

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Erozní a transportní procesy v povodí Záběhlického
potoka – Sedlec - Prčice

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Vedoucí DP: doc. Dr. Ing. Tomáš Dostál

Praha, 2022

Monika SMRČINOVÁ

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Smrčinová Bc. Jméno: Monika Osobní číslo: 438408
Zadávací katedra: K143
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní stavby a vodní hospodářství

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Erozní a transportní procesy v povodí Záběhlického potoka - Sedlec-Prčice

Název diplomové práce anglicky: Soil erosion and sediment transport processes in Zabehticky stream catchment

Pokyny pro vypracování:

Analyzujte erozní a transportní procesy na zemědělské půdě v povodí Záběhlického potoka (Sedlec-Prčice) - použijte k tomu matematický model WATEM-SEDEM. Stanovte pomocí vlastního terénního měření množství sedimentu zachyceného ve třech klíčových vodních nádržích (rybnících) v povodí se zohledněním získaných údajů o jejich historii. porovnejte vypočtené a změřené hodnoty. Navrhněte schematicky ochranná protierozní opatření v povodí tak, abyste významně omezila zanášení rybníků v povodí.

Seznam doporučené literatury:

- Janeček a kol., Ochrana zemědělské půdy před erozí, ČZU, Praha, 2012

Jméno vedoucího diplomové práce: Tomáš Dostál, doc.Ing.Dr.

Datum zadání diplomové práce: 29.9.2021

Termín odevzdání diplomové práce: 2.1.2022

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

29.9.2021

Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci Erozní a transportní procesy v povodí Záběhlického potoka – Sedlec – Prčice vypracovala samostatně za použití uvedených pramenů a literatury.

V Praze dne 2.1.2022

Monika Smrčinová

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu doc. Ing. Dr. Tomáši Dostálovi za trpělivost, cenné rady a vždy přítomnou pomoc. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Miroslavu Bauerovi, Ph.D. za ochotu a pomoc. Julii Winterové a Michalu Vránovi za realizaci terénního měření.

Neméně děkuji vlastníkům rybníků, panu Ploci, Sládkovi a Běťákovi, za poskytnutí volného přístupu na rybníky a sdělení informací o nádržích. V poslední řadě všem svým nejbližším, rodině a přátelům, kteří mě podporovali.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou vodní eroze v povodí Záběhlického potoka, které se nachází na hranici Středočeského a Jihočeského kraje. Oblast povodí je převážně zemědělsky využívaná, proto zde dochází k erozi a transportu sedimentu. Sediment se transportuje až do vodního toku a malých vodních nádrží.

Objem splavenin usazených ve vodních nádržích je možné zjistit různými způsoby. Na vybraných třech nádržích byl objem sedimentu změřen terénním měřením vpichovou sondou z raftu. U zbylých nádrží, které byly určeny jako významné z hlediska usazování sedimentu, byl zachycený objem sedimentu určen na základě výstupních dat matematického modelování programu WaTEM/SEDEM. Použitá datová vrstva transportovaného sedimentu vytvořená modelem WaTEM/SEDEM, byla vytvořena v rámci jiného projektu. Poskytl Ing. Miroslav Bauer, Ph.D.

Terénním měřením byl zjištěn aktuální objem usazeného sedimentu v nádržích. Na základě informací od vlastníků rybníků byl dopočítán průměr zachyceného množství sedimentu za rok v kubických metrech. Program WaTEM/SEDEM výstupní vrstvou transportu udal průměrné množství sedimentu, které prochází uzávěrovým profilem (MVN) v t/rok. K analýze výsledků bylo nutno výsledky převést na stejné jednotky. Pro převod byla použita objemová hmotnost sedimentu 1300 kg/m^3 .

Pomocí rovnice USLE byla vypočítána průměrná ztráta půdy ze zemědělských pozemků [t/ha/rok]. Výsledky USLE s výstupní vrstvou erozí z WaTEM/SEDEM byly podklady pro analýzu jednotlivých pozemků. Analýza byla provedena na základě informací o celkové ztrátě půdy, na poloze k vodnímu toku a nádržím. Nedílnou součástí byla i místa vysokých erozí, popřípadě lokality depozic. U pozemků, které dle výstupů nejvíce ohrožovaly sedimentem tok a vodní nádrže, byl snížen faktor C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, změněn osevnický postup a tím snížena celková ztráta půdy ze zemědělského pozemku.

Klíčová slova

Povodí Záběhlického potoka, eroze, transport sedimentu, USLE, WaTEM/SEDEM

Abstract

The diploma thesis deals with the issue of water erosion in the Zabehlce catchment area located on the border of the Central Bohemian and South Bohemian regions. The catchment area is mainly used for agriculture that caused erosion and sediment transport here. The sediment is transported to the watercourse and small reservoirs.

The volume of sediments deposited in water reservoirs can be determined in different ways. The sediment volume was measured on selected three reservoirs by field measurement with a raft probe. The remaining reservoirs, which were determined to be significant in terms of sediment deposition, the captured sediment volume was determined on the basis of the output data of the mathematical modeling program WaTEM/SEDEM. The used data of transported sediment created by the WaTEM/SEDEM model, was made by another project. Data was provided by Ing. Miroslav Bauer, Ph.D.

The actual volume of sediment settled in the reservoirs was determined by field measurements. Based on information from pond owners, the average amount of sediment captured per year in cubic meters was calculated. The WaTEM/SEDEM program indicated the average amount of sediment that passes through the closure profile reservoirs in tonnes a year through its transport layer. To analyze the results, the results had to be converted to the same units. The bulk density of the sediment was 1300 kg/m^3 .

Using the USLE equation, the average soil loss from agricultural land [tonne / hectare / year] was calculated. The results of USLE with the output layer of erosions from WaTEM/SEDEM were the basis for the analysis of individual plots. The analysis was performed on the basis of information on the total loss of soil, the location to the watercourse and reservoirs, and the sites of high erosion or deposition sites were an integral part. In the case of lands which, according to the outputs, the flow and water reservoirs were most threatened by sediment, the factor C was reduced - facts of the vegetation influence cover, the sowing procedure was changed and thus the total loss of land from the agricultural land was reduced.

Keywords

Catchment area Zabealice, erosion, sediment transportation, USLE, WaTEM/SEDEM

OBSAH

1. ÚVOD	13
1.1 Proč erozí a transportní procesy v povodí Záběhlického potoka?.....	14
2. ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ	15
2.1 Charakteristika povodí	16
2.2 Dílčí povodí.....	17
2.3 Charakteristika pozemků.....	19
3. POPIS MVN	21
3.1 Spodní rybník Dobřejov.....	21
3.2 Rybník – Záběhlíce	22
3.3 Zámecký rybník	23
4. TERÉNNÍ MĚŘENÍ MNOŽSTVÍ ZACHYCENÉHO SEDIMENTU A HLOUBKY VODY	25
5. VÝPOČET V GIS	27
5.1 Objem sedimentu a vody v nádržích.....	27
5.1.1 Rozložení mocnosti sedimentu a hloubky vody.....	29
5.1.2 Objem sedimentu a vody v nádržích.....	32
5.2 Zásobní objem nádrží – neměřené rybníky	33
5.3 Erozí ohroženost a objem splavenin	34
5.4 USLE (univerzální rovnice ztráty půdy).....	35
5.4.1 USLE výpočet v GIS.....	36
5.4.1.1 C_faktor:	38
5.4.1.2 R_faktor:	40
5.4.1.3 K_faktor:	40
5.4.1.4 LS_faktor:	43
5.4.1.5 P_faktor:	46
5.4.2 Výpočet ztráty půdy	46
6. MODEL WaTEM/SEDEM.....	49
7. VÝPOČET ZACHYCENÍ SEDIMENTU VE VODNÍCH NÁDRŽÍCH	53
7.1 Výpočet průměrného množství zachyceného sedimentu	56
7.2 Analýza výsledků množství usazeného sedimentu	58
8. DISKUSE VÝSLEDKŮ	60
9. CELKOVÁ ZTRÁTA DÍLČÍCH POVODÍ A ANALÝZA POZEMKŮ	62
9.1 Celková ztráta dílčích povodí.....	62
9.2 Analýza jednotlivých pozemků orné půdy.....	65
9.2.1 Dílčí povodí 1.....	65
9.2.2 Dílčí povodí 8.....	66
9.2.3 Dílčí povodí 7.....	67

9.2.4 Dílčí povodí 4.....	68
9.2.5 Dílčí povodí 6.....	69
9.2.5 Dílčí povodí 3.....	70
9.3 Postup snížení celkové ztráty půdy	71
9.4 Snížená celková ztráta půdy.....	73
10. ZÁVĚR	76
FOTODOKUMENTACE	77
Reference	85

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Povodí Záběhlického potoka.....	17
Obrázek 2 - Dílčí povodí	18
Obrázek 3 - Kultury na pozemcích	20
Obrázek 4 – Rybník v Dobřejově	22
Obrázek 5 – Rybník v Záběhlicích	23
Obrázek 6 – Rybník v Mitrovicích	24
Obrázek 7 - Sondýrka	25
Obrázek 8 – Kotva	26
Obrázek 9 – Rozložení mocnosti sedimentu_Dobřejov	29
Obrázek 10 – Rozložení hloubky vody_Dobřejov	29
Obrázek 11 – Rozložení mocnosti sedimentu_Záběhlice.....	30
Obrázek 12 – Rozložení hloubky vody_Záběhlice.....	30
Obrázek 13 – Rozložení mocnosti sedimentu_Mitrovice.....	31
Obrázek 14 – Rozložení hloubky vody_Mitrovice.....	31
Obrázek 15 – Mapa zemědělského půdního fondu.....	37
Obrázek 16 – Mapa C_faktor.....	39
Obrázek 17 – Hodnoty K_faktoru pro jednotlivé HPJ	41
Obrázek 18 – K_faktor	42
Obrázek 19 – LS_faktor.....	45
Obrázek 20 – Smyv půdy pomocí USLE.....	46
Obrázek 21 – Průměrné G pro jednotlivé pozemky	47
Obrázek 22 – Eroze.....	50
Obrázek 23 – Transport sedimentu	51
Obrázek 24 – Bruneho křivky (Brune 1953)	53
Obrázek 25 – Eroze na orné půdě + čísla bloků_LPIS	64
Obrázek 26 – Eroze a depozice dílčího povodí 1	65

Obrázek 27 - Eroze a depozice dílčího povodí 8	66
Obrázek 28 – Eroze a depozice dílčího povodí 7	67
Obrázek 29 – Eroze a depozice dílčího povodí 4	68
Obrázek 30 – Eroze a depozice dílčího povodí 6	69
Obrázek 31 – Eroze a depozice dílčího povodí 3	70
Obrázek 32 – Osevní postup pro $C_faktor = 0,247$	71
Obrázek 33 – Osevní postup pro $C_faktor = 0,089$	72

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Zemědělské pozemky v povodí	16
Tabulka 2 - Rozlohy dílčích povodí	19
Tabulka 3 - Výsledky výpočtu - Sediment, voda.....	28
Tabulka 4 - Průměrný roční přísun sedimentu.....	32
Tabulka 5 - Zásobní prostor neměřených nádrží	33
Tabulka 6 - Objem transportovaného sedimentu v uzávěrových profilech	52
Tabulka 7 - Průtoky nádržemi, roční kumulativní průtoky	54
Tabulka 8 - Poměr zachycení.....	55
Tabulka 9 - Průměrná roční hodnota sedimentu (t/rok).....	57
Tabulka 10 - Analýza výsledků usazeného sedimentu	59
Tabulka 11 - Celková ztráta půdy na orné půdě dílčích povodí	63
Tabulka 12 - Na základě změny C_faktoru, snížená ztráta půdy z pozemků	73
Tabulka 13 - Změna celkové ztráty půdy na orné půdě dílčích povodí.....	74

Seznam fotodokumentace

Foto 1 - Příklad do rybníka_Dobřejov.....	77
Foto 2 - Hráz rybníka_Dobřejov.....	77
Foto 3 - Rybník v Dobřejově	78
Foto 4 - Požerák_Dobřejov	78
Foto 5 - Odtok z rybníka přes TTP_Dobřejov	79
Foto 6 - Pohled na hráze a část rybníka_Záběhlíce	79
Foto 7 - Vypuštěný rybník_Záběhlíce	80
Foto 8 - Požerák s pohledem na rybník_Záběhlíce.....	80
Foto 9 - Odtok z rybníka_Záběhlíce	81
Foto 10 - Rybník v Mitrovicích – pohled z hráze.....	81
Foto 11 - Požerák rybníku v Mitrovicích.....	82
Foto 12 - Sádka pod hrází rybníku v Mitrovicích	82
Foto 13 - Rybník v Mitrovicích – pohled od bezpečnostního přelivu	83
Foto 14 - Bezpečnostní přeliv s česlemi – rybník Mitrovice	83
Foto 15 - Kamenný skluz bezpečnostního přelivu – rybník Mitrovice	84

1. ÚVOD

Říční přehrady, vodní nádrže a malé vodní nádrže se vyskytují po celém světě. Mění propojení prostředí jak po proudu řeky, tak i proti proudu, zejména zachycují velké množství sedimentů. Mnoho nádrží se blíží k horní hranici své retenční kapacity, proto je velký zájem o hospodaření se sedimenty, které se v nádržích ukládají. [1] Kvůli zlepšení kvality vody po proudu bylo v České republice například vybudováno vodní dílo Němčice, jehož hlavním úkolem je zadržování nečistot a spláví před vodním dílem Švihov, které zásobuje hlavní město Prahu pitnou vodou.

Obvykle většinu řek a potoků zatěžují sedimenty, které závisí na vlastnostech a povaze povodí, včetně typu půdy, rostlinného pokryvu, využití půdy a také topografie. Na koncentraci sedimentu má vliv transportní kapacita toků. Ke zvýšení transportu sedimentů přispívají i dešťové srážky, prostřednictvím odtoku z povodí. Při povodních, v důsledku vysoké rychlosti proudění, se uvolní více částic z koryta, a to způsobí větší kapacitu koryta. Posléze, když se proud vlije do nádrže, se rychlost proudění zpomalí, energie se sníží a sediment se začne usazovat v nádržích. [2]

Transport sedimentů do vodních toků a zanášení nádrží je problémem celosvětovým a také se řeší v několika oblastech České republiky. Související problémy, jako třeba znečištění vodních toků fosforem a dalšími látkami souvisejícími se zemědělským hospodařením, vedou k nutnosti hodnocení transportu sedimentů a návrhů udržitelného hospodaření s půdou, které napomáhá omezit erozi a transport sedimentů. [3] Ochrana vodních toků je jednou z nejdůležitějších úloh vodního hospodářství. Největším producentem sedimentu jsou erozní procesy na zemědělské, zejména orné půdě. „Na území České republiky je přibližně 50% orné půdy ohrožené vodní erozí a přibližně 10% území erozí větrnou.“ [4] Na většině ohrožených půd není prováděna dostatečná protierozní ochrana, která by vedla ke snížení ztráty půd na přípustnou hodnotu.

Zpomalení odtoku z krajiny je pro vědce a vlády po celém světě velká výzva. Ovlivňujícími faktory jsou mimo jiné změny teplot, změny intenzit srážek, přívalové povodně, eroze půd a změny klimatu. Pro efektivní vyřešení tohoto problému je nutné změnit vlastnosti území. Opatření jsou třeba navrhovat tak, aby byly vybrány lokality, které jsou nejvíce zranitelné - lokality, kde bude nejefektivnější změny dělat. Zemědělské subjekty je potřeba do projektů zahrnovat. Nejproblematictějšími body jsou složité

vlastnicko - uživatelské vztahy k předmětným pozemkům. Je nutné mnohdy zajistit výkup, či směnu pozemků. Proto primárně vybíráme pozemky v obecním vlastnictví, nebo ve vlastnictví zemědělských podniků. [5]

1.1 Proč erozní a transportní procesy v povodí Záběhlického potoka?

V současné době bydlím v povodí Záběhlického potoka. Malé vodní nádrže, které leží na Záběhlickém potoce, jsou v zemědělské oblasti, potýkají se s problémem splavenin a následného ukládání sedimentu. Odtěžení sedimentu z rybníka je mezi vlastníky častým tématem na výlovech. Jelikož je to nákladná záležitost. Zpravidla nikdo z přítomných nechce sediment z rybníka odtěžit jako první. Každý moc dobře ví, že když sediment odtěží a majitel nad ním ne, při dalším výlovu se do vybagrovaného rybníka kvůli erozím transportovaný sediment uloží znovu. Chci se proto v oblasti mé domoviny hlouběji podívat na problém eroze na zemědělských pozemcích a na následné ukládání sedimentu. Jaká opatření by bylo zapotřebí zrealizovat, aby se transportu sedimentu z polí zabránilo, nebo se alespoň snížil natolik, že by se vyplatilo investovat do vytěžení sedimentu z rybníků. Vybrala jsem si tři rybníky, které jsou pod sebou na Záběhlickém potoce. Každý má jiné vlastnosti pozemků v jejich dílčích povodí, každý vlastní jiný majitel a rybníky se liší i co do velikosti, přístupu údržby a využití.

2. ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

Mnou zvolené tři rybníky se nacházejí v povodí Záběhlického potoka, který je ve správě podniku Povodí Vltavy s.p.. Oblast budu řešit z důvodu ochrany rybníků před zanášením sedimentem.

Zájmové území malých vodních nádrží se nachází ve třech lokalitách (1 - Dolní Dobřejov, 2 - Záběhllice, 3 - Staré Mitrovce), a to ve správních územích obcí Střezimíř, Červený Újezd, Sedlec-Prčice. Všechny obce jsou v jižní části okresu Benešov.

„Celé zájmové území charakterizuje mírně teplá klimatická oblast, vlhká, vrchovinná s průměrnými ročními srážkami 700 mm a průměrnou letní teplotou 16 až 17 stupňů Celsia a v zimě -2 až -5 stupňů Celsia.

Geomorfologické poměry – území je součástí České vysočiny, oblasti Středočeská pahorkatina, celku Vlašimská pahorkatina, pod - celku Votická vrchovina. Nejvyšším bodem Votické vrchoviny je Javorová skála (723 m n.m.), je plochou vrchovinou povodí Vltavy.“ [6]

Rybníky jsou na toku Záběhlického potoka. Ten se dále vlévá do Prčického potoka a potoka Mastník, který je pravostranným přítokem Vltavy. Plocha povodí Mastníku měří 33 150 ha. Informace udávají pramen Mastníku právě ve zmiňovaném území. Záběhlický potok má stromovitou říční síť.

Povodí Záběhlického potoka leží ve vrchovinné oblasti. Nadmořské výšky se pohybují od 424 do 661 m n.m., Javorová skála neleží v povodí Záběhlického potoka, nadmořské výšky jsou zde nižší, než nejvyšší bod Votické vrchoviny. Svažitosť území je v rozmezí 1,9 – 13 %. Celková plocha povodí je 830 ha, zemědělsky obdělávané pozemky se rozkládají na 420 ha. Z celkové plochy zemědělských pozemků tvoří 180 ha trvalé travní porosty a 250 ha orná půda (tab. 1). Svažitosť orné půdy je v rozmezí 2 – 10 %, trvalý travní porost má svažitosť 2 – 13 %.

