

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY



**POSOUZENÍ MÍRY EROZNÍHO OHROŽENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH
PLOCH V K.Ú. VYSKYTNÁ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jan Petruš

Bakalant: Ivana Dušková

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ivana Dušková

Územní technická a správní služba

Název práce

Vývoj míry erozního ohrožení zemědělských ploch v k.ú. Vyskytná

Název anglicky

Erosion exposure assessment od agricultural areas in cadastral area Vyskytná

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 Vyskytná.

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. Součástí práce budou také mapové výstupy vytvořené pomocí GIS.

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

půda, vodní eroze, USLE, GIS

Doporučené zdroje informací

BRANIŠ, M. *Základy ekologie a ochrany životního prostředí : učebnice pro střední školy*. Praha: Informatorium, 2004. ISBN 80-7333-024-5.

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

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

ZACHAR, D. *Erózia pôdy*. Bratislava: Vyd. Slovenskej akadémie vied, 1970.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Petru

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2019**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2019**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vývoj míry erozního ohrožení zemědělských ploch v k.ú. Vyskytná“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle 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. Jsem si vědoma, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědoma, 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.

Dále prohlašuji, že data poskytnutá Českým statistickým úřadem zeměměřičským a katastrálním a Státním pozemkovým úřadem budou použita pouze ke zpracování této bakalářské práce a nebudou použita ke komerčním a jiným účelům nebo poskytnuta jiné osobě.

Ve Vyskytné dne 23. 3. 2019

.....
Ivana Dušková

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Janovi Petřů za skvělé vedení, cenné rady, podněty, připomínky a hlavně za pomoc, kdykoli to bylo nutné. Velké díky patří také mé rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia a hlavně při tvorbě této práce.

Ve Vyskytné dne 23. 3. 2019

.....

Ivana Dušková

Abstrakt

Tato bakalářská práce poukazuje na ohrožení pozemků vodní erozí v k.ú. Vyskytná. V teoretické části si představíme pojmy, jako jsou půda, eroze a její druhy, morfologie terénu aj. Dále se zabývám metodou vyhodnocení erozního ohrožení – univerzální rovnicí pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy dle Wischmeiera a Smithe (1978). V této části si také představíme erozní faktory a způsoby výpočtů.

Následuje praktická část, v níž popisuji zájmové území. Pro jednotlivé pozemky spočítám v prostředí ArcGis celkovou míru erozního ohrožení.

Ze závěru práce vyplývá, že většina pozemků v k.ú. Vyskytná je ohrožena vodní erozí.

Klíčová slova: GIS, vodní eroze, půda, USLE

Abstract

The thesis points out the threat of water erosion to lands in cadastral territory Vyskytná. In theoretical part are presented terms such as soil, erosion and its types, morphology of the terrain etc. Furthermore, it deals with the method of evaluation of erosion hazard – universal equation for calculation of long-term loss of soil according to Wischmeier and Smith (1978). In this part are also presented erosion factors and calculation methods. Following, practical part in which is described the area of interest. For individual grounds are calculated in the ArcGis environment, overall erosion hazard. The conclusion of the thesis shows that most lands in cadastral territory Vyskytná is threatened by water erosion.

Keywords: GIS, water erosion, soil, USLE

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Cíl práce.....	2
3.	Teoretická část	3
3.1	Půda	3
3.1.1	Zemědělský půdní fond.....	3
3.1.2	BPEJ	4
3.2	Degradace půdy	7
3.3	Eroze a její druhy	9
3.3.1	Definice	9
3.3.2	Vodní eroze	10
3.3.3	Větrná eroze	11
3.3.4	Sněhová eroze	12
3.3.5	Ledovcová eroze	13
3.3.6	Příčiny eroze.....	13
3.4	Metoda vyhodnocení – rovnice USLE	16
3.4.1	Rovnice USLE	16
3.4.2	R faktor.....	16
3.4.3	K faktor	18
3.4.4	LS faktor.....	22
3.4.5	C faktor.....	23
3.4.6	P faktor	26
3.4.7	Přípustná ztráta půdy.....	26
4.	Charakteristika zájmového území.....	27
4.1	Historie zájmového území.....	27
4.2	Současný stav zemědělských ploch.....	28
4.3	Erozní poměry zájmového území.....	28
4.3.1	Klimatické podmínky.....	28
4.3.2	Půdní podmínky – Geologické a geomorfologické podmínky	30
4.3.3	Hydrologické podmínky.....	30
5.	Metodika – Vyhodnocení erozního ohrožení	31
5.1	Použitá metoda pro vyhodnocení	31
5.2	Výběr lokality.....	31

5.3	Digitální model terénu	32
5.4	Faktor R	36
5.5	Faktor K	36
5.6	Faktor LS	37
5.7	Faktor C	39
5.8	Faktor P	40
6.	Výsledky – vyhodnocení erozního ohrožení	41
7.	Diskuze	46
8.	Závěr	47
9.	Přehled literatury a použitých zdrojů	48
10.	Seznam obrázků	51
11.	Seznam tabulek	52
12.	Seznam rovnic	53
13.	Seznam příloh	54
14.	Přílohy	I

1. Úvod

Půda je naše nejcennější přírodní bohatství. Tvoří prostředí pro život všem půdním organismům a rostlinám. Je regulátorem koloběhu látek a látkovým úložištěm (MŽP, 2018). Je základním výrobním prostředkem pro zemědělství (Salníkov, 1966). Tvorba nové půdy je velmi pomalý proces, při kterém se 1 cm ornice vytváří 100 až 200 let (MZ ČR, 2015).

Podle OECD jsou hlavní příčiny degradace půdy eroze, zhutňování půdy, úbytek organické hmoty, zasolení, acidifikace, kontaminace a zábor půdy člověkem (Šarapatka, 2014).

V 50. letech 19. stol. proběhla kolektivizace zemědělství, v té době došlo ke sjednocení zemědělské půdy a tím se zvýšila intenzita erozních procesů (Buzek, 1995).

Dnes máme k dispozici geografické informační systémy (GIS), ve kterých můžeme zhodnotit míru erozního ohrožení a následně zde navrhnout vhodná protierozní opatření.

2. Cíl práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je zhodnotit velikost míry ohrožení půdy erozí v k.ú. Vyskytná. Žiji v této obci, já i má rodina vlastníme množství zemědělské půdy v tomto katastrálním území a není mi lhostejné, v jakém stavu se tato půda nachází. Touto prací chci zjistit, jestli se zemědělci, kteří hospodaří na zdejších pozemcích, starají s péčí řádného hospodáře nejen o úrodu, ale i o námi svěřenou půdu.

V první části se dozvíme teorii o půdě a erozi. Vysvětlíme si způsob výpočtu jednotlivých faktorů.

Ve druhé části charakterizují zájmové území a prakticky zhodnotím v prostředí ArcGIS míru erozního ohrožení pro vybrané území.

3. Teoretická část

3.1 Půda

Půdu lze definovat jako dynamický, stále se vyvíjející živý systém, na kterém závisí přežití a prosperita všech suchozemských biologických společenstev. Půda je naše nejcennější přírodní bohatství, proto je nutné ji chránit pro současnost, ale i pro budoucnost (MŽP, 2015).

Jedná se o nejsvrchnější vrstvu zemské kůry, s výjimkou ledovců, pouští a skalnatých oblastí pokrývá většinu povrchu pevniny.

Základem půdy je zvětralá mateční hornina. Charakter a rychlost zvětrávání závisí na fyzikálních a chemických vlastnostech horniny a na vlivu podnebí (teplotě, proudění vzduchu a srážkách). Důležitou roli při tvorbě půdy hrají organismy (mikroorganismy, houby, rostliny a živočichové).

Půdu lze také charakterizovat jako směs minerálních látek, které vznikají rozkladem hornin a organických látek, vzniklých rozkladem těl organismů (Braniš, 2004).

Orientačně se udává průměrná rychlost tvorby půdy okolo $1,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (Kukal, 1964).

3.1.1 Zemědělský půdní fond

Zemědělský půdní fond je velmi specifický prvek v zemědělství. Zahrnuje zemědělsky obhospodařované pozemky (orná půda, trvalé travní porosty, vinice, chmelnice, zahrady, ovocné sady) i pozemky, které jsou dočasně neobhospodařované. Dále do zemědělského půdního fondu spadají rybníky a nezemědělská půda, která je potřebná k zajištění zemědělské výroby (polní cesty, hráze, odvodňovací příkopy, pozemky pro polní závlahy, závlahové vodní nádrže, technická protierozní opatření) (Zákon č. 334/1992 Sb.).

Dle zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, v platném znění: „Zemědělský půdní fond je základním přírodním bohatstvím naší země, nenahraditelným výrobním prostředkem umožňujícím zemědělskou výrobu a je jednou z hlavních složek životního prostředí. Ochrana zemědělského půdního fondu, jeho zvelebování a racionální využívání jsou činnosti, kterými je také ochrana a zlepšování životního prostředí.“

3.1.2 BPEJ

Bonitační informační systém je jedním z důležitých nástrojů, který nás podrobně informuje o kvalitě půdy na daném území. Tím zjistíme, kde se nacházejí nejkvalitnější půdy, a máme možnost zabránit její degradaci (Batysta a kol., 2014). Tento systém vznikl již v 70. letech 20. století, čímž vznikla i bonitovaná půdně ekologická jednotka se zkratkou BPEJ (Vopravil a kol., 2009), která slouží k hodnocení absolutní i relativní produkční schopnosti zemědělských půd (viz tab. 1) (VÚMOP, 2018).

Každá lokalita má svůj specifický kód BPEJ, který je složen z 5 číslic. Každé číslo charakterizuje jednu vlastnost příslušné půdy, blíže jsou popsány ve Vyhlášce Mze 327/1998 Sb. (Vyhláška MZ ČR č. 327/1998 Sb., 2018).

Číslice z kódu BPEJ (viz tab. 1):

1. číslice – Klimatický region;
2. a 3. číslice – Hlavní půdní jednotka;
4. číslice – Sklonitost a expozice;
5. číslice – Skeletovitost a hloubka půdy.

Tab. 1: Kód BPEJ (VÚMOP, 2018)

Označení BPEJ	Pořadí číslice v kódu BPEJ		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.	sdužený kód sklonitosti a expozice	0..9
x.xx.xX	5.	sdužený kód skeletovitosti a hloubky půdy	0..9

3.1.2.1 Klimatický region

Klimatický region rozděluje území podle přibližně stejných klimatických podmínek pro růst a vývoj zemědělských plodin. V ČR užíváme 10 regionů (viz tab. 2):

- 0–5 – regiony sušší a teplejší;
- 6–9 – regiony spíše vlhčí a chladnější.

Klimatické regiony dle podkladů Českého hydrometeorologického ústavu jsou rozděleny podle parametrů:

- Souhrn průměrných denních teplot nad 10 °C;
- Průměrná roční teplota;
- Průměrný roční úhrn srážek;
- Pravděpodobnost suchých vegetačních období;
- Vláhová jistota (Novotný a kol., 2013).

Tab. 2: Charakteristiky klimatických regionů (Vyhláška MZ ČR č. 327/1998 Sb.)

Číselný kód regionů	Symbol regionů	Charakteristika regionů	Suma teplot nad 10°C	Průměrná roční teplota (°C)	Průměrný úhrn srážek (mm)	Pravděpodobnost suchých vegetačních období (%)	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)	10–20	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	5–6	700–800	0–5	> 10
9	CH	chladný, vlhký	pod 2000	< 5	> 800	0	> 10

3.1.2.2 Hlavní půdní jednotka

Hlavní půdní jednotku charakterizuje spojení půdních forem, které mají podobné

ekologické vlastnosti. Mezi tyto vlastnosti řadíme – genetický půdní typ, subtyp, půdotvorný substrát, zrnitost, výraznou sklonitost, hloubku půdního profilu, skeletovitost a stupeň hydromorfismu (Kletečka a kol., 1984).

3.1.2.3 Sklonitost a expozice

Od těchto dvou stanovištních faktorů se odráží výsledný kód BPEJ. Sklonitost a expozice pozemku mají vliv na celkové obhospodařování této půdy. Při zvyšující se svaživosti se také zvyšuje erozní riziko.

Sklonitost je udávána ve stupních a měření se provádí sklonoměrem (viz tab. 3) (Novotný a kol., 2013).

Tab. 3: Kategorie sklonitosti (Vyhláška MZ ČR č. 327/1998 Sb.)

Kód	Kategorie	Charakteristika
0	0–1°	úplná rovina
1	1–3°	rovina
2	3–7°	mírný sklon
3	7–12°	střední sklon
4	12–17°	výrazný sklon
5	17–25°	příkrý sklon
6	25°	sráz

Expozice pozemku se různí díky rozdílným teplotám, srážkám a osvitu vázaných na světové strany. Nejvíce rozdílné jsou severní a jižní expozice pozemků. Expozice dělíme do 4 kategorií (viz tab. 4) (Novotný a kol., 2013).

Tab. 4: Expozice pozemku (Vyhláška MZ ČR č. 327/1998 Sb.)

Kód	Charakteristika
0	se všesměrnou expozicí
1	jih (jihozápad až jihovýchod)
2	východ a západ (jihozápad až severozápad, jihovýchod až severovýchod)
3	sever (severozápad až severovýchod)

3.1.2.4 Skeletovitost a hloubka

Skeletovitost je označení pro hrubost horniny neboli šterkovitost. Rozlišujeme ji podle obsahu hrubého písku (2–4 mm), šterku (4–30 mm), kamenů (>30 mm) a balvanů (>300 mm) v ornici a podorničí (viz tab. 5) (Voltr a kol., 2011).

