

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO
MODELOVÁNÍ**



**VYHODNOCENÍ OHROŽENOSTI KATASTRÁLNÍHO
ÚZEMÍ ÚSTÍ NAD LABEM VODNÍ EROZÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: ING. JAKUB BURKET

BAKALANT: ŠTĚPÁNKA ŠÍMOVÁ

2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Štěpánka Šimová

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Vyhodnocení ohroženosti katastrálního území Ústí nad Labem vodní erozí

Název anglicky

Evaluation of water erosion risk in cadastral area of Ústí nad Labem

Cíle práce

Na základě studia odborné literatury zpracovat literární rešerši, která bude zaměřena na problematiku vodní eroze půdy a objasnit základní faktory, které se na erozi půdy podílí. Práce popíše využívaná protierozní opatření a dotčenou legislativu.

Ve vlastní práci bude stanovena ohroženost katastrálního území Ústí nad Labem a navržena vhodná protierozní opatření u vybraných zemědělských půdních celků. Součástí bude také terénní průzkum. Výpočet dlouhodobé průměrné ztráty půdy vodní erozí bude proveden pomocí univerzální rovnice USLE a nástrojů ArcGIS. Na základě výpočtů budou navržena vhodná protierozní opatření. Ve výsledném zhodnocení budou okomentovány dosažené cíle.

Metodika

- literární rešerše dotčené problematiky
- přiblížení zájmové lokality
- posouzení míry erozního ohrožení vybraných zemědělských ploch
- návrh vhodných protierozních opatření
- výsledné zhodnocení

Doporučený rozsah práce

50

Klíčová slova

vodní eroze, Ústí nad Labem, ArcGIS

Doporučené zdroje informací

- HOLÝ, M. Eroze a životní prostředí. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. ISBN 80-01-01078-3.
- JANEČEK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- JANEČEK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Základy erodologie. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1842-7.
- NOVOTNÝ, I. a kol., 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství Těšnov, Praha, s.78. ISBN 978-80-87361-33-7.
- ŠARAPATKA, B. Pedologie a ochrana půdy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 ZS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jakub Burket

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 5. 12. 2022

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 12. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vyhodnocení ohroženosti katastrálního území Ústí nad Labem vodní erozí“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace 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 zeměměřickým 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,

V Ústí nad Labem dne 15. 3. 2023

.....

Štěpánka Šímová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jakubovi Burketovi, za skvělé vedení, cenné rady, podněty, připomínky, a především za pomoc, kdykoli to bylo nutné. Velké díky patří také mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

V Ústí nad Labem 15. 3. 2023

.....

Šímová Štěpánka

Abstrakt:

Bakalářská práce na téma „Vyhodnocení ohroženosti vybraného katastrálního území vodní erozí“ se zabývá zhodnocením erozního ohrožení zemědělských pozemků v obci Ústí nad Labem. Zemědělská půda je největším přírodním bohatstvím Země, bez které by život na Zemi neexistoval a je nezbytné ji chránit. Degradace půdy způsobená vodní erozí je vážným problémem. Aby mohl být tento problém vyřešen, je detailně popsán v první části literární rešerše. Další část práce se zabývá charakteristikou zájmového území a rozebráním rovnice USLE a jejích faktorů. Praktická část spočívá ve výpočtu těchto faktorů s účelem vyhodnocení průměrné dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí dle Wischmeiera a Smithe. Výpočty byly provedeny v programu ArcGIS. Z výsledků je patrné, že část půdních bloků je silně zasažena vodní erozí. Naopak více než polovina půdních bloků zasažena vodní erozí není. Důvodem může být velikost půdních bloků či rozmanitost krajiny území.

Klíčová slova: Vodní eroze, Ústí nad Labem, ArcGIS, rovnice USLE, ztráta půdy

Abstract:

The bachelor thesis on “Evaluation of the Threat of Water Erosion to a Selected Cadastral Territory” deals with the evaluation of the erosion threat to agricultural land in the Ústí nad Labem district. Agricultural land is the largest natural asset of the Earth, without which life on Earth would not exist and it is necessary to protect it. Soil degradation caused by water erosion is a serious problem. In order to solve this problem, it is described in detail in the first part of the literary research. The next part of the thesis deals with the characteristics of the area of interest and the analysis of the USLE equation and its factors. The practical part consists in the calculation of these factors in order to evaluate the average long-term soil loss by water erosion according to Wischmeier and Smith. The calculations were carried out in the ArcGIS program. The results show that part of the soil blocks is strongly affected by water erosion. On the contrary, more than half of the soil blocks are not affected by water erosion. The reason can be the size of the soil blocks or the diversity of the landscape of the territory.

Keywords: Water erosion, Ústí nad Labem, ArcGIS, USLE equation, soil loss

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíl práce.....	11
3. Půda.....	12
3.1 Definice půdy.....	12
3.1.1 Funkce půdy.....	13
3.1.2 Vlastnosti půdy	14
3.1.3 Degradace půdy	15
4. Eroze.....	18
4.1 Příčiny eroze.....	18
4.2 Vodní eroze	20
4.3 Větrná eroze	22
4.4 Sněhová eroze	22
4.5 Ledovcová eroze.....	23
4.6 Protierozní opatření.....	23
4.6.1 Organizační	24
4.6.2 Agrotechnická	26
4.6.3 Technická.....	29
4.7 Důsledky vodní eroze.....	31
4.8 Vodní eroze v ČR.....	32
5. Univerzální rovnice ztráty půdy – USLE.....	34
5.1 Faktor erozní účinnosti dešťových srážek – R	35
5.2 Faktor erodovatelnosti půdy – K.....	36
5.3 Faktor délky – L.....	39
5.4 Faktor sklonu svahu - S	39
5.5 Faktor ochranného vlivu vegetace – C	40
5.6 Faktor účinnosti protierozních opatření – P.....	41
5.7 Přípustná ztráta půdy vodní erozí	41
6. Charakteristika zájmového území	43
6.1 Město Ústí nad Labem	43
6.2 Historie zájmového území.....	43
6.3 Klimatické podmínky	46
6.4 Krajinný pokryv	48
6.5 Půdní typy.....	48
6.6 Hydrogeologické poměry	49
6.7 Geologické poměry	50

7.	Metodika a vyhodnocení rovnice USLE	51
7.1	Výběr určitých pozemků	52
7.2	Faktor erozní účinnosti deště - R	52
7.3	Faktor erodovatelnosti půdy - K	52
7.4	Topografický faktor délky a sklonu svahu – LS	53
7.5	Faktor ochranného vlivu vegetace – C	56
7.6	Faktor vlivu technických opatření – P	57
8.	Výpočet rovnice USLE	58
8.1	Vyhodnocení míry Eroze	58
8.2	Průměrná ztráta půdy pro každý pozemek	58
8.3	Stanovení přípustné maximální ztráta půdy	59
8.4	Stanovení ohrožených lokalit	59
9.	Výsledné zhodnocení	60
10.	Diskuse	62
11.	Závěr	63
12.	Seznam použité literatury a použitých zdrojů	65
13.	Seznam obrázků a tabulek a rovnice	69
14.	Přílohy	70

1. Úvod

Půda je neobnovitelným přírodním zdrojem. Patří mezi nezastupitelnou složku životního prostředí, jelikož by bez její existence život na Zemi vymizel. Je nezbytně důležité ji chránit a zajistit její funkce (Brtnický, 2012).

Půda je dynamický, stále se vyvíjející živý dynamický systém. Nachází se mezi litosférou, hydrosférou, antroposférou, atmosférou a biosférou. Právě proto se neustále vyvíjí. Stejně jako voda či vzduch, je základní podmínkou života na Zemi. Půda se definuje jako samostatný přírodní útvar. Půda vzniká z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických materiálů. Je životním prostředím půdních organismů, stanovištěm planě rostoucí vegetace a slouží k pěstování kulturních rostlin. Je přirozenou součástí přírodního bohatství, ovšem důsledkem eroze hrozí její úplná ztráta (MŽP, 2015).

Eroze je přirozeným přírodním proces, zapříčiňujícím rozrušování půdního povrchu a transportu půdních částí zemského povrchu a následnému usazování. Tento proces probíhá mechanickým rozrušováním, které způsobují okolní pohybující se látky. Příkladem je proudící voda, vítr či led. Hlavní příčinou eroze je degradace půdy. Proces zrychlené eroze způsobuje poškození ekosystémů a absenci jeho funkčnosti (Janeček a kol., 2008).

2. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je popsat problematiku vodní eroze půdy, charakterizovat zájmové území a jednotlivé erozní faktory. Hlavním cílem práce je vyhodnotit míru erozního ohrožení zemědělských ploch v katastrálním území Ústí nad Labem.

První část práce byla zpracována ve formě rešerše. V teoretické části práce jsou popsány vlastnosti půdy, problematika eroze, její druhy, faktory, které ji zapříčiňují, ovlivňují a jaké má důsledky. Jsou zde popsány jednotlivé pojmy a metoda využití Univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy. Ta je aplikována v praktické části této bakalářské práce.

Druhá část práce je praktickou částí zaměřující se na stanovenou lokalitu Ústí nad Labem spolu s popisem jeho současného využití. Následně jsou popsány a vypočteny erozní faktory rovnice USLE. Využitím USLE je vyhodnoceno ohrožení zemědělských pozemků vodní erozí. Součástí bakalářské práce jsou rovněž mapové výstupy vytvořené pomocí programu ArcGIS.

3. Půda

Půda je nepostradatelným výrobním prostředkem člověka (Tomášek, 2007).

Půda se dříve považovala pouze za směs hornin a odumřelých organických zbytků. Nyní se považuje za složitý přírodní útvar, který umožňuje růst rostlin (Akademie věd ČR, 2015).

3.1 Definice půdy

Značné množství lidských osídlení vznikalo a dále se rozvíjelo v říčních údolích s úrodnými půdami a příznivými klimatickými podmínkami. Půda byla neustále úrodná, jelikož byla po sklizních plodin pravidelně obnovována bohatými živinami přinášnými řekou. Lidstvo je dnes, stejně jako tehdy, závislé na půdě a na její schopnosti vytvářet a chránit příhodné podmínky pro růst rostlin.

Soubor všech půd na Zemi se nazývá pedosféra. Půda se vyvíjí velmi dlouho zvětráváním hornin a minerálů fyzikálními a chemickými procesy spolu s působením biologických procesů organismů. Znovu obnovení půdy vzniká procesem velmi pomalým. Jeden centimetr vrstvy půdy vzniká několik staletí až tisíciletí (Akademie věd ČR, 2015).

Definice půdy není příliš jednoznačná, jelikož v dnešní době existuje mnoho definic lišících se podle oborů působnosti člověka.

1. Půda je omezený a nenahraditelný přírodní zdroj, který, s postupující degradací a její následnou ztrátou, se stává ve velkém množství částí světa hranicí dalšího rozvoje lidské společnosti. V případě, že by půda zanikla, zanikne i biosféra (Definice půdy podle OSN, MŽP, 2015).
2. Půda je dynamickým, neustále se vyvíjejícím živým systémem. Jedná se o tenkou vrchní vrstvu Země, na které závisí přežití a prosperita všech suchozemských biologických společenstev, jak přirozených, tak umělých (MŽP, 2015).
3. Půda je přirozeným, třídimenzionálním útvarem s definovatelnými hranicemi, běžně tvořících horizonty stvořené minerálními a

organickými materiály, které obsahují organismy a schopny podporovat růst vegetace (Handbook of Soil Science, 2012).

4. Půda je přírodním útvarem, vyvinutým z povrchových zvětralin zemské kůry a ústrojných zbytků. Stavba i složení tohoto útvaru jsou výsledkem působení podnebí i dalších půdotvorných činitelů (Novák, 2012).

(Brtnický a Kol., 2012)

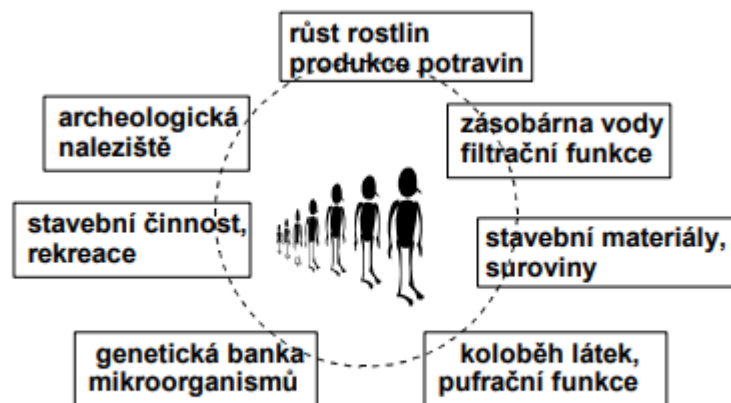
Ochrana půdy je státem upravena zákonem číslo 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu. Zákon nabyl účinnosti 1. 7. 1992 a definuje zemědělský půdní fond jako základní přírodní bohatství země, zároveň ho definuje jako nenahraditelný přírodní výrobní prostředek, který umožňuje zemědělskou výrobu. Podle tohoto zákona patří zemědělský půdní fond k hlavním složkám životního prostředí, což znamená, že jeho ochrana, zvelebování a racionální využívání jsou činnostmi zajišťujícími ochranu a zlepšování životního prostředí (Zákon č. 334/1992 Sb.).

3.1.1 Funkce půdy

Funkce půdy (Obr. 1) jsou značně ovlivněny vlastnostmi půdy (Brtnický a kol., 2012).

Pojmem „funkce půdy“ se rozumí její úkol, cíl, účel a její funkce. Šimek (2004) funkce dělí na dvě skupiny a to:

1. Funkce ekologické, kam se řadí produkce biomasy, filtrování, pufrování, přeměny látek, životní prostředí organismů a genů.
2. Funkce bezprostředně spjaté s člověkem, kam se řadí fyzické médium, nosič na kterém se budují technické, průmyslové a sídelní struktury a útvary, zdroj surovin, rostlinných živin a tepla, kulturní dědictví, zdroj či nosič kulturních, archeologických a paleontologických pokladů, zdroj informací (Šimek, 2004).



Obr. 1: Funkce půdy (MŽP, 2015)

Půda plní velkou spoustu funkcí, jako jsou:

- potravní řetězce a substráty pro růst rostlin
- je zásobena vodou pro rostliny a mikroorganismy a je filtračním prostředkem
- archeologický a paleontologický výzkum probíhá také v jejím prostředí
- má zásadní roli ve stabilitě ekosystémů, zadržuje, degraduje a uvolňuje potenciálně rizikové látky
- mikroorganismy, které v půdě žijí, jsou nedoceněnou zásobárnou genetické informace a díky nim probíhají důležité procesy v ekosystémech
- z půdy lze získat několik základních složek stavebních materiálů a rovněž je půda prostorem, pro umístění staveb, pro rekreační činnost a další lidské aktivity (MŽP, 2015)

3.1.2 Vlastnosti půdy

Vlastnosti půdy lze získat z fyzikálních a chemických procesů.

Vlastnosti půdy lze většinou zjistit analyticky, až na zrnitost. Zrnitost se rozpoznává v terénu a poté se ověřuje v laboratoři. Vlastnosti půdy tedy rozdělujeme na fyzikální, biologické a chemické.

- a. Fyzikální vlastnosti, kam řadíme
 - Zrnitost
 - Měrná hmotnost půdy představuje hmotnost 1m³ pevné, neporézní zeminy v tunách.
 - Objemová hmotnost udává hmotnost 1m³ půdy v jeho přirozeném uložení. Je pokaždé nižší než měrná hmotnost.
 - Pórovitost vyjadřuje celkové procentuální množství volného prostoru nevyplněného pevnými částicemi půdy.
 - Kapalná fáze půdy a její vlastnosti
 - Plynná fáze a její vlastnosti
 - Tepelné poměry v půdě
 - Barva půdy
 - Strukturu

- b. Biologické vlastnosti, kam řadíme
 - Početnost
 - Biomasa
 - Aktivita skupin půdních organismů
 - Respirace a její rychlost

- c. Chemické vlastnosti, kam řadíme
 - Půdní reakce
 - Obsah živin
 - Pufrační schopnost půdy
 - Sorpční kapacita půdy
 - Obsah karbonátů a solí
 - Obsah těžkých kovů a dalších polutantů
 - Obsah chemických prvků v půdě (Ivanov, 2006)

3.1.3 Degradace půdy

Degradace půdy znamená částečná či úplná ztráta úrodnosti půdy. Patří sem její kvalita, výše důsledku procesů jako vodní eroze či větrná eroze, také zamokření,

salinita, znečištění, rozpad půdní struktury a pokles produkčních schopností půd, který je způsoben nesprávným využíváním obyvatel (Janeček a kol., 2012).

Degradace půdy ovlivňuje zemědělství a lesnictví. Projevem je snižování úrody a zhoršování vodního režimu, ale i další sektory národního hospodářství (MŽP, 2015).

Degradace půdy se projevuje změnou půdních vlastností, ztrátou organické hmoty, ztrátou živin, snižováním výnosů a potřebou zvýšení chemizace a hnojení (MZe, 2018).

Mezi hlavní faktory, které vedou k degradaci půdy, řadíme erozi, acidifikaci, ztrátu organické hmoty, nezemědělské využití, kontaminace půdy a utužení půdy (Vopravil a kol., 2010).

Degradace půdy se dle Brtnického a kol. člení na degradaci kvantitativní a kvalitativní. Pod kvantitativní degradaci patří zábor půdy, což se nazývá soil sealing neboli zastavování území spolu s nekontrolovatelným rozšiřováním sídel. Soil sealing patří v zemědělských půdách k největším problémům současné doby. Přímalá definice soil sealing je zakrývání půdy nepropustnými materiály jako jsou beton či asfalt, díky čemuž půda přichází o své přirozené vlastnosti. Dalším skupinou kvantitativní degradace půdy je úbytek půdy neboli desertifikace. Národní úmluva OSN v boji proti desertifikaci definuje desertifikaci jako degradace půdy v oblastech suchých, polosuchých a suchých subhumidních v důsledku několika faktorů, jako jsou klimatické změny a lidské činnosti. Vzniká globálními klimatickými jevy, ať už přírodními či ovlivněnými člověkem. Výsledkem desertifikace bývá pokles hladiny podzemních vod či zasolení ornice a zrychlená eroze. Pod degradaci kvalitativní patří vodní eroze, dále úbytek organické hmoty neboli dehumifikace. Dehumifikace je zapříčiněna především vodní a větrnou erozí, nedodáváním organické hmoty do půdy při intenzivní produkci. Organická hmota musí být doplňována pravidelně v závislosti na typu stanoviště a hospodaření. Důvodem je organická hmota, která příznivě ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půdy. Hlavním důvodem je ale to, že se jedná o základní faktor půdní úrodnosti. Dalším kvalitativním druhem degradace půdy je okyselování půd neboli acidifikace. Jedná se o přírodní degradační proces definující se jako snížení purační schopnosti půdy. Důvodem je tvorba kyselin v půdě či přísun kyselin zvenku. Dalším důvodem je ztráta bazických kationtů a uvolňování hliníku a železa. V České republice je acidifikací ohroženo 43 % půd. Dalším druhem je pedokompakce, neboli utužení půdy je degradace fyzikálních půdních vlastností, což vede ke snížení pórovitosti, ke zvýšení objemové hmotnosti, ke zhoršení infiltrační schopnosti vody, propustnosti půdy a ke snížení

retenční vodní kapacity. Existuje genetické utužení, které je typické pro půdy těžšího zrnitostního složení. Dále také existuje technogenní utužení, které vzniká působením těžkých mechanizačních prostředků a může postihnout i půdy lehké. V České republice je utužením ohroženo cca 45 % zemědělských půd. Dále se pod kvalitativní degradaci řadí ztráta biologické aktivity, ve které se odráží způsoby zpracování půdy měnící obsah půdní vody, teplota půdy, její aerace a stupeň mísení půdy se zbytky pěstovaných plodin. Další formou kvalitativní degradace je salinizace, neboli zasolování půd, což znamená akumulace rozpustných solí vyskytujícím se přirozeně v aridním prostředí. Jedná se o vyšší obsah solí v půdním roztoku nebo podzemních vodách, kdy při zvýšení podzemní vody a následném vypařování dochází ke krystalizaci solí buď v půdě či na jejím povrchu. Salinizace probíhá především při zavlažování zemědělsky využívaných ploch vodou s vysokým obsahem rozpuštěných látek. Voda se odpaří, ale soli ani jiné látky nikoliv, což způsobí zasolování půd. Zasolování půd zvyšuje pH půdního roztoku, má negativní vliv na půdy i na celé půdní prostředí. V České republice je ovlivněno zasolením cca 6 600 hektarů, což je cca 0,13 % zemědělského půdního fondu (Brtnický a kol., 2012).

