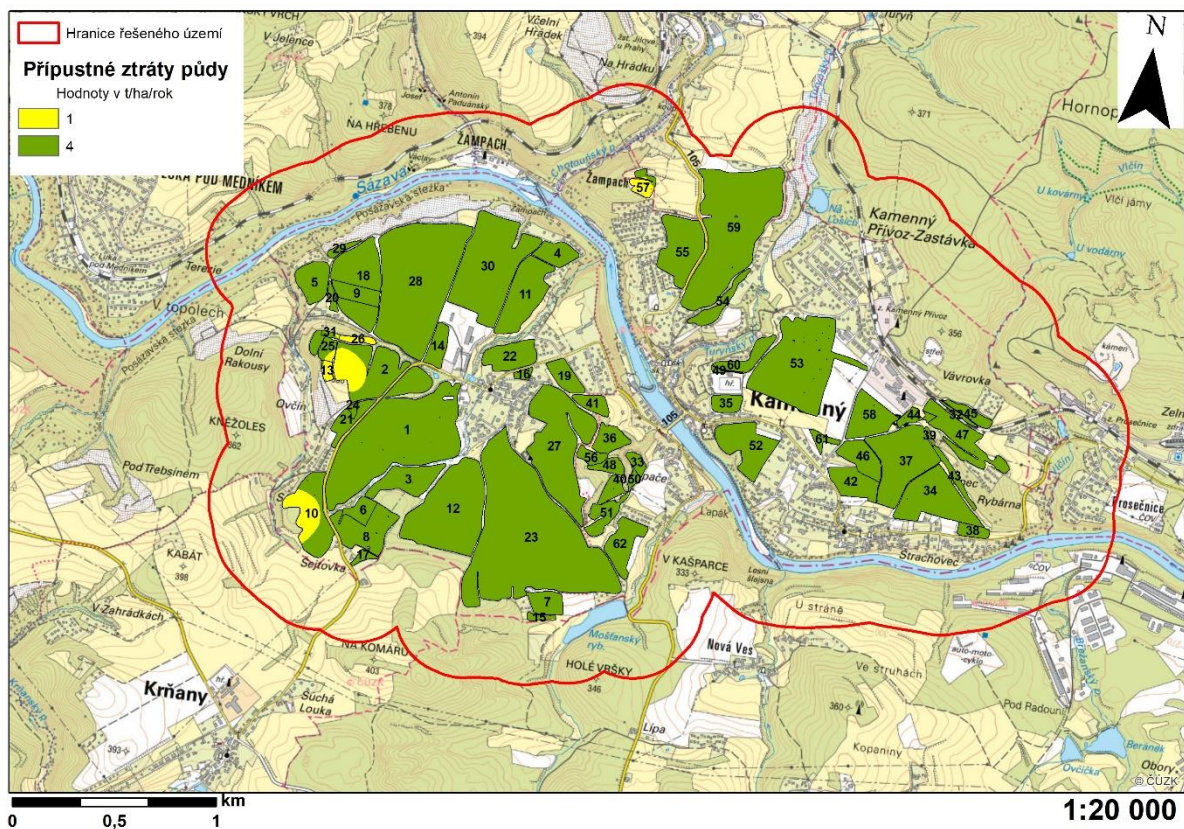
5.11 PŘÍSTUPNÉ ZTRÁTY PŮDY

Aby se správně vyhodnotily výsledky, bylo nutné porovnat průměrnou roční ztrátu půdy s výší přípustné ztráty půdy posuzovaných půdních bloků. Tato hodnota se zjišťuje podle 5. číslice BPEJ.

V půdních blocích převažují hodnoty, které jsou dány pro půdy středně hluboké (s hloubkou od 30 cm do 60 cm) a hluboké (s hloubkou nad 60 cm) a přípustnou roční ztrátou půdy ve výši 4. t/ha/rok. Půdní bloky a jejich BPEJ je znázorněno na obrázku 28.



Obr. 27: Hodnoty průměrné roční ztráty půdy (práce autora)



Obr. 28: Přípustné ztráty půdy (práce autora)

6 VÝSLEDKY PRÁCE

Výsledky, které vzešly z praktické části, představují hodnoty průměrné roční ztráty (t/ha/rok) na vybraných půdních blocích. Z celkových 62 půdních bloků vykázalo vysokou míru erozního ohrožení 27 půdních bloků (tab. 7). Tento výsledek vyplynul z porovnání hodnot výsledných hodnot z rastrových analýz a maximální přípustné ztráty půdy. Kromě čtyř půdních bloků byla maximální přípustná ztráta půdy na veškerých zájmových půdních blocích stanovena na 4 t/ha/rok, a ty půdní bloky které tuto hranici přesáhly, byly kvalifikovány jako ohrožené.

Označení půdního bloku	Hodnoty průměrné roční ztráty půdy v t/ha/tok	Označení půdního bloku	Hodnoty průměrné roční ztráty půdy v t/ha/tok	Označení půdního bloku	Hodnoty průměrné roční ztráty půdy v t/ha/tok
1	10,21	22	11,56	43	0,38
2	9,95	23	5,75	44	0,19
3	8,14	24	3,59	45	0,12
4	5,84	25	0,28	46	5,27
5	0,23	26	0,58	47	0,11
6	0,71	27	8,77	48	0,44
7	0,34	28	11,35	49	0,01
8	13,33	29	0,39	50	0,07
9	18,75	30	5,33	51	0,48
10	6,83	31	0,55	52	0,11
11	6,81	32	0,07	53	3,41
12	17,68	33	0,16	54	0,11
13	0,24	34	14,23	55	7,43
14	5,51	35	4,18	56	0,61
15	0,15	36	0,35	57	0,25
16	0,22	37	6,97	58	5,44
17	0,05	38	14,42	59	5,11
18	15,48	39	0,22	60	0,07
19	9,14	40	0,37	61	2,34
20	0,45	41	0,36	62	7,47
21	6,78	42	3,49		

