
Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



Česká
zemědělská
univerzita
v Praze

**Návrh komplexního systému protierozní ochrany
v katastrálním území Nedvědice u Soběslavi**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Michal Beneš

Vedoucí práce: Ing. Jan Petruš

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Michal Beneš

Krajinné a pozemkové úpravy

Název práce

Návrh komplexního systému protierozní ochrany v katastrálním území Nedvědice u Soběslavi

Název anglicky

Design of a comprehensive system of erosion protection in the cadastral area of Nedvědice u Soběslavi

Cíle práce

Cílem diplomové práce je popsat problematiku eroze půdy, charakterizovat zájmové území a jednotlivé erozní faktory. Hlavní cíl diplomové práce spočívá v návrhu komplexních protierozních opatření pro zemědělské půdní bloky nacházející se v katastrálním území Nedvědice u Soběslavi.

Metodika

Z odborné literatury a článků bude vypracována rešerše zaměřená na problematiku půdy zahrnující například vodní a větrnou erozi. Dále pak na široké spektrum protierozních opatření a univerzální rovnici ztráty půdy. V další části bude popis zájmového území, tzn. historie, pedologické, klimatické, přírodní a geologické podmínky včetně meliorací na tomto území. V praktické části bude pro vybrané katastrální území vypracována ohroženost jednotlivých zemědělských půdních bloků dle rovnice USLE. Podle výsledků z osobního šetření a získaných dat budou provedeny návrhy protierozních opatření. Jednotlivá opatření budou vyhodnocena z hlediska snížení erozního ohrožení a potenciálu zadržetí vody v krajině. Technická opatření budou dimenzována pomocí srážko-odtokového modelu. Součástí práce budou mapové výstupy vytvořené pomocí GIS.

Doporučený rozsah práce

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

Klíčová slova

eroze, protierozní opatření, půda, půdní bloky

Doporučené zdroje informací

- JANEČEK, M. a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: ČZU. s. 114. ISBN 978-80-87415-42-9.
- MORGAN, R. P. C.; NEARING, M. A. *Handbook of erosion modelling*. Chichester, West Sussex, UK ; Hoboken, N.J.: Wiley, 2011. ISBN 9781405190107.
- MORGAN, R. P. C. *Soil erosion and conservation*. Malden: Blackwell, 2005. ISBN 1-4051-1781-8.
- NOVOTNÝ, I. a kol., 2017: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. Praha: VUOMP, s. 50. ISBN 978-80-7434-362-9.
- SKLENIČKA, P., 2003: Základy krajinného plánování. Praha: Naděžda Skleničková. ISBN 80-903206-1-9.
- ŠARAPATKA, B. et al., 2002: Kvalita a degradace půdy. Olomouc: Ministerstvo životního prostředí ČR. ISBN 80-244-0584-9.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Petruš

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 21. 11. 2023

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 11. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2024

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem samostatně vypracoval diplomovou práci na téma „Návrh komplexního systému protierozní ochrany v katastrálním území Nedvědice u Soběslavi“ a veškeré použité informační zdroje jsem řádně citoval.

Jsem obeznámen s platným zákonem č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s tímto právem a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, týkající se užití tohoto díla.

Souhlasím se zveřejněním mé diplomové práce v souladu se zákonem 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 obhajoby.

Svým podpisem rovněž stvrzuji shodu mezi elektronickou a tištěnou verzí mé práce a že bylo dodrženo nakládání s uvedenými údaji v souladu s předpisy GDPR.

V Soběslavi dne 27.03.2024

Michal Beneš

Poděkování

Rád bych vyjádřil upřímné poděkování Ing. Janu Petrovi, vedoucímu mé diplomové práce, za jeho vstřícné rady a neocenitelnou pomoc během zpracovávání. Rovněž bych chtěl poděkovat celé mé rodině a přátelům za jejich nepřetržitou podporu během celého studia a při psaní diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá identifikací ohrožených půdních bloků erozí a následným návrhem protierozních opatření na katastrálním území Nedvědice u Soběslavi.

K dosažení tohoto cíle byla nezbytná charakteristika zájmového území, a to z hlediska klimatických poměrů, hydrologické skupiny půd, přírodních podmínek, zemědělství apod. K výpočtu ohrožených půdních bloků byla využita univerzální rovnice ztráty půdy USLE pro výpočet erozního smyvu, sestavení srážko-odtokového modelu pomocí programu HEC-HMS a program ArcGIS Pro k implementaci potřebných dat a vytvoření mapových výstupů. Součástí práce byl také terénní průzkum, při kterém došlo k nalezení současných protierozních opatření a pořízení fotodokumentace.

Na základě těchto získaných dat byla navržena protierozní opatření, zahrnující organizační, agrotechnická a technická opatření s cílem omezit erozi půdy, chránit intravilán obce a snížit povrchový odtok.

Klíčová slova: eroze, protierozní opatření, půda, půdní bloky

Abstract

This diploma thesis deals with the identification of soil blocks threatened by erosion and subsequent proposal of erosion control measures in the cadastral area of Nedvědice u Soběslavi.

To achieve this goal, it was necessary to characterize the area of interest in terms of climatic conditions, hydrological soil groups, natural conditions, agriculture etc. The Universal Soil Loss Equation (USLE) was used to calculate the erosion risk of soil blocks, and a rainfall-runoff model was compiled using the HEC-HMS program. Additionally, the ArcGIS Pro program was utilized for implementing necessary data and creating map outputs. Field surveys were also conducted to identify current erosion control measures and capture photographic documentation.

Based on these acquired data, erosion control measures were proposed, including organizational, agrotechnical, and technical measures aiming to reduce soil erosion, protect the intravilan of the village, and decrease surface runoff.

Key words: erosion, erosion control measures, soil, soil blocks

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod..... | 1 |
| 2 | Cíl práce | 2 |
| 3 | Literární rešerše..... | 3 |
| 3.1 | Půda..... | 3 |
| 3.2 | Klasifikace půd..... | 3 |
| 3.3 | BPEJ..... | 3 |
| 3.3.1 | Klimatické oblasti | 4 |
| 3.3.2 | Hlavní půdní jednotka..... | 4 |
| 3.4 | Degradace půdy..... | 4 |
| 3.4.1 | Vodní eroze | 5 |
| 3.4.2 | Větrná eroze | 6 |
| 3.4.3 | Sněhová eroze | 6 |
| 3.4.4 | Sesuv půdy | 6 |
| 3.4.5 | Antropogenní eroze..... | 6 |
| 3.5 | Metody používané při návrhu protierozních opatření..... | 7 |
| 3.5.1 | Rovnice USLE | 7 |
| 3.5.2 | Metoda čísel odtokových křivek (CN)..... | 14 |
| 3.6 | Pozemkové úpravy | 14 |
| 3.6.1 | Formy pozemkových úprav..... | 15 |
| 3.6.2 | Účastníci řízení o pozemkových úpravách | 15 |
| 3.6.3 | Financování pozemkových úprav | 16 |
| 3.7 | Protierozní opatření..... | 16 |
| 3.7.1 | Organizační opatření | 17 |
| 3.7.2 | Agrotechnická opatření | 18 |
| 3.7.3 | Technická opatření | 20 |
| 3.8 | Opatření k ochraně a tvorbě životního prostředí..... | 24 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.9 | DZES..... | 24 |
| 4 | Charakteristika zájmového území..... | 26 |
| 4.1 | Základní informace a popis zájmového katastrálního území..... | 26 |
| 4.1.1 | Stručná historie..... | 27 |
| 4.1.2 | Klimatické poměry..... | 28 |
| 4.1.3 | Hydrologické podmínky..... | 29 |
| 4.1.4 | Meliorace..... | 29 |
| 4.1.5 | Geomorfologické zařazení..... | 30 |
| 4.1.6 | Typologie dle krajiny..... | 30 |
| 4.1.7 | Hydrologické skupiny půd..... | 31 |
| 4.1.8 | Zemědělství v obci..... | 32 |
| 4.1.9 | Přírodní podmínky..... | 33 |
| 4.1.10 | Větrná eroze..... | 34 |
| 5 | Metodika..... | 35 |
| 5.1 | Použitý software a data..... | 35 |
| 5.2 | Vstupní data pro řešené území..... | 35 |
| 5.3 | Digitální model terénu..... | 35 |
| 5.4 | R faktor..... | 37 |
| 5.5 | K faktor..... | 37 |
| 5.6 | LS faktor..... | 39 |
| 5.7 | C faktor..... | 45 |
| 5.8 | P faktor..... | 46 |
| 5.9 | Výpočet rovnice USLE..... | 46 |
| 5.10 | Stanovení ohrožených půdních bloků..... | 48 |
| 5.11 | Návrh protierozních opatření..... | 51 |
| 5.12 | Dimenzování pomocí srážko-odtokového modelu..... | 51 |
| 5.13 | Návrhová srážka..... | 54 |

| | | |
|------|---|----|
| 5.14 | Sestavení srážko-odtokového modelu v programu HEC-HMS | 55 |
| | Výpočet hydrologických parametrů pro suchou nádrž | 55 |
| 6 | Výsledky | 59 |
| 6.1 | Terénní průzkum | 59 |
| 6.2 | Organizační a agrotechnická protierozní opatření | 65 |
| 6.3 | Technická opatření | 68 |
| 7 | Diskuse | 76 |
| 8 | Závěr | 78 |
| 9 | Použité zdroje | 79 |
| 10 | Seznam obrázků | 85 |
| 11 | Seznam tabulek | 87 |
| 12 | Seznam rovnice | 88 |
| 13 | Přílohy | 89 |

1 Úvod

Eroze je přirozeným jevem, avšak člověk svou činností výrazně urychluje tento proces degradace půdy. Zrychlená eroze, která nastala od šedesátých let minulého století, je vedlejším efektem rozhodnutí o násilné kolektivizaci půdy a vytvoření rozsáhlých půdních celků. Velké orné plochy, dosahující 30–80 hektarů a více, byly vytvořeny bez ohledu na terén a přírodní podmínky (Novák et al. 2008).

Podle studií provedených Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy (VÚMOP, v.v.i. ©2024), je v České republice více než polovina zemědělské půdy ohrožena vodní erozí a přibližně desetina větrnou erozí. Tento trend degradace půdy v důsledku eroze se zejména v posledních 30 letech výrazně urychlil. Hlavními faktory jsou intenzifikace zemědělství a změna preferencí v pěstování určitých plodin.

Hlavní strategie ochrany půdy před erozí spočívá v provádění pozemkových úprav. Zejména pak v realizaci komplexních pozemkových úprav v rámci plánu společných zařízení. Plánování a realizace protierozních opatření v rámci společných zařízení pozemkových úprav umožňuje širokou škálu intervencí. Důležitou součástí ochrany před erozí je také aktivní spolupráce zemědělců, kteří hospodaří na ohrožené půdě erozí. Tato spolupráce zahrnuje dodržování zásad správného hospodaření, volbu vhodných plodin a ochotu přijímat návrhy komplexních protierozních opatření organizačního, agrotechnického a technického charakteru.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo popsání problematiky eroze půdy, podrobné charakterizování zájmového území včetně provedení terénního průzkumu. Dále pak vypočítání dlouhodobé ztráty půdy a dimenzování organizačních, agrotechnických a technických opatření na ohrožených půdních blocích.

3 Literární rešerše

3.1 Půda

Půda je nezastupitelným přírodním zdrojem, nedílnou podmínkou pro rostlinnou, zemědělskou a lesnickou produkci a také je základní složkou životního prostředí. V půdě se odehrává koloběh látek, který je životním prostředím pro rostliny a živočichy. Zadržuje vodní srážky, reguluje jejich odtok a je také zásobárnou vody (Lhotský 2006).

Nejdůležitější funkcí půdy pro lidstvo je její úrodnost, což znamená schopnost poskytovat zemědělským plodinám příznivé podmínky pro růst a vývoj. Půda také plní důležité mimoprodukční funkce. V půdní organické hmotě se nachází zásobárna uhlíku, dusíku, fosforu a síry. Žije zde velké množství mikroorganismů, které jsou klíčové pro řadu důležitých biologických procesů. Půda slouží také jako filtrační médium pro vodu (Taufarová 2014).

3.2 Klasifikace půd

Půda se u nás klasifikuje taxonomickým klasifikačním systémem půd České republiky. Jedná se o hierarchický a multikategorický systém, který je založen na morfologických znacích. Systém obsahuje klasifikaci diagnostických horizontů a výčet diagnostických znaků, které jsou při klasifikaci půd zohledňovány. Kromě půdních horizontů systém klasifikuje i půdotvorné substráty a obsahuje celkem 9 taxonomických úrovní. Mezi tyto úrovně patří referenční třída, půdní typ a půdní subtyp, které podrobně popisují charakteristiky půdy v různých podmínkách a prostředí. Odbornými termíny jsou zde např. matečná hornina, vůdčí pedogenetický proces nebo půdotvorný faktor. Tento systém poskytuje strukturovaný rámec pro klasifikaci půd v České republice a umožňuje detailní popis a porovnání různých typů půd v zemi (Vavříček a Kučera 2020).

3.3 BPEJ

Systém BPEJ (Bonitovaná půdně ekologická jednotka) představuje flexibilní, multidisciplinární rámec, který integruje znalosti z různých vědeckých disciplín, včetně agronomie, pedologie, geologie, klimatologie, geomorfologie a zemědělské ekonomie (Mašát 2002).

Kód BPEJ je definován pěticí čísel. První z nich určuje klimatickou oblast, ve které se půda nachází. Druhé a třetí číslo specifikuje typ půdy podle klasifikace hlavních půdních jednotek (HPJ). Čtvrté číslo popisuje míru sklonu terénu, jeho

orientaci vůči světovým stranám a kombinaci těchto faktorů. Páté číslo reprezentuje hloubku půdního profilu a míru jeho skeletovitosti (Chlubna a Novotný 2014).

X.XX.XX

X = Klimatický region (0-9); XX = Hlavní půdní jednotka (01-78), X = Sklon a expozice (0-9), X = Skeletovitost a hloubka půdy (0-9)

3.3.1 Klimatické oblasti

Evžen Quitt (1971) se opíral o klimatologické údaje, především o údaje z Atlasu podnebí ČSR, na základě, nichž identifikoval 14 klíčových klimatických charakteristik. Počáteční klasifikace klimatu byla založena na přiřazení těchto 14 vybraných klimatických charakteristik k jednotlivým čtvercovým oblastem s délkou strany 3 km. Celá zkoumaná oblast ČSSR byla pokryta těmito čtverci, pro které byly stanoveny hodnoty odlišností v klimatických charakteristikách mezi sousedními čtverci. Hranice mezi jednotlivými klimatickými oblastmi byly určeny na základě míst s nejvýraznějšími změnami. Díky této metodě bylo pro ČSSR definováno 23 klimatických jednotek rozdělených do tří hlavních kategorií: teplé (5 jednotek, T1 až T5), mírně teplé (11 jednotek, MT1 až MT11) a chladné (7 jednotek, CH1 až CH7), přičemž nejvyšší číslo v každé kategorii označuje nejteplejší a nejsušší oblast.

3.3.2 Hlavní půdní jednotka

HPJ představuje záměrně vytvořenou skupinu půd, které sdílí podobné ekologické a agronomické charakteristiky. Tuto jednotku definuje kombinace genetického typu a subtypu půdy, materiálu, který se podílí na tvorbě půdy, její textury, sklonu terénu, hloubky půdního profilu a míry obsahu organické hmoty v půdě, jakož i stupně nasycení vodou. Pro území České republiky bylo specifikováno celkem 78 takových HPJ, rozdělených do 13 různých skupin, včetně černozemě, hnědozemě, písčitých půd, nivních půd, mělkých a svažitých půd atd. V rámci HPJ se také hodnotí textura půdy, přičemž se tento posudek vztahuje k půdnímu profilu do hloubky 60 cm (Vlasák a Bartošková 2007).

3.4 Degradace půdy

Jakmile člověk začal obdělávat půdu, začal také přispívat k její degradaci. Na začátku mělo toto ovlivňování spíše místní a nepatrné důsledky. Avšak s postupem času a se stoupajícím počtem lidí obývajících zemský povrch, se tento vliv stával stále významnějším. Postupně se vyvinul obrovský tlak na půdu v důsledku rostoucí potřeby potravin, a to zejména v průběhu 20. století, které se stalo obdobím populační

exploze. Tento tlak vedl k ústupu lesů a luk, čímž došlo k narušení ekosystémů. Navíc jsou dnešní pole vystavena extrémnímu a intenzivnímu využívání. Výsledkem je nejen zvýšení antropogenních vlivů na půdní degradaci, ale také urychlení přírodních vlivů právě lidskou činností (Šarapatka et al. 2002).

Podle Kozáka et al. (2009) jsou mezi hlavní degradační procesy půdy zařazovány následující jevy: vodní eroze, větrná eroze, zhutnění, záplavy, sesuvy půdy, acidifikace, zasolení, kontaminace, ztráta organické hmoty a ztráta biodiverzity. Tyto mají významný vliv na kvalitu půdy a její schopnost plnit ekosystémové funkce.

Eroze půdy je jednou z hlavních příčin rozsáhlého systému degradace zemědělství na Zemi, která vytváří potenciální riziko desertifikace (Morgan 2005).

3.4.1 Vodní eroze

Vodní eroze představuje přirozený složitý proces, který zahrnuje rozrušování povrchu půdy, transport a ukládání uvolněných půdních částic za pomoci vody. Tento jev nelze zcela zastavit, ale lze jej patřičně omezit (MZe ©2017).

Vlivem vodní eroze na povrchu půdy dochází k oddělování půdních částic a formování odtokových drah různého typu, jako jsou rýžky, rýhy a výmoly. V oblastech s výrazným povrchovým odtokem mohou vznikat strže. Naopak v depresích a oblastech s nižším sklonem dochází k ukládání půdních částic. Částice, které jsou unášeny za hranice pozemku, se dostávají do vodní sítě, kde dochází k jejich usazování. Tento proces sedimentace se projevuje v nádržích a v úsecích toku s menší transportní kapacitou (Janeček et al. 2008).

Podle Spaan et al. (2006) se uvádí, že na zemědělské půdě roste riziko vodní eroze z důvodu užšího střídání plodin, rozšiřování zemědělských ploch, poklesu krajinných prvků, používání těžké mechanizace a vytváření rozsáhlých nepropustných území. V rámci pozemkových úprav je ochrana půdy před vodní erozí řešena prostřednictvím úprav polohy a tvaru pozemků. Při svažitéch půdních blocích (PB) se používají technická opatření, jako například průlehy, příkopy, cesty s protierozní funkcí, hrázky, meze apod.

Více než polovina orné půdy na území naší republiky, přibližně 50 %, čelí významnému ohrožení vodní erozí. Bohužel, většina plochy, která je náchylná k erozi, není pod systematickou ochranou, což má za následek nekontrolované ztráty půdy, překračující stanovené přípustné hodnoty. V důsledku nedostatečné ochrany dochází

k dalšímu snižování mocnosti půdního profilu a negativnímu ovlivňování kvality vod (Janeček et al. 2012).

3.4.2 Větrná eroze

Větrná eroze představuje proces oddělení, transportu a opětovného usazování půdních částic větrem. Nejvýznamnějším důsledkem větrné eroze je ztráta svrchní vrstvy půdy a živin, což snižuje schopnost půdy produkovat plodiny. Dopad větrné eroze se projevuje vytvářením kamenitých nebo štěrkovitých kopečků na polích. Vznikem suché půdy smíšené se světlejším podložím nebo přítomností uhličitanu vápenatého v povrchových vrstvách půdy (GOA ©2019). Dále pak větrná eroze zapříčiňuje neúměrný úbytek organické hmoty a půdních fyziologických látek, což má vliv na infiltraci a retenční schopnost půdy (Van Pelt Zobeck 2007).

I když je degradace půdy na globální úrovni převážně spojována s vodní erozí, větrná eroze ovlivňuje zhruba třetinu půdních ploch po celém světě, zejména v aridních a semiaridních oblastech (Bucur et al. 2007). V České republice je ohroženo větrnou erozí přibližně 14 % zemědělské půdy (MŽP ©2021).

3.4.3 Sněhová eroze

Tam, kde dochází k tvorbě sněhových závějí, jako například na horských hřebenech, závětrných svazích, depresích, stržích apod., je půda vystavena zvýšenému riziku eroze způsobené tajícím sněhem. Hlavním faktorem způsobujícím erozi z tání sněhu je opakovaný cyklus zamrzání a tání půdy během chladných období. Voda v půdních agregátech se při zmrazování mění na drobné ledové krystaly, což vede k částečnému rozrušování půdních agregátů. Při následném tání dochází k rozplavení mnoha kvalitních půdních částic (Pokladníková 2009). Sněhová eroze může být způsobena také pohybem sněhu ve formě lavin nebo pohybu vrstvy sněhu přímo po povrchu půdy (Holý 1994).

3.4.4 Sesuv půdy

Mezi další typ eroze můžeme zařadit hromadný sesuv půdy. K tomuto jevu dochází na odlesněných svazích v pobřežních oblastech. Gravitace způsobuje přemístění zeminy, hornin a půdního materiálu dolů po svahu, a to jak pozvolna (v řádu milimetrů za rok), tak i náhle např. při skalním říčení (QLD ©2022).

3.4.5 Antropogenní eroze

Podle Holého (1994) člověk svými zásahy do přírody ovlivňuje vznik a průběh erozních procesů. Je klíčovým faktorem při zrychlení eroze a působí na ni nepřímo i

přímo. Nepřímý vliv spočívá v ničení přirozeného vegetačního krytu půdy a nahrazení nízko-ochrannou vegetací, což zhoršuje fyzikální, chemické i biologické vlastnosti. Dále se projevuje soustředováním povrchového odtoku různými úpravami území a znečištěním půdy odpady. Přímý vliv se projevuje zejména realizací technických staveb a urbanizací. Mezi nejvýznamnější druhy antropogenní eroze patří eroze způsobená intenzifikací zemědělské výroby, výstavbou komunikací a urbanizací.

3.5 Metody používané při návrhu protierozních opatření

3.5.1 Rovnice USLE

Univerzální rovnice ztrát půdy (USLE – Universal Soil Loss Equation) slouží k odhadu průměrných dlouhodobých ztrát půdy způsobených odtokem v konkrétních polních podmínkách a za určitých způsobů obhospodařování (Julien 1995).

Rovnice USLE (rovnice 1) byla původně pouze pro americké ministerstvo zemědělství, vycházejíc z dat o erozi půdy, která byla sbírána od roku 1930. Tento model se však stal základním nástrojem pro posuzování míry erozních procesů nejen ve Spojených státech, ale také na mezinárodní úrovni (Bobál et al. 2012).

Univerzální rovnice má tento tvar:

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

Rovnice 1: USLE

Jednotlivé faktory jsou definovány takto:

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

R = faktor erozní účinnosti deště [$MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$]

K = faktor erodovatelnosti půdy

L = faktor délky svahu

S = faktor sklonu svahu

C = faktor ochranného vlivu vegetace

P = faktor účinnosti protierozních opatření.

Výpočet podle rovnice USLE určuje dlouhodobý průměr ročních ztrát půdy, což odráží objem půdy odnesený vodní erozí. Hodnota získaná tímto výpočtem nepočítá s akumulací půdy na samotném pozemku nebo v místech pod pozemkem (Janeček 2012).

Faktor erozní účinnosti deště R

R-faktor neboli faktor erozní účinnosti deště (rovnice 2) je definován jako součin kinetické energie a maximální intenzity v 30minutovém intervalu a ukazuje erozivitu dešťových událostí (Wischmeier a Smith 1978).

Janeček et al. (2012) uvádějí, že na základě rozsáhlého souboru dat o dešťových srážkách ve Spojených státech amerických byl odvozen vztah pro R-faktor, který vyjadřuje erozní účinnost deště. Z analýzy těchto dat bylo zjištěno, že při konstantních ostatních faktorech USLE je množství erodované půdy přímo úměrné součinu celkové kinetické energie deště (E) a jeho maximální intenzity v průběhu 30 minut (i_{30}).

$$R = E * i_{30}/100$$

Rovnice 2: Erozní účinnost deště

R = faktor erozní účinnosti deště [$\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$];

E = suma kinetické energie dešťových srážek [$\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$];

i_{30} = maximální 30minutová intenzita deště [$\text{cm} \cdot \text{m}^{-2}$].

Abychom vypočítali kinetickou energii deště, je nutné nejprve určit kinetickou energii pro každý i-tý dílčí úsek srážek pomocí rovnice:

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

Rovnice 3: Kinetická energie deště pro i-tý úsek

i_{si} = i-tý dílčí úsek srážek ($\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$);

H_{si} = úhrn srážek v i-tém úseku (cm).

Nyní se můžeme přesunout na výpočet samotné kinetické energie deště dle rovnice:

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

Rovnice 4: Kinetická energie deště

E_i = kinetická energie pro každý i-tý dílčí úsek srážek; n = počet úseků srážek.

V pozdních osmdesátých letech normy a metodiky určující pravidla pro inženýrskou činnost navrhovaly pro celé území státu aplikaci stálého R-faktoru ve výši 20. Později byla tato hodnota aktualizována na 40, což nyní odpovídá skoro všem agrárním oblastem v České republice.

Současné využití dat získaných z automatických srážkoměrných a klimatologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), která se vyznačují vysokou kvalitou, umožnilo vytvoření reprezentativních map erozivity deště pro Českou republiku z poslední dekády. Kvalita, hustota a rozsah dat z těchto automatických stanic značně překonávají výsledky, které byly dříve získány ze zpracování údajů z tradičních papírových ombrometrů nebo z jiných metod založených na sumárních údajích o srážkách (Rožnovský et al. 2013).

Faktor erodovatelnosti půdy K

Faktor erodovatelnosti půdy, značený jako K, je měřítkem náchylnosti půdy k erozi. Při výpočtu vrstvy erozní ohroženosti se hodnotí schopnost půdy odolávat destruktivnímu působení deště a transportu povrchového odtoku. Hodnoty faktoru K jsou odvozeny pro jednotlivé HPJ z celostátní databáze BPEJ, které jsou každoročně aktualizovány na ploše přibližně 40 tisíc hektarů. Pravidlo, které obecně platí, uvádí, že s vyšší soudržností půdy je spojena potřeba většího množství energie k oddělení půdních částic a jejich posunutí. Dále pak stanovuje, že s lepší infiltrační kapacitou půdy dochází k menšímu množství povrchového odtoku a k redukci transportu erodovaného materiálu (Novotný et al. 2017).

Janeček et al. (2008) popisují, že faktor K reflektuje predispozici k erozi založenou na množství půdy [t. ha⁻¹] ztracené na jednotku R-faktoru z typického pozemku s 9 % sklonem a délkou 22,13 metru. Pokud v půdě není přesáhnuo 70% množství jemných částic a písku s velikostí mezi 0,002 a 0,1 mm, faktor K je možné spočítat pomocí rovnice, která je specifikována ve stanoveném tvaru:

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

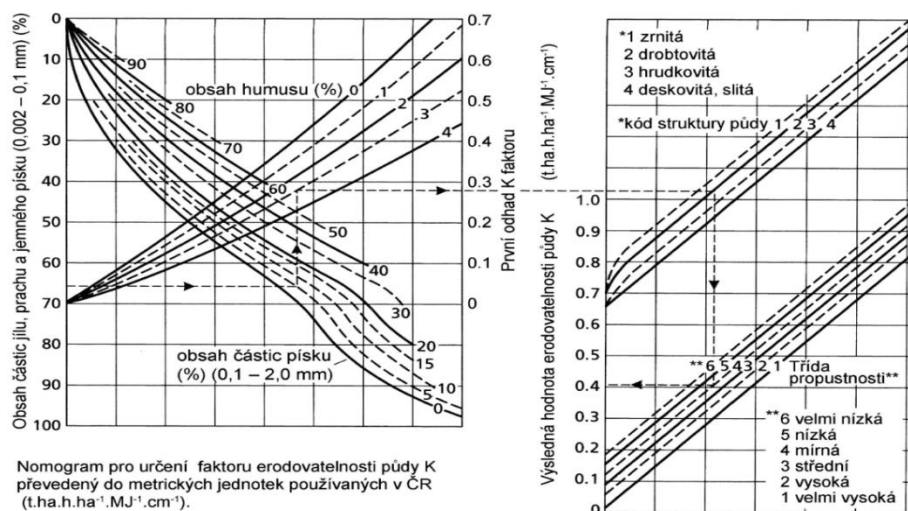
Rovnice 5: K faktor

M = (procenta prachu + procenta práškového písku) * (100 - % jílu);

a = podíl humusu v ornici vyjádřený v procentech, b = třída struktury ornice;

c = třída propustnosti půdního profilu.