4. Eroze

Eroze je proces geologický. Hliněný materiál, který se opotřebovává, je následně transportován větrem či vodou. Eroze je opakem depozice, což je také geologický proces, při kterém se naopak hliněný materiál hromadí na reliéfu. Eroze je většinou zapříčiněna kapalnou vodou, větrem či ledem, většinou ve formě ledovce. V případě, že je vítr prašný nebo voda či ledovcový led blátivý, dochází k erozi. Hnědá barva je znakem toho, že kusy hornin a půdy jsou suspendovány tekutinou, vzduchem či vodou a jsou transportovány na jiné místo. Transportovaný materiál se nazývá sediment (Novotný a kol., 2017).

Stejně jako půda, i eroze má několik definicí.

Janeček (2002) definuje erozi, z latiny „erodere“ neboli rozhlodávat, jako komplexní proces, způsobující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných částic. Tento celý proces dějící se za působení vody, větru či ledu. Tvrdí, že jde o mechanické rozrušování půdy ničivými činiteli (Janeček a kol., 2002).

Cáblík a Jůva (1963) erozi definují jako činnost vody, větru a ledu. Definují ji jako činnost, která zahrnuje rozrušování zemského povrchu, odnos půdní hmoty zemského povrchu a v jejím transportu do jiných poloh, kde se tyto půdní hmoty ukládají, což je akumulace, ve formě nánosu. Touto činností se přetváří územní reliéf, probíhající bez porušení přírodních podmínek. Z hlediska lidské generace eroze probíhá téměř nepozorovatelně a většinou neškodně. Tato forma eroze se nazývá normální. Existuje také forma eroze abnormální neboli eroze zrychlená. Tato forma probíhá zejména na zemědělsky a lesnický využívaných územích, kde je přirozený průběh erozních procesů porušen a zrychlen. Při abnormální erozi dochází ke splavování často katastrofálního množství svrchní půdní vrstvy a tím se odhaluje vrstva spodnější, což je následkem zhoršení půdní úrodnosti a znehodnocení půdy pro následné zemědělství a lesní těžbu (Cáblík a Jůva, 1963).

4.1 Příčiny eroze

Erozi v krajině ovlivňují přírodní faktory, jako je klima, topografie, tektonická aktivita či vegetace. Pod podnebí řadíme vítr a srážky. Pod klima řadíme sezónní proměnlivost, ovlivňující pravděpodobnost transportu zvětralých sedimentů při

povětrnostních událostech, zahrnujících hurikán, vánek nebo tání sněhu. Topografie, což je tvar povrchových prvků oblasti, přispívá k ovlivnění oblasti pomocí eroze. Ke zpomalení dopadu eroze přispívá vegetace. Kořeny rostlin se přichytí k půdním a kamenným částicím a tím brání jejich transportu v období dešťů či větrů. Keře a stromy slouží k omezení dopadu hromadného plýtvání, což jsou sesuvy půdy.

Lidská činnost může erozi ovlivnit také, z důvodu měnící se vegetace v oblasti. Stromy, keře či jiné rostliny omezují sesuvy půdy, tudíž udržují půdu nehybnou. Pokud ale člověk lesy kácí nebo orá trávu pro zemědělství, je půda více náchylná na odfouknutí a také mytí. Důsledkem jsou více časté sesuvy půdy. Voda tekoucí přes odkrytou půdu, místo aby se do půdy vsakovala, způsobuje záplavy. Další příčinou eroze je globální oteplování, které erozi urychluje. Důvodem jsou změny teplot, které vedou k častějším a silnějším bouřkám.

V České republice jsou největší půdní bloky v Evropě. To zapříčiňuje vodní erozi. V dřívějších letech byly v období scelování pozemků narušeny hydrografické i jiné krajinné prvky, účinně omezující zrychlenou erozi (Novotný a kol., 2017).

K faktorům, které nejvíce ovlivňují vznik eroze, patří sklonitost pozemku a jeho délka po spádnicí, vegetační pokryv, vlastnosti půdy, náchylnost půdy k erozi, přítomnost protierozních opatření a četnost výskytu přívalových srážek (MZe, 2018).

K základním příčinám vodní eroze řadíme časté a silné přívalové deště, rozšířené pěstování širokořádkových plodin, jako je například kukuřice, a kultur na svazích s absencí protierozních opatření, vytváření nadmíru velkých oraných půdních celků a nesprávně provedená orba, používání konvenčních pěstebních technologií na půdních blocích, které jsou ohroženy erozí, zrušení bývalých hydrografických prvků v krajině, snížení vsaku vody do půdy, nezpevněná koryta toků a nedostatečná ochrana půdy na staveništích a skládkách (Brtnický a kol., 2012).

Příčiny eroze lze dle Janečka (2008) rozdělit na klimatické a hydrologické příčiny. Do těchto příčin spadá zeměpisná poloha, nadmořská výška, množství, rozdělení a intenzita srážek, teplota, oslunění, výpar, odtok či síla větru a jeho směr. Dále je lze rozdělit na morfologické příčiny, kam patří sklon území, délku a tvar svahu a expozici a návětrnost. Dalším druhem příčin vzniku eroze je druh geologický a půdní, pod který patří charakteristika horninového substrátu, půdní druh a typ, textura a struktura půdy, její vlhkost a obsah humusu. Dále se dělí na vegetační, kam spadá hustota a délka trvání pokryvu a nakonec způsob využívání a

obhospodařování půdy, kam lze zařadit polohu a tvar pozemků, směr obdělávání a střídání plodin (Janeček a kol., 2008).

4.2 Vodní eroze

Vodní eroze neboli fluviální eroze, je zapříčiněna mechanickou silou povrchového odtoku občasných vodních proudů, vzniklých po prudkých deštích či sněhovém tání, nebo vodou tekoucí trvale, buď v potocích nebo řekách či bystřinách. Vody stojaté způsobují erozi jen při vlnobití. Podzemní vody mohou způsobit erozi chemickou či mechanickou, pokud se vytvoří soustředěné podzemní proudy (Cáblík a Jůva, 1963).

Hlavním činitelem eroze na Zemi je eroze vodní. Části půdy a písku jdou odnášeny řekami, dešti, jezery, záplavami a oceánem. Tím dochází k pomalému smývání sedimentu.

Eroze je přírodním procesem, kdy za jeho dění dochází k rozrušování půdního povrchu za působení vody, k transportu půdních částic na jiná místa a k následnému usazování těchto částic.

Eroze se rozlišuje na dva typy a to na:

- a. Normální neboli geologickou, Tento druh eroze probíhá přirozeně. Přetváří reliéf území. Je v souladu s půdotvorným procesem.

Druhým typem je eroze:

- b. Zrychlená neboli eroze vznikající působením člověka. Tento druh eroze smývá půdní částice a to v takovém rozsahu, že tyto půdní částice nelze nahradit půdotvorným procesem. Půdotvorný proces probíhá mnohem pomaleji.

Vodní eroze je způsobena kinetickou energií dešťových kapek, které dopadají na povrch půdy a dále jsou unášeny mechanickou silou povrchově stékající vody, v období přívalových srážek, dlouhotrvajících srážek nebo při jarním tání. Vodní erozi nelze zcela eliminovat, ale jde ji částečně omezit. Tento způsob umožňuje trvalé využívání půd k pěstování zemědělských plodin (MZe, 2018).

Dle Brtnického a kol. (2012) se vodní eroze dělí na dvě formy. Tyto formy nesou název eroze plošná a eroze výmolná.

- Plošná eroze znamená rozrušování a rovnoměrný smyv půdních částic na celé ploše, což vede k plošnému odtoku vody a to způsobuje snižování mocnosti půdy. Vyplavuje hlavně jemnozrnné části půdy a ztrácí celou orníční vrstvu na celém povrchu či pouze v pruzích. Vhodným protierozním opatřením je organizační či agrotechnické.
- Výmolná eroze zajišťuje vznik hlubokých a širokých výmolů. Dělí se na rýžkovou, která se charakterizuje hustou sítí drobných úzkých rýžek 2 – 10 cm širokých a hlubokých. Další subformou výmolné eroze je brázdová, jejíž podobou jsou mělké širší zářezy s menší hustotou výskytu. Rýhová eroze, patřící taktéž pod výmolnou erozi, se specifikuje 10 – 30 cm širokými a hlubokými rýhami. Výmolná subforma výmolné eroze se specifikuje často kaskádovitými stupni výmolů 30 – 100 cm širokých a hlubokých na místech koncentrace a soutoku přívalemých vod v úžlabinách, údolnicích, cestách a příkopech. Poslední subformou výmolné eroze, je eroze stržová, která má podobu strží, které jsou více než 1 metr široké a hluboké a mají délku větší než 1 km. Stržová eroze je nejvíce nebezpečná subforma výmolné eroze, jelikož devastuje celé plochy území. Vhodnými protierozními opatřeními těchto subforem výmolné eroze jsou organizační, technické i agrotechnické opatření, u výmolné eroze asanace výmolu, u stržové eroze asanace strží (Brtnický a kol., 2012).

Dalším druhem eroze je dělení podle dešťových srážek, které způsobují 4 druhy eroze:

- a. Rozstříkování, která způsobuje rozptýlení drobných částic půdy až do vzdálenosti 0,6 m pomocí dopadající dešťové vody.
- b. Rýhovou erozi, ke které dochází, pokud se odtok rozvíjí do samostatných toků.
- c. Strunovou erozi, kdy jsou částice půdy transportovány velkými kanály. Kanály vedou vodu krátkou dobu během deště či tání sněhu, avšak v období sucha se jeví jako trhliny. Při tomto procesu si potoky a řeky opotřebovávají své břehy a vytvářejí tím větší údolí. (Příkladem je Fish River Canyon v jižní Nambii, který po dobu milion let vytvořil kaňon dlouhý 160 km, široký 27 km a hluboký 550 m) Oceán je obrovskou silou eroze.

- d. Plošnou erozi, neboli erozi vrstevnou, která je způsobena odtokem vody (National geographic, 2022).

4.3 Větrná eroze

Větrnou erozi zapříčiňují mechanické síly větru. Díky mechanické síle větru, dochází k rozrušování půdy a odnosu částic, které jsou uvolněny, z původního místa na jiné. Díky tomuto procesu následně při poklesu energie větru dochází ke vzniku navátin. Větrná eroze se vyskytuje celoročně, ale k největším škodám dochází v období jara po zimě bez sněhu. Nejvíce nebezpečnou větrnou erozí je ta, která probíhá na písečných půdách (Cáblík, Jůva, 1963).

Cáblík a Jůva (1963) definují větrnou erozi dvěma způsoby a to:

- a. Větrná eroze je prašná bouře, při které jemné částice stoupají do ovzduší do výše mraků a jsou přenášeny na velké vzdálenosti.
- b. Větrná eroze je posuvná eroze, která přemísťuje hrubé půdní částice po povrchu.

Při větrné erozi dochází k pohybu půdních částic třemi formami:

- a. Pohyb nejjemnějších částic formou prachu na velké vzdálenosti - příčina prašných bouří
- b. Pohyb půdních částic skokem - největší přemísťování půdní hmoty
- c. Pohyb půdních částic sunutím po povrchu půdy - pohyb větších a těžších částic

Čím delší území ve směru působení větru je, tím dochází k většímu uvolňování půdních částic. V České republice je větrnou erozí ohroženo cca 10% zemědělského půdního fondu (Brtnický a kol., 2012).

4.4 Sněhová eroze

Sněhová eroze vzniká tam, kde je trvalý pokryv půdy sněhem. Vznik erozní rýhy v lavinových dráhách je způsoben tlakem a velké rychlosti sněhu (Zachar, 1970).

V České republice dochází ke vzniku sněhové eroze v období zimy nebo v období jara, při jarním tání sněhu. Síla eroze, vznikající táním sněhu, závisí na rychlosti tání sněhu, obsahu roztáté vody, propustnosti zeminy, rozpadu půdních agregátů mrazem, vlhkosti půdy a vegetací (Středová, Toman, 2012).

4.5 Ledovcová eroze

Ledovcová eroze vzniká tak, že ledovce sestupují z vrcholů hor dolů do údolí. Sestup ledovce zapříčiňuje vznik velkých tlaků a sil na podloží. Tímto úkazem vzniká reliéf, který má tvar U a hloubku několik set metrů (Ketner, 1955).

K ledovcové erozi probíhá třemi druhy. Prvním druhem je brázdění, kde ledovec, který se sesouvá, tlačí úlomky a tlakem prohlubuje reliéf vytvářející tvar U. Druhým druhem je proces odlamování, který je zapříčiněn změnou teplot, při které taje sníh a tím voda zatéká do podloží. V podloží voda mrzne a následně roztrhává horniny. Třetím druhem je ohlazování a obrušování, kde se části ledovce posunem a natáváním obrušují a tvoří rýhy či se naopak ohlazují (Ketner, 1955).

4.6 Protierozní opatření

Zemědělská půda potřebuje nutnou ochranu před vodní erozí protierozními opatřeními. Jejich použití se určuje na základě jejich účinnosti, požadovaného snížení smyvu půdy a nutné ochrany objektů. Všechny procesy musí probíhat s respektem zájmů vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí a technických opatření (Janeček a kol., 2007).

Cíli těchto opatření je uchování půdy jakožto základní výrobní prostředek, ochrana půdy před její degradací, zadržování půdní vlhkosti, zvýšení infiltrační schopnosti půdy, zvýšení úrodnosti půdy, snížení počtu pojezdů na poli, zajištění trvale udržitelného hospodaření s půdou i pro budoucí generace (Brtnický a kol., 2012).

Půdu je nutno chránit před účinky dopadajících dešťových kapek erozně nebezpečného deště tak, že se zabrání jejich vsakování, omezí se unášecí síla vody a zároveň soustředěného povrchového odtoku na řešeném území či části řešeného území. Soustředěný povrchový odtok je nutné odvádět tam, kde

nezpůsobí jiné škody či přímo do vodoteče. Nutné je také zachytit smytou zeminu. Při realizaci protierozních opatření je nutné hledat řešení nejjednodušší na realizaci a zároveň finančně nejvýhodnější (Novotný a kol., 2017).

Dle Šarpatky (2013) lze účinná protierozní opatření rozdělit do tří skupin. První skupinou jsou organizační opatření, druhou skupinou agrotechnická opatření a třetí skupinou opatření technická (Šarpatka, 2013).

4.6.1 Organizační

Základem organizačních protierozních opatření je postavení pozemků delší stranou ve směru vrstevnic, volba vhodné velikosti a tvaru pozemku a vymezení parcel, které jsou vodné ke změně druhů pozemků (Janeček a kol., 2007).

Základní princip těchto opatření je odlišné rozmístění plodin a optimalizace funkčního a prostorového uspořádání vybraných pozemků (Podhrázká, Dufková, 2005).

Zásady ochrany proti vodní erozi danými organizačními opatřeními, vycházejícími ze znalostí příčin vzniku eroze, jsou:

- a. Včasný termín výsevu plodin
- b. Výsev víceletých pícnin do krycí plodiny
- c. Posun podmítky do období s nižším výskytem přívalem dešťů
- d. Zařazování bezorebně setých meziplodin
- e. Rozmístění plodin podle ohroženosti pozemku

Vegetační pokryv je důležitý z důvodu ochrany půdy, protože:

- a. Chrání půdu přímým dopadem kapek
- b. Podporuje však dešťové vody do půdy
- c. Kořenovým systémem zvyšuje soudržnost půdy, která je tak odolnější vůči účinkům stékající vody (Janeček a kol., 2007)

Organizační opatření zahrnují optimální tvar a velikost pozemku, dílu půdního bloku či erozní parcely, dále vhodné umístění pěstovaných plodin, včetně ochranného zatravnění, pásové pěstování plodin a protierozní rozmisťování plodin (MZe, 2018).

Dle vyhlášky č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí pod organizační protierozní opatření patří zejména vhodné umístění pěstovaných plodin, včetně ochranného zatravnění a pásové střídání plodin.

Pásové střídání plodin

Pásové střídání plodin (Obr. 2) je střídání různě širokých pásů erozně nebezpečných plodin, příkladem je kukuřice, slunečnice či brambory, s plodinami, které mají vyšší erozní účinek, takže půdu chrání. Jsou to například obilniny, píceiny či travní porost. Pásky potřebují umístění ve směru vrstevnic s maximálním odklonem do 30°. Šířka pásů je závislá na sklonu svahu a délce svahu, propustnosti půdy a její náchylnosti k erozi a na šířce záběru používaných strojů. Doporučuje se dělat pásky v rozmezí 20 – 40 m. Vrstevnicové pásky by měly být situovány tak, že mezi stejně široké pásky plodin by měly být vloženy odlišně široké pásky travních porostů (Janeček a kol., 2007).



Obr 2.: Pásové střídání plodin (Novotný a kol., 2017)

Vhodné umístění pěstovaných plodin, včetně ochranného zatravnění

Základem tohoto protierozního organizačního opatření je preference pěstování erozně nebezpečných plodin na půdě neohrožené či mírně ohrožené.

Silně ohrožené půdy jako jsou pásky podél břehů vodních toků či u nádrží, je potřeba zatravněvat a pravidelně sekat. Ochranné travní porosty slouží k větší

drsnosti povrchu, zachycování smyté zeminy a zpomalování povrchového odtoku (Novotný a kol., 2014).

Trvalými travními porosty by se měly chránit plochy nacházející se podél břehů vodních toků a nádrží, v drahách soustředěného povrchového odtoku a profily průlehů a těles ochranných hrázek (Janeček a kol., 2007)

Optimální tvar a velikost pozemku, dílu půdního bloku či erozní parcely

Základem je situovat pozemek delší stranou ve směru vrstevnic, což vede k obdělávání po vrstevnici a ke zkrácení délky po spádnici. Zároveň tato délka nesmí překročit ve směru odtokových linií maximální přípustnou délku (Novotný a kol., 2014).

Doporučeno je vytvářet půdní bloky do 50 ha v rovinných územích a 20 ha ve členitějších územích s převažujícími délkami ve směru vrstevnic (Janeček a kol., 2007).

Protierozní rozmístování plodin

Základem je pěstování plodin nedostatečně chránících půdu před erozí na pozemcích rovinných či mírně sklonitých. Nejlepší ochranu půdy před erozí poskytují trvalé travní porosty a zalesnění (Janeček a kol., 2007).

4.6.2 Agrotechnická

Základem protierozního agrotechnického opatření je zkrátit čas na minimum, ovšem pouze v případě že půda nemá vegetační pokryv. Půdu lze chránit posklizňovými zbytky plodin a biomasou meziplodin (Janeček a kol., 2012).

Tato opatření navyšují vsakovací schopnost půdy, zároveň jsou příčinou snížení její erodovatelnosti a jsou ochranou půdního povrchu v období největšího výskytu přívalových srážek. V době výskytu těchto srážek ochraňují erozně nebezpečné plodiny půdu nedostatečně (Novotný a kol., 2017).

Dle vyhlášky č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí pod agrotechnická protierozní opatření patří zejména vrstevnicové obdělávání, ochranné obdělávání, podryvání a hrázkování či důlkování.

Do agrotechnických opatření lze zařadit technologie ochranného zpracování půdy. K těmto technologiím patří mělké kypření půdy, hlubší prokypření ornice či části podorničí, ovšem bez obracení zpracování vrstvy půdy, a také zpracování půdy s větším množstvím posklizňových zbytků, příkladem je podrcená sláma, hrázkování, důlkování a mulčování (Novotný a kol., 2014).

Agrotechnická opatření obsahují:

Setí či sázení po vrstevnici

Otočné pluhy, sloužící k orbě po vrstevnicích (Obr. 3) či s malým odklonem od vrstevnic, překlápějí půdu proti svahu. Tímto způsobem lze omezit erozi orbou (Novotný a kol., 2014).

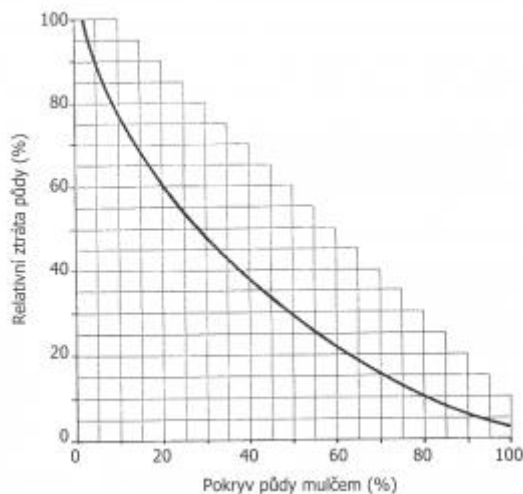


Obr. 3: Vrstevnicové obdělávání (Novotný a kol., 2014)

Ochranné obdělávání

Základem je uchovat co největší množství posklizňových zbytků na povrchu půdy tím, že se tvoří na povrchu půdy mulč (Obr. 4) a nenarušuje se půdní profil.

Ochranný vliv ovlivňuje množství mulče, výšce a rovnoměrnosti mulče a také způsob zpracování půdy. Příkladem je bezorebné setí či setí/sázení do mulče meziplodiny či předplodiny (Novotný a kol., 2014).