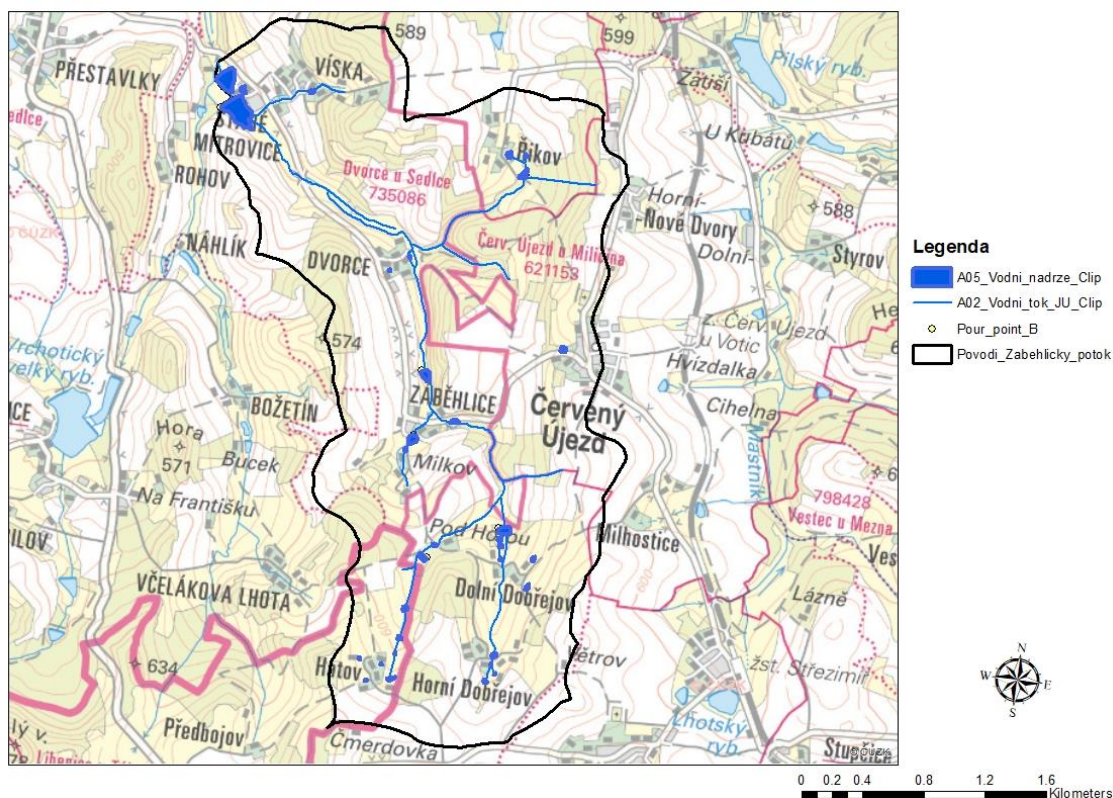
Tabulka 1 - Zemědělské pozemky v povodí

Celková plocha povodí = 830 ha		
	[ha]	[%]
Zemědělské pozemky	424	51
Trvalý travní porost	175	21
Orná půda	249	30

2.1 Charakteristika povodí

K podrobnější charakteristice vybraného povodí jsem použila jeden z balíčků Geografického Informačního Systému (GIS) - program ArcMap. Z digitální databáze vodohospodářských dat – DIBAVOD [7], jsem do programu stáhla dvě vrstvy ve vektorovém formátu SHP z kategorie A-základní jevy povrchových a podpovrchových vod. Hydrologické členění – povodí IV.řádu (datum vytvoření souboru 4.9.2007) a vodní nádrže (datum vytvoření souboru 16.4.2010). Oběma vrstvám, jako posléze celému projektu, jsem přiřadila jednotný souřadnicový systém S-JTSK Křovákovo zobrazení (EPSG – 5514_S-JTSK/Krovak East North). Pro vhodnější vizualizaci krajiny jsem vzdáleně připojila vrstvu Ortofotomapa ČR (S-JTSK) a vrstvu Základní mapy ČR (S-TSK) z geoportálu ArcGIS (příkaz: Add Data From ArcGIS online). Z vrstvy pro povodí IV.řádu jsem vybrala povodí Záběhlického potoka, do kterého patří mnou vybrané všechny tři rybníky (příkaz: Feature Class to Feature Class). Vzniklou vrstvou mého povodí jsem ořízla vrstvu nádrží (příkaz: Clip). Tímto vznikla vrstva nádrží jen na území povodí Záběhlického potoka. V atributových tabulkách vrstev, které jsou oříznuty povodím Záběhlického potoka zjišťuji jednotlivé vlastnosti. Rozloha povodí Záběhlického potoka je 830 ha, nachází se zde 33 MVN (MVN-malá vodní nádrž) (obr. 1).

Obrázek 1 - Povodí Záběhlického potoka



ZÁKLADNÍ MAPA ČR [8]

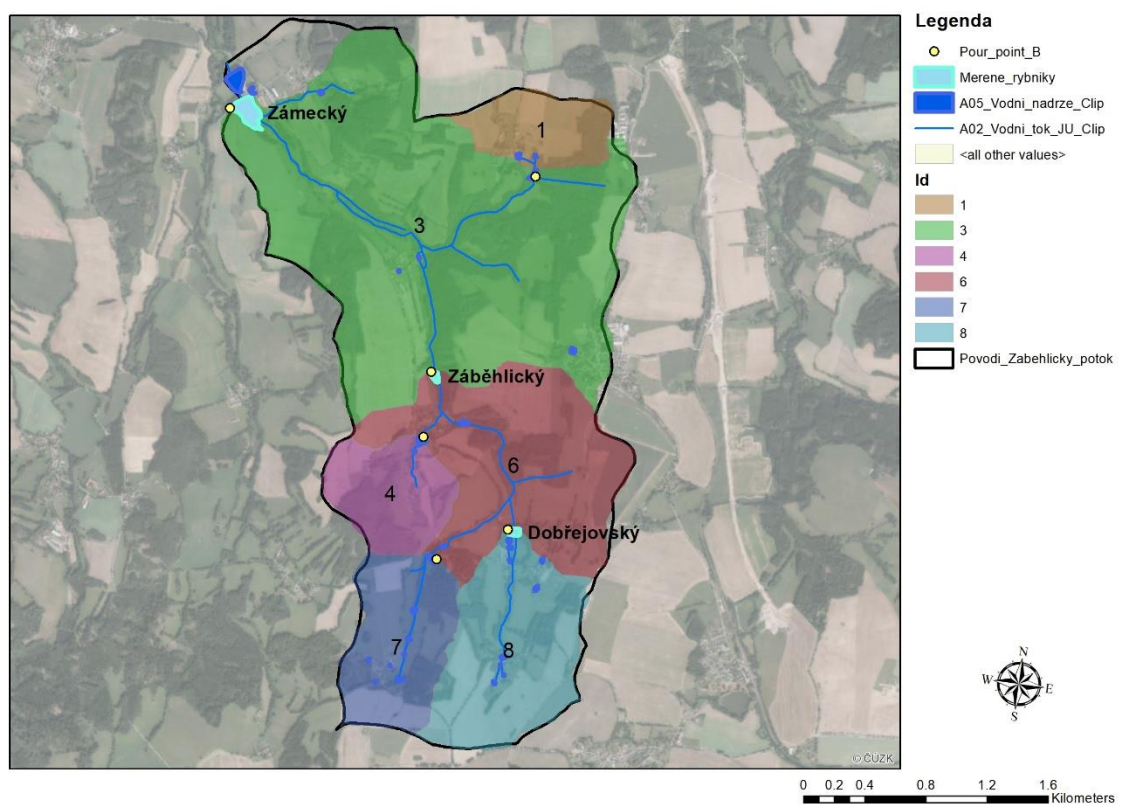
2.2 Dílčí povodí

K určení dílčích povodí jsem pracovala v programu ArcMap. V první řadě bylo nutno do projektu přidat vrstvu digitálního modelu reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G) z geoportálu ArcGIS, která je určena k analýzám terénních poměrů regionálního charakteru a rozsahu. Plochu povodí Záběhlického potoka, kterou máme v projektu již vytvořenou, jsem rozšířila po jeho celkové délce o 500 m (příkaz: Buffer). Plocha povodí zůstane stejná, ale zvětší se zobrazovaná oblast. Pro následné kroky se tím vyvaruji chybějícím datům a chybějícím vlastnostem pixelů na hranici povodí. Takto rozšířeným povodím jsem ořízla vrstvu DMR 4G, aby následující kroky pracovaly s omezeným množstvím informací vztahujících se k povodí projektu. Jako prevence chyb, v podobě bezodtokových míst, posloužil příkaz Fill. Fill ošetří DMR model tak, aby model povodí byl hydrologicky korektní a voda/transportovaný sediment mohly ze všech míst odtékat. Z doplněného digitálního modelu terénu určím směr odtoku (příkaz:

Flow Direction). Následně jsem vytvořila rastr akumulovaného odtoku každé buňky (příkaz: Flow Accumulation). Abych určila dílčí povodí každého rybníka, musela jsem vytvořit vrstvu, kde jsem editovala uzávěrové profily rybníků tak, aby každý uzávěrový profil ležel na odtoku pod požadovaným rybníkem. V povodí Záběhlického potoka se nachází 33 malých vodních nádrží (MVN) - boční, průtočné, požární zásobní nádrže. Je zde celkem 6 MVN, které lze označit za významné z hlediska zachycení splavenin. Jsou to nádrže průtočné s plochou hladiny větší než 1000 m² při plném zásobním prostoru.

Uzávěrových profilů pro vznik dílčích podpovodí je proto šest. Definovány jsou jako odtokové profily z vybraných významných MVN. Rastr dílčích podpovodí vznikl příkazem Watershed. Vrstva Watershed je vygenerována jako rastr. Vrstvu je nutné převést do formátu vektoru – polygonu (příkaz: Raster to Polygon).

Obrázek 2 - Dílčí povodí



Uzávěrové profily (na obr. 2 - žluté puntíky – Pour_point_B). Viditelné nádrže, bez uzávěrových profilů na obrázku č.2, jsou nádrže pro projekt zanedbatelné.

Tabulka 2 - Rozlohy dílčích povodí

Id_dílčí povodí (viz. obr. 2)	Rozloha dílčího povodí [ha]	Z celého povodí [%]	
1	40	4,8	
3	390	47	Mitrovice
4	50	6	
6	150	18,1	Záběhlice
7	70	8,4	
8	110	13,3	Dobřejov

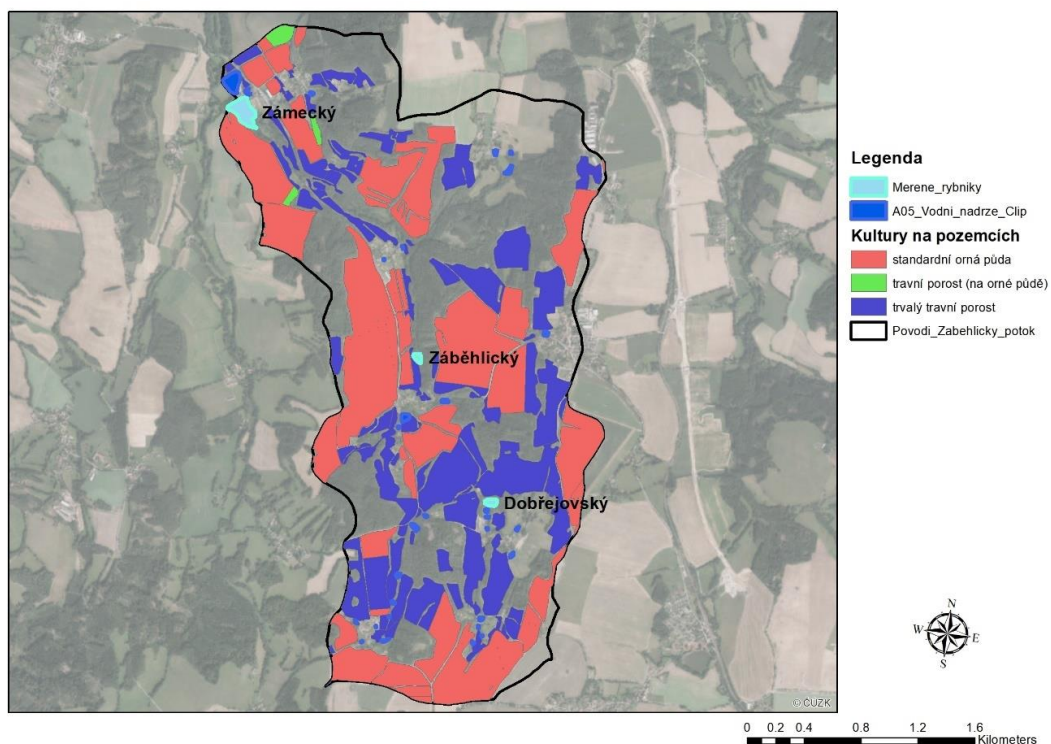
Dílčí povodí Dobřejovského rybníka má rozlohu 110 ha. Podpovodí Záběhlického rybníka 150 ha. Podpovodí Rybníka v Mitrovicích 390 ha (tab. 2).

2.3 Charakteristika pozemků

Pro bližší charakter pozemků jsem na základní mapě ČR zjistila, která katastrální území patří do povodí Záběhlického potoka. Jsou to katastrální území Dvorce u Sedlce_735086, Červený Újezd u Miličina_621153, Bonkovice_607223 a Libenice u Tábora_682012. Na základě těchto informací jsem z portálu veřejného registru půdy (LPIS), ze sekce veřejného exportu dat LPIS stáhla soubory - díly půdních bloků (DPB). Pro každé

uvedené katastrální území zvlášť. [8] Získané soubory jsem vložila do projektu v ArcMap. Všechny čtyři jsem spojila do jedné vrstvy ve formátu SHP (příkaz: Merge). Katastrální území zasahují do širšího okolí, než je povodí Záběhlického potoka. Mimo povodí pozemky do výpočtu nezahrnuji. Proto vrstvu katastrálních území oříznu hranicí povodí (příkaz: Clip). Takto upravená vrstva mi udává, že 38 pozemků v povodí Záběhlického potoka je zapsáno v registru půdy jako standardní orná půda, 3 pozemky jako travní porost (na orné půdě) a 71 pozemků je trvalým travním porostem (obr. 3). Minimální nadmořská výška je 433,7 m n.m. a maximální 649 m n.m. Nejnižší svažitost pozemků má jeden z trvalých travních porostů 2 %. Nejvyšší, taktéž trvalý travní porost, 13 %.

Obrázek 3 - Kultyry na pozemcích



ORTOFOTOMAPA ČR [8]

Povodí je z 21 % zatravněno, pozemky se využívají pro zdroj sena/senáže, nebo jako pastviny. Na pozemcích s ornou půdou, o rozloze 30 % z celkového povodí, vlastníci pěstují obilniny, brambory, kukuřici a řepku olejnou. Oblast je bramborařská.

3. POPIS MVN

3.1 Spodní rybník Dobřejov

Spodní rybník se nachází ve vesnici Dolní Dobřejov. Historie vesnice sahá dle dochovaných písemností do 15. století, kdy přilehlé statky patřily k hradu Borotín. [9] Výstavba rybníka je datovaná na rok 1901, byl vybudován jako největší rybník z 5 členné kaskády rybníků. Dodnes je v kaskádě posledním rybníkem, a jediný je průtočný.

Funkcí rybníka je zadržení vody v krajině, rekreace a chov ryb. Zdrojem vody je Dobřejovský (Záběhlický) potok. Kádiště zde vybudováno není, ryby se na hráz vynášejí manuálně. Hráz je zemní sypaná, na severní a východní straně navazuje na stávající terén. Dle informací od majitele rybníka, který rybník bagroval se těsnění návodního líce skládá z jílovité zeminy. Břehy jsou opevněny kameny, takže k břehové erozi zde nedochází. Vzdušní líc je ohumusován a oset. Rostou zde stromy – břízy, olše, duby, buky, lísky. K vypuštění rybníka je zde dvoudlužový betonový požerák. Na korunu požeráku vede dřevěná lávka bez zábradlí. Odpadní potrubí je zde tvořeno polyetylenovým potrubím o průměru 300 mm. Odpadní potrubí ústí pod hrází do zatrubněného koryta, které vede pod nivou do Záběhlického potoka. Na východní straně rybníka je nehrazený bezpečnostní přeliv, řešen jako průleh. Průleh je tvořen lokálním snížením koruny hráze, nemá opevnění a je porostlý trávou (foto 1-5).

Rybník byl odbahněn v roce 2014, bylo odvozeno 3700 m³ usazeného sedimentu. Rybník byl vybagrován na rostlé dno. Dílčí povodí rybníka má plochu 110 ha. Pozemky tohoto povodí jsou z většiny trvalé travní porosty. Louky a nivy v okolí rybníka se využívají jako pastviny (obr. 4).

Obrázek 4 – Rybník v Dobřejově



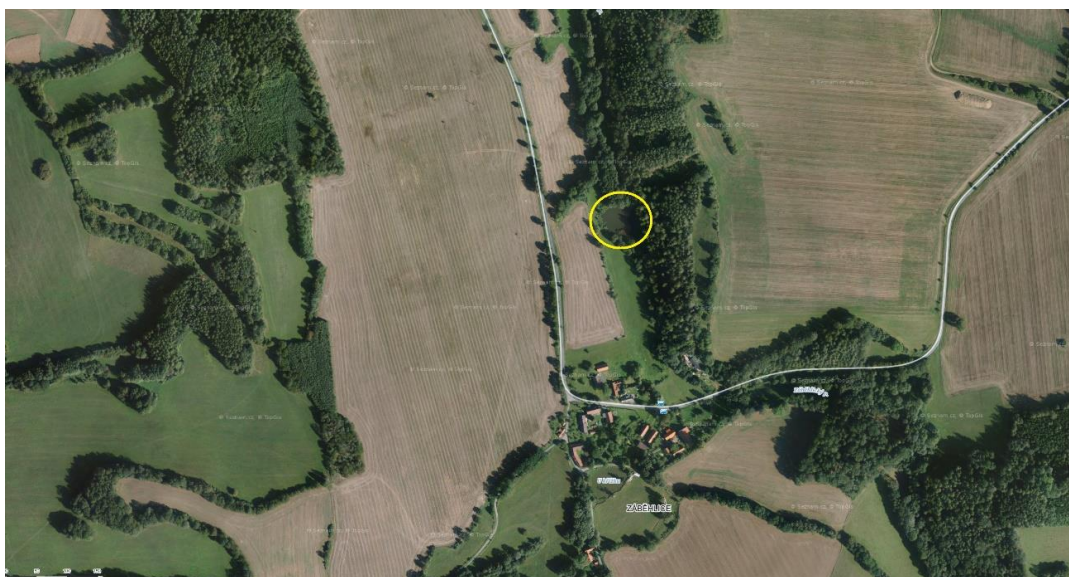
[10]

3.2 Rybník – Záběhlice

Rybník v blízkosti vesnice Záběhlice je nejmenší z rybníků. V archivu ČÚZK není do roku 1990 na žádné z map zakreslen. Až na Státní mapě 1:5000 – odvozené, Tábor 5-1, vydané 1990 je prvně zakreslen. Dle místních osadníků byl rybník vybudován dávno před rokem 1990, v roce 1923 (pí. Sládková). Rybník v Záběhlicích byl vystavěn, ale dlouhá léta nebyl napuštěn. Současný majitel ho napustil a začal využívat před 16 lety.

Rybník zadržuje vodu v krajině. Rybník byl vybudován v oblasti, kde se začínal v údolní nivě tvořit mokřad. Vystavěn byl za účelem chovu ryb. Rybník je zanedbaný, až z jedné třetiny zarostlý rákosem. Je zde velké množství sedimentu. Ryby se zde chovají hlavně v podobě plůdku, či násady a do omezené četnosti populace (foto 6-9).

Rybník nikdy bagrován nebyl. Dílčí povodí rybníka v Záběhlicích má rozlohu 150 ha. Východní hráz rybníku je součástí lesního porostu. Na jižní část navazuje louka, která se využívá na seno a západní část dělí od orné půdy pruh trvalého travního porostu (obr. 5).