Tab. 5: Třídy skeletovitosti půdy (Vyhláška MZ ČR č. 327/1998 Sb.)

Kód	Charakteristika	
0	bezskeletovitá, s příměsí	s celkovým obsahem skeletu do 10 %
1	slabě skeletovitá	s celkovým obsahem skeletu 10–25 %
2	středně skeletovitá	s celkovým obsahem skeletu 25–50 %
3	silně skeletovitá	s celkovým obsahem skeletu nad 50 %

Hloubku půdy dělíme do 3 skupin:

- Hlubokou (>60 cm);
- Středně hlubokou (30–60 cm);
- Mělkou (<30 cm).

Do této hloubky půdy zahrnujeme takovou půdu, ve které dochází k půdotvorným procesům a zakořeňování rostlin (Voltr a kol., 2011).

3.2 Degradace půdy

Půda je neustále se vyvíjející systém, který je po celou dobu věků ovlivňován přírodními vlivy, ale i činností člověka, ať už pozitivně, nebo negativně. Tím vznikají různé druhy degradací půdy nebo též můžeme použít název znehodnocení půdy (Voltr a kol., 2011).

Degradace půdy je částečná nebo úplná ztráta žádoucích fyzikálních, biologických či chemických vlastností (Braniš, 2004).

Mezi nejčastější typy snížení kvality půdy patří:

Eroze – viz kap. 3.3.

Podmáčení – eAGRI (2019) říká, že zamokřená půda v ČR zaujímá plochu o rozloze 866 350 ha. Toto číslo ale může být mnohem nižší z důvodů meliorací. Tyto půdy jsou zpravidla gleje a stagnogleje. V podmáčeném území je vyšší hladina spodní

vody, a tudíž je půda dlouhodobě vodou nasycená. V takovéto půdě je nevyvážený podíl vody a kyslíku, což nepříznivě ovlivňuje mineralizaci organické hmoty a anaerobní rozkladné procesy. Plodiny v takto přemokřené půdě trpí nedostatkem vzduchu, uhníváním a tím i následným odumíráním.

Zasolení – zasolení způsobují soli minerálních látek a dochází k němu z několika důvodů. Přirozeně se tento jev vyskytuje v aridním prostředí. Podzemní voda prosakující na povrch má větší množství minerálních látek, které na povrchu krystalizují. K zasolení půdy dochází i díky hospodaření člověka, a to používáním závlah. Pokud závlahová voda obsahuje velké množství minerálních látek, dopadá na povrch půdy, kde se odpařuje, a krystalky minerálních solí zůstávají na povrchu. Zasolení půdy může měnit fyzikálněchemické, chemické a biologické vlastnosti půdy a tím snižují její úrodnost (MZ ČR, 2019).

Kontaminace půdy chemickými látkami – do této skupiny zařazujeme velké množství látek, které mohou půdu kontaminovat. Příčiny kontaminace jsou různé. Nejčastější zdroje kontaminací jsou spady z průmyslové činnosti, spalovacích procesů, dopravy, chemického průmyslu, zemědělství a aplikací kalů z čistíren odpadních vod. Nejčastěji se jedná o kontaminaci kovy a metaloidy. Tyto prvky se přirozeně vyskytují v přírodě, jenže při vyšší koncentraci působí na lidský organismus toxicky. Dopady této kontaminace se projevují na kvalitě i kvantitě rostlinné produkce (MZ ČR, 2019).

Zhutňování půdy – k nadměrnému zhutnění půd dochází vlivem intenzivního hospodaření. Opakovanými přejezdy těžkou technikou dochází k nadměrnému stlačení půdy, snížení pórovitosti a propustnosti půdy. Tím je negativně ovlivněna retenční schopnost půdy, zvýšený povrchový odtok, díky němuž dochází k většímu projevu eroze. Ve zhutněné půdě je méně prostoru, vody a kyslíku pro růst rostlin a tím je omezena kvantita i kvalita rostlin (MZ ČR, 2019).

Změna kyselosti půd – Kyselost je základní chemická vlastnost půd, jež má velký vliv na jejich úrodnost. Čím je její pH kyselejší, tím je půda méně úrodná. Na okyselování půdy má velký vliv lidská činnost – např. následek znečištění ovzduší. Kyselost půdy je možné upravit vápněním (Cenia, 2013).

Zábor půdy člověkem – od nepaměti lidé zabírají půdu, kácí lesy a staví tam svá obydlí. Postupem času orné půdy velmi ubývá. Každým dnem přicházíme v ČR

o 25 ha orné půdy kvůli zástavbě. Města se rozrůstají, staví se velké množství domů, silnic, obchodních domů, parkovišť a hlavně skladových prostor okolo dálnic. Staví se na nejúrodnějších zemědělských půdách, které jsou tak nevratně zničeny.

Některá půda se z orné půdy mění na různá rekreační místa, např. golfová hřiště, dostihová závodiště apod. Tato půda není trvale zničena, ale ztratila svůj produkční význam.

V minulosti docházelo k velkým záborům půdy z důvodů těžby nerostných surovin. Dnes naopak na velkém množství těchto dolů dochází k rekultivaci a tím k obnovení funkce půdy (Cenia, 2018).

Všechny formy degradací spolu úzce souvisí a podmiňují svůj vznik navzájem (Vopravil a kol., 2010).

Voltr a kol. (2011) se zmiňují o České republice jako o zemi, kde je zemědělská půda hojně využívána, a proto je podstatná část půdního fondu vysoce ohrožena. Tudíž bychom měli přistoupit ke snaze o její ochranu.

3.3 Eroze a její druhy

3.3.1 Definice

Slovo eroze je latinského původu a je odvozené od slova „erodere“ – rozhlodávat. Rozumíme jím rozrušování pedosféry. Jedná se o komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a jiných erozních činitelů (Janeček a kol., 2002).

Eroze je přirozený jev způsobený přírodními vlivy. Mezi erozní činitele zahrnujeme i působení člověka (rozorávání svažitých ploch, špatný osevní postup, využívání půd v nepříznivých klimatických podmínkách – odlesňování) (Braniš, 2004).

Eroze je již vážným světovým problémem, je však obtížné určit její rozsah, velikost a rychlost, tím také i její důsledky pro hospodářství a životní prostředí (Janeček a kol., 2002).

3.3.2 Vodní eroze

Vodní eroze (akvatická) rozrušuje zemský povrch dešťovými kapkami a povrchovým odtokem.

Vodní erozi členíme podle formy na:

- Plošnou;
- Rýhovou;
- Výmolovou;
- Proudovou.

- **Plošná eroze** vzniká působením kapek vody, které tvoří v půdě jamky, následně se voda pohybuje po nakloněné ploše půdního terénu a tím jsou vyplavovány nejjemnější částičky půdy. Vzniká selektivní výběr, jemné částičky jsou odneseny a na povrchu půdy se utvoří hrubozrnná vrstva skeletu, tzv. kamenná dlažba. Soustředěním plošného odtoku vzniká rýžková eroze (Janeček a kol., 2002).

Čím je půda skeletovitější, tím rychleji klesá intenzita plošné eroze (Janeček a kol., 2002).

Plošná eroze převažuje v humidních oblastech, smývá se půda jemné zrnitosti (Roehl, 1965).

- **Rýžková eroze** je eroze o hloubce několika cm. Prohlubováním rýžek vznikají erozní rýhy různých tvarů a velikostí.

Rozdělení podle tvaru příčného profilu:

- Ploché;
 - Úzké;
 - Široké;
 - oblé (Janeček a kol., 2002).
- **Výmolová eroze** se nejčastěji vyskytuje v aridních oblastech, kde bývají krátkodobé a intenzivní přívally deště. Při tomto druhu eroze voda odnáší materiál větší zrnitosti a je z hlediska ukládání nánosů významnější než eroze plošná (Roehl, 1965).

- **Proudová eroze** je erozí ve vodních tocích. Nejvíce jsou touto erozí ovlivněny bystřiny, kde voda odplavuje velké množství splavenin. Tuto erozi můžeme dále rozdělit:
 - Břehovou erozi – jsou rozrušovány břehy;
 - Dnovou erozi – je narušováno pouze dno (Holý, 1994).

3.3.3 Větrná eroze

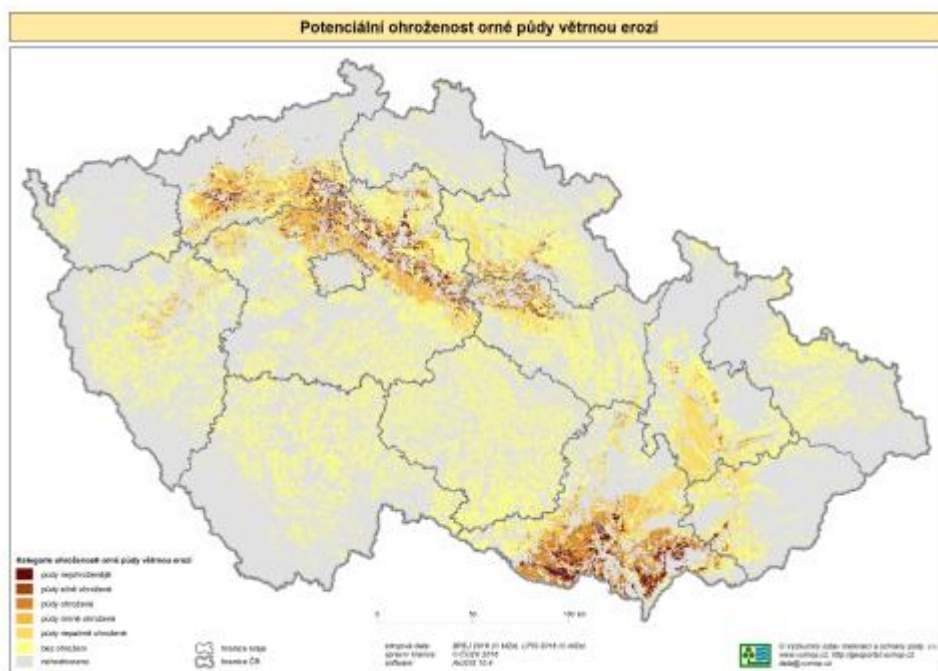
Vítr svým prouděním rozrušuje půdní povrch, odnáší částičky půdy na jiná místa, kde je ukládá. Při větrné erozi dochází nejen k odnosům půdy, ale i hnojiv, osiv a poničení vegetace. Takto odnesená půda dále zanáší vodní toky, komunikace a znečišťuje ovzduší při tzv. prašné bouři, kde vítr víří nejjemnější částičky prachu (Janeček a kol., 2002).

Na větrnou erozi mají velký vliv klimatické poměry (intenzita, směr, četnost, velikost větru), půdní struktura (viz tab. 6), drsnost půdního povrchu a vlhkost půdy. Nejvíce postižená místa jsou aridní a humidní oblasti a místa vysychavá a nedostatečně krytá vegetací. Příčinou větrné eroze je především velikost pozemků a chybějící větrolamy (MZ ČR, 2019).

Tab. 6: Velikost půdních částic (MZ ČR, 2019)

Průměr půdních částic v mm	Vzdálenost přenosu
0 - 1	několik metrů
1 - 0,125	1 - 1,5 km
0,125 - 0,0625	několik kilometrů
0,0625 - 0,0312	přes 300 km
0,0312 - 0,0156	přes 1500 km
pod 0,0156	neomezeně

Z dlouhodobého měření vyplývá, že se rychlost větru na našem území od roku 1961 nezvyšuje. Za zvýšení větrné eroze ale může změna klimatu. Zvýšením teploty dojde k většímu vysychání půdy a tím i k větším odnosům půdy větrem. Nejvíce postižené oblasti jsou jižní Morava a Polabí (viz obr. 1).



Obr. 1: Potenciální ohrožení půdy větrnou erozí (MZ ČR, 2019)

3.3.4 Sněhová eroze

Během zimy bývá pole bez vegetačního pokryvu (pokud na něm nemáme ozimé plodiny nebo meziploidy), tím se půda plní dešťovou vodou nebo vodou z tajícího sněhu. Rýhy a rýžky, které již dříve vznikly, se působením mrazu zvětšují, tím vzniká i rozpad hrud.

Vlivem promrznutí půdy se voda nemůže infiltrovat a zůstává více na povrchu. Zvláštností u sněhové eroze mohou být písečné pánve, které často doprovázejí rýhy a rýžky. Na počátku tání sněhu je odnos půdy brzděn promrznutím půdy. Tím vznikají široké a ploché rýžky. S přibývajícím oteplením se zvýší povrchový odtok a rozmrazání půdy. Voda odtéká již vytvořenými rýžkami a ty se více rozšiřují a prohlubují. Vznikají velké rýhy (Janeček a kol., 2002).

Při sněžení vzniká kinetická energie, která je ale naprosto zanedbatelná. Všechna energie, která eroduje půdu, pochází z odtékající vody při tání sněhu (Bernsdorf a kol., 1995).

U vyvýšených míst, která byla bez sněhové pokrývky, můžeme v jarních měsících pozorovat síť polygonálních mrazových trhlin, které způsobují mrazové periody a periody tání. Tyto trhliny jsou maximálně 10 cm hluboké. Na místech, kde se během tání shromažďuje voda, tyto struktury vymizí (Janeček a kol., 2002).