Nebo je možné jej určit z nomogramu (obrázek č.1).



Obrázek 1: Nomogram pro stanovení K faktoru (Janeček 2012)

Poslední možností je určení K faktoru dle HPJ (tabulka č.1).

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

Tabulka 1: Hodnoty K faktoru dle HPJ (Janeček et al. 2012)

Topografický faktor L a S

Účinky sklonu svahu jsou vyjádřeny faktorem S (rovnice 7), zatímco vliv délky svahu je specifikován faktorem L (rovnice 6) (Panagos et al. 2015).

Délka svahu se určuje od rozvodnice nebo horní hrany pozemku, pokud nehrozí povrchový odtok z vyšších míst, a zahrnuje prvky jako hrázky, průlehy, příkopy nebo cesty s příkopy, které přerušují povrchový odtok. Změna plodiny nebo způsob zpracování půdy bez přerušujícího prvku neovlivní přerušení výpočtové délky. Metoda USLE se neaplikuje na místa s přechodem plošného odtoku na soustředěný, jako jsou údolnice. Maximální délka pro výpočet nesmí přesáhnout 400 metrů, protože pro delší pozemky metoda není ověřena (Janeček 2012). Faktor LS vyjadřuje měřítko ztráty půdy na pozemku standardní délky 22,13 m s 9 % sklonem. Dle následujících vzorců se každý určuje zvlášť (Renard et al. 1997).

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

Rovnice 6: L faktor

l = nepřerušená délka svahu;

m = exponent sklonu svahu (náchylnost k tvorbě rýžkové eroze)

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

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

Rovnice 7: S faktor

Faktor ochranného vlivu vegetace C

Faktor C, jako parametr pro vegetační pokryv, slouží k hodnocení dopadu hospodaření s půdou a plodinami na erozi půdy. Vyjadřuje poměr mezi ztrátou půdy na obdělávaném pozemku v určitých podmínkách a ztrátou půdy na pozemku v trvalém úhoru po orbě (Benavidez et al. 2018).

Pokud se pro oblast, pro kterou se vypočítává faktor C, nepodařilo zjistit osevnický postup použitý na daném pozemku, je možné určit faktor C na základě průměrného zastoupení plodin v této oblasti, ke kterým je přiřazena příslušná hodnota faktoru C (tabulka č.2, Janeček et al. 2012).

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

Tabulka 2: Průměrné hodnoty faktoru C pro různé typy plodin (Janeček et al., 2012)

Další možností v případě nedostupnosti osevních postupů je volba C faktoru dle klimatického regionu na základě tabulky č.3 vytvořené od Brychta et Petru (2016).

| Klimatický region | Orná půda | Ostatní plochy ZPF |
|-------------------|-----------|--------------------|
| 0 | 0,291 | 0,307 |
| 1 | 0,278 | 0,286 |
| 2 | 0,266 | 0,264 |
| 3 | 0,254 | 0,243 |
| 4 | 0,241 | 0,221 |
| 5 | 0,229 | 0,199 |
| 6 | 0,216 | 0,178 |
| 7 | 0,204 | 0,156 |
| 8 | 0,192 | 0,135 |
| 9 | 0,179 | 0,113 |

Tabulka 3: Hodnoty C faktoru dle klimatických regionů (Brychta et Petru 2016)

Na obrázku č. 2 jsou prezentovány hodnoty faktoru C pro různé plodiny s ohledem na aplikovaný způsob obdělávání.

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

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

Obrázek 2: Hodnoty C faktoru a způsob obdělávání (Janeček et al. 2012)

Faktor účinnosti protierozních opatření P

Faktor P zohledňuje způsoby hospodaření, které ovlivňují erozi půdy změnou struktury odtoku, jako je např. obrysové obdělávání, pásové obdělávání nebo terasování (Renard et al. 1997). Čím účinnější je protierozní opatření při zmírňování eroze půdy, tím nižší je faktor P (Bagherzadeh 2014). Stejně jako faktor C lze hodnoty faktorů P převzít z literatury, pokud nejsou přítomna žádná protierozní opatření, je faktor P roven 1,0 (Adornado et al. 2009).

Následující tabulka č.4 ukazuje hodnoty faktoru účinnosti opatření proti erozi.

| Protierozní opatření | Sklon svahu (%) | | | |
|---|-----------------|---------|----------|----------|
| | 2 až 7 | 7 až 12 | 12 až 18 | 18 až 24 |
| Maximální délka pozemku po spádnici při konturovaném obdělávání | 120 m | 60 m | 40 m | - |
| | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1 |
| Maximální šířka a počet pásů při pásovém střídání | 40 m | 30 m | 20 m | 20 m |
| | 6 pásů | 4 pásy | 4 pásy | 2 pásy |
| - okopanin s víceletými pícninami | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
| - okopanin s ozimými obilovinami | 0,5 | 0,6 | 0,75 | 0,9 |
| Hrázkování | 0,25 | 0,3 | 0,4 | 0,45 |

Tabulka 4: Hodnoty faktoru protierozních opatření (Janeček et al., 2012)

3.5.2 Metoda čísel odtokových křivek (CN)

Při navrhování opatření k omezení vodní eroze, zejména biotechnických, je důležité brát v úvahu současné hydrologické charakteristiky daného území. K tomu se využívají hydrologické modely, přičemž nejčastěji doporučovaným modelem je metoda čísel odtokových křivek CN (Sklenička 2003).

Metoda CN (Curve Number) byla v USA vyvinuta pro SCS (Soil Conservation Service) a publikována v roce 1972. Tato metoda poskytuje jednoduchý srážkoodtokový model se snadno dostupnými vstupy, který je dostatečně přesný pro výpočet objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku v zemědělsky využívaných povodích o rozloze do 10 km² (Janeček et al. 2012).

Základním vstupem pro tuto metodu je srážkový úhrn o určitém časovém rozdělení, za předpokladu jeho stejnoměrného rozdělení po ploše povodí. Objem srážek je přeměněn na objem odtoku pomocí čísel odtokových křivek. Tyto křivky jsou tabelizovány dle hydrologických vlastností půd, využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření a vlhkosti půdy (Janeček 1998).

3.6 Pozemkové úpravy

Pozemkové úpravy, označované také jako "projekty krajinného inženýrství", představují komplexní přístup k území, který slouží veřejnému zájmu. Cílem těchto úprav je prostorové a funkční uspořádání pozemků, jejich spojování nebo dělení,

zajištění jejich přístupnosti a optimální využití, vyrovnání hranic a vytvoření podmínek pro efektivní hospodaření vlastníků půdy. V rámci těchto úprav dochází k uspořádání vlastnických práv a souvisejících věcných břemen. Zároveň se dbá na zlepšení životního prostředí, ochranu a úrodnost půdního fondu, správu vodních zdrojů a posílení ekologické stability krajiny (Rožnovský 2010).

3.6.1 Formy pozemkových úprav

Proces pozemkových úprav je stanoven zákonem č. 139/2002 Sb., který určuje postup v rámci pozemkových úprav, organizaci činností a pravomoci pozemkového úřadu.

Jednoduché pozemkové úpravy (JPÚ)

Jednoduché pozemkové úpravy jsou adresné pro pouze určitou část jednoho katastrálního území nebo se zaměřují pouze na specifický problém v něm. Mohou být také využity k rekonstrukci nebo upřesnění rozdělení pozemků.

Komplexní pozemkové úpravy (KoPÚ)

Komplexní pozemkové úpravy obvykle zahrnují celkové a komplexní opatření pro území jednoho katastrálního území (vyjma zastavěných částí), včetně zajištění přístupu k pozemkům, ochrany proti erozi, vodohospodářských opatření a udržení ekologické stability území (Batysta et al. 2014).

3.6.2 Účastníci řízení o pozemkových úpravách

Dle zákona § 5 zákona č. 139/2002 Sb. účastníky řízení o pozemkových úpravách jsou:

- Vlastníci pozemků, jejichž pozemky jsou přímo dotčeny řešením v pozemkových úpravách, a fyzické a právnické osoby, jejichž vlastnická nebo jiná věcná práva mohou být pozemkovými úpravami dotčena.
- Stavebník, pokud je provedení pozemkových úprav vyvoláno stavební činností.
- Obce, jejichž území zahrnuje pozemky do obvodu pozemkových úprav, a také sousední obce, které se připojí k řízení do 30 dnů od výzvy příslušného pozemkového úřadu.
- V řízení o pozemkových úpravách jsou účastníci identifikováni pomocí jejich osobních údajů, včetně jména, příjmení, adresy trvalého bydliště, rodného čísla u fyzických osob a názvu, adresy sídla, a identifikačního čísla u právnických osob.

-
- Vlastníky pozemků, kteří se stanou účastníky řízení v důsledku změny obvodu pozemkových úprav, musí pozemkový úřad informovat.
 - Pokud zemře vlastník pozemku, který je předmětem pozemkových úprav, a dědické řízení není ukončeno, účastníky řízení jsou osoby podle sdělení soudu nebo soudního komisaře.
 - Vlastníci pozemků zvolí sbor zástupců na úvodním jednání, který je zastupuje v rámci pozemkových úprav. Členové sboru spolupracují při zpracování návrhu pozemkových úprav a vyjadřují se k různým aspektům řízení.

3.6.3 Financování pozemkových úprav

Náklady na pozemkové úpravy jsou zpravidla hrazeny státem, ale mohou se na nich podílet i účastníci pozemkových úprav a další zájemci, kteří mohou získat státní subvence nebo dotace podle příslušných právních předpisů.

Pokud jsou pozemkové úpravy vyvolány stavební činností, náklady nese stavebník v závislosti na rozsahu území, které je ovlivněno stavbou.

Náklady zahrnují:

- Přípravné práce pro zahájení pozemkových úprav, jako jsou vodohospodářské studie, identifikace parcel, místní průzkumy a zaměření, vypracování návrhu a geometrických plánů.
- Vytyčení pozemků a záznamy změn vlastnictví.
- Peněžní náhrady poskytované pozemkovým úřadem.
- Zřízení věcných břemen a realizaci společných zařízení.
- Poskytnutí technické pomoci při vytváření nových hospodářských jednotek (CMKPU ©2011).

3.7 Protierozní opatření

Protierozní opatření jsou organizační (netechnická – pásové střídání plodin, zatravnění), agrotechnická (např. setí po vrstevnici, protierozní pásy, ochranné obdělávání) a technická (např. příkopy, průlehy). Všechny jsou formulovány tak, aby snižovaly zrychlenou míru eroze půdy (Rickson 2006). Erozi se musí čelit prostřednictvím komplexního systému, který integruje různé protierozní strategie s ohledem na finanční a realizační požadavky (Vlček 2015).

3.7.1 Organizační opatření

Tato protierozní opatření zahrnují umístění pozemků a erozních parcel ve směru vrstevnic, což podporuje obdělávání podle vrstevnic a omezuje délku svahu. Délka směru odtoku by neměla překročit maximální přípustnou hodnotu. Implementace je často spojena s pozemkovými úpravami. Dále je důležité vhodné umístění plodin, včetně zatravnění erozně ohrožených ploch s minimální šířkou 6 m podél vodních toků pro ochranu kvality vody. Pásové pěstování kombinuje plodiny s různým erozním rizikem ve směru vrstevnic s cílem snížit erozi (Novotný et al. 2017).

Tvar a velikost pozemků

Velikost pozemků je určována různými aspekty, kde prvním je přírodní aspekt. Ten preferuje menší pozemky, zatímco druhý je ekonomický aspekt, který naopak vyžaduje vytváření dostatečně velkých ploch. Najít ideální velikost je složité, jelikož se požadavky liší v závislosti na konkrétním faktoru. Z pohledu opatření proti erozi je klíčové, aby rozměry pozemků s ornou půdou ve směru sklonu nepřesáhly maximální povolenou délku stanovenou na základě limitů ztráty půdy způsobené erozí. Toto pravidlo se vztahuje jak na jednotlivé pozemky, tak na skupiny pozemků obdělávané jako celek, mezi kterými jsou pouze hranice neblokující povrchový odtok (Janeček et al. 2008).

Protierozní rozmíst'ování plodin

Rozmístění plodin s ohledem na ochranu proti erozi je klíčové pro ochranu půdy, založené jejich protierozním účinku. Tento účinek závisí na růstu, odlistění, rychlosti vývoje a způsobu pěstování (širokořádkové, úzkořádkové). Plodiny lze uspořádat dle míry protierozní ochrany od těch s nejvyšší ochranou po ty s nejnižší, což znamená: od travních porostů, přes vojtěšku, jetel, ozimé obiloviny, jarní obiloviny, hrách, ozimou řepku, slunečnici, až po brambory, cukrovou řepu a kukuřici, které představují postupně rostoucí riziko eroze (Janeček et al. 2008).

Pásové střídání plodin

Pásové střídání plodin je metoda, kdy se střídají pásy plodin různé šířky, kde ty s lepší schopností chránit půdu před erozí (jako jsou obiloviny, pícniny a travníky) se alternují s těmi, které jsou na erozi více citlivé (například kukuřice, brambory a jiné plodiny pěstované v širokých řádcích). Tyto pásy by měly být orientovány podél vrstevnic, aby maximalizovaly svůj protierozní efekt, který může dosáhnout až 100% ochrany proti erozi (Novotný et al. 2014).

Dobře známé výhody pásového pěstování jsou v potlačování škůdců a chorob a ve zvyšování biologické rozmanitosti. Bylo zjištěno, že omezení těchto negativ je v systémech pásového pěstování ve srovnání s pěstováním jediné plodiny intenzivnější. Díky fyzickým bariérám a nehostitelským stanovištím se snižuje šíření chorob přenášených vzduchem v rámci pásů a napříč nimi (Bouws a Finckh 2008).

Delimitace druhu pozemků, ochranné zatravnění a zalesnění

Delimitace představuje optimální rozdělení a využití pozemků pro pěstování různých plodin, přičemž vychází z charakteru půdního fondu a rozlišuje mezi ornou půdou, zahradami, loukami, pastvinami, vinicemi, sady a chmelnicemi pro jejich nejefektivnější využití (Podhrázská a Dufková 2005).

Zatravnňovací pásy (ochranné zatravnění) mohou zachytávat, pohlcovat a filtrovat sedimenty svahového odtoku prostřednictvím fyzikálních, biologických, chemických a dalších účinků. Mají také vliv na zpomalení rychlosti odtoku, snížení eroze půdy na povrchovém svahu a zvýšení odolnosti půdy proti erozi (Ayed a Mohammad 2010). Tyto pásy mají nízké náklady na výsadbu, vysokou míru přežití a dobré půdoochranné a vodoochranné účinky. Představují opatření, které se hojně prosazuje v zemědělské praxi (Zhang a Wang 2017).

Svahy s více než 25 % sklonem a oblasti, kde dochází k soustředěnému odtoku vody, by měly být zabezpečeny pomocí ochranného travního porostu. Svahy s převýšením sklonu nad 50 % by naopak měly být zalesněny (Kvítek a Tipll 2013). Zalesnění se aplikuje buď jako rozsáhlé lesní plochy nebo jako ochranné lesní pásmo. Husté lesní porosty s vrstvou opadaného listí na zemi a s rozmanitým bylinným podrostem nabízejí efektivní ochranu půdy (Janeček et al. 2008).

3.7.2 Agrotechnická opatření

Agrotechnická protierozní opatření navazují na ta organizační. Mají za cíl zlepšit schopnost půdy vsakovat vodu, zvýšit odolnost vůči erozi a chránit její povrch. To platí zejména během přívalových dešťů. Patří sem vytváření hrázků a důlků na povrchu půdy, zatravnění meziřadí nebo mulčování. Doporučuje se, aby agrotechnické práce probíhaly ve směru vrstevnic s minimálním odklonem, pokud to umožní sklon terénu a dostupné mechanizační prostředky (Uhrová et al. 2016).

Vrstevnicové obdělávání

Vrstevnicové obdělávání snižuje odtok tím, že zvyšuje drsnost povrchu kolmo ke svahu. Zvýšená drsnost povrchu snižuje rychlost odtékající vody, čímž poskytuje více času na infiltraci a snižuje míru eroze (Chambers et al. 2000). Doporučuje se pro

svahy s lehkým sklonem, kde nedochází k překročení kapacity brázd pro povrchový odtok. Obdělávání podle vrstevnic zahrnuje setí a orbu ve směru vrstevnic (Šarapatka 2014).

Ochranné obdělávání

Princip ochranného obdělávání půdy spočívá v ponechání posklizňových zbytků na povrchu půdy. Tak lze dosáhnout minimalizace mechanického narušování půdy. Ponechání rostlinných zbytků chrání půdu před přímým dopadem dešťových kapek a slunečního záření, zatímco minimální narušení půdy zlepšuje biologické aktivity půdy a pohyb vzduchu a vody v půdě (Corsi et al. 2012).

Podle CTIC (©2004) je ochranné obdělávání jakýkoli systém, který po výsadbě nechává na povrchu půdy alespoň 30 % posklizňových zbytků, díky čemuž se sníží vodní eroze.

Setí kukuřice do úzkého řádku

Tato inovativní technologie spočívá v nastavení secího stroje tak, aby meziřádková vzdálenost u kukuřice nepřesahovala 45 cm. Semena jsou vysévána v trojúhelníkovém uspořádání s hustotou přibližně 110 tisíc rostlin na hektar. Užší rozestupy řádků vedou k hustšímu a rovnoměrnějšímu porostu, což snižuje riziko silného povrchového odtoku vody a zlepšuje ochranu půdy před erozí. Pro dosažení optimálních výsledků je důležité kombinovat tuto metodu se setím do mulčovacího krytu (Novotný et al. 2017).

Meziřádky s šířkou 0,75 m zachytí více srážkové vody než ty o šířce 0,45 m, což může být způsobeno rozdíly v listové ploše a uspořádáním listů. V těsnějších řádcích dochází k většímu překrývání listů, což snižuje množství vody padající přímo na půdu. Voda spíše zůstává na listech a stéká po stéblech k zemi, přičemž je u užších řádků odkap soustředěn blíže k rostlině, na rozdíl od širších meziřádků (Zábranský et al. 2013).

Pásové zpracování půdy (strip-tillage)

Opatření zahrnuje použití systému strip-tillage, což je agrotechnický postup prováděný na podzim nebo na jaře v závislosti na stavu půdy (Novotný et al. 2017). Strip tillage pro řádkové plodiny může být prospěšné pro dlouhodobé zlepšení kvality půdy, snížení eroze a ochranu životního prostředí (Morrison 2002).

Kombinuje výhody bezorebného zemědělství a celoplošné orby (konvenční zpracování) tím, že vytváří úzké obdělávané pásy, které poskytují dobré podmínky pro osivo, zatímco prostor mezi řádky zůstává nedotčen a pokryt zbytky plodin.

Obdělávané zóny obvykle zahrnují méně než 50 % celkové plochy pole, zejména když jsou široké pouze 15–30 cm (Luna a Staben 2003).

Hrázkování a důlkování

Mezi méně nákladné a dnes již opomíjené metody patří důlkování a hrázkování, které jsou efektivní a finančně dostupné zejména pro pěstování brambor. Tyto techniky lze snadno zavést pomocí zakázkové nebo vlastní výroby doplňků k sázečům a plečkám. Optimální je kombinovat tyto metody pro ochranu půdy v obdobích s vysokým rizikem eroze, od přípravy půdy po výsadbu až do úplného zapojení porostů. Riziko eroze lze po výsadbě snížit důlkováním, hrázkováním nebo mulčováním, přičemž speciální tělesa pro vytváření důlků nebo hrázek lze připevnit přímo na sázeč. Stejně tak lze vylepšit i secí stroje pro širokořádkové plodiny a u těch, kteří praktikují částečnou nebo úplnou mechanickou kultivaci, agregovat s plečkami (Dvořák 2013).

Plečkování, dlátování a podrývání

Plečkování, meziřádková kultivace prováděná u širokořádkových plodin během vegetace, využívá stroje s pasivními (radličky) a aktivními (frézy) pracovními nástroji. Tento postup mechanického odplevelení redukuje potřebu herbicidů a současně napomáhá ochraně půdy tím, že kypření půdní vrstvy mezi řádky zpomaluje povrchový odtok vody a předchází vodní erozi (Nerušil et al. 2015).

Dlátování je technika využívaná hlavně u pěstování cukrové řepy, kde se k zvýšení schopnosti půdy zasakovat povrchovou vodu používají pasivní dláta, jež zlepšují prostor mezi řádky rostlin (VÚMOP ©2019).

Podrývání je technika, která zvyšuje schopnost půdy absorbovat povrchovou vodu, redukuje zhutnění a má protierozní účinek. Tato metoda spočívá v použití kombinace kypřiče a podrývaku pro hluboké uvolnění půdy do hloubky alespoň 35 cm (Nerušil et al. 2015).

3.7.3 Technická opatření

Technická protierozní opatření, která se zaměřují především na přerušení délky svahu a zpomalování povrchového odtoku, představují poslední kategorii opatření. Tato opatření nejenže plní protierozní úlohu, ale jsou také důležitá pro estetickou a ekologickou kvalitu krajiny (Uhrová et al. 2016).

Technická opatření jsou klíčovým prvkem celkového systému protierozních opatření, zejména na pozemcích, kde povrchový odtok ohrožuje zastavěné oblasti obce. Jejich účinnost se významně zvyšuje ve spojení s organizačními a agrotechnickými

opatřeními. Optimalizované rozložení technických prvků pomáhá snížit délku svahu a usměrnit směr obdělávání pozemků, což má pozitivní vliv na hospodaření zemědělských subjektů (Janeček et al. 2012).

Protierozní příkopy

Protierozní příkop, jako liniový prvek na pozemku, je navržen pro místa, kde je nutné zastavit svah. Tento prvek lze spojit s dalšími liniovými strukturami v krajině, například s hranicemi, cestami, pruhovou kultivací nebo biokoridory. Příkop je umístěn ve směru vrstevnic s jemným sklonem ve směru toku. Má obvykle tvar lichoběžníku s šířkou na dně od 0,3 do 0,6 metru, hloubkou od 0,6 do 1,2 metru a sklonem stěn mezi 1:1,5 a 1:2. Je nutné provést vyhodnocení příkopu s ohledem na stabilitu dna a svahů a v případě potřeby provést jejich zpevnění. Máme tři typy příkopů: Záchytný příkop se umísťuje nad chráněnou lokalitou jako prevence přítoku vody. Sběrný příkop je určen k přerušení povrchového odtoku a odvedení vody např. do příkopu svodného nebo do nádrže. Svodný příkop zajišťuje odvedení vody přivedené sběrným příkopem. Je situován do terénních sníženin. Vsakovací příkop bývá navržen vodorovně na rozdíl od ostatních příkopů, které musí být v určitém sklonu (Novotný et al. 2017).

Průlehy

Protierozní průleh se od příkopu odlišuje menší hloubkou a mírnějším sklonem svahů, obvykle do 1:5, což umožňuje jeho přejezd a obdělávání. Je vhodný pro pozemky s mírným sklonem do 10 %, s často zatravněným příčným profilem. Hodnocení průlehu zahrnuje kapacitu a stabilitu proti vymílání (Janeček et al. 2012).

Protierozní průlehy se rozdělují na záchytné, sběrné a svodné. Záchytné průlehy chrání nižší pozemky před nežádoucí vodou. Sběrné průlehy jsou buď vsakovací, určené pro půdy vhodné k vsakování vody s minimálním sklonem, nebo odváděcí, které přeměrovávají vodu například do svodných průleहů nebo potoka. Svodné průlehy pak zajišťují odvodnění přes zatravněné cesty pro soustředěný odtok (Kvítek a Tipl 2003).

Z pohledu efektivity ochrany půdy před erozí na pozemku je vytváření protierozních průleहů, příkopů a mezí, které dělí pozemek na menší části, považováno za nejméně účinné. Tato opatření zamezují vzniku erozních procesů ve spodu pozemku tím, že odvádějí dešťovou vodu mimo ohrožené oblasti. Avšak půda v oblasti nad a pod těmito strukturami zůstává nechráněná před erozí, pokud nejsou implementována další protierozní opatření (Podhrázská 2010).

Zatrávněné údolnice

Navrhování zatrávněných údolnic slouží k ochraně pozemků při extrémních povětrnostních jevech, jako jsou přívalové deště a tání sněhu na jaře. Tato opatření jsou zvláště účinná na pozemcích s nerovným terénem, kde se přirozeně shromažďuje povrchová voda do níže položených oblastí a údolí. Nejúčinnější formou ochrany je zajištění ploch vegetací (Sochorec a Knot 2010).

Kromě toho je možné je vybavit drenážními systémy nebo zpevněným dnem pro lepší funkčnost. Pokud údolnici protíná polní cesta, je nezbytné vybudovat přejezd, například ve formě propustku (Vlasák a Bartošková 2007).

Polní cesty

Jedná se o kombinovanou metodu ochrany proti erozi zaměřenou na cesty, které umožňují přístup k PB, zároveň jsou navrženy tak, aby přerušovaly příliš dlouhé a erozí ohrožené svahy. Součástí opatření je vytvoření cestního příkopu na straně opačné k danému svahu, který nejen odvádí vodu z cesty, ale také zachytává povrchový odtok ze svahu, čímž funguje jako ochranný prvek (Janeček 2012).

Protierozní meze

Aktuálně se pro erozní ochranu navrhuje meze s trojdílnou strukturou, zahrnující zasakovací pruh umístěný nad mezí, samotné těleso meze a odvodňovací průleh pod mezí. Tyto protierozní meze jsou navrhovány s poměrem sklonu 1:1,5, přičemž jejich maximální výška v závislosti na sklonu terénu nepřesahuje 1 až 1,5 metru. Jsou buď zatrávněny nebo vysázeny s doprovodnou vegetací. Navrhuje se, aby měly podélný sklon mezi 2 a 5 % a byly připojeny k odtokovému zařízení (Janeček et al. 2012).

Ochranné hrázky

Ochranné hrázky jsou nižší zemní hráze, obvykle vysoké 1 až 1,5 metru, které se staví na úpatí svahů a primárně slouží k ochraně cest před zaplavením a zanášením sedimenty. Výška těchto hrázek a objem zachytného prostoru se určují na základě hydrologických a hydraulických výpočtů. Pro zajištění stability svahů a koruny hrázky se používá vegetace (Kvítek a Tipl 2003).

Protierozní nádrže

Ochranné nádrže jsou navrhovány jako efektivní opatření proti erozi a povodním, jejichž úkolem je akumulace, zadržování, zpomalení a vsakování povrchového odtoku a zachycování splavenin. Účinnost těchto nádrží v boji proti erozi závisí především na jejich geografickém umístění. Důležité jsou také aspekty

technického provedení, provozu a údržby. Pro maximální efektivitu v ochraně před erozí je vhodné tyto nádrže zakládat soustavně (Holý 1994). Součástí nádrží jsou taky nezbytné prvky jako jsou například: hráz, odtokové zařízení, výpust, bezpečnostní přeliv a náпустný objekt (Janeček et al. 2012).