[10]

3.3 Zámecký rybník

Zámecký rybník v Mitrovicích je zakreslen již na mapách I. Vojenského mapování (1764 – 1768). [11] Na starších mapách zakreslen není. Rybník, dle informací od dosavadního majitele, údajně vybudoval Jakub Krčín z Jelčan a Sedlčan (1535 – 1604), jeden z nejznámějších českých rybníkářů. Výstavbu rybníka proto odhaduji na druhou polovinu Krčínova života, to je druhá polovina 16.století

Hlavním účelem Zámeckého rybníka je protipovodňová ochrana, zadržení vody v krajině a krajnotvorná funkce. Protipovodňové ochraně odpovídá manipulační řád, retenční prostor při hladině 442,41 m n.m. je 23,6 tis. m³. Zásobní prostor při hladině 441,50 m n.m. je 48,7 tis m³, celkový prostor nádrže je 72,3 tis. m³. [12]

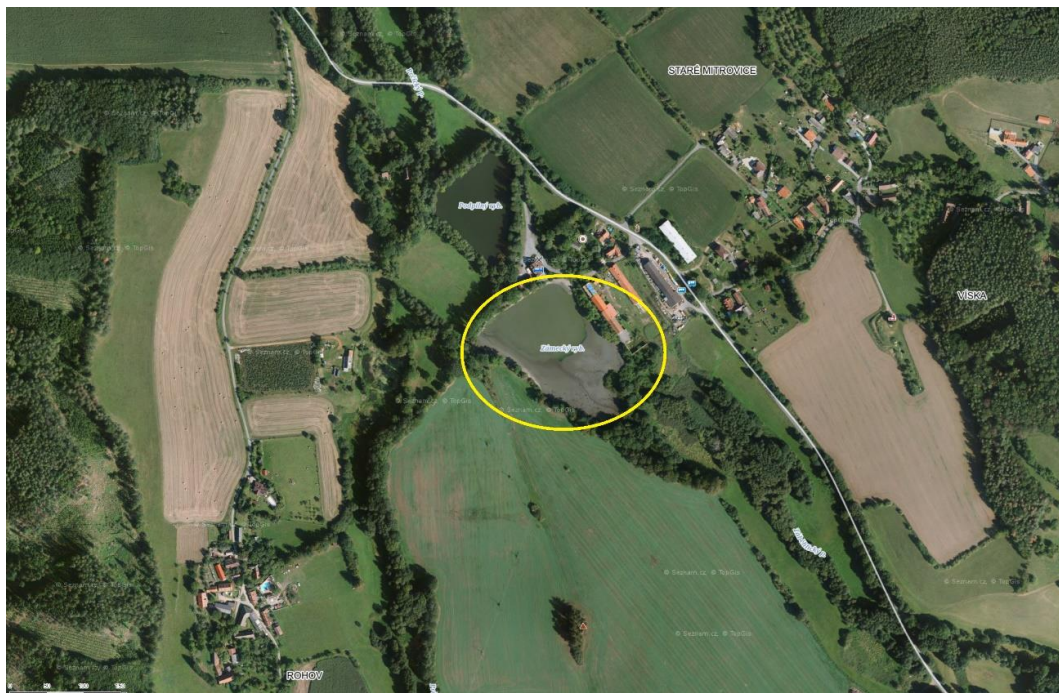
Rybník je průtočný, napájen Záběhlickým potokem. Hráz je zemní, homogenní. Po hrázi vede komunikace, která umožňuje přístup na zemědělské pozemky na levém břehu nádrže. Opevnění návodního svahu je zajištěno kamenným pohozem. Na březích jsou vzrostlé stromy.

Výpustným zařízením je zde otevřený dvojitý požerák. Hradící konstrukci tvoří dvojitá dlužová stěna. Z koruny je na požerák přístup zajištěn prkny bez zábradlí. Bezpečnostní přeliv nádrže je vybudován jako kašnový. Dno spadiště je tvořeno kamennou dlažbou

ukládáno do betonu. Tělesem hráze prochází odpadní potrubí, přes které je most. Délka mostu je cca 5 m. Na vtoku a na výtoku pod mostem je dno stabilizováno betonovými prahy. Odpad od mostku tvoří balvanitý skluz. Na pravém zavázání hráze byl vybudován nový betonový dvoudlužový požerák, umožňující odběr vody z nádrže na mlýn, který je pod hrází rybníka (foto 10-15).

Rybník posledních 70 let bagrován nebyl. O dřívějším odbahnění žádné informace nejsou. V roce 2007 bylo na rybníce prováděno biologické hodnocení, které udává obsah sedimentu ve výši 7 300 m³. Biologické hodnocení bylo vypracováno kvůli rekonstrukci rybníka. Hodnocení bylo potřeba pro stavební povolení. I tak se nepodařilo zjistit, jakým způsobem byla zjištěna hodnota množství sedimentu 7 300 m³. [6] Z finančních důvodů odbahněn nebyl. Dílčí povodí má rozlohu 390 ha (obr. 6).

Obrázek 6 – Rybník v Mitrovicích



[10]

4. TERÉNNÍ MĚŘENÍ MNOŽSTVÍ ZACHYCENÉHO SEDIMENTU A HLOUBKY VODY

Pro výpočet celkového množství sedimentu v rybnících, bylo nutné, aby proběhlo měření na každém rybníku. Cílem bylo vytvořit GIS vrstvu, v prvotním kole bodovou. Atributem každého bodu bude hloubka vody a mocnost sedimentu. Terénní měření proběhlo na třech vybraných rybnících (viz. popis výš). Terénním měřením byly řešeny rybníky, které byly k mým potřebám od vlastníků plně zpřístupněny. U zbylých třech rybníků bylo množství sedimentu, respektive jejich zásobní objem, dopočítán jiným způsobem (viz. níže).

Měření probíhalo vpichovou metodou. Nutným vybavením pro měření byl nafukovací raft s vesly, sondýrka (kovová tyč, s vyznačenými metry a centimetry – odečet mocnosti sedimentu + hloubky vody, na konci opatřena hrotem, závity rozdělena na několik dílů) (obr. 7), kotva (kovový kotvící prvek s upevněným pásmem na špici – odečet hloubky vody) (obr. 8), GPS (skládala se z kompaktního přijímače s anténou a součástí byl kontroler vybavený softwarem, který pracuje v S-JTSK), papír a tužka.

Obrázek 7 - Sondýrka



Foto: autorka

Obrázek 8 – Kotva



Foto: autorka

Použitá GPS na měření byla typu GNSS Rover X91. Každý vpich sondýrkou byl prováděn v bodech tak, aby se utvořila co nejrovnoměrnější síť bodů po ploše rybníka. Měřené body jsou ve vzdálenosti 10 – 20 m od sebe. Ve stejných bodech, jako byly vpichy sondýrkou, se měřila hloubka vody kotvou a souřadnice každého bodu byly zaznamenány do GPS stanice. Přesnost GPS stanice naměřených bodů se průměrně pohybovala od 0,03 – 0,06 m. Sondýrkou jsme naměřili dohromady mocnost sedimentu a hloubku vody. Pomocí kotvy hloubku vody. Když jsem tyto dva údaje od sebe odečetla, dostala jsem mocnost sedimentu.

5. VÝPOČET V GIS

5.1 Objem sedimentu a vody v nádržích

Na výpočet objemu sedimentu v rybnících byl použit Geografický Informační Systém (GIS), program ArcMap.

Ze stanice GPS byly staženy textové soubory obsahující data o každém naměřeném bodu. Každý rybník zvlášť. Textový soubor obsahoval mimo jiné kladné souřadnice každého měřeného bodu. Souřadnice X a Y bylo nutné opatřit znaménky mínus. Z souřadnicí nechávám kladnou. Takto souřadnice byly ve správném souřadnicovém systému projektu. Takto upravené souřadnice jsem importovala do projektu v ArcMap. Pomocí příkazu ASCII 3D Feature Class byl postupně každý rybník převeden jako 3D soubor do projektu. Každý bod má svou polohu (X,Y,Z).

Každému bodu jsem přiřadila naměřené hodnoty, a to mocnost sedimentu a hloubku vody. Body s nulovou mocností vody a sedimentu, tedy břehy, zaměřené při měření v terénu nebyly. U rybníka v Záběhlicích byla hlavním důvodem špatná přístupnost břehů, proto body na březích byly doplněny manuální digitalizací nad mapovým podkladem s nulovými hodnotami hloubek vody i sedimentu. U všech rybníků jsem postupovala stejně. Břehové body nebyly měřeny v Dobřejově, ani v Mitrovicích. Musela jsem je doeditovat (dodělat) v GISu. Manuální digitalizaci bodů jsem aplikovala na každou vzniklou vrstvu ASCII 3D Feature Class (jedna vrstva = jeden měřený rybník). Vrstvu jsem zapnula pro editaci. Na břehových liniích jsem přidělala body a těmto bodům přiřadila nulovou mocnost hloubky vody i sedimentu. V místech na hladině, kde nebyla síť bodů tak hustá, byly body pomocí editace také doplněny a mocnost sedimentu a hloubka vody byla dointerpolována z bodů, které byly nejbližší.

Prozatímní vrstva je „shluk“ bodů s vlastnostmi. Sediment je třeba zjistit na celém dně. Pixely (označení pro místa vrstev), které neobsahují měřený bod, dostanou hodnotu mocnosti sedimentu ze čtyř nejbližších bodů. Rozlišení rastru je 1x1 m (příkaz: IDW). Příkaz IDW udává mocnost sedimentu a hloubku vody v každém měřeném bodě, který je v daném rybníce.

Výpočet výstupního rastru, kde hodnota každého výstupního bodu je funkcí hodnot všech vstupních bodů, proběhl pomocí příkazu Focal Statistics. Tímto příkazem byla dopočítána mocnost sedimentu v celé ploše dna rybníka. Pro „vyhlazení“ pixelů 3x3 jsem použila průměrné hodnoty. Tím pro každý pixel dopočítán průměr z 9 okolních bodů (zadáno do příkazu Focal Statistics). Známe průměrnou hodnotu mocnosti sedimentu pro každý bod.

K výpočtu celkového množství uloženého sedimentu jsem použila příkaz Zonal Statistics. Součet hodnot všech pixelů.

Postupem viz. Výše, jsem postupovala pro každý rybník zvlášť. Počítanou hodnotou byla mocnost sedimentu, celkový objem sedimentu. Stejný postup byl pro hloubku vody a tím spojený celkový objem vody nádrže. Celkový zásobní prostor nádrže je součtem celkového objemu vody a celkového objemu sedimentu (viz. tab. 3).

Tabulka 3 – Výsledky výpočtu – Sediment, voda

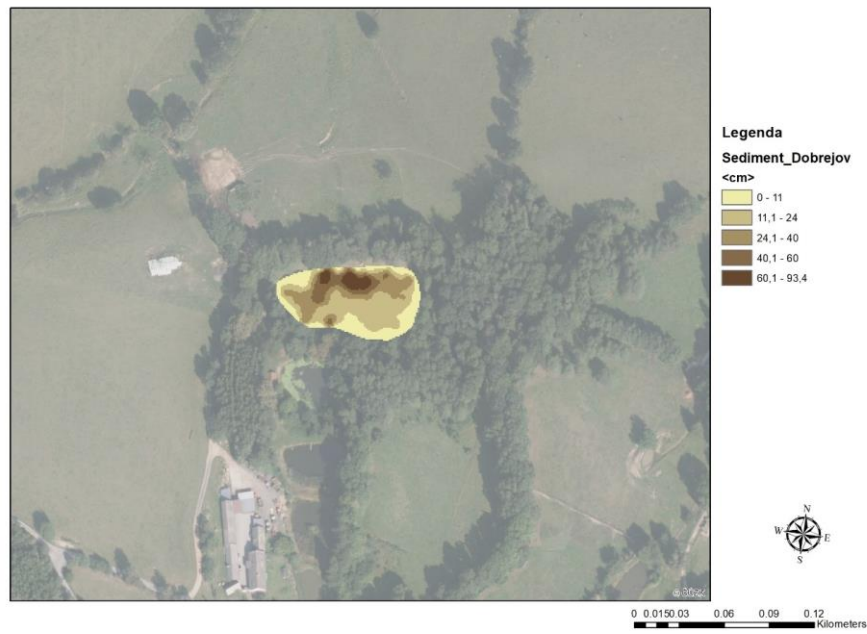
	Celkový objem sedimentu [m³]	Z celkového zásobního prostoru [%]	Celkový objem vody [m³]	Z celkového zásobního prostoru [%]
Dobřejov (obr. 9,10)	863	19	3749	81
Záběhlíče (obr. 11,12)	2206	56	1707	44
Mitrovice (obr. 13,14)	19194	45	23337	55

Ze zaplnění celkového zásobního prostoru je nejvíce uloženého sedimentu v Záběhlickém rybníce (56 %) , nejméně v rybníku v Dobřejově (19 %).

5.1.1 Rozložení mocnosti sedimentu a hloubky vody

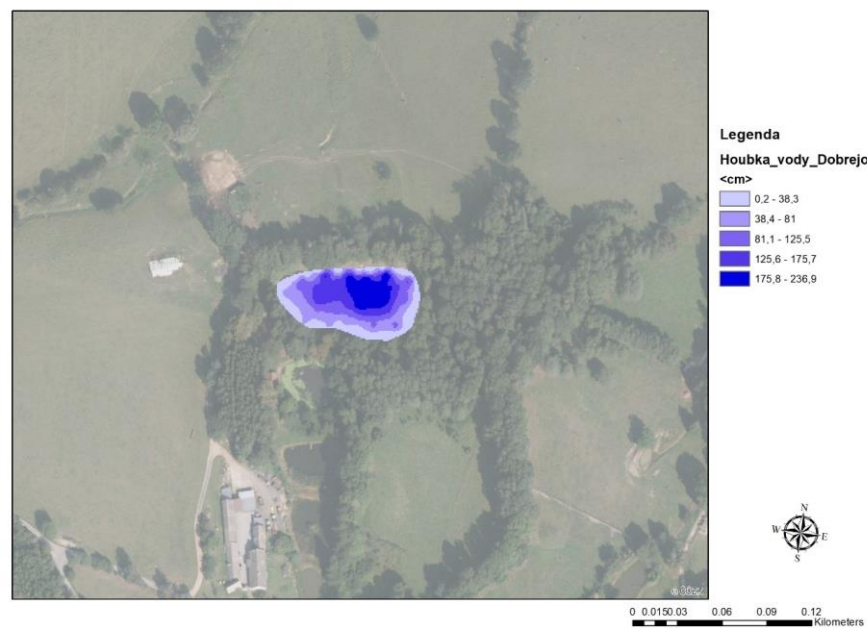
Pomocí programu ArcMAP vizualizují rozložení mocnosti sedimentu a hloubku vody u každého měřeného rybníka.

Obrázek 9 – Rozložení mocnosti sedimentu_Dobřejov



ORTOFOTOMAPA ČR [8]

Obrázek 10 – Rozložení hloubky vody_Dobřejov



ORTOFOTOMAPA ČR [8]

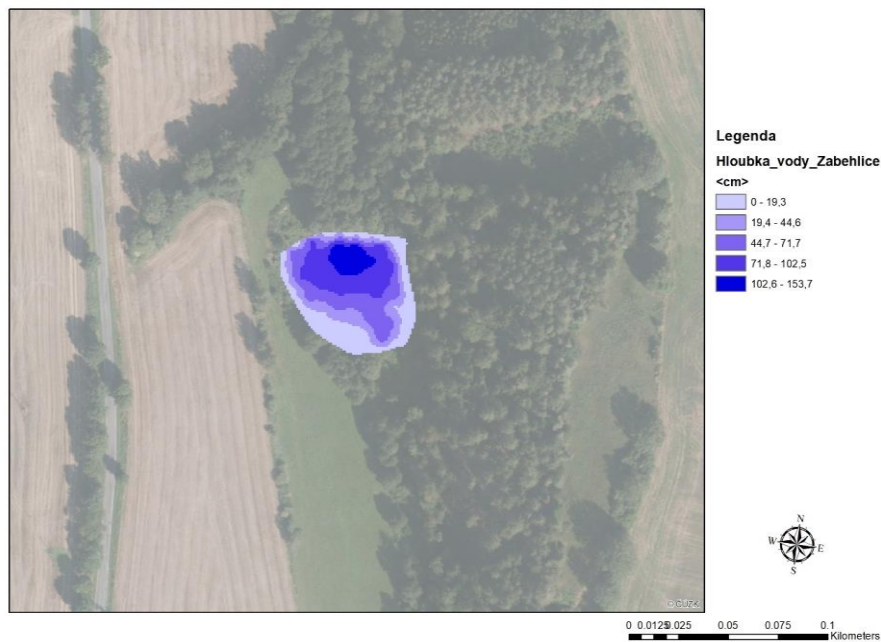
Naměřený sediment rybníku v Dobřejově dosahuje mocnosti 93,4 cm. Největší mocnost uloženého bahna je u požeráku – u výpustného otvoru rybníka (obr. 9). Největší naměřená hloubka vody je 236,9 cm (obr. 10).

Obrázek 11 – Rozložení mocnosti sedimentu_Záběhllice



ORTOFOTOMAPA ČR [8]

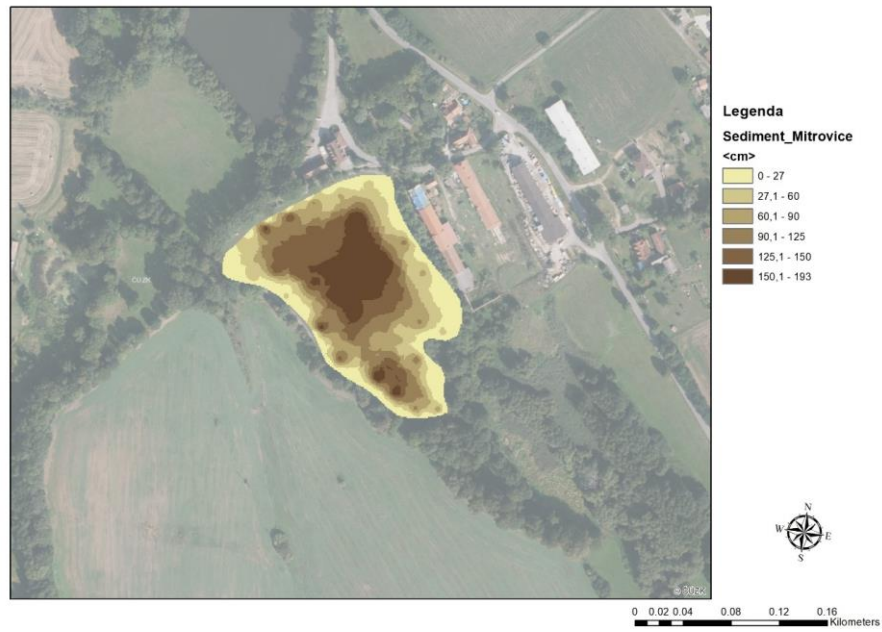
Obrázek 12 – Rozložení hloubky vody_Záběhllice



ORTOFOTOMAPA ČR [8]

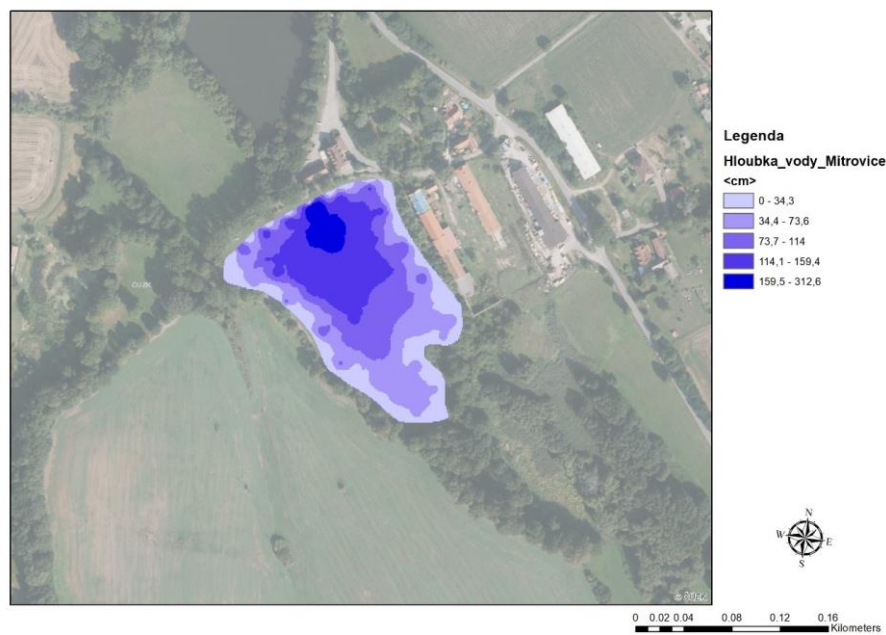
V rybníku v Záběhlicích byla naměřena větší mocnost sedimentu, než vody. Sediment dosahuje hloubky 157 cm (obr. 11). Voda má zde hloubku maximálně 153,7 cm (obr. 12).

Obrázek 13 – Rozložení mocnosti sedimentu_Mitrovice



ORTOFOTOMAPA ČR [8]

Obrázek 14 – Rozložení hloubky vody_Mitrovice



ORTOFOTOMAPA ČR [8]

Největší rybník projektu, rybník v Mitrovicích, dosahuje hloubky vody 312,6 cm (obr. 13). Mocnost sedimentu je zde maximálně 193 cm (obr. 14).

5.1.2 Objem sedimentu a vody v nádržích

Známe stáří rybníků, kdy naposled byly zbaveny uloženého sedimentu, popřípadě jestli vůbec byly bagrovány. Z těchto vstupních informací spočítáme průměrný roční přísun sedimentu, jako poměr objemu naměřeného sedimentu a počet let, které se sediment ukládal. Rybník v Dobřejově byl v roce 2014 vybagrován na rostlé dno, to znamená, že měřený objem sedimentu se uložil za 7 let. Rybník v Záběhlicích se datuje svou výstavbou, dle tvrzení místních, na rok 1923. Podklady o hospodaření s rybníkem od data výstavby nejsou. Měřená mocnost sedimentu se ukládala 16 let. Před 16 lety dosavadní majitel rybník napustil a nikdy ho nebagroval. Nejsou informace o koloběhu rybníka dříve. Na rybníku v Mitrovicích bylo kvůli biologickému hodnocení provedeno měření sedimentu v roce 2007. V tu dobu byl objem sedimentu v nádrži 7300 m³. [6] Odečteme od námi naměřeného objemu sedimentu objem z roku 2007, dostaneme objem sedimentu transportovaný do rybníka za posledních 14 let (tab. 4).