V horských oblastech s dostatkem strmých svahů, kde je dostatek sněhových srážek, se vyskytují laviny. Lavina je rychlý sesuv většího množství sněhu po svahu delším než 50 m. Lavina při svém sesuvu s sebou bere vše, co jí stojí v cestě – stromy, kamení, ... Lavina se na svém místě drží díky své pevnosti, případně podporou okolních objektů a třecím silám s podkladem. K jejímu sesuvu může dojít z různých impulzů, ty naruší její rovnováhu a utrhne se. Takovým impulzem může být náhlé zatížení např. lidmi, zvěří, oteplením, deštěm nebo zemětřesením. Některé laviny jsou uvolňovány řízeným odstřelem – hlavně v lyžařských střediscích (Spusta a kol., 2007).

3.3.5 Ledovcová eroze

Ledovcová eroze je způsobována vlastní vahou posunujících se ledovců z vrcholů hor. Tím, jak se ledovce posunují do údolí, odnáší s sebou velké množství horniny. Místa, kde se horniny usazují, nazýváme morény (Cáblík, Jůva, 1963).

3.3.6 Příčiny eroze

3.3.6.1 Klimatické a hydrologické poměry

Hlavními klimatickými faktory jsou sluneční záření, teplota, vzdušná vlhkost a srážky, tlak vzduchu a větru v závislosti na poloze a utváření zemského povrchu. Tito činitelé vytvářejí klima určitého přírodního segmentu (Mezera a kol., 1979).

- **Sluneční záření** – rotací Země kolem své osy a kolem Slunce se mění intenzita dopadu slunečních paprsků a jejich sklon. Tím se dělí Země na pásma teplá a studená a dochází ke střídání ročních období (Mezera a kol., 1979).
- **Teplota** – zdrojem tepla je sluneční záření. Je jedním z nejdůležitějších faktorů pro život. Sluneční paprsky se průchodem přes atmosféru mění na teplo. Ve dne se teplo vzařuje do půdy. Teplota ze zemského povrchu se dostává do ovzduší vlivem pohybu vzduchu (Mezera a kol., 1979).
- **Vlhkost vzduchu** – tímto faktorem zjišťujeme obsah vodních par v ovzduší. Pokud máme relativní vlhkost 100 %, kondenzují se vodní páry a tím vznikne rosný bod. Vidíme ho jako mlhu, mrak, rosu,

jinovatku nebo námrazu. Spojením kapiček kondenzované vody vznikají dešťové kapky, z nich se tvoří déšť. Déšť je pro nás velmi důležitou veličinou, u níž sledujeme její intenzitu a dobu trvání. Déšť s velkou intenzitou a krátkou dobou trvání nazýváme silný nárazový déšť. Ten je nepříznivý, není využit rostlinstvem ani se nevsákne do půdy. Větší část vody odtéká po povrchu a dochází k odnosu půdy – vodní erozi. Pokud přijdou dlouhé vytrvalé deště, dochází k zamokření půdy a vyluhování. Nejpříznivější a nejučinnější jsou deště mírné a vytrvalé (Mezera a kol., 1979).

- **Tlak vzduchu** – pohyb vzduchu vzniká rozdílem tlaků, díky němuž vznikají větry, které můžeme dělit dle intenzity na – vánek, větřík, vichr, vichřice a orkán. Vítr má velký vliv na vegetaci i půdu, ať už se jedná o silný, tak i jemný vítr. Vítr přenáší písek, vzniká eroze. Tímto pískem dále obrušuje předměty a poškozují vegetaci (Mezera a kol., 1979).

3.3.6.2 Morfologie území

Z morfologického hlediska má vliv na vznik eroze sklon, expozice a délka pozemku (Holý, 1978).

Nejdůležitější morfologickou příčinou eroze je sklon pozemku. Čím větší je sklon, tím větší je rychlost, energie a síla odtékající vody. Ukazatelem škodlivé eroze je tzv. kritický sklon. Ten se pohybuje v různých rozmezích, která jsou závislá na druhu eroze. U plošné eroze považujeme za kritický sklon svah od 1° do 8°. Kritický sklon je závislý na délce svahu (Zachar, 1970).

Čím nižší je sklon svahu, tím pomalejší je rychlost a síla unášející vody a dochází k usazování půdy (Holý, 1994).

Velký vliv na odnos půdy ze svahu má také délka svahu. Čím kratší je svah, tím menší částičky jsou odnášeny a dochází k menšímu transportu půdy. Půdu rozrušují pouze dešťové kapky dopadající na povrch.

Čím větší je délka svahu, tím větší vzniká eroze. Zvětšuje se povrchový odtok, hromadí se voda. Délka a sklon svahu mají na vznik eroze kombinovaný vliv.

Eroze má stoupající intenzitu úměrně s délkou a sklonem svahu (Zachar, 1970).

3.3.6.3 Geologické a půdní poměry

Půdní poměry výrazně ovlivňují intenzitu erozních procesů. Velmi důležitým faktorem je složení půdy, které ovlivňuje schopnost infiltrace vody do půdy. Čím více je půda schopná vstřebat a zachytit vodu, tím menší je její vysychání, nebo naopak povrchový odtok. Tuto infiltraci ovlivňuje složení půdy, textura, zvrstvení, obsah humusu, vlhkost a nasycenost sorpčního komplexu (Filip, Sanetrník, 1990).

Geologické poměry působí na vznik eroze přímo a nepřímo. Přímý vliv se vyskytuje v místech, kde hornina vystupuje z půdy na povrch a zvětrává. Tím na ni působí různé činitele (Filip, Sanetrník, 1990). Takovým rozrušováním horniny dochází k vytváření rýh, výmolů a strží (Holý, 1994).

3.3.6.4 Ochrana vegetačním krytem

Velký vliv na erozi má vegetační pokryv. Vegetační kryt chrání půdu před přímým dopadem dešťových kapek, zpomaluje povrchový odtok, podporuje vsak vody do půdy, obohacuje půdu o organické látky a dusík, kořenovým systémem zpevňuje půdu a zlepšuje fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy. Během zimy přispívá k pravidelnému rozložení sněhu (Sedlák a kol., 1978).

Rozdělení rostlinné vegetace dle jejích ochranných účinků – od neúčinnějších:

- Lesní porosty;
- Trvalé travní porosty;
- Dočasné travní porosty;
- Obiloviny;
- Okopaniny (Sedlák a kol., 1978).

3.3.6.5 Způsob využívání a obhospodařování půdy

Velký vliv na míru eroze má také způsob obhospodařování a nakládání s půdou. Tento vliv můžeme pozitivně ovlivnit vhodným osevním postupem nebo použitím vhodných technologií (Holý, 1978).

Největší erozí prochází plocha, která je zbavená původního pokryvu, zdevastovaná půda (např. těžbou, výstavbou,...) nebo vojenské prostory.

3.4 Metoda vyhodnocení – rovnice USLE

Existuje několik matematických rovnic pro výpočet erozní ohroženosti půdy, jednou z nich je tzv. univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy z pozemků dle Wischmeiera a Smithe (Wischmeier, Smith, 1978).

Použitím rovnice USLE stanovíme dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy z pozemku vodní erozí. Tuto rovnici nelze použít pro dobu kratší než 1 rok. Do rovnice jsou zahrnuty rozměry standardních pozemků o délce 22,13 m se sklonem 9 % udržovaný jako černý kypřený úhor bez vegetace (Janeček a kol., 2002).

3.4.1 Rovnice USLE

Univerzální rovnice podle Wischmeiera a Smithe:

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

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

kde:

G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy (t.ha⁻¹ / rok);

R – faktor erozní účinnosti deště – vyjádřený v závislosti na četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energii deště;

K – faktor erodovatelnosti půdy – vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahem organické hmoty a zrnitosti;

L – faktor délky svahu – vyjádřený vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy 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).

3.4.2 R faktor

Erozivita neboli erozní působení deště je nejvíce zřetelné na počátku, kdy dešťové kapky dopadají na půdu a rozbíjejí půdní agregáty. Tím se uvolňují půdní částice,

kteře jsou odnášeny vodou, a povrchová vrstva půdy je zhuťována. Základní charakteristická veličina erozní účinnosti deště je kinetická energie, intenzita deště a struktura deště.

Struktura deště – velikost a tvar kapek:

- Kapka o průměru menším než 0,28 mm má tvar koule;
- Kapka o průměru 0,28 mm – 1 mm má tvar elipsoidu;
- U větších kapek je tvar nestabilní;
- Druh mraků;
- Stádia vývoje mraků;
- Intenzita deště.

Faktor erozní účinnosti deště:

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

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

kde:

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

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

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

Celková kinetická energie deště E je:

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

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

kde:

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

n – počet úseků deště.

Pro výpočet kinetické energie působící na půdu používáme vztah podle Wischmeiera a Smitha (Wischmeier, Smith, 1978):

Rovnice 4: Vztah podle Wischmeiera a Smitha (Janeček a kol., 2002)

$$E = (206 + 87 \log i) \cdot H_s$$

kde:

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

i – intenzita deště ($cm \cdot h^{-1}$);

H – úhrn deště (cm) (Janeček a kol., 2002).

Roční hodnota erozivity neboli R faktoru je dána součtem účinnosti přivalových dešťů, které se vyskytly v daném roce. Avšak do součtu nejsou zahrnuty deště, při kterých byl úhrn menší než 12,5 mm, a pokud v průběhu 15minutového deště nespadlo alespoň 6,25 mm srážek (Janeček a kol., 2012).

V České republice je stanovena průměrná hodnota R faktoru na $40 MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$. Pro potřebu výpočtů R faktoru je tato hodnota procentuálně rozdělena do jednotlivých měsíců vegetačního období (viz tab. 7). Z tabulky je evidentní, že měsíce nejvíce ohrožené nebezpečnými dešti jsou od června do srpna, v té době se vyskytuje 78 % přivalových dešťů. A proto je v tomto období ochrana půdy nejdůležitější (Janeček a kol., 2012).

Tab. 7: Průměrné rozdělení faktoru R do měsíců podle vegetačního období (Janeček, 2012)

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

3.4.3 K faktor

Faktor erodovatelnosti neboli K faktor poukazuje na náchylnost půdy k erozi s přihlédnutím na její vlastnosti (Janeček a kol., 2002).

Vlastnosti půd ovlivňující hodnotu K faktoru:

- Struktura;
- Zrnitost;
- Propustnost (viz obr. 1);
- Množství organické hmoty (Podhrázská, Dufková, 2005).

Janeček (2002) definuje K faktor jako „odnos půdy v t . ha⁻¹ na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku o délce 22,13 m (na svahu o sklonu 9 %), který je udržován jako kypřený černý úhor kultivací ve směru sklonu.“

Hodnotu K faktoru můžeme určit třemi způsoby:

- Pomocí vzorce;
- Podle nomogramu;
- Dle hlavních půdních jednotek dostupných z mapy BPEJ (Janeček a kol., 2002).

Za podmínky, že obsah prachu a práškového písku v půdě nepřekračuje 70 %, můžeme **K faktor podle tohoto vzorce:**

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

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

kde:

M – (% prachu + práškového písku) x (100 - % jílu);

(% prachu + % práškového písku = částice 0,002 – 0,1 mm, % jílu = částice < 0,002 mm);

a – % organické hmoty;

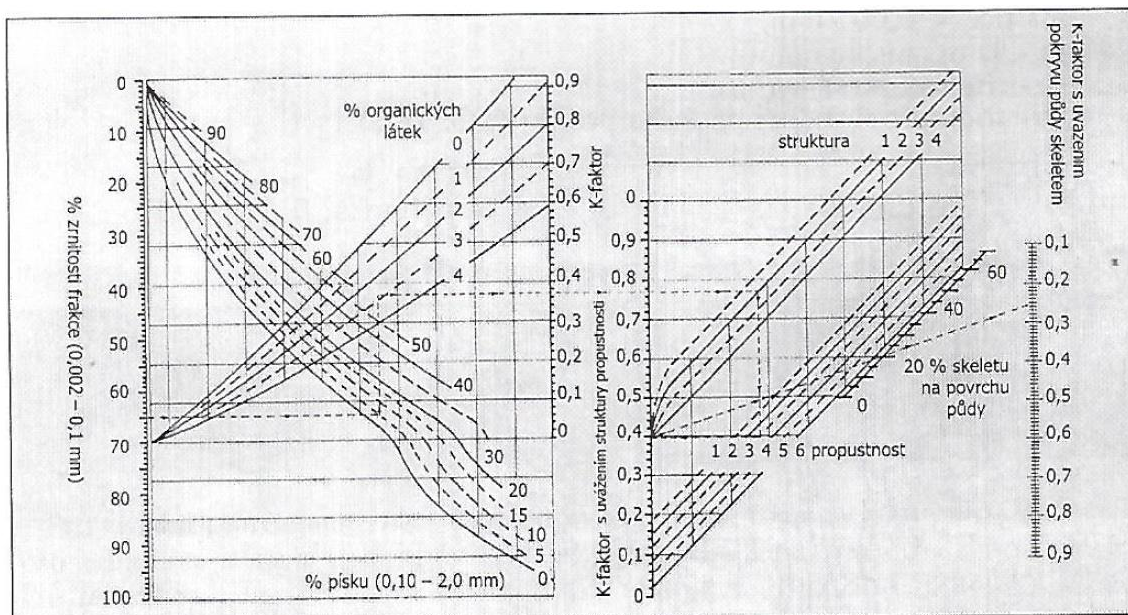
b – třída struktury ornice;

c – třída propustnosti půdního profilu.