Terénní urovnávky

Toto opatření se zaměřuje na vyrovnání vertikálních nerovností terénu přesunem zeminy za účelem snížení příčného sklonu pozemku. Cílem je omezit schopnost terénu soustřeďovat povrchový odtok a redukovat tvorbu erozních rýh (Kvítek a Tippl 2003).

Terasy

Terasování představuje nejúčinnější metodu ochrany půdy proti erozi. Tato technika se používá na pozemcích s velkým sklonem, konkrétně na svazích s více než 20 % sklonem, což je limitní hodnota pro použití zemědělské techniky (Kadlec et al. 2014).

Mokřady

Definice krajinného prvku „mokřad“ dle nařízení vlády č. 307/2014 Sb., o stanovení podrobností evidence využití půdy podle užitelských vztahů, zní: *„Mokřadem se rozumí samostatný útvar neliniového typu s minimální výměrou 100 m², sloužící k zajištění retence vody v krajině s cílem udržovat přirozené podmínky pro život vodních a mokřadních ekosystémů podle § 2 odst. 2 písm. i) zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Krajinný prvek mokřad může být evidován na ploše půdního bloku podle § 3a odst. 9 písm. a) a § 3a odst. 10 zákona o zemědělství“.*

Mokřady mají klíčovou roli při zadržování vody v krajině. Postupné uvolňování vody z mokřadů má pozitivní vliv na ekologické průtoky ve vodních tocích a poskytuje různé ekosystémové služby. Mokřady dále přispívají ke zlepšení mikro i mezoklimatu tím, že zvlhčují vzduch a půdu a tlumí teplotní extrémů. Jsou také účinnou formou protipovodňové ochrany, snižují povodňová rizika a poskytují ochranu před vodní erozí. Svým prostředím podporují rozvoj mokřadních společenstev a poskytují zdroj vody pro různé živočichy. Zároveň mokřady zvyšují hodnotu kulturní krajiny tím, že zlepšují její ekologickou stabilitu a zvyšují estetické hodnoty a rekreační funkce (EAGRI ©2024).

Retenční tůně

Tůně představují přírodní prohlubně, které jsou částečně nebo trvale zaplněné vodou. Na jejich okrajích se mohou rozvíjet mokřadní ekosystémy bez jasného

ohraničení. Tůně stávají nestabilním biotopem, kde může dojít k výkyvům vodní hladiny, sesuvům břehů, akumulaci organického materiálu a postupnému zanášení. Tyto přirozené procesy je důležité zohlednit při zakládání nebo obnově tůní (Slavíková et al. 2021).

Malé vodní nádrže

Suché a protierozní vodní nádrže včetně poldrů jsou dle vodního zákona č.254/2001 Sb. klasifikovány jako vodní stavby a jsou regulovány příslušnou legislativou. Jejich návrhy musí splňovat specifické požadavky, jak jsou definovány v normě ČSN 75 2410.

Větrolamy

Je důležité také zmínit důležité opatření proti větrné erozi. V našem pojetí se pojmy ochranné lesní pásy a větrolamy prolínají. Obecně se jedná o různě široké pásy stromů a keřů orientované kolmo na převládající směr větru s protierozní a půdo-ochrannou funkcí. Z hlediska schopnosti propouštět vzduch a efektivity se větrolamy klasifikují jako proudovavé, poloproudovavé a neproudovavé (Kadlec et al. 2014).

3.8 Opatření k ochraně a tvorbě životního prostředí

Územní systém ekologické stability krajiny (ÚSES) je definován dle zákona č.114/1992 Sb. jako „vzájemně propojený soubor přirozených i pozmeněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů, které udržují přírodní rovnováhu“.

ÚSES zahrnuje biocentra, biokoridory a interakční prvky. Biocentrum je ekologicky významná oblast umožňující existenci druhů, biokoridory propojují biocentra a podporují migraci organismů, zatímco interakční prvky tvoří životní prostředí pro rostliny a živočichy. Pro udržení trvalé obytnosti a produktivity krajiny je nezbytné izolovat jednotlivé labilní formace a vytvořit síť biocenter a biokoridorů pro spojení mezi stabilními zónami. Tím se podpoří sekundární diverzita, což je klíčový prvek stability krajiny. Stabilními ekosystémy, které slouží jako krajinné pufry, jsou bohatá a vhodně situovaná společenstva a formace, jako jsou lesy, trvalé drnové formace (louky, pastviny, zatravněné lany), parky, vodní toky, nádrže a břehové porosty a mokřady. Tyto prvky mají potenciál dlouhodobě se dynamicky rozvíjet (Bínová et al. 2017).

3.9 DZES

Standardy „Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy“ (DZES), dříve známé jako GAEC, slouží k zajištění zemědělského hospodaření v souladu s

ochranou životního prostředí a jsou nedílnou součástí „Kontroly podmíněnosti“ (VÚMOP ©2024).

Podmínky standardů DZES

- DZES 1 Zachování trvalých travních porostů na základě poměru trvalých travních porostů k zemědělské ploše (přechod podmínky z greeningu, zajištění nesnížení poklesu poměru travních porostů o více než 5 % oproti poměru v roce 2018);
- DZES 3 Zákaz vypalování strnišť na orné půdě vyjma případů odůvodněných zdravím rostlin (přechod podmínky ze současného standardu DZES 6);
- DZES 4 Zřízení ochranných pásů podél vodních toků (přechod podmínky ze současného standardu DZES 1);
- DZES 5 Obhospodařování půdy způsobem, který snižuje riziko degradace půdy a eroze, včetně zohlednění sklonu svahu (přechod podmínky ze současného standardu DZES 5);
- DZES 6 Minimální pokryv půdy pro zamezení vzniku holé půdy v nejcitlivějších obdobích (podmínky navazují na současný standard DZES 4);
- DZES 7 Střídání plodin na orné půdě (část podmínek týkající se omezení plochy jedné plodiny navazují na současný standard DZES 5g);
- DZES 8 Minimální podíl výměry zemědělské plochy vyhrazený pro neprodukční plochy, zachování krajinných prvků, zákaz ořezu keřů a stromů v období hnízdění a odchovu mláďat (podmínky navazují na podmínky z greeningu a současný standard DZES 7);
- DZES 9 Zákaz přeměny nebo orby trvalých travních porostů označených jako environmentálně citlivé oblasti s trvalými travními porosty v lokalitách sítě Natura 2000.

Cílem DZES je přispět ke zmírnění změny klimatu a adaptaci na tuto změnu, k řešení výzev v oblasti vody v krajině, ochraně a kvalitě půdy a zachování biologické rozmanitosti ve vztahu k zemědělskému hospodaření (EAGRI ©2024).

4 Charakteristika zájmového území

Pro diplomovou práci bylo zvoleno katastrální území Nedvědice u Soběslavi (obrázek č.3).

4.1 Základní informace a popis zájmového katastrálního území

kraj: Jihočeský

okres: Tábor

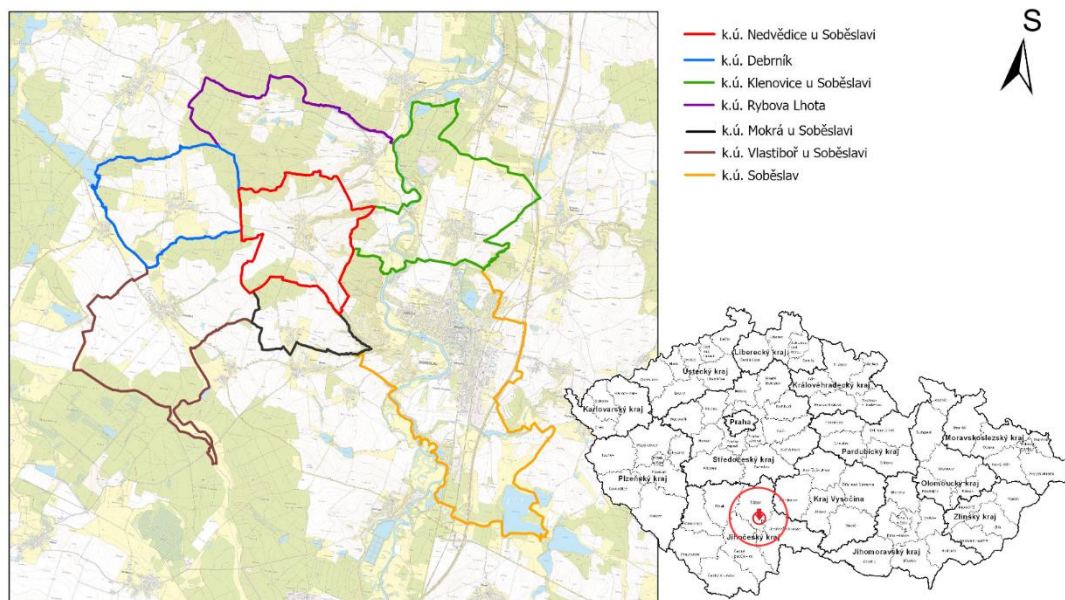
obec: Nedvědice u Soběslavi

katastrální území: Nedvědice u Soběslavi

kód k.ú.: 780421

výměra k.ú.: 4,54 km²

sousedící k.ú.: Rybova Lhota (kód k.ú. – 747882), Klenovice u Soběslavi (kód k.ú. – 666106), Soběslav (kód k.ú. – 751707), Mokrá u Soběslavi (kód k.ú. – 780413), Vlastiboř u Soběslavi (kód k.ú. – 783412), Debrník (kód k.ú. – 624888)



Obrázek 3: Lokalizace zájmového území

Nedvědice se nachází v mírně zvlněné krajině na levém břehu Lužnice, severovýchodně od Soběslavi. Zároveň leží na pomezí Soběslavských blat a výše položené planině, která se sklání k řece Lužnici jižně od Tábora. Vesnice s rozmanitou zástavbou se rozkládá na svazích a v otevřeném údolí místního vodního toku, což je levobřežní přítok Lužnice. Nad vesnicí se vypíná nevýrazné návrší Chrastina (513 m n.m.) s překvapivě rozsáhlými výhledy.

4.1.1 Stručná historie

Nedvědice (původně Medvědice) patřily ve středověku Louňovickému klášteru premonstrátek. Vesnice s kostelem (obrázek č.4) existovala patrně již ve 13. století. Od roku 1420 byly Nedvědice dočasně v držení Rožmberků a roku 1437 je získalo město Tábor. Po krátké epizodě rožmberského panství se Nedvědice roku 1594 staly již natrvalo majetkem města Soběslavi. Současně zde však existoval jeden svobodnický dvorec. Vesnice značně utrpěla za třicetileté války. Roku 1654 zde bylo zaznamenáno celkem 5 usedlostí osazených (z toho 3 selské) a 4 pusté (nedvedice.estranky.cz ©2024).

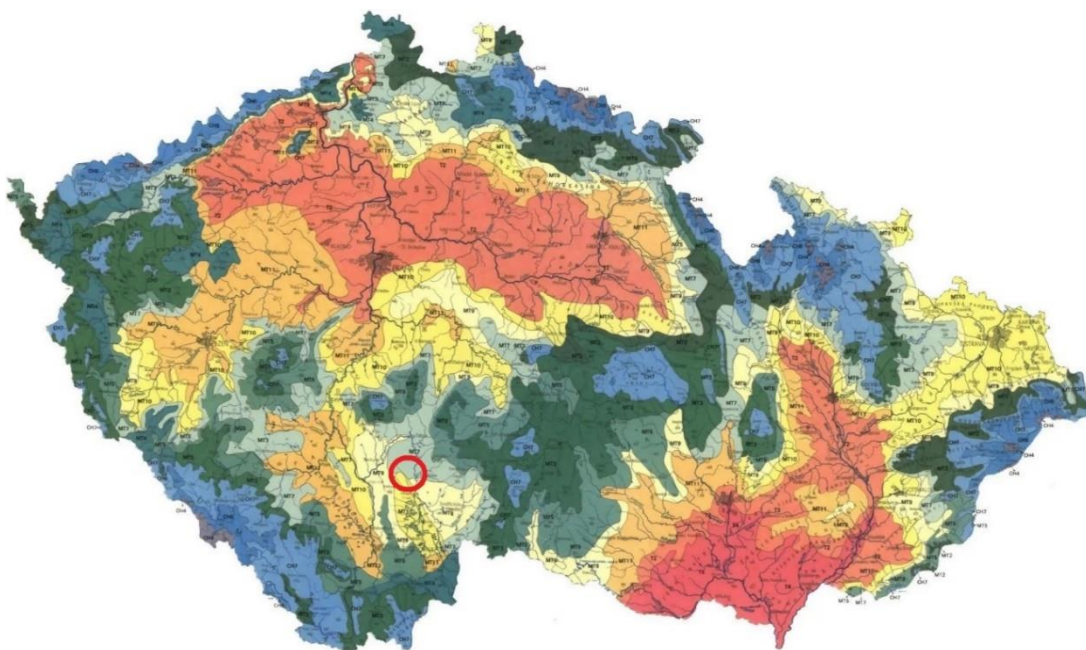


Obrázek 4: Kostel sv. Mikuláše (wikimedia.org)

4.1.2 Klimatické poměry

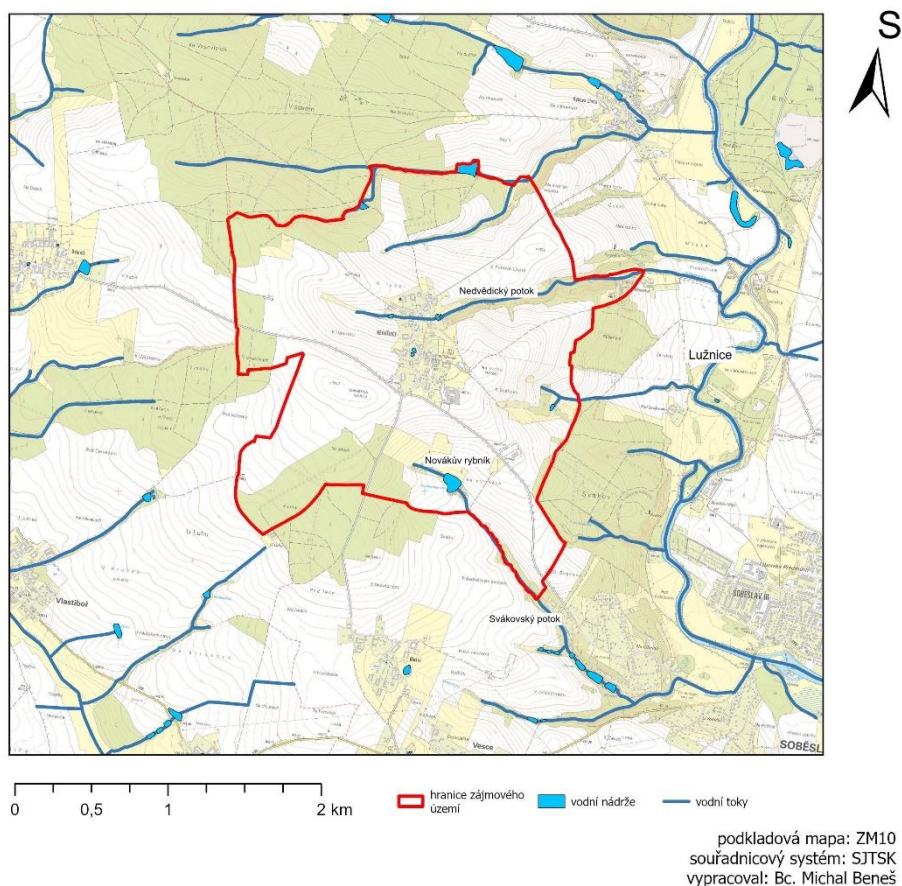
Území bylo dle Quittovy klasifikace (1971) zařazeno do mírně teplé klimatické oblasti číslo 7 (obrázek č.5, tabulka č.6). Jarní období v dané lokalitě je charakterizováno krátkou a mírnou dobou, kdy průměrná teplota v dubnu dosahuje 6 až 8 stupňů Celsia. Léto se vyznačuje mírným, lehce suchým a standardně dlouhým trváním, s průměrnou teplotou vzduchu v červenci mezi 16 až 17 stupni Celsia. V průměru je zaznamenáno 30 až 40 dní s letními teplotami. Podzim je krátký a mírně teplý, s průměrnou teplotou vzduchu v říjnu pohybující se mezi 7 a 8 stupni Celsia. Zimní období je mírně chladné, suché až mírně suché, s průměrnou teplotou vzduchu v lednu mezi -2 až -3 stupni Celsia. Roční počet dní s mrazem se odhaduje v rozmezí 120 až 140.

Co se týče srážek, počet dní s úhrny 1 mm a více činí 100 až 120, přičemž celkový roční úhrn srážek během vegetačního období dosahuje 400 až 450 mm. Během zimního období se suma srážek pohybuje mezi 250 až 300 mm. Počet dní s vrstvou sněhu se odhaduje na 60 až 80. Průměrný počet jasných dnů činí 40 až 50, zatímco dní s oblačným nebo zataženým počasím bývá průměrně 120 až 150.



Obrázek 5: Lokalizace a zařazení území do klimatické oblasti (Quit 1971)

4.1.3 Hydrologické podmínky



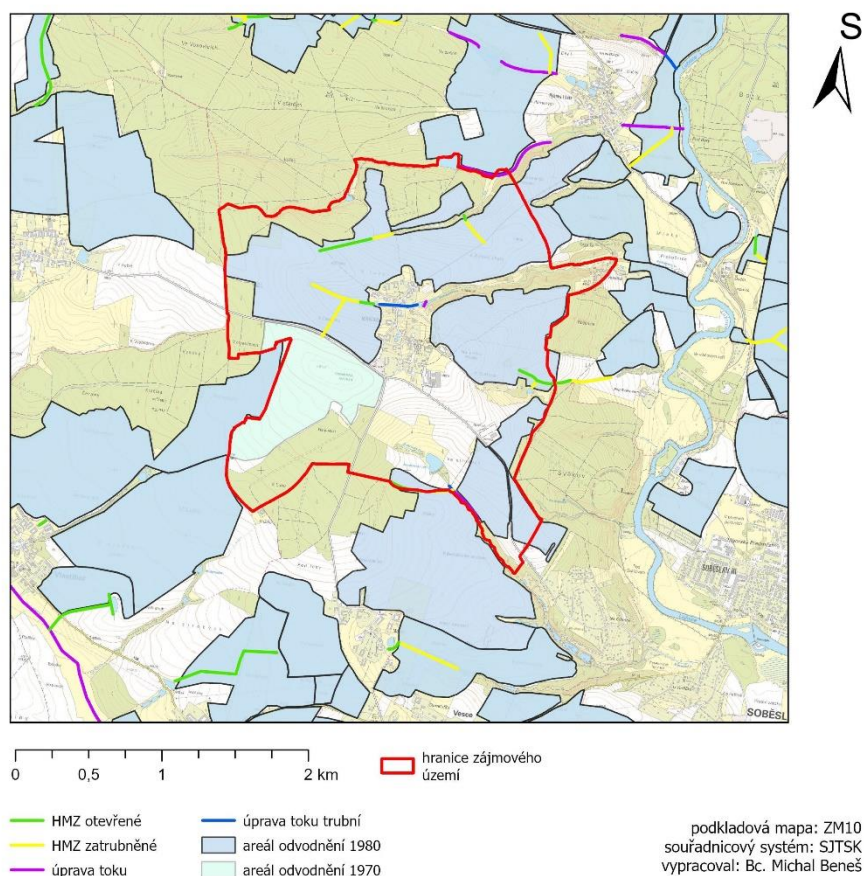
Obrázek 6: Hydrologické podmínky v řešeném k.ú.

V daném území (obrázek č.6), které je v oblasti povodí Labe, lze nalézt malé vodní toky, jako je například Svákovský potok o celkové délce 1600 metrů, který protéká soustavou třech vodních ploch do Mokerského potoka a ten se vlévá do Lužnice. Dalším vodním tokem je Nedvědicový potok o celkové délce 1830 metrů, který se vlévá přímo do Lužnice. Lužnice je řeka o celkové délce 208 km s horním tokem v Rakousku a protéká městem Soběslav. V zájmovém území se také nachází několik vodních ploch. Dvě vodní plochy se nacházejí na návsi a podél Svákovského potoka. V severní části se nachází druhá největší bezejmenná vodní plocha, obklopená lesními pozemky. V jižní části se nachází největší vodní plocha území, jedná se o Novákův rybník (obrázek P1 a P2) o celkové výměře cca 0,8 hektarů.

4.1.4 Meliorace

V katastrálním území se nachází areály odvodnění z roku 1980 o celkové rozloze 267 ha a také z roku 1970 o rozloze 56 ha. K tomu je zde několik hlavních melioračních zařízení z roku 1979 ať už otevřených nebo zatrubněných. Došlo zde i k

menším úpravám toků. Veškerá meliorační zařízení jsou zvýrazněná na následujícím obrázku č.7 (Geoportál SOWAC ©2024).



Obrázek 7: Meliorace v řešeném k.ú. (Geoportál SOWAC ©2024)

4.1.5 Geomorfologické zařazení

Území Nedvědice u Soběslavi je geomorfologicky zařazeno do Hercynského systému, konkrétně do Hercynského pohoří. Tato oblast se nachází v provincii Česká Vysočina, specificky v Česko-Moravské subprovincii. V rámci této subprovincie jsou Nedvědice u Soběslavi částí oblasti Táborské vrchoviny. Dále je specifikováno, že leží v celku Soběslavské pahorkatiny, pod který spadá podcelek Malšická pahorkatina. Nejpodrobnější geomorfologické členění uvádí, že území je součástí okrsku Želečská pahorkatina.

4.1.6 Typologie dle krajiny

Nedvědice u Soběslavi jsou charakterizovány jako vrcholně středověká sídelní krajina Hercynica z hlediska osídlení. V oblasti využití se jedná o lesozemědělskou krajinu, což odráží kombinaci lesnického a zemědělského hospodaření v této oblasti. (geoportal.gov.cz).

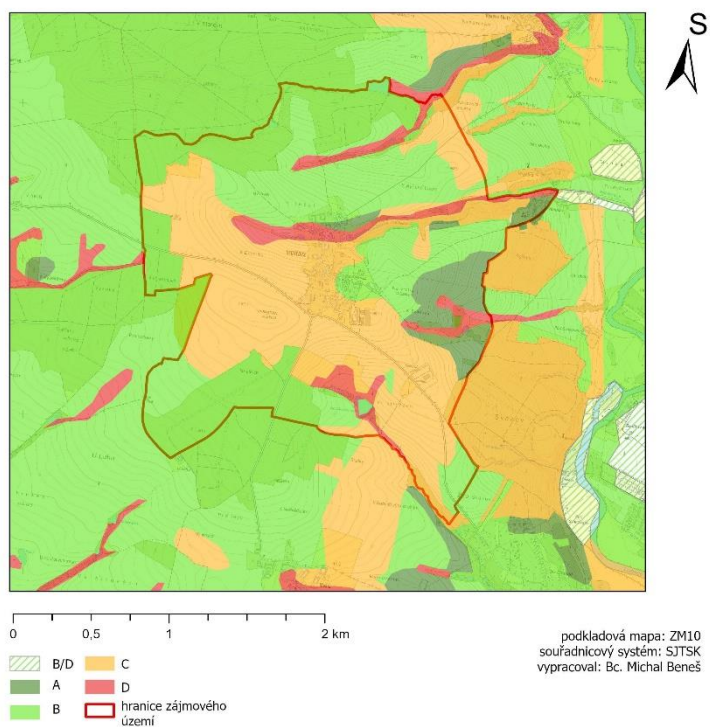
4.1.7 Hydrologické skupiny půd

V tabulce č.5 můžeme vidět hydrologické skupiny s jejich definicemi. Na následném mapovém výstupu (obrázek č.8) je zobrazeno rozdělení jednotlivých hydrologických skupin půd v daném území. Tyto skupiny jsou klasifikovány na základě jejich schopnosti absorbovat a zadržovat vodu, což je klíčové pro hydrologii krajiny jakož i pro zemědělství a při návrhu protierozních opatření. Čím větší je hloubka půdy, tím lépe je schopna absorbovat vodu a snižovat rychlost povrchového odtoku. Půda s větší hloubkou má také větší potenciál udržet větší množství vody, což může minimalizovat erozi.

| Hydrologická skupina | Hydrologická charakteristika vlastností půd |
|----------------------|---|
| A | Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ($> 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo šterky |
| B | Půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité |
| C | Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ($0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité |
| D | Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($< 0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím. |

Tabulka 5: HSP (Janeček 2012)

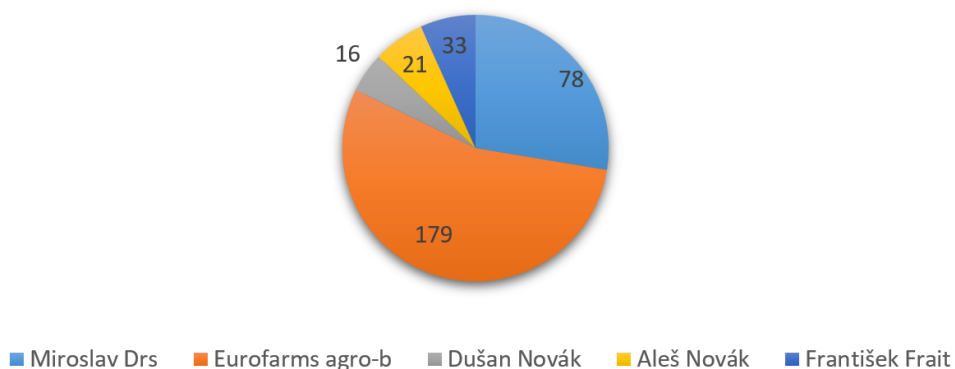
Z mapového výstupu (obrázek č.8) je patrné, že na území převládají HSP B a C. V tabulce č. 10 je uvedeno konkrétní zastoupení jednotlivých HSP, které bylo využito k určení hodnoty čísel CN křivek při dimenzování technického opatření (kapitola 5.12).



Obrázek 8: Mapový výstup HSP (Geoportál SOWAC ©2024)

4.1.8 Zemědělství v obci

Hospodařící subjekty [ha]

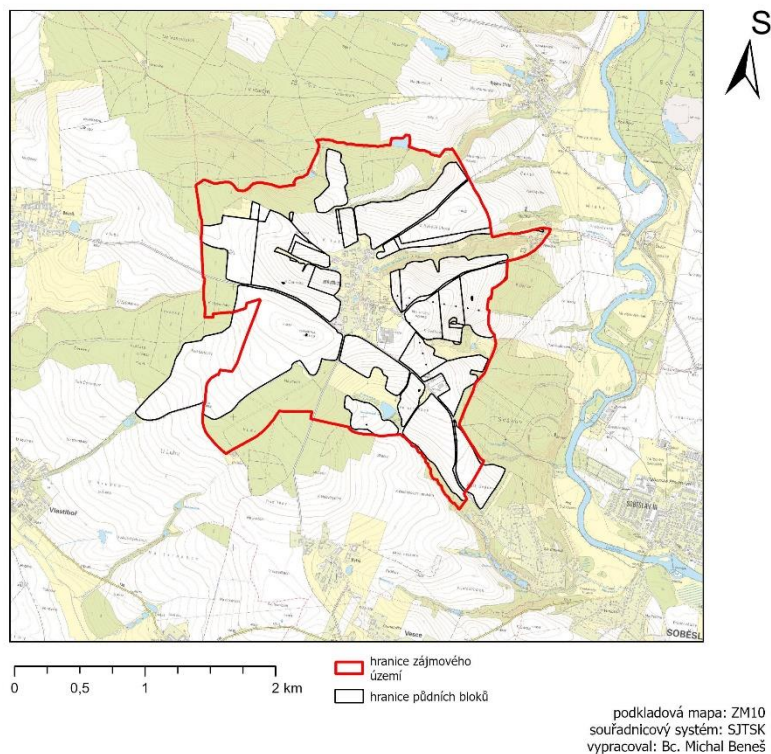


Obrázek 9: Graf hospodařících subjektů v obci

Na obrázku č. 9 můžeme vidět největší hospodařící subjekty v katastrálním území Nedvědice u Soběslavi. Největším z nich je společnost Eurofarms agro-b (179 ha) a Miroslav Drs (78 ha).