Tabulka 4 – Průměrný roční přísun sedimentu

	Objem sedimentu [m³]	Doba ukládání [rok]	Průměrný roční přísun (Sediment/Doba) [m³/rok]	Zaplnění nádrže [%/rok]
Dobřejov	863	7	123,3	2,7
Záběhlice	2206	16	137,9	3,5
Mitrovice	19194 – 7300 = 11894	14	849,6	2

5.2 Zásobní objem nádrží – neměřené rybníky

Povodí Záběhlického potoka má šest podpovodí, respektive dílčích povodí, které jsou určeny jako významné pro výpočet. Třemi uzávěrovými profily podpovodí jsou rybníky, které byly měřeny v terénu vpichovou metodou (sondýrka), známe tedy zásobní objem a objem sedimentu zachyceného v těchto nádržích. Zbylé tři rybníky (obr. 2_7,4,1) měřeny nebyly. Zásobní objem znát k dalšímu výpočtu potřebujeme.

Zásobní objem nádrží vypočítáme orientačně jako 1/3 z vynásobené plochy rybníka s největší hloubkou rybníka. Rybníky jsem navštívila, odhadla výšku hráze. S odhadnutou výškou hráze jsem počítala jako s největší hloubkou nádrže. Plochy rybníků udávala atributová tabulka vrstvy nádrží v ArcMap.

$$V = 1/3 * A * h \quad /1/$$

kde:	V	Zásobní prostor nádrže	[m ³]
	A	Plocha rybníku	[m ²]
	h	Největší hloubka nádrže	[m]

Tabulka 5 – Zásobní prostor neměřených nádrží

Id_dílčí povodí (viz. Obr. 2)	Největší hloubka nádrže_h [m]	Plocha rybníka_A [m ²]	Zásobní prostor_V [m ³]
7	2,2	1632,7	1197,3
4	1,8	2595,8	1557,5
1	2,8	1619,1	1511,2

Zásobní prostor výše uvedených nádrží (tab. 5) byl spočítán dle vzorce /1/. Tyto tři nádrže jsou významné svou velikostí pro zachycování sedimentů. Nebyly měřeny v terénu, přesto jejich zásobní prostor pro výpočet poměru zachycení sedimentu je nedílnou součástí práce.

5.3 Erozní ohroženost a objem splavenin

Abychom mohli chránit náš půdní fond a eliminovat erozi půdy na zemědělských pozemcích, protože eroze půdy ochuzuje zemědělské pozemky o nejúrodnější část – ornici, počítáme ztráty půdy, posuzujeme erozní ohroženosti pozemků, posuzujeme transportní procesy sedimentu. Výpočetní metody lze dělit na dvě skupiny. Empirické a simulační metody.

- a) Empirické metody jsou pro někoho překonané a zastaralé, pro svou jednoduchost a relativní dostupnost vstupních dat ale oblíbené. Byly odvozeny na základě dlouhodobých pozorování skutečných erozních procesů. Metody jsou omezeny podmínkami, za kterých byly vstupní parametry pořízeny. Právě proto je třeba je korigovat a určovat je s ohledem na podmínky v terénu.
- b) Simulační modely fyzikálně založené jsou postaveny na základech matematického popisu skutečných fyzikálních procesů. Rozšířily se především v první polovině devadesátých let, kdy se rozvíjela výpočetní technika a kladly se větší nároky na počítačové vybavení. Ač jsou vstupní data často méně dostupná, přesnost výpočtu je značně vysoká. Umožňují zkoumat procesy pro různé možnosti nakládání s půdou, a to vše rychle a levně. Modely přispívají k lepšímu poznání a prozkoumání erozních jevů.

Výpočet erozní ohroženosti velkých území dodnes zpravidla využívá empirické metody s různou úrovní podrobnosti řešení. Podrobnost vstupních dat, kratší výpočetní čas a náročnost na kvalitu je hlavním důvodem. Fyzikální a komplexní modely pro velká území musí obsahovat řadu kalibrací. V rozsahu povodí jsou srážko – odtokové vztahy, uvolňování, transport a zachycování půdních částic

jevem natolik komplexním, obsahujícím velké množství dat, že je výpočetní proces náročný.

Vhodnou alternativou je model zohledňující prostorovou variabilitu přispívajících faktorů a topografii, postavený na empirické a kalibrované bázi WaTEM/SEDEM. [14]

5.4 USLE (univerzální rovnice ztráty půdy)

„Univerzální rovnice ztráty půdy erozí – USLE dle Wischmeiera a Smithe (1978), vycházející z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku, jehož parametry jsou definovány a odvozeny z rozměrů standardních elementárních odtokových ploch o délce 22,13 m a sklonu 9 %, jejichž povrch je po každém přívalovém dešti mechanicky kypřen ve směru sklonu svahu jako úhor bez vegetace. Hodnota přípustné ztráty půdy slouží ke stanovení míry erozního ohrožení pozemku a je definována jako maximální velikost eroze půdy, která dovoluje dlouhodobě a ekonomicky dostupně udržovat dostatečnou úroveň úrodnosti půdy.“ [4]

USLE patří mezi empirické metody pro výpočet ztráty půdy. Jedná se o vztah, který pomocí šesti parametrů stanoví průměrnou dlouhodobou ztrátu půdy. Dané parametry obsahují informace o srážkách, půdní charakteristiky, vegetace, morfologii a realizovaná protierozní opatření.

$$G = R * K * L * S * C * P \quad /2/$$

kde:	G	Průměrná dlouhodobá ztráta půdy	[t . ha ⁻¹ . rok ⁻¹]
	R	Faktor erozní účinnosti dešťů	[MJ . ha ⁻¹ . cm . h ⁻¹]
	K	Faktor erodovatelnosti půdy	[t . h . MJ ⁻¹ . cm ⁻¹]

L	Faktor délky svahu	[-]
S	Faktor sklonu svahu	[-]
C	Faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu	[-]
P	Faktor účinnosti protierozních opatření	[-]

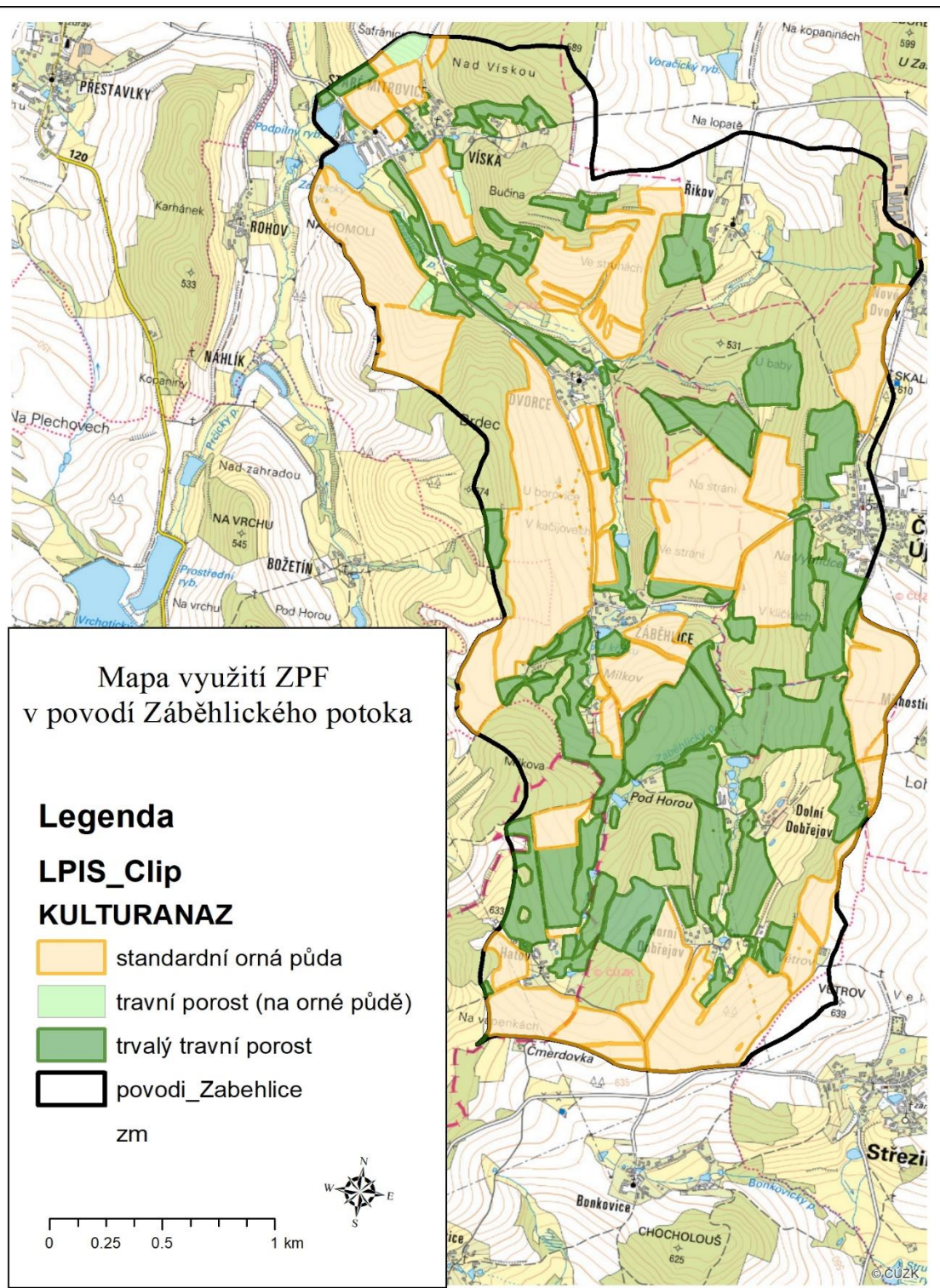
Rovnice byla vyvinuta v USA a potvrzení správnosti bylo pro tamní podmínky. Teď je celosvětově mnohočetně využívána. Například v České republice se o tuto jednoduchou metodu opírá metodika Janečka – Ochrana zemědělské půdy před erozí. Hodnota získaná pomocí rovnice USLE představuje dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy. Udává množství půdy, které se uvolní vodní erozí. Rovnice nezahrnuje ukládání půdy na níže položených plochách a nelze ji používat pro kratší období, nebo pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek a tání sněhu.

5.4.1 USLE výpočet v GIS

Na výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy na zemědělských pozemcích Záběhlického potoka byla použita USLE s podporou Geografického Informačního Systému (GIS) program ArcMap. Základní vrstvy pro budoucí vizualizace (hydrologické členění, vodní tok, Ortofotomapa ČR, Základní mapa ČR, hranice povodí), byl použit stejný postup v programu ArcMAP jako je popsán v kapitole 2.1 v této práci.

Pro výpočet erozní ohroženosti povodí Záběhlického potoka, potřebujeme do projektu získat pozemky zemědělské půdy. Vlastnosti půdních bloků – zemědělských pozemků jsou vyexportovány z LPIS. [8] Použit stejný postup v programu ArcMAP jako v kapitole 2.3 v této práci. Na obrázku 15 je rozdělení ZPF.

Obrázek 15 – Mapa zemědělského půdního fondu



ZÁKLADNÍ MAPA ČR [8]

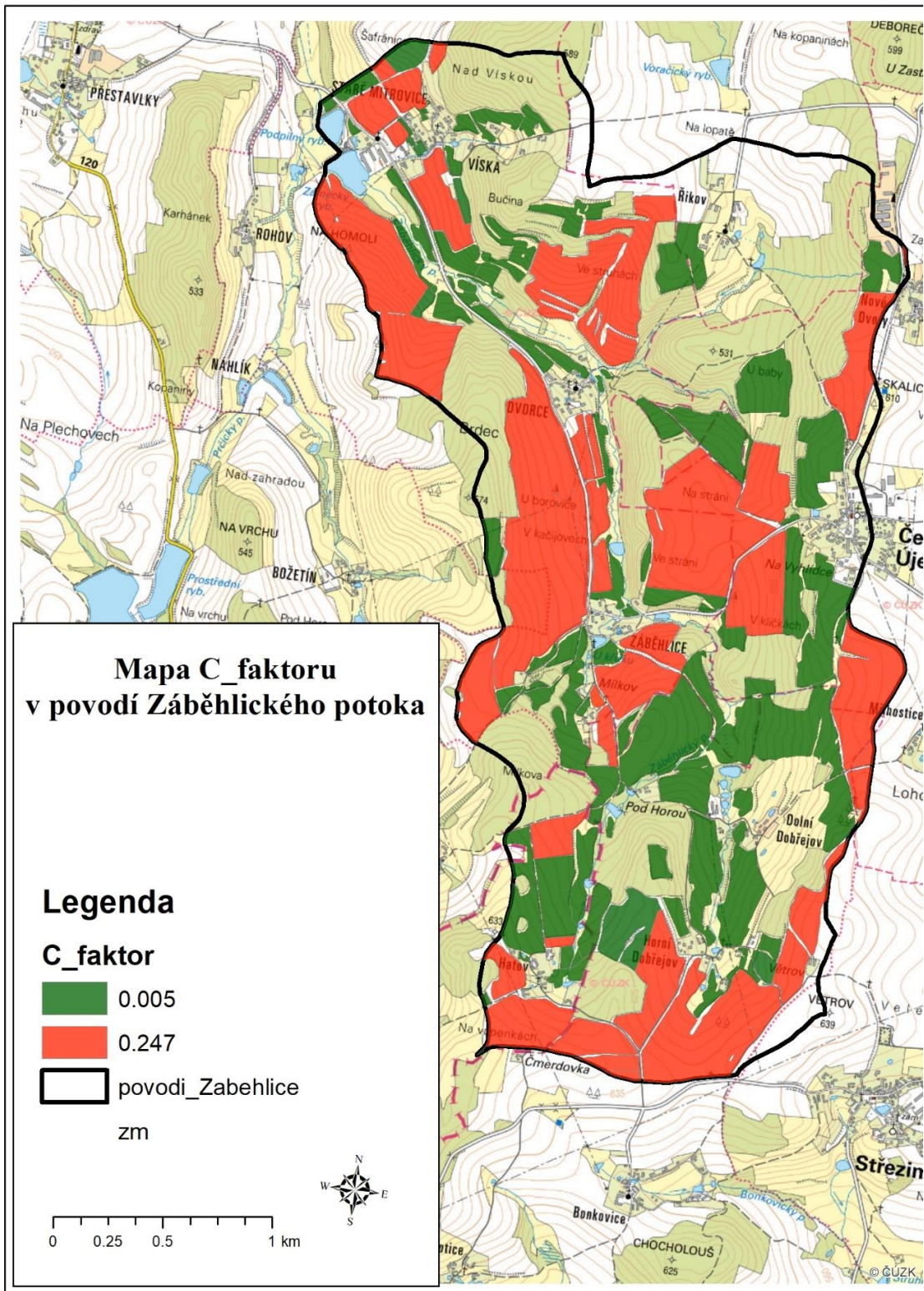
5.4.1.1 C_faktor:

Faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu určuje ztrátu půdy z pozemku s určitou plodinou, ke ztrátě půdy na standardním pozemku, který je udržován jako úhor.

Není možné do rovnice USLE dosadit hodnotu C_faktoru jen pro jednu vybranou plodinu. Výsledná hodnota průměrné ztráty půdy z pozemku je průměrná za 1 rok, ale k erozním událostem může dojít také jen jednou za x let. Proto musíme vzít v úvahu rotaci plodin na pozemku a musíme vzít „průměrnou“ hodnotu C faktoru pro každý pozemek, která vychází z osevního postupu. Hodnotu zjišťují na webových stránkách VÚMOP - „Protierozní kalkulačka“. [15] Systém „kalkulačky“ bere v úvahu osevní postupy, tedy hodnoty C_faktoru.

Na území Záběhlického potoka jsou zemědělské pozemky bramborářské oblasti (8 - letý osevní postup) dvou typů: TTP (trvalý travní porost) a orná půda. Hodnota C_faktoru pro ornou půdu = 0,247 a pro TTP = 0,005 (obr. 16).

Obrázek 16 – Mapa C_faktor



5.4.1.2 R_faktor:

Faktor erozní účinnosti deště byl v USA odvozen na základě velkého množství dat o dešťových srážkách. Data ukazují, že jsou-li ostatní faktory USLE konstantní, je ztráta půdy z obdělávaného pozemku přímo úměrná součinu celkové kinetické energie přívalového deště a jeho maximální 30-ti minutové intenzity.

$$R = E \cdot i_{30} / 100 \quad /3/$$

kde:

R Faktor erozní účinnosti dešťů [MJ/ha*cm/h]

E Kinetická energie dopadajících kapek [J/m²]

i₃₀ Max. 30-ti minutová intenzita deště [cm/h]

*„Pro Českou republiku byla stanovena jednotná průměrná roční hodnota faktoru erozní účinnosti deště 40 MJ/ha*cm/h.“ [4]*

5.4.1.3 K_faktor:

Faktor erodovatelnosti půdy, neboli náchylnost půdy k erozi je v USLE definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v t/ha na jednotku faktoru R (40 MJ/ha*cm/h).

Obecně se dá určit 3-mi způsoby a to:

- a) Z nomogramu

- b) Podle rovnice
- c) Přibližně dle hlavních půdních jednotek (HPJ) bonitační soustavy půd BPEJ

K výpočtu K_faktoru použijí možnost c). K přibližnému určení K_faktoru dle bonitační soustavy půd (BPEJ) slouží hodnoty v Janečkově metodice. [4]

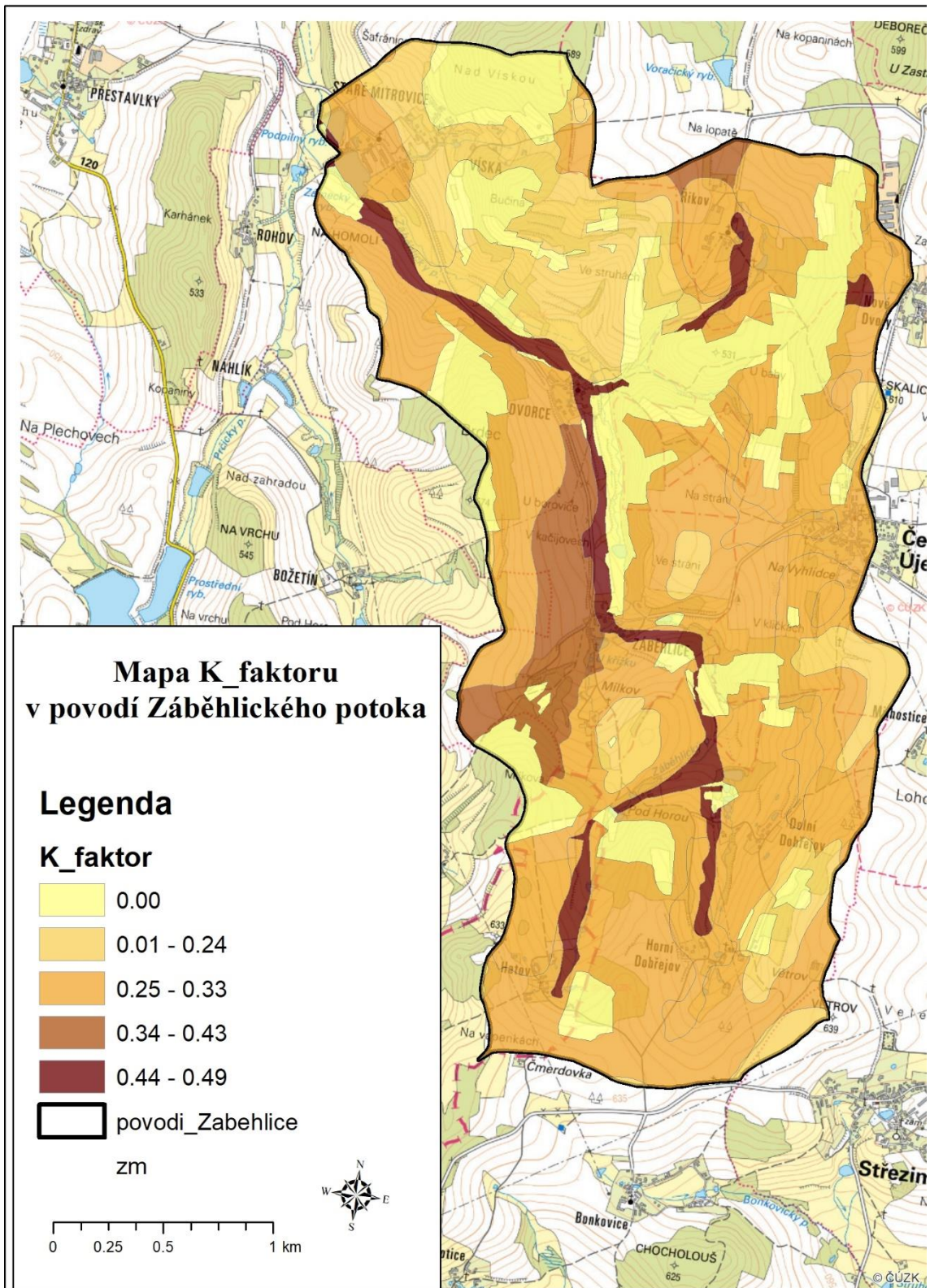
Státní pozemkový úřad poskytuje celostátní databázi BPEJ. Pro ArcGIS je tato databáze připojená online. Do projektu připojím vrstvu SHP BPEJ z geoportálu ArcGIS (příkaz: Add Data From ArcGIS online). Takto přidaná vrstva obsahuje informace pro celou Českou republiku. Pro výpočet nepotřebuji celou ČR, vrstvu BPEJ eliminuji na plochu povodí Záběhlického potoka jeho hranicí (příkaz: Clip).