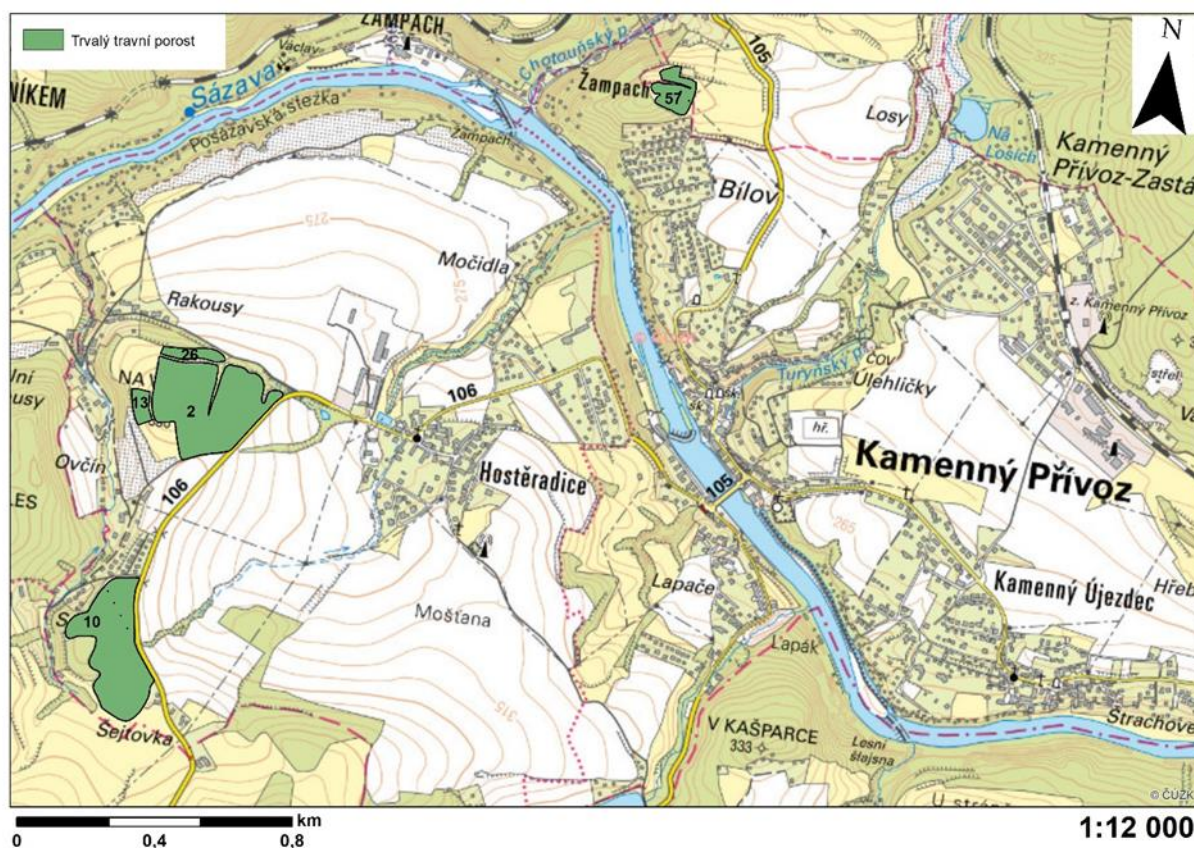
Tab. 7: Výsledné hodnoty průměrné ztráty půdy na řešených půdních blocích (práce autora)

6.1 NÁVRH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ

Návrhy protierozních opatření byly rozděleny do 3 případů podle místa umístění. Do prvního případu spadají půdní bloky č. 4, 9, 11, 28 a 30, tyto půdní bloky se nacházejí v lokaci nad obcí Hostěradice. Druhý případ, půdní bloky č. 1 a 3 se nacházejí přímo u obce Hostěradice. Třetí případ jsou ostatní půdní bloky, u kterých byla změněna hodnota C-faktoru.

- **Půdní bloky č. 2, 10, 13, 26, 57**

U těchto půdních bloků byla určena maximální přípustná ztráta půdy 1 t/ha/rok, a proto dle metodiky „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ (Janeček a kol.,2012) byly převedeny na TTP (obr. 29).