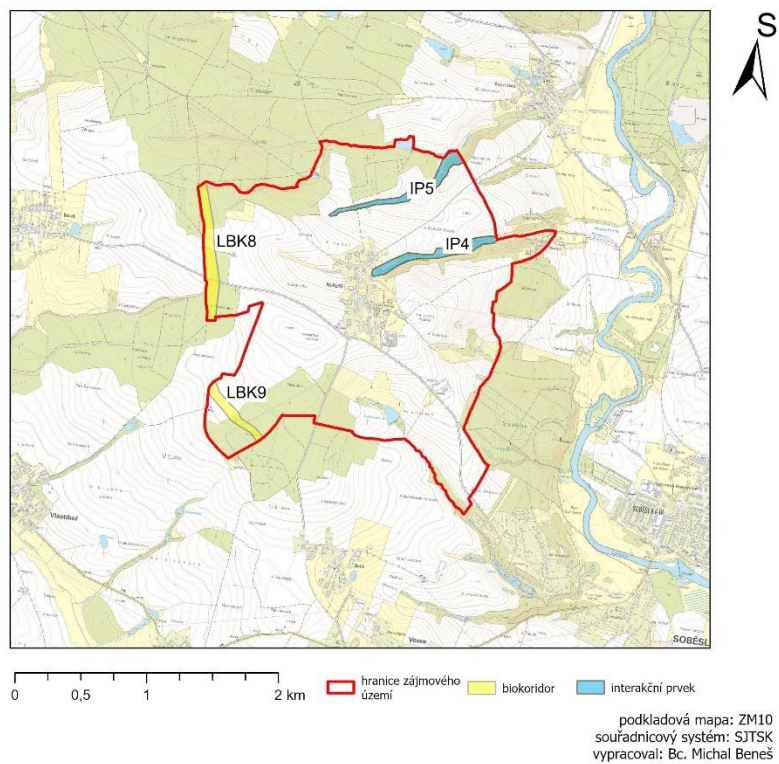
Celkem osm zemědělců se věnuje hospodaření v celé obci, přičemž mezi největší zástupce patří Miroslav Drs, firma Eurofarms agro-b, František Frait a Dušan a Aleš Novákovi. V příloze můžeme vidět kompletní seznam PB a jejich uživatelů

(tabulka P2) vyskytujících se na řešeném území. Dále pak na mapovém výstupu (obrázek č.10) můžeme vidět PB znázorněny v daném území.



Obrázek 10: PB v řešeném k.ú.

4.1.9 Přírodní podmínky



Obrázek 11: Přírodní podmínky v řešeném k.ú. (musobeslav.cz ©2024)

Poskytnuté údaje přírodních podmínek byly vzaty z územního plánu města Soběslav. Na zobrazení mapy (obrázek č.11) je patrné rozložení biokoridorů a prvků, které umožňují interakci mezi různými částmi krajiny. Interakční prvek s označením 5 se nachází v oblasti údolí Nedvědickeho potoka, na východ od obce Nedvědice. Úpravy koryta tohoto potoka zahrnují směrové a spádové úpravy jak v horní části toku, tak i v oblasti nivy řeky Lužnice před jejím soutokem, včetně úpravy jeho příčného profilu. Další interakční prvek, označený číslem 4, se nachází v údolí potoka bez názvu, který leží severně od Nedvědic. Tento potok pramení severně od této oblasti a jeho vody směřují do Radimovského potoka u Rybové Lhoty. I v tomto případě byly na korytu potoka realizovány směrové a spádové úpravy, stejně jako úpravy příčného profilu, což napomáhá regulaci vodního toku a jeho ekosystému.

Biokoridor číslo 8 se rozkládá hlavně mezi lesními porosty situovanými mezi Radimovem a Nedvědicemi, a zasahuje i na přilehlé zemědělské plochy určené k orbě. Trasa biokoridoru číslo 9 pokračuje z biokoridoru, který je součástí schváleného Plánu územního systému ekologické stability (ÚSES) obce Vlastiboř. Tento biokoridor se rozprostírá na zemědělské půdě určené k orbě a v lesních porostech umístěných na západ od Nedvědic.

Natura 2000, zvláště chráněná území, památné a významné stromy, významné krajinné prvky

V katastrálním území Nedvědice u Soběslavi se nenachází žádná evropsky významná lokalita, zvláště chráněná území, památné a významné stromy anebo významné krajinné prvky (musobeslav.cz ©2024).

4.1.10 Větrná eroze

V řešeném katastrálním území nebylo zjištěno žádné ohrožení větrnou erozí.

5 Metodika

Praktická část této diplomové studie se soustředí na posouzení rizika eroze pro různé PB v dané oblasti. Na tomto základě budou navržena odpovídající opatření proti erozi. Hodnocení stupně rizika eroze bylo realizováno s využitím metody univerzální erozní rovnice (USLE) v rámci softwaru pro geoprostorové informace zvaném ArcGIS Pro.

5.1 Použitá data

Pro toto posouzení rizika eroze a následné navržení jednotlivých protierozních opatření, byla použita následující data:

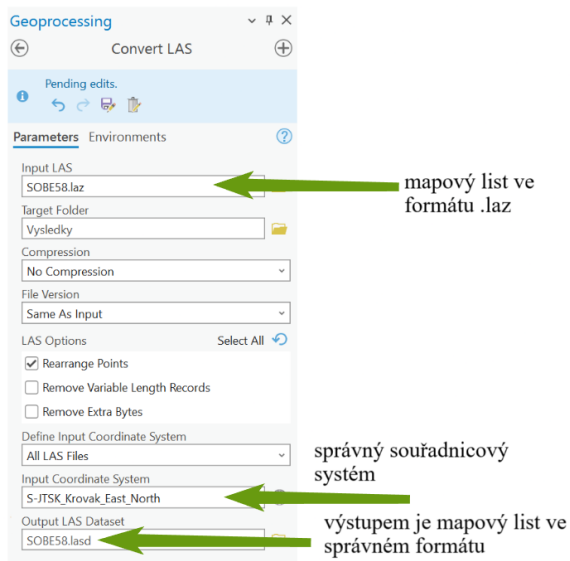
- BPEJ data (Státní pozemkový úřad, 2024)
- Vodní toky, vodní plochy (Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, 2024)
- Data PB v řešeném území (Veřejný registr půdy – LPIS)
- DMR 4G – digitální model reliéfu čtvrté generace (ČÚZK, 2024)
- Podkladové mapy – Základní mapa 1:10 000, ortofoto (ČÚZK, 2024)
- Shapefile katastrálního území (ČÚZK, 2024)
- eKatalog BPEJ, monitoring eroze, informační systém melioračních staveb (Geoportál SOWAC – GIS, 2024)
- DES_RAIN_VARIABLE – fakulta životního prostředí ČZU

5.2 Vstupní data pro řešené území

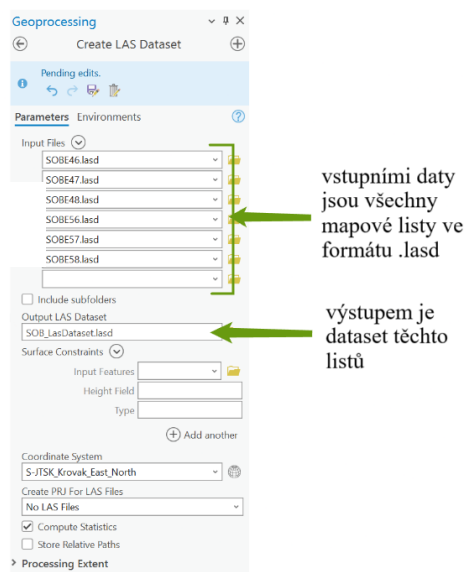
Vstupní částí pro geolokaci a utvoření základního pracovního prostředí v softwaru ArcGIS bylo stažení shapefile katastrálního území z databáze ČÚZK a připojení podkladové mapy pomocí WMS (ZM10, ortofoto). To bylo doplněno shapefile PB, které byly staženy z veřejného registru půdy.

5.3 Digitální model terénu

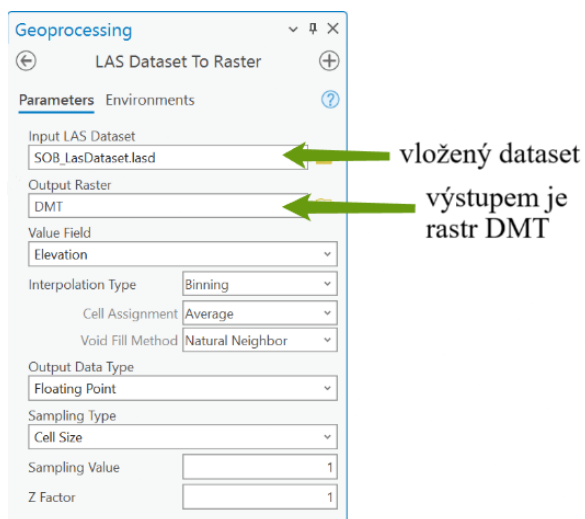
Pro analýzu terénní situace v řešeném území bylo nutné vytvořit rastr (obrázek č.15) ze stažených dat digitálního modelu reliéfu čtvrté generace v dostupném formátu „laz“. Jednalo se o jednotlivé mapové listy. Tento formát stažených listů bylo nutné upravit tak, aby bylo možné s ním pracovat v prostředí ArcGIS. Nejprve byl použit nástroj **Convert LAS**, při němž došlo ke konvertování formátu „laz“ na „lasd“ (obrázek č.12). Následně došlo k vytvoření tzv. kolekci dat pomocí funkce **Create Las Dataset** (Obrázek č.13) a poté teprve k vytvoření požadovaného rastru nástrojem **LAS Dataset to Raster** (obrázek č.14).



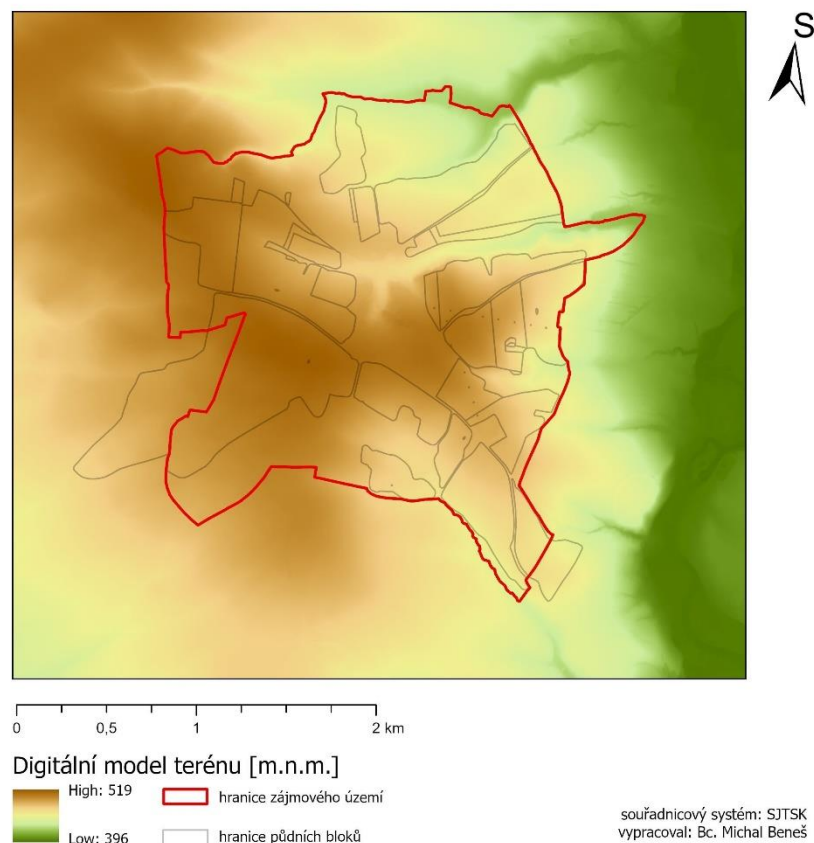
Obrázek 12: Funkce Convert LAS



Obrázek 13: Funkce Create LAS Dataset



Obrázek 14: Funkce LAS Dataset to Raster



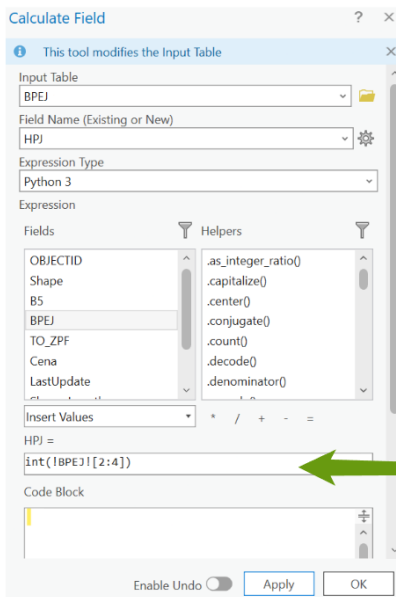
Obrázek 15: Mapový výstup digitálního modelu terénu

5.4 R faktor

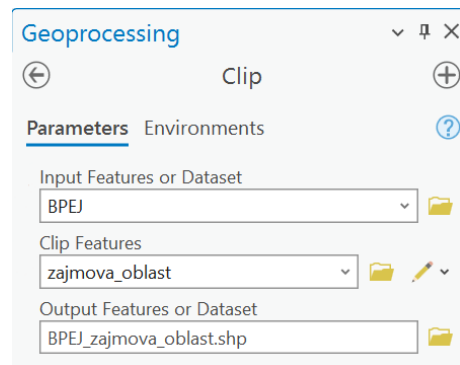
Faktor R je ukazatelem erozní síly deště. Podle Janečka (2012) je závislý na frekvenci, kinetické energii, intenzitě a celkovém množství srážek. Pro většinu agrárních půd v České republice byla jeho hodnota určena jako $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$.

5.5 K faktor

Hodnota erodovatelnosti půdy, reprezentovaná K faktorem, byla odvozena z druhého a třetího čísla kódu BPEJ. Do softwaru ArcGIS byla importována vrstva BPEJ, která byla nástrojem **Clip** (obrázek č.16) upravena tak, aby odpovídala pouze řešenému katastrálnímu území. Z atributové tabulky vrstvy BPEJ byly vyřazeny všechny polygony s hodnotou 99, značící lesy, vodstva a urbanizované oblasti. Nově přidaný sloupec HPJ byl vyplněn kombinací druhého a třetího čísla kódu BPEJ s využitím nástroje **Field calculator** (obrázek č.17). V tomto nástroji zadáme příkaz `int(!BPEJ![2:4])` a dáme OK.

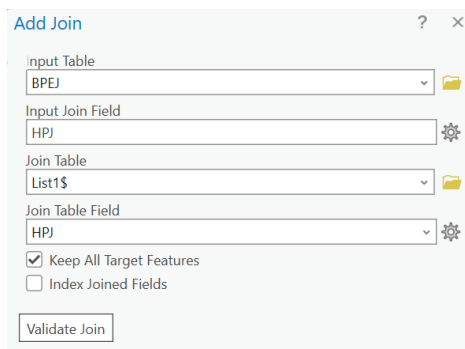


Obrázek 17: Nástroj Field Calculator

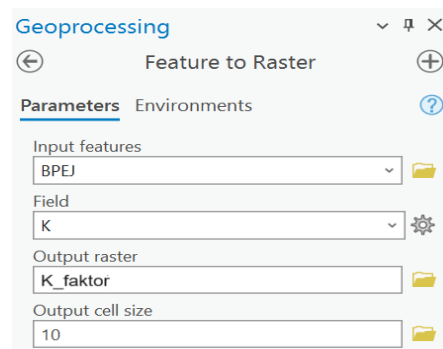


Obrázek 16: Funkce Clip

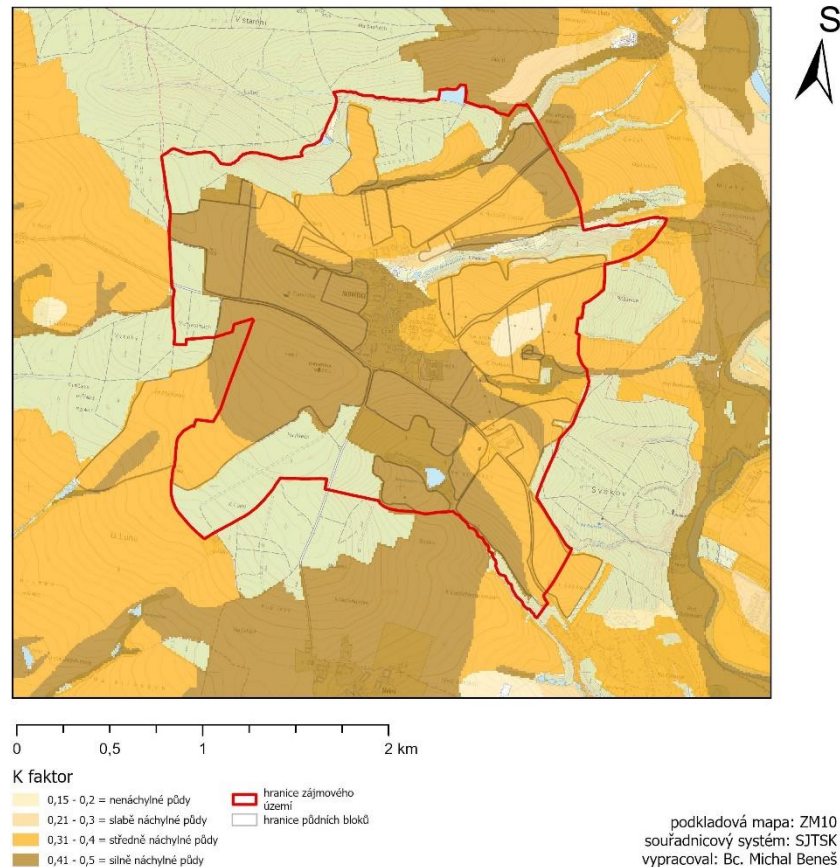
Dalším krokem bylo zařazení nového sloupce pojmenovaného K faktor. Hodnoty v tomto sloupci byly určeny podle tabulky (tabulka č.1) od Janečka (2012), která uvádí hodnoty faktoru K pro různé HPJ. Tato tabulka byla propojena na základě HPJ pomocí funkce **Joins and Relates** (obrázek č.19) s tabulkou BPEJ. V závěru byla použita funkce **Feature to Raster** k vytvoření požadovaného rastru K faktoru (obrázek č.18). Vstupní vrstvou byla BPEJ a sloupec K faktoru. Velikost výstupní buňky je vždy nastavena na 10.



Obrázek 19: Funkce Join and Relates



Obrázek 18: Funkce Feature to Raster



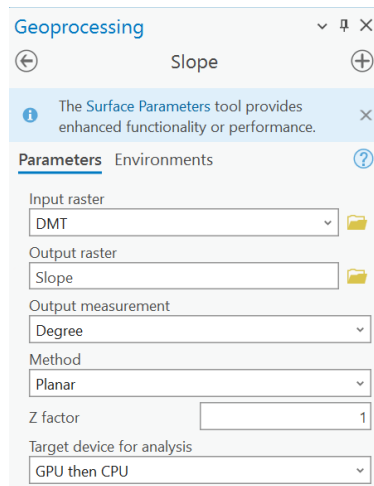
Obrázek 20: Mapový výstup K faktoru

Výsledkem je rastr K faktoru (obrázek č.20). Zkoumané území je charakterizováno přítomností středně náchylných půd, které vykazují určitou míru odolnosti vůči erozi a degradaci. Současně však také dominují půdy silně náchylné k erozi, což představuje výzvu pro udržení stability a kvality půdního prostředí. Tento mix různě náchylných půd vyžaduje důkladnou pozornost a vhodná opatření, aby se minimalizovaly negativní dopady eroze a zachovala se dlouhodobá udržitelnost půdních zdrojů v této oblasti.

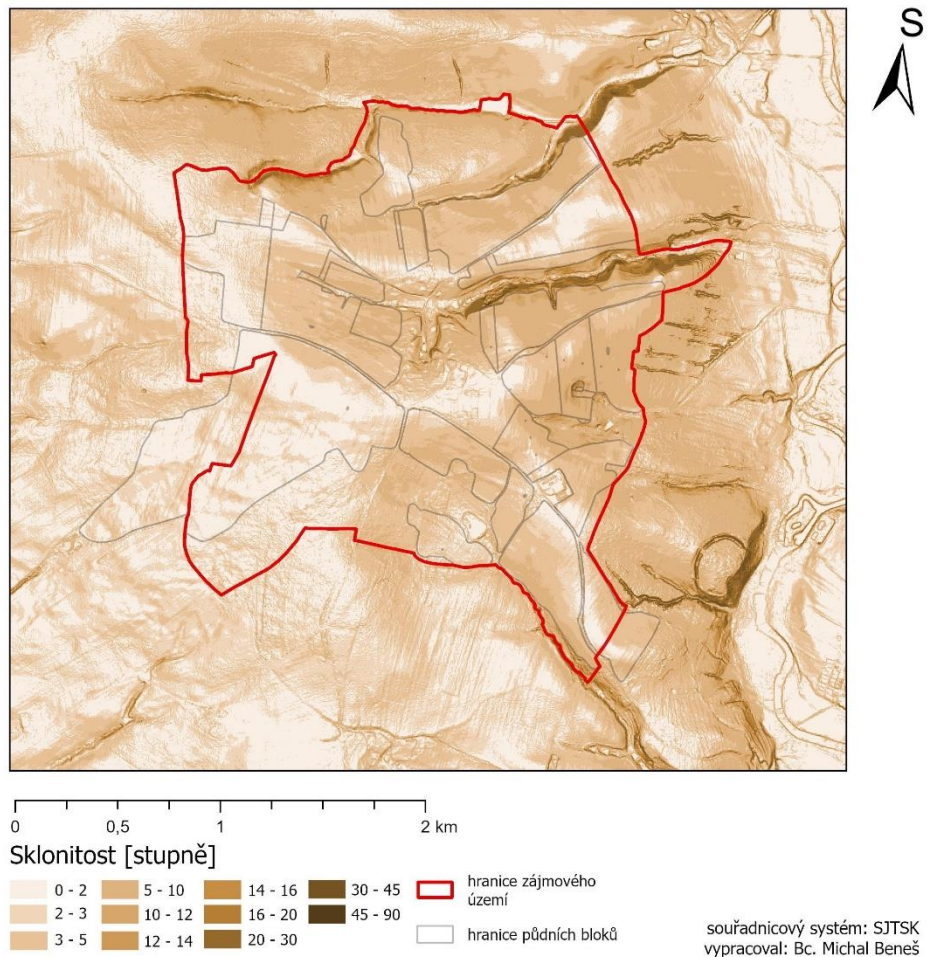
5.6 LS faktor

Pro vytvoření rastru znázorňujícího LS faktor (obrázek č.29) je potřeba spojit několik klíčových geografických a hydrologických dat. Konkrétně se jedná o rastr sklonitosti terénu, směru povrchového odtoku a akumulace povrchového odtoku.

Rastr sklonitosti terénu (obrázek č.22) byl vytvořen pomocí funkce **Slope** (obrázek č.21), která vycházela z již vytvořeného digitálního modelu terénu.

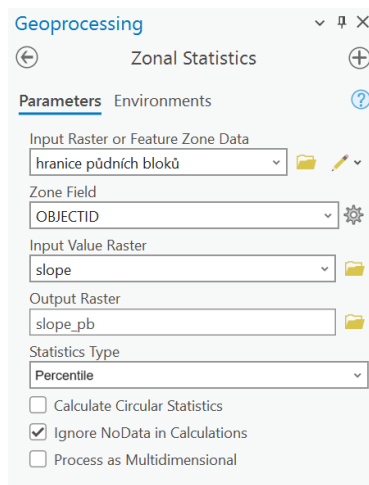


Obrázek 21: Funkce Slope



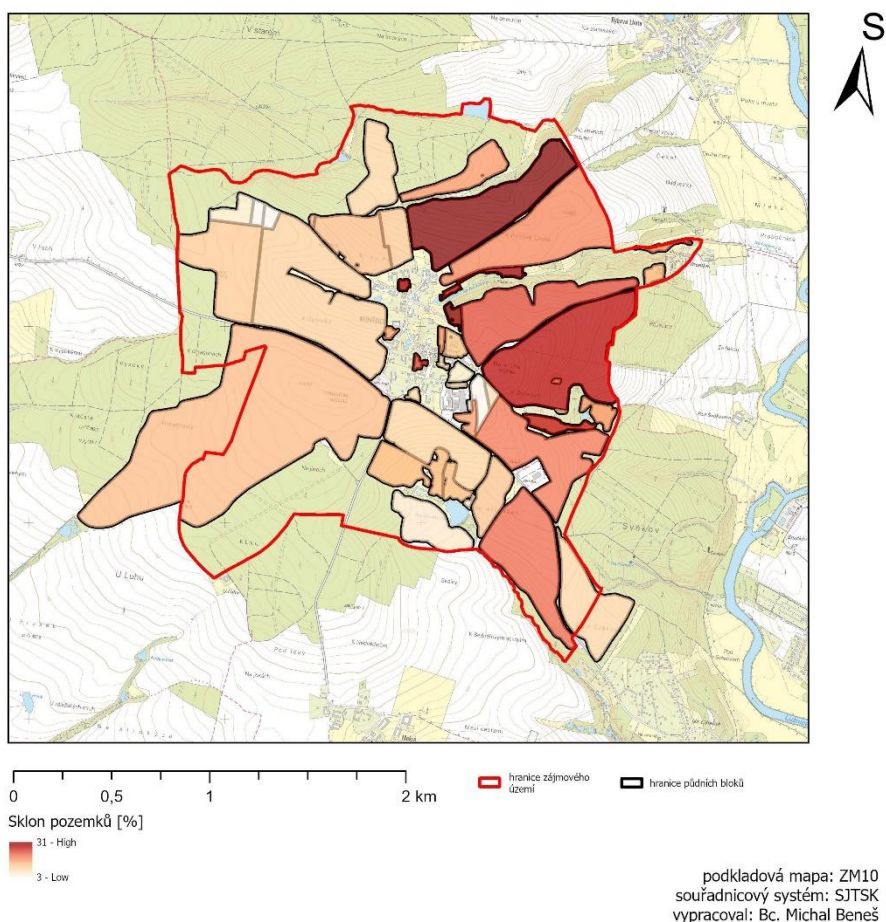
Obrázek 22: Rastr sklonitosti

Pro identifikaci PB se sklonem vyšším než 25 %, na jejichž základě se následně navrhne kompletní zatravnění, byla použita funkce **Zonal Statistics** (obrázek č.23).



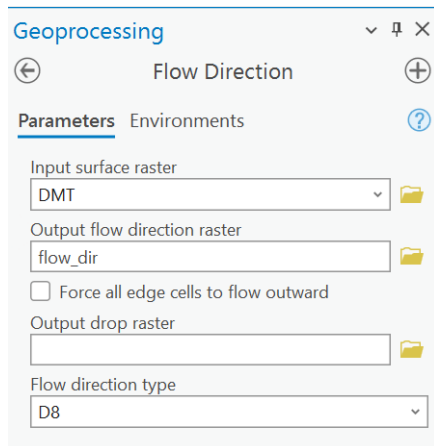
Obrázek 23: Funkce Zonal Statistics

Z této funkce vznikl rastr reprezentující sklon v procentech na každý PB (obrázek č. 24).