Třída propustnosti	Propustnost	Poznámky
1	Velmi vysoká, $> 2,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$; hluboké, dobře odvodněné písky, některé černozemě ze spraší.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká pouze několik hodin.
2	Vysoká, $0,83 - 2,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$; strukturní písčité hlína až hlinitý písek, černozemě a hnědozemě ze spraší.	
3	Střední, $0,25 - 0,83 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$; podorničí s výraznou strukturou nebo tvořené hlínou.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká několik dnů.
4	Mírná, $0,08 - 0,25 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$; středně propustná svrchní vrstva půdy je uložena na jílovité hlíně se slabě vyvinutou kostkovitou nebo polyedrickou strukturou.	
5	Nízká, $0,025 - 0,08 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$; pod svrchní propustnější vrstvou je kompaktní jílo nebo jílovitá hlína.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká déle než týden.
6	Velmi nízká $< 0,025 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$; tvrdé kompaktní jíly.	

Obr. 2: Třídy propustnosti půdního profilu (Janeček, 2002)

Výpočet K faktoru za pomoci nomogramu poukazuje na skutečnost, že erodovatelnost půdy závisí především na její textuře (viz obr. 2). Kromě třídy propustnosti se všechny hodnoty křivek vztahují na ornici. Třídy propustnosti se vztahují k půdnímu profilu (Pasák a kol., 1984).



Obr. 3: Nomogram pro určení K faktoru (Janeček, 2002)

Vysvětlivky:

Struktura půdy:

- 1 – zrnitá;
- 2 – drobtovitá;
- 3 – hrudkovitá;
- 4 – deskovitá, slitá.

Propustnost půdy:

- 6 – < 0,15 cm/hod;
- 5 – 0,15–0,5 cm/hod;
- 4 – 0,5–1,5 cm/hod;
- 3 – 1,5–5,0 cm/hod;
- 2 – 5,0–15,0 cm/hod;
- 1 – > 15,0 cm/hod.

Hodnoty K faktoru podle BPEJ

Tyto hodnoty jsou přibližné a získávají se přiřazením hodnot určených hlavní půdní jednotkou (HPJ). Hlavní půdní jednotky jsou vyjádřeny v kódu BPEJ (viz kap. 3.1.2 BPEJ). Hodnoty se určují podle tabulky, kde má každý HPJ přiřazenou hodnotu (viz tab. 8). Pokud zde tato hodnota není uvedena, musí se výpočet provést podle vzorce nebo z nomogramu (Janeček a kol., 2012).

Tab. 8: Hodnoty K faktoru podle HPJ (Janeček a kol., 2012)

Druhé a třetí místo pětímístného kódu	Faktor K ornice	Druhé a třetí místo pětímístného kódu	Faktor K ornice	Druhé a třetí místo pětímístného kódu	Faktor K ornice
01	0,41	27	0,34	53	0,38
02	0,46	28	0,29	54	0,40
03	0,35	29	0,32	55	0,25
04	0,16	30	0,23	56	0,40
05	0,28	31	0,16	57	0,45
06	0,32	32	0,19	58	0,42
07	0,26	33	0,31	59	0,35
08	0,49	34	0,26	60	0,31
09	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	0,40
13	0,54	39	*)	65	*)
14	0,59	40	0,24	66	*)
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	*)
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	*)
23	0,25	49	0,35	75	*)
24	0,38	50	0,33	76	*)
25	0,45	51	0,26	77	*)
26	0,41	52	0,37	78	*)

3.4.4 LS faktor

LS faktor neboli vliv sklonu (S) a délky svahu (L) na velikost půdního smyvu vyjadřuje poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na jednotkovém pozemku o délce 22,13 m se sklonem 9 % (Janeček a kol., 2002).

Faktor L neboli faktor délky svahu vnímáme jako vliv nepřerušené délky svahu na velikost půdního smyvu. Na vrcholu svahu vzniká povrchový odtok, odtud voda odnáší horninu až k místu snížení svahu, kde dochází k usazování naplavenin (Wilson, 1986).

L faktor se vypočte dle vzorce stanoveným Wischmeierem a Smithem (1978):

Rovnice 6: L faktor (Janeček a kol., 2012)

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

kde:

l – horizontální projekce délky svahu;

m – exponent sklonu svahu, který vyjadřuje náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze (Janeček a kol., 2012).

S faktor jsou hodnoty dané vztahem:

Rovnice 7: S faktor (Janeček a kol., 2008)

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

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

Θ – úhel sklonu svahu (v rad nebo m/m).

Většinou se tyto dva faktory spojují do tzv. LS faktoru. Vzorec pro výpočet LS faktoru:

Rovnice 8: LS faktor (Janeček a kol., 2008)

$$LS = \frac{ld^{0,5}}{(0,0138+0,0097s+0,00138s^2)}$$

kde:

ld – nepřerušovaná délka svahu (m);

s – sklon svahu (%) (Janeček a kol., 2008).

Vypočítat LS faktor lze nejen podle vzorců tzv. ručně, ale s příchodem geoinformačních technologií můžeme tyto hodnoty stanovovat v prostředí GIS. V tomto prostředí lze užít několik způsobů, např. program USLE 2D, výpočtem dle RUSLE nebo pomocí rovnice dle Mitášové (1996), který byl použit i pro výpočet v této práci.

3.4.5 C faktor

C faktor je definován jako vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy (Janeček a kol., 2002). Tento vliv se přímo projevuje jako ochrana půdy před destrukcí dešťovými kapkami dopadajícími na její povrch. Tím, že je půda chráněná v období s největším výskytem přívalových dešťů hustým porostem např. trávy a jeteloviny, je maximálně

omezena možnost odnosu půdy. Pokud jsou v půdě zaseté širokořádkové plodiny, např. kukuřice, brambory aj., musí se zemědělec zaměřit více na agrotechnické postupy, aby zamezil nárůstu eroze (Janeček a kol., 2002).

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

V České republice se vyskytují přivalové srážky od dubna do října, jejich největší intenzita je ale od června do srpna. V tomto období chrání půdu nadzemní části rostlin, ale i síť vytvořená z kořenového systému, která zpevňuje a zadržuje půdu (Janeček a kol., 2012).

Pro výpočet C faktoru je nutné přihlížet na vývojové stádium plodiny, na střídání plodin a na mezidobí. Wischneier a Smith (1978) rozdělují rok do těchto **5 období**:

1. Období podmítky a hrubé brázdy;
2. Období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení;
3. Období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimu do 30.4.;
4. Období od konce 3. období do sklizně;
5. Období strniště (Janeček a kol., 2002).

Každé pěstební období musí být zařazeno co nejpřesněji do kalendářních období, dílčí hodnota faktoru C (viz tab. 9) a procentuální hodnota z roční hodnoty faktoru R (Sanetrník, Filip, 1990).

Tab. 9: Hodnoty C faktoru (Janeček a kol., 2012)

Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebního období					
			1	2	3	4	5s	5p
Obilniny	po 1. roce po jetelovinách	OP	0,5	0,55	0,3	0,05	0,2	0,04
		St	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	po obilninách	OP	0,65	0,7	0,45	0,08	0,25	0,04
		St	0,25	0,25	0,2	0,08	0,25	0,04
	po okopaninách a kukuřici	OP	0,7	0,75	0,5	0,08	0,25	0,04
		St	0,7	0,7	0,45	0,08	0,25	0,04
Kukuřice	sláma předplodiny sklizena	OP	0,7	0,9	0,7	0,35	0,7	0,04
		St	0,25	0,25	0,25			
	sláma předplodiny nesklizena	OP	0,6	0,75	0,55	0,25	0,6	0,3
		St	0,04	0,04	0,04	0,05	0,25	0,15
	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	0,1
Brambory, cukrovka		v přímých řádcích libovolného směru	0,65	0,08	0,65	0,3	0,7	
Vojtěška			0,02					
Jetel dvousečný			0,015					
Víceletá tráva, louky			0,005					

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

Všechna tato období jsou na sebe navazující a žádný den nechybí ani nepřebývá. Je zde zahrnuta i doba mezi střídáním plodin, doba nástupu a způsob agrotechnických prací (Wischeier, Smith, 1978).

Pokud není možné zjistit osevní postup, je možné užít hodnoty podle průměrného zastoupení plodin v dané lokalitě nebo podle klimatických regionů (Janeček a kol., 2012).

3.4.6 P faktor

P faktor neboli účinnost protierozních opatření je vyjadřován poměrem ztráty půdy ve vybrané lokalitě, na které bylo aplikováno protierozní opatření, ke ztrátě půdy na stejném pozemku bez protierozního opatření obdělávaném po spádnici.

Pokud není na pozemku počítáno s žádným protierozním opatřením, dosazujeme do rovnice USLE hodnotu 1 (Janeček a kol., 2012).

Tabulka hodnot faktoru P podle Wischmeiera a Smitha (1978) (viz tab. 10).

Tab. 10: Hodnoty P faktoru (Janeček a kol., 2012)

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

3.4.7 Přípustná ztráta půdy

Hodnoty přípustné ztráty půdy erozí jsou stanoveny z hlediska úrodnosti půdy a dlouhodobého zachování jejich funkce. Čím je půda mělká a erodovanější, tím se tyto hodnoty snižují.

Mělké půdy – přípustná ztráta půdy max. 1 t.ha⁻¹.rok⁻¹ (Mělké půdy do 30 cm je doporučeno převést na trvalý travní porost).

Středně hluboké až hluboké půdy – přípustná ztráta půdy max. 4 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Pokud ztráta půdy překračuje tyto limity, je třeba pozemek lépe chránit před erozí (Janeček a kol., 2012).

4. Charakteristika zájmového území

4.1 Historie zájmového území

Obec Vyskytná (Obr.4) vznikla počátkem 12. století na řece jménem Vyskytná. V roce 1233 bylo psáno o řece Vyskytné, že tvořila hranici mezi klášterstvím želivským a biskupským panstvím řečickým. Dnes tuto řeku známe jako Jankovský potok. Tento potok dodnes odděluje pelhřimovský okres od jihlavského a Čechy od Moravy.

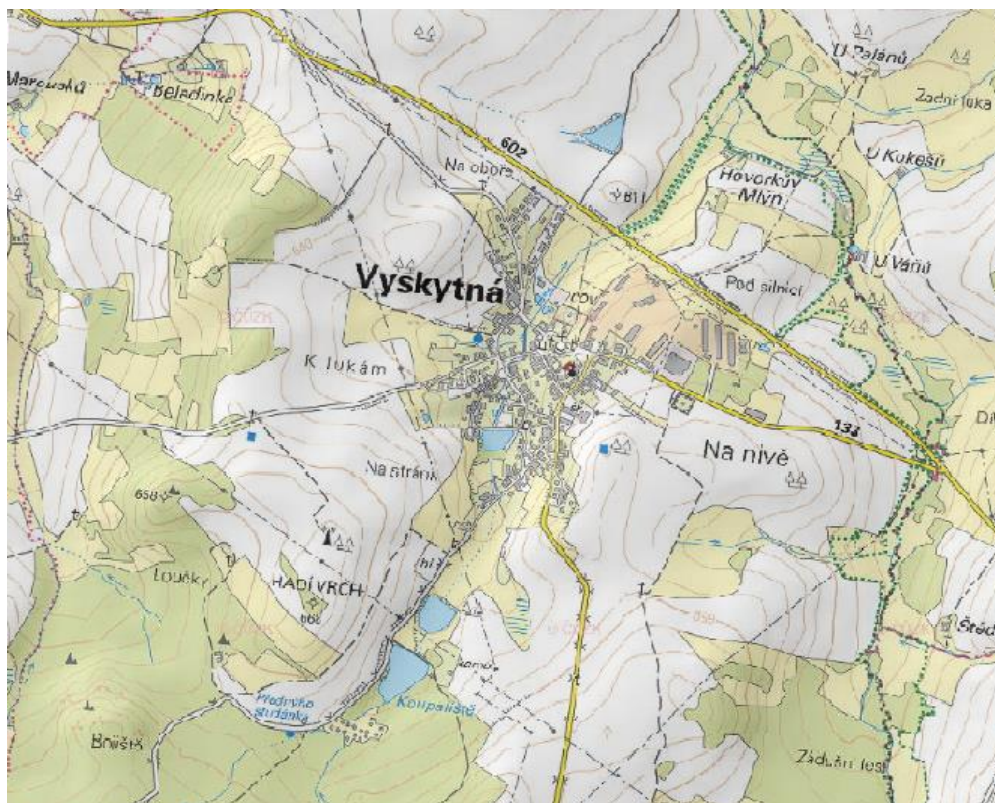
V nejstarších dobách se nejednalo o ves, nýbrž o město. Roku 1379 byla Vyskytná nazývána opidem. Ve městě Vyskytná se nacházel také rychtář s biřici.

Město Vyskytná bylo bohaté, těžilo se zde stříbro a byl zde vybudovaný klášter. Bohužel za husitských válek bylo město dobyt a zničeno. Od roku 1454 je již Vyskytná označována jako ves.

Další významnou ránou pro toto místo bylo období 30leté války, po které zbylo z 38 gruntů pouze 8 statků a 4 chalupy. Z této pusté vesnice zřídila pelhřimovská obec obecní dvůr, který byl až koncem 18. století znovu rozparcelován mezi nově usedlé sedláky. Tím byla obec znovu vybudována (Obec Vyskytná, 2019).