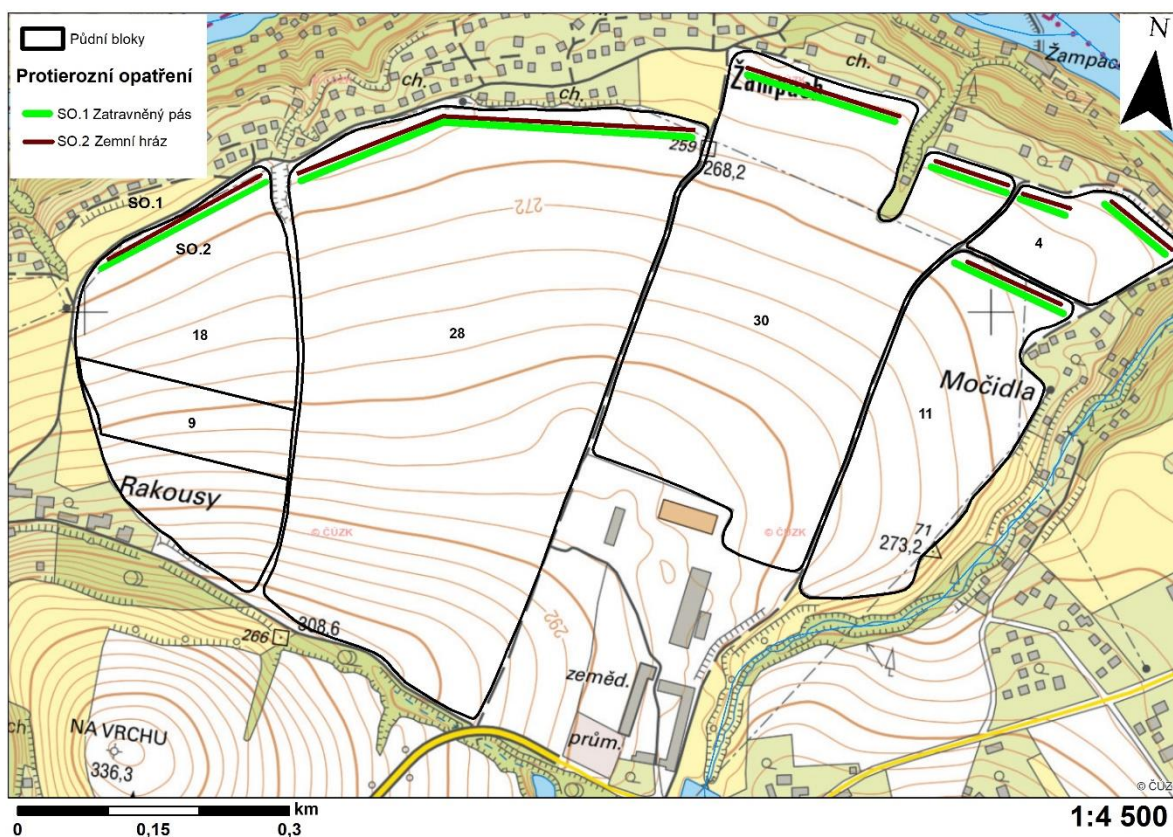


Obr. 29: Převedené půdní bloky č. 2, 10, 13, 26, 57 na TTP (práce autora)

- **Půdní bloky č. 4, 9, 11, 18, 28, 30**

U půdních bloků č. 4, 9, 11, 18, 28, 30 (obr. 30) které se nacházejí u obce Hostěradice, nad chatářskou oblastí u řeky Sázavy, byl v nejspodnější části navržen zatravněný pás SO.1 v šířce 20 m a zemní hráz SO.2. Celková délka zatravněného pasu na všech pozemcích činí 1 210 m, jelikož zemní hráz kopíruje délku zatravněného pasu, délka je také 1 210 m.

Zatravněný pás je v tomto případě ochranný pás (který se zpravidla navrhuje nad liniovými prvky), zachycuje splaveniny nesených odtokem. Zemní hráz slouží k akumulaci erozního odtoku z pozemků. Hráze nejsou vybaveny výpustným zařízením, který odvádí povrchový odtok, ale jsou dimenzovány tak, aby zachytily veškerý povrchový odtok a umožnily postupně infiltrovat vodu.

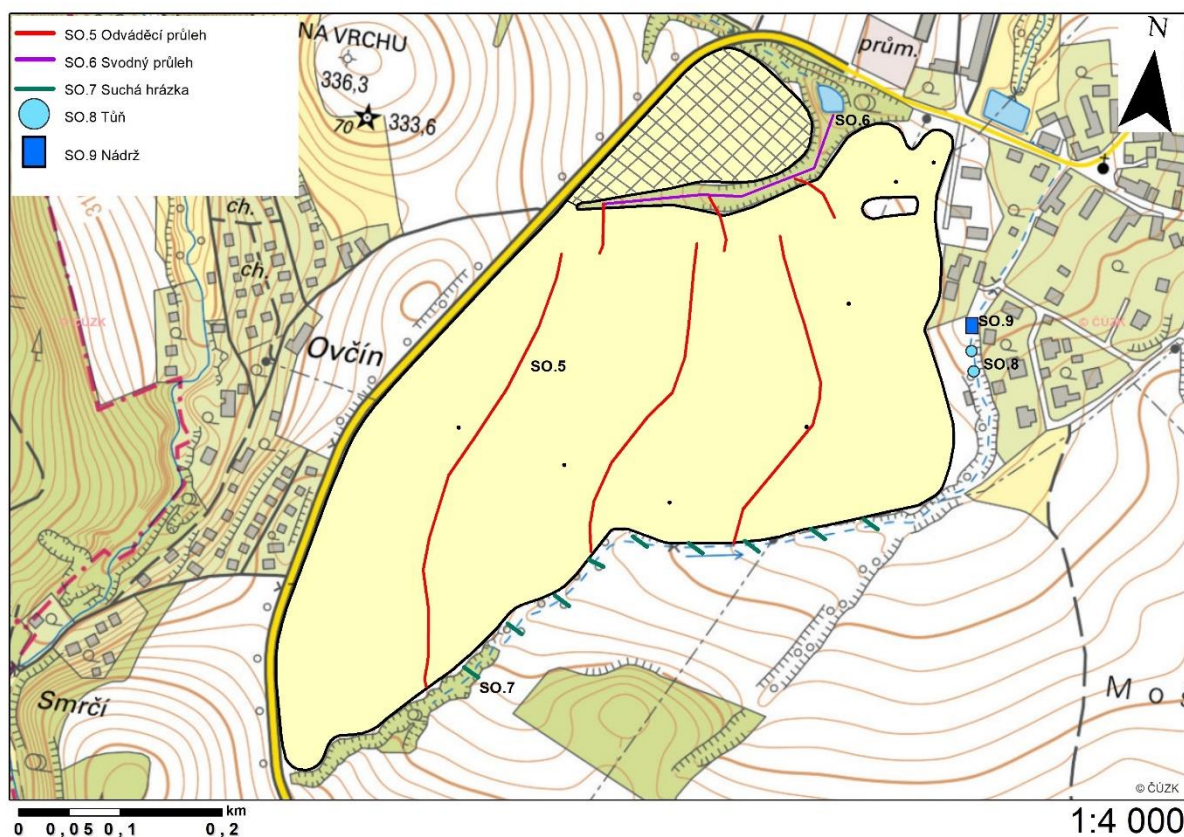


Obr. 30: Návrh protierozních opatření u půdních bloků č. 4, 9, 11, 18, 28, 30 (práce autora)

- **Půdní blok č. 1**

Půdní blok č. 1 (Obr. P1) představují největší hrozbu pro obec Hostěradice. Zde bylo třeba komplexnějšího opatření (obr. 31).