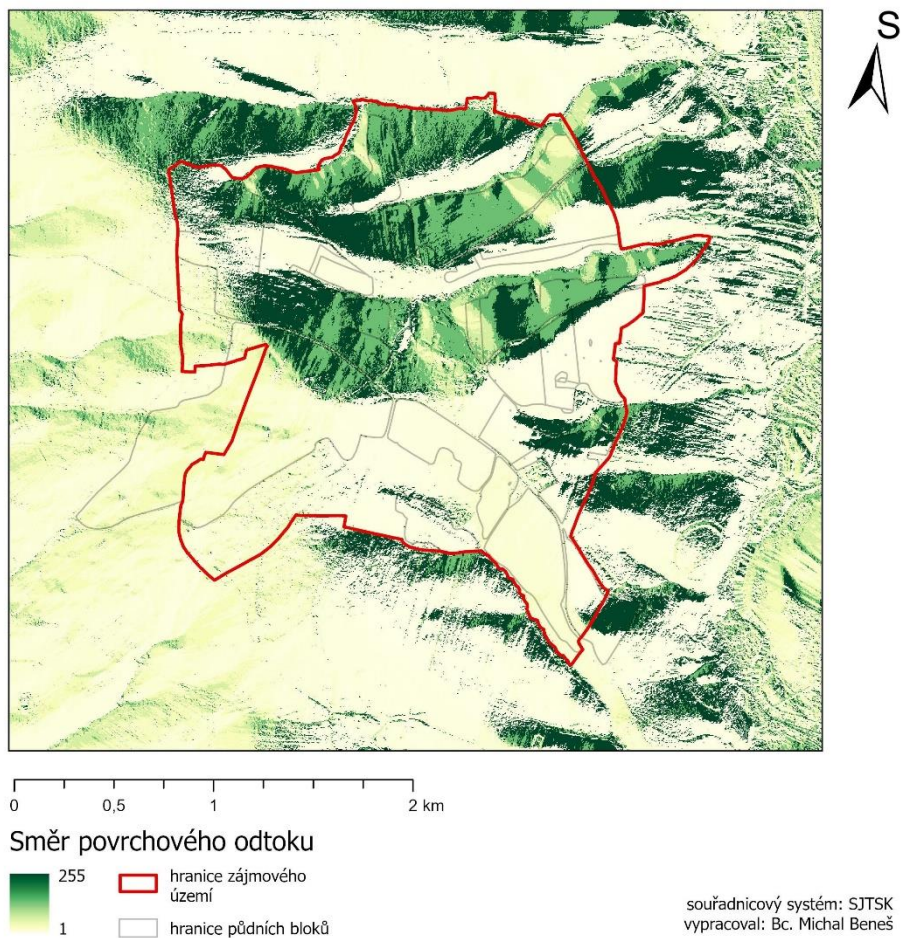


Obrázek 24: Rastr sklonu na půdních blocích

Použitím funkce **Flow direction** (obrázek č.25) vznikl rastr směru povrchového odtoku (obrázek č.26), který vychází také z digitálního modelu terénu, přičemž hodnoty tohoto rastru představují směr povrchového odtoku na základě nejvyššího výškového rozdílu mezi sousedními buňkami.

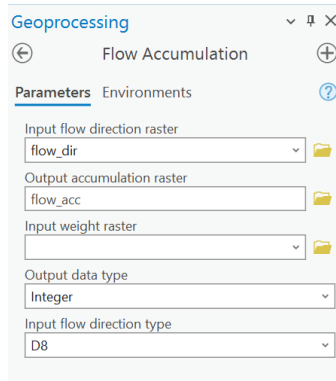


Obrázek 25: Funkce Flow Direction

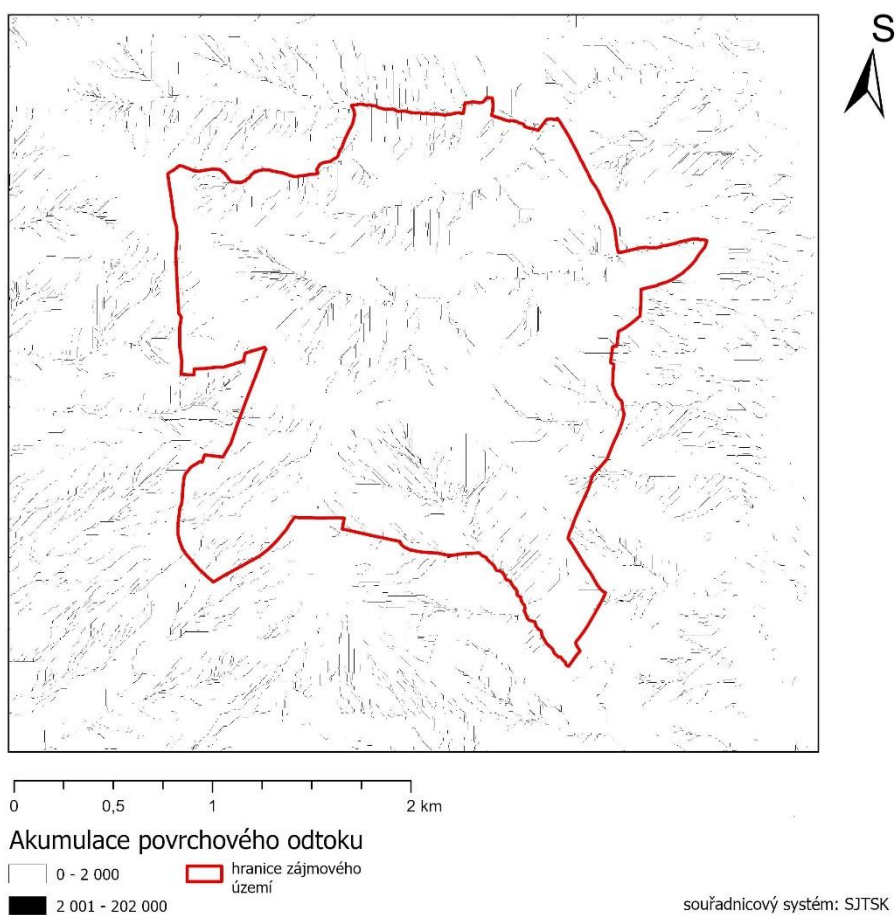


Obrázek 26: Rastr výstup směru povrchového odtoku

Dalším krokem je vytvoření rastru akumulace povrchového odtoku (obrázek č.28) pomocí funkce **Flow accumulation** (obrázek č.27) Tato funkce využívá již vytvořený rastr směrového odtoku (obrázek č.26).



Obrázek 27: Funkce Flow accumulation



Obrázek 28: Rastr akumulace povrchového odtoku

Nyní je možné přejít k vytvoření rastru LS faktoru. Musíme stanovit hodnotu LS faktoru, a to pomocí rovnice dle Mitášové (1996):

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

Rovnice 8: LS faktor

Tato rovnice byla vložena do nástroje **Raster Calculator** spolu s vytvořenými rastry.
`Power("Flow accumulation"*10/22.13,0.6) * Power(Sin("Slope"*0.01745)/0.09,1.3)`
`*1.6`

a = plocha;

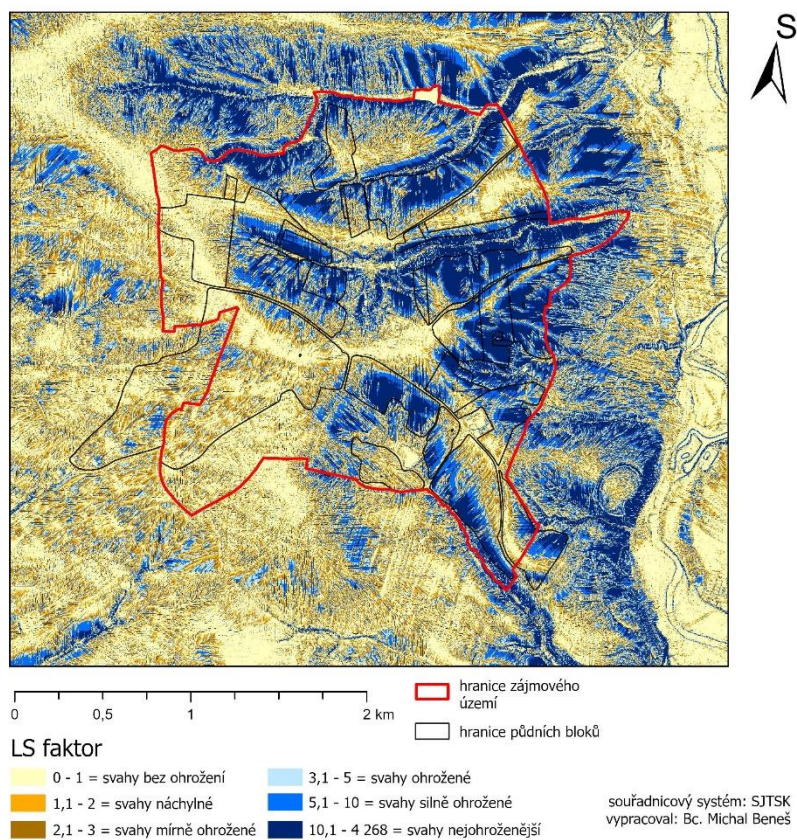
s = sklon;

m, n = kalibrační koeficienty (0,6; 1,6);

22,13 = délka standartního pozemku;

0,0896 = sklon standartního pozemku;

10 = velikost buňky digitálního modelu terénu.



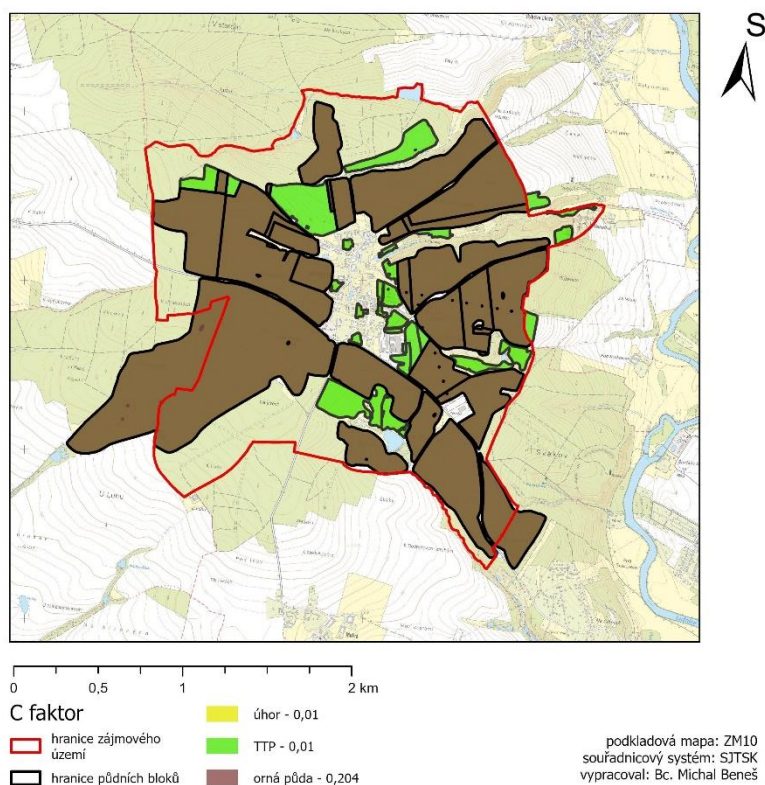
Obrázek 29: Rastr LS faktoru

5.7 C faktor

Obvykle se faktor C určuje na základě informací o osevních postupech na daných PB. Vzhledem k tomu, že se tyto osevní postupy nepodařilo získat, byl faktor C stanoven na základě klimatického regionu (kapitola 4.1.2). Do atributové tabulky LPIS byl přidán sloupec C faktoru a hodnoty se doplnily dle tabulky (tabulka č.6). Konkrétně pro ornou půdu je hodnota C faktoru 0,204 a pro TTP 0,01. Posledním krokem bylo vytvoření rastru (obrázek č.30) pro C faktor pomocí funkce **Feature to Raster**.

| klimatický region | orná půda | ostatní plochy ZPF |
|-------------------|-----------|--------------------|
| 0 | 0,291 | 0,307 |
| 1 | 0,278 | 0,286 |
| 2 | 0,266 | 0,264 |
| 3 | 0,254 | 0,243 |
| 4 | 0,241 | 0,221 |
| 5 | 0,229 | 0,199 |
| 6 | 0,216 | 0,178 |
| 7 | 0,204 | 0,156 |
| 8 | 0,192 | 0,135 |
| 9 | 0,179 | 0,113 |

Tabulka 6: Tabulka C faktoru dle klimatického regionu



Obrázek 30: Mapový výstup C faktoru

5.8 P faktor

V diplomové práci se nepřihlíželo k žádným protierozním opatřením, a tak byla hodnota P určena podle Janečka (2012) na 1.

5.9 Výpočet rovnice USLE

V této kapitole došlo ke stanovení míry ohrožení podle rovnice USLE (rovnice 9). K tomu byla využita funkce **Raster Calculator** v softwaru ArcGIS Pro. Do této rovnice byla implementována data, z již vytvořených rastrů faktorů a určené hodnoty dalších faktorů, jako jsou faktor R a P. Výstupem je rastr průměrné ztráty půdy na každou buňku (obrázek č.31).

$$G = R * K * LS * C * P$$

Rovnice 9: Rovnice USLE

Dosazené hodnoty:

G = průměrná dlouhodobá ztráta půdy [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$];

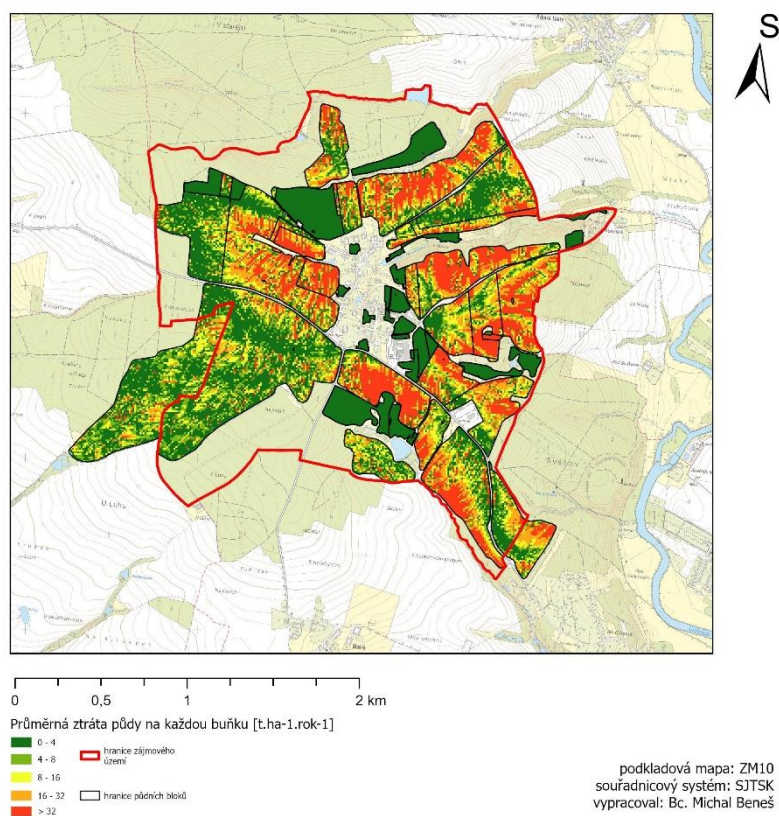
R = 40 [$MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$];

K = data z rastru faktoru;

LS = data z rastru faktoru;

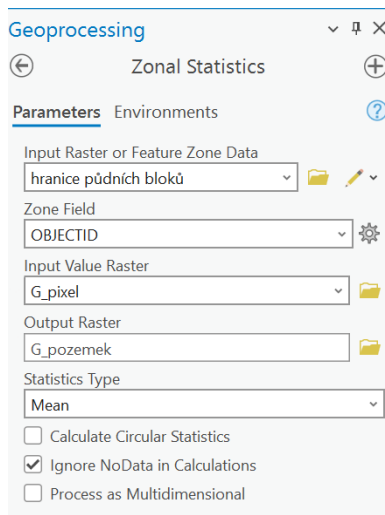
C = data z rastru faktoru;

P = 1.

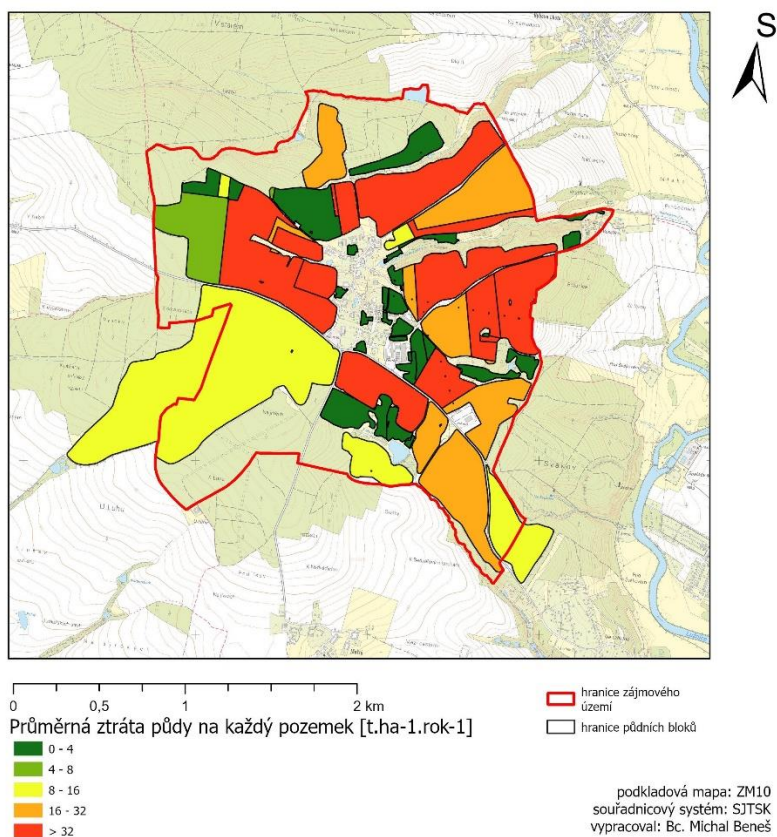


Obrázek 31: Rastr průměrné ztráty půdy na každou buňku

Poté bylo nutné určit průměrnou ztrátu půdy pro každý PB, což bylo provedeno pomocí funkce **Zonal Statistics** (obrázek č.32). Jako vstupní data byla použita polygonová vrstva reprezentující jednotlivé PB a vytvořená rastrová vrstva ukazující úroveň erozního ohrožení na každou buňku (obrázek č.31). Pro výpočet byl zvolen typ **MEAN**. Výsledkem byl nový rastr, který ilustruje ztrátu půdy na jednotlivých PB v tunách na hektar ročně (obrázek č.33).



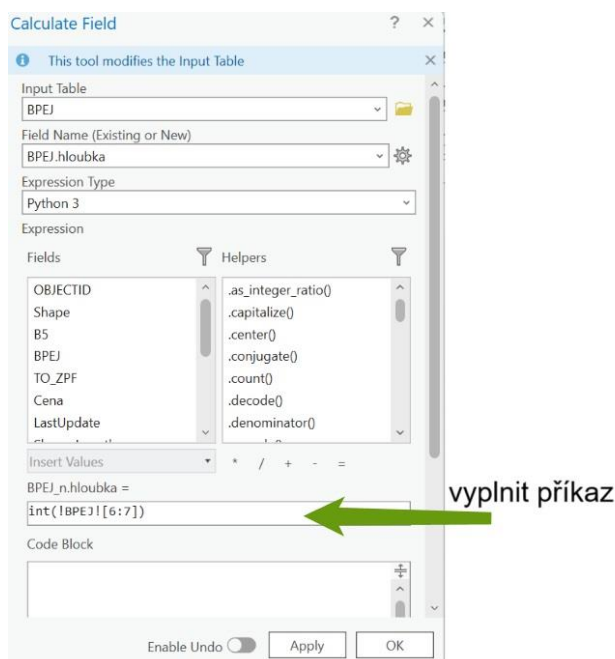
Obrázek 32: Funkce Zonal Statistics



Obrázek 33: Rastr průměrné ztráty půdy na každý pozemek

5.10 Stanovení ohrožených půdních bloků

K identifikaci lokalit s nadměrnou ztrátou půdy, kde eroze překračuje limitní hodnoty, bylo nutné tyto limity nejprve vypočítat. Do atributové tabulky vrstvy BPEJ byly za účelem tohoto hodnocení přidány dva nové sloupce. První sloupec představující hloubku půdy byl vyplněn na základě pátého čísla kódu BPEJ, zatímco druhý určoval maximální tolerovatelnou ztrátu půdy v závislosti na její hloubce. Sloupec první byl vyplněn pomocí nástroje **Field calculator** (obrázek č.34) do kterého bylo vyplněno paté číslo kódu BPEJ následujícím příkazem: `int(!BPEJ![6:7])`.



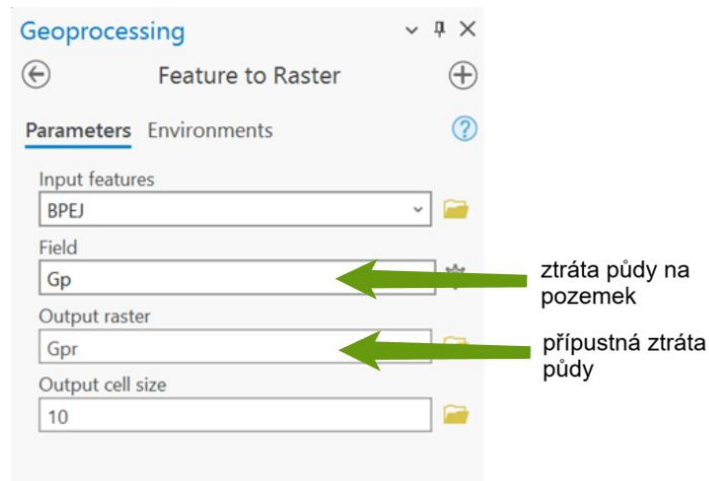
Obrázek 34: Nástroj Field Calculator

Druhý sloupec byl vyplněn pro účely této diplomové práce na základě tabulky č.7.

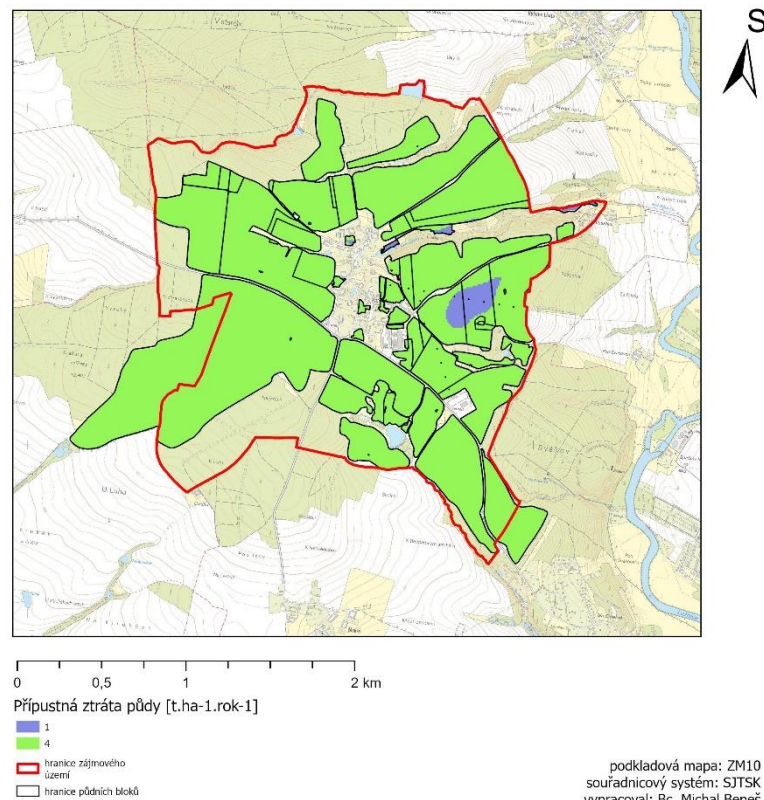
| Kód | Charakteristika | Kód BPEJ (5. číslice) | Maximální přípustná ztráta půdy [t/ha/rok] |
|-----|--------------------------------|-----------------------|--|
| 0 | Půda hluboká (>60cm) | 0,2,3 | 4 |
| 1 | Půda středně hluboká (30-60cm) | 1,4,7 | 4 |
| 2 | Půda mělká (<30cm) | 5,6,8,9 | 1 |

Tabulka 7: Maximální přípustná ztráta půdy

Posledním krokem bylo vytvoření rastru (obrázek č. 36) pomocí funkce **Feature to Raster** (obrázek č.35).



Obrázek 35: Funkce Feature to Raster



Obrázek 36: Rastr maximální přípustné ztráty půdy

Identifikace PB s rizikem eroze byla provedena porovnáním průměrné ztráty půdy a maximálně přípustné ztráty pro každý PB. Pomocí funkce **Minus** došlo k rozdílu mezi těmito dvěma hodnotami a zjištění o kolik a zda vůbec překračují jednotlivé PB přípustnou ztrátu půdy. Pokud výpočet pro konkrétní PB ukázal zápornou hodnotu ztráty půdy, nebyla potřeba implementovat opatření proti erozi. Na druhou stranu, na pozemcích s kladným výsledkem ztráty půdy bylo nezbytné zvážit zavedení protierozních opatření.

Na základě získaných dat z funkce **Minus** a z rastru průměrné ztráty půdy na každý pozemek (obrázek č.32) byla zpracována tabulka č. 8 ohrožených PB s výměrou [ha] a ztrátou půdy [t.ha-1.rok-1].

| PB | kultura | výměra [ha] | ztráta půdy [t.ha-1.rok-1] | ztráta půdy překročena o hodnotu [t.ha-1.rok-1] |
|---------|-----------|-------------|----------------------------|---|
| 5405/11 | orná půda | 4,62 | 61,92 | 57,92 |
| 5405/13 | orná půda | 1,33 | 15,56 | 11,56 |
| 5405/3 | orná půda | 15,34 | 16,08 | 12,08 |
| 6401/11 | orná půda | 12,79 | 38,32 | 34,32 |
| 6401/15 | orná půda | 7,08 | 20,27 | 16,27 |
| 6401/16 | orná půda | 6,57 | 36,38 | 35,38 |
| 6401/2 | orná půda | 1,89 | 26,38 | 22,38 |
| 6401/20 | orná půda | 9,43 | 21,31 | 17,31 |
| 6401/7 | orná půda | 13,82 | 34,31 | 30,31 |
| 6401/8 | orná půda | 6,09 | 33,84 | 29,84 |
| 6402/11 | orná půda | 20,17 | 56,33 | 52,33 |
| 6504/10 | orná půda | 16,64 | 29,39 | 25,39 |
| 6504/6 | orná půda | 4,45 | 22,4 | 18,4 |
| 6504/7 | orná půda | 11,5 | 34,38 | 30,38 |
| 6602/27 | orná půda | 6,69 | 12,9 | 8,9 |
| 6603/1 | orná půda | 10,96 | 15,28 | 11,28 |
| 7402/19 | orná půda | 3,17 | 49,81 | 45,81 |
| 7402/20 | orná půda | 0,38 | 41,97 | 37,97 |
| 7402/21 | orná půda | 3,82 | 131,63 | 127,63 |
| 7402/23 | orná půda | 24,19 | 39,35 | 35,35 |
| 7402/24 | orná půda | 3,04 | 49,44 | 45,44 |
| 7402/25 | orná půda | 1,07 | 16,46 | 12,46 |
| 7402/31 | orná půda | 12,7 | 5,73 | 1,73 |
| 7402/33 | orná půda | 2,13 | 12,65 | 8,65 |
| 7402/4 | orná půda | 7,25 | 25,37 | 21,37 |
| 7502/1 | orná půda | 78,23 | 9,11 | 5,11 |

Tabulka 8: Ohrožené PB v řešeném území

5.11 Návrh protierozních opatření

Po stanovení ohrožených PB bylo možné přejít k dimenzování protierozních opatření. Jako první byla navržena kapacita suchého poldru pomocí srážko-odtokového modelu. Dále došlo k vyhodnocení terénního průzkumu a v neposlední řadě k návržení organizačních, agrotechnických a technických protierozních opatření.