Obr. 4: Relativní ztráta půdy vodní erozí na pokryvu půdy mulčem (Janeček, 2008)

Hrázkování, důlkování

Hrázkování - Tato technologie je vhodná k použití při pěstování brambor. Základem je založit ochranné hrázky v meziřadí hrůbků. Tím vzniká řada malých akumulčních příkopů, bránících vzniku soustředěného povrchového odtoku a tím se voda zadrží přímo na řešeném území. Podmínkou je používat hrázkovač, což je speciální stroj a vznik řádků musí být veden po vrstevnicích.

Důlkování – V této technologii se místo hrázek tvoří důlky v meziřadí ve vzdálenosti 30 – 40 cm. Důlky taktéž brání povrchovému odtoku v meziřadí. Další výhodou je, že zvyšují infiltraci vody. Podmínkou je používat důlkovač, což je také speciální stroj a vznik řádků musí být taktéž veden po vrstevnicích (Novotný a kol., 2014).

Plečkování, dlátování, podrývání

Plečkování - Jedná se meziřádkovou kultivací, provádějí se v období vegetace u širokořádkových kultur, jako je kukuřice, slunečnice či brambory.

Dlátování – Neboli hloubkové kypření se využívá u cukrové řepy. Pasivními dláty dochází ke kultivaci meziřadí rostlin, což vede k vyššímu efektu zasakování povrchové vody než u plečkování.

Podrývání – Tato technologie snižuje stupeň zhutnění půd a omezuje působení vodní eroze. Jedná se o velmi hluboké kypření (Novotný a kol., 2014).

Setí kukuřice do úzkého řádku

Technologie, při níž je základem secí stroj, který je nastavený na výsevní vzdálenost řádku kukuřice maximálně na 45 cm. Setí zrn je v trojúhelníkovém sponu v počtu 110 tisíc zrn na 1 ha. Zúženější rozteč řádků vede k rovnoměrnějšímu zapojení porostu. Tento proces zajišťuje omezení síly soustředěného povrchového odtoku a zvýšení ochrany půdy (Novotný a kol., 2014).

4.6.3 Technická

Jedná se obecně o nejvyšší formu protierozní ochrany, navazuje na opatření organizační a agrotechnická. Základem technických protierozních opatření je změna sklonu pozemku, přerušení volné délky pozemku a neškodné odvedení povrchového odtoku, zachycení povrchového odtoku a splavenin, zadržení odtoku a jeho neškodné odvedení (Dostál a kol., 2014).

Dle vyhlášky č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí pod technická protierozní opatření patří příkopy, průlehy, zatravněné údolnice se stabilizovanou dráhou soustředěného odtoku, polní cesty s protierozní funkcí, ochranné hrázky, protierozní nádrže, terénní urovnávky.

Technická opatření obsahují:

Záchytné, svodné a cestní příkopy

Protierozní příkopy – Jsou liniovým prvkem v místě nutného přerušení svahu. Lze ho kombinovat s dalšími liniovými prvky.

Záchytný – Je situován nad zájmovým územím. Brání přítoku cizích vod. Cílem je zachytit povrchový odtok a odvést ho mimo zájmové území. Důležitou podmínkou je dořešit odvedení vody k recipientu.

Sběrný – Je situován přímo v rámci chráněného zemědělského pozemku. Má za úkol zkrátit volnou délku povrchového odtoku bez překročení přípustné ztráty půdy.

Svodný – Jedná se o recipient sběrných a záchytných příkopů. Svodný příkop musí zachycenou vodu svést k recipientu.

Při návrhu příčného profilů příkopů se vychází ze základních hydraulických vztahů pro dimenzování otevřených koryt (Janeček a kol., 2007).

Obdělávatelné průlehy

Jejich ochrana vyplývá v tvorbě systému širokých příkopů neboli průlehů. Ty slouží k zachycení povrchového odtoku vody. Pokud se jedná o průleh bez podélného sklonu, pak se voda vsakuje rovnou do půdy. Pokud se jedná o průleh s podélným sklonem, pak je voda odváděna mimo ohrožené území. Průlehy s podélným sklonem bývají na územích se svahy o sklonu 20 % (Holý, 1978).

Protierozní nádrže

Většinou se jedná o protierozní nádrže rybníčního typu. Existují dočasné a trvalé. Dočasné nádrže se neobnovují, po zanesení se plocha mění v pole, louku či les. Proti tomu trvalé nádrže splaveniny odstraňují. Protierozní nádrže dle Cáblika (1978) zachycují splaveniny, zlepšují vláhový režim půdy a ovzduší a zadržují nárazový odtok povrchové vody (Holý, 1978).

Terasy

Úzké vrstevnicové terasy, úzké paralelní terasy, široké terasy a terasové dílce. Použití těchto teras je zejména na extrémně svažitéch pozemcích o sklonu větším než 20 % na hlubokých až velmi hlubokých půdách.

Terasy lze rozdělit na čtyři základní typy. Prvním jsou úzké vrstevnicové terasy, druhým úzké paralelní terasy, třetím typem jsou široké terasy a čtvrtým typem terasové dílce (Janeček a kol., 1992).

Zatrávněné údolnice se stabilizovanou dráhou soustředěného odtoku

Jedná se o dráhy povrchového odtoku, kde se soustřeďuje odtékající voda. Údolnice soustřeďují a odvádějí plošný povrchový odtok z přilehlých pozemků či bývají recipienty protierozních příkopů či průlehub (EAGRI, 2005).

Polní cesty s protierozní funkcí

Jedná se o kombinovaný typ opatření. Místní komunikace je situována ve vrstevnicovém směru a neumístěna do prostoru, kde je nutné přerušit příliš dlouhého a erozně ohroženého svahu (EAGRI, 2005).

Ochranné hrázky

Jejich použití je spojeno se záchytným příkopem či průlehem. Nejčastěji jde o ochranu určité lokality před povrchovým odtokem z výše ležících pozemků a hrázka je situována při dolním okraji pozemku (EAGRI, 2005).

Terénní urovnávky

Zajišťují odstranění lokálních nerovností a terénních útvarů, které ovlivňují směřování a soustřeďování povrchového odtoku (EAGRI, 2005).

4.7 Důsledky vodní eroze

Vodní erozí dochází ke ztrátě ornice, což je nejurodnější a nejbohatší, co se živin týče, část zemědělské půdy. Dochází ke změnám vlastností půdy, jako je struktura, zrnitost, objemová hmotnost, vodní kapacita, pórovitost, infiltrační schopnost, hloubka půdy. Dochází také ke změnám chemických vlastností půdy, jako je

organické složení hmoty, humusu a minerálních látek v půdě. O organickou hmotu v půdě přichází půda dvěma způsoby. Prvním způsobem je ztráta ornice, což snižuje celkový obsah organických látek. Druhým způsobem je „ředění“ obsahu organických látek, díky míšení podorničí a ornice při zpracování půdy. Díky erozi dochází k snižování produkční schopnosti a urychlování degradace. Plodiny, které jsou pěstované, nenachází v půdě dostatek živin a to vede k nižší úrodnosti. Dalším problémem eroze je transport a sedimentace půdních částic, kdy jsou půdní částice unášeny silou vody a ukládají se do nižších partií půdního bloku či dále v povodí, kde dochází ke škodám na majetku například v infrastruktuře. Důsledkem vodní eroze je transport chemických látek, kdy se půda střetává s chemickými látkami, i toxickými. To vede k negativnímu ovlivňování kvality vody. Vodní eroze také způsobuje biologickou degradaci půdy, což je projevem úbytku obsahu organické hmoty v půdě. Důsledkem ubývání přirozené produkční schopnosti půd je nezbytné ji uměle zvyšovat nadměrnou chemizací, což ale vede ke kvalitativnímu a kvantitativnímu úbytku mikroorganismů i celého edafonu (Brtnický a kol., 2012).

Zrychlená eroze je projevem velmi škodlivých účinků, které jsou nebezpečné pro zemědělství, lesnictví, vodní hospodářství a technické stavby. Nebezpečí eroze v lesnictví a zemědělství spočívá ve vodním splachu či větrném odvívání, jelikož odnáší půdní hmotu, která je pro tyto dvě odvětví nenahraditelným prostředkem (Cáblík a Jůva, 1963).

K hlavním důsledkům vodní eroze patří nemožnost zajištění trvalé udržitelnosti úrodnosti, negativní vliv na kapacitu koryt, vodních toků a vodních nádrží, negativní vliv na kvalitu vodních zdrojů a ohrožení intravilánu obcí a měst spolu s celkovou infrastrukturou dané oblasti (MZe, 2018).

4.8 Vodní eroze v ČR

2012

V České republice bylo ohroženo vodní erozí cca 42 % orné půdy, což je 1780 tisíc hektarů. Výrazně poškozených půd bylo 450 tisíc hektarů. Na výrazně poškozených půdách byly smyty celé humózní horizonty či měly sníženou mocnost ornice a poměrně zvýšenou skeletovistost (Brtnický a kol., 2012).

2022

V České republice je 16,5 % půd ohrožených, 15 % silně ohrožených, 14,5 % půd náchylných, 5 % mírně ohrožených 2 % velmi silně ohrožených a pouze 0,5 % ohrožených kriticky. Největší zastoupení mají půdy bez ohrožení, 46 %. Kraj nejvíce postižený vodní erozí je Vysočina, dále také Jihočeský kraj, Středočeský a Královohradecký. Více než 50 % případů vzniku erozně ohrožených půd bylo způsobeno kukuřičnými poli. Více než 14 % případů bylo z důvodu pěstování jarních a ozimých obilnin a brambor (EAGRI).

5. Univerzální rovnice ztráty půdy – USLE

V České republice se pro vyhodnocení ohroženosti půdy vodní erozí používá Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé průměrné ztráty půdy vodní erozí z pozemků neboli rovnice USLE, což je empirický model erozního procesu, dle Wisheiera a Smithe (1978) (Janeček a kol., 2008).

Autoři uvedli přesně definované parametry. Jedním je délka 22,13 m a sklon 9 %, udržovaný jako trvalý úhor obdělávaný ve směru sklonu. Tyto parametry uvedli na základě posouzení účinku jednotlivých členů rovnice na zájmovém pozemku (Holý, 1994).

Rovnice určení ohroženosti pozemků vodní erozí:

$$G = R * K * L * S * C * P$$

G je průměrná dlouhodobá ztráta půdy. / t. ha⁻¹ . rok⁻¹ /,

R je faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřen v závislosti na kinetické energii, úrhu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů,

K je faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu,

L je faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí,

S je faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí,

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

P je faktor účinnosti protierozních opatření.

Výsledek rovnice vyhodnocuje dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy. Dále vyhodnocuje množství půdy, uvolňující se z pozemku díky vodní erozi. Výsledná hodnota nezahrnuje ukládání půdy na pozemku či pod ním. Rovnice USLE musí být vyhodnocována pro minimálně jedno roční období. Také nelze být použita pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu (Janeček a kol., 2012).

5.1 Faktor erozní účinnosti dešťových srážek – R

Faktor erozní účinnosti deště neboli erozivity, vyhodnocuje účinek srážek na velikost ztráty půdy. Tento faktor je závislý na četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energii přívalových dešťů, způsobujících povrchový odtok. Vyhodnocuje se v jednotkách $/\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ (Janeček a kol., 2008).

Vztah pro faktor erozní účinnosti dešťových srážek byl v USA určen díky velkému množství dat o dešťových srážkách. Podle těchto dat bylo zjištěno, že v případě že jsou ostatní faktory rovnice USLE konstantní, je ztráta půdy vodní erozí z daného pozemku přímo úměrná součinu celkové kinetické energie přívalového deště (E) a jeho maximální třicetiminutové intenzity (i_{30}) (Janeček a kol., 2007).

Lze ho stanovit ve vztahu:

$$R = E \cdot i_{30},$$

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

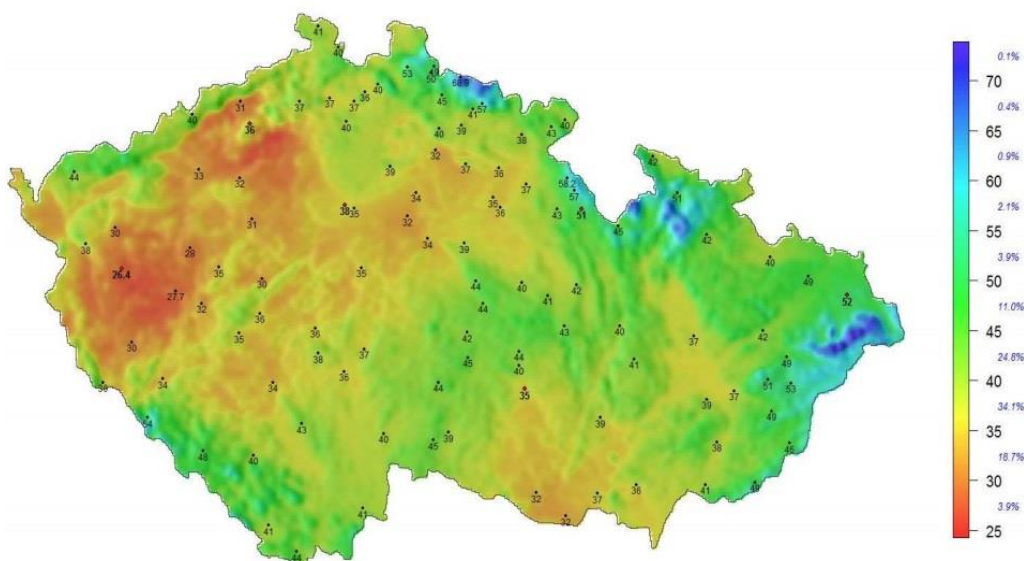
E značí celkovou kinetickou energii deště v jednotkách J/m^2

a i_{30} maximální třicetiminutovou intenzitu deště v jednotkách $/\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$

V České republice je průměrná hodnota R faktoru (Tab. 1) stanovena na základě dlouhodobých měření. Nejideálnější hodnotou pro stanovení rovnice USLE je hodnota $R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ (Janeček a kol., 2012). Prostorová distribuce R faktoru v České republice je vidět na obrázku 5. (ČVUT, 2015)

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

Tab. 1: Průměrné rozdělení R faktoru přívalových dešťů dle měsíce vegetačního období v České republice (Janeček a kol., 2012)



Obr. 5: Prostorová distribuce R faktoru v České republice (ČVÚT, 2015)

5.2 Faktor erodovatelnosti půdy – K

Fakt erodovatelnosti půdy, závisí na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu. Faktor náchylnosti k vodní erozi K je v rovnici USLE definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřena v jednotkách $t \cdot ha^{-1}$ na jednotku faktoru účinnosti deště R.

K faktor jde vypočítat rovnicí, nomogramem sestaveným podle rovnice či určit přibližně podle hlavních půdních jednotek bonitační soustavy půd. Pro určení výpočtem rovnice a nomogramem je potřebné mít informace, jako je zrnitost půdy, obsah organické hmoty, údaj o struktuře ornice a propustnost půdního profilu. Přibližné vyhodnocení lze podle hlavních půdních jednotek, neboli 2. a 3. místa číselného kódu bonitovaných půdně – ekologických jednotek. V případě chybějící hodnoty K faktoru pro některé hlavní půdní jednotky, je ke stanovení K faktoru použit nomogram či rovnice (Janeček a kol., 2008).

Hlavní půdní jednotkou neboli zkráceně označovanou jako HPJ jsou půdní bloky dle genetického typu, subtypů, půdotvorného substrátu, hloubky půdy a také reliéfu území. V současnosti existuje 78 hlavních půdních jednotek tvořících 13 základních skupin (Vyhláška Mze č. 327/1998 Sb.).

BPEJ neboli bonitovaná půdně ekologická jednotka je pětímístný kód, kde první číslo značí klimatický region, druhé a třetí hlavní půdní jednotku, čtvrté sklonitost a expozici a páté skeletovitost a hloubku půdního profilu. Tato soustava slouží ke stanovení kvality půdy v rozdílných klimatických podmínkách v České republice (MZe, 2018).

Faktor erodovatelnosti půdy jde stanovit třemi postupy:

1. Podle vztahu odvozeného pro faktor K
2. Podle nomogramu sestrojeného na základě uvedeného vztahu (Obr. 6)
3. Přibližně podle hlavních půdních jednotek bonitační soustavy

U prvního a druhého postupu je nutnost základních údajů o dané půdě, nebo výsledků rozborů přímo v terénu odebraných směsných půdních vzorků z vyšetřovaného pozemku. Pro pouhé rámcové určení erozní ohroženosti jde použít přibližné stanovení K faktoru podle hlavních půdních jednotek bonitační soustavy půd (Janeček a kol., 2007).

K faktor – rovnice

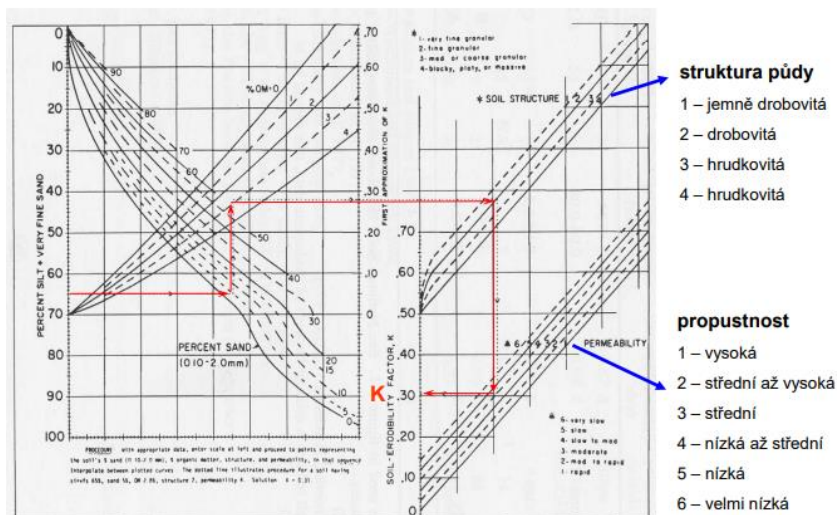
$$100K = 2,75M^{1,14}10^{-4} (12 - a) + 3,25 (b - 2) + 2,5 (c - 3)$$

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

a - % organické hmoty

b - třída propustnosti ornice (zrnitá, drobtovitá, hrudkovitá, deskovitá)

c – třída propustnosti půdního profilu (1 - 6, velmi nízká až velmi vysoká)



Obr. 6: Hodnota K faktoru stanovená dle nomogramu (Holý, 1994)

HPJ	K – faktor	HPJ	K – faktor
01	0,41	40	0,24
02	0,46	41	0,33
03	0,35	42	0,56
04	0,16	43	0,58
05	0,28	44	0,56
06	0,32	45	0,54
07	0,26	46	0,47
08	0,49	47	0,43
09	0,60	48	0,41
10	0,53	49	0,35
11	0,52	50	0,33
12	0,50	51	0,26
13	0,54	52	0,37
14	0,59	53	0,38
15	0,51	54	0,40
16	0,51	55	0,25
17	0,40	56	0,40
18	0,24	57	0,45
19	0,33	58	0,42
20	0,28	59	0,35
21	0,15	60	0,31
22	0,24	61	0,32
23	0,25	62	0,35
24	0,38	63	0,31
25	0,45	64	0,40
26	0,41	65	nedostatek dat
27	0,34	66	nedostatek dat
28	0,29	67	0,44
29	0,32	68	0,49
30	0,23	69	nedostatek dat
31	0,16	70	0,41
32	0,19	71	0,47
33	0,31	72	0,48
34	0,26	73	0,48
35	0,36	74	nedostatek dat
36	0,26	75	nedostatek dat
37	0,16	76	nedostatek dat
38	0,31	77	nedostatek dat
39	nedostatek dat	78	nedostatek dat

Tab. č. 2: Hodnoty K faktoru podle bonitovaných půdně ekologických jednotek (Janeček a kol., 2012)

5.3 Faktor délky – L

L - Faktor délky svahu, vyjádřen v poměru k délce standardního pozemku 22,13 m.

Síla eroze roste se větší délkou svahu. Ta je definována jakožto horizontální vzdálenost od místa vzniku povrchového odtoku k místu, kde se sklon svahu snižuje tak moc, že dochází k ukládání erodovaného materiálu či se plošný odtok soustředěn do odtokové dráhy (Janeček a kol., 2007).

Výpočet L faktoru lze pomocí $L = (I / 22,13)^m$,

kde I značí horizontální projekce délky svahu neboli nepřerušené délky svahu, nejde o vzdálenost rovnoběžné s povrchem půdy a m, které je exponentem délky svahu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze (Janeček a kol., 2007).

5.4 Faktor sklonu svahu - S

Faktor sklonu svahu, vyjádřen v poměru ke sklonu standardního pozemku 9 %. Ztráta půdy roste se vzrůstajícím sklonem svahu, mnohem rychleji než u délky svahu. Hodnota faktoru sklonu svahu se určuje pomocí následujících vztahů:

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

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

(RENARD et al., 1997)

S značí sklon svahu v jednotkách rad.