Ve vlastnostech vrstvy (v atributové tabulce) je informace ve sloupci BPEJ – kód BPEJ. Kód obsahuje na svém druhém a třetím místě číslo, které je označením pro HPJ (hlavní půdní jednotku), dle které najdeme v Janečkově metodě hodnotu K_faktoru (obr. 17). V povodí je 112 zemědělských pozemků, z čehož několik z nich má stejnou HPJ. HPJ o stejné hodnotě spojím do 1 polygonu (příkaz: Dissolve), tak nemusím připisovat hodnotu K_faktoru každému pozemku zvlášť, ale pozemkům o stejném HPJ najednou dám hodnotu K_faktoru (obr. 18).

Obrázek 17 – Hodnoty K_faktoru pro jednotlivé HPJ

FID *	Shape *	HPJ	Shape_Length	Shape_Area	K_faktor
1	Polygon	<Null>	32562.271595	1697999.00518	0
2	Polygon	29	34092.481524	2258859.94322	0.32
3	Polygon	32	12672.371329	909403.242692	0.19
4	Polygon	34	20226.616129	1464994.925404	0.26
5	Polygon	37	9995.754549	381885.187198	0.16
6	Polygon	40	2899.690073	101970.039308	0.24
7	Polygon	47	6192.356709	442186.331049	0.43
8	Polygon	50	13333.258908	615767.669207	0.33
9	Polygon	68	14488.360041	394959.396454	0.49
10	Polygon	73	502.482206	14566.313472	0.48

Obrázek 18 – K_faktor



ZÁKLADNÍ MAPA ČR [8]

Na obr. 18 vidíme rozložení hodnot K_ faktoru. Nejvíce náchylná půda k erozi je v okolí toků. Čím tmavší barva, tím větší riziko eroze. Jemné sedimenty v okolí vodních toků mají hodnoty 0,44-0,49 a jsou nejvíce erodovatelné.

5.4.1.4 LS_faktor:

Faktor délky a sklonu svahu je tzv. topografický faktor. Může být počítán pro L a S zvlášť. Shrnula jsem tyto dva faktory do jednoho a počítala je dohromady. LS faktor je bezrozměrný korekční faktor rovnice.

Pro výpočet jsem zvolila alternativní možnost přímého stanovení odtoku přímo v ArcGIS pomocí rovnice /4/. [16]

$$LS = 1,5 \times \left(\frac{A}{22,13} \right)^m \times \left(\frac{\sin(s)}{0,09} \right)^n$$

$$LS = 1,5 \times \left(\frac{[FlowAcc] \times cell\ size^2}{22,13 \times cell\ size} \right)^m \times \left(\frac{\sin\left(\frac{[slope\ ^\circ] \times \pi}{180}\right)}{0,09} \right)^n \quad /4/$$

kde:	LS	Faktor LS pro daný pixel o souřadnicích	[-]
	A	Jednotková zdrojová plocha na vstupu do buňky	[m ² na bm]
	m	Kalibrační parametr = 0,5	[-]
	n	Kalibrační parametr = 1,3	[-]
	s	Sklon buňky	[rad]

Pro výpočet LS faktoru začínám v ArcMap pracovat s výškopisem. Do projektu přidávám vrstvu DMR 4G – stínovaný model, model polohy bodů a výšek bodů. Vrstvu konverguji na reálnou nadmořskou výšku (vlastnosti: Processing Templates – Function None). Každý pixel má svou nadmořskou výšku. Plochu povodí rozšiřuji o 200 m (příkaz: Buffer), ujišťuji se, že mi na hranici povodí nechybí žádný v budoucnu potřebný pixel s informacemi. Celý raster DMR 4G, ořezávám hranicí rozšířeného povodí (příkaz: Clip data management), příkaz pro raster.

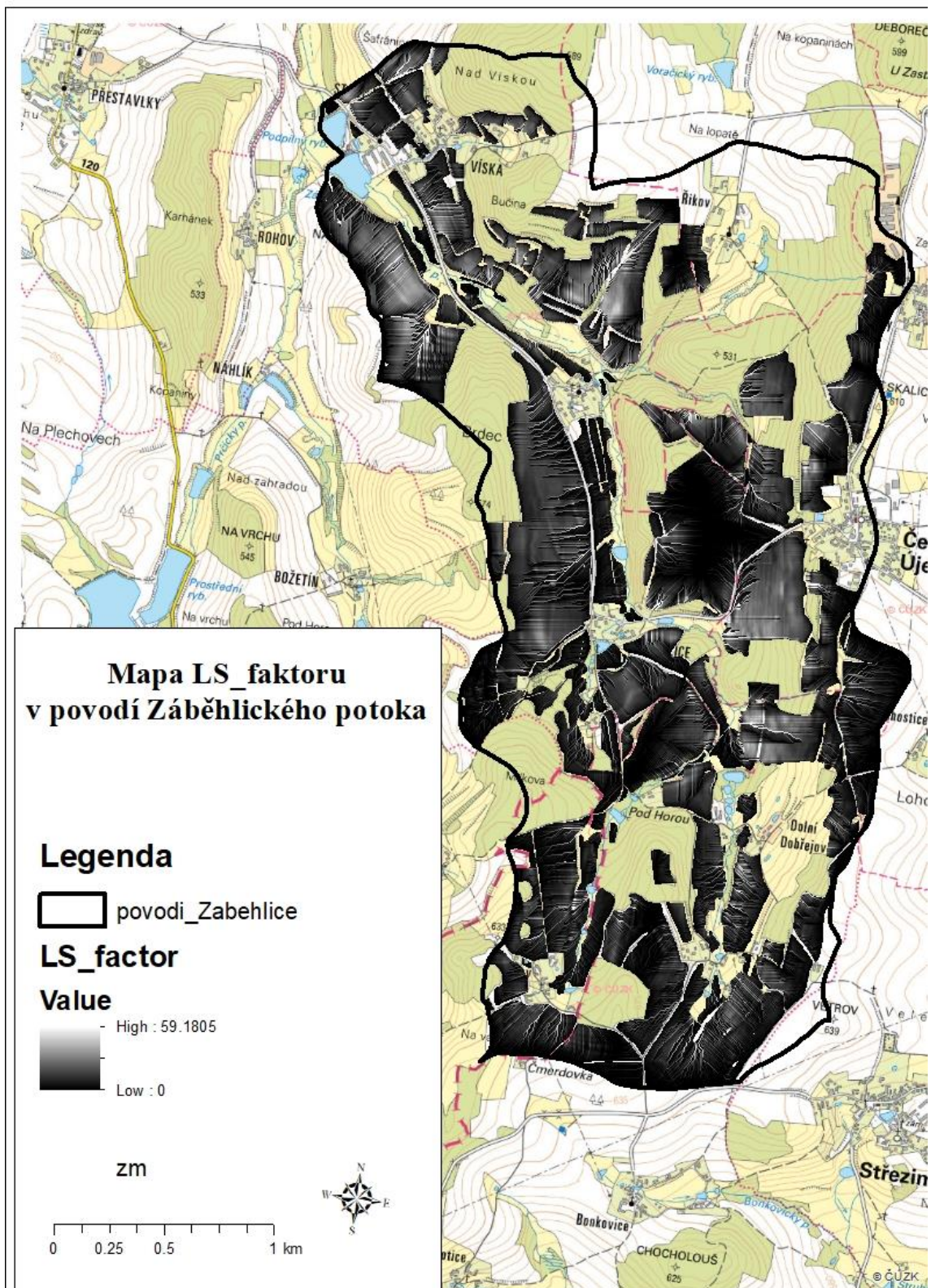
Výpočet sklonitosti v každém bodu terénu počítám pomocí příkazu Slope (3D analyst), kde vstupní vrstvou je oclipovaný raster DMR 4G.

Model terénu má v některých místech výpočtové chyby - „prohlubně“, jsou i na zemědělských pozemcích. Tam se nám akumuluje voda. Pro výpočet je nutné, aby voda z každého území někam odtékala a nikde se neakumulovala. Příkaz Fill tyto chyby opraví. Z každého pixelu voda v největším sklonu bude někam odtékat – směr odtoku (příkaz: Flow Direction). Směr odtoku se týká zemědělských pozemků. Zastavěná území a lesy vyřízneme. Dál se s nimi nepočítá (příkaz: Extract by Mask). Pro vznik hydrologického modelu akumulovaného odtoku v pixelech nastavuji příkaz Flow Accumulation, vstupní vrstvou je směr odtoku zemědělských pozemků. Flow Accumulation počítá s velikostí území vyjádřenou v pixelech. Pro reálné plochy musím plochu přenásobit plochou pixelů. Zde 1 pixel = 5x5 m = 25 m². Akumulovaný odtok je váhový rastr. Vizualizuje, kam a z kterého pozemku bude odtékat voda a množství vody. Na každém pozemku mám odtokovou délku z pozemků.

Do nástroje Raster Calculator dosadím vzorec pro výpočet LS faktoru (obr. 19). (v GIS: $1.5 * ((\text{FlowAcc_LPIS} * 5 / 22.13) ** 0.5) * (\text{Sin}(\text{Slope} * 3.14 / 180) / 0.09) ** 1.3$). Pro odtokovou délku z pozemků výslednou vrstvu FlowAcc_LPIS a na základě sklonu rychlosti odtoku vrstvu Slope.

Na mapě LS_faktoru (obr. 19) vidíme odtokové linie – bílá barva. Linie, kudy naakumulovaná voda odtéká.

Obrázek 19 – LS_faktor



ZÁKLADNÍ MAPA ČR [8]

5.4.1.5 P_faktor:

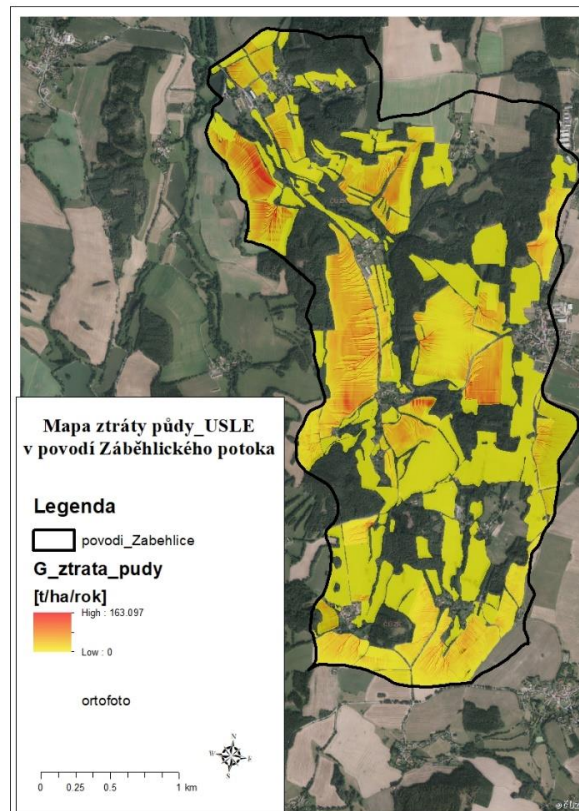
Faktor poměru ztráty půdy z pozemku s určitým PEO (proti erozní opatření), ku ztrátě z pozemku bez opatření. V povodí Záběhlického potoka na zemědělských pozemcích žádná PEO nejsou. Pro výpočet rovnice USLE zde proto uvažují $P = 1$.

5.4.2 Výpočet ztráty půdy

Pro výpočet ztráty půdy pomocí rovnicí USLE jsou připraveny všechny vstupy. Aby bylo možné výpočet v ArcMap korektně provést, je nutné mít vrstvy faktorů v rastrové podobě tak, aby každý pixel byl kombinovatelný s ostatními vrstvami. Faktory C a K jsou prozatím vektorové vrstvy. Převodu do rastru (příkaz: Polygon to Raster).

Nástrojem Raster Calculator násobím vrstvy jednotlivých faktorů, pro R vynásobím rovnicí 40 a pro P 1. $G = C * K * LS * 40 * 1$

Obrázek 20 – Smyv půdy pomocí USLE

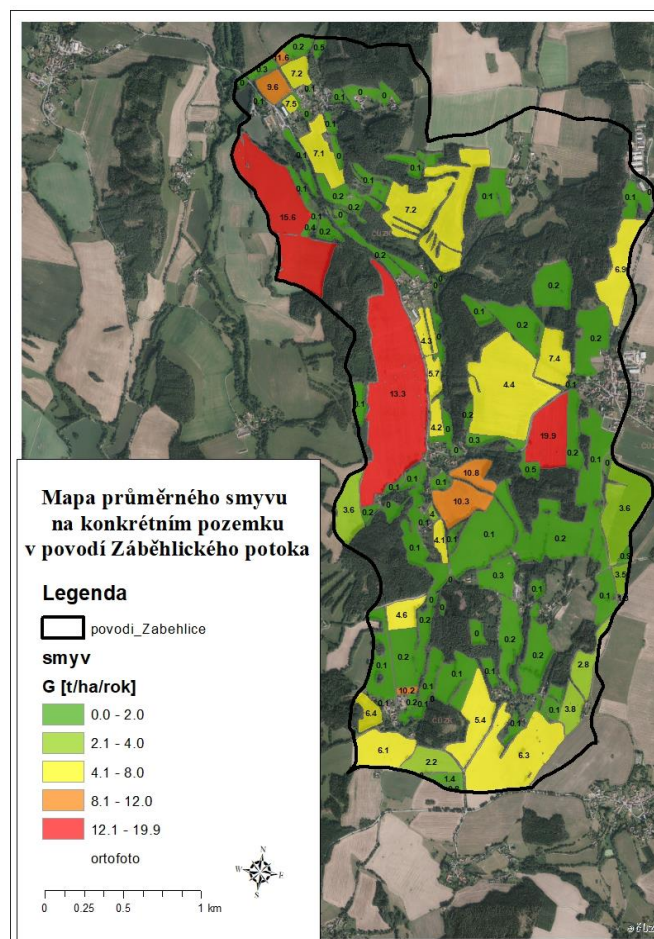


ORTOFOTOMAPA ČR [8]

Na obr. 20 vidíme výsledek rovnice USLE, plošné ztráty půdy. Smyv, respektive kde je větší akumulace vody. Červená/oranžová barva značí místa odtoku. Hodnoty 0 – 163,1 jsou hodnoty ztráty půdy, pro každý pixel zvlášť v t/ha/rok.

Přípustná ztráta půdy pro pozemek je 4 t/ha/rok. Hodnota je pro významnější části plochy pozemku, ne pro jednotlivý pixel. Nástrojem prostorové statistiky vypočítám statistiku z rastrů pro jednotlivé plochy (příkaz: Zonal Statistics as Table). Pozemky jsou z vrstvy LPIS, statistika z vrstvy vypočítané pro smyv půdy. Zonální statistika je tabulkou pro jednotlivé pozemky. Obsahuje informace o nejnižší / nejvyšší ztrátě půdy, průměrné ztrátě půdy pro každý pixel. Průměrnou hodnotu ztráty půdy pro celý pozemek počítám příkazem Join Field. Tím mi přibyl sloupec ve vrstvě LPISu s hodnotami průměrných ztrát půd pro jednotlivé pozemky.

Obrázek 21 – Průměrné G pro jednotlivé pozemky



Konečným výstupem je mapa (obr. 21), která zobrazuje pozemky s hodnotami průměrného smyvu půdy, který byl vypočítán na základě rovnice USLE. Zelenou barvou jsou vyznačeny pozemky, které mají průměrnou ztrátu půdy do 4 t/ha/rok. Na těchto pozemcích není nutné měnit osevnické postupy ani budovat PEO.

Žluté, oranžové a červené pozemky jsou s průměrnou ztrátou půdy větší než 4 t/ha/rok, jsou to hodnoty nad přípustnou mez. Tyto pozemky bude nutné ošetřit tak, aby ztráta půdy nebyla tak velká. Ztrátu půdy je nutné snížit.

6. MODEL WaTEM/SEDEM

„Watem/SEDEM je distribuovaný model erozních a transportních procesů, vyvinutý na KU Leuven v Belgii. Vzhledem k tomu, že se jedná o empirický model, nemá příliš velké nároky na vstupní data.“ [17]

Model je postavený na empirické metodě stanovení ztráty půdy na USLE (viz. výše). Zahrnuje některé nové přístupy z hlediska směřování odtoku z RUSLE (revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy). Při výpočtu dochází ke stanovení odtokových drah každého elementu na povodí, udává je morfologie terénu. Model je schopen vícesměrného dělení odtoku dle sklonitosti terénu. Takto stanovenými odtokovými dráhami je erodovatelná půda transportována do nejbližšího vodního toku, nádrže. Jestliže transportní kapacita odtoku není dostatečně vysoká, dochází k sedimentaci části, nebo celého objemu transportovaného materiálu ještě před dosažením vodoteče. Po dosažení vodního toku je transportovaný materiál načítán navazujícími úseky, až po uzávěrový profil povodí. Pokud je na trase toku, který unáší sediment, průtočná vodní nádrž, část transportovaných částic se usadí tam. Pak lze takové nádrži přiřadit tzv. poměr zachycení.

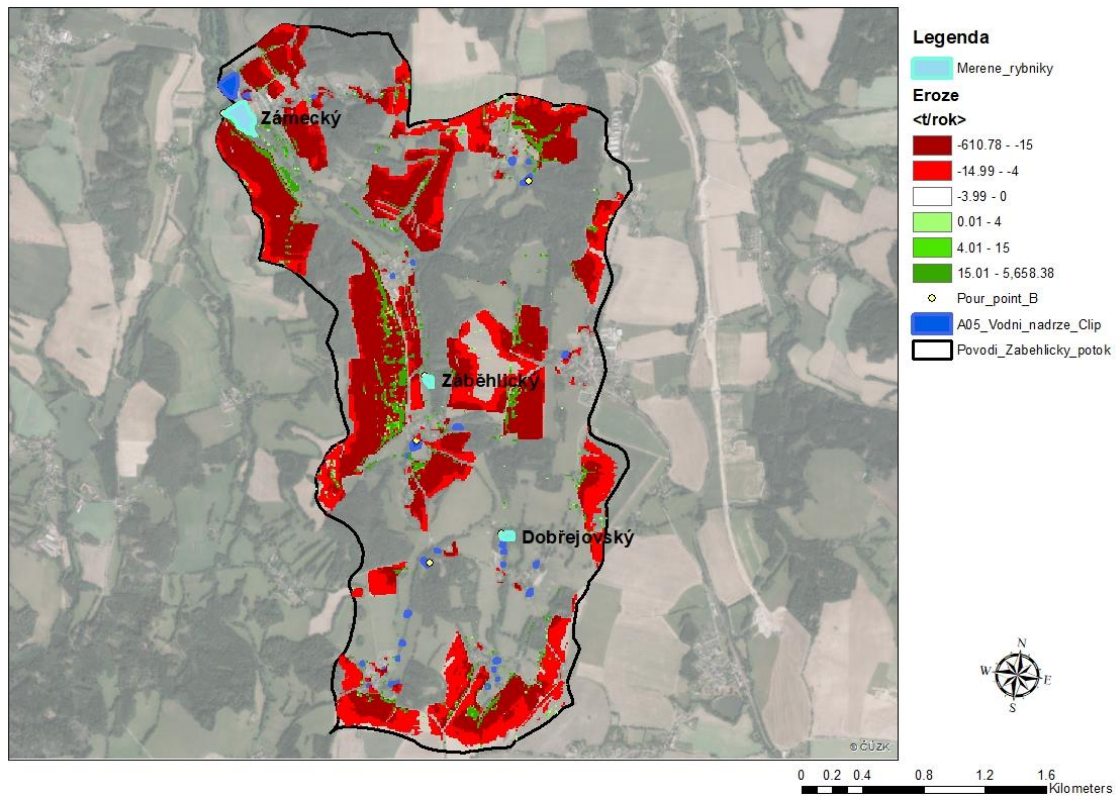
Vstupními vrstvami a parametry modelu jsou vstupní vrstvy shodné s metodou USLE aplikovanou (viz. výše) v prostředí GIS. Jedná se o R_faktor, K_faktor, C_faktor a digitální model terénu pro následné stanovení LS_faktoru. Nezbytným vstupem je také rastrová mapa s využitím území (TTP, OP). Další nutný datový podklad je rastr vodních nádrží s informací o poměru zachycení a rastrová vrstva vodních toků.