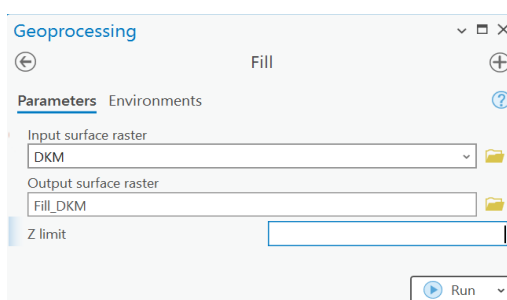
5.12 Dimenzování pomocí srážko-odtokového modelu

Příprava dat

Pro návrh suché nádrže na srážku N-100 (která se vyskytuje jednou za 100 let) byla použita metoda čísel odtokových křivek CN. Tento jednoduchý srážko-odtokový model byl vyvinut pro odhad objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku vlivem návrhových dešťů. Metoda CN bere v úvahu srážkový úhrn, půdní pokryv, využití území a předchozí nasycení povodí.

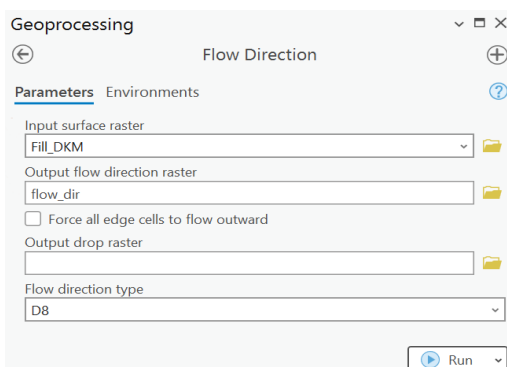
Tato metoda byla využita pro návrh suché nádrže v řešeném území. Jako první bylo důležité stanovení vybraného povodí, k tomu byl využit program ArcGIS Pro.

Prvním krokem bylo použití funkce **Fill** (obrázek č.37), která vyplní propady v rastru a odstraní nedokonalosti v datech. Vstupním rastrem je digitální model terénu.



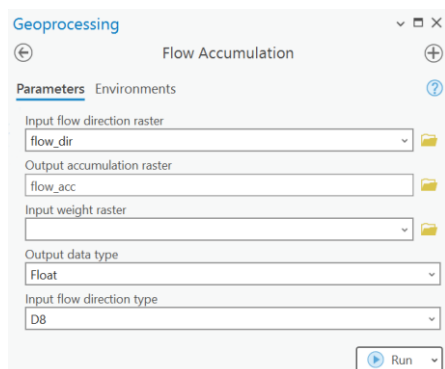
Obrázek 37: Funkce Fill

Druhým krokem bylo použití funkce **Flow Direction** (obrázek č.38). Vstupním rastrem byl „Fill_DKM“ vygenerovaný z předešlé funkce.

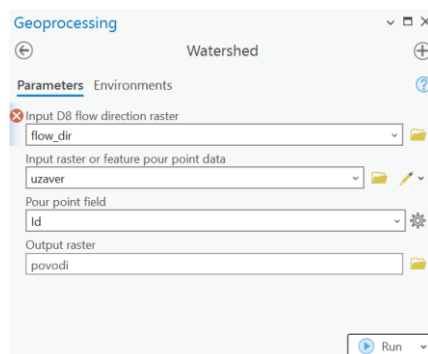


Obrázek 38: Funkce Flow Direction

Na to navazuje funkce **Flow Accumulation** (obrázek č.39) kde vstupním rastrem je **flow_dir**. Data na výstupu jsou nastavena na **FLOAT**.



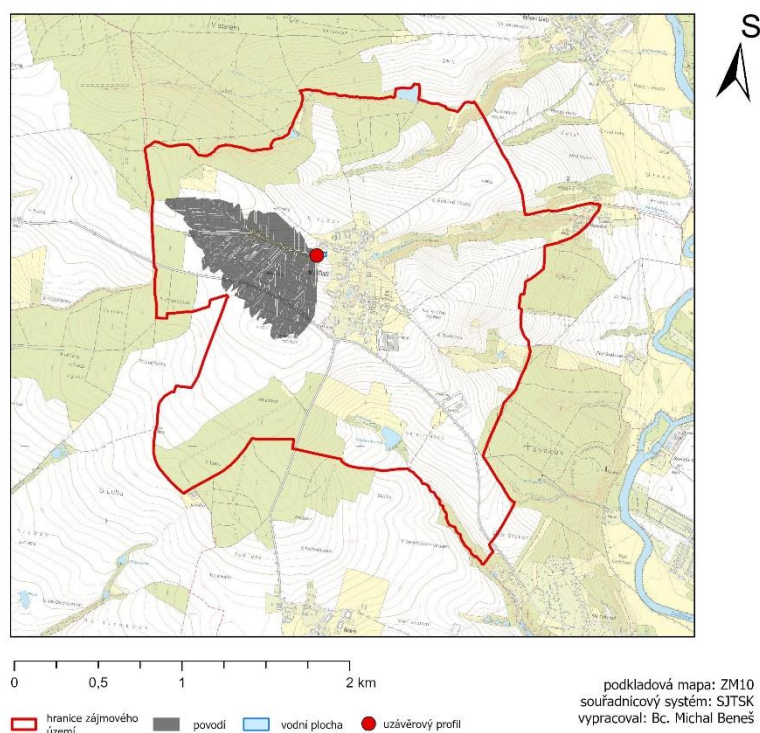
Obrázek 39: Funkce Flow Accumulation



Obrázek 40: Funkce Watershed

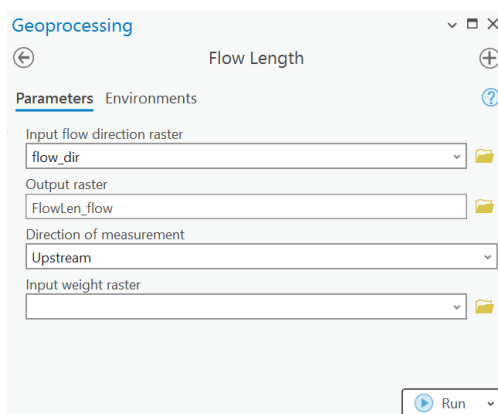
Dalším krokem je určení bodu uzávěrového profilu, a to pomocí vytvoření nového **shapefile** (geometrický typ **point**) a vytvoříme bod uzávěru. Důležité je nezapomenout na nastavení správného souřadnicového systému.

Poslední funkcí je funkce **Watershed** (obrázek č.40), která vytvoří rastr povodí (obrázek č.41). Vstupním rastrem je **flow_acc** a bod uzávěrového profilu.



Obrázek 41: Rastr povodí

Z rastru byla vypočítána plocha povodí (**0,42km²**). Dalším krokem bylo stanovení maximální délky povrchového odtoku (L). Tato délka se stanovila pomocí funkce **Flow Length** (obrázek č.42), kde vstupním rastrem byl rastr **flow_acc**, směr výpočtu byl nastaven **Upstream**.



Obrázek 42: Funkce Flow Length

Posledním krokem bylo vytvoření nového **shapefile** (geometrický typ **polyline**) a pomocí vektorizace byla změřena nejdelší délka povrchového odtoku (**0,95 km**).

Posledním krokem je určení hodnoty CN na základě hydrologické skupiny půd a druhu povrchu viz tabulka č. 9.

| Současné využití povrchu | HSP | | | |
|--------------------------|-----|----|----|----|
| | A | B | C | D |
| orná půda | 72 | 81 | 88 | 91 |
| chmelnice | 72 | 81 | 88 | 91 |
| vinice | 59 | 74 | 82 | 86 |
| ovocný sad | 59 | 74 | 82 | 86 |
| travní porost | 49 | 69 | 79 | 84 |
| jiná kultura | 59 | 74 | 82 | 86 |
| zalesněno | 45 | 66 | 77 | 83 |
| porost bez rozlišení | 36 | 60 | 73 | 79 |
| ostatní | 59 | 74 | 82 | 86 |
| intravilán | 59 | 74 | 82 | 86 |
| silnice, dálnice | 74 | 84 | 90 | 92 |
| železnice včetně náspu | 59 | 74 | 82 | 86 |

Tabulka 9: Hodnoty CN pro jednotlivé druhy povrchu a HSP (vtei.cz)

V následující tabulce č.10 je uvedeno využití území spolu s odpovídajícími HSP z čehož je následně odvozena průměrná hodnota CN.

| Využití území | zastoupení HSP [%] | | |
|---------------|--------------------|------|-----|
| | B | C | D |
| orná půda | 9,8 | 79,7 | 8,3 |
| TTP | 0,0 | 0,4 | 1,9 |
| Výsledné CN | 87,7 | | |

Tabulka 10: Zastoupení HSP a odvození hodnoty CN

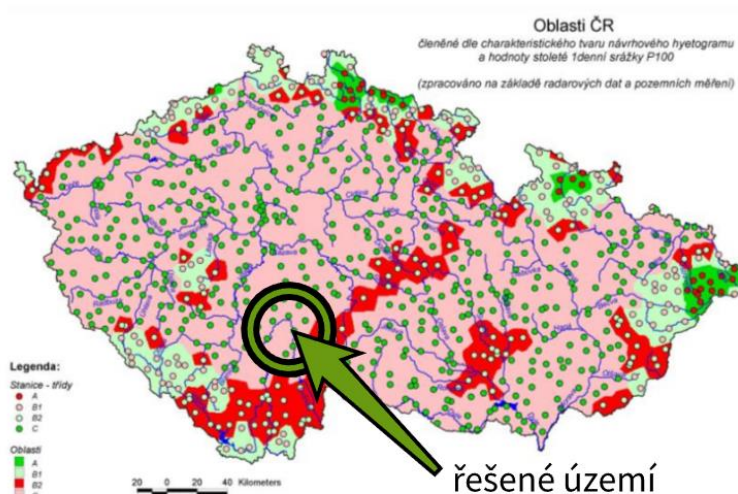
5.13 Návrhová srážka

Pro výpočet návrhové srážky byla použita dostupná data z programu DES_RAIN_VARIABLE, který vytvořila Fakulta životního prostředí na České zemědělské univerzitě. Vstupní hodnoty jsou vzaty z nejbližší měrné stanice Soběslav viz tabulka č.11. Pro účely tohoto dimenzování bylo počítáno s úhrnem srážkové události vyskytující se jednou za 100 let.

| Měrná stanice č. 460 - Soběslav | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|----|------|------|-------------|
| n [rok] | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
| měsíční úhrn [mm] | 35,3 | 49,7 | 59 | 68,6 | 80,4 | 89,7 |

Tabulka 11: Hodnoty maximálních denních úhrnů srážek s pravděpodobností opakování N let

K výpočtu hydrogramu průtoku pro uzávěrový profil byl hydrologický model zatížen návrhovou srážkou trvající 24 hodin. Řešené území spadá do oblasti C dle klasifikace ČR. Zařazení do této oblasti bylo provedeno podle metodiky (obrázek č. 43, Kulasová et al. 2004).

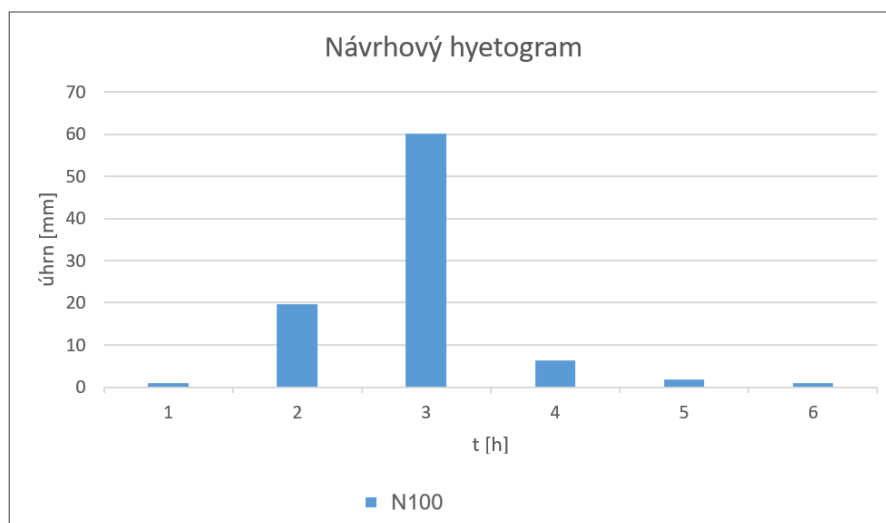


Obrázek 43: Členění dle charakteristického tvaru návrhového hyetogramu a hodnoty stoleté 1denní srážky (Kulasová et al. 2004)

Srážkové úhrny byly vypočteny v programu Microsoft Excel. Pro tento výpočet bylo nutné vytvořit tabulku č.12. Na základě zjištěných údajů byl navržen hyetogram (obrázek č.44). V této tabulce jsou hodnoty maximální výšky návrhové srážky násobeny hodnotami poměrného úhrnu hydrogramu C. Vypočítané srážkové úhrny byly později použity jako vstupní parametry do programu HEC-HMS.

| T [h] | Hydrogram C | 100 let |
|-------|--------------|---------|
| | poměrný úhrn | [mm] |
| 1 | 0,01 | 0,897 |
| 2 | 0,22 | 19,734 |
| 3 | 0,67 | 60,099 |
| 4 | 0,07 | 6,279 |
| 5 | 0,02 | 1,794 |
| 6 | 0,01 | 0,897 |

Tabulka 12: Výpočet hodnot návrhového hyetogramu pro oblast C



Obrázek 44: Výsledný návrhový hyetogram

5.14 Sestavení srážko-odtokového modelu v programu HEC-HMS

Výpočet hydrologických parametrů pro suchou nádrž

Nejprve bylo nutné vypočítat další vstupní parametry do programu HEC-HMS dle následujícího postupu. Těmito parametry jsou potenciální retence, počáteční ztráta, doba koncentrace a doba zdržení.

Výška přímého odtoku byla určena na základě potenciální retence území (rovnice 10) a úhrnu návrhové srážky. Úhrn návrhové srážky je $H_s = 89,7$ mm (viz. tabulka č.11)

$$A = \frac{25400 - 254 * CN}{CN}$$
$$\underline{A = 35,62 \text{ mm}}$$

Rovnice 10: Potenciální retence (Janeček et al. 2012)

Počáteční ztráta (rovnice 11) byla určena na základě experimentálních měření, která odpovídají 20% potenciální retenci půdy.

$$I_a = 0,20 * A$$
$$\underline{I_a = 7,12 \text{ mm}}$$

Rovnice 11: Počáteční ztráta (Janeček et al. 2012)

Doba koncentrace (T_c) byla určena pomocí rovnice 13, která udává, jak dlouho trvá, než se voda dostane z nejbzdálenějšího místa v povodí na druhé.

K těmto výpočtům bylo nezbytné znát dobu zdržení (T_{lag}) viz rovnice 12, kde je nutné znát průměrný sklon [%] v oblasti povodí. Tento sklon byl určen na základě vytvořeného rastru sklonu (Obrázek č.21). Dalšími vstupními parametry do rovnice jsou: změřená maximální délka povrchového odtoku $L = 0,95$ km, maximální potenciální retence $A = 35,62$ mm a sklon $S = 7,66$ %.

Jednotlivé parametry byly převedeny na jiné jednotky pro správný výpočet této rovnice.

$$L = 3116 \text{ [ft]}, A = 1,40 \text{ [inch]}$$

$$T_{lag} = \frac{L^{0,8}(A + 1)^{0,7}}{1900 * \sqrt{S}}$$
$$\underline{T_{lag} = 0,22 \text{ [h]}}$$

Rovnice 12: Doba zdržení (Janeček et al. 2012)

$$T_c = 1,67 * T_{lag}$$
$$\underline{T_c = 0,37 \text{ [h]}}$$

Rovnice 13: Doba koncentrace (Janeček et al. 2012)

Dále byl určen retenční koeficient (rovnice 14), který byl vypočten na základě parametrů stanovených ČHMÚ pro Českou republiku ($A=80$, $B=0,342$ a $C=-0,79$),

maximální délky povrchového odtoku $L = 0,6$ [mi] a sklonu nejdelší odtokové linie mezi 10 % a 85 % ve stopách na míli. $S_{1085} = 93$ [ft/mi].

$$R = A * L^B * S_{1085}^C$$

$$R = 1,87$$

Rovnice 14: Retenční koeficient (Janeček et al. 2012)

Po získání vstupních parametrů bylo možné přejít k samotnému programu. Vytváříme srážkový model pro malé povodí, proto stačilo zvolit kratší časový interval (3 dny), kvůli rychlosti odtoku povodňové vlny. Vstupní parametry srážek byly nastaveny na 15minutový interval, avšak pro účely výstupních dat je postačující stanovit časový interval na jednu hodinu. V následující části jsou reprezentovány výstupní hodnoty z programu HEC-HMS (obrázek č.45, tabulka č. 13).

Project: nedvedice_diplomova_prace Simulation Run: Run_Nedvedice

Start of Run: 01led2000, 00:00 Basin Model: nedvedice
 End of Run: 03led2000, 00:00 Meteorologic Model: N100
 Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Srazka

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Watershed Explorer

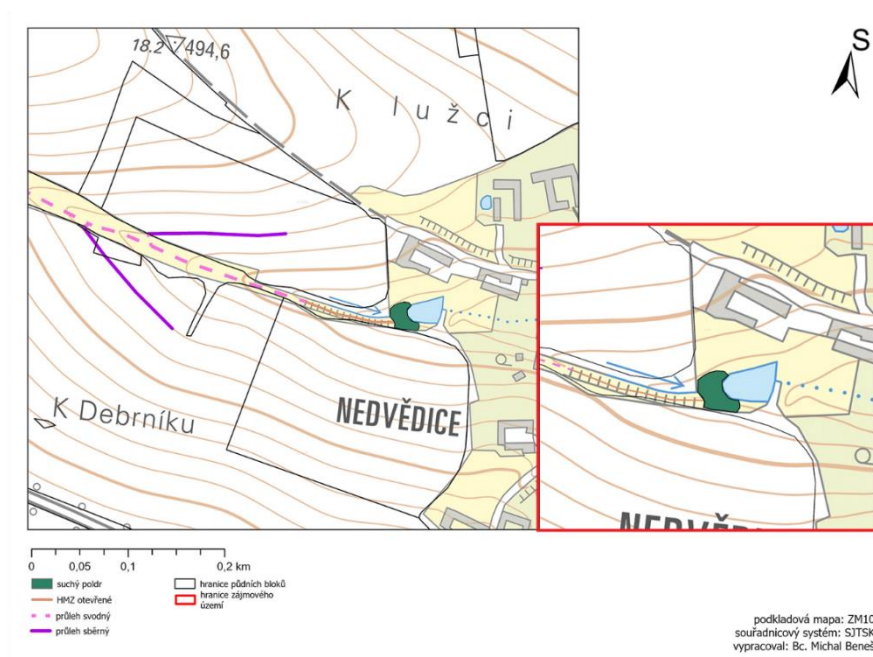
| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak | Volume (1000 M3) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| nedvedice | 0.420 | 2.252 | 1 January 2000, 03... | 24.352 |

Obrázek 45: Výstupní data z programu HEC_HMS

| | Značení | Hodnota | Jednotky |
|-------------------------------------|------------|---------|----------------------------------|
| úhrn srážek N100 | H_s | 89,7 | mm |
| výsledná hodnota CN | | 87,7 | |
| plocha povodí | P_p | 0,42 | km ² |
| počáteční ztráta | I_a | 7,12 | mm |
| výška přímého odtoku | H_o | 57,69 | mm |
| objem přímého odtoku | Q_{ph} | 24,35 | m ³ |
| doba zdržení | T_{lag} | 0,22 | h |
| doba koncentrace | T_c | 0,37 | h |
| retenční koeficient | R | 1,87 | |
| kulminační průtok | Q | 2,25 | m ³ . s ⁻¹ |
| max. délka povrchového odtoku | L | 0,95 | km |
| Sklon odtokové linie mezi 10 a 85 % | S_{1085} | 93 | ft/mi |

Tabulka 13: Výstupní hodnoty

Vypočítaná výstupní data ukazují, že kulminační průtok dosahuje hodnoty 2,25 m³/s. Tato hodnota představuje maximální průtok vody v rámci daného povodí. Současně objem přímého odtoku činí 24,35 m³ což představuje množství vody, které stéká přímo z povrchu do suchého poldru během srážkové události. Rozloha povodí, na níž jsou tyto údaje založeny, je 0,42 km². Na základě těchto výstupních dat byl v řešeném území navržen suchý poldr o rozloze 600 m² a hloubce 1,7 m. Tento poldr (obrázek č.46) byl navržen s retenční kapacitou až 1020 m³ a slouží nejenom k zachycení povrchového odtoku a snížení rizika povodňových událostí, ale také podpoří biodiverzitu a ekologickou stabilitu řešeného území.

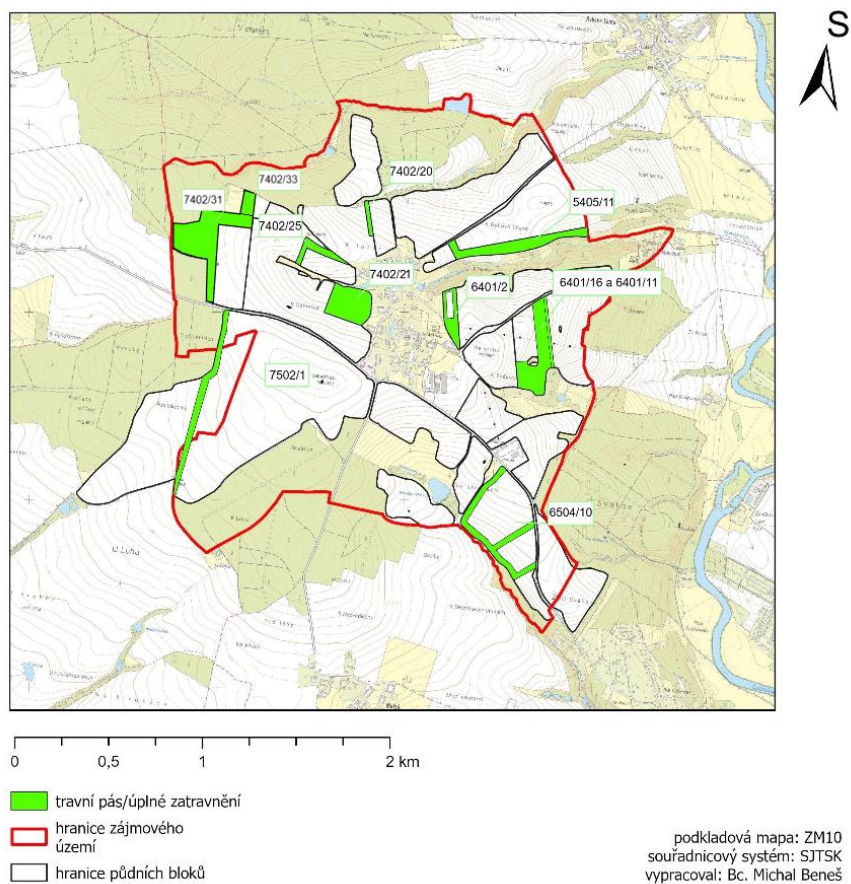


Obrázek 46: Koncepce návrhu suchého poldru

6 Výsledky

6.1 Terénní průzkum

Během terénního průzkumu bylo identifikováno hned několik protierozních opatření. Tato opatření byla vyfotografována a implementována do pracovního prostředí softwaru ArcGIS Pro (obrázek č.47).



Obrázek 47: Mapový výstup identifikovaných protierozních opatření

Z mapového výstupu (obrázek č. 47) lze vyčíst, že na několika PB se nacházejí travní pásy, a některé jsou dokonce úplně zatravněné. V následující části jsou přiložené fotografie.

Na největším PB v řešeném území č. 7502/1 byl identifikován travní pás o průměrné šířce 32 metrů a celkové délce 1300 metrů (obrázek č.48)



Obrázek 48: Travní pás na PB č. 7502/1 (vlastní fotodokumentace)

U PB č. 5405/11, 7402/20, 7402/21 a 7402/25 bylo zjištěno, že jsou kompletně zatravněny (obrázek č. 49, obrázek č.50, obrázek č.51).



Obrázek 49: Zatravnění PB č. 7402/21 (vlastní fotodokumentace)



Obrázek 50: Zatravnění PB č. 7402/25 (vlastní fotodokumentace)



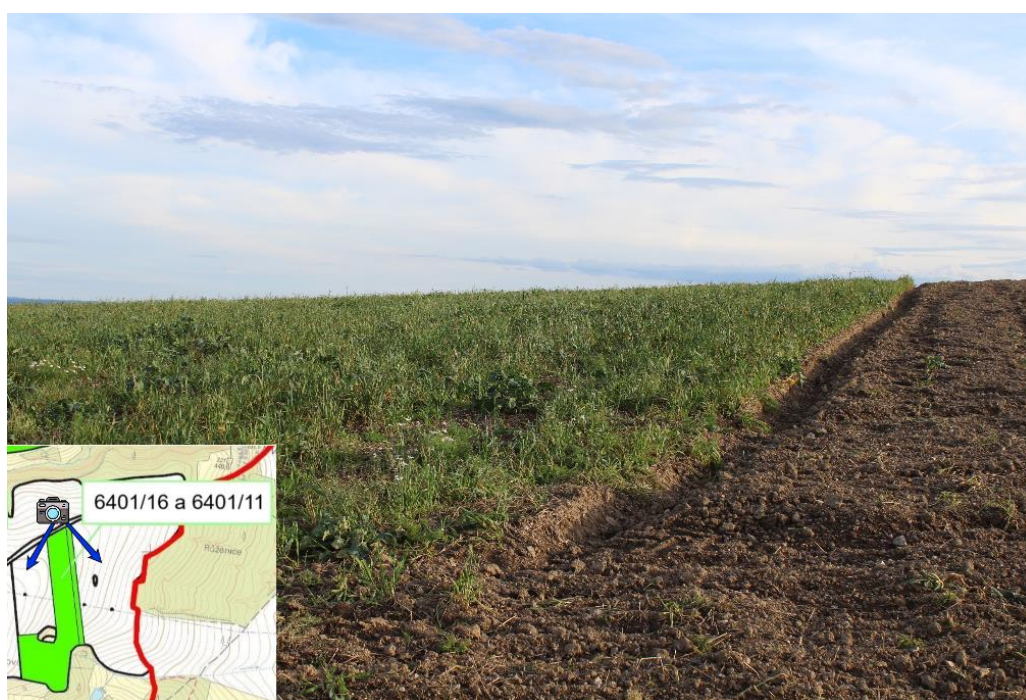
Obrázek 51: Zatravnění PB č. 5405/11 (vlastní fotodokumentace)

Na PB č. 6401/2 bylo zjištěno, že zde hospodaří soukromý zemědělec a z celkové rozlohy svého pozemku využívá pouze cca 25 % jako ornou půdu a zbytek pozemku je zatravněn (obrázek č.52).