Autoři doporučují počítat faktory L a S kombinovaně jako LS faktor. Rovnice tohoto faktoru se vyjadřuje jako $LS = Lp (1,36 + 0,97.s + 0,1385.s^2) / 100$. LS vyjadřuje topografický faktor, L délku pozemku, měřenou od rozvodnice vyjádřen v metrech, s sklon pozemku vyjádřen v % a p exponent, závisící na sklonu (Janeček a kol., 2007).

Faktor L a faktor S, lze v podobě LS faktoru stanovit pomocí rovnice dle Mitášové (Rovnice 1) v programu ArcGIS.

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

Rovnice č. 1: LS faktor (Mitášová, 1966)

Kde je A plocha, s je sklon terénu, m,n jsou kalibrační koeficienty, 22,13 je délkou standardního pozemku a číslo 0,0896 je sklon standardního pozemku (Mitášová, 1966).

5.5 Faktor ochranného vlivu vegetace – C

Faktor ochranného vlivu vegetace je faktor, který stanovuje vliv osevního postupu a agrotechniky. Vyjadřuje se poměrem ztráty půdy z vyšetřovaného pozemku a ztráty půdy z jednotkového pozemku. Předpokládané působení ostatních faktorů je konstantní.

Faktor C se řeší pro konkrétní osevní postup i s obdobím mezi střídáním plodin a při určení nástupu a způsobu agrotechnických prací v obdobích:

1. Období podmínky a hrubé brázdy
2. Období od přípravy pozemku k setí do prvního měsíce po zasetí či osázení
3. Období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí (sázení), u ozimů do 30. 4.
4. Období od konce třetího období do sklizně (fáze růstu a zrání osevu)
5. Období strniště (posklizňové zbytky ponechány na povrchu)
Období je ovlivněno výskytem srážek v jednotlivých fenologických fázích.

Vegetační pokryv a jeho vliv na smývání půdy se jeví přímo a to ochranou povrchu půdy před ničivým působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním

rychlosti povrchového odtoku. Nepřímo se jeví působením vegetace na půdní vlastnosti, jako například pórovitost a propustnost. (Janeček a kol., 2007).

5.6 Faktor účinnosti protierozních opatření – P

Faktor účinnosti protierozních opatření se vyjadřuje jako poměr odnosu ze skutečného pozemku s určitým způsobem opatření proti pozemku, který je udržovaný běžnou agrotechnikou s absencí ochranných opatření. Pokud není v řešeném území žádné protierozní opatření je $P = 1$. P faktor neovlivňují všechny protierozní opatření. Příkladem jsou příkopy, které mají nulový vliv na P faktor (Janeček a kol., 2007).

5.7 Přípustná ztráta půdy vodní erozí

Hodnoty přípustné ztráty půdy vodní erozí byly určeny na základě dlouhodobého zachování funkcí půdy a její úrodnosti. Stanovuje se dle hloubky půdy. Její charakteristika je dána mocností půdního profilu, kterou je omezen skalní podklad, rozpad půdy či vysoká skeletovitost. Hloubka půdy se určuje na základě terénního průzkumu v místech, kde je nejnáročnější část pozemku. Přibližně lze určit hloubku půdy pomocí bonitovaných půdně ekologických jednotek, kde je v tomto systému zkráceně BPEJ vyjádřena pátou číslicí kódu BPEJ. Pátá číslice je určena pro skeletovitost a hloubku půdy (Janeček a kol., 2007).

Přípustná ztráta půdy vodní erozí se definuje podle rozpětí profilu půdního pokryvu na půdy mělké, středně hluboké a hluboké.

Půdy mělké do 30 cm – $1 \text{ t. ha}^{-1} \text{ .rok}^{-1}$

Půdy středně hluboké od 31 cm do 60 cm – $4 \text{ t. ha}^{-1} \text{ .rok}^{-1}$

Půdy hluboké od 61 cm – $4 \text{ t. ha}^{-1} \text{ .rok}^{-1}$

Mělké půdy do 30 cm se doporučuje zatravňovat (Janeček a kol., 2008).

Dle zákona 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu je přípustná míra erozního ohrožení dána přípustnou ztrátou vodní erozí vztahující se k již zmíněné hloubce půdy. Vyjádřena je v tunách na 1 hektar za 1 rok.

Dle tohoto zákona se erozní míra ohrožení hodnotí pomocí výpočtu v protierozní kalkulačce. Díky tomuto výpočtu zjistí míru ohrožení zájmové plochy. Posuzující orgány se řídí údaji o opakovaných erozních událostech, které jsou zaznamenány v monitoringu eroze. Zemědělský objekt smí orgánu oznámit změnu skutečností, které mohou ovlivnit vymezení zájmové plochy a následně vyhodnocení erozního ohrožení. V případě, že orgán potvrdí změny parametrů zájmové plochy, ovlivňující výsledné hodnocení, pak vymezení posuzované plochy reviduje a současně tuto skutečnost oznámí zemědělskému subjektu.

Tento zákon také vyhotovuje plány opatření ke snížení erozního ohrožení pomocí protierozní kalkulačky na minimální období pěti let. V případě, že zemědělský subjekt tento plán opatření plní, pak dle zákona nedochází k překročení přípustné ztráty ohrožení vodní erozí (Zákon č. 334/1992 Sb.).

Charakteristika kategorie	Hloubka půdy	Hodnota 5. číslice kódu BPEJ (sdruženého kódu skeletovitosti a hloubky půdy)	Přípustná míra erozního ohrožení (t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)
půda hluboká	> 60 cm	0, 2, 3,	9,0
půda středně hluboká	30 - 60 cm	1, 4, 7*	9,0
půda mělká	< 30 cm	5, 6, 8*, 9*	2,0

Tab. č. 3: Přípustná ztráta erozního ohrožení (Zákon 334/1992 Sb.)

V případě, že přípustná míra erozního ohrožení (Tab. 3) nemůže být na vybraném území docílena protierozními opatřeními, ale je na něm aplikováno ochranné zatravnění, pak přípustná ztráta erozního ohrožení nepřesahuje limit (Vyhláška č. 240/2021 Sb., o ochraně zemědělské půdy před erozí).

6. Charakteristika zájmového území

6.1 Město Ústí nad Labem

Zvolené katastrální území Ústí nad Labem (Příloha 1) leží na severu České republiky v Labském údolí v obci Ústí nad Labem. Město se nachází 90 km od hlavního města Prahy a 66 km od Drážďan.

Na území katastrálního území zasahuje 6 chráněných území, velkoplošně se jedná o chráněnou krajinnou oblast Českého středohoří. Nachází se na soutoku řeky Labe a Bíliny. Nachází se v nadmořské výšce 218 m. Rozlohou zaujímá 404 km², což je 7,6 % celkové rozlohy Ústeckého kraje. Zemědělská půda zaujímá 44,5 % okresu.

Nejvýznamnějším vodním tokem je řeka Labe, do které se v Ústí nad Labem vlévá řeka Bílina. Největší vodní plochou je nedávno vybudované jezero Milada, vzniklé zatopením bývalého uhelného dolu (Ústí nad Labem, 2009).

6.2 Historie zájmového území

Údolí řek Bíliny a Labe bylo osídleno již od poslední doby ledové. Prvním písemné zmínky o městě Ústí nad Labem jsou z roku 1056 či 1057.

Ve 12. a 13. století bylo město nejvýznamnějším centrem oblasti. V roce 1249 bylo za panování Václava I. jmenováno královským městem. Ve 13. století bylo město ohraničeno hradbami a byl postaven kostel Nanebevzetí Panny Marie. V této době převzal za vlády Jana Lucemburského funkci strážního hradu založený hrad Střekov. V červnu 1426 se na tomto území odehrála husitsko - saská válka, kde zvítězili husité a město zničili. Poté bylo město 3 roky opuštěné.

Koncem 30. let 15. století se začalo město obnovovat. Další negativní dopad na území měla třicetiletá válka, jelikož procházející armáda území zničila a město bylo velkou částí obyvatel opuštěno. Roku 1680 postihla Ústecko morová epidemie. Na přelomu 18. a 19. století byl rozvoj osvícenství, průmyslové revoluce, romantismu. Roku 1851 byla zprovozněna železnice z Prahy, přes Ústí nad Labem do Drážďan.

1856 se symbolem města stala chemická továrna. Na přelomu 19. a 20. století se Ústí nad Labem stalo největším přístavem Rakouska – Uherska.

Růst města vyjadřoval i počet obyvatel, kdy roku 1830 mělo město jen 1759 obyvatel a v roce 1900 více než 37 000 (Ústí nad Labem, 2009).

Demografický vývoj obyvatelstva města

Než začala II. Světová válka, bylo město Ústí nad Labem největším průmyslovým městem na severozápadu Čech. Obyvatelstvo činilo téměř 70 000. Po válce byla velká část podniků vyřazena z provozu. Válka přinesla také značný pohyb obyvatelstva, což znamenalo přerušení kontinuity přirozeného vývoje. Do továren byli dosazováni Češi z Protektorátu Čechy a Morava, Poláci a Rusové. V průmyslových závodech pracovali ukrajinští, ruští, angličtí a francouzští zajatci nebo také vězni z koncentračních táborů Richard a Terezín. Roku 1944 do města přijeli národní hosté neboli němečtí uprchlíci z Rumunska, Polska, Maďarska a Slezska. Největší pohyb obyvatel nastal mezi roky 1945 a 1946, kdy se odsunulo více než 75 % původních obyvatel.

Vlastní migrace do města probíhala dvěma vlnami, v březnu 1945 a od konce roku 1945 do konce roku 1946. V první vlně většina lidí po snadném a rychlém obohacení město opět opustila. Druhá vlna přinesla základ budoucího stálého osídlení. Největší migrační intenzita přicházela z Prahy.

Problémem byl nedostatek možností k ubytování. Od roku 1945 do roku 1958 se v Ústí nad Labem postavilo 1486 bytů, což byl stále nedostatek, proto mnoho obyvatel odcházelo za příznivějšími podmínkami. Po roce 1960 byl odchod lidu omezen vlivem příchodu venkovských obyvatel do města. Zemědělské obyvatelstvo našlo snadnější obživu v průmyslu.

Počet obyvatel k 31. 12.

1947 – 56 328

1950 – 57 672

1960 – 63 614

1970 – 72 337

1980 – 88 434

1991 – 100 002

1994 – 99 787

Rozvoje těžby uhlí vedl k zániku několika obcí na Ústecku (Dějiny města Ústí nad Labem, 1995).

Škodlivě provozované zemědělství

Škodlivá pastva, která probíhala na nížinných i svahových pastvinách, vedla k proměně pastvou zpustošené krajiny v písčité pouště.

Špatné provozování polního hospodaření probíhalo z důvodu zakládání polí v nevhodných polohách. Pole byla nevhodně obdělávána a osévána plodinami, které neodpovídaly daným podmínkám (Cáblík a Jůva, 1963).

Nesprávné technické zásahy

Příčinou zrychlené eroze bývají také technické stavby, například silnice a železnice, které porušují přirozenou stabilitu zemin a zhoršují přirozený odtok srážkových vod. Trvale nebezpečná místa jsou strmé svahy, jelikož neodpovídají přirozenému sklonu zemin a vedou k sesuvu svahového povrchu (Cáblík a Jůva, 1963).

Hospodaření na zemědělském půdním fondu musí probíhat bez znečišťování půdy a tím potravní řetězce a zdroje pitné vody toxickými látkami, které ohrožují zdraví či život lidí a živých organismů. Nesmí se poškozovat sousedící pozemky a nesmí být porušovány fyzikální, biologické či chemické vlastnosti půdy (Vyhláška č. 231/1999 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu).

Geologický vývoj zájmového území

Na zájmovém území se nachází několik významných ložisek nerostných surovin. V dnešní době nejsou bohužel využívána a jsou označována jako chráněná ložisková území a zároveň mají omezující vliv pro budoucí potencionální využití těchto ložiskových území.

Bývalá hlubinná těžba nerostných surovin v této oblasti způsobila vznik četných poddolovaných území. Vznik těchto území byl především v lokalitách výskytu hnědého uhlí a v bývalých ložiskách vzácných nerostů jako je stříbro.

V zájmovém území se nachází ložisko znělce Stříbrníky, kde stále probíhá povrchová těžba (Ústí nad Labem, 2009).

6.3 Klimatické podmínky

Charakteristika hydrologických a klimatických poměrů (Tab č. 4) závisí na zeměpisné poloze, nadmořské výšce, teplotě ovzduší a denními a ročními změnami, intenzitou a časovým rozdělením ovzdušných srážek, poměry výparu a povrchového odtoku, směrem a intenzitou převládajících větrů, jejich realitní vlhkost (Cáblík a Jůva, 1963).

Průměrný roční úhrn srážek v řešeném území je zhruba 736 mm. Srážkový úhrn ve vegetačním období je 350 – 400 mm. Srážkový úhrn v zimním období je 200 – 300 mm. Území ovlivňuje topografický reliéf. Dle první číslice, které jsou pro danou oblast uvedeny v BPEJ, má daná oblast klimatický symbol T2. Téměř celé řešené území je zahrnuto do klimatického regionu 2. Podnebí zájmové oblasti je mírně teplé, mírně suché, převážně s mírnou zimou, vrchovinové. Počet letních dnů je 50 – 60 a nízký počet mrazových dnů, do 100 dní. Dnů se sněhovou pokrývkou je méně než 40. Území se vyznačuje dlouhým, mírným, mírně vlhkým létem, krátkými mírnými přechodnými obdobími a normálně dlouhou, mírně chladnou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky.

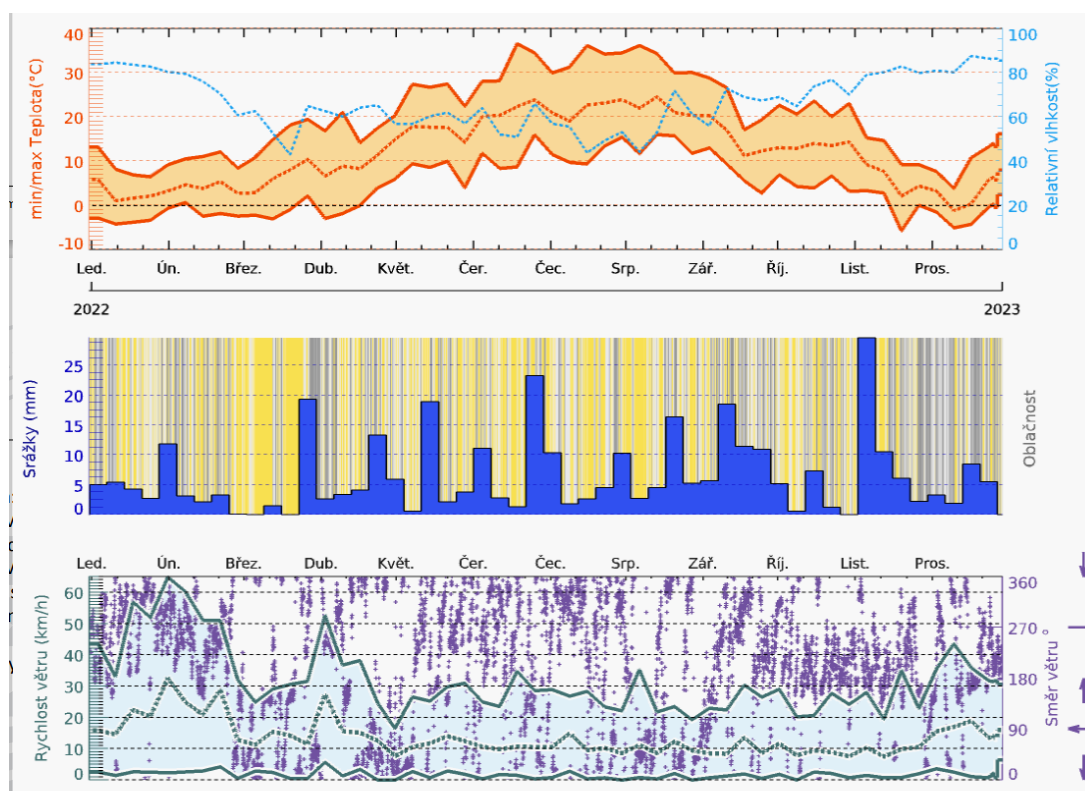
Podle všech těchto parametrů se zájmové území nachází v oblasti mírného pásu.

Ústí nad Labem se nachází dle klimatické regionalizace na hranici dvou teplých klimatických rajónů MT 4 a MT 9 (Ústí nad Labem, 2009).

	T 2 T ₂	MT 4	MT 7	MT 9
Počet letních dnů	50-60	20-30	30-40	40 – 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C	160 170	140-160	140-160	140 – 160
Počet mrazových dnů	100-110	110-130	110-130	110 – 130
Počet ledových dnů	30-40	40-50	40-50	30 - 40
Průměrná teplota v lednu	-2 - -3	-2 - -3	-2 - -3	-3 - -4
Průměrná teplota v červenci	18-19	16-17	16-17	17 - 18
Průměrná teplota v dubnu	8-9	6-7	6-7	6 - 7
Průměrná teplota v říjnu	7-9	6-7	7-8	7 - 8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm	90-100	110-120	100-120	100 - 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350-400	350-450	400-450	400 - 450
Srážkový úhrn v zimním období	200-300	250-300	250-300	250 – 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40-50	60-80	60-80	60 - 80
Počet dnů zamračených	120-140	150-160	120-150	120 - 150
Počet dnů jasných	40-50	40-50	40-50	40 - 50

(pozn. Teplota je v jednotkách °C a srážky v jednotkách mm)

Tab. č. 4: Klimatická charakteristika mírně teplé oblasti MT 4 a MT 9 (Atlas podnebí a Česka, 2007)



Obr. 7: Přehled minimální a maximální teploty, srážek a rychlosti větru (Meteoblue, 2022)

6.4 Krajinový pokryv

Na zájmovém území se nenachází žádný přírodní park. Krajina je z velké části tvořena hluboce zaříznutým údolím Labe. Krajina má výrazné výškové členění od nížin přes pahorkatiny ke krajině hornatin. Aktuální reliéf a krajina má dnešní podobu díky třetihorním a čtvrtohorním procesům spolu s činností Labe.

Největší krajinotvorný činitel je vliv člověka. V době průmyslové revoluce se naprosto změnila tvárnost místní krajiny. Území je z krajinářského pohledu pestré (Ústí nad Labem, 2009).

6.5 Půdní typy

Závisí na povaze půdotvorného substrátu, zrnitosti, slohem, obsahu humusu. Určují odolnost půdy. Vyvěřeliny podléhají erozi velmi pomalu. Naopak mladší sypké sedimenty podléhají erozi snadno (Cáblík a Jůva, 1963).

Výskyt půdních typů je vázán na mateřskou horninu. Na většině zájmového území se vyskytují antropozemě či méně kvalitní hnědozemě. V Ústí nad Labem se nachází jen málo kvalitních půd, většina zemědělských půd je v současnosti zahrnuta do zastavěného území. Nejvyšší hodnoty zemědělských půd se vyskytují v Habrovicích a Strážkách u Habrovic. Nejnižších hodnot dosahuje Nová Ves (Ústí nad Labem, 2009).

Hloubka půd v zájmovém území je dle pátého čísla údaje BPEJ, hloubka půdního pokryvu, půda hluboká až středně hluboká, neboli hloubka půd od 30 cm.

Půdy na tomto území jsou bezskeletovité, s příměsí či slabě skřetovité, s celkovým obsahem skeletu do 25 %.

Z hydrologického hlediska se jedná o půdy typu B se střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení, pod které zahrnujeme středně hluboké až hluboké půdy, středně až dobře odvodněné, typy půd hlinitopísčité až jílovohlinité (BPEJ, 2023).

6.6 Hydrogeologické poměry

Řešení území se nachází na soutoku řek Labe a Bíliny (Příloha 2). Území patří z hydrogeologického hlediska pod rajón číslo 461, což je Křída Dolního Labe po Děčín – levý břeh a zároveň pod rajón číslo 462, což je Křída Dolního Labe po Děčín – pravý břeh.

Česká křída je velmi významná. Na území se nachází vodohospodářsky významné statické zásoby podzemních vod. Na území neleží žádná chráněná oblast přirození akumulace vod.

Řeka Labe

Řeka Labe protéká přes České Středohoří do Porty Bohemica. Patří k největším tokům střední Evropy. Celkovou délkou zaujímá 1094,3km, kde 363,3km protéká přes Českou republiku. Představuje rozlohu 148 268 km², z toho je 49 033km² v České republice. Pramen Labe se nachází na Labské louce v Krkonošských horách. Řeka odvodňuje skoro celé Čechy. Řeka Labe je hlavní tok v řešeném území. Řeka má hlavní erozivní základnu, která má největší podíl odvodňovaného území povrchové a podzemní vody.