Následujícím milníkem této obce byl den 15. 3. 1939, kdy projel obcí první německý oddíl a kdy si občané si museli zvyknout na život v protektorátu a obec dostala německý název Böhmisch Gießhübel. O pár let později dne 9. 5. 1945 přišli do Vyskytné Rusové (WANET s.r.o., 2019).

V roce 1948 proběhla v obci kolektivizace zemědělství. Vzniklo JZD, sedlákům byly zabaveny statky, polnosti a veškerý majetek. Byli vystěhováni a někteří byli odsouzeni a posláni do vězení nebo na práce do dolů. V tuto dobu došlo ke scelení pozemků, rozorání cest a remízků.



Obr. 4: Obec Vyskytná (Cenia, 2018)

4.2 Současný stav zemědělských ploch

Od roku 1991, kdy se pozemky navrátily vlastníkům, je většina zemědělských pozemků obhospodařována společností 1. Opatovská, která je převážně zaměřená na pěstování řepky, brambor a ječmene. Od roku 2016 obhospodařuje část zdejších pozemků i Josef Sekava z Chaloupek. Tento zemědělec se zaměřuje na pěstování pšenice, brambor, ječmene a jetele.

Všechny pozemky v k.ú. Vyskytná jsou obhospodařovány.

4.3 Erozní poměry zájmového území

4.3.1 Klimatické podmínky

Klimatický region

K.ú. Vyskytná patří do mírně teplé oblasti (MT3, MT5), mírně chladná (Ch8).

- **Srážky** (Tab. 11, 12):

Průměrný roční úhrn srážek – 500–600 mm.

Průměrný úhrn srážek ve vegetačním období – 350–400 mm.

Průměrný počet dní s bouřkou – 15–25 dní.

Tab. 11: Průměrný počet srážkových dní (mm) (Tolasz, 2007)

>= 0,1 mm	140 – 150 dní
>= 1,0 mm	110 – 120 dní
>= 5,0 mm	40 – 45 dní
>= 10,0 mm	16 – 20 dní

Tab. 12: Průměrný měsíční úhrn srážek (mm) (Tolasz, 2007)

Leden	47 mm
Únor	37 mm
Březen	34 mm
Duben	49 mm
Květen	67 mm
Červen	73 mm
Červenec	85 mm
Srpen	75 mm
Září	52 mm
Říjen	50 mm
Listopad	41 mm
Prosinec	41 mm

• **Teplota** (Tab. 13):

Průměrná roční teplota – 7,1–8 °C.

Průměrná teplota ve vegetačním období – 12–13 °C.

Průměrný počet mrazivých dní v roce – 120–140 dní.

Průměrný počet letních dní v roce – 30–40 dní.

Tab. 13: Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C) (Tolasz, 2007)

Leden	-2,8
Únor	-1,7
Březen	2,2
Duben	5,7
Květen	12
Červen	14,8
Červenec	16,7
Srpen	13,7
Září	11,3
Říjen	7,2
Listopad	2,2
Prosinec	-1,2

- **Vítr (Tab.14):**

Průměrná roční rychlost větru – 3,0–4,0 m/s.

Tab. 14: Sezónní rychlost větru (Tolasz, 2007)

jaro		3,0 - 3,5 m/s
léto		2,5 – 3,0 m/s
podzim		3,5 – 4,0 m/s
zima		3,5 – 4,0 m/s

- **Vlhkost:**

Relativní roční vlhkost vzduchu – 80–85 %.

4.3.2 Půdní podmínky – Geologické a geomorfologické podmínky

Podle geomorfologického členění spadá k.ú. Vyskytná do Hercynského systému, provincie Česká vysočina. Dále se území rozkládá na severních svazích Křemešnické vrchoviny, konkrétně v okrsku Vyskytenská pahorkatina. V severní části území je terén mírně zvlněný, převážně odlesněný, s mělkými údolími díky Jankovskému potoku a jeho přítokům. Na jihozápadu terén stoupá směrem ke Křemešníku (ÚP Vyskytná, 2010). Na území se nachází kamenitý až hlinito-kamenitý sediment s migmatitem. Vyskytují se zde převážně kambizemě modální (7.29.11), kambizemě dystrická – arenická (8.34.34, 8.34.41), kambizem oglejená, pseudoglej modální (8.50.11), glej akvitsky (8.69.01), gleje – černice glejová (8.68.11) a pseudoglej glejový – kambizem glejová (8.73.11). Půda v katastrálním území je slabě až středně skeletovitá a převážně středně hluboká.

4.3.3 Hydrologické podmínky

Vybraným územím protékají dva toky. Převážná část území spadá do povodí Želivky (1-09-02). Jižní část řešeného území pak spíše spadá do povodí Jihlavy (4-16-01). Východní část Vyskytné odvodňuje Jankovský potok č. h. p. 1-01-02-022, který teče při hranici katastrálního území. Další tok protékající centrem obce je bezejmenný. Tento tok poté ústí do Jankovského potoka a slouží tak jako jeho přítok. Ve Vyskytné se tak nachází 5 rybníků (1,4 ha, 0,9 ha, 0,6 ha, 0,9 ha, 0,7 ha). Převážná část z nich jsou soukromé a bezejmenné. Většina se nachází mimo intravilán. Jeden z rybníků slouží jako veřejné koupaliště (1,4 ha), které obdobně jako ostatní rybníky slouží k chovu ryb.

5. Metodika – Vyhodnocení erozního ohrožení

5.1 Použitá metoda pro vyhodnocení

Pro výpočet erozního ohrožení půdy v k.ú. Vyskytná byla použita metoda Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) a geoinformačních systémů (GIS).

Faktory R, K, C, P jsou shodné jak při manuálním dosazování do rovnice USLE, tak i v prostředí GIS. Pouze faktor LS musí být zadáván jako hodnota digitálního modelu terénu (DMT).

Data, která byla nezbytná pro tuto práci:

- Digitální model terénu (ČÚZK, 2018);
- Data vodních toků (DIBAVOD, 2018);
- Data BPEJ (SPÚ, 2018);
- LPIS – veřejný registr půdy EAGRI;
- Data katastrální mapy (ČÚZK, 2018);
- Osevní postupy.

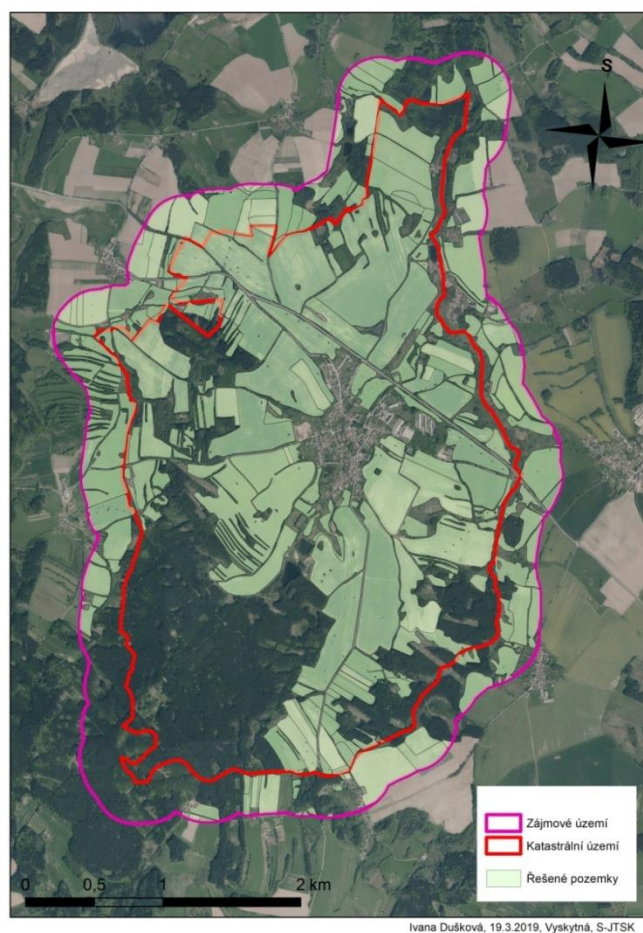
5.2 Výběr lokality

Vybrala jsem si tuto oblast z několika velmi osobních důvodů. Celý život žiji v této obci, má rodina tu kdysi vlastnila jeden z největších statků. V období kolektivizace mého dědu s babičkou komunisté vystěhovali a statek jim zabrali. Dědu poslali na nucené práce do Ostravy a babička byla zaměstnána v JZD. Do statku byla umístěna prasata na výkrm a babičku tam zaměstnali jako krmičku. Ke statku patřilo 50 ha pozemků, které JZD užívalo dlouhá léta. Na některých pozemcích jsou dosud cizí stavby. Bohužel se má babička ani děda návratu svého majetku nedožili. A teď je na naší generaci, abychom se my postarali o jeho část a abychom se naučili zacházet s přírodním bohatstvím, které nám bylo svěřeno, a snažili se mu navrátit dřívější podobu, vlastnosti a předcházeli chybám, které byly v minulosti napáchány.

Dalším důvodem byla událost v roce 2015, kdy u nás v obci proběhla blesková povodeň. Tenkrát byly nad vsí osázené brambory a při velkém přívalovém dešti byla vyplavena obec vodou a bahnem z polí.

Posledním důvodem pro výběr této lokality je skutečnost, že v k.ú. Vyskytná pronajímáme zemědělské pozemky, a proto bych byla ráda, aby zemědělci, kteří je mají ve správě, na nich hospodařili pokud možno šetrně, aby nedocházelo k nadměrné erozi.

Proto mě velmi zajímalo, v jakém stavu jsou pozemky okolo naší obce (Obr.5). A pokud je třeba nastavit nějaká opatření, mohli bychom začít s nápravou právě u sebe a tím by bylo možné ovlivnit své okolí.

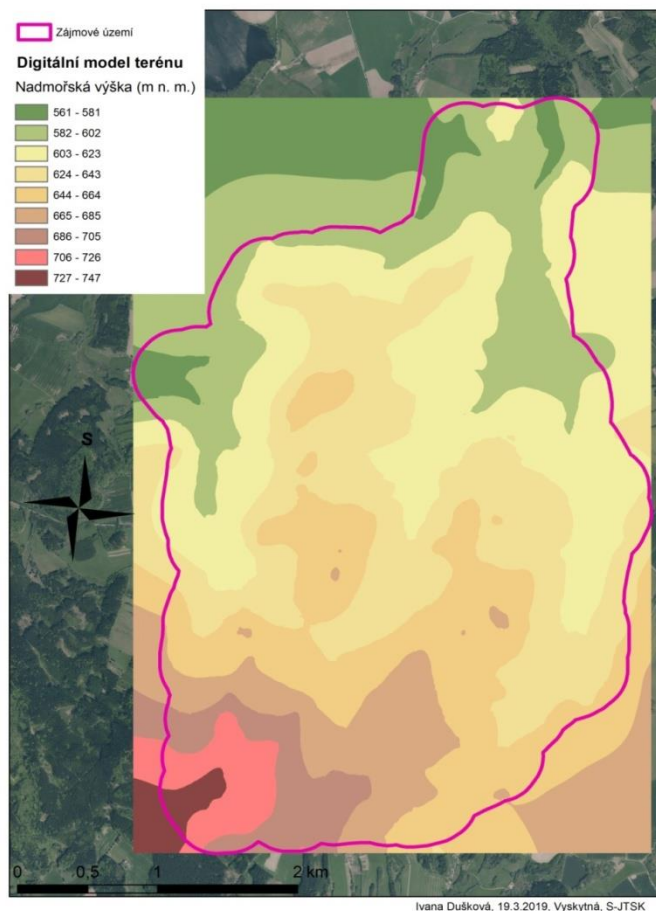


Obr. 5: Zájmové území

5.3 Digitální model terénu

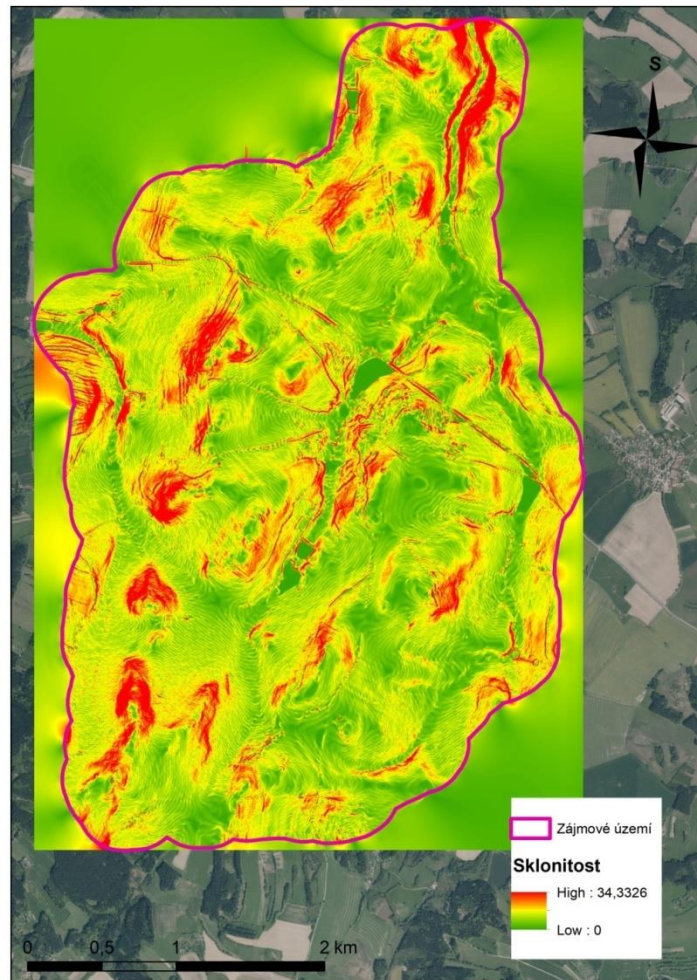
Na počátku výpočtu erozní ohroženosti musíme vytvořit Digitální model terénu (DMT). Tento model je velmi důležitý pro výpočet topografického modelu. Digitální model terénu představuje povrch bez jakýchkoli objektů (Obr.6). Při této práci byl použit k určení hydrologických charakteristik. Vytvoříme ho za použití nástroje *Topo to raster*. Data vstupující do tohoto rastru jsou vrstevnice, zájmová území a vodní

toky. Z důvodu kvality výsledného obrázku je nastavena velikost buňky na 1m.