Obrázek 52: Zatravnění na PB č.6401/2 (vlastní fotodokumentace)

U PB č. 6401/16 byl identifikován rozsáhlý travní pás. Šířka tohoto pásu je 60 metrů, avšak ve své jižní části se značně rozšiřuje. Tento pás přesahuje i 22 metrů na vedlejší PB č. 6401/11 (obrázek č. 53, obrázek č.54). Celková šířka pásu dosahuje v místech až 82 metrů.



Obrázek 53: Travní pás na PB č. 6401/16 (vlastní fotodokumentace)



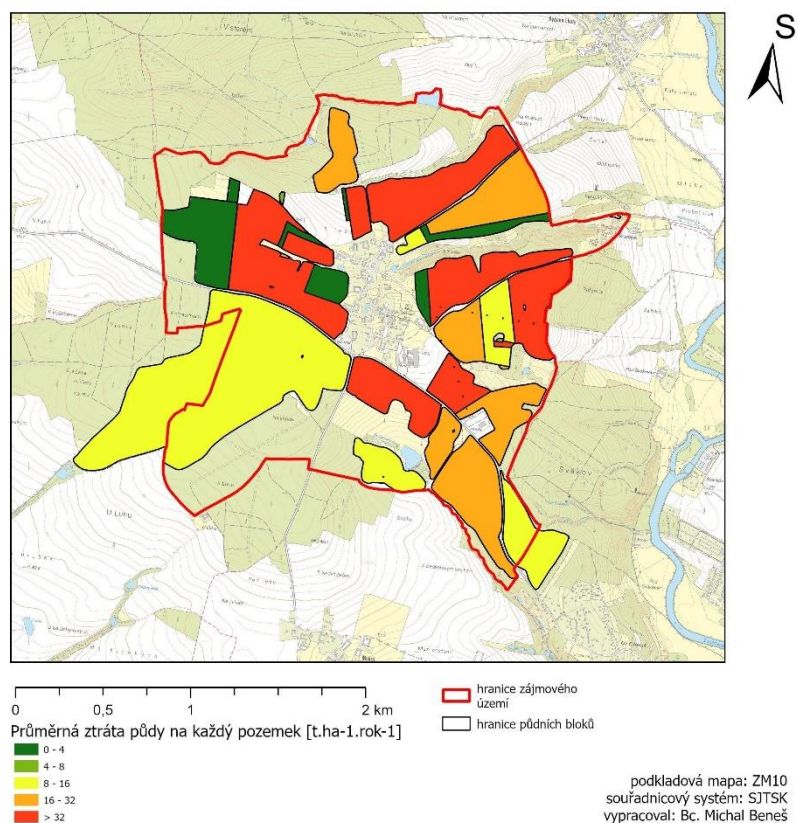
Obrázek 54: Travní pás na PB č. 6401 /16 a 6401/11 (vlastní fotodokumentace)

PB č.7402/33 byl kompletně zatravněn a u PB č. 7402/31 bylo zjištěné částečné zatravnění (obrázek č.55).



Obrázek 55: Zatravnění na PB č.7402/33 a 7402/31 (vlastní fotodokumentace)

Je zřejmé, že tato opatření se promítnou do celkové ztráty půdy na každý pozemek. Z toho důvodu byla eroze spočítána ještě jednou a byly vyhodnoceny nové výsledky eroze na PB (obrázek č.56 a tabulka č.14).



Obrázek 56: Ztráta půdy na pozemek se současnými protierozními opatřeními

| PB | kultura | výměra [ha] | ztráta půdy [t.ha-1.rok-1] | překročeno o hodnotu [t.ha-1.rok-1] |
|---------|-----------|-------------|----------------------------|-------------------------------------|
| 5405/11 | TTP | 4,62 | 3,03 | -0,97 |
| 5405/13 | orná půda | 1,33 | 15,56 | 11,56 |
| 5405/3 | orná půda | 15,34 | 16,08 | 12,08 |
| 6401/11 | orná půda | 12,79 | 36,16 | 32,16 |
| 6401/15 | orná půda | 7,08 | 20,27 | 16,27 |
| 6401/16 | orná půda | 6,57 | 10,17 | 6,17 |
| 6401/2 | orná půda | 1,89 | 3,83 | -0,17 |
| 6401/20 | orná půda | 9,43 | 21,31 | 17,31 |
| 6401/7 | orná půda | 13,82 | 78,38 | 74,38 |
| 6401/8 | orná půda | 6,09 | 33,84 | 29,84 |
| 6402/11 | orná půda | 20,17 | 56,33 | 52,33 |
| 6504/10 | orná půda | 16,64 | 29,39 | 25,39 |
| 6504/6 | orná půda | 4,45 | 22,4 | 18,4 |
| 6504/7 | orná půda | 11,5 | 78,38 | 74,38 |
| 6602/27 | orná půda | 6,69 | 12,9 | 8,9 |
| 6603/1 | orná půda | 10,96 | 15,28 | 11,28 |
| 7402/19 | orná půda | 3,17 | 49,81 | 45,81 |
| 7402/20 | TTP | 0,38 | 2,05 | -1,95 |
| 7402/21 | TTP | 3,82 | 3,45 | -0,45 |
| 7402/23 | orná půda | 24,19 | 39,35 | 35,35 |
| 7402/24 | orná půda | 3,04 | 49,44 | 45,44 |
| 7402/25 | TTP | 1,07 | 0,80 | -3,2 |
| 7402/31 | orná půda | 12,7 | 3,71 | -0,29 |
| 7402/33 | TTP | 2,13 | 0,62 | -3,38 |
| 7402/4 | orná půda | 7,25 | 25,37 | 21,37 |
| 7502/1 | orná půda | 78,23 | 8,76 | 4,76 |

Tabulka 14: Ohrožené PB se současnými protierozními opatřeními

Po implementaci těchto protierozních zařízení je patrné, že u PB č. 5405/11, 6401/2, 7402/20, 7402/21, 7402/25, 7402/31 a 7402/33 došlo ke splnění podmínky přípustné ztráty půdy a považujeme tedy tyto PB jako neohrožené.

6.2 Organizační a agrotechnická protierozní opatření

Při navrhování těchto opatření došlo k zatravnění jednotlivých PB na základě jejich sklonu, výměry a přítomnosti mělkých půd. Následně byly navrženy tři osevnické postupy (tabulka č.15, 16 a 17), u kterých byla vyhodnocena jejich účinnost vůči erozi.

| Rok | Plodina | Agrotechnika | C faktor |
|-----------------|---------------|------------------------------------|----------|
| 1 | Vojtěška setá | radličky do 10 cm, sláma ponechána | 0,04 |
| 2 | Pšenice jarní | setí do strniště, sláma ponechána | 0,108 |
| 3 | Žito ozimé | setí do strniště, sláma ponechána | 0,141 |
| 4 | Jetel luční | setí do strniště, sláma ponechána | 0,026 |
| 5 | Kukuřice | setí do strniště | 0,3 |
| 6 | Pšenice jarní | setí do strniště, sláma ponechána | 0,014 |
| C faktor celkem | | 0,104 | |

Tabulka 15: Navržený osevnický postup č.1

| Rok | Plodina | Agrotechnika | C faktor |
|-----------------|-------------------------|------------------------------------|----------|
| 1 | Jetel červený dvousečný | - | 0,015 |
| 2 | Bob setý | setí do strniště, sláma ponechána | 0,018 |
| 3 | Pšenice ozimá | setí do strniště, sláma ponechána | 0,013 |
| 4 | Kukuřice | setí do strniště, sláma ponechána | 0,2 |
| 5 | Ječmen jarní | setí do strniště, sláma ponechána | 0,0141 |
| 6 | Řepka ozimá | radličky do 10 cm, sláma ponechána | 0,121 |
| 7 | Pšenice jarní | setí do strniště, sláma sklizena | 0,109 |
| C faktor celkem | | 0,07 | |

Tabulka 16: Navržený osevnický postup č.2

| Rok | Plodina | Agrotechnika | C faktor |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------------|----------|
| 1 | Jetel červený dvousečný | - | 0,015 |
| 2 | Ječmen jarní | setí do strniště, sláma ponechána | 0,14 |
| 3 | Pšenice ozimá | setí do strniště, sláma ponechána | 0,2 |
| 4 | Řepka ozimá | setí do strniště, sláma ponechána | 0,128 |
| 5 | Kukuřice | setí do strniště, sláma sklizena | 0,4 |
| C faktor celkem | | 0,176 | |

Tabulka 17: Navržený osevnický postup č.3

V následující tabulce (tabulka č. 18) je vyhodnocena účinnost jednotlivých osevních postupů.

| PB | kultura | Osevní postup č. 1 | Osevní postup č. 2 | Osevní postup č. 3 |
|----------------|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | ztráta půdy [t.ha-1.rok-1] | ztráta půdy [t.ha-1.rok-1] | ztráta půdy [t.ha-1.rok-1] |
| 5405/3 | orná půda | 6,42 | 4,38 | 5,88 |
| 5405/13 | orná půda | 11,24 | 8,32 | 10,54 |
| 6401/11 | orná půda | 18,49 | 12,48 | 16,9 |
| 6401/15 | orná půda | 10,33 | 6,95 | 9,44 |
| 6401/16 | orná půda | 1,78 | 1,78 | 1,78 |
| 6401/20 | orná půda | 10,86 | 7,31 | 9,92 |
| 6401/7 | orná půda | 39,95 | 26,89 | 36,5 |
| 6401/8 | orná půda | 17,25 | 11,61 | 15,76 |
| 6402/11 | orná půda | 2,76 | 2,76 | 2,76 |
| 6504/10 | orná půda | 10,87 | 7,46 | 9,97 |
| 6504/6 | orná půda | 11,42 | 7,68 | 10,43 |
| 6504/7 | orná půda | 39,92 | 26,87 | 36,47 |
| 6602/27 | orná půda | 6,57 | 4,42 | 6 |
| 6603/1 | orná půda | 7,79 | 5,24 | 7,11 |
| 7402/19 | orná půda | 25,39 | 17,09 | 23,19 |
| 7402/23 | orná půda | 20,06 | 13,5 | 18,32 |
| 7402/24 | orná půda | 25,2 | 16,96 | 23,02 |
| 7402/4 | orná půda | 12,93 | 8,7 | 11,81 |
| 7502/1 | orná půda | 4,47 | 3,02 | 4,09 |
| zlepšení o [%] | | 55,93 % | 70,02 % | 59,65 % |

Tabulka 18: Vyhodnocení účinnosti navržených osevních postupů

Nejúčinnějším osevním postupem se snížením eroze v řešeném území až o 70,02 % je osevní postup č. 2 (tabulka č. 16), který nejenže má nejnižší hodnotu C faktoru, ale také vedl k dosažení přípustné ztráty půdy u PB č. 7502/1.

Zatravnění půdních bloků

Na PB č. 6402/11 byl zjištěn sklon 26,3 %. Z toho důvodu zde bylo navržené kompletní zatravnění, aby se minimalizovalo riziko eroze a zvýšila stabilita svahu. Smyv na PB klesl z původních 56,33 t/ha/rok na 2,76 t/ha/rok. Vzhledem k tomu, že PB neohrožuje intravilán, nebylo přistoupeno k dalším protierozním opatřením.

U PB č. 6401/16 bylo zjištěno, že se v celkové výměře 6,94 ha nachází více než 50% zastoupení mělkých půd. Z toho důvodu bylo navržené kompletní zatravnění tohoto PB. Smyv byl původně 10,14 t/ha/rok. Po zavedení zatravnění klesl smyv na hodnotu 1,78 t/ha/rok.

PB č. 5405/13 má smyv 15,56 t/ha/rok. Vzhledem k poměrně velké erozi na takto malém PB o rozloze 1,33 ha zde bylo navrženo zatravnění. Erozní smyv zde klesl na 0,76 t/ha/rok.

U PB č. 7402/19 s velkým smyvem 49,81 t/ha/rok bylo navrženo kompletní zatravnění, jelikož PB má rozlohu 3,17 ha a vzhledem k takto malé rozloze se zde nevyplatí aplikace jiných protierozních opatření. Toto opatření snížilo smyv půdy na 2,44 t/ha/rok.

PB č. 7402/24 má obdobný smyv (49,44 t/ha/rok) a rozlohu (3,04 ha) jako předchozí PB. Proto bylo přikročeno také ke zatravnění. Erozní smyv klesl na 2,42 t/ha/rok.

Na PB č. 6504/10 byly při terénním průzkumu nalezeny zatravnňovací pásy. Při implementaci těchto pásů do softwaru ArcGIS Pro byla zjištěna jejich neúčinnost, jelikož nebyly umístěny po svahu, a tak došlo k navržení pásového střídání plodin (NOP1). Pásy se střídají po 40 metrech. Po aplikaci tohoto účinnějšího opatření klesla ztráta půdy na 1,42 t/ha/rok. Toto opatření je znázorněno na obrázku č. 0.

V následující tabulce (tabulka č. 19) jsou vyhodnoceny PB se zatravněním.

| PB | kultura | výměra [ha] | ztráta půdy [t.ha-1.rok-1] | ztráta půdy překročena o hodnotu [t.ha-1.rok-1] |
|---------|-----------|-------------|----------------------------|---|
| 5405/11 | TTP | 4,62 | 3,03 | -0,97 |
| 5405/13 | orná půda | 1,33 | 0,76 | -3,24 |
| 5405/3 | orná půda | 15,34 | 16,08 | 12,08 |
| 6401/11 | orná půda | 12,79 | 36,16 | 32,16 |
| 6401/15 | orná půda | 7,08 | 20,27 | 16,27 |
| 6401/16 | orná půda | 6,57 | 1,78 | -2,22 |
| 6401/2 | orná půda | 1,89 | 3,83 | -0,17 |
| 6401/20 | orná půda | 9,43 | 21,31 | 17,31 |
| 6401/7 | orná půda | 13,82 | 78,38 | 74,38 |
| 6401/8 | orná půda | 6,09 | 33,84 | 29,84 |
| 6402/11 | orná půda | 20,17 | 2,76 | -1,24 |
| 6504/10 | orná půda | 16,64 | 1,42 | -2,58 |
| 6504/6 | orná půda | 4,45 | 22,4 | 18,4 |
| 6504/7 | orná půda | 11,5 | 78,38 | 74,38 |
| 6602/27 | orná půda | 6,69 | 12,9 | 8,9 |
| 6603/1 | orná půda | 10,96 | 15,28 | 11,28 |
| 7402/19 | orná půda | 3,17 | 2,44 | -1,56 |
| 7402/20 | TTP | 0,38 | 2,05 | -1,95 |
| 7402/21 | TTP | 3,82 | 3,45 | -0,45 |
| 7402/23 | orná půda | 24,19 | 39,35 | 35,35 |
| 7402/24 | orná půda | 3,04 | 2,42 | -1,58 |
| 7402/25 | TTP | 1,07 | 0,80 | -3,2 |
| 7402/31 | orná půda | 12,7 | 3,71 | -0,29 |
| 7402/33 | TTP | 2,13 | 0,62 | -3,38 |
| 7402/4 | orná půda | 7,25 | 25,37 | 21,37 |
| 7502/1 | orná půda | 78,23 | 8,76 | 4,76 |

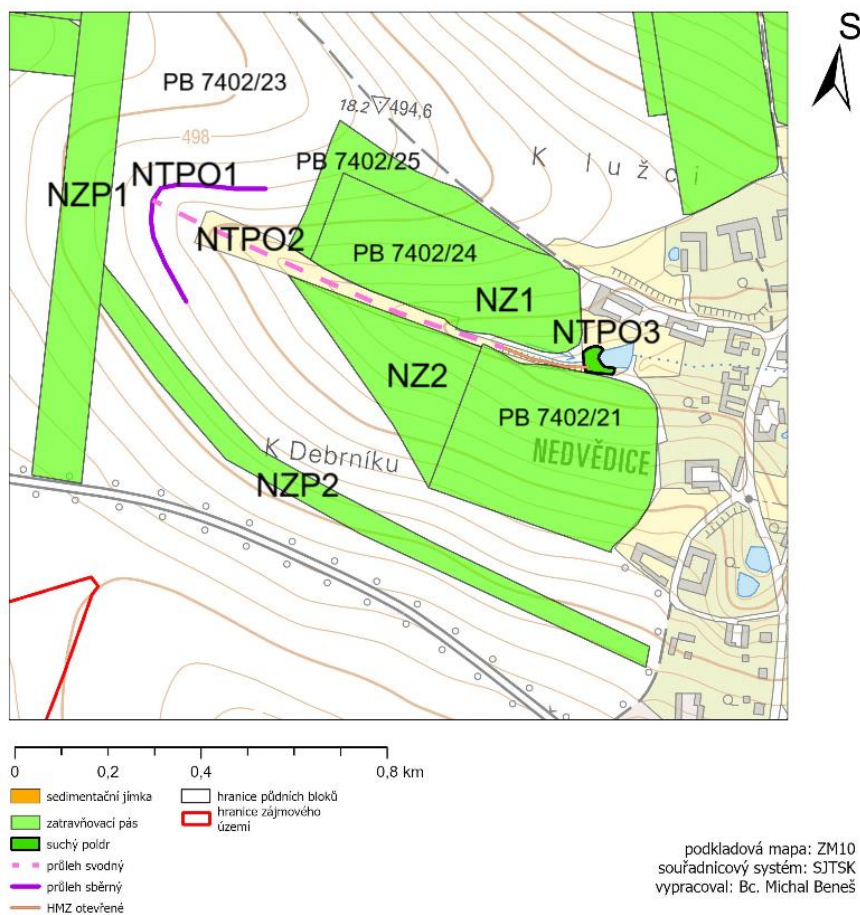
Tabulka 19: Ohrožené PB po aplikaci zatravnění

Po aplikaci zatravnění došlo ke snížení stavu PB z 19 na 13. Na zbývajících PB budou v následující části aplikována technická protierozní opatření.

6.3 Technická opatření

V této kapitole jsou popsána navržená protierozní opatření. Veškerá protierozní opatření jsou uvedena v seznamu (tabulka P1). PB s rozlohou a ztrátou půdy jsou uvedeny v tabulce č. 20.

PB č. 7402/23 a 7402/24 (obrázek č.57)

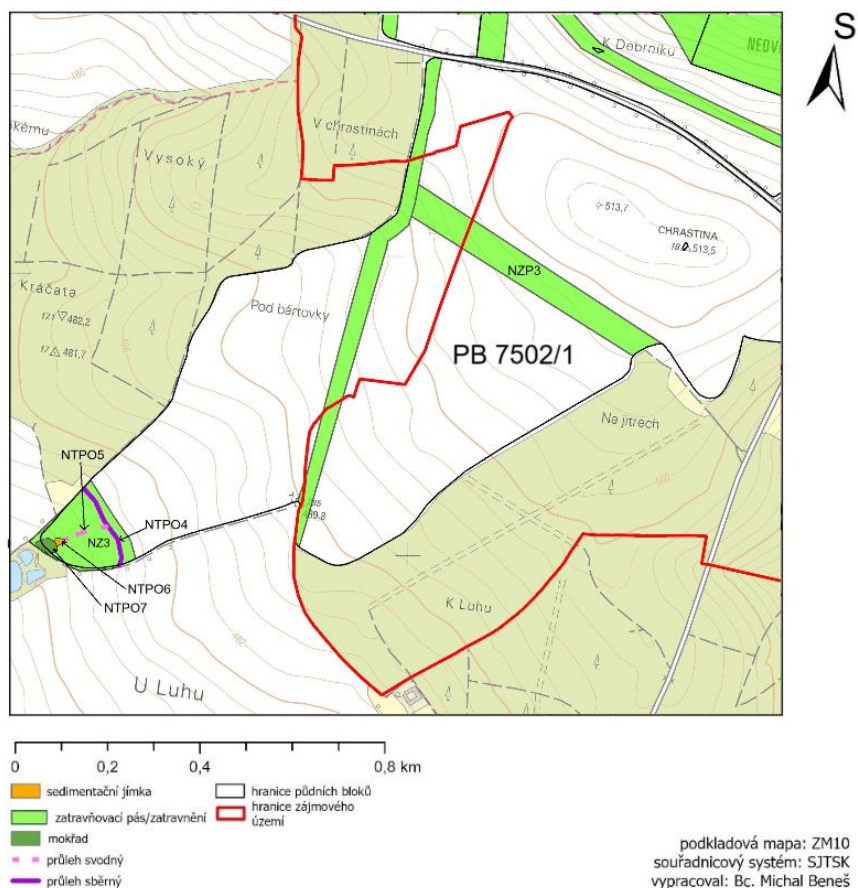


Obrázek 57: Protierozní opatření na PB č.7402/23 a 7402/24

Na PB č. 7402/23 se ztrátou půdy 39,35 t/ha/rok byly navrženy dva zatravněvací pásy (NZP1 – šířka 50 metrů, NZP2 – šířka 25 metrů) a zatravnění (NZ2), které zpomalí povrchový odtok. Dále je zde navržen sběrný průleh (NTPO1), který je napojen na svodný průleh (NTPO2). Svodný průleh je napojen na již existující hlavní meliorační zařízení (HMZ1), které je svedeno do nově navrženého suchého poldru (NTPO3) podle srážko-odtokového modelu (kapitola 5.12) před vodní plochou

v řešeném území. PB 7402/24 byl zatravněn (NZ1). Na PB č. 7402/23 došlo ke snížení ztráty půdy na 2,18 t/ha/rok a u PB č. 7402/24 na 2,42 t/ha/rok.

PB č. 7502/1 (obrázek č.58)

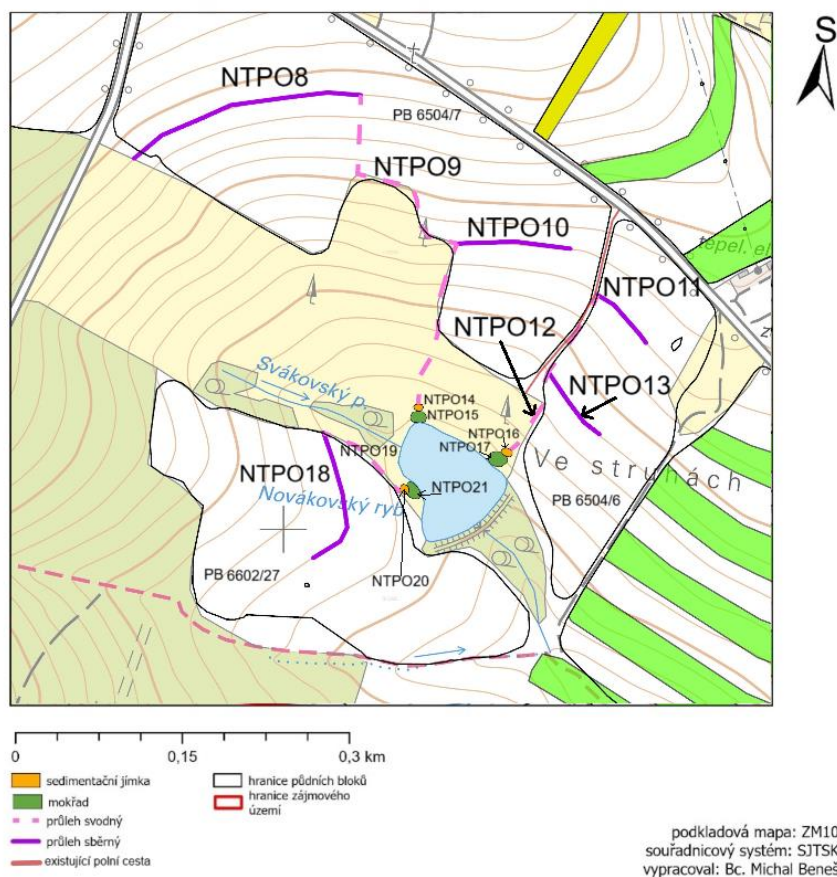


Obrázek 58: Protierozní opatření na PB č. 7502/1

Na PB č. 7502/1 byl během terénního průzkumu identifikován zatravněvací pás, k tomuto pásu byl dále navržen další pás (NZP3) o šířce 60 m a délce 550 m. K tomuto pásu je zajištěn přístup z lesní cesty ve východní části PB.

Dalším opatřením bylo navržení sběrného průlehu (NTPO4) a svodného průlehu (NTPO5). Tento svodný průleh je napojen na sedimentační jímku (NTPO6) a za ní je navržen mokřad (NTPO7). Pod tímto mokřadem se nachází soustava třech vodních ploch. V oblasti těchto opatření bylo navrženo zatravnění (NZ3). Po aplikaci těchto opatření klesla ztráta půdy na 3,53 t/ha/rok.

PB č. 6504/6, 6504/7 a 6602/27 (obrázek č.59)

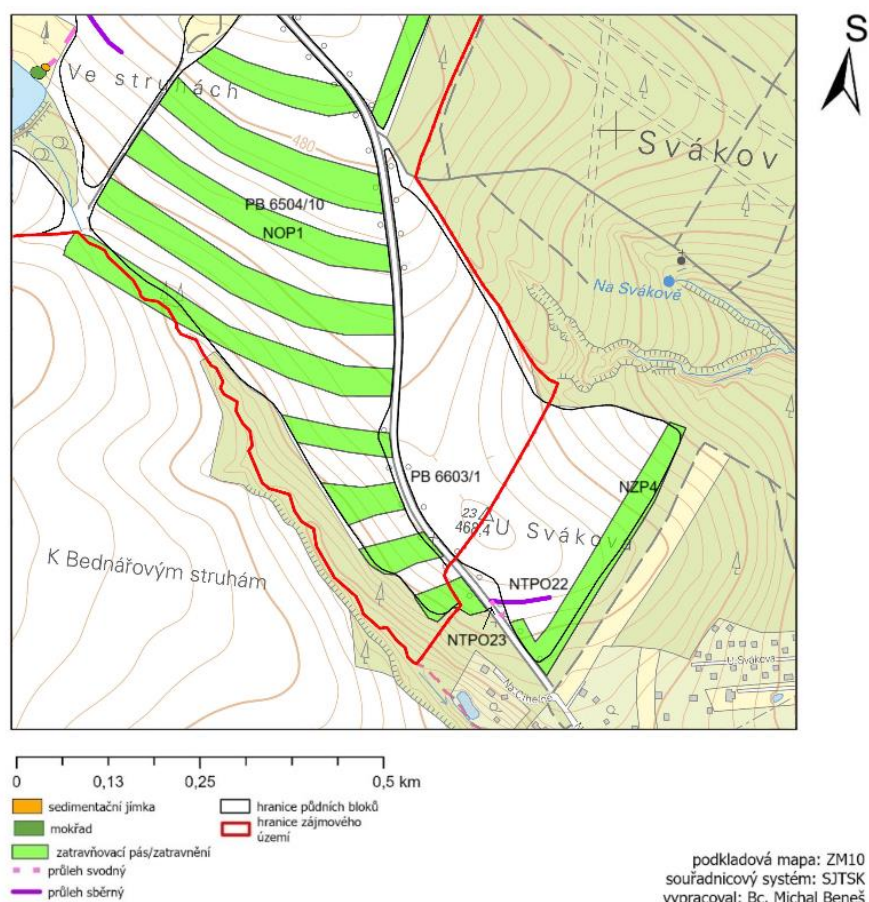


Obrázek 59: Protierozní opatření na PB č. 6504/6, 6504/7 a 6602/27

Na těchto PB byly navrženy sběrné průlehy, které jsou napojeny na svodné průlehy. Tyto svodné průlehy odvádí vodu mimo PB přes TTP do vodní plochy v údolí. Svodné průlehy jsou navrženy s ohledem na malé remízky na TTP tak, aby nevedly skrz ně. Před zaústěním do vodní plochy (obrázek P1 a P2) byly jednotlivé průlehy svedeny do sedimentačních jámeček a mokřadů pro zabránění eutrofizace vodní plochy.