Kvalita řeky Labe

Změny charakteru toku se děly od poloviny 19. století kvůli ochraně před povodněmi, zřízením podmínek pro vodní dopravu a staveb pro získávání energie. To byl důsledek pro změnu vodního režimu a kvality vody. Vodní ekosystémy byly zatíženy kovy s toxickými látkami, následně používáním pesticidů a herbicidů v zemědělství a odvodem odpadních vod z průmyslu a obcí bez čištění do vodního toku.

Labe spolu s dolním tokem Vltavy patří k nejvíce zatěžovaným vodním ekosystémům cizorodými látkami.

Zlepšení kvality a stavu řeky bylo způsobeno zpřísněním legislativních předpisů, vybudováním čistíren odpadních vod (Ústí nad Labem, 2009).

6.7 Geologické poměry

Zájmové území se nachází v terciérní oblasti v údolí mezi Českým Středohořím a Krušnými horami i na svazích Českého středohoří. Terciérní oblast je tvořena čedičovými a znělcovými útvary mající podobu kup, výplní či kuželů. Vrty v odlišných částech zájmového území potvrdily horninovou pestrost mělkého podloží, dále nestejnou odolnost vulkanických a sedimentárních hornin vůči rozrušování erozí obnažováním.

Reliéf terciérních hornin, které následně zaplavily sedimenty, ovlivnilo erozní působení řeky Labe. Tektonické vyzdvižení území zapříčinilo dnešní vzhled krajiny. Křídové horniny, které byly měkčí a méně odolné, byly splaveny. Naopak tvrdé vyvřeliny čediče a znělce těmto činitelům odolávaly. Tato situace způsobila zahlubování řeky Labe do terénu a tím vzniklo hluboké a mohutné údolí (Ústí nad Labem, 2009).

7. Metodika a vyhodnocení rovnice USLE

Tato metoda je vhodná pro analýzu většího zájmového území. Cílem je zjistit vhodný počet technických protierozních opatření (Dostál a kol., 2014).

Vyhodnocení ohroženosti katastrálního území Ústí nad Labem vodní erozí bylo provedeno na základě univerzální rovnice USLE pomocí geoinformačního systému ArcGIS. Několik zdrojových mapových podkladů bylo použito z webových portálů, patřících samotnému programu. Faktory rovnice USLE – R, K, LS, C a P bylo vypočítáno pomocí systému ArcGIS či byl jejich zdrojem digitální model reliéfu, představující hladký povrch země s absencí objektů (Pacina, Brejcha, 2014).

Použitá data v systému GIS:

LPIS – data zahrnující informace o půdních blocích získaná z Veřejného registru půdy (www.eagri.cz).

Síť bodů ZABAGED – data poskytnuta Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (www.cuzk.cz).

Data BPEJ – data volně dostupná na stránkách Státního pozemkového úřadu (SPÚ, 2018).

Data vodních toků – data získaná z digitální báze vodohospodářských dat (www.dibavod.cz), Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.

Ortofoto mapa ČR – veřejná prohlížečská služba WMS dostupná na stránkách ČÚZK (www.cuzk.cz)

Základní mapa ČR 1:10 000 - veřejná prohlížečská služba WMS dostupná na stránkách ČÚZK (www.cuzk.cz)

Většina výše zmíněných dat byla vložena do programu ArcGIS 10. 8. 1 (ArcGIS for Desktop Student Trial), poskytovaný společností ESRI. V programu byly vyhotoveny všechny rastrové analýzy spolu s výpočtem rovnice USLE. Podkladové mapy byly použity z veřejně prohlížečských služeb WMS z ČÚZK. Ve všech analýzách byl využit souřadnicový systém S-JTSK. Textová část byla zpracována v Microsoft Office Word (2007).

7.1 Výběr určitých pozemků

Jako zájmové území bylo vybráno katastrální území Ústí nad Labem v okrese Ústí nad Labem. Do geoinformačním programu ArcGIS byla vložena data mapy okresů České republiky a následně byl vytvořen Shapefile samotného katastrálního území. Dále byla vybraná oblast zvětšena za pomoci funkce Buffer o 250 m (Příloha 4). Důvodem rozšíření území jsou případné deformace na okrajích území při tvoření digitálního modelu reliéfu, rozšířením vzniknou chyby mimo zájmové území. Dalším důvodem je zásah půdních bloků mimo zájmové území. Ve všech výpočtech, kde bylo potřebné zahrnutí hranice zájmového území, vstupovala tato nová vrstva. Dalším krokem byl vklad shapefile z mapového podkladu LPIS s jednotlivými půdními bloky pro zvolené katastrální území.

7.2 Faktor erozní účinnosti deště - R

Jak již bylo zmíněno, dle metody Janečka (2012) byl faktor erozní účinnosti deště stanoven jako průměrná hodnota dlouhodobých měření v České republice na $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$.

7.3 Faktor erodovatelnosti půdy - K

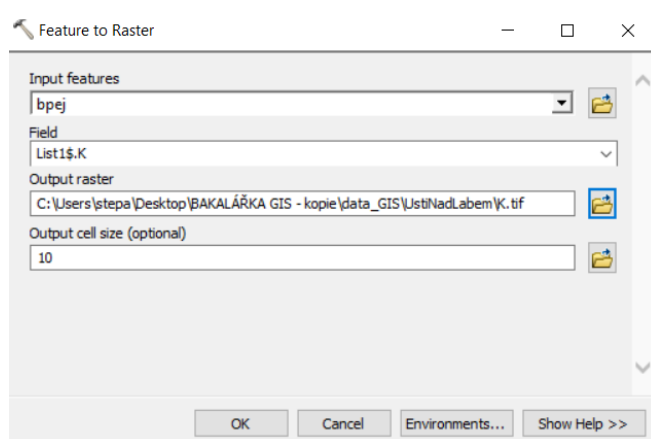
Pro vyhodnocení K faktoru je potřeba vrstvu BPEJ oříznout podle zájmového území neboli po pomoci funkce *Clip*.

V dalším kroku bylo potřeba z vrstvy BPEJ pomocí editace vymazat lesní pozemky, vodní toky a zastavěná území. Následně bylo potřeba vrstvu BPEJ doplnit o K_faktor. Atributové tabulky (Tab č. 5) byly propojeny přes hlavní půdní jednotku, což představuje 2. a 3. číslo kódu BPEJ. Do vrstvy BPEJ byl přidán sloupec HPJ pomocí funkce *Add field*. Poté byly doplněny jednotlivé hodnoty do sloupce HPJ pomocí funkce *Field calculator*, která vyseletovala příslušná čísla.

FID	Shape *	B5	BPEJ	TO ZPF	Cena	LastUpdate	HPJ	Klima	hloubka	Gp	K
0	Polygon	10100	1.01.00	1	14,57	01.11.2022	1	1	0	4	0.41
1	Polygon	10110	1.01.10	2	13,46	01.11.2022	1	1	0	4	0.41
2	Polygon	11000	1.10.00	1	14,73	01.11.2022	10	1	0	4	0.53
3	Polygon	11000	1.10.00	1	14,73	01.11.2022	10	1	0	4	0.53
4	Polygon	11000	1.10.00	1	14,73	01.11.2022	10	1	0	4	0.53
5	Polygon	11000	1.10.00	1	14,73	01.11.2022	10	1	0	4	0.53
6	Polygon	11010	1.10.10	1	13,42	01.11.2022	10	1	0	4	0.53
7	Polygon	11010	1.10.10	1	13,42	01.11.2022	10	1	0	4	0.53
8	Polygon	11010	1.10.10	1	13,42	01.11.2022	10	1	0	4	0.53
9	Polygon	11010	1.10.10	1	13,42	01.11.2022	10	1	0	4	0.53
10	Polygon	11901	1.19.01	3	9,85	01.11.2022	19	1	1	4	0.33
11	Polygon	11901	1.19.01	3	9,85	01.11.2022	19	1	1	4	0.33
12	Polygon	11911	1.19.11	4	8,79	01.11.2022	19	1	1	4	0.33
13	Polygon	11911	1.19.11	4	8,79	01.11.2022	19	1	1	4	0.33
14	Polygon	11914	1.19.14	4	5,22	01.11.2022	19	1	4	4	0.33
15	Polygon	11941	1.19.41	4	6,29	01.11.2022	19	1	1	4	0.33
16	Polygon	11951	1.19.51	4	6,94	01.11.2022	19	1	1	4	0.33
17	Polygon	12001	1.20.01	4	7,12	01.11.2022	20	1	1	4	0.28
18	Polygon	12001	1.20.01	4	7,12	01.11.2022	20	1	1	4	0.28
19	Polygon	12001	1.20.01	4	7,12	01.11.2022	20	1	1	4	0.28
20	Polygon	12001	1.20.01	4	7,12	01.11.2022	20	1	1	4	0.28
21	Polygon	12001	1.20.01	4	7,12	01.11.2022	20	1	1	4	0.28

Tab. č. 5: Atributová tabulka BPEJ

Poté se propojila pomocí funkce *Join* vrstva BPEJ a K_faktor přes vytvořený sloupec HPJ. Posledním krokem k vytvoření K faktoru (Příloha 5) bylo převedení plochy na rastr faktoru erodovatelnosti půdy přes funkci *Feature to Raster* (Obr. 8).



Obr. 8: Funkce „Feature to raster“

Nejvyšší hodnoty K faktoru se vyskytují na východě v blízkosti vodních toků.

7.4 Topografický faktor délky a sklonu svahu – LS

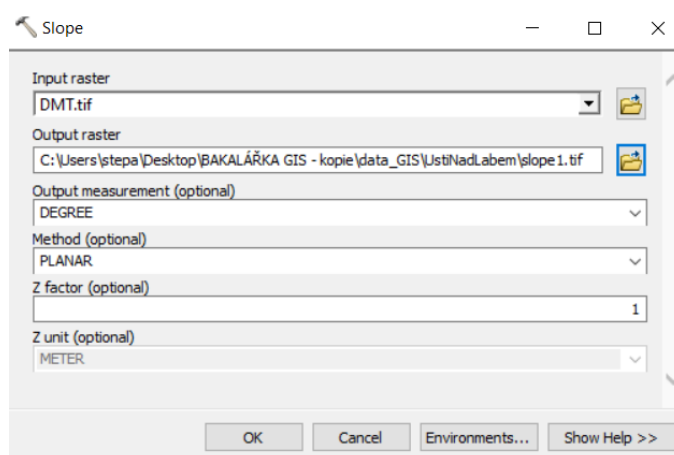
K vytvoření LS faktoru dle Mitášové (1996) bylo nutné vytvořit digitální model reliéfu a následně analýzu svažitosti, stanovení směru povrchového odtoku a akumulace povrchového odtoku.

Digitální model reliéfu

Pro zájmové území byl vytvořen digitální model reliéfu, kdy vstupními daty byla data vrstevnic, přesněji vrstevnice hlavní, vrstevnice zesílená a vrstevnice doplňková, dále vrstva vodních toků a vrstva zájmového území. Pomocí funkce *Topo to Raster* byly nastaveny správné hodnoty pro nahrané vrstvy, tudíž *Type* byl pro vrstevnice nastaven jako *Contour* a *Field* jako *ELEVATION*, pro zájmové území byl *Type* nastaven jako *Boundary* neboli hranice a pro vodní toky byl *Type* nastaven jako *Stream* neboli tok. Digitální model reliéfu není shapefile ale raster. Pro správné fungování rasterů musí být uloženy v tzv. geodatabázi, proto byly uloženy pomocí „.tif“. Výsledkem je digitální model reliéfu (Příloha 6).

Stanovení sklonitosti terénu

První analýzou pro potřebné stanovení LS faktoru je analýza svažitosti (Příloha 7). Pomocí funkce *Slope* (Obr. 9) byl potřeba vytvořit rastr svažitosti zájmového území. Pro stanovení sklonitosti terénu v procentech byla použita jednotka *Degree*.



Obr. 9: Funkce „Slope“

Stanovení směru povrchového odtoku

Druhou analýzou pro potřebné stanovení LS faktoru je analýza stanovení směru povrchového odtoku z každého pixelu (Příloha 8) pomocí funkce *Flow Direction*, kde byl vstupním rastr digitální model reliéfu.

Stanovení akumulace odtoku

Třetí analýzou pro potřebné stanovení LS faktoru je analýza akumulace povrchového odtoku (Příloha 9). Z digitálního modelu terénu byl vytvořen rastr

směru povrchového odtoku a následně byl tento výstup použit jako vstupní vrstva k vytvoření rastru akumulace povrchového odtoku pomocí funkce *Flow Accumulation*, kde byl změněn *data type* na *Integer*. Po této změně byla hodnota buňky v konečném rastru vyjádřena jako celé číslo. Hodnoty výsledného rastru znamenají počet buněk, kterými protekl povrchový odtok.

Topografický LS faktor

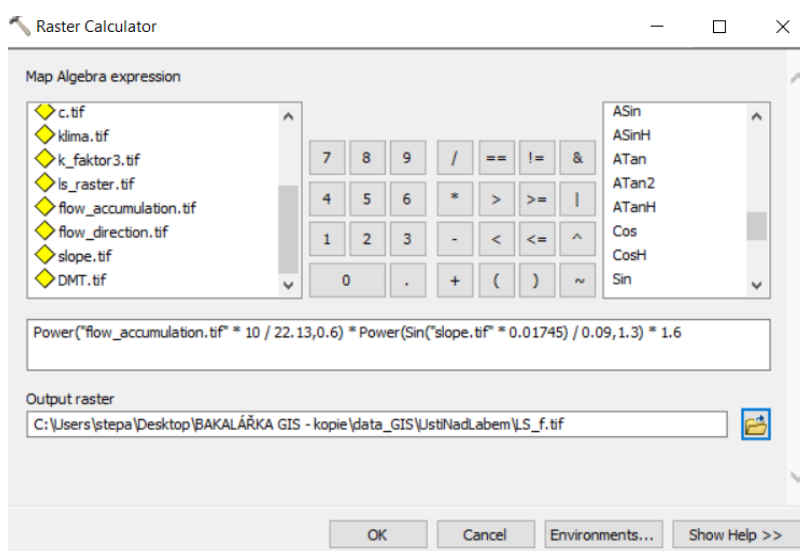
K vyhodnocení LS faktoru (Příloha 10) bylo potřeba dosazení vrstev do rovnice dle Mitášové (1996). Pro jeho výpočet bylo potřeba v programu ArcGIS vytvořit rastr sklonitosti terénu a rastr akumulace odtoku. K matematickým operacím mezi rastry byl použit nástroj *Raster Calculator* do kterého se dosadila rovnice s rastry *Flow accumulation* a *Slope* (Obr. 10).

Rovnice:

$$\text{POWER}(\text{flowaccumulation}^{10/22.13,0.6}) * \text{POWER}(\text{Sin}(\text{slope}^{0.01745}) / 0.09, 1.3) * 1.6$$

Kde:

flow accumulation je rastr akumulace odtoku, 10 je velikost pixel DMR, 22.13 je velikost standardního pozemku, 0.6 a 1.3 jsou kalibrační koeficienty, *Slope* je rastr sklonitosti terénu a 0,09 je sklon standardního pozemku



Obr. 10: LS Faktor zadání rovnice dle Mitášové (1996)

7.5 Faktor ochranného vlivu vegetace – C

Vytvoření faktoru ochranného vlivu vegetace je nejlepší stanovit na základě informací z osevních postupů. V případě, že osevní postupy nejsou k dispozici, existuje metoda stanovení C faktoru pomocí klimatického regionu. Ve skutečnosti jsou velmi často jednotlivé územní celky obhospodařovány více vlastníky, proto bylo problémové zjistit osevní postupy a dostupné osevní plány. Výsledek C faktoru by byl zkreslen, proto byla použita metoda stanovení C faktoru pomocí klimatického regionu, tvořící první hodnotu z čísla BPEJ.

Do atributové tabulky vrstvy BPEJ byl přidán sloupec s názvem Klima a ten byl pomocí funkce *Field Calculator*, přepnut na *Python* a doplněn příkazem `int(!BPEJ![0:1])` a následným vyselektováním příslušného čísla, vyplněn 1. číslem kódu BPEJ.

Následně byl pomocí funkce *Feature to Raster* vytvořen rastr z oříznuté vrstvy BPEJ a příslušného sloupce Klima.

Hodnoty C faktoru se vyhodnocují pro jednotlivé půdní bloky v zájmovém území. Informaci o lokalizaci půdních bloků a jejich využití, zda se jedná o ornou půdu či trvalý travní porost, lze nalézt ve vrstvě LPIS. Do atributové tabulky LPIS byl přidán sloupec C, kdy pomocí editace byl doplněn hodnotami dle níže přiložené tabulky (Tab. Č. 6). Řádky s kulturou trvalý travní porost byly vyplněny hodnotou 0,01. Řádky s kulturou standardní orná půda byly vyplněny na základě klimatického regionu.

klimatický region	orná půda	ostatní plochy ZPF	Třída CLC	C
0	0.291	0.307	Urbanizované území	0
1	0.278	0.286	Lesy	0,005
2	0.266	0.264	Louky a pastviny	0,01
3	0.254	0.243	Zemědělské oblasti s přirozenou vegetací	0,1
4	0.241	0.221	Haldy a skládky	0,2
5	0.229	0.199	Směsice polí, luk a trvalých plodin	0,25
6	0.216	0.178	Sady, chmelnice a zahradní plantáže	0,3
7	0.204	0.156	Nezavlažovaná orná půda	0,35
8	0.192	0.135	Oblasti současné těžby surovin	0,5
9	0.179	0.113		

Tab. č. 6: C faktor dle klimatického regionu (Kadlec M., Toman F., 2002)

Na základě doplněných hodnot do atributové tabulky byl přes funkci *Feature to Raster* z vrstvy LPIS a příslušného sloupce vytvořen rastr ochranného vlivu vegetace (Příloha 11).

7.6 Faktor vlivu technických opatření – P

V rámci této práce se nebralo v potaz žádné protierozní opatření, proto byla hodnota P faktoru stanovena na $P = 1$.

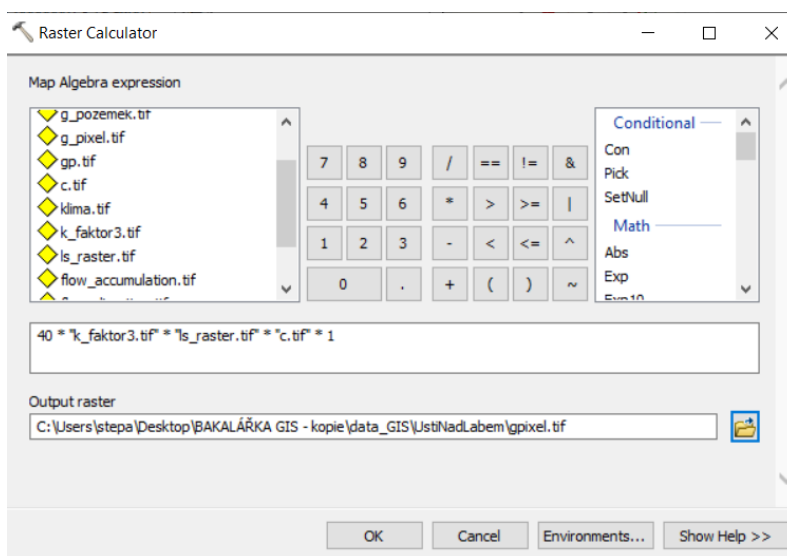
8. Výpočet rovnice USLE

8.1 Vyhodnocení míry Eroze

Vyhodnocení míry erozního ohrožení (Příloha 12) je vyhodnoceno pomocí univerzální rovnice USLE vytvořením rastru ztráty půdy pro každý pixel. Pomocí nástroje *Raster Calculator* byla spočítána průměrná ztráta půdy pro každý pixel zájmového území po dosažení vytvořených rastrů do rovnice USLE.

Rovnice USLE: $G = R * K * LS * C * P$

Za R byla dosazena průměrná hodnota pro Českou republiku 40 a za P byla dosazena 1, jelikož se nepředpokládalo, že by v zájmovém území protierozní opatření byla a které by P faktor ovlivňoval. Pomocí funkce *Raster Calculator* byly dosazeny rastry jednotlivých faktorů R, K, LS, C a P (Obr. 11).



Obr. 11: Funkce „Raster Calculator“ + zadání rovnice USLE

8.2 Průměrná ztráta půdy pro každý pozemek

Pro stanovení průměrné ztráty půdy pro jednotlivé půdní bloky (Příloha 13) získané z LPISu byl použit nástroj *Zonal Statistics*, kde byla použita vstupní data míry erozního ohrožení pro každý pixel. Jako výsledek vyšla vypočítaná ztráta půdy vodní erozí pro každý pozemek v jednotkách $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$.