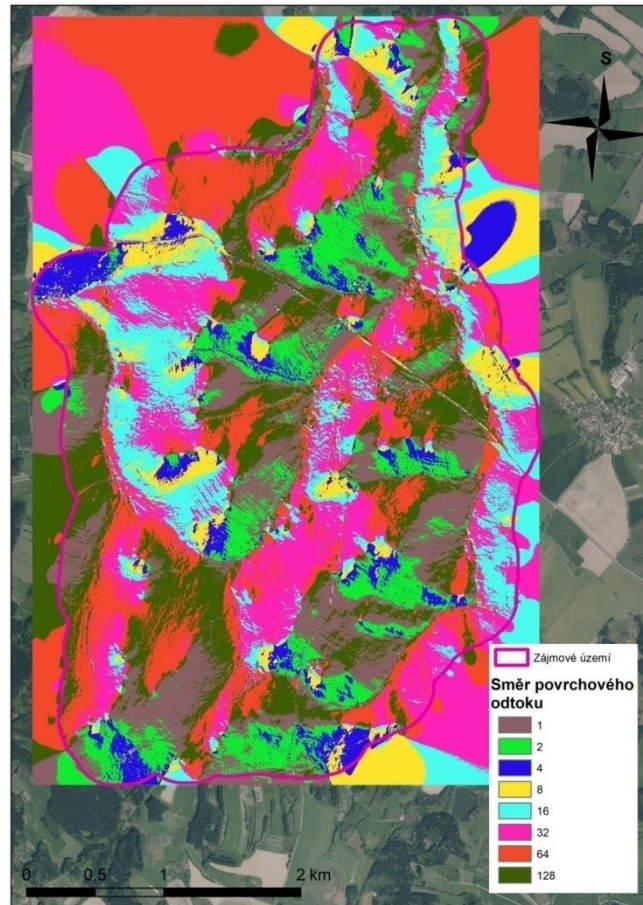
Obr. 6: Digitální model terénu

Nyní použijeme DMT a nástroj *Slope*. Tento nástroj nám předává údaje o sklonitosti terénu ve stupnicích (Obr.7). Zvolením *Degree* a *Flow Direction*, který nám udává směr povrchového odtoku (Obr.8). Tento směr nám simuluje, jakým směrem odtéká voda z dané buňky při povrchovém odtoku. Použitím nástroje *Flowaccumulation* vytvoříme vrstvu akumulace odtoku. Tato akumulace vody je dána součtem buněk přispívajících do dané buňky. Po nastavení typu *Integer* je hodnota buňky ve výsledném rastru vyjádřena celým číslem.



Ivana Dušková, 19.3.2019, Vyskytná, S-JTSK

Obr. 7: Sklonitost terénu



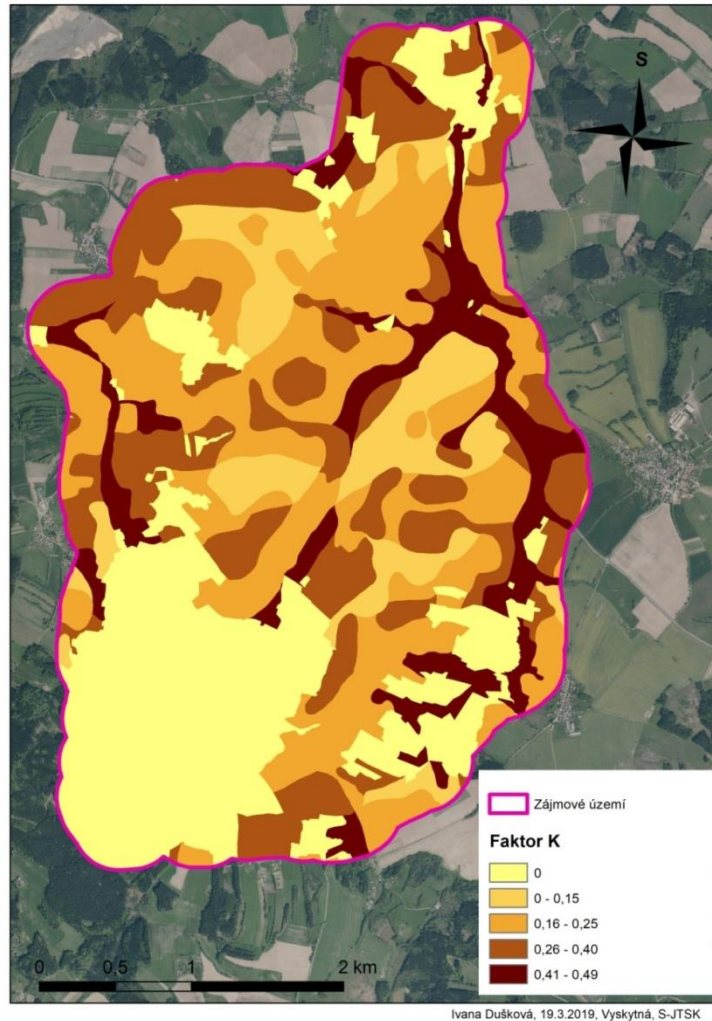
Obr. 8: Směr povrchového odtoku

5.4 Faktor R

Podle metodiky Janečka (2012) byl faktor erozní účinnosti deště stanoven na hodnotu $40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$. Hodnota faktoru R je vyjádřena v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě přívalových dešťů.

5.5 Faktor K

Z mapy BPEJ určíme faktor erodovatelnosti půdy díky 2. a 3. číslu. V programu ArcGIS otevřeme atributovou tabulku, v níž budou vybrány hlavní půdní jednotky. Následně použijeme funkci *Field Calculator* a přiřadíme hodnoty K faktoru (Obr.9). Vektorová vrstva faktoru K je následně převedena pomocí nástroje *Feature to raster* do podoby rastru.



Obr. 9: Faktor erodovatelnosti půdy

5.6 Faktor LS

Na vytvoření rastru topografického faktoru LS je třeba digitální model terénu, sklonitosti, směr povrchového odtoku a akumulace odtoku. Tyto rastry poté dosadíme ve funkci Raster Calculator do rovnice dle Mitášové (1996).

Vzorec dle Mitášové:

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

kde:

A – plocha;

s – sklon;

m, n – kalibrační koeficienty;

22,13 – délka standardního pozemku;

0,0896 – sklon standardního pozemku.

Použitý tvar rovnice:

$$\text{Power}(\text{flowaccumulation} * \text{resolution} / 22.13, 0.56) * \text{Power}(\text{Sin}(\text{Slope} * 0.01745) / 0.0896, 1.3) * 1.56$$

kde:

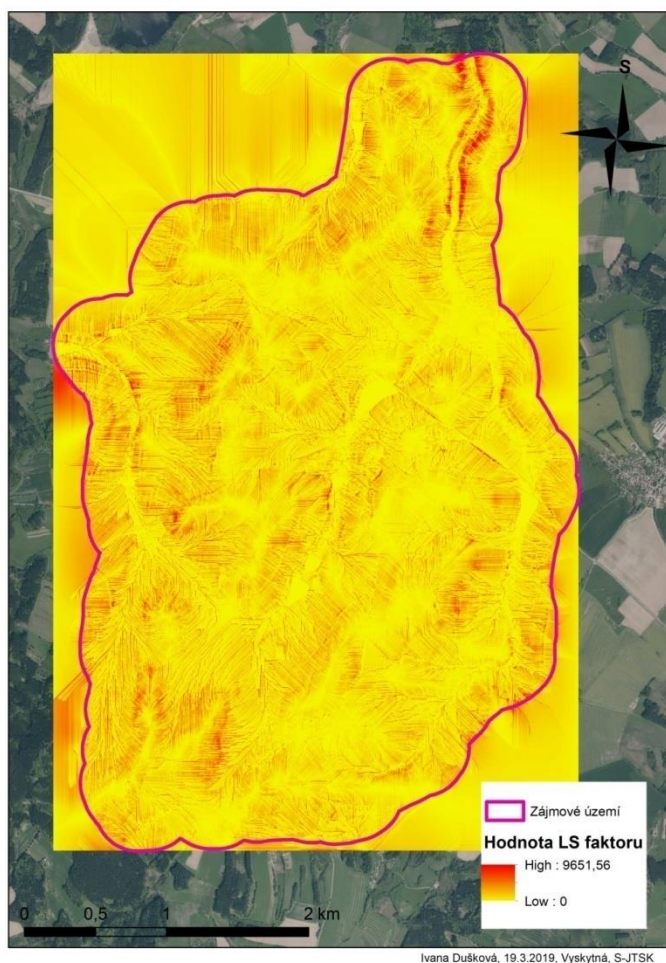
flow accumulation – rastr akumulace odtoku;

resolution – velikost pixelu DMT;

Slope – rastr sklonitosti terénu;

0,56, 1,3 – kalibrační koeficienty.

Výstupem této rovnice je rastr topografického faktoru LS (Obr.10).



Obr. 10: Topografický faktor LS

5.7 Faktor C

C faktor neboli faktor vlivu vegetačního pokryvu na smyv půdy byl vypočítán ze 2 osevních postupů, které byly stanoveny za pět pěstebních období. Každému období byly přiřazeny dílčí hodnoty C faktoru dle Tab. A procentuální hodnota z roční hodnoty R faktoru (viz Tab. 7). Vždy je nutné rozdělit hodnotu R faktoru procentuálně na jeden den v měsíci. Je to z důvodu, že pěstební období se prolínají do různých měsíců.

Vynásobením dílčí hodnoty C faktoru a R faktoru vznikne hodnota C faktoru určité plodiny. Následně vytvoříme průměr hodnot C faktoru pro ostatní plodiny a tím zjistíme průměrný C faktor pro daný pozemek.

Pro vznik vrstvy C faktoru otevřeme atributovou tabulku, ke všem pozemkům přiřadíme průměrnou hodnotu C faktoru a použijeme nástroj *Feature to raster*. Tím nám vznikne požadovaná vrstva vlivu vegetačního pokryvu na smyv půdy (Obr.11).



Obr. 11: Faktor ochranného vlivu vegetace

5.8 Faktor P

V této bakalářské práci nebylo počítáno s žádnými protierozními opatřeními, tudíž do rovnice zadáváme hodnotu faktoru $P = 1$.

6. Výsledky – vyhodnocení erozního ohrožení

Vrstvy jednotlivých faktorů dosadíme v Raster Calculatoru do Univerzální rovnice ztráty půdy, jejíž tvar je:

$$G = 40.K.LS.C.1$$

kde:

40 – hodnota faktoru erozní účinnosti deště;

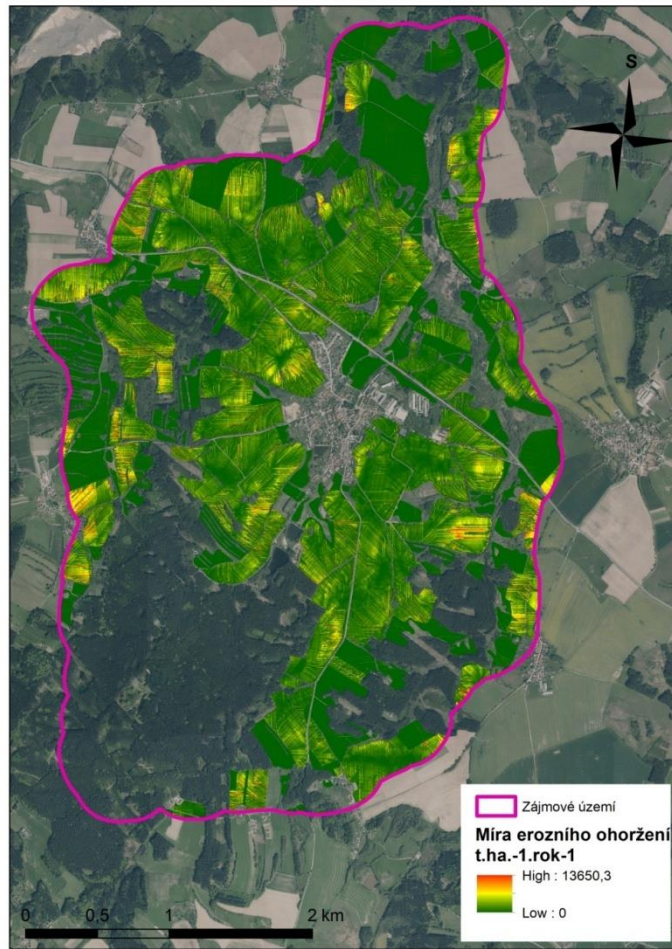
K – rastrová vrstva faktoru erodovatelnosti půdy;