„Výstupem z modelu jsou textové soubory obsahující informace o množství sedimentu v t/rok.“ [18]

Pomocí modelu WaTEM/SEDEM byla vypočítaná eroze a transport sedimentu v projektu povodí Záběhlického potoka. GIS vrstvy, které jsem následně zpracovávala v rámci své DP poskytl Ing. Miroslav Bauer, Ph.D. (ČVUT v Praze, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství). Vrstva eroze obsahuje celkovou produkci sedimentu v povodí a celkovou depozici v povodí (před vstupem do vodních toků). Vrstva transport sedimentu: celkové množství sedimentu vstupující do vodních toků a celkové množství

sedimentu odcházející uzávěrovým profilem z povodí. Každý element obou poskytnutých vrstev zobrazuje množství sedimentu v t/rok.

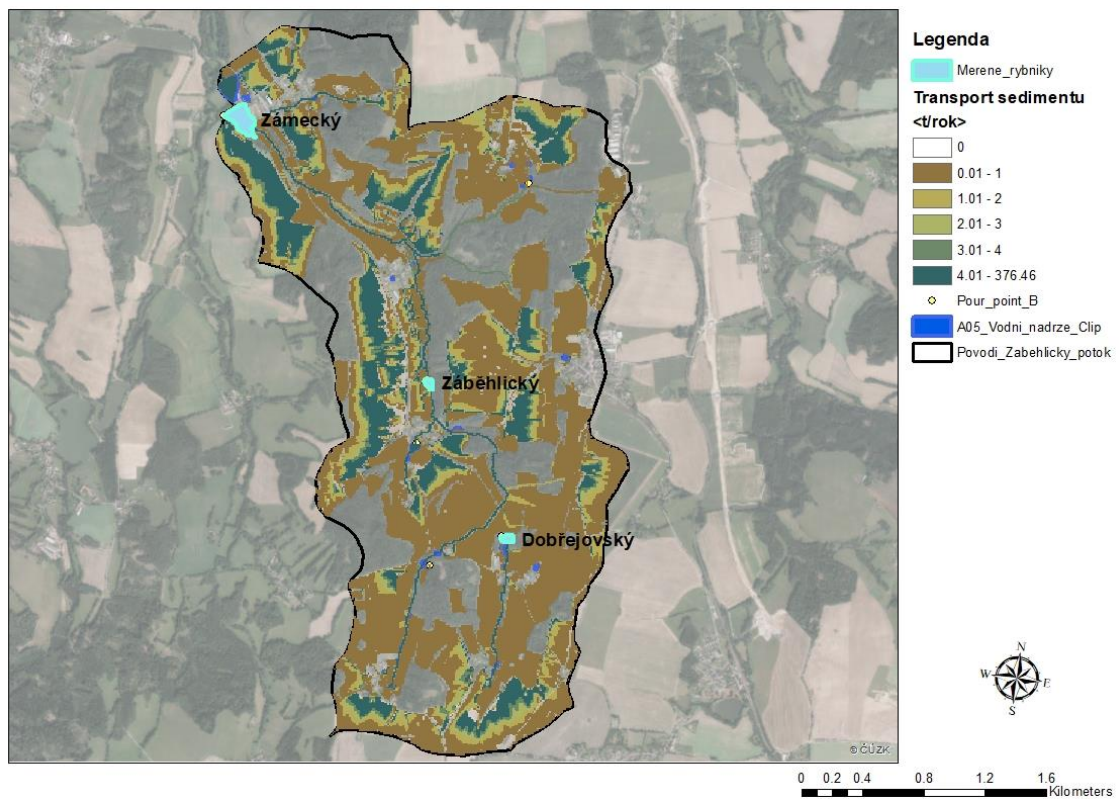
Obrázek 22 – Eroze



ORTOFOTOMAPA ČR [8]

Vrstva erozí (obr. 22) z programu Watem/SEDEM vizualizovaná v ArcMap zobrazuje hodnoty eroze a depozice. Záporné hodnoty – červená škála, jsou místa, kde dochází na pozemcích ke zrychlené erozi, tzn. Více materiálu se odnese, než se uloží. Zelená místa jsou místa depozit, kde se více sedimentu uloží, než odnese.

Obrázek 23 – Transport sedimentu



ORTOFOTOMAPA ČR [8]

Vrstva (obr. 23) zobrazuje hodnoty transportu sedimentu. Zobrazuje kolik materiálu projde daným místem v t/rok. Nad rámec USLE řeší, co se s uvolněným materiálem děje, kam se dle morfologie terénu transportuje a zároveň řeší, kde se část materiálu uloží a jaká část půjde dál. Nejvíce transportovaného sedimentu projde elementy v nejtmašších barvách na obrázku, ve světlých je tomu naopak.

Vrstvy eroze a transportu sedimentu vypadají zdánlivě podobně. Eroze zobrazují, jestli se v elementu sediment uvolní, nebo uloží. Vrstva transportu sedimentu zobrazuje transport a následnou akumulaci, popřípadě zachycení sedimentu v elementech.

Na orné půdě vidíme vyšší erozi a transport. Nižší erozi a transport vidíme na trvalých travních porostech. Místa, kde je nulová hodnota se eroze ani transport nepočítal. Jsou to např. silnice, zástavba a lesy.

Z vrstvy pro transport sedimentu z modelu WaTEM/SEDEM jsem odečetla objem transportovaného sedimentu v uzávěrových profilech nádrží (tab. 6). Ten je ve vrstvě udáván pro každý element. Elementem je myšleno místo, kudy transportovaný sediment prochází. Po proudu se jednotlivé elementy načítají a hodnota sedimentu stoupá. Když se sediment v nádrži usadí, pod uzávěrovým profilem je hodnota o to množství menší.

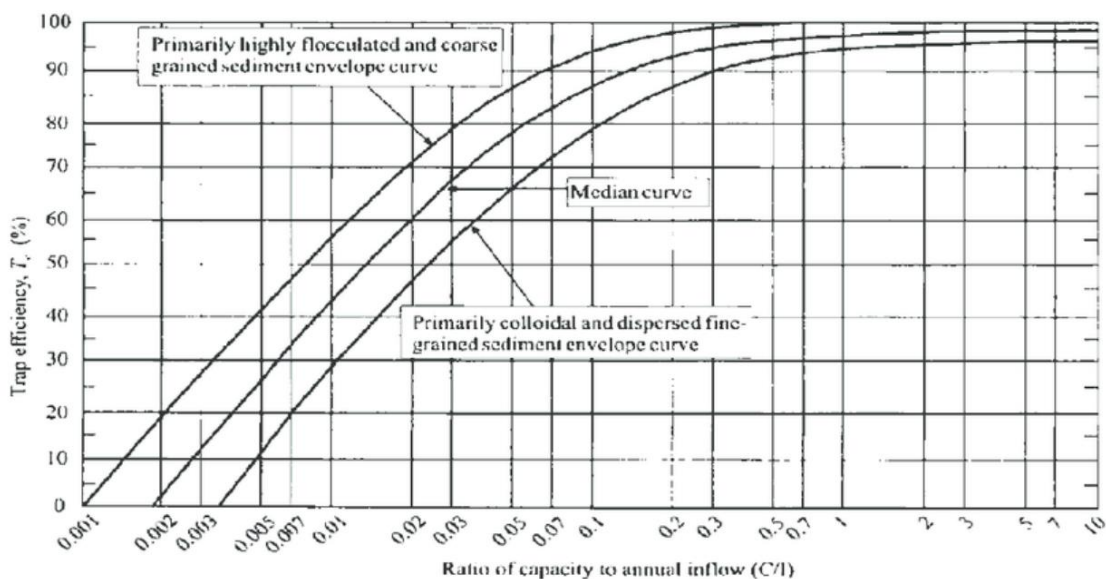
Tabulka 6 – Objem transportovaného sedimentu v uzávěrových profilech

	Transportovaný sediment [t/rok]
8_Dobřejov	38,3
7	41,1
4	19,3
6_Záběhlice	121,1
1	3,5
3_Mitrovce	376,5

7. VÝPOČET ZACHYCENÍ SEDIMENTU VE VODNÍCH NÁDRŽÍCH

Ke stanovení zachyceného množství sedimentu v jednotlivých nádržích je nutné stanovit tzv. poměr zachycení. Způsob zadržení sedimentu ve vodních nádržích je řešen mnoha způsoby. Velmi často jsou využívány přístupy empirické, sledující závislost poměru zachycení na průtokových charakteristikách a morfologii nádrže. Poměr zachycení lze odečíst z grafu Bruneho křivek (obr. 24). Na vodorovné ose je poměr zásobního objemu ku ročnímu přítoku a na ose svislé odečteme poměr zachycení v procentech. Nebo použijeme analytické vyjádření střední Bruneho křivky při zahrnutí většího počtu sledovaných nádrží (Dendy 1978).

Obrázek 24 – Bruneho křivky (Brune 1953)



[19]

Zásobní objem nádrží udává součet sedimentu v nádrži [m^3] a zásoby vody v nádrži [m^3]. Hodnoty vycházejí z měření metodou pomocí sondýrky. U neměřených nádrží byla velikost zásobního objemu dopočítána dle orientačního vztahu $V = 1/3 * A * h$ /1/. (A_zatopená plocha, h_největší hloubka nádrže).

Výchozí hodnoty pro průměrný roční průtok nádrží vychází z hodnoty pro uzávěrový profil rybníka v Mitrovicích, kde manipulační řád udává tuto hodnotu jako $Q_a = 24 \text{ l/s} = 356\,864 \text{ m}^3/\text{rok}$.

Dlouhodobé roční průtoky pro podpovodí rybníka v Dobřejově, Záběhlicích a dalších třech uzávěrových profilů (obr. 2), byly dopočítány poměrem na základě ploch dílčích povodí. K určení ročního průměrného kumulativního průtoku se rozlohy dílčích podpovodí načítají kumulativně ke každému uzávěrovému profilu směrem po proudu toku. Jako poměrová veličina byla zvolena rozloha povodí, přičemž rozhodovalo, kde uzávěrový profil leží a jaké území se k uzávěrovému profilu stéká (tab. 7).

Tabulka 7 – Průtoky nádržemi, roční kumulativní průtoky

	Dílčí rozloha povodí [km ²]	Kumulativní rozloha povodí k uzávěrovým profilům [km ²]	Zásobní objem [m ³] _V	Roční průměrný kumulativní průtok nádrží Q [m ³ / rok]
8_Dobřejov	1,1	1,1	4612	48 463
7	0,7	0,7	1197	30 840
4	0,5	0,5	1558	22 029
6_Záběhllice	1,5	3,8	3913	167 418
1	0,4	0,4	1511	17 623
3_Mitrovice	8,1	8,1	42531	356 864

Pro povodí je také vhodné analytické vyjádření střední Bruneho křivky, kterou sestavil Dendy (1978). Po doplnění Bruneho databáze o další nádrže a na základě rozšířeného souboru dat tuto rovnici vyjádřil takto:

$$A = 100 * 0,97^{0,19 \wedge \log(C/I)} \quad /5/$$

kde:	A	Poměr zachycení	[%]
	C = V	Zásobní objem nádrže	[m ³]
	I = Q	Roční průměrný průtok nádrží	[m ³ / rok]

Dle vztahu /5/ byl spočítán poměr zachycení sedimentu nádrží (tab. 8). Brune zároveň zmiňuje, že závislost platí pro běžné nádrže, nádrže bez extrémního přísunu sedimentu, nádrže částečně vypuštěné apod.

Tabulka 8 – Poměr zachycení

	Zásobní objem [m ³] _V	Roční průměrný průtok nádrží_Q [m ³ / rok]	Poměr zachycení_A [%]
8_Dobřejov	4612	48463	84,7 %
7	1197	30840	72,8 %
4	1558	22029	81,4 %
6_Záběhllice	3913	167418	63,3 %
1	1511	17623	83,6 %
3_Mitrovice	42531	356864	86,8 %

Vrstvy transport a eroze jsou vrstvy vyřiznuté dle hranice povodí Záběhlického potoka ze zakázky pro povodí Vltavy. Povodí Vltavy je mnohonásobně větší než povodí Záběhlického potoka. Takto rozsáhlé území má mnoho vstupních informací. Pro výpočet takového plošného rozsahu je třeba užít určité generalizace. Pro celé povodí Vltavy byly v rámci generálního výpočtu zanedbány veškeré vodní nádrže s plochou hladiny menší než 2500 m². V případě mojí DP byly jako relevantní uvažovány průtočné MVN

s plochou hladiny větší než 1000 m². Všechny menší nádrže byly v rámci DP zanedbány jako nevýznamné. Ve výstupu WaTEM/SEDEM je hodnota transportu sedimentu na výstupu z každého elementu. Po směru proudu toku se hodnota transportu sedimentu zvětšuje. Jestliže je před i za uzávěrovým profilem vybraných nádrží stejná, znamená to, že WaTEM/SEDEM s touto nádrží nepočítá tak, aby se v ní dílčí množství sedimentu zachytilo. Proto u nádrží, které WaTEM/SEDEM nezahrnuje, použijí poměr zachycení dle Dendyho (1978).

WaTEM/SEDEM jako záchytné nádrže neuvažuje rybník v Dobřejově, rybník v Záběhlicích a rybníky, které jsem určila jako uzávěrové profily pro dílčí podpovodí s číslem 7 a 1 (obr. 2).

Rybník, určený jako uzávěrový profil pro dílčí povodí s číslem 4 a Zámecký rybník v Mitrovicích, jsou ve výstupu WaTEM/SEDEM uvažovány. Rozdílem výšek hodnot transportovaného sedimentu před a za uzávěrovým profilem dostáváme množství zachyceného sedimentu v t/rok.

7.1 Výpočet průměrného množství zachyceného sedimentu

K výpočtu průměrného množství zachyceného sedimentu jsem musela kombinovat dvě varianty výpočtu. Jedna je na základě poměru zachycení (Dendy 1978). Použito u rybníků, které nebyly v programu WaTEM/SEDEM zahrnuty jako nádrže. Z WaTEM/SEDEM byla získána informace o množství transportovaného sedimentu nádrží, pomocí poměru zachycení jsem spočítala kolik sedimentu se v nádrži zachytilo a jaké množství bylo transportováno dál.

Druhá varianta byla u těch rybníků, které byly modelem WaTEM/SEDEM zahrnuty jako malé vodní nádrže. U těchto rybníků jsem získala informaci o množství sedimentu před a za uzávěrovým profilem. Po odečtení těchto hodnot jsem získala zachycený sediment v nádrži.

Model WaTEM/SEDEM počítá zachycení transportovaného sedimentu na základě vstupních informací – Dendy (1978). Proto jsem tyto dvě varianty brala jako kompatibilní a průměrnou roční hodnotu zachyceného sedimentu počítala kombinací variant.

Tabulka 9 – Průměrná roční hodnota sedimentu (t/rok)

	Poměr zachycení [%]	Množství transportovaného sed. Před uzávěrovým profilem – dílčí [t/rok]	Množství transportovaného sed. Pod uzávěrovým profilem – dílčí [t/rok]	Množství sedimentu v uzávěrovém profilu – kumulativ. [t/rok]	Kolik sedimentu se zachytí [t/rok]	Kolik sedimentu putuje dál [t/rok]
8_Dobřejov	84,7	38,3			32,4	5,9
7	72,8	41,1			29,9	11,2
4		19,3	12,9		6,4	12,9
6_Záběhllice	63,3	121,1		58,7	37,2	21,6
1	83,6	3,5			2,9	0,6
3_Mitrovice		376,5	154,4		222,1	

Podpovodí 1, 4, 7 a 8_Dobřejov, jsou povodí která mají „jeden“ uzávěrový profil. Transportovaný sediment se v těchto profilech z části uloží a z části poputuje dál, do podpovodí pod ním. Z jak velké části se sediment usadí víme z poměru zachycení, nebo pomocí WaTEM/SEDEM.

Rybník v Záběhlicích je uzávěrovým profilem pro dílčí povodí Dobřejovského rybníka, dílčího podpovodí 7, 4 a 6. Ve výpočtu to zahrnuji. Rybník v Záběhlicích nebyl v modelu WaTEM/SEDEM zahrnut. Zachycený sediment dopočítán poměrem zachycení nádrže. Z modelu WaTEM/SEDEM zjistím hodnotu transportovaného sedimentu, která rybníkem prochází. Od této hodnoty odečítám množství sedimentu zachyceného v rybníku v Dobřejově a v uzávěrovém profilu dílčího podpovodí 7. Uzávěrový profil, který je v podpovodí 4, tam známe hodnoty transportovaného sedimentu před a pod uzávěrovým profilem z WaTEM/SEDEM. Odečtením hodnot počítám zachycený

sediment v nádrži. Sediment, který se v nádrži usadí, z nádrže dále nepostupuje. Pro uzávěrový profil Záběhllice s usazeným sedimentem neuvažují, WaTEM/SEDEM počítá hodnotu sám. Tzn. Množství sedimentu před uzávěrovým profilem = množství z WaTEM/SEDEM – zachycený sediment v Dobřejově – zachycený sediment v nádrži dílčího podpovodí 7 ($121,1 - 32,4 - 29,9 = 58,7$ t/rok). Zachycený sediment v Záběhlickém rybníku je 63,3% z 58,7 t/rok, tj. 37,2 t/rok sedimentu se usadí v rybníku v Záběhlicích (tab. 9).

Rybník v Mitrovicích má hodnoty transportovaného sedimentu spočítány modelem WaTEM/SEDEM. Před uzávěrovým profilem je hodnota elementu 376,5 t/rok. Pod uzávěrovým profilem 154,4 t/rok. V rybníku v Mitrovicích se ročně uloží 222,1 t sedimentu.

7.2 Analýza výsledků množství usazeného sedimentu

Pomocí programu Watem/SEDEM transportovaný sediment pro uzávěrový profil rybníka je v t/rok. Terénním měřením a následným dopočítáním objemu usazeného sedimentu v programu ArcMAP jsou hodnoty v m^3 /rok. Pro porovnání výsledků je nutné převést hodnoty na stejné jednotky.

Sborník přednášek z konference Sedimenty vodní toků a nádrží uvádí hodnotu 1020 – 1100 kg/m^3 [20], V odborném článku o vyhodnocení zanášení Dobroměřického rybníka sedimenty je objemová hmotnost kolem 1300 kg/m^3 , pro Dobroměřický rybník konkrétně 1269 kg/m^3 . [21] Pro převedení objemu usazeného sedimentu vypočítaného po terénním měření volím objemovou hmotnost sedimentu 1300 kg/m^3 .

Tabulka 10 – Analýza výsledků usazeného sedimentu

	WaTEM/SEDEM		Terénní měření	Poměr výsledků terénního zaměření/výsledku matematické simulace
	[t/rok]	[m ³ /rok]	[m ³ /rok]	
Dobřejov	32	25	123	4,9
Záběhlice	37	29	138	4,8
Mitrovice	222	171	850	5

Terénní měření a matematická simulace mají rozdílné výsledky (tab. 10). Všechny 3 nádrže mají trend poměru výsledků konstantní. Terénním měřením je u všech třech nádrží až pěti násobně vyšší obsah usazeného sedimentu, než dopočítán modelem WaTEM/SEDEM.