Na tomto pozemku byli navrženy odváděcí průlehy SO.1, které byly umístěny 165 m od sebe (délka byla vypočítána ze vzorce dle Wischmeiera a Smithe (viz. kapitola Rovnice USLE). Tato hodnota byla zaokrouhlena z důvodu zachování možnosti vjezdu zemědělských strojů, která činí 22 m. Průlehy SO.1 odvádí, veškerý povrchový odtok do potoka který vede, podél hranice půdních bloků č. 1 a 3. Průlehy byly navrženy s podélným sklonem a příčným profilem s nezpevněným dnem. Aby potok nebyl předimenzován byly navrženy ochranné hrázky SO.7 v délce 50 m od sebe, které zachycují část povrchového odtoku, ideálním materiálem pro tyto hrázky jsou dřevěné kulatiny. Byly navrženy tůň, jejichž účelem je retence, akumulace vody a zlepšení jakosti vody. Nádrž je dimenzována, aby zachytila veškerý povrchový odtok, měla by pojmout povodňovou vlnu. V nádrži není žádné vypustné zařízení z důvodu, aby se povodňová vlna mírnila. Zašrafovaná severní část pozemku, by byla vhodná zatravnit, z důvodu svojí menší velikosti. Navržení technických opatření by pro zemědělce znamenalo velmi těžko na této části vhodně hospodařit.



Obr. 31: Návrh protierozního opatření u půdního bloku č.1 (práce autora)

- **Půdní blok č. 3**

U tohoto půdního bloku byly navrženy dvě varianty řešení protierozních opatření.

Varianta I.

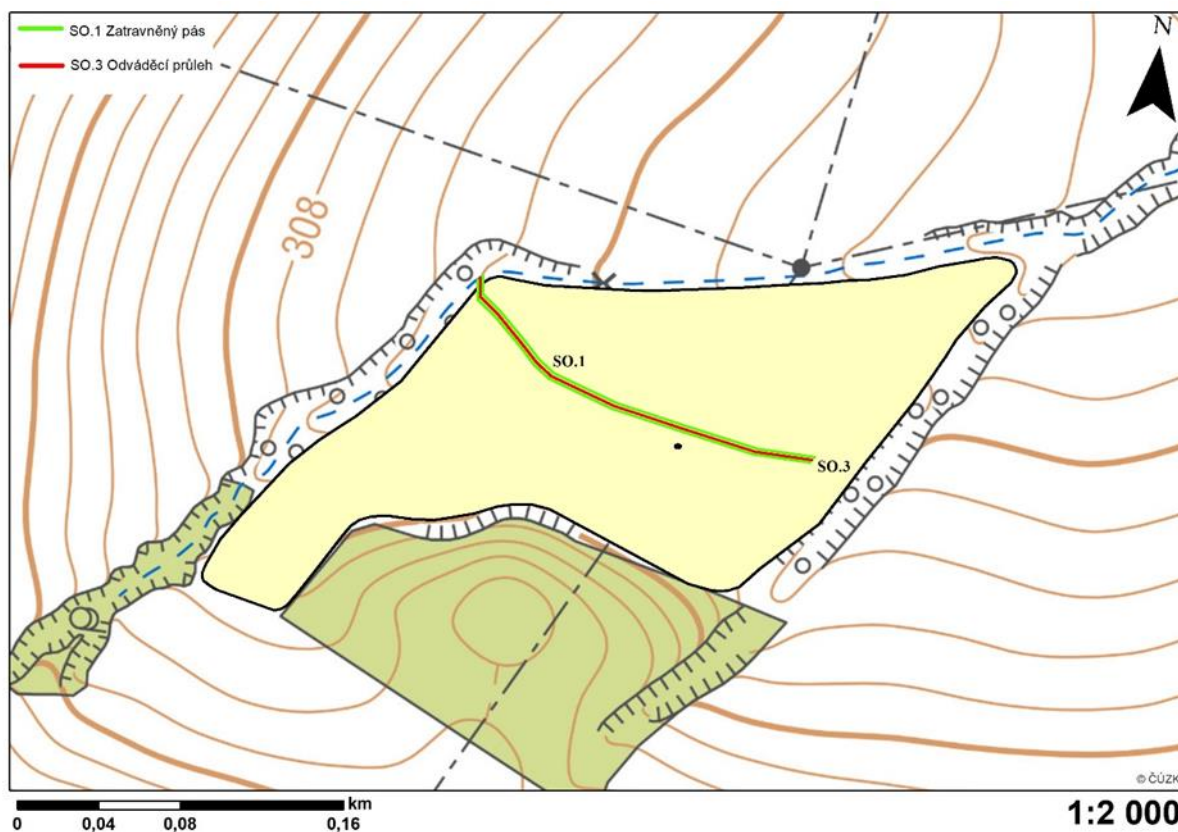
První varianta spočívá v převedení pozemku na TTP (trvalý travní porost). Touto možností se sníží C-faktor z orné půdy na travní porost a tím se sníží výsledná ztráta půdy. Hodnota C-faktoru by činila 0,005 (dle Přílohy č. 1).

Varianta II.

Druhá varianta spočívá v kombinaci technických a agrotechnických opatření. Na obr. 32 je vidět návrh této varianty. V polovině pozemku byl navržen odváděcí průleh SO.3, okolo kterého je zatravněný pás SO.1, který odvádí povrchový odtok do potoku. Samotný průleh by měl být doprovázen dodatečným agrotechnickým opatřením typu mulčování či strip-till.

Mulčování je takové agrotechnické opatření, při kterém se travní porost poseče na drobné kousky a zůstává ležet na pozemku.