Na PB č. 6504/7 klesla ztráta půdy na 3,83 t/ha/rok. U PB č. 6504/6 došlo k poklesu na 1,83 t/ha/rok a u PB č. 6602/27 na 1,14 t/ha/rok.

PB č. 6504/10 a 6603/1 (obrázek č.60)

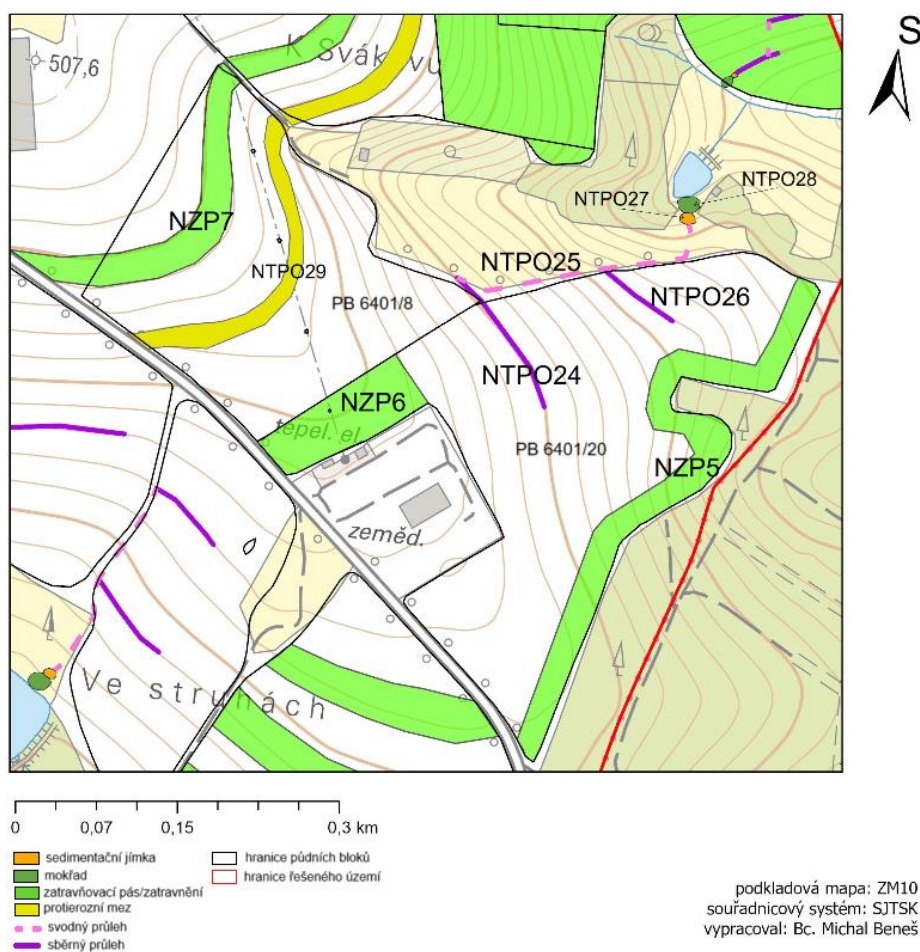


Obrázek 60: Protierozní opatření na PB č. 6504/10 a 6603/1

Na PB č. 6504/10 je znázorněno organizační opatření (pásové střídání plodin). Více podrobností o tomto opatření je v kapitole 6.2.

Na PB č. 6603/1 byl navržen dva sběrný průleh (NTPO22) a zatravnovací pás o šířce 30 m (NZZP4). NTPO22 je sveden do svodného průlehu (NTPO23) a ten je napojen na propustek (obrázek P3 a P4), který je napojen na příkop (obrázek P5) podél místní komunikace. Ztráta půdy zde klesla na přípustných 1,11 t/ha/rok.

PB č. 6401/8 a 6401/20 (obrázek č.61)

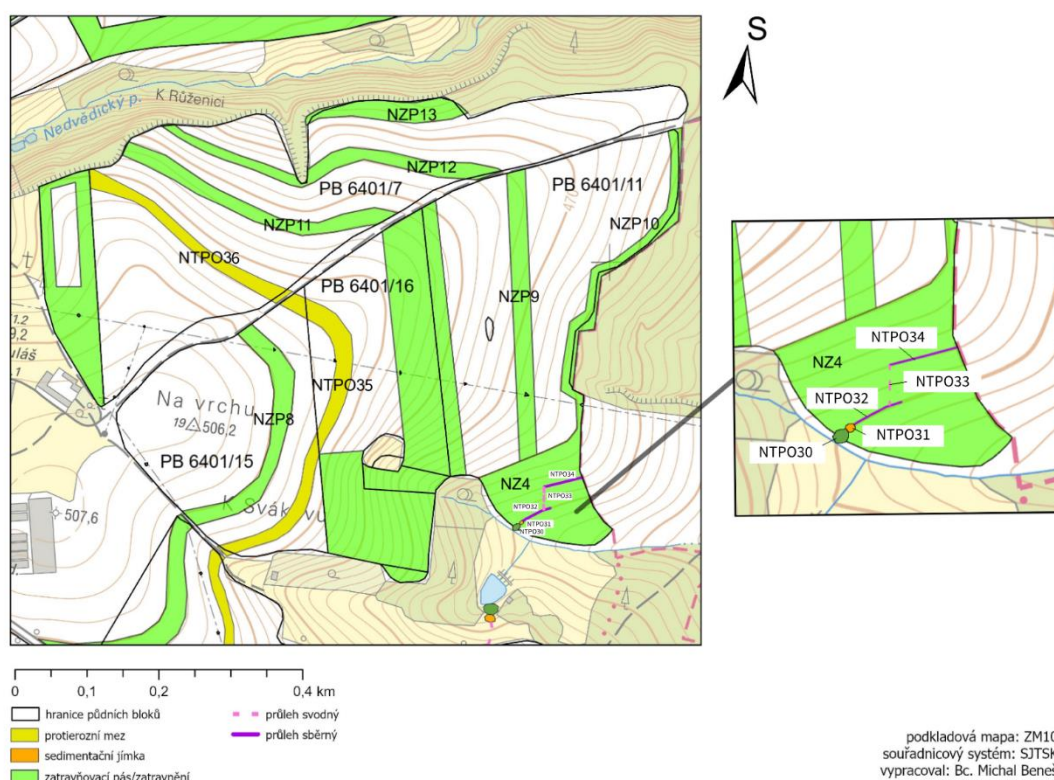


Obrázek 61: Protierozní opatření na PB č. 6401/8 a 6401/20

Na PB č. 6401/8, 6401/15 a 6401/7 byly navrženy protierozní meze (NTPO29, 34, 35), které na sebe navazují. Pro volbu doprovodné zeleně je doporučeno preferovat lokálně adaptované a původní druhy s co největší variabilitou v dlouhověkosti, rychlosti růstu, výšce, době kvetení a dozrávání plodů (Kadlec et al. 2014). Tyto meze mají mimo svojí protierozní funkci také funkci ochrany biodiverzity. Na PB č. 6401/8 byl ještě navržen zatravňovací pás (NZP7) šířce 30 metrů.

Na PB č. 6401/20 byl navržen zatravňovací pás o šířce 25 metrů (NZP5) a dva sběrné průlehy (NTPO24, 26). Navrženým svodným průlehem (NTPO25) je následně voda odvedena do sedimentační jímky (NTPO27) a mokřadu (NTPO28) před zaústěním do vodní plochy. Posledním opatřením na tomto PB je zatravňovací pás o šířce 55 m a délce 150 metrů (NZP6) před zemědělským subjektem.

PB č. 6401/7, 6401/11, 6401/15 a 6401/16 (obrázek č.62)



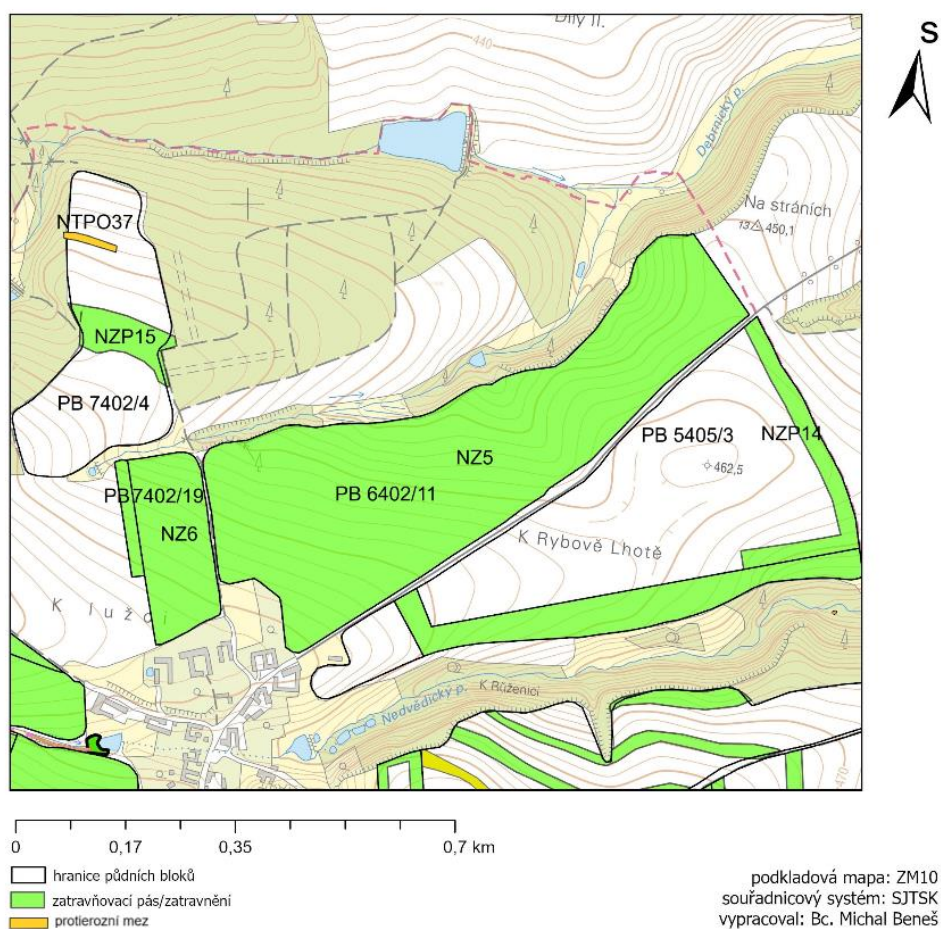
Obrázek 62: Protierozní opatření na PB č. 6401/7, 6401/11, 6401/15, 6401/16

Na PB 6401/15 a 6401/16 je navržena protierozní mez (NTPO35). Další protierozní mez (NTPO36), která jak už bylo zmíněno navazuje na sebe již od PB č. 6401/8, je na PB 6401/7. Navíc tato opatření mohou vést ke zvýšení biodiverzity, podpoře místních ekosystémů a zlepšení celkového stavu přírody. Dále mohou sloužit jako migrační cesty pro různé druhy a přispívat k ochraně a obnově ekologické stability v krajině.

Dále byly navrženy zatravňovací pásy (NZP8, NZP9, NZP10, NZP11, NZP12 a NZP13) na PB 6401/15, 6401/11 a 6401/7. Všechny tyto pásy mají šířku od 25 do 30 metrů.

Jako další opatření bylo navrženo zatravnění (NZ4) společně se sběrnými (NTPO32 a 34) a svodným průlehem (NTPO33), který je sveden do sedimentační jímky (NTPO31) a mokřadu (NTPO30) před zaústěním do vodního toku.

PB č. 5405/3, 6402/11, 7402/19 a 7402/4 (obrázek č.63)



Obrázek 63: Protierozní opatření na PB č. 6402/11, 5405/3, 7402/19, 7402/20 a 7402/4

Na PB č. 6402/11 došlo k úplnému zatravnění vzhledem ke svému velkému sklonu (viz. kapitola 6.2). Na PB č. 5405/3 byl navržen zatravněvací pás (NZP14) o šířce 30 metrů. Zatravnění (NZ6) bylo nadále navrženo i u PB č. 7402/19. U PB č. 7402/4 došlo k navržení zatravněvacího pásu (NZP15) o šířce až 60 metrů a protierozní meze (NTPO37).

V následující tabulce č.20 jsou uvedeny výsledné hodnoty ztráty půdy na PB po aplikaci protierozních opatření.

| PB | kultura | výměra [ha] | ztráta půdy [t.ha-1.rok-1] | ztráta půdy překročena o hodnotu [t.ha-1.rok-1] |
|---------|-----------|-------------|----------------------------|---|
| 5405/11 | TTP | 4,62 | 3,03 | -0,97 |
| 5405/13 | TTP | 1,33 | 0,76 | -3,24 |
| 5405/3 | orná půda | 15,34 | 1,54 | -2,46 |
| 6401/11 | orná půda | 12,79 | 1,38 | -2,62 |
| 6401/15 | orná půda | 7,08 | 3,82 | -0,18 |
| 6401/16 | orná půda | 6,57 | 2,13 | -2,22 |
| 6401/2 | orná půda | 1,89 | 1,42 | -0,17 |
| 6401/20 | orná půda | 9,43 | 1,83 | -2,17 |
| 6401/7 | orná půda | 13,82 | 3,83 | -0,17 |
| 6401/8 | orná půda | 6,09 | 1,14 | -2,86 |
| 6402/11 | orná půda | 20,17 | 2,76 | -1,24 |
| 6504/10 | orná půda | 16,64 | 1,42 | -2,58 |
| 6504/6 | orná půda | 4,45 | 1,83 | -2,17 |
| 6504/7 | orná půda | 11,5 | 3,83 | -0,17 |
| 6602/27 | orná půda | 6,69 | 1,14 | -2,86 |
| 6603/1 | orná půda | 10,96 | 1,11 | -2,89 |
| 7402/19 | orná půda | 3,17 | 2,44 | -1,56 |
| 7402/20 | TTP | 0,38 | 2,05 | -1,95 |
| 7402/21 | TTP | 3,82 | 3,45 | -0,45 |
| 7402/23 | orná půda | 24,19 | 2,18 | -1,82 |
| 7402/24 | orná půda | 3,04 | 2,42 | -1,58 |
| 7402/25 | TTP | 1,07 | 0,80 | -3,2 |
| 7402/31 | orná půda | 12,7 | 3,71 | -0,29 |
| 7402/33 | TTP | 2,13 | 0,62 | -3,38 |
| 7402/4 | orná půda | 7,25 | 3,01 | -0,99 |
| 7502/1 | orná půda | 78,23 | 3,53 | -0,47 |

Tabulka 20: Ztráta půdy na PB po aplikaci protierozních opatření

Po aplikaci navržených protierozních opatření došlo ke splnění přípustné ztráty půdy u všech PB.

7 Diskuse

Během vypracování této diplomové práce byla použita rovnice USLE k výpočtu průměrné ztráty půdy na řešeném území. I když je známo, že existuje zdokonalená verze této rovnice, známá jako Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy (RUSLE), rozhodl jsem se použít USLE z důvodu její jednoduchosti.

RUSLE totiž obsahuje další proměnné a korekční faktory, které mohou zvýšit složitost analýzy a potřebu více vstupních informací (Renard et al. 1997). Pro účely této práce, která se zaměřuje na základní analýzu erozních rizik, byla jednoduchost USLE výhodná.

Pro dimenzování suchého poldru byla použita metoda čísel odtokových křivek (CN). Důvodem volby této metody bylo poměrně snadné získání dostatečně přesných vstupů, které lze využít k určení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku způsobených plánovanými přívalovými dešti o vybrané pravděpodobnosti výskytu v zemědělsky využívaných povodích nebo jejich částech. Dalším důvodem byla vyhovující velikost počítaného povodí, která splňuje maximální použitelnou rozlohu v této metodě, a to je do 10 km² (Janeček et al. 2012).

Při stanovení C faktoru bylo vycházeno z klimatické oblasti, která byla určena dle Quittovy klasifikace (1971). Tento postup nám umožnil získat alespoň obecný odhad hodnoty C faktoru v řešeném území. Pro dosažení vyšší přesnosti a relevance výpočtů dlouhodobé ztráty půdy by bylo ideální získat konkrétní osevní postupy přímo od místních zemědělců. Bohužel toto se nepodařilo.

Ve zkoumaném území byly identifikovány některé půdní bloky s extrémně vysokou dlouhodobou ztrátou půdy. Bylo to zejména kvůli velké sklonitosti území, ale je důležité si zároveň uvědomit, že výsledky erozní ohroženosti jednotlivých půdních bloků jsou odvozeny z matematického modelu a mohou být tudíž zkreslené (Alewell et al. 2019).

Dle vyhlášky č.240/2021 je stanovena přípustná míra erozního ohrožení na 9 t/ha/rok. Je zřejmé, že vyšší erozní ohrožení může vést k rychlejší a větší degradaci půdy, ztrátě úrodných vrstev a snížení kvality pro budoucí zemědělskou produkci. Z hlediska dlouhodobé udržitelnosti hospodaření je proto preferována nižší přípustná míra erozního ohrožení, a to dle Janečka (2012) s cílem dosáhnout maximální přípustné ztráty 4 t/ha/rok. Protierozní opatření byla navrhována na základě této hodnoty.

Nejprve byl proveden návrh organizačních a agrotechnických opatření. Tato fáze zahrnovala navržení tří osevních postupů, spolu s agrotechnickými metodami, podle kterých by se místní zemědělci mohli řídit pro minimalizaci erozního rizika. Je důležité poznamenat, že není úplně jasné, jakou technikou místní zemědělci aktuálně obhospodařují a ani zda by pro ně bylo výhodné nebo atraktivní přejít na nové osevní postupy. Bylo by proto nezbytné provést konzultace s místními farmáři a získat jejich názory a připomínky ohledně navrhovaných opatření, aby bylo dosaženo kompromisu.

Totéž platí i pro navržená technická protierozní opatření. Tato opatření byla navržena s cílem minimalizovat erozní smyv na minimum a chránit půdu před degradací. Realizace je však spojena s vysokými finančními náklady a není zaručeno, že každý vlastník pozemku by byl ochoten povolit jejich provedení na svém území, pokud ovšem není vlastníkem stát. Proto je důležité pečlivě zvážit a konzultovat navrhovaná technická opatření s místními zainteresovanými stranami a přizpůsobit je podmínkám a možnostem konkrétního území.

V České republice je vodní erozí kriticky ohroženo 52,8 % zemědělské půdy (MZe ©2021). Jak už bylo zmíněno, finanční náklady hrají zásadní roli v realizacích navržených společných zařízení. Z údajů SPÚ (©2022) a MZe (©2023) vyplývá, že v roce 2019 činil celkový objem finančních prostředků na pozemkové úpravy a jejich realizaci bezmála dvě miliardy korun a v roce 2020 téměř 1,5 miliardy korun. V roce 2021 dosáhl celkový objem finančních prostředků na pozemkové úpravy a jejich realizaci částky 2,965 miliard korun. V roce 2023 byl rozpočet mimořádně navýšen o 200 milionů korun z vlastních uvolněných zdrojů, čímž celková výše činila 2,35 miliardy korun. V roce 2024 činí částka 1,7 miliardy korun, přičemž 600 milionů korun pochází ze státního rozpočtu a 1,1 miliardy korun jsou evropské peníze účelově určené především na investiční akce. Klesající rozpočet určený na realizaci společných zařízení představuje značnou výzvu v boji proti erozi půdy v ČR.

8 Závěr

V řešeném katastrálním území Nedvědice u Soběslavi byl proveden terénní průzkum, díky němuž byl identifikován současný stav některých protierozních opatření. Tato opatření byla zahrnuta do výpočtu dlouhodobé ztráty půdy rovnicí USLE. Na základě toho byl snížen stav ohrožených půdních bloků z 26 na 19. Na těchto 19 půdních blocích byly navrženy protierozní opatření organizačního, agrotechnického a technického charakteru.

Byly navrženy tři osevní postupy s použitím vhodných agrotechnických opatření za účelem snížení eroze. U těchto tří osevních postupů byla vyhodnocena účinnost. Nejúčinnějším byl osevní postup č. 2, avšak všechny tyto osevní postupy jsou vhodné k použití místními zemědělci.

Dále bylo navrženo úplné zatravnění některých půdních bloků, a to jak kvůli jejich strmému sklonu, tak i v souvislosti s jejich rozlohou, kde není vhodné použití technických opatření.

Během terénního průzkumu na půdním bloku č. 6504/10 byly identifikovány zatravněvací pásy, jejichž umístění bylo vůči vrstevnicím chybné. Proto bylo navrženo aplikování pásového střídání plodin. Pásy jsou široké 40 metrů a jsou orientovány po vrstevnicích.

Jako první při návrhu technických opatření byl navržen suchý poldr pomocí metody odtokových křivek CN a softwaru HEC-HMS z kterého byl zjištěn objem přímého odtoku na jehož základě byla navržena kapacita a velikost suchého poldru.

Následně bylo provedeno navržení technických protierozních opatření. Celkem bylo navrženo 37 technických opatření pro 13 půdních bloků. Po vyhodnocení dlouhodobé ztráty půdy s aplikovanými opatřeními bylo dosaženo splnění stanovených limitů přípustné ztráty půdy na všech blocích.

9 Použité zdroje

Literární zdroje

1. Adornado H.A. et al., 2009: Erosion Vulnerability Assessment in REINA, Quezon Province, Philippines with Raster-based Tool Built within GIS Environment, *J. Agric. Res.*
2. Alewell Ch. et al., 2019: Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. *International Soil and Water Conservation Research* 7.
3. Ayed G.M. et Mohammad A.A., 2010: The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses. *Catena*.
4. Bagherzadeh A., 2014: Estimation of soil losses by USLE model using GIS at Mashhad plain, Northeast of Iran, Arab.
5. Batysta M. et al., 2014: Pozemkové úpravy – nástroj pro udržitelný rozvoj venkovského prostoru. 5. doplněné vydání. Státní pozemkový úřad, Praha, 50 s.
6. Benavidez R. et al., 2018: A review of the (Revised) universal soil loss equation ((R) USLE): With a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*.
7. Bínová et al., 2017: Metodika vymezení územního systému ekologické stability. Masarykova univerzita – Přírodovědecká fakulta, Brno.
8. Bobál P. et al., 2012: Srovnání metod stanovení vodní eroze RUSLE, USPED s numerickým modelem SIMWE na povodí Rožnovské Bečvy. *Vodní hospodářství*, č.6, 45-49 s.
9. Bouws H. et Finckh M.R., 2008: Effects of strip intercropping of potatoes with non-hosts on late blight severity and tuber yield in organic production, *Plant Pathol.*
10. Brychta J. et Petřů J., 2016: Základy hodnocení vodní eroze pomocí GIS. Studijní materiál, ČZU, Praha, 100 s.
11. Bucur, D. et al., 2007: Influence of soil erosion on water, soil, humus and nutrients losses in different crop systems in the Moldavian Plateau, *Journal of Food, Agriculture and Environment*, Romania.

-
12. Corsi S. et al., 2012: Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from conservation agriculture: A literature review, integrated crop management. AGP,FAO, Rome, 101 s.
 13. Dvořák P., 2013: Zemědělec 13/2013 – Ekologické zemědělství. Praha.
 14. Government of Alberta, 2019: An Introduction to Wind Erosion Control. Agriculture and Forestry, Alberta.
 15. Holý M., 1994: Eroze a životní prostředí. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 383 s.
 16. Chambers B.J. et al., 2000: Monitoring of water erosion on arable farms in England and Wales 1990-94. American Soc of Agronomy, Madison, 93-99 s.
 17. Chlubna L., Novotný I., 2014: Využití dat BPEJ (HPKJ) při výpočtu potenciálu biomasy hospodářských plodin v aplikaci RESTEP, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
 18. Janeček M. et al., 2008: Základy erodologie 1. vydání. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 172 s.
 19. Janeček M. et al., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí – metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, fakulta životního prostředí, Praha, 5 s.
 20. Janeček M., 1998: Použití metody čísel odtokových křivek – CN k navrhování protierozních opatření. České Budějovice.
 21. Julien P.Y., 1995: Essays on river mechanics. Colorado state university, 2 s.
 22. Kadlec V. et al., 2014: Navrhování technických protierozních opatření: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
 23. Kvítek T. et Tippl M., 2003: Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 53 s.
 24. Lhotský J., 2006: Hodnocení škodlivého zhutnění půdy. Profi Press, Praha,
 25. Luna J. et Staben M., 2003: Using strip tillage in vegetable production systems in Western Oregon. Oregon State Extension Series, Oregon.
 26. Mašát et al., 2002: Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek, Ministerstvo zemědělství ČR a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

-
27. Ministerstvo zemědělství, 2016: Pozemkové úpravy "krok za krokem". 2. aktualizované vydání. Ministerstvo zemědělství, Odbor Řídící orgán PRV ve spolupráci s Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Oddělením Pozemkové úpravy a využití krajiny, Praha. ISBN 978-80-7434-296-7.
 28. Morgan R.P.C., 2005: Soil erosion and conservation. Malden: Blackwell.
 29. Morrison J.E., 2002: Strip tillage for „no-till“ row crop production. Applied Engineering in Agriculture.
 30. MZe, 2017: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy – 3. aktualizované vydání. Ministerstvo zemědělství a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 31 s.
 31. Nerušil P. et al., 2015: Využití minimalizačních a půdoochranných technologií pro snížení účinků vodní eroze na obdělávaných půdách. Certifikovaná metodika pro praxi, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Brno.
 32. Novák P. et al., 2008: Impact of political and socio-economic changes in the Czech Republic on long-term development of sheet water erosion. Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha.
 33. Novotný I. et al., 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi. 2. vydání. Ministerstvo zemědělství, Praha, 73 s.
 34. Novotný I. et al., 2017: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. VUMOP, Praha, 50 s.
 35. Panagos P. et al., 2015: A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modeling Soil Erosion by Water. Geosciences, European Commission.
 36. Podhrázká J. et Dufková J., 2005: Protierozní ochrana půdy. 1. vydání. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 95 s.
 37. Podhrázká J., 2010: Opatření na ochranu půdy a vody v pozemkových úpravách. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, oddělení pozemkových úprav, Brno, 8 s.
 38. Pokladníková H., 2009: Erozní ohrožení půd vodou z tajícího sněhu. Mendelova univerzita v Brně – Agronomická fakulta – Ústav aplikované a krajinné ekologie, Brno, 1-2 s.
 39. Quitt E., 1971: Klimatické oblasti Československa. Geografický ústav ČSAV, Studia geographica, Brno, 73 s.

-
40. Renard K. et al., 1997: Prediction Soil Erosion by Water: A guide to conversation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE), U.S. Department of Agriculture, Washington, 384 s.
 41. Rickson R.J., 2006: Controlling sediment at source: An evaluation of erosion control geotextiles, Earth Surface Processes and Landforms. Cranfield University, Cranfield.
 42. Rožnovský J. et al., 2013: Analýza souboru podkladů k určení výpočtu R faktoru, přehled dosavadních postupů, výzkumná zpráva, CHMI, Brno.
 43. Rožnovský J. et Litschmann T., 2010: Voda v krajině. Lednice.
 44. Sklenička P., 2003: Základy krajinného plánování, Naděžda Skleničková, Praha, 321s.
 45. Slavíková L. et al., 2021: Retenční potenciál území Svazku obcí Sever s dopadem na zásobování pitnou vodou. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Ústí nad Labem, 25 s.
 46. Sochorec M. et Knot P., 2010: The Plan of Antierosion Measures in the Area of Uherské Hradiště. Mendel University in Brno, Brno, 472 s.
 47. Spaan, W. P., Winteraeken H. J., Riksen M., 2006: Dutch policy and practices on erosion control: Then and now. Archives of Agronomy and Soil Science. Routledge