8. DISKUSE VÝSLEDKŮ

Položme si otázku, proč je terénní měření usazeného sedimentu vybraných třech rybníků povodí Záběhlického potoka 5x větší, než hodnoty vycházející z modelu WaTEM/SEDEM? Může za to chybovost terénního měření, vstupní data a následné výsledky modelu WaTEM/SEDEM, nebo něco úplně jiného?

Na začátku je nutné si uvědomit stáří rybníků. Stáří rybníku v Dobřejově a Záběhlicích je cca 100 let, rybník v Mitrovicích je ještě daleko starší. Musíme se zamyslet nad tím, jak se nám změnila zemědělská pozemky minimálně za posledních sto let. Musíme porovnat tyto úvahy s korektností výpočtu. Nemáme písemně podložené roky vzniku rybníků a nad údaji, zda byly rybníky bagrovány, zda je množství sedimentu z biologického hodnocení odhadnuté, nebo změřené a zda je množství odvozeného sedimentu pravdivé, nad tím můžeme polemizovat.

Ráz zemědělských pozemků se od rozpadu Rakouska – Uherska, přes První republiku, po kolektivizaci zemědělství a tím následný vznik JZD po roce 1948, velmi změnil. Na začátku 19. století bylo na území ČR mnoho statků. Pole, která ke statkům patřila, statky obhospodařovaly. Po roce 1948 začaly v Československu vznikat JZD za účelem vytvoření co největších orných ploch, to bylo důsledkem tzv. socialistické zemědělské politiky.

Na začátku století byly pozemky menší, měly kratší délky a s tím spojené menší sklonitosti (LS_faktor byl nižší). Po roce 1948 se orné plochy zvětšily, LS_faktor byl vyšší a osevnické postupy se řídily tak, aby byla po válce produkce co největší. Od roku 1995 klesá výměra zemědělské půdy a roste výměra lesů. Klesá výměra orné půdy a stoupá výměra trvalých travních porostů – zatravňování. Opět se nám mění skladba LS a C faktoru.

Aby byl výpočet korektní a eliminovalo se co nejvíce chyb, musela bych poslední století rozdělit minimálně do třech období. Změny LS a C faktoru by ovlivňovaly rovnici ztráty půdy USLE.

Pokud bych měla podrobnější vstupní informace k terénnímu měření, týkajících se stáří rybníků, popřípadě množství uloženého sedimentu měřeného v minulých letech, dokázala

bych výsledky určit přesněji. Takto lze jen polemizovat nad tím, jestli za posledních sto let v krajině Záběhlického potoka došlo k minimálním změnám a mohu podíl uloženého sedimentu za rok počítat lineárně, nebo by se mi po určitém období změnil.

Výsledky terénního měření jsou 5-ti násobně vyšší, než matematická simulace – a to pro všechny tři sledované rybníky. Výsledky výpočtů jsou ovlivněny několika faktory. Výsledky terénního měření mohou být ovlivněny nepodloženými informacemi od majitelů rybníků, o stáří a množství odtěženého sedimentu měřených rybníků. Matematická simulace výpočtu má základ v rovnici USLE, v níž použitý C_faktor se s ohledem na stáří rybníků (přes 100 let) měnil. Teď jsem počítala s průměrnou hodnotou C_faktoru pro ornou půdu 0,247. Například za socialismu byl C_faktor průměrně vyšší, pěstovalo se zde daleko více kukuřice. C_faktor by byl přes 0,3. Dnes se také například uvažuje regionalizovaná hodnota faktoru R okolo 60, to je hodnota o 50% vyšší, než uvádí Janečkova metoda. [4] LS_faktor má ve výpočtu hodnoty 0-60. Dříve byly pole menší (kratší), strmější. LS_faktor by byl vyšší. Tyto změny výpočet nezahrnuje, opět беру průměrnou hodnotu. V dílčích povodí se nejvíce sedimentu transportuje z pozemků orné půdy. Do vodních toků a nádrží se pak nejvíce transportuje z těch, které mají větší svažitost, jsou blízko, nebo plně v kontaktu s vodním tokem a z těch, které nic od vodního toku nedělí, tak nic nebrání transportovanému sedimentu se usadit.

9. CELKOVÁ ZTRÁTA DÍLČÍCH POVODÍ A ANALÝZA POZEMKŮ

9.1 Celková ztráta dílčích povodí

Zadání DP směřovalo k posouzení zanášení malých vodních nádrží v zemědělské krajině. Pro práci měly být využity již existující datové vrstvy WaTEM/SEDEM. Efektivita snížení ztráty půdy je posouzena jen na základě rovnice USLE, ta však neposuzuje transport sedimentu. K opatření požadovaného efektu vycházím z celkové ztráty půdy na orné půdě dílčích povodí. Trvalé travní porosty vyhodnotil WaTEM/SEDEM jako pozemky, kde k transportu sedimentu nedochází. Pozemky, které jsou nejvíce erozně ohrožené, u jejichž nejnížší hranice dochází k nejmenší depozici a jsou potenciálně nakloněny k tomu, že sediment z nich bude transportován do toku, následně do MVN, nebo sediment bude transportován přímo do nádrže, budou ošetřeny změnou osevniho postupu, který sníží C_faktor a tím bude snížena celková ztráta půdy podpovodí v t/rok.

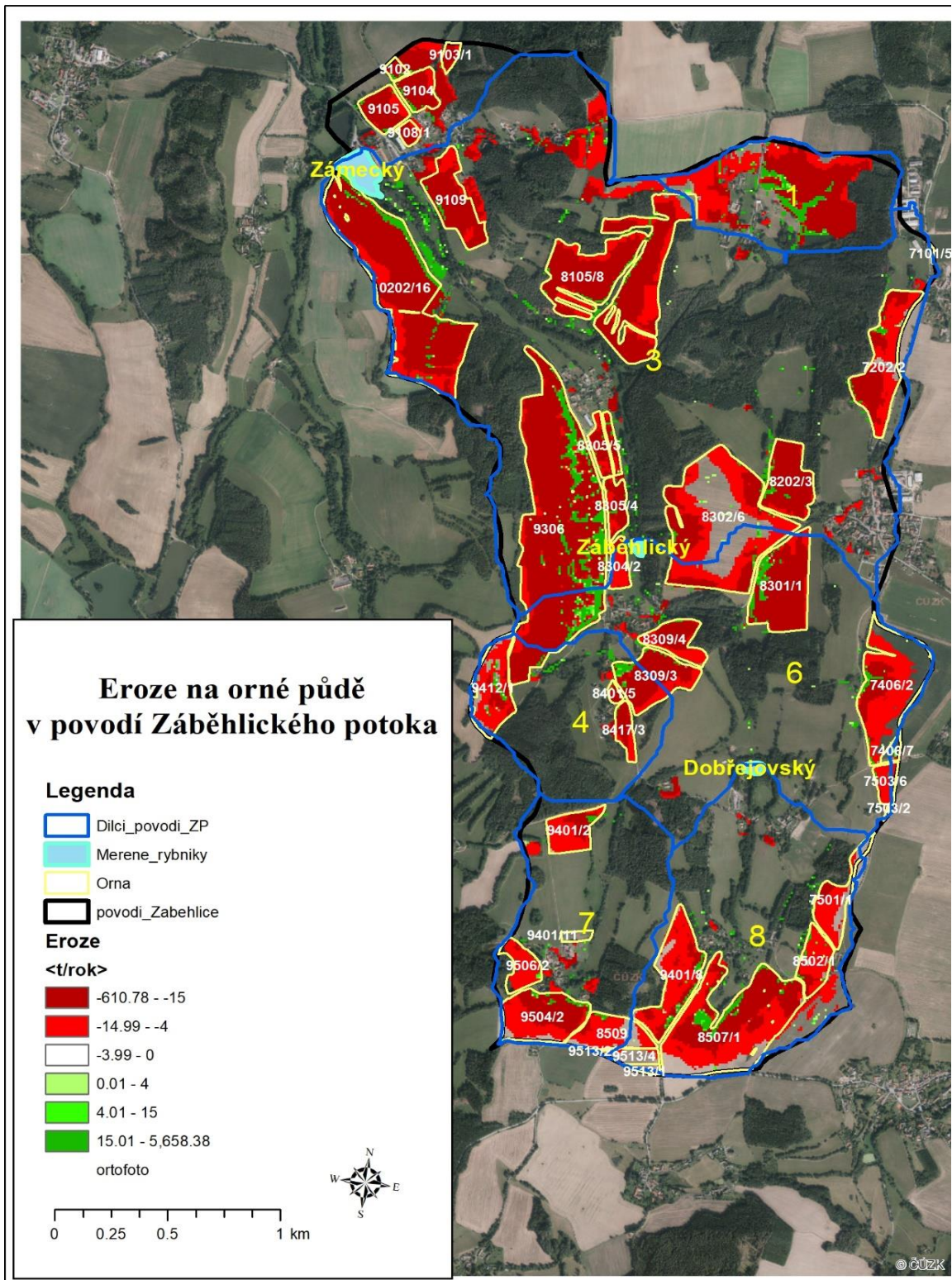
Pomocí USLE byla spočítána průměrná ztráta půdy z orné půdy v t/ha/rok. Na přepočítání celkové ztráty půdy jsou některé pozemky rozděleny dle hranic dílčích povodí. Nad takto upravenou vrstvou SHP je spočítána celková ztráta půdy. Rozlohu upravených pozemků převedu z m² na ha a vynásobím průměrnou ztrátou půdy. Po sečtení průměrné ztráty půdy, která je upravena tak, aby elementy nad dílčím povodím měly každý svou hodnotu, jsou sečteny a mám informaci o celkové ztrátě půdy v t/rok, kterou se budu snažit snížit (tab. 11).

Tabulka 11 – Celková ztráta půdy na orné půdě dílčích povodí

Dílčí povodí	Celková ztráta půdy [t/rok]
1	1,8
3	1231,9
4	98
6	454,3
7	96,7
8	199,2

Největší celková ztráta půdy dílčích povodí orné půdy je v dílčích povodí 3,6 a 8. Pro jaké pozemky změna C_faktoru povede k největší efektivitě snížení bude v následující analýze. Výchozí je obrázek 25.

Obrázek 25 – Eroze na orné půdě + čísla bloků_LPIS



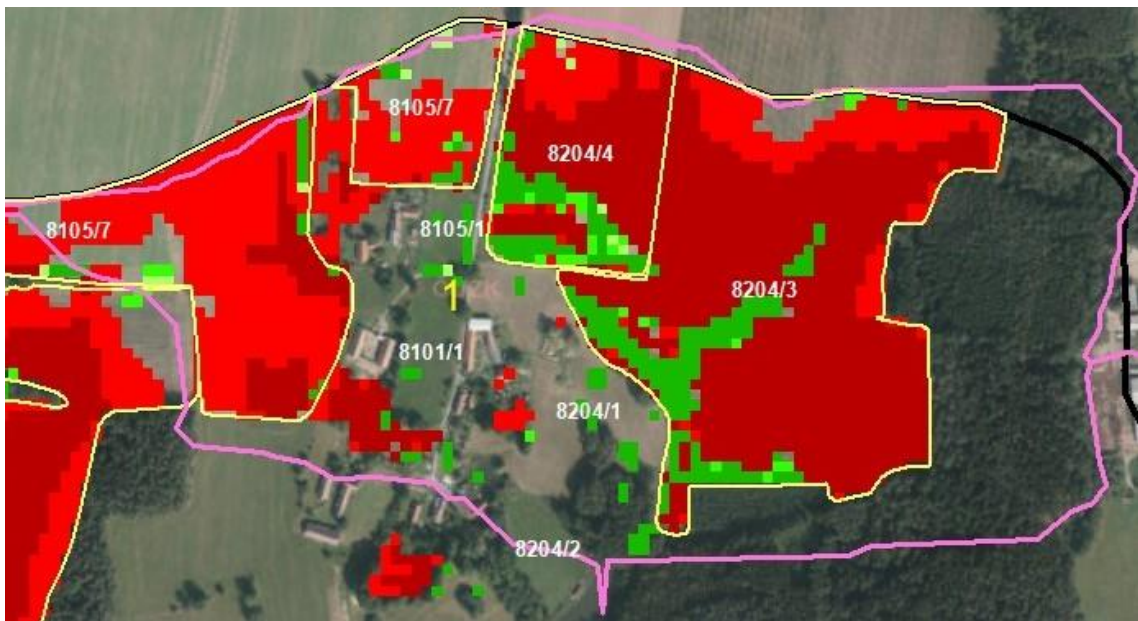
ORTOFOTOMAPA ČR [13]

9.2 Analýza jednotlivých pozemků orné půdy

9.2.1 Dílčí povodí 1

Dílčí povodí má průměrnou celkovou ztrátu půdy z orných pozemků 1,8 t/rok. Na pozemku s číslem bloku_LPIS 8204/3 a 8204/4 je vysoká depozice. Na pozemku s číslem 8105/7 je vidět eroze. Transportovaná půda se s největší pravděpodobností usadí na loukách, které jsou na nejnižším okraji pozemku. V tomto dílčím povodí osevňovací postup a tím snižování C_faktoru neproběhne. V tomto dílčím povodí dochází k minimálnímu transportu sedimentu do toku (obr. 26).

Obrázek 26 – Eroze a depozice dílčího povodí 1



ORTOFOTOMAPA ČR [13]

Pozemky s čísly bloků 8105/1, 8101/1 a 8204/2 jsou trvalé travní porosty. Dále, trvalé travní porosty, nebudou číslovány. Nebudou předmětem úprav.

9.2.2 Dílčí povodí 8

Dílčí povodí 8, povodí Dobřejevského rybníka, má celkovou ztrátu půdy z orné půdy 199,2 t/rok.

Obrázek 27 - Eroze a depozice dílčího povodí 8



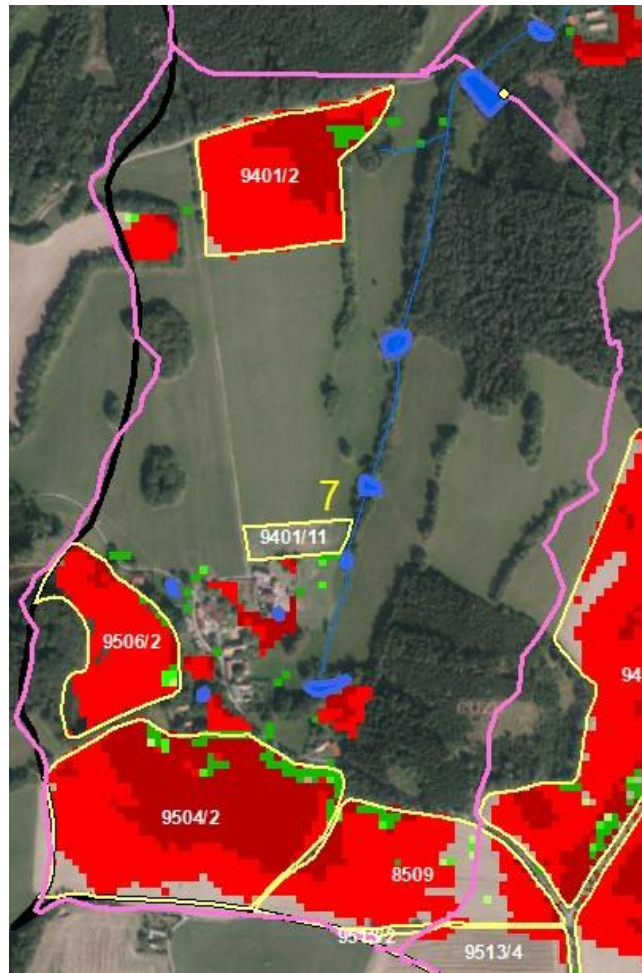
ORTOFOTOMAPA ČR [13]

Pozemky s číslem bloku_LPIS 7501/1 a 8502/1 mají vysokou erozi. Na západní straně dochází k depozici a od vodního toku je dělí lesy a pastviny, které transportu sedimentu zamezí. Pozemek s číslem bloku_LPIS 9401/8 má stejné vlastnosti, navíc na jeho východní straně je silnice. Sediment se zde do vodního toku netransportuje. Orná půda s číslem bloku_LPIS 8507/1 má vysokou erozi. Jsou zde vidět i místa depozice. Na severní straně je pozemek u vodního toku, kde transportovaný sediment nic nezachytí. Na tomto pozemku bude změněn osevňovací postup a tím bude sníženo C_faktor (obr. 27).

9.2.3 Dílčí povodí 7

Dílčí povodí 7 má celkovou ztrátu půdy z orné půdy 96,7 t/rok.

Obrázek 28 – Eroze a depozice dílčího povodí 7



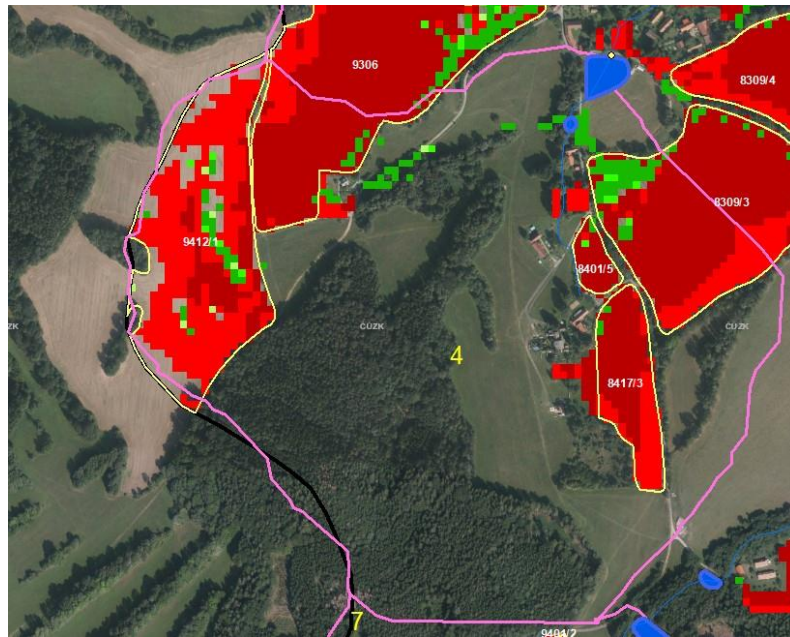
ORTOFOTOMAPA ČR [13]

Pozemek s číslem 8509 – transport sedimentu do vodního toku brání lesní porost na severní straně. Pozemky 9504/2 a 9506/2 jsou náchylné na erozi, od vodního toku je dělí silnice, zástavba domů a louky. Transport sedimentu z těchto polí nebude. Ornou půdu s číslem 9401/2 dělí od vodního toku lesní porost a louka. Na východní straně pozemku pramení pravostranný přítok do toku, který je zásobním tokem rybníka. Na tomto pozemku bude snížena celková ztráta půda (obr. 28).

9.2.4 Dílčí povodí 4

Dílčí povodí 4 má celkovou ztrátu půdy z orné půdy 98 t/rok.

Obrázek 29 – Eroze a depozice dílčího povodí 4



ORTOFOTOMAPA ČR [13]

Pozemky orné půdy dílčího povodí 4 jsou náchylné k erozi, k transportu sedimentu do vodního toku nedojde (obr. 29). Transport sedimentu zde eliminuje lesní porost a louky.

9.2.5 Dílčí povodí 6

Dílčí povodí 6, povodí Záběhlického rybníka, má celkovou ztrátu půdy z orné půdy 454,3 t/rok.