8.3 Stanovení přípustné maximální ztráta půdy

Výsledný rastr upřesňuje, jaká ztráta půdy v zájmovém území je přípustná a stanovuje se na základě hloubky půdy, kterou lze určit pomocí 5. číslice kódu BPEJ. Nejdříve byla potřeba do atributové tabulky vrstvy BPEJ přidat sloupec s názvem hloubka. Pomocí funkce *Field Calculator*, přepnut na *Python* s příkazem `int(!BPEJ![6:7])`, byla čísla vyselektována na základě 5. čísla kódu BPEJ.

Do atributové tabulky vrstvy BPEJ byl přidán další sloupec s názvem Gp jako přípustná ztráta půdy a na základě přiložené tabulky vyplněn.

Pomocí nástroje *Feature to Raster* byl z vrstvy BPEJ a příslušného sloupce Gp vytvořen rastr maximální přípustné ztráty půdy. (Příloha 14)

8.4 Stanovení ohrožených lokalit

Stanovení ohrožených lokalit (Příloha 15) neboli pozemků, kde reálná ztráta půdy přesahuje přípustnou. Pomocí nástroje *Minus* se od sebe odečetly rastry průměrné ztráty půdy pro každý pozemek a rastr maximální přípustné ztráty půdy.

9. Výsledné zhodnocení

Výsledkem vyhodnocení míry erozního ohrožení vodní erozí v praktické části práce jsou mapové podklady v přílohách práce, znázorňující vyhodnocení jednotlivých faktorů a pozemky ohrožené vodní erozí.

Jedná se z větší části o zastavěné území, tudíž nebylo mnoho půdních bloků ke zpracování. Celkově ze třinácti půdních bloků vyšel pouze jeden ohrožen vodní erozí (Tab. č. 7). Všechny půdní bloky jsou plochami s výskytem trvalých travních porostů, což také přispívá k menší ohroženosti vodní erozí.

Půdní blok (GIS)	Pozemek č. (LPIS)	Kulturní ráz (LPIS)	Ztráta půdy t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹
10	0502/4	Trvalý travní porost	4,2

Tab. č. 7: Detail hodnot ohroženého bloku, kde je třeba realizovat protierozní opatření.

Z výsledků je patrné, že nejvyšší hodnoty K faktoru (Příloha 5) se vyskytují na východě v blízkosti vodních toků.

Největší plocha s nejvyššími sklony svahů se nachází v jižní části zájmového území, jak je vidět v příloze 7. Nejnížší sklony svahů se nachází ve středu území a v západní části zájmového území. Jedná se o zastavěné území. Vyšší sklony se soustřeďují z velké části podél hranic katastrálního území, často se jedná o lesní půdu.

V příloze 8 je výsledkem 8 směrů, kdy má každý svůj index a ten se nachází v každé buňce rastru. Orientace směru odtoku je pro každý pixel směřován směrem, ve kterém je sousední buňka s nejnižší nadmořskou výškou. Severovýchod je orientován převážně na jihozápad a odvodňuje území do Klíšského potoka. Orientace jihu je převážně na sever, východ a západ.

Výsledná vrstva LS Faktoru (Příloha 10) zobrazuje, že vysoké hodnoty se nachází především v místech vysoké akumulace odtoku. Nižší hodnoty se vyskytují na severu a na východě zájmového území.

C faktor (Příloha 11) znázorňuje všechny půdní bloky dosahující shodných hodnot 0,01. Skutečnost nízkých hodnot způsobila využití půdních bloků jako trvalý travní porost.

Průměrná ztráta půdy vodní erozí pro každý pozemek je znázorněna v příloze 13. Dle kódu BPEJ na zájmových pozemcích převažují středně hluboké půdy. Přípustnou ztrátou je 4 t.ha-1.rok-1. Výsledné hodnoty průměrné ztráty půdy byly rozděleny do tří kategorií, které odpovídají určeným intervalům výsledné hodnoty. Po porovnání hodnot přípustné ztráty půdy vyšlo najevo, že vodní erozí není ohroženo 11 půdních bloků. Průměrná ztrátou půdy na těchto pozemcích je menší než 4 t.ha-1.rok-1. Zbylé dva pozemky vodní erozí ohroženy jsou. Smyv půdy těchto pozemků je v rozmezí 4 – 5,2 t.ha-1.rok-1.

Jako výsledek vyšel rastr vyhodnocující lokality s erozním ohrožením (Příloha 15), který má kladné a záporné hodnoty. Kladné hodnoty jsou označeny červeně a je nutné na nich aplikovat protierozní opatření. V tomto případě vyšel kladně pouze jeden půdní blok. Záporné hodnoty, v tomto případě zelené, jsou půdní bloky, kde je eroze v pořádku a není třeba je dále řešit.

Erozně ohrožený pozemek by měl přijmout protierozní opatření, zabývající se ochranou půdy před účinkujícími dopadajícími kapek erozně nebezpečných dešťů. Další možností by byla podpora vsaku vod do půdy či omezení unášecí síly vody. Měl by se zaměřit na bezpečné odvedení povrchového odtoku do vodoteče, kvůli zamezení škod a zachycení smyté zeminy.

Variantou zabránění vodní eroze v půdě jsou geotextilií na svah půdy. Jsou složeny z přírodních materiálů nenarušujících vlastnosti půdy. Dále slouží k zabezpečení rostlin a rovnoměrnému sázení rostlin na svahu. Další možností je mulčování, které pomáhá k vsakování vody či zelené hnojení, které pomáhá snížit erozi zejména zvýšenou tvorbou kořenového systému rostlin. Jelikož výsledný půdní blok se nachází na poměrně svažitém pozemku, lze erozi omezit setím po vrstevnicích.

10. Diskuse

Bakalářská práce se věnovala vyhodnocení míry erozní ohroženosti zemědělských pozemků.

Pro vyhodnocení míry erozního ohrožení vodní erozí ve vybraném zájmovém katastrálním území Ústí nad Labem byla použita metoda Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy podle Wischmeiera a Smithe (1978) v geografickém informačním systému ArcGIS. Od vzniku této rovnice je tato metoda značně využívána po celém světě. Výhodou systému ArcGIS je rychlost výpočtů a možnost zpracování celého území najednou.

Dle jiných zpracovaných katastrálních území metodou USLE se v tomto případě jedná o území s velmi malým množstvím půdních bloků. Ve většině okolních katastrálních území se jedná o vícero půdních bloků s různými kulturami porostů, v tomto případě pouze trvalý travní porost.

Celkem 1 půdní blok vykazoval větší průměrnou ztrátu půdy vodní erozí, než je stanovená hodnota. Na tomto pozemku by měla být zavedena vybraná protierozní opatření a následně by tento půdní blok měly být obhospodařovány dle vymezených pravidel souvisejících s těmito opatřeními, jelikož u erodovaných půd je podstatně nižší hektarová výnosnost.

Snaze předejít půdní erozi je pořád co zlepšovat. V územním plánování nejsou v některých případech brány v potaz přírodní rizika. Schvalují se místa pro nové stavby na místech, kde budou poškozeny důsledky vodní eroze při absenci protierozní ochrany. Unikátní systém, sledující celou zemi, získající čísla, která dokazují, že teoretická východiska vědců se potvrzují v praxi. Podle těchto čísel mohou pověřené úřady stanovit opatření, která zabrání sesuvům půdy. Systém je navržen hlavně proto, že každá lokalita je specifická a existuje tedy mnoho řešení, jak danou lokalitou chránit (Rozhovor s J. Kapičkou z VÚMOP).

Zemědělci, kteří požadují dotace na pěstované plodiny, vyskytující se na erozně ohrožených pozemcích, musí zavádět protierozní opatření. Dodržování těchto pravidel kontroluje Státní zemědělský intervenční fond a v případě porušení pravidel zemědělcům hrozí, že o část dotace přijdou (Rozhovor s F. Pavlíkem ze Státního pozemkového úřadu).

11. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vyhodnotit míru erozního ohrožení zemědělských ploch v katastrálním území Ústí nad Labem.

První část bakalářské práce byla teoretická a zaměřovala se na popis základních pojmů, jako je půda a její vlastnosti, eroze a její problematika, příčiny a důsledky. Dalšími kapitolami bylo popsání druhů eroze a následně kapitoly věnující se protierozním opatřením. Ve druhé části teoretické rešerše byla popsána metoda vyhodnocení míry erozního ohrožení dle univerzální rovnice USLE. Rovnice byla následně použita v praktické části. Pomocí této metody byla vyhodnocena míra erozního ohrožení půdních bloků v zájmové oblasti v geografickém informačním programu ArcGIS.

Hodnocení bylo provedeno pro 14 půdních bloků. Dle výsledků použité metody vyplynulo, že 13 půdních bloků je ohroženo vodní erozí minimálně či vůbec. Na těchto pozemcích není potřeba zavádět vhodná protierozní opatření omezující smyv půdy. Dále bylo zjištěno, že 1 půdní blok vodní erozí ohrožen je. Příčinou je hlavně sklonitost tohoto pozemku. Na daném půdním bloku, ohroženém vodní erozí, je nutná potřeba zavedení vhodných organizačních a agrotechnických opatření, která by zabránila či omezila smyv půdy.

Variantou zabránění vodní eroze půdy je položení geotextilií, buď kokosových, nebo jutových vláken na svah půdy. Jedná se o přírodní materiály nenarušující chemické ani fyzické vlastnosti půdy. Navíc slouží k zabezpečení a rovnoměrnějšímu sázení rostlin ve svahu. Další variantou je mulčování, pomáhající vsaku vody či zelené hnojení, které pomáhá snížit erozi zejména zvýšenou tvorbou kořenového systému rostlin. Jelikož se jedná o poměrně svažité erozně ohrožený půdní pozemek, šlo by také vodní erozi omezit rytím či setím po vrstevnicích.

Po osobní konzultaci s místním zemědělcem panem Štrymplem vyšlo najevo, že katastrální území Ústí nad Labem není vhodným územím k vyhodnocování míry ohrožení půd vodní erozí, jelikož se jedná o území, co se týče eroze, poměrně málo problémové a většina zájmového území je bohužel zastavěna. Vyhodnocení ztráty půdy vodní erozí jsem zpracovala následně i pro celý okres Ústí nad Labem, kde vyšlo také jen 14,5 % ohrožených půdních bloků vodní erozí.

Jak jednou řekl Andy Warhol: „*Myslím, že mít půdu a nezničit ji je to nejkrásnější umění, jaké kdy kdo může chtít vlastnit.*“

12. Seznam použité literatury a použitých zdrojů

Brtnický M. a kol., 2012: Degradace půdy v České republice. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Brno, 88 s.

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

Dostál T. a kol., 2014: Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy a České vysoké učení technické v Praze, Praha, 69 s.

Holý, M., 1978: Protierozní ochrana. SNTL a ALFA, Praha, 283 s.

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

Huang M. P., Li M, Sumner E. M., 2012: Handbook od soil science properties and processes. Taylor and Francis Group, USA, 1424 s.

Janeček, M. a kol., 1992: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ÚVTIZ Praha, Praha

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

Janeček M. a kol., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 71 s.

Janeček M. a kol., 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita, Praha, 172 s.

Janeček M. a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Česká zemědělská univerzita v Praze - FŽP, Praha, 113 s.

Kadlec M., Toman F. 2002: Závislost faktorů protierozní účinnosti vegetačního pokryvu C na klimatickém regionu. In: Bioklima - Prostředí – Hospodářství:, 544 – 550 s.

Kettner R., 1955: Všeobecná geologie IV. Vnější geologické síly, zemský povrch (Činnost ledu, větru, zemské tíže, ustrojenců a člověka). Praha: ČSAV, 41 s.

Kolektiv autorů, 1955: Dějiny města Ústí nad Labem. Město Ústí nad Labem, Ústí nad Labem, 369 s.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR, 2018: Situační a výhledová zpráva Půda. Ministerstvo zemědělství, Praha, 134 s.

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.

Novotný I. a kol., 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi. Mze, Praha, 73 s.

Novotný I. a kol., 2017: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. Ministerstvo zemědělství, Praha

Pacina J., Brejcha M., 2014: Digitální model terénu. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem – FŽP, Ústí n. Labem, 73 s.

Podhrázká J., Dufková J., 2005: Protierozní ochrana půdy. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 95 s.

Renard G. K., a kol., 1997: Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, 703 s.

Středová H., Toman F., 2012: Erosion potential of snow cover in the Czech Republic. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.*, LX, No. 1, s. 117–124

Šarpatka B., 2014: Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 232 s.

Šimek M., 2004: Základy nauky o půdě – 4. Degradace půdy. Jihočeská univerzita – Biologická fakulta, České Budějovice, 224 s.

Tolasz R. a kol., 2007: Atlas podnebí a Česka. Český hydrometeorologický ústav a Univerzita Palackého, Praha a Olomouc, 255 s.

Tomášek M., 1995: Atlas půd České republiky. Vydavatelství českého geologického ústavu, Praha, 36 s.

Vopravil J. a kol., 2010: Vývoj a degradace půd v podmínkách očekávaných změn klimatu. MZ ČR, Praha, 23 – 30 s.

Vyhláška č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí.

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci.

Vyhláška č. 231/1999 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu.

Wishmeier W. H., Smith D. D., 1978: Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, 537 s.

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

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

Internetové zdroje

MŽP ČR, 2015. *Definice, význam půdy a funkce půdy* [online]. 2015 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <http://mzp.cz/>

Akademie věd ČR, 2015: *Vlastnosti a funkce půdy. Academia* [online]. Praha: Akademie věd ČR, 2015 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.academia.cz/uploads/media/preview/0001/04/6fa58623029706e563bbda11d2dae0959dec7cc3.pdf>

IVANOV, Martin. *Půdní znaky a vlastnosti půd. Muni.cz* [online]. Brno: Ústav geologických věd Př.F. Masarykovy [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/sci/podzim2006/G8141/um/2441370/L2_Pud_znaky_vlast_pud.pdf

Půdní znaky a vlastnosti půd. In: *Muni.cz* [online]. Brno: Ústav geologických věd Př. F. Masarykovy, 2006 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/podzim2006/G8141/um/Pudni_znaky_vlast_pud.pdf

Vodní eroze půdy [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2022 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vodni-eroze-pudy/>

Erosion. In: *National Geographic* [online]. National Geographic Society, 2022 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://education.nationalgeographic.org/resource/erosion>

VÚMOP v. v. i., 2021: eKatalog BPEJ (online) [cit. 2023.03.22], dostupné z www.vumop.cz

VÚMOP – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, ©2021: Protierozní kalkulačka (online) [cit. 2023-03-16], dostupné z: <https://kalkulacka.vumop.cz/docs/manual.pdf>

Technická protierozní opatření. In: *Eagri.cz* [online]. Praha, 2005 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/37011/_14_technicka_protierozni.pdf

Koncept ÚP města Ústí nad Labem [online]. Praha: Magistrát města Ústí nad Labem, 2009 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: www.usti-nad-labem.cz

Predikce erozních procesů. In: *Cvut.cz* [online]. Praha, 2005 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/YPEO/eroze%2005_U_SLE.pdf

Archiv počasí Ústí nad Labem [online]. 2022 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/weatherarchive/%C3%9Ast%C3%AD-nad-labem_%C4%8Cesko_3063548?fcstlength=1y&year=2022&month=3

13. Seznam obrázků a tabulek a rovnice

Seznam obrázků

Obr. 1: Funkce půdy

Obr. 2: Pásové střídání plodin

Obr. 3: Vrstevnicové obdělávání

Obr. 4: Relativní ztráta půdy vodní erozí na pokryvu půdy mulčem

Obr. 5: Prostorová distribuce R faktoru v České republice

Obr. 6: Hodnota K faktoru stanovená dle nomogramu

Obr. 7: Přehled minimální a maximální teploty, srážek a rychlosti větru

Obr. 8: Funkce „Feature to raster“

Obr. 9: Funkce „Slope“

Obr. 10: LS Faktor zadání rovnice dle Mitášové (1996)

Obr. 11: Funkce „Raster Calculator“ + zadání rovnice USLE

Seznam tabulek

Tab. 1: Průměrné rozdělení R faktoru přívalových dešťů dle měsíce vegetačního období v České republice

Tab. 2: Hodnoty K faktoru podle bonitovaných půdně ekologických jednotek

Tab. 3: Přípustná ztráta erozního ohrožení

Tab. 4: Klimatická charakteristika mírně teplé oblasti MT 4 a MT 9

Tab. 5: Atributová tabulka BPEJ

Tab. 6: C faktor dle klimatického regionu

Tab. 7: Detail hodnot ohroženého bloku, kde je třeba realizovat protierozní opatření

Rovnice

Rovnice č. 1 - LS faktor (Mitášová, 1966)