LS – rastrová vrstva topografického faktoru;

C – rastrová vrstva faktoru ochranného vlivu vegetace;

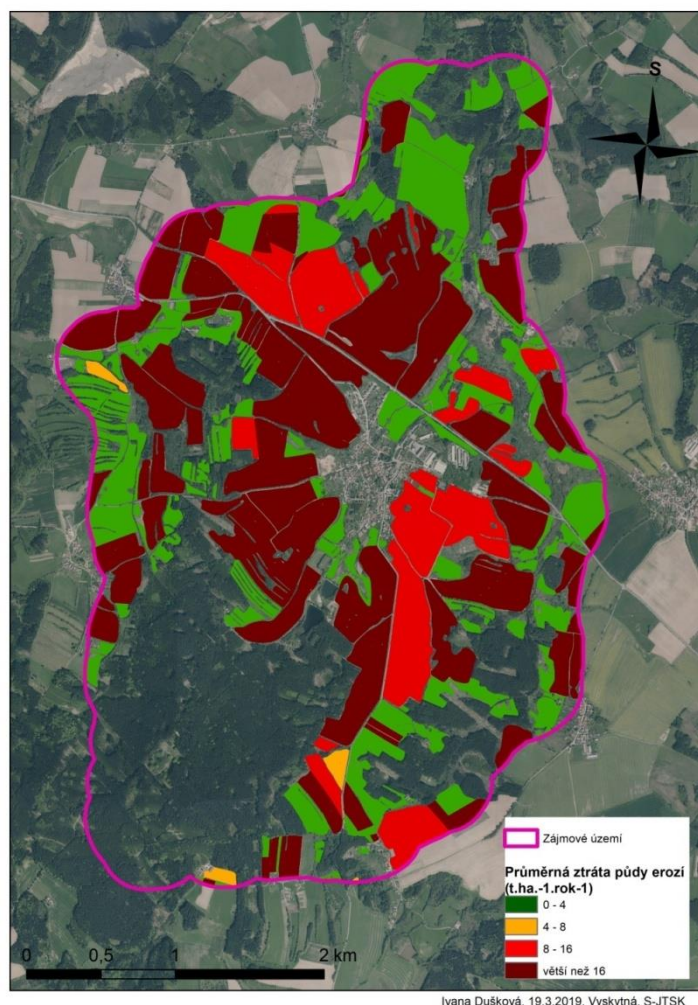
1 – hodnota faktoru účinnosti protierozních opatření.

Takto vynásobenou rovnicí se nám vytvoří vrstva míry ohroženosti pozemků vodní erozí pro každou buňku (Obr. 12). Použitím funkce Zonal Statistics, kam jako vstupní data vložíme vrstvu míry ohroženosti pozemků vodní erozí pro každou buňku, nám vznikne výsledná vrstva průměrné ztráty půdy vodní erozí ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$) (Obr. 13).



Ivana Dušková, 19.3.2019, Vyskytná, S-JTSK

Obr. 12: Míra erozní ohroženosti pro každou buňku



Obr. 13: Průměrná ztráta půdy vodní erozí

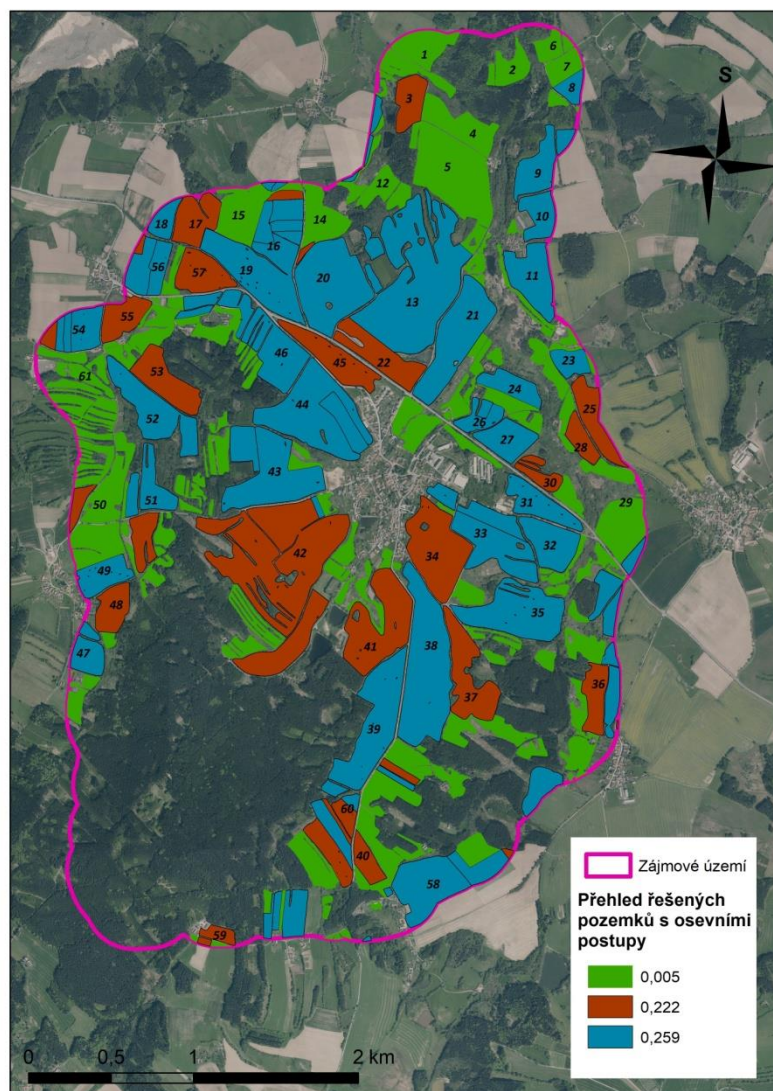
V k.ú. Vyskytná převažují středně hluboké půdy, tudíž je zde přípustná ztráta půdy $4 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$. V práci jsem rozdělila pozemky dle vypočtených hodnot do 4 kategorií, viz obr. 13.

Výsledkem těchto hodnot je zjištění, že většina ploch je velmi ohrožena erozí. Jediné plochy, které nejsou ohroženy, jsou trvale zatravněné plochy. Na třech pozemcích je smyv půdy $4\text{--}8 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, na 14 pozemcích jsou hodnoty $8\text{--}16 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, na ostatních pozemcích je smyv větší než $16 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tab. 15.

Na obr. 14 máme rozdělené pozemky dle osevních postupů s čísly pro lepší orientaci v tab. 15.

Tab. 15: Průměrná ztráta půdy na vybraných pozemcích

Průměrná ztráta půdy					
Pozemek	t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	Pozemek	t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	Pozemek	t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹
1	2,81	21	30,51	41	27,56
2	2,56	22	21,56	42	28,64
3	38,15	23	9,57	43	19,55
4	3,25	24	13,84	44	20,31
5	3,94	25	23,96	45	16,41
6	2,92	26	12,45	46	17,56
7	2,94	27	24,71	47	16,34
8	22,63	28	23,78	48	16,78
9	29,83	29	3,55	49	16,54
10	27,82	30	10,41	50	3,21
11	19,24	31	26,72	51	19,58
12	3,25	32	27,36	52	21,32
13	19,82	33	13,47	53	20,87
14	2,65	34	12,96	54	17,52
15	3,64	35	16,33	55	19,07
16	17,32	36	18,42	56	21,3
17	19,44	37	20,21	57	17,09
18	21,61	38	12,59	58	8,92
19	10,53	39	20,45	59	4,22
20	13,87	40	17,73	60	6,37
				61	7,09



Ivana Dušková, 19.3.2019, Vyskytná, S-JTSK

Obr. 14: Přehled řešených pozemků s osevními postupy

7. Diskuze

Obec Vyskytná leží obklopena kopci Vysočiny. Velkým přínosem zdejší krajiny je větší množství lesů a remízků. Na první pohled by se mohlo zdát, že zde s erozí nebude žádný problém, ale bohužel opak je pravdou. Zdejší krajina je výrazně kopcovitá a svažitosť má velký vliv na míru erozního ohrožení.

Díky prostředí ArcGIS jsem po zpracování a nahrání dat zjistila, že zde dochází k velmi významnému odnosu půdy. Tím dochází k její degradaci, zanášení cest, kanalizace a při velkých deštích i odnosu půdy do obce a následným škodám přímo u obyvatel.

Z mého pohledu by mělo dojít k jednání mezi vlastníky půd a zemědělci a následnému navržení vhodného řešení této situace.

8. Závěr

Hlavním cílem této práce bylo zjistit míru erozního ohrožení na pozemcích v k.ú. Vyskytná. V teoretické části jsme se seznámili s obecnými pojmy, s nimiž jsme dále pracovali v celé bakalářské práci.

V praktické části jsem za pomoci univerzální rovnice a geoinformačního programu ArcGIS zjistila míru ohrožení na 61 pozemcích. Výsledky jsou pro mne velmi překvapivé, protože všechny pozemky kromě trvale zatravněných ploch jsou velmi ohrožené erozí. Na třech pozemcích je průměrný odnos půdy v rozmezí 4–8 t.ha⁻¹.rok⁻¹, na 14 pozemcích 8–16 t.ha⁻¹.rok⁻¹ a na ostatních zemědělských plochách dokonce nad 16 t.ha⁻¹.rok⁻¹.

Z těchto výsledků vyplývá, že je nutné zaměřit se na zlepšení agrotechnických prací a případně navrhnout vhodná protierozní opatření.

9. Přehled literatury a použitých zdrojů

Bernsdorf B., Richter G., Schmidt R. G., 1995: Die Kartierung der Schneeschmelz – Erosion Probleme und Möglichkeiten der Felderhebung. Universität Trier FB VI, Trier, 211 s.

Braniš M., 2004: Základy ekologie a ochrany životního prostředí. Informatorium, Praha, 204 s.

Buzek L., 1995: Půdní fond a jeho ochrana. Ostravská univerzita, Ostrava, 142 s.

Cáblík J., Jůva K., 1963: Protierozní ochrana půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 324 s.

Holý M., 1978: Protierozní ochrana. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 283 s.

Holý M., 1994: Eroze a životní prostředí. Vydavatelství ČVUT, Praha, 383 s.

Janeček M. a kol., 2002: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV, Praha, 201 s.

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.

Kletečka M. a kol., 1984: Bonitace čs. zemědělských půd a směry jejich využití. Federální ministerstvo zemědělství a výživy, Praha – Bratislava, 132 s.

Kukal Z., 1964: Geologie recentních sedimentů. ČSAV, Praha, 441 s.

Mezera A. a kol., 1979: Tvorba a ochrana krajiny. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 467 s.

MZ ČR, 2015: Situační a výhledová zpráva Půda. Ministerstvo zemědělství, Praha, 134 s.

Novotný I. a kol., 2013: Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha, 173 s.

Pasák V. a kol., 1984: Ochrana půdy před erozí. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 160 s.

- Podhrázská J., Dufková J., 2005: Protierozní ochrana půdy. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 95 s.
- Roehl J. W., 1965: Proceedings: Erosion and its control on agricultural lands. U.S. Gov., Washington, 970 p.
- Salnikov V. K., 1966: Eroze půdy a způsoby boje proti ní. ÚVTI, Praha, 103 s.
- Sanetrník J., Filip J., 1990: Meliorace. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 177 s.
- Sedlák L. a kol., 1978: Meliorace. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 240 s.
- Spusta V., Brzeziňski A., Kociánová M., 2007: Krkonoše – příroda, historie, život. Baset, Praha, 863 s.
- Šarapatka B., 2014: Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 240 s.
- Tolasz R., 2007: Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 255 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., 2009: Půda a její hodnocení v ČR. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2018: Katalog BPEJ. VÚMOP, cit. 8, 4, 2018, Online: <https://bpej.vumop.cz/>
- Wilson J., 1986: Estimating the topographic factor in the universal soil loss equation for watersheds. Journal of soil and water conservation 3: 179–184.
- Wischmeier W. H., 1975: Cropland erosion and sedimentation. Control od water pollution from cropland. A manual for gudeline development.
- Wischmeier W. H., Smith D. D., 1978 : Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. United States, Dept. Of Agriculture, USA.

Zachar D., 1970: Erozia pody. Vydavateľstvo slovenskej akadémie vied, Bratislava, 527 s.

Zákon č. 334/1992 Sb., o ochrane zemědělského půdního fondu, v platném znění.

Internetové zdroje

CENIA, ©2018: Geoportál ČR (online) [cit. 2019.04.04], dostupné z <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map/>.

ČÚZK, ©2018: Český úřad zeměměřický a katastrální (online) [cit. 2019.04.04], dostupné z www.cuzk.cz.

MZ ČR, ©2019: Ministerstvo zemědělství ČR (online) [cit. 2019.04.04], dostupné z www.eagri.cz.

MŽP ČR, ©2018: Definice, význam a funkce půdy (online) [cit. 2019.04.04], dostupné z [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf).

Obec Vyskytná, ©2019: Obec Vyskytná (online) [cit. 2019.04.04], dostupné z www.vyskytna.cz.

Vítejte na zemi, ©2013: Kyselost půdy – půdní reakce (online) [cit. 2019.04.04], dostupné z http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=kyselost_pudy_pudni_reakce&site=puda.