Obrázek 30 – Eroze a depozice dílčího povodí 6



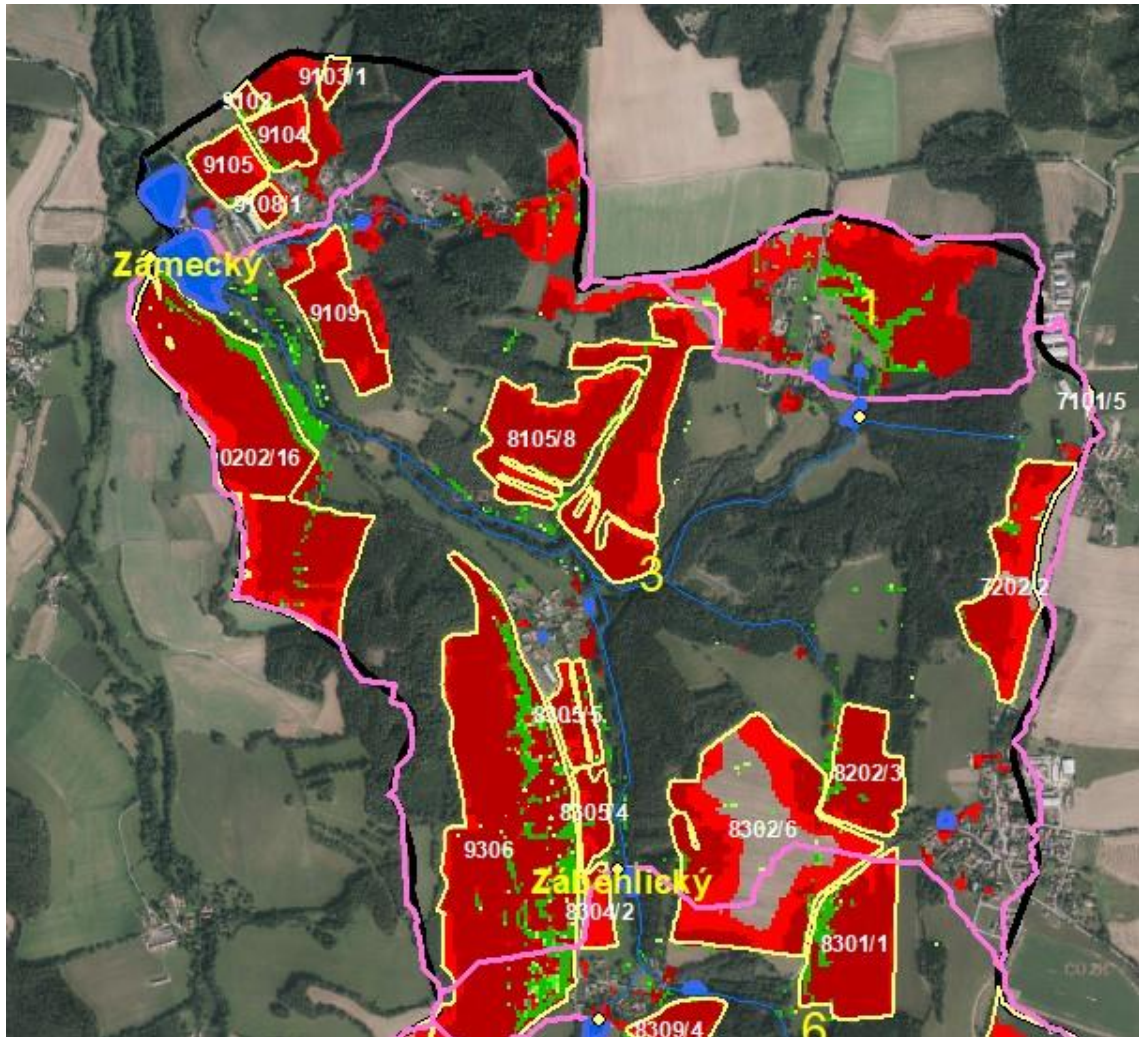
ORTOFOTOMAPA ČR [13]

Pozemky s číslem 8301/1, 7406/2, 7503/6 a 8309/3 nebudou do rovnice USLE upravovány. Transport jejich erodované půdy neproběhne z důvodu zamezení trvalého travního porostu, lesního porostu, nebo jejich míst depozic v nejnižších místech pozemků. Pozemek 8309/4 je na severní straně kontaktně spojen s tokem, transport sedimentu do toku proběhne, úprava bude. Pozemek 8302/6 nemá před vstupem k toku žádná místa depozit, transport sedimentu do vodního toku je, bude upravován k celkovému snížení ztráty půdy. Pozemek 8304/2 dělí od vodního toku na východní straně trvalý travní porost. Z vlastní zkušenosti vím, že je moc úzký a k transportu sedimentu zde dochází. Tento pozemek podlehne úpravám (obr. 30).

9.2.5 Dílčí povodí 3

Dílčí povodí 3, povodí Zámeckého rybníka (Mitrovice) má celkovou ztrátu půdy z orné půdy 1231,9 t/rok.

Obrázek 31 – Eroze a depozice dílčího povodí 3



ORTOFOTOMAPA ČR [13]

Pozemky s číslem 9306, 8304/2, 8305/5 jsou pozemky kde erozi na obr. 31 vidíme. Je zde patrná ochrana před transportem sedimentu v podobě silnic a lesních nebo travních porostů. Pozemek 8305/4 má východní hranici u vodního toku, místa depozic zde nejsou, k transportu sedimentu zde docházet bude. Tento pozemek bude upraven ke snížení

celkové ztráty půdy. Na orné půdě pozemku s číslem 8105/8 je eroze. Na jižní straně jsou místa depozic, jsou zde i místa kde k transportu sedimentu do vodního toku dochází. Zde proběhne úprava osevního postupu. Pozemek s číslem 9109 od vodního toku dělí silnice a pás lesního porostu, k transportu sedimentu do vodního toku zde nedochází. Pozemek orné půdy s číslem 0202/16 vysoká eroze zde je, u vodního toku jsou místa depozic. Mezi pozemkem a vodním tokem/nádrží je stromová výsadba a travní pás. K transportu sedimentu do vodního toku zde nedojde, pozemek upravován nebude. Zbylé pozemky na východní straně (8302/6, 8202/3, 7202/2) nejsou úzce spojeny s vodním tokem. K transportu sedimentu zde brání travní a lesní porosty. K úpravám těchto pozemků nedojde.

9.3 Postup snížení celkové ztráty půdy

Provedla jsem analýzu pozemků viz. kapitola 9.2. Dle mé analýzy provedu snížení C_faktoru z 0,247 na 0,089 na vybraných pozemcích. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy má na svém portálu protierozní kalkulačku. [15] Tam zjistím, jaký osevní postup na orné půdě je, jaký je C_faktor a jak změním C_faktor změnou osevního postupu. Pro tuto oblast jsem počítala nejprve s průměrnou hodnotou C_faktoru 0,247.

Obrázek 32 – Osevní postup pro C_faktor = 0,247

Osevní postupy								
Klasický JE, OP, KS, JJ, OR, OP, BR, JJ Zvolit Nápověda								
Filtry: ZVO: bramborářská počet plodin								
	Plodiny osevního postupu		Agrotechnika	Termíny agrotechnických operací				faktor C
	Plodina	Zařazení		Příprava půdy	Setí/sázení	Skližeň	Podmítka/Orba	
1	Jetel plazivý	hl. plodina	podsev do předplodiny	28.3.2021	7.4.2021	15.9.2022	20.9.2022	0,045
2	Pšenice ozimá	hl. plodina	setí do zorané půdy, sláma sklizena	21.9.2022	5.10.2022	4.8.2023	9.8.2023	0,060
3	Kukuřice siláž	hl. plodina	setí do zorané půdy, sláma sklizena	16.4.2024	27.4.2024	5.9.2024	12.9.2024	0,653
4	Ječmen jarní	hl. plodina	setí do zorané půdy, sláma sklizena	28.3.2025	7.4.2025	31.7.2025	7.8.2025	0,174
5	Řepka ozimá	hl. plodina	setí do zorané půdy, sláma sklizena	10.8.2025	11.8.2025	27.7.2026	3.8.2026	0,253
6	Pšenice ozimá	hl. plodina	setí do zorané půdy, sláma sklizena	21.9.2026	5.10.2026	4.8.2027	9.8.2027	0,276
7	Brambory	hl. plodina	v přímých řádcích libovolného směru, včetně odkameňování	9.4.2028	26.4.2028	1.9.2028	8.9.2028	0,583
8	Ječmen jarní	hl. plodina	setí do zorané půdy, sláma sklizena	28.3.2029	7.4.2029	31.7.2029	7.8.2029	0,181

C: 0,247

[15]

Na obrázku 32 je zmíněn historicky standartní osevní postup v dané lokalitě. Technologie obdělávání půdy představuje mělkou podmítku s následnou hlubokou orbou. Přípravení jemného seťového lůžka, vlastního setí a uválení nakonec. Po sklizni plodin dojde většinou k sebrání zbytkové organické hmoty – slámy. Hlavně u širokořádkých plodin zařazených v tomto osevním postupu dochází na takto hladce upravené ploše bez kamení a rostlinných zbytků k mnohem větší erozi, než u plodin a technologií uvedených na obrázku 33.

Nová hodnota C_faktoru 0,089 vychází z osevního postupu Půdochranné technologie v bramborářské oblasti. Snížením C_faktoru sníží průměrnou ztrátu půdy v t/rok v dílčích podpovodích.

Obrázek 33 – Osevní postup pro C_faktor = 0,089

	Plodiny osevního postupu		Agrotechnika	Termíny agrotechnických operací				faktor C
	Plodina	Zařazení		Příprava půdy	Seť/sázení	Skřízeň	Podmítka/Orba	
1	Jetel plazivý	hl. plodina	podsev do předplodiny	28.3.2021	7.4.2021	15.9.2022	20.9.2022	0,043
2	Pšenice ozimá	hl. plodina	seť do zorané půdy, sláma ponechána	21.9.2022	5.10.2022	4.8.2023	9.8.2023	0,053
3	Kukuřice siláž	hl. plodina	seť do strniště, sláma ponechána	16.4.2024	27.4.2024	5.9.2024	12.9.2024	0,057
4	Kukuřice siláž	hl. plodina	seť do strniště, sláma ponechána	16.4.2025	27.4.2025	5.9.2025	12.9.2025	0,211
5	Oves setý	hl. plodina	seť do zorané půdy, sláma ponechána	25.3.2026	8.4.2026	10.8.2026	17.8.2026	0,172

Č. 0,089 [15]

Na obrázku 33 je popsáno použití technologie zpracování půdy, při níž na pozemku zůstanou rozdrčené rostlinné zbytky, které se zapravují do půdy. K zapravování dochází diskováním, nebo podrýváním. Poté následuje pouze seť. Při pěstování širokořádkých plodin je zaseta ještě meziplodina. Ta je následně rozdrčena (mulč) a zaseta vlastní plodina. U obou těchto způsobů zůstává na pozemku velké množství rostlinných zbytků. Vlastní půda je propustnější, zadržuje více vody. Celý pozemek není tak hladký a náchylný k erozi.

Pomocí GIS přepočítám rovnici USLE. Postup dle původního výpočtu. C_faktor bude u vybraných pozemků změněn a ztráta půdy přepočítána.

9.4 Snížená celková ztráta půdy

Na základě snížení C_faktoru na orné půdě z hodnoty 0,247 na 0,089 se snížila celková ztráta půdy na vybraných pozemcích s ornou půdou a tím i celková ztráta půdy na dílčích povodích.

Tabulka 12 – Na základě změny C_faktoru, snížená ztráta půdy z pozemků

č. LPIS-půdní blok	C_faktor = 0,247		C_faktor = 0,089	
	Průměrná ztráta půdy [t/ha/rok]	Ztráta [t/rok] z pozemku	Průměrná ztráta půdy [t/ha/rok]	Ztráta [t/rok] z pozemku
9401/2	6,4	16,5	1,7	5,9
8305/4	5,7	12,1	2,1	4,7
8309/4	10,8	36,9	3,9	13,3
8302/6	4,4	74,7	1,6	39,7
8304/2	4,2	5,8	1,5	2,6
8105/8	7,2	169,1	2,6	61,6
8507/1	6,3	124,1	2,3	44,7

Na základě analýzy (kap. 9.2) pozemků byl na vybraných pozemcích snížen C_faktor. Průměrná ztráta půdy na pozemcích s ornou půdou se snížila na některých pozemcích více než o polovinu (tab. 12).

Snížila se také celková ztráta půdy z dílčích povodí (tab. 13).

Tabulka 13 – Změna celkové ztráty půdy na orné půdě dílčích povodí

Dílčí povodí	Celková ztráta půdy [t/rok]	Změna celkové ztráty půdy [t/rok]	Snížení o... [%]
1	1,8	1,8	
3	1231,9	1082,8	12
4	98	98	
6	454,3	430,7	5
7	96,7	86,2	11
8	199,2	119,8	40

Na povodích 1 a 4 nebyly žádné pozemky s ornou půdou, které by přímo transportovaným sedimentem ohrožovaly vodní tok nebo nádrže. Na těchto pozemcích změněn osevňovací postup a tím snížen C_faktor nebyl. Celková ztráta půdy v t/rok je stejná.

Povodí 3 je největší dílčím povodím. Zde proběhlo snížení C_faktoru u dvou pozemků, změna celkové ztráty půdy je zde z 1232 na 1083 t/rok. Na dílčím povodí 6 byl snížen C_faktor u tří pozemků s ornou půdou. Celková ztráta půdy zde byla snížena o necelých 25 t/rok. U dílčích povodí 7 a 8 byl osevňovací postup změněn jen na jednom vybraném pozemku. I tak se celková ztráta půdy ročně snížila. U povodí 7 o necelých 10 t/rok a u povodí 8 dokonce o necelých 80 t/rok.

Abych docílila nižšího C_faktoru a tím snížila průměrnou ztrátu půdy z pozemku, musím změnit osevňovací postup na zemědělském pozemku. Větší snížení by vedlo k radikálnější změně osevňovacího postupu. Nad rámec mé práce je řešit, zdali se další snížení C_faktoru a tím změněný osevňovací postup zemědělci ještě vyplatí. V další fázi by bylo k zamyšlení, zda – li by se nevyplatilo udělat na pozemku nějaká technická opatření, která by eliminovala ztrátu půdy. Prvotní investice by byla finančně náročnější, do budoucna by ale opatření mohlo být rentabilnější než markantně změněný osevňovací postup.

Změnou C_faktoru se snížila celková ztráta půdy na dílčích povodí. U povodí 3 o 12 %, u povodí 6 o 5 %. U povodí 7 o 11 % a u dílčího povodí 8 o 40 % (tab. 13). Mnou navržený scénář snížení ztráty půdy byl úspěšný. Orientačně můžu uvažovat, že stejné procento snížení ztráty půdy bude stejné jako procento sníženého zanášení MVN.

10. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo analyzovat zemědělské pozemky v povodí Záběhlického potoka. Analýza proběhla z pohledu erozí a následného transportu sedimentu do vodního toku a malých vodních nádrží. Následně proběhlo snížení celkové ztráty půdy ze zemědělských pozemků.

V úvodní části jsem charakterizovala území Záběhlického potoka, popsala zemědělsky využívané pozemky a podrobněji popsala malé vodní nádrže, u kterých byl na základě terénního měření zjištěn objem uloženého sedimentu.

Praktickou část jsem začala terénním měřením třech malých vodních nádrží v povodí Záběhlického potoka. Měření v terénu jsem se účastnila a bylo přímým podkladem, na jehož základě jsem vyhodnocovala data. Vyhodnocení jsem provedla pomocí programu GIS_ArcMAP. Výsledkem byla aktuální mocnost sedimentu a s tím spojený celkový objem usazeného sedimentu a také celkový objem vody. Součtem obou zjištěn celkový objem nádrže.

K modelu erozí a transportu sedimentu do vodních toků a nádrží mi byly poskytnuty vrstvy erozí a transportu sedimentu na základě výpočtu modelu WaTEM/SEDEM.

Nedílnou součástí výpočtu byl i dopočet poměru zachycení sedimentu v nádržích na základě analytického vyjádření (Dendy 1978). Součinností výstupů WaTEM/SEDEM, poměrů zachycení a GIS bylo dopočítáno množství zachyceného sedimentu v jednotlivých, pro výpočet významných, nádrží. Množství zachyceného sedimentu se lišilo dle velikosti nádrže a velikosti kumulativního podpovodí.

K eliminaci celkové ztráty půdy na dílčích povodí a tím následným potencionálním snížením možného transportu sedimentu do vodních toků a vodních nádrží byl použit přepočet rovnice USLE. USLE byla přepočítána se sníženým C_faktorem.

Závěrem bylo konečné porovnání výsledků celkové ztráty půdy změnou C_faktoru. Celková ztráta půdy se snížila a tím by se snížilo i množství transportovaného sedimentu a celkový objem sedimentu usazeného v nádržích.

FOTODOKUMENTACE

Foto 1 – Přítok do rybníka_Dobřejov



Foto 2 – Hráz rybníka_Dobřejov



Foto 3 – Rybník v Dobřejově



Foto 4 – Pořerák_Dobřejov



Foto 5 – Odtok z rybníka přes TTP_Dobřejov



Foto 6 – Pohled na hráz a část rybníka_Záběhlíce



Foto 7 – Vypuštěný rybník_Záběhlíce



Foto 8 – Požerák s pohledem na rybník_Záběhlíce



Foto 9 – Odtok z rybníka Záběhlíce



Foto 10 – Rybník v Mitrovicích – pohled z hráze



Foto 11 – Požerák rybníku v Mitrovicích



Foto 12 – Sádky pod hrází rybníku v Mitrovicích



Foto 13 – Rybník v Mitrovicích – pohled od bezpečnostního přelivu



Foto 14 – Bezpečnostní přeliv s česlemi – rybník Mitrovice



Foto 15 – Kamenný skluz bezpečnostního přelivu – rybník Mitrovice



Foto 1 – 15: autorka

Reference

- [1] M. Cindy, „ScienceDirect; Spatial and temporal patterns of sedimentation in an infilling reservoir; Palinkas,“ 9 2019. [Online]. [Přístup získán 2021].
- [2] M. E. A.-A. N. I. I. E. Mohammad, „Lakes & reservoirs – Sediment in Mosul Dam reservoir using the HEC-RAS model,“ 9 2016. [Online]. [Přístup získán 2021].
- [3] D. A. V. R. V. V. Krasa, „Reservoirs' siltation measurements and sediment transport assessment in the Czech Republic, the Vrchlice catchment study,“ 2005. [Online]. [Přístup získán 2021].
- [4] M. J. a. kol., Ochrana zemědělské půdy před erozí, Praha, 2012.
- [5] *Vodní hospodářství*, 2020.
- [6] I. J. Zmeškalová, Biologické hodnocení vlivu rekonstrukce tří rybníků, 2007.
- [7] DIBAVOD, „Oddělení geografických systémů a kartografie,“ [Online]. Available: <https://dibavod.cz/>. [Přístup získán 2021].
- [8] „Veřejný export dat LPIS,“ [Online]. Available: <https://eagri.cz/public/app/eagriapp/lpisdata/>. [Přístup získán 2021].
- [9] Č. Habart, Popis dějin krajiny mezi stříbropěnnou Vltavou a památným Blaníkem a vylíčení života jejího lidu - Sedlčansko, Sedlecko a Voticko.

- [10] „Seznam mapy,“ [Online]. Available: <https://mapy.cz/>. [Přístup získán 2021].
- [11] „Prezentace starých mapových děl z území Čech, Moravy a Slezka,“ [Online]. Available: <http://oldmaps.geolab.cz/>. [Přístup získán 2021].
- [12] K. AQUA, Manipulační a provozní řád vodního díla Zámecký rybník, 2010.
- [13] „Geoportál ČÚZK, ZABAGED,“ [Online]. Available: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(ayjzp30yatz23k5rbmlytifr\)\)/default.aspx?head_tab=sekcce-02-gp&mode=TextMeta&text=dSady_uvod&menu=20&news=yes](https://geoportal.cuzk.cz/(S(ayjzp30yatz23k5rbmlytifr))/default.aspx?head_tab=sekcce-02-gp&mode=TextMeta&text=dSady_uvod&menu=20&news=yes). [Přístup získán 2021].
- [14] I. J. Krása, Hodnocení erozních procesů ve velkých povodích za podpory GIS, Praha, 2004.
- [15] „Protierozní kalkulačka,“ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., [Online]. Available: <https://kalkulacka.vumop.cz/>. [Přístup získán 2021].
- [16] M. e. al, *Studijní materiál_Krása*, 1998.
- [17] „WaTEM/SEDEM Homepage,“ [Online]. Available: <https://ees.kuleuven.be/geography/modelling/watemstedem/>. [Přístup získán 2021].
- [18] I. M. Bauer, POSuzování erozní ohroženosti vodních nádrží sedimentem s využitím modelu WaTEM/SEDEM, Praha, 2018.
- [19] W. Julie, Transport splavenin v povodí VN Vrchlice, Praha, 2020.

- [20] M. B. P. Mončeková, „Vliv kvality sedimentu na jeho těžbu, transport a strojné odvodnění,“ v *Sedimenty vodných toků a nádrží* , 2017.
- [21] D. B. Krása, „Vyhodnocení zanášení Dobroměřického rybníka sedimenty,“ *Ochrana přírody*, 2 2020.