Strip-till je technologie pásového zpracování půdy se půda zpracovává vertikálně a střídavě. Vzniká tak zpracovaný a nezpracovaný pás. Do zpracovaného pásu se ukládá osivo, zatímco v nezpracovaném, takzvaném meziřadí, se většinou nachází posklizňové zbytky a meziplodina – tento, prostor vytváří vhodné podmínky pro eliminaci výparu půdní vláhly a přispívá k omezení vzcházivosti plevelů.



Obr. 32: Půdní blok č. 3, varianta II. (práce autora)

- **Půdní bloky č. 8, 12, 14, 19, 21, 22, 23, 27, 34, 35, 37, 38, 46, 55, 58, 59, 62**

V případě těchto půdních bloků (půdní blok č. 27 viz obr. P2 a půdní blok č. 59 viz. obr. P4), byl navržen nový osevní postup, díky kterému byla snížena hodnota dlouhodobé ztráty půdy. V tabulce 7, je vidět v druhém sloupci původní hodnotu C-faktoru, která byla stanovena dle klimatického regionu na 0,229. Ve třetím sloupci vidíme výslednou hodnotu ztráty půdy v t/ha/rok, která byla získána z rastrových analýz. Čtvrtý sloupec ukazuje hodnoty C-faktoru po aplikaci navrženého protierozního postupu. V pátém sloupci je vidět výsledná hodnota ztráty půdy, která vznikla v důsledku změny C-faktoru.

Půdní blok č.	Původní hodnota C-faktoru	Výsledná hodnota ztráty půdy v t/ha/rok	Hodnota C-faktoru protierozního osevního postupu	Výsledná hodnota ztráty půdy po aplikaci protierozního postupu v t/ha/rok
8	0,229	17,65	0,091	3,33
12	0,229	8,77	0,095	3,66
14	0,229	5,54	0,15	3,63
19	0,229	9,14	0,099	3,98
21	0,229	6,78	0,102	2,92
22	0,229	5,84	0,075	3,77
23	0,229	5,75	0,125	3,04
27	0,229	8,77	0,095	3,66
34	0,229	6,85	0,051	3,11
35	0,229	4,18	0,21	3,83
37	0,229	6,97	0,13	3,87
38	0,229	5,33	0,06	3,75
46	0,229	5,27	0,146	3,26
55	0,229	7,43	0,127	3,79
58	0,229	5,44	0,156	3,69
59	0,229	5,11	0,187	3,92
62	0,229	7,47	0,081	2,66

Tab. 8: Změna hodnoty C-faktoru u vybraných půdních bloků (práce autora)

7 DISKUSE

Tato diplomová práce analyzuje území, pomocí matematického modelu, při kterém mohlo nastat množství chyb.

Při výpočtu rovnice USLE pro dané území, byl zvolen faktor erozní účinnosti deště v hodnotě $40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$. Ovšem tato hodnota nemusí být správná. V dnešní době, kdy přichází změna klimatu, se mění rozložení srážek během roku. Například v letních měsících je větší pravděpodobnost přívalových srážek, podobné chyby mohou mít za následek, že hodnota R-faktoru může být podhodnocená či nadhodnocená.

Během výpočtu LS-faktoru (topografický faktor) mohlo dojít ke zkreslení vstupních dat. Rastry, které slouží k výpočtu topografického faktoru (digitální model terénu, sklonitosti terénu, akumulace a směr povrchového odtoku), mohly být chybně zpracovány v programu ArcGIS (chyba v programu, špatně zvolené hodnoty) či řešitel mohl vytvořit řadu chyb. Data, která jsou nutná k vytvoření těchto rastrů mohla být špatně zpracována pracovníky institucí, ze kterých pochází (ČÚZK, Veřejný registr půdy apod.). Tudíž opět by mohla být výsledná hodnota topografického faktoru podhodnocená či nadhodnocená. Pro přesnější hodnoty by bylo zapotřebí vykonat terénní průzkum.

Hodnota C-faktoru (ochranný vliv vegetace) byla dána dle klimatického regionu, tato hodnota ovšem nemusí být úplně přesná. Pro získání přesné hodnoty je nutné získat osevnické postupy. K této práci nedošlo ze strany obhospodařujících zemědělců k jejich zaslání.

Stav technického protierozního opatření může být také velký problém. Například zemní hráz u opatření půdních bloků č. 4, 9, 11, 18, 28, 30 nemusí být správně dimenzována na množství vody.

Navržené průlehy taktéž představují problém, mohla vzniknout matematická chyba při jejich výpočtu, přesnost délky zemědělských strojů (22 m) může být také diskutabilní.

U návrhu opatření u půdního bloku č. 1, objekty na vodním toku mohou být špatně dimenzovány, a při nárazových srážkách (například stoletá voda) se poničí a vodní tok zaplaví intravilán obce.

8 ZÁVĚR

Půdu vnímáme jako nesmírně důležitou složku životního prostředí. Převážně v zemědělství je půda nezbytný nástroj pro jeho fungování. Aby půda neztratila své veškeré funkce, tak je třeba půdu chránit. Vodní eroze nejvíce škodí na zemědělských půdách jak v ČR, tak po celém světě. Proto je nutné provádět monitoring vodní eroze a usilovat o eliminaci jejích účinků.

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnocení míry erozního ohrožení na vybraných půdních blocích v obci Kamenný Přívoz. Na 62 půdních blocích bylo zjišťováno působení vodní eroze.

Analýza ohroženosti byla provedena podle metodiky „Ochrana zemědělských půd před erozí“ (Janeček a kol., 2012) za využití Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE). Získané informace o zájmovém území, byly zpracovány a připraveny v programu ArcGIS. Dále byl v programu ArcGIS též proveden výpočet rovnice USLE, z kterého vzešly výsledky, které byly zapsány do dokumentu MS Word.