14. Přílohy

Vlastní dokumentace určitých pozemků



Fotografie 1: Půdní blok č. 0

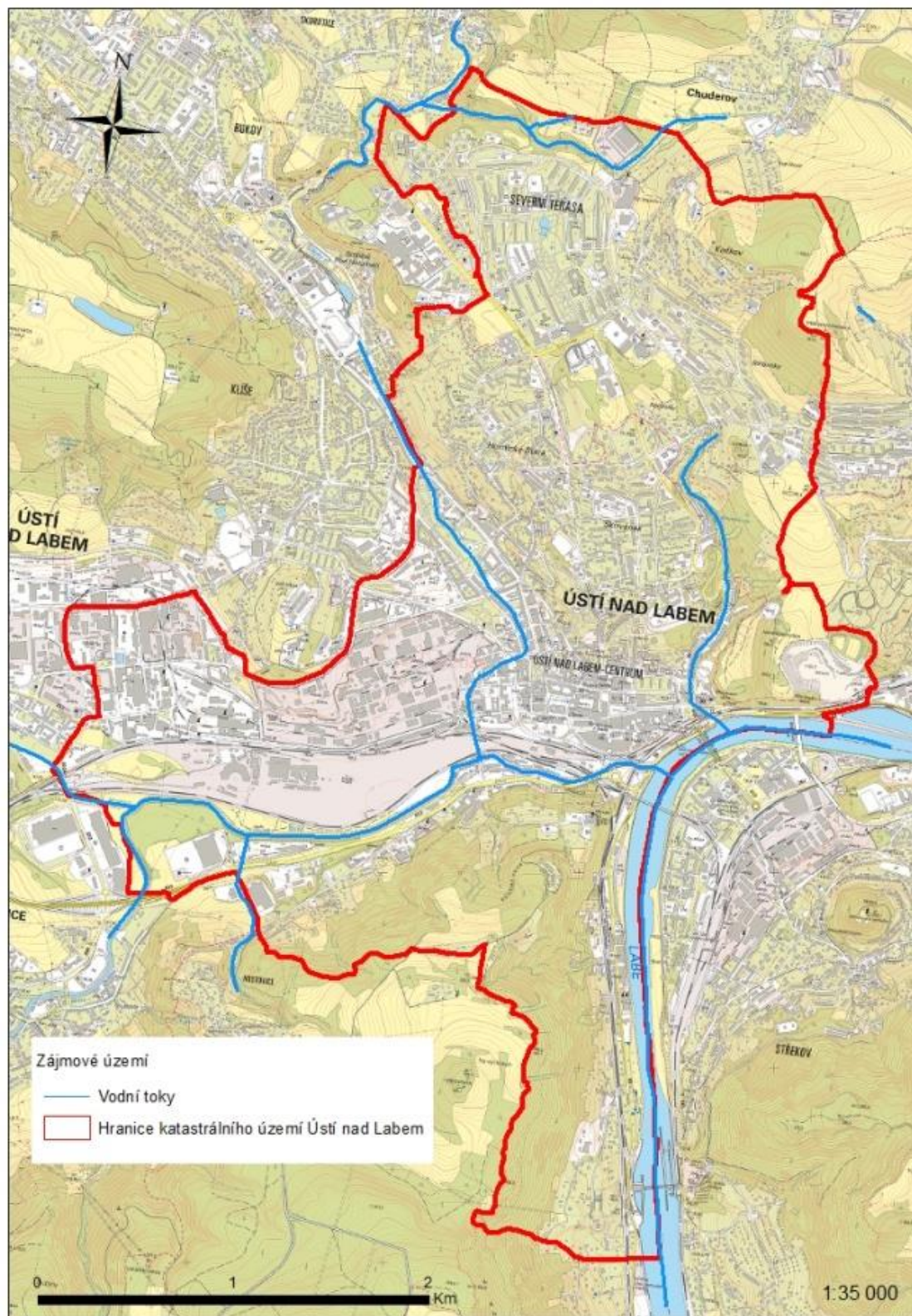


Fotografie 2: Půdní blok č.10 Fotografie 3

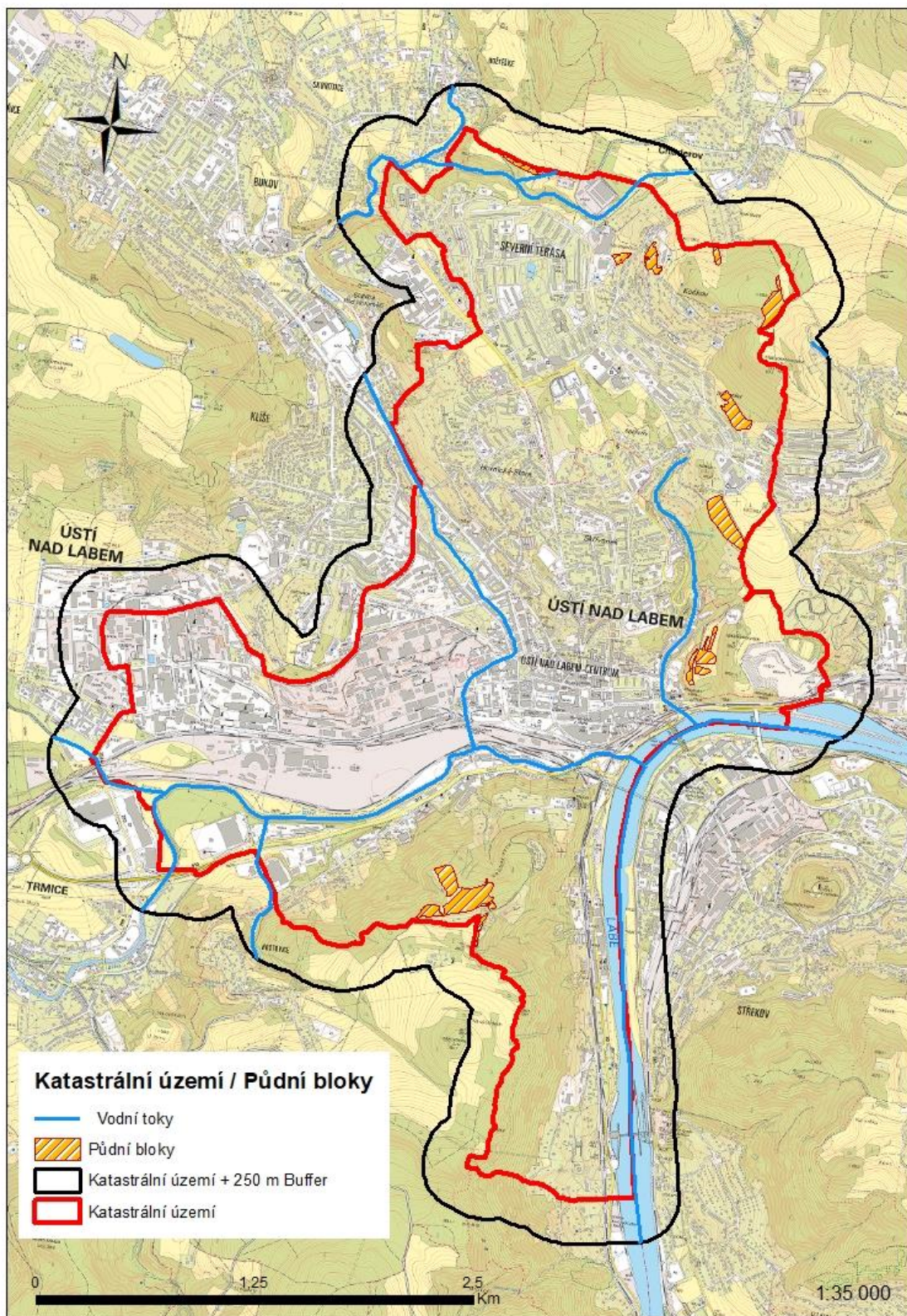


Fotografie 3: Půdní blok č. 10

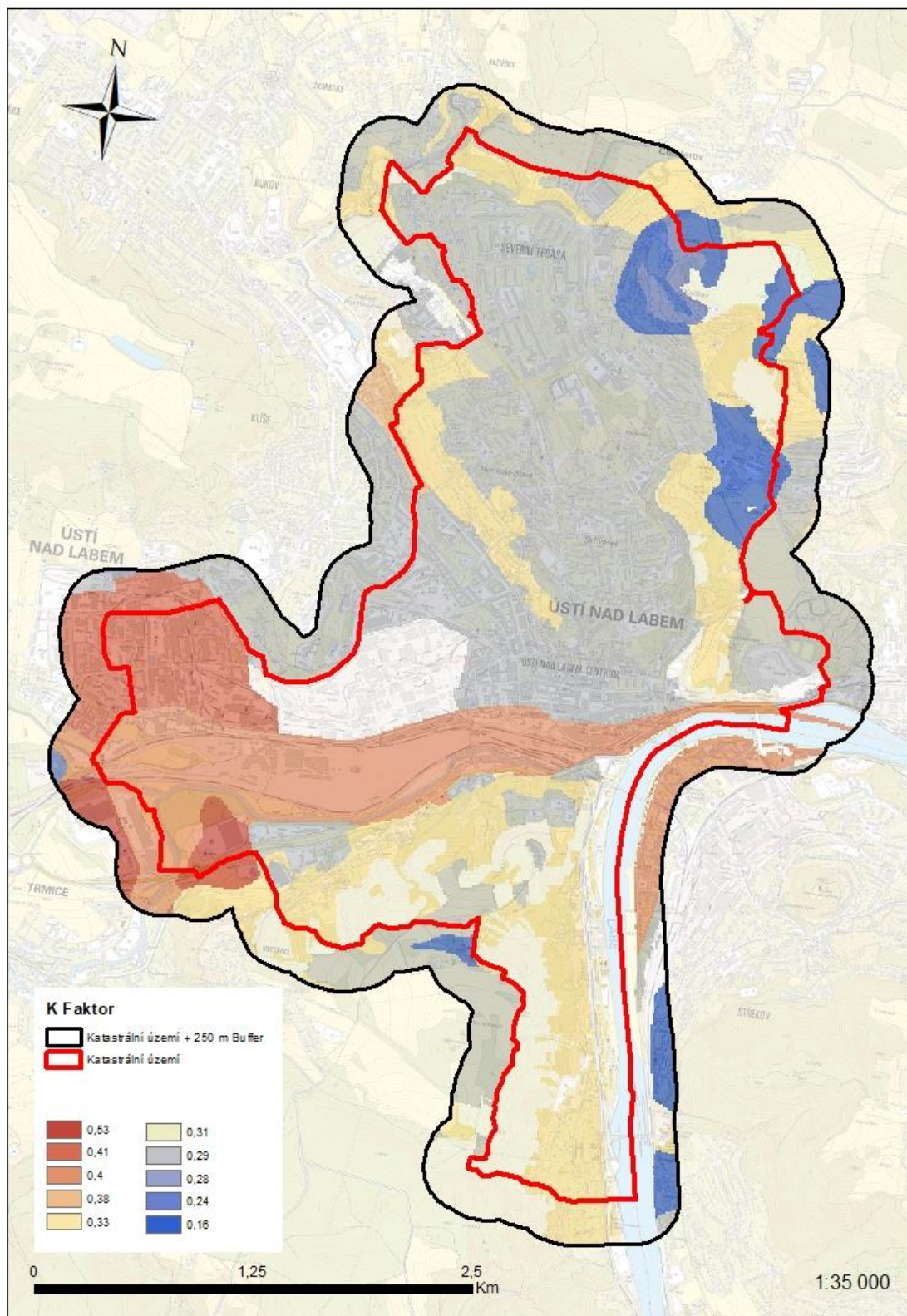
Příloha 3 – Hydrologické poměry v zájmovém území



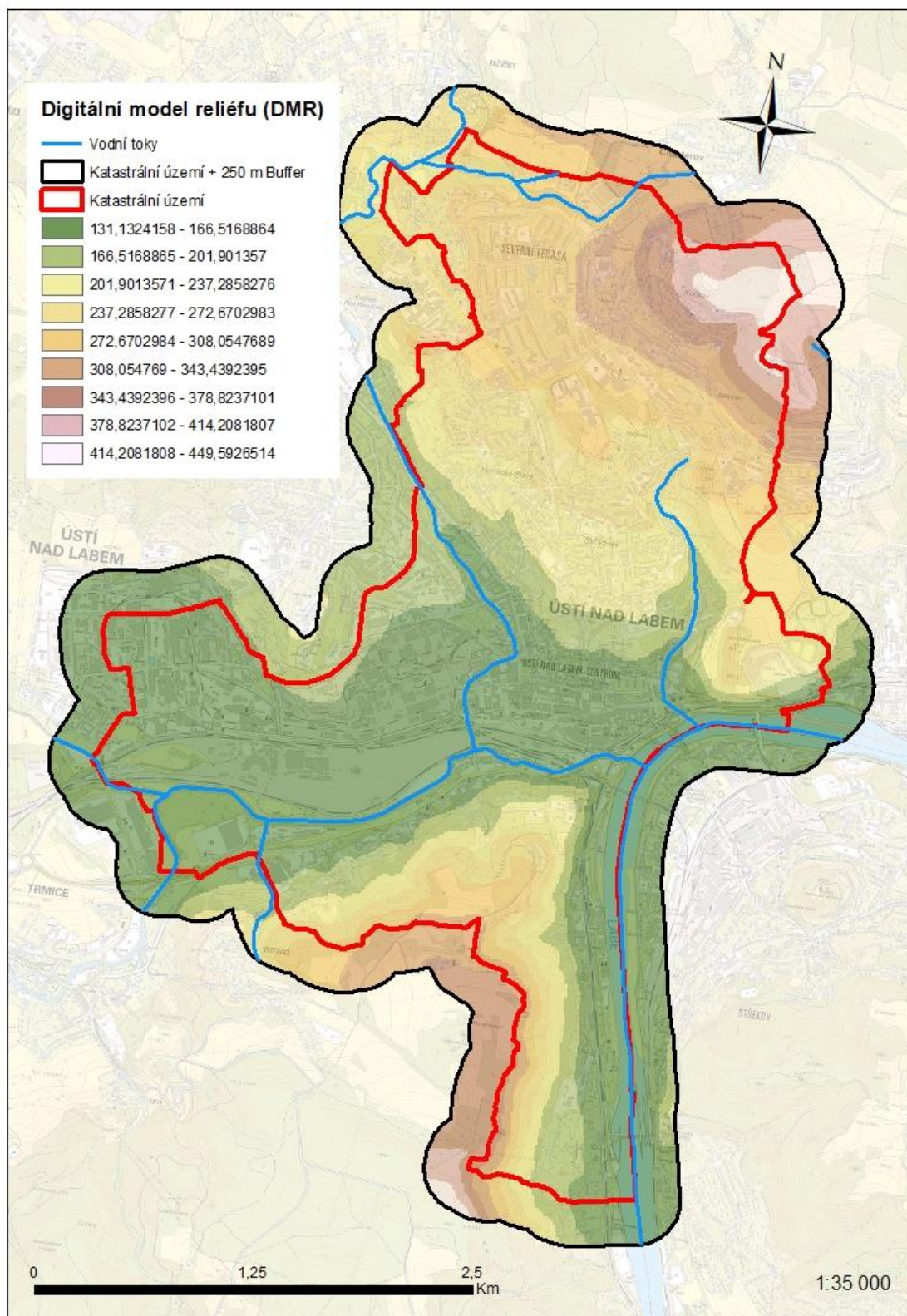
Příloha 4 – Katastrální území + 250 m Buffer, půdní bloky



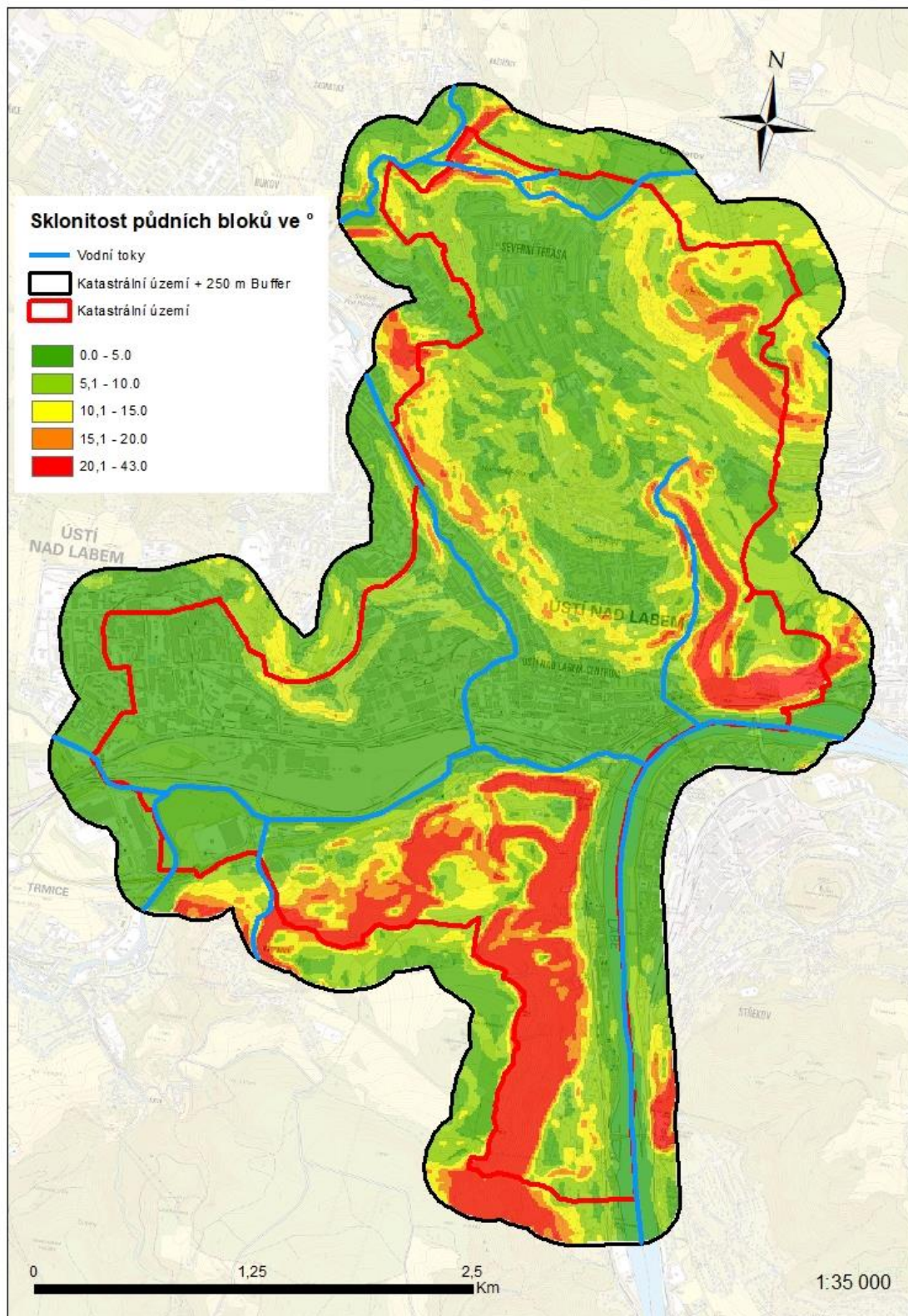
Příloha 5 – Faktor erodovatelnosti půdy – K



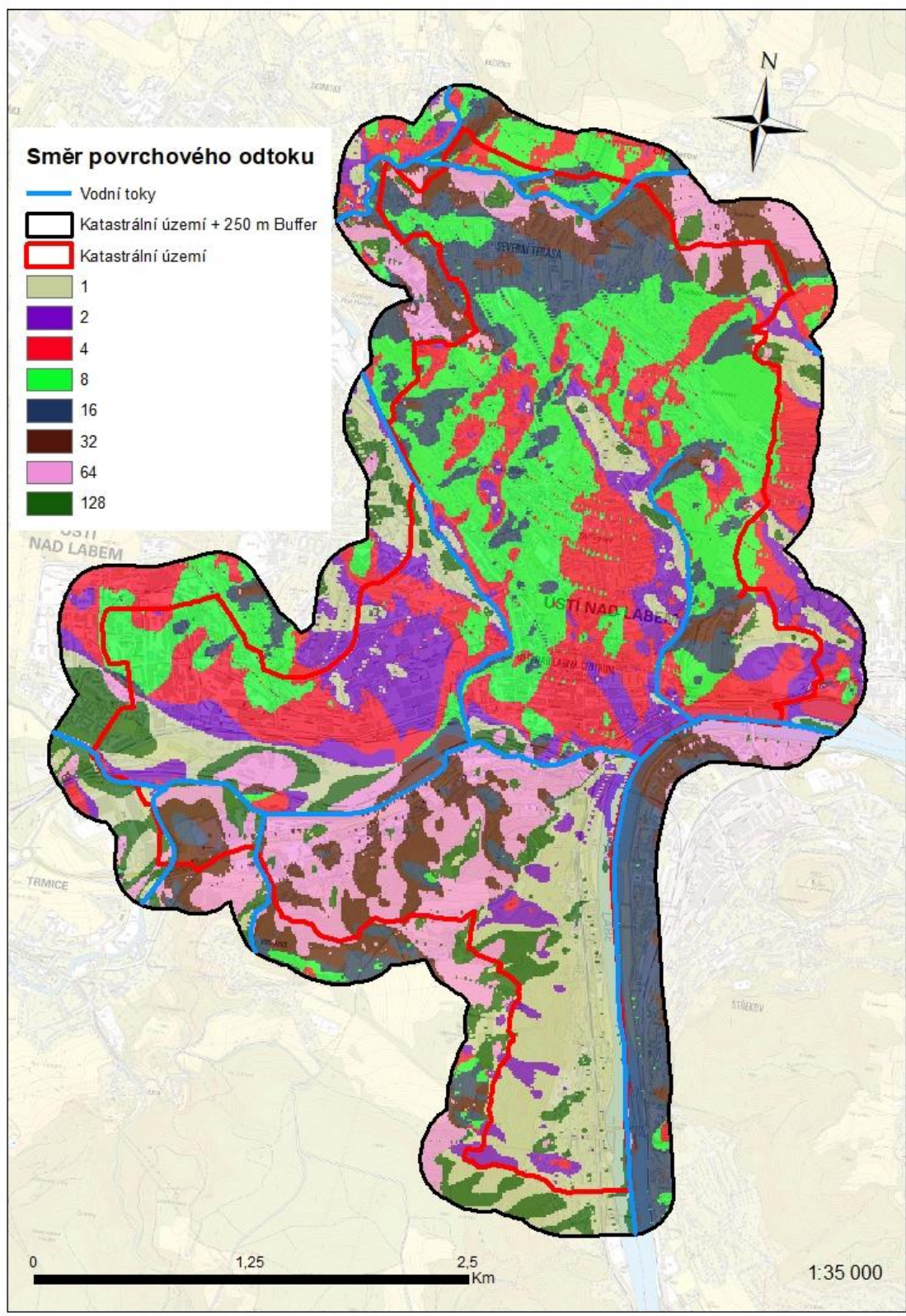
Příloha 6 – DMR – Digitální model reliéfu