VÚMOP v.v.i., ©2019: eKatalog BPEJ (online) [cit. 2019.04.04], dostupné z <https://bpej.vumop.cz/>.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. DIBAVOD (online) [cit. 2019.04.04], dostupné z www.dibavod.cz.

WANET s.r.o., ©2018: Místopisný průvodce po České republice: Vyskytná (online) [cit. 2019.04.04], dostupné z <https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/918/vyskytna/historie/?pdf>.

10. Seznam obrázků

Obr. 1: Potenciální ohrožení půdy větrnou erozí (MZ ČR, 2019)	12
Obr. 2: Třídy propustnosti půdního profilu (Janeček, 2002)	20
Obr. 3: Nomogram pro určení K faktoru (Janeček, 2002)	21
Obr. 4: Obec Vyskytná (Cenia, 2018).....	28
Obr. 5: Zájmové území	32
Obr. 6: Digitální model terénu	33
Obr. 7: Sklonitost terénu	34
Obr. 8: Směr povrchového odtoku	35
Obr. 10: Faktor erodovatelnosti půdy	37
Obr. 11: Topografický faktor LS	38
Obr. 12: Faktor ochranného vlivu vegetace	39
Obr. 13: Míra erozní ohroženosti pro každou buňku	42
Obr. 14: Průměrná ztráta půdy vodní erozí.....	43
Obr. 15: Přehled řešených pozemků s osevními postupy	45
Obr. P 1: Pozemek č. 44.....	VII
Obr. P 2: Pozemek č. 22.....	VII
Obr. P 3: Pozemek č. 13.....	VIII
Obr. P 4: Pozemek č. 42.....	VIII

11. Seznam tabulek

Tab. 1: Kód BPEJ (VÚMOP, 2018)	4
Tab. 2: Charakteristiky klimatických regionů (Vyhláška MZ ČR č. 327/1998 Sb.) ...	5
Tab. 3: Kategorie sklonitosti (Vyhláška MZ ČR č. 327/1998 Sb.).....	6
Tab. 4: Expozice pozemku (Vyhláška MZ ČR č. 327/1998 Sb.).....	6
Tab. 5: Třídy skeletovitosti půdy (Vyhláška MZ ČR č. 327/1998 Sb.).....	7
Tab. 6: Velikost půdních částic (MZ ČR, 2019).....	11
Tab. 7: Průměrné rozdělení faktoru R do měsíců podle vegetačního období (Janeček, 2012)	18
Tab. 8: Hodnoty K faktoru podle HPJ (Janeček a kol., 2012)	22
Tab. 9: Hodnoty C faktoru (Janeček a kol., 2012).....	25
Tab. 10: Hodnoty P faktoru (Janeček a kol., 2012)	26
Tab. 11: Průměrný počet srážkových dní (mm) (Tolasz, 2007)	29
Tab. 12: Průměrný měsíční úhrn srážek (mm) (Tolasz, 2007)	29
Tab. 13: Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C) (Tolasz, 2007).....	29
Tab. 14: Sezónní rychlost větru (Tolasz, 2007).....	30
Tab. 15: Průměrná ztráta půdy na vybraných pozemcích	44

12. Seznam rovnic

Rovnice 1: Univerzální rovnice podle Wischmeiera a Smithe (Janeček a kol., 2002)	16
Rovnice 2: Faktor erozní účinnosti deště (Janeček a kol., 2002).....	17
Rovnice 3: Celková kinetická energie deště (Janeček a kol., 2002)	17
Rovnice 4: Vztah podle Wischmeiera a Smitha (Janeček a kol., 2002)	18
Rovnice 5: K faktor (Janeček a kol., 2002).....	19
Rovnice 6: L faktor (Janeček a kol., 2012)	23
Rovnice 7: S faktor (Janeček a kol., 2008)	23
Rovnice 8: LS faktor (Janeček a kol., 2008).....	23

13. Seznam příloh

Příloha 1: Výpočet C faktoru pro osevní plán 1 (0,259).....	I
Příloha 2: Výpočet C faktoru pro osevní plán 2 (0,222).....	IV
Příloha 3: Vlastní fotodokumentace (vlastní zpracování).....	VII

14. Přílohy

Příloha 1: Výpočet C faktoru pro osevní plán 1 (0,259)

Řepka
ozimá

fáze	datum od	datum do	dnů	dnů v měsíci	R%	%R _M	%R _C	C	R x C
I	01.VIII	20.VIII	20	31	0,26	0,168	0,168	0,25	0,042
II	21.VIII	31.VIII	11	31	0,26	0,092	0,172	0,25	0,043
	01.IX	30.IX	30	30	0,08	0,080			
III	01.X	31.X	31	31	0,02	0,020	0,030	0,2	0,006
	01.IV	30.IV	30	30	0,01	0,010			
IV	01.V	31.V	31	31	0,11	0,110	0,524	0,08	0,042
	01.VI	30.VI	30	30	0,22	0,220			
	01.VII	20.VII	20	31	0,30	0,194			
V	21.VII	31.VII	11	30	0,30	0,110	0,110	0,25	0,028

celkem R x C 0,160

Pšenice
ozimá

fáze	datum od	datum do	dnů	dnů v měsíci	R%	%R _M	%R _C	C	R x C
I	01.VIII	20.VIII	20	31	0,26	0,168	0,168	0,65	0,109
II	21.VIII	31.VIII	11	31	0,26	0,092	0,172	0,7	0,121
	01.IX	30.IX	30	30	0,08	0,080			
III	01.X	31.X	31	31	0,02	0,020	0,030	0,45	0,014
	01.IV	30.IV	30	30	0,01	0,010			
IV	01.V	31.V	31	31	0,11	0,110	0,524	0,08	0,042
	01.VI	30.VI	30	30	0,22	0,220			
	01.VII	20.VII	20	31	0,30	0,194			
V	21.VII	31.VII	11	30	0,30	0,110	0,110	0,25	0,028

celkem R x C 0,312

Řepka ozimá

fáze	datum od	datum do	dnů	dnů v měsíci	R%	%R _M	%R _c	C	R x C
I	01.VIII	20.VIII	20	31	0,26	0,168	0,168	0,25	0,042
II	21.VIII	31.VIII	11	31	0,26	0,092	0,172	0,25	0,043
	01.IX	30.IX	30	30	0,08	0,080			
III	01.X	31.X	31	31	0,02	0,020	0,030	0,2	0,006
	01.IV	30.IV	30	30	0,01	0,010			
IV	01.V	31.V	31	31	0,11	0,110	0,524	0,08	0,042
	01.VI	30.VI	30	30	0,22	0,220			
	01.VII	20.VII	20	31	0,30	0,194			
V	21.VII	31.VII	11	30	0,30	0,110	0,110	0,25	0,028

celkem R x C 0,160

Brambory v přímých řádcích

fáze	datum od	datum do	dnů	dnů v měsíci	R%	%R _M	%R _c	C	R x C
I	01.IV	20.IV	20	30	0,01	0,007	0,007	0,65	0,004
II	21.IV	30.IV	10	30	0,01	0,003	0,113	0,8	0,091
	01.V	31.V	31	31	0,11	0,110			
III	01.VI	30.VI	30	30	0,22	0,220	0,220	0,65	0,143
IV	01.VII	31.VII	31	31	0,30	0,300	0,653	0,3	0,196
	01.VIII	31.VIII	31	31	0,26	0,260			
	01.IX	30.IX	30	30	0,08	0,080			
	01.X	20.X	20	31	0,02	0,013			
V	21.X	31.X	11	31	0,02	0,007	0,007	0,7	0,005

celkem R x C 0,439

Ječmen - do strniště

fáze	datum od	datum do	dnů	dnů v měsíci	R%	%R _M	%R _C	C	R x C
I	01.IV	20.IV	20	30	0,01	0,007	0,007	0,7	0,005
II	21.IV	30.IV	10	30	0,01	0,003	0,113	0,7	0,079
	01.V	31.V	31	31	0,11	0,110			
III	01.VI	30.VI	30	30	0,22	0,220	0,220	0,45	0,099
IV	01.VII	31.VII	31	31	0,30	0,300	0,468	0,08	0,037
	01.VIII	20.VIII	20	31	0,26	0,168			
V	21.VIII	31.VIII	11	31	0,02	0,007	0,007	0,25	0,002
celkem R x C									0,222

I.rok	0,160
II.rok	0,312
III.rok	0,160
IV.rok	0,439
V.rok	0,222
celkem C-faktor	0,259

Příloha 2: Výpočet C faktoru pro osevní plán 2 (0,222)

Pšenice ozimá - po jetelovinách do zorané půdy

fáze	datum od	datum do	dnů	dnů v měsíci	R%	%R _M	%R _c	C	R x C
I	01.VIII	20.VIII	20	31	0,26	0,168	0,168	0,65	0,109
II	21.VIII	31.VIII	11	31	0,26	0,092	0,172	0,7	0,121
	01.IX	30.IX	30	30	0,08	0,080			
III	01.X	31.X	31	31	0,02	0,020	0,030	0,45	0,014
	01.IV	30.IV	30	30	0,01	0,010			
IV	01.V	31.V	31	31	0,11	0,110	0,524	0,08	0,042
	01.VI	30.VI	30	30	0,22	0,220			
	01.VII	20.VII	20	31	0,30	0,194			
V	21.VII	31.VII	11	30	0,30	0,110	0,110	0,25	0,028
jetel	01.VIII	31.VIII	31	31	0,26	0,26	0,26	0,015	0,0039
	01.IX	30.IX	30	30	0,08	0,08	0,08	0,015	0,0012
	01.X	31.X	31	31	0,02	0,02	0,02	0,015	0,0003
celkem R x C									0,318

Brambory v přímých řádcích

fáze	datum od	datum do	dnů	dnů v měsíci	R%	%R _M	%R _c	C	R x C
I	01.IV	20.IV	20	30	0,01	0,007	0,007	0,65	0,004
II	21.IV	30.IV	10	30	0,01	0,003	0,113	0,8	0,091
	01.V	31.V	31	31	0,11	0,110			
III	01.VI	30.VI	30	30	0,22	0,220	0,220	0,65	0,143
IV	01.VII	31.VII	31	31	0,30	0,300	0,653	0,3	0,196
	01.VIII	31.VIII	31	31	0,26	0,260			
	01.IX	30.IX	30	30	0,08	0,080			
	01.X	20.X	20	31	0,02	0,013			
V	21.X	31.X	11	31	0,02	0,007	0,007	0,7	0,005
celkem R x C									0,439

Ječmen - do strniště

fáze	datum od	datum do	dnů	dnů v měsíci	R%	%R _M	%R _C	C	R x C
I	01.IV	20.IV	20	30	0,01	0,007	0,007	0,7	0,005
II	21.IV	30.IV	10	30	0,01	0,003	0,113	0,7	0,079
	01.V	31.V	31	31	0,11	0,110			
III	01.VI	30.VI	30	30	0,22	0,220	0,220	0,45	0,099
IV	01.VII	31.VII	31	31	0,30	0,300	0,468	0,08	0,037
	01.VIII	20.VIII	20	31	0,26	0,168			
V	21.VIII	31.VIII	11	31	0,02	0,007	0,007	0,25	0,002
pole holé	01.IX	30.IX	30	30	0,08	0,08	0,08	1	0,08
	01.X	31.X	31	31	0,02	0,02	0,02	1	0,02
celkem R x C									0,322

Oves s podsetím jetele - do strniště

fáze	datum od	datum do	dnů	dnů v měsíci	R%	%R _M	%R _C	C	R x C
I	01.IV	20.IV	20	30	0,01	0,007	0,007	0,015	0,000
II	21.IV	30.IV	10	30	0,01	0,003	0,113	0,015	0,002
	01.V	31.V	31	31	0,11	0,110			
III	01.VI	30.VI	30	30	0,22	0,220	0,220	0,015	0,003
IV	01.VII	31.VII	31	31	0,30	0,300	0,468	0,015	0,007
	01.VIII	20.VIII	20	31	0,26	0,168			
V	21.VIII	31.VIII	11	31	0,02	0,007	0,007	0,015	0,000
jetel	01.IX	30.IX	30	30	0,08	0,08	0,08	0,015	0,0012
	01.X	31.X	31	31	0,02	0,02	0,02	0,015	0,0003
celkem R x C									0,014

Jetel

fáze	datum od	datum do	dnů	dnů v měsíci	R%	%R _M	%R _C	C	R x C
I	01.VIII	20.VIII	20	31	0,26	0,168	0,168	0,015	0,003
II	21.VIII	31.VIII	11	31	0,26	0,092	0,172	0,015	0,003
	01.IX	30.IX	30	30	0,08	0,080			
III	01.X	31.X	31	31	0,02	0,020	0,030	0,015	0,000
	01.IV	30.IV	30	30	0,01	0,010			
IV	01.V	31.V	31	31	0,11	0,110	0,524	0,015	0,008
	01.VI	30.VI	30	30	0,22	0,220			
	01.VII	20.VII	20	31	0,30	0,194			
V	21.VII	31.VII	11	30	0,30	0,110	0,110	0,015	0,002
celkem R x C									0,015

	faktor C
I.rok	0,318
II.rok	0,439
III.rok	0,322
IV.rok	0,014
V.rok	0,015
výsledný C-faktor	0,222

Příloha 3: Vlastní fotodokumentace (vlastní zpracování)



Obr. P 1: Pozemek č. 44



Obr. P 2: Pozemek č. 22



Obr. P 3: Pozemek č. 13



Obr. P 4: Pozemek č. 42