Aby půdní bloky mohly spadat do ohrožených, byly získané hodnoty porovnávány s přípustnou ztrátou půdy, ta byla v zájmovém území stanovena na 4 t/ha/rok pro ornou půdu a pro TTP 1 t/ha/rok. Z celkového množství 62 sledovaných půdních bloků je erozně ohroženo 27. Půdní bloky jejichž hodnota ztráty půdy nepřekročila uvedenou hodnotu přípustné ztráty půdy, byly označeny za neohrožené.

Aby se snížila ztráta půdy na ohrožených půdních blocích byla navržena vhodná protierozní opatření. Přesněji bylo navrženo převedení typu z orné půdy na TTP u 5 pozemků, změna faktoru ochranný vliv vegetace u 17 půdních bloků, u zbývajících půdních bloků došlo k navržení technických a agrotechnických opatření.

Můžeme tvrdit, že pokud se budou dodržovat všechna navržená protierozní opatření, která jsou ekonomicky méně náročná, tak v obci Kamenný Přívoz by se neměl vyskytovat jediný půdní blok, na kterém by byla překročena přípustná hodnota ztráty půdy, způsobená vodní erozí.

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: BPEJ kód

Obrázek č. 2: Třídy ochrany ZPF

Obrázek č. 3: Potencionální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí

Obrázek č. 4: Schéma působení erozních faktorů při vodní erozi

Obrázek č. 5: Potencionální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí

Obrázek č. 6: Nomogram pro určení K-faktoru

Obrázek č. 7: Protierozní průleh

Obrázek č. 8: Protierozní nádrž

Obrázek č. 9: Protierozní terasy

Obrázek č. 10: Hranice obce Kamenný Přívoz

Obrázek č. 11: Hydrologické poměry v obci Kamenný Přívoz

Obrázek č. 12: Pedologické poměry v obci Kamenný Přívoz

Obrázek č. 13: Geomorfologické poměry v obci Kamenný Přívoz

Obrázek č. 14: Lom Krhanice

Obrázek č. 15: Funkce Buffer

Obrázek č. 16: Vymezení řešeného území – Buffer 300 metrů

Obrázek č. 17: Přehled vymezených půdních bloků

Obrázek č. 18: Funkce TIN to raster

Obrázek č. 19: Digitální model terénu

Obrázek č. 20: Sklonitost terénu

Obrázek č. 21: Směry povrchového odtoku

Obrázek č. 22: Akumulace povrchového odtoku

Obrázek č. 23: Topografický faktor

Obrázek č. 24: Faktor erodovatelnosti půdy

Obrázek č. 25: Faktor ochranného vlivu vegetace

Obrázek č. 26: Míra erozního ohrožení pro každou buňku

Obrázek č. 27: Hodnota průměrné roční ztráty půdy

Obrázek č. 28: Přípustné ztráty půdy

Obrázek č. 29: Převedené půdní bloky č. 2, 10, 13, 26, 57 na TTP

Obrázek č. 30: Návrh protierozních opatření u půdních bloků č. 4, 9, 11, 18, 28, 30

Obrázek č. 31: Návrh protierozního opatření u půdního bloku č. 1

Obrázek č. 32: Půdní blok č. 3, varianta II.

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Průměrné rozdělení R faktoru do měsíců dle vegetačního období

Tabulka č. 2: Hodnoty K-faktoru dle HPJ

Tabulka č. 3: Průměrné hodnoty ročního faktoru C dle klimatického regionu

Tabulka č. 4: Hodnoty P faktoru

Tabulka č. 5: Vyhodnocení rovnice USLE

Tabulka č. 6: Přehled druhů pozemků v obci Kamenný Přívoz

Tabulka č. 7: Výsledné hodnoty průměrné ztráty půdy na řešených půdních blocích

Tabulka č. 8: Změna hodnoty C-faktoru u vybraných půdních bloků

11 SEZNAM ROVNIC

Rovnice č. 1: Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí

Rovnice č. 2: Rovnice pro výpočet R-faktoru

Rovnice č. 3: Rovnice pro výpočet kinetické energie deště

Rovnice č. 4: Rovnice pro výpočet R-faktoru

Rovnice č. 5: Vzorec pro výpočet K-faktoru

Rovnice č. 6: Výpočet L-faktoru

Rovnice č. 7: Výpočet S-faktoru

Rovnice č. 8: Výpočet LS-faktoru

12 Přehled použité literatury a zdrojů

Literární zdroje

- 1) BADALÍKOVÁ, B., HRUBÝ J. 2009: Využití netradičních meziplodin při protierozní ochraně půdy. Zemědělský výzkum, spol. s.r.o., Troubsko, 10 s.
- 2) CÁBLÍK J., JŮVA K., 1963: Protierozní ochrana půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 324s.
- 3) DAMOHORSKÝ M., 2010: Právo životního prostředí. C. H. Beck, Beckovy právnické učebnice, 3. vydání, Praha, 630 s.
- 4) DUFKOVÁ J., 2007: Krajinné inženýrství. Mendelovu zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 206 s.
- 5) DUFKOVÁ J., TOMAN F., ŠŤASTNÁ M., 2005: Srovnání metod stanovení faktoru erodovatelnosti půdy. Acta univ. Agric. Et silvic. Mendel. Brun., LIII, No. 5., 197 – 206 s.
- 6) HAUPTMAN I., KUKAL Z., POŠMOURNÝ K., 2009: Půda v České republice, 255 s.
- 7) HEJDUK, S., 2008: Význam zatravnění meziřadí v ovocných sadech a vinohradech. Praha: In zahradnictví, 2008
- 8) HOLÝ M., 1994: Eroze a životní prostředí. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 383s.
- 9) HORNÍK S., 1986: Fyzická geografie II., Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 319 s.
- 10) JANEČEK a kol., 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita v Praze – FŽP, Praha, 172s.
- 11) JANEČEK a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Česká zemědělská univerzita v Praze – FŽP, Praha, 113s.,
- 12) JELÍNEK J., 1989: Organizace a řízená zemědělské výroby. Praha, 144 s.
- 13) KADLEC M., TOMAN F., 2002: Závislost faktoru protierozní účinnosti vegetačního pokryvu C na klimatickém regionu. In: Bioklima-Prostředí-Hospodářství. Brno: Mendelova univerzita, 544 – 550 s.
- 14) KADLEC V., DOSTÁL T., VRÁNA K., et al., 2014: Navrhování technických protierozních opatření: metodika. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-87361-29-0.