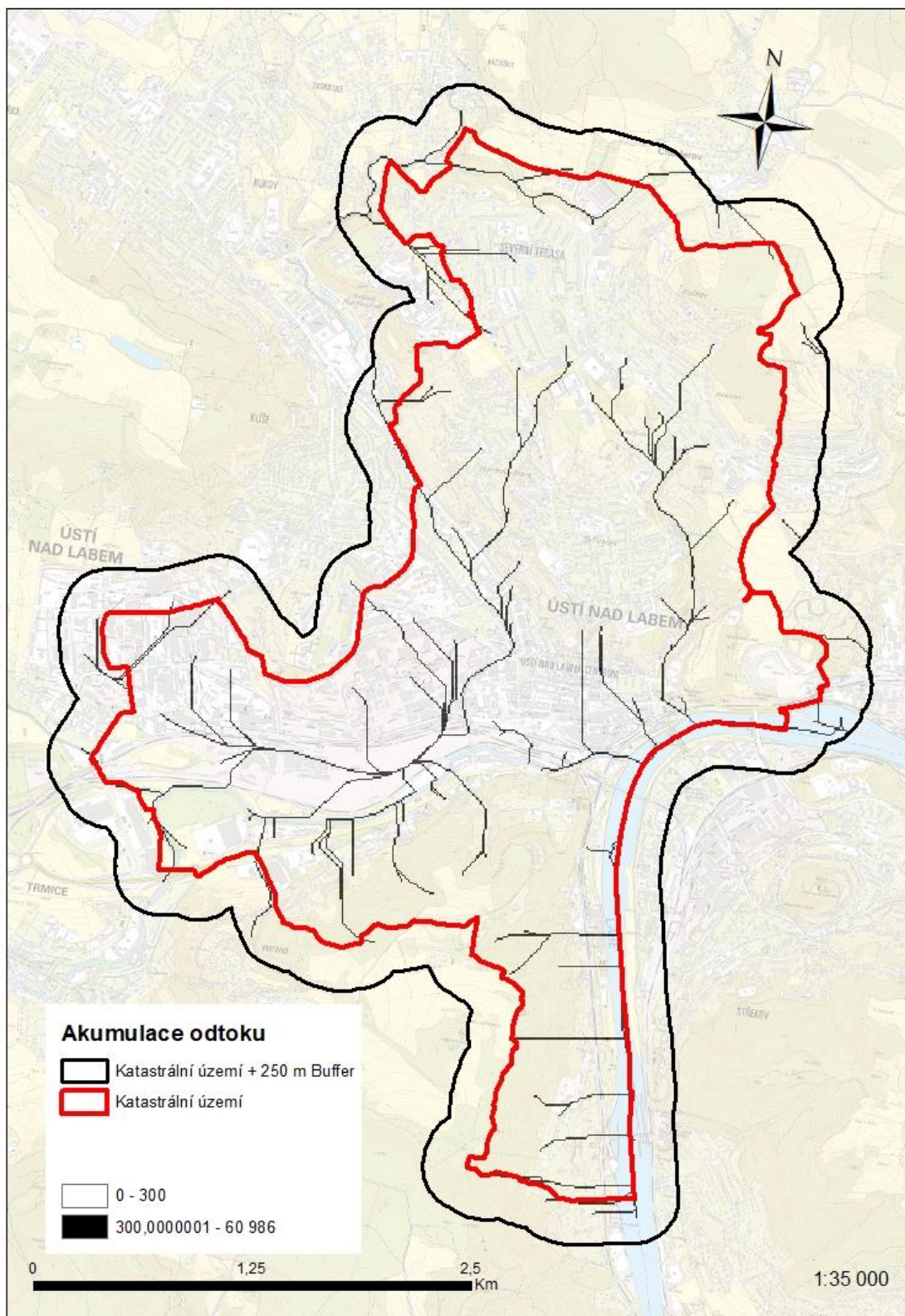
Příloha 7 – Sklonitost pozemku



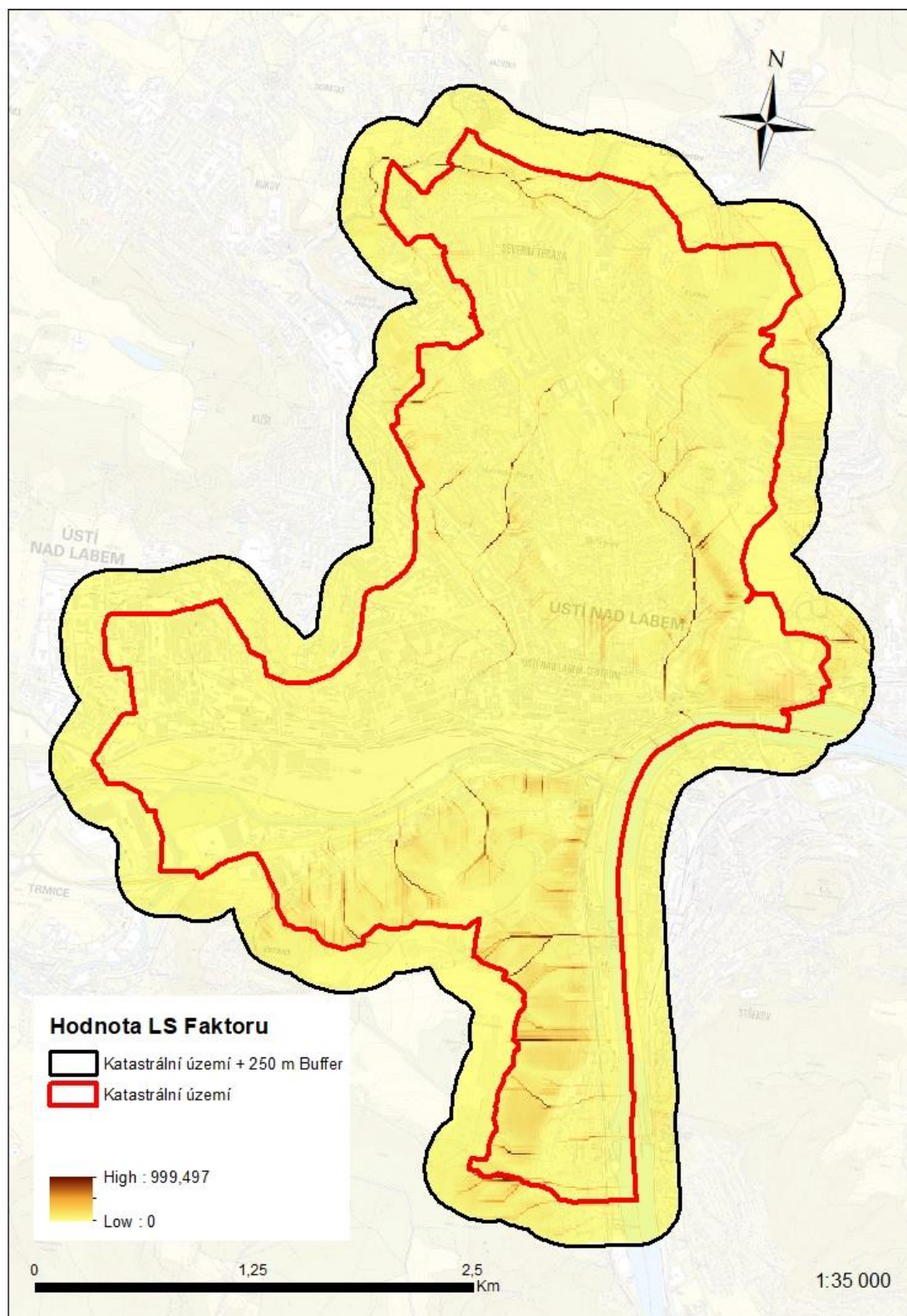
Příloha 8 – Směr povrchového odtoku



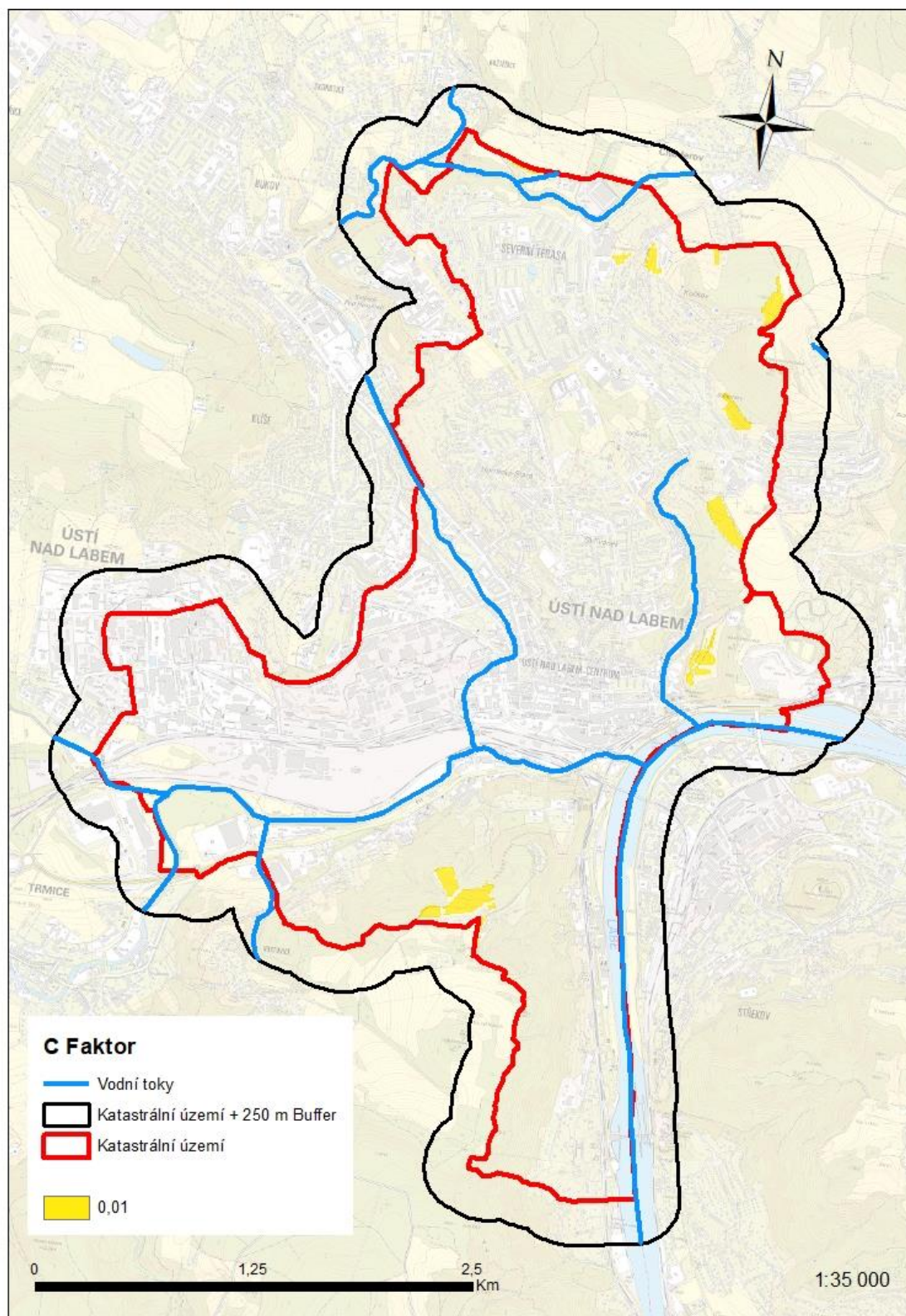
Příloha 9 – Akumulace odtoku



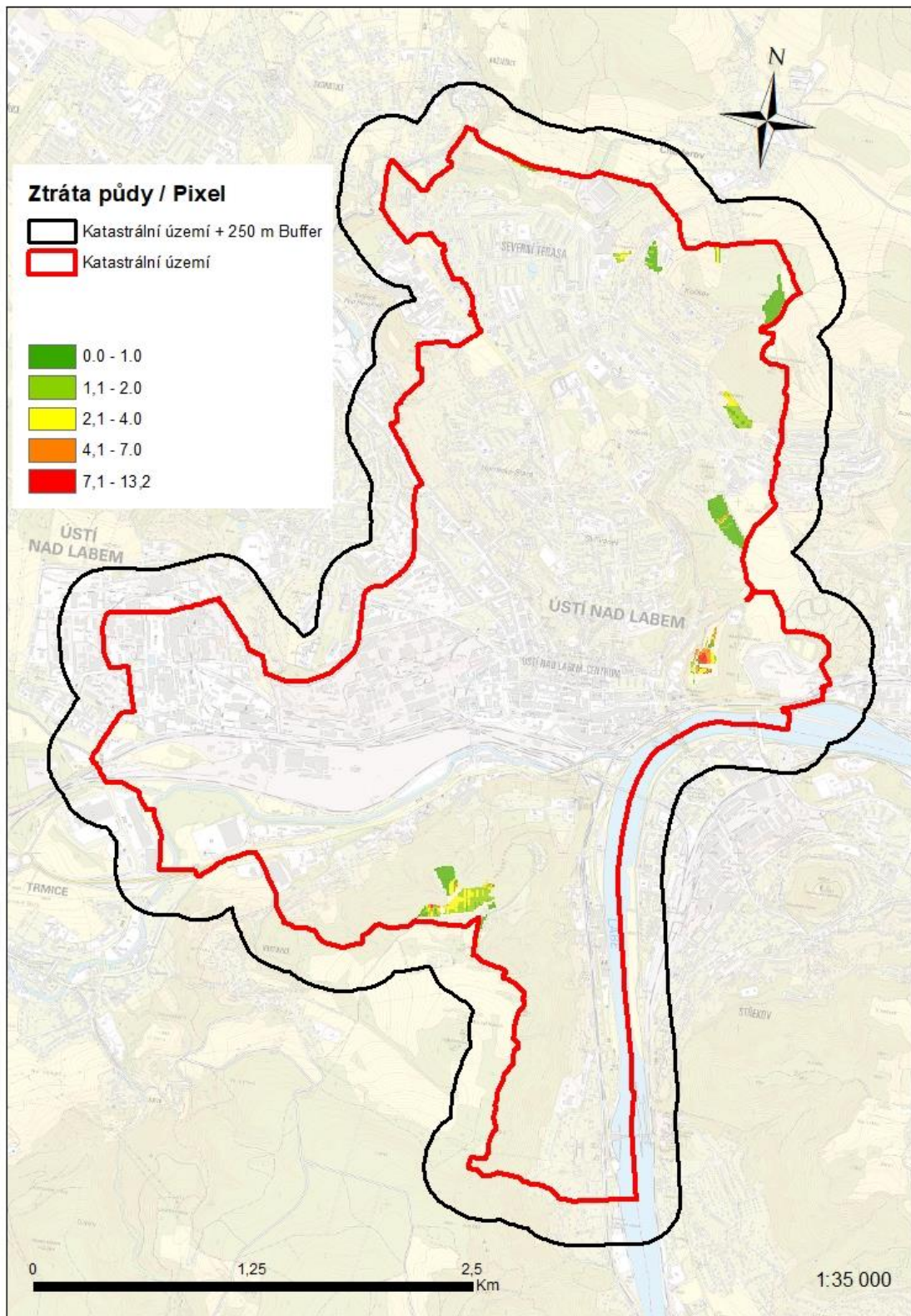
Příloha 10 – Topografický LS Faktor



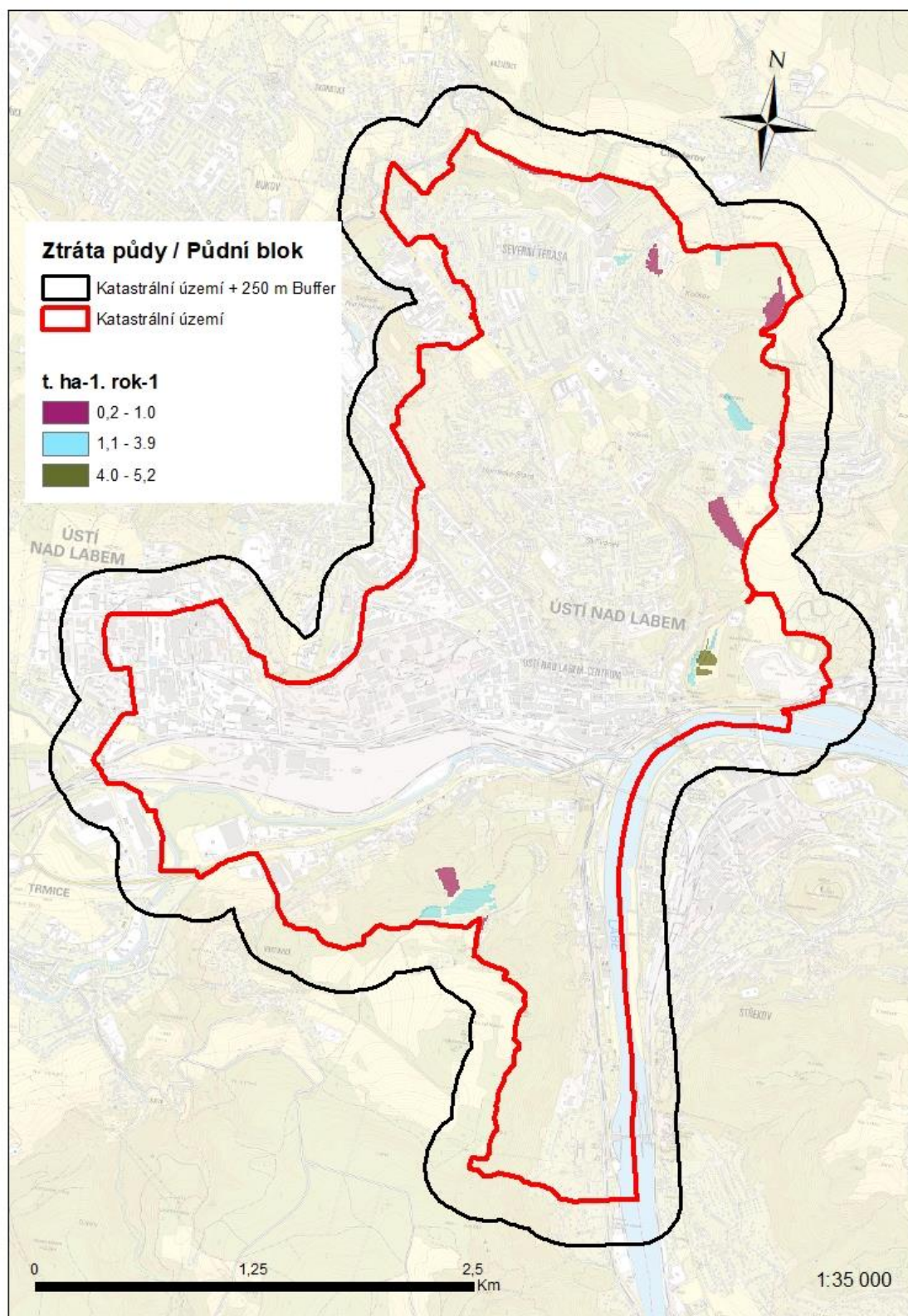
Příloha 11 – Faktor ochranného vlivu vegetace



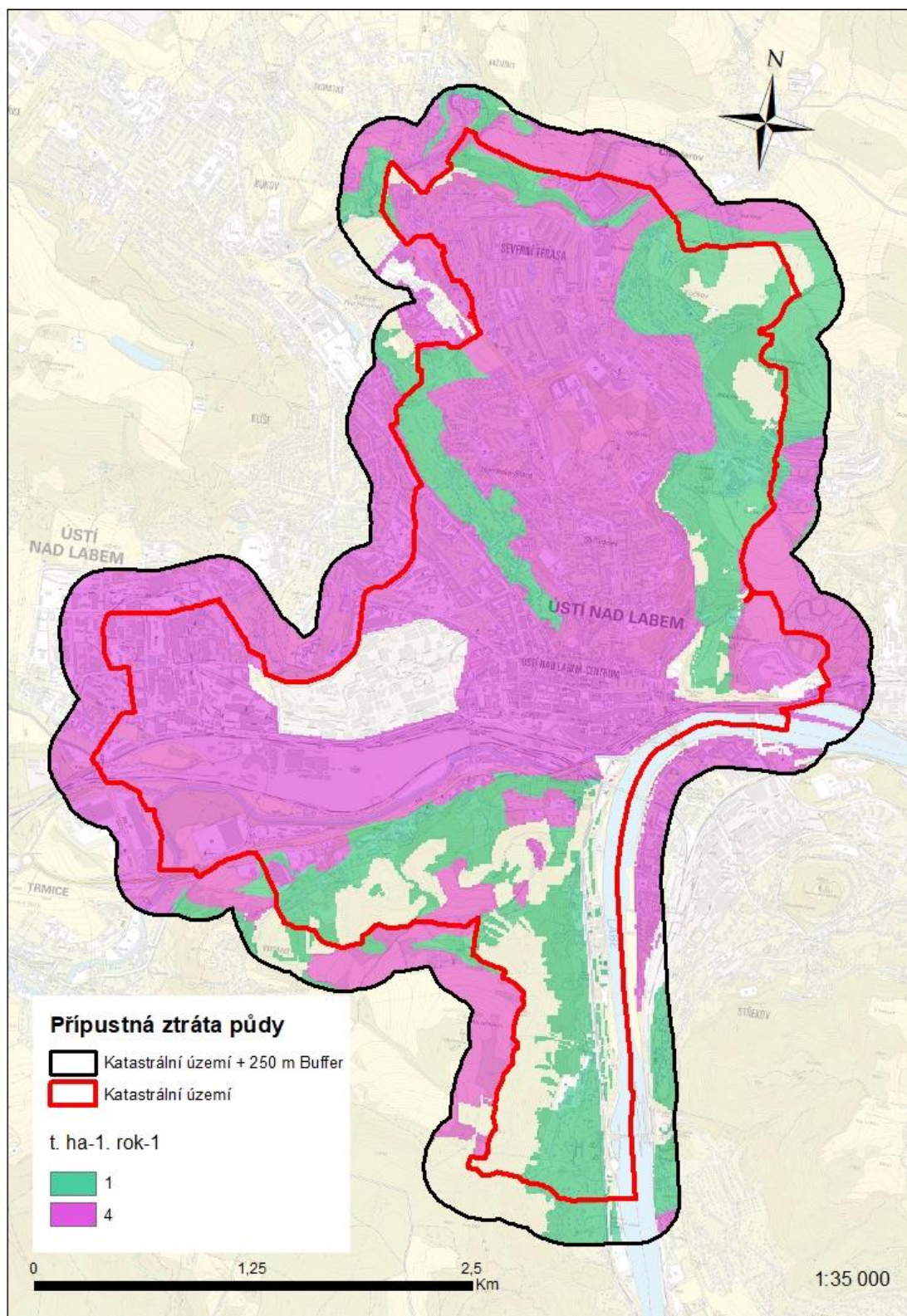
Příloha 12 – Míra erozního ohrožení každého pixelu



Příloha 13 – Průměrná ztráta půdy vodní erozí pro každý půdní blok



Příloha 14 – Maximální přípustná ztráta půdy



Příloha 15 – Vyhodnocení lokalit s erozním ohrožením