- 15) KOZLÍK K., a kol., 1961: Ochrana pody pred vodnou eróziou. Slovenské vydavateľstvo podohospodárskej literatúry, Bratislava, 228 s.
- 16) KUBÁTOVÁ E., 2001: Protierozní ochrana pôdy – cvičení. Česká zemědělská univerzita v Praze, 51s.
- 17) KUKAL, Z., 1964: Geologie recentních sedimentů. Praha, 441 s.
- 18) McCOOL D. K., 2002: Erosion, snowmelt - Encyclopedia of soil science. Dekker, Columbus in Ohio
- 19) MORGAN R. P. C., 2005: Soil erosion and conservation. Blackwell Publishing Ltd, National Soil Resources Institute, Cranfield University, UK
- 20) MITÁŠOVÁ H., a kol., 1996: Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. International Journal of Geographic Information Systems, vol. 10, No. 5, s. 629-641
- 21) MILERSKI, R., MIČÍN J., VESELÝ J., 2005: Vodohospodářské stavby. Brno, 105 s.
- 22) NASER E. S., VALEO C., HABIB A., 2005: Digital Terrain modelin – acquisition, manipulation and applivations. Arch House.
- 23) NĚMEC J., 2001: Bonitace a oceňování zemědělské půdy ČR, 257 s., Praha Planeta, ročník 12, 11/2004.
- 24) NOVOTNÝ I. a kol., 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi. Mze, Praha, 73 s.
- 25) OSMAN K. T., 2014: Soil Degradation, Conversation and Remediation. University of Chittagong. Springer Science Business Media Dordrecht
- 26) PAVLŮ L., 2018: Základy pedologie a ochrany půdy. Česká zemědělská univerzita v Praze – Katedra pedologie a ochrany půdy, Praha
- 27) PASÁK V. a kol., 1984: Ochrana půdy před erozí. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 160 s.
- 28) RENARD K., G., 1997: Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE. Agriculture Handbook 703, USDA-ARS
- 29) ŘEZNÍČKOVÁ, D., 2003: Země: poznáváme naši planetu. Fortuna Print, Praha, 73 s.
- 30) SÁŇKA, M., MATERNA, J . 2004. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd v ČR. Edice Planeta, ročník 12, 11/2004, 84 s.

- 31) SKLENIČKA P., 2003: Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Praha, 321 s.
- 32) STŘEDOVÁ H., TOMAN F., 2012: Erosion potential of snow cover in the Czech Republic. Acta univ. agric. et silivc. Mendel. Brun., LX, No. 1, 117 -124 s.
- 33) SVATOŠ M., 2018: Ekonomika agrárního sektoru. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 165 s.
- 34) ŠARAPATKA B., 2014: Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci, 1. vydání, Olomouc, 232s.
- 35) TOMAN, R., Vliv klimatických podmínek na výskyt vodní eroze v oblasti Jižní Moravy. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1999. 54 s.
- 36) TOMÁŠEK, M., 2007. Půdy České republiky, Praha: Česká geologická služba,
- 37) VÁRALLYAY, G., 1994. Climate change, soil salinity and alkalinity. In: ROUNSEVELL,
- 38) VLASÁK J., BARTOŠKOVÁ K., 2007: Pozemkové úpravy. České vysoké učení technické v Praze, 168s.
- 39) VOLTR V. a kol., 2011: Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí. Ústav zemědělské ekonomiky a informací Praha, 480 s.
- 40) VOPRAVIL J., VRABCOVÁ T., KHEL T., NOVOTNÝ I., BANÝROVÁ J., 2010: Vývoj a degradace půd v podmínkách očekávaných změn klimatu. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha
- 41) 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, 51 s.
- 42) VRÁBLÍKOVÁ J., VRÁBLÍK P., 2006: Základy pedologie, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, 101 s.
- 43) WILSON J., 1984: Estimating the topographic factor in the universal soil loss equation for watersheds. Journal of soil and water conservation, s. 179 - 184
- 44) WISCHMEIER W. H., SMITH D. D., 1978: Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning (USA). United States. Dept. of Agriculture, Agriculture handbook, USA, 58 s.
- 45) ZACHAR D., 1970: Erózia pôdy. Slovenská akadémia vied, Bratislava, 528 s.

Legislativa

46) MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR: VYHLÁŠKA 327/1998 Sb.

47) ZÁKON č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, v platném znění

48) ZÁKON č. 183/2006 Sb., zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

Online zdroje

49) DIGITÁLNÍ BÁZE VODOHOSPODÁŘSKÝCH DAT – DIBAVOD, 2021: Objekty DIBAVOD shp.. VÚV T. G. Masaryka, 2021, cit. 7.1.2021, Online: <http://www.dibavod.cz/index.php?id=27&PHPSESSID=3f03c76bb7fba862469b7d804ec92a86>

50) ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ, 2021a: k.ú.: Kamenný Přívoz podrobné informace, cit. 5.1.2021 Online: https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SESTAVA:MDR002_XSLT:WEBCUZK_ID:662879

51) ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ, 2021b: k.ú.: Hostěradice podrobné informace, cit. 5.1.2021 Online: https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SESTAVA:MDR002_XSLT:WEBCUZK_ID:662861

52) ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ, 2021c: ZABAGED® Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR4G), cit. 5.1.2021, ZAPŮJČENÁ DATA

53) ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ, 2021d: Katastrální mapa shp., ČÚZK; cit. 5.1.2021; Online: <http://services.cuzk.cz/shp/ku/>

54) HRANICE: Protierozní průleh, cit. 20. 3. 2021, Online: <https://www.mesto-hranice.cz/uzemni-planovani-mapy>

55) KAMENNÝ PŘÍVOZ, cit. 10. 1. 2021, Online: <http://www.kamennyprivoz.cz/>

56) NÁRODNÍ GEOPORTAL INSPIRE, 2021a: WMS služby – Typy půd; Geomorfologické členění, cit. 15.1.2021, Online: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/wms/>

57) NÁRODNÍ GEOPORTAL INSPIRE, 2021b: WMS služby – Typy půd; Geomorfologické členění, cit. 15.1.2021, Online: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/wms/>

- 58) STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD ČR, 2021: Celostátní databáze BPEJ – shapefile akt. k 20.12.2020, cit. 15.1.2021, Online: <http://www.spucr.cz/bpej/celostatni-databaze-bpej>
- 59) PEDOLOGIE ČZU: Elektronický taxonomický klasifikační systém půd ČR: cit. 20. 3. 2021, Online: <https://klasifikace.pedologie.czu.cz/>
- 60) POVODÍ VLTAVY: Plán dílčího povodí Dolní Vltavy, cit. 1.3.2021, Online: <https://www.pvl.cz/planovani-v-oblasti-vod/plany-dilcich-povodi/navrh-planu-dilcich-povodi--2014/plan-dilciho-povodi-dolni-vltavy>
- 61) VEŘEJNÝ REGISTR PŮD - LPIS, 2021: Registr půdy - shp., Ministerstvo zemědělství ČR, cit. 12.2.2021, Online: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>
- 62) VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, v.v.i, 2021: eKatalog BPEJ. VÚMOP, cit. 1.2.2021, Online: <https://bpej.vumop.cz/>
- 63) ZVOLE: Protierozní nádrž, cit. 21. 11. 2021, Online: <http://zitkrajinou.cz/aktuality/ve-zvoli-u-zabrehu-maji-novou-polni-cestu-i-protierozni-retencni-nadrz/>

13 PŘÍLOHY

13.1 PŘÍLOHA 1 – Tabulka hodnot C-faktoru

Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období						
			1	2	3	4	5a	5b	
Obilniny	po 1. roce po jetelovinách	OP St	0,50 0,02	0,55 0,02	0,30 0,02	0,05 0,02	0,20 0,02	0,04 0,02	
	po obilninách	OP St	0,65 0,25	0,70 0,25	0,45 0,20	0,08 0,08	0,25 0,25	0,04 0,04	
	po okopaninách a kukuřici	OP St	0,70 0,70	0,75 0,70	0,50 0,45	0,08 0,08	0,25 0,25	0,04 0,04	
Kukuřice	Sláma předplodiny sklizena	OP	0,70 O K	0,90 O K	0,70 O K	0,35	0,70	0,40	
		St	0,25 0,70	0,25 0,70	0,25 0,55	0,25	0,60	0,30	
	sláma předplodiny nesklizena	OP	0,60 O K	0,75 O K	0,55 O K	0,25 O K	0,60 O K	0,30 O K	
		St	0,04 0,30	0,04 0,25	0,04 0,20	0,05 0,20	0,25 0,40	0,15 0,30	
	do herbicidem umrtveného drnu	víceletých pícnin		0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03
		jílku jako ozimé meziplodiny		0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,10
Brambory, Cukrovka		v přímých řádcích libovolného směru	0,65	0,80	0,65	0,30	0,70		
Vojtěška			0,02						
Jetel červený dvousečný			0,015						
Víceletá tráva, louky			0,005						

Pozn: 5a – sláma sklizena, 5b – sláma ponechána, O – po obilovině, K – po kukuřici, OP – setí do zorané půdy, St – setí do strniště. Hodnoty uvedené jako OK znamenají rozpětí (0,25-0,70 apod.)

Hodnoty faktoru C ochranného vlivu vegetace a použité agrotechniky (zdroj: Janeček a kol., 2012)

13.2 PŘÍLOHA 2 – Charakteristika klimatických regionů

Číselný kód regionů	Symbol regionů	Charakteristika regionů	Suma teplot nad 10°C	Průměrná roční Teplota (°C)	Průměrný roční úhrn srážek v mm	Pravděpodobnost suchých vegetačních období v %	Vláhová jistota
0	VT	velmi teplý, suchý	2800 - 3100	9 - 10	500 - 600	30 - 50	0-3
1	T1	teplý, suchý	2600 - 2800	8 - 9	< 500	40 - 60	0-2
2	T2	teplý, mírně suchý	2600 - 2800	8 - 9	500 - 600	20 - 30	2-4
3	T3	teplý, mírně vlhký	2500 - 2800	(7) 8 - 9	550 - 650 (700)	30 - 40	4-7
4	MT 1	mírně teplý, suchý	2400 - 2600	7 - 8,5	450 - 550	30 - 40	0-4
5	MT 2	mírně teplý, mírně vlhký	2200 - 2500	7 - 8	550 - 650 (700)	15 - 30	4-10
6	MT 3	mírně teplý (až teplý), vlhký	2500 - 2700	7,5 - 8,5	700 - 900	0 - 10	> 10
7	MT 4	mírně teplý, vlhký	2200 - 2400	6 - 7	650 - 750	5 - 15	> 10
8	MCH	mírně chladný, vlhký	2000 - 2200	6 - 7	700 - 800	0 - 5	> 10
9	CH	chladný, vlhký	pod 2000	< 5	> 800	0	> 10

13.3 PŘÍLOHA 3 – Vlastní fotodokumentace



Obr. P1: Půdní blok č. 1



Obr. P2: Půdní blok č. 27



Obr. P3: Půdní blok č. 53



Obr. P4: Půdní blok č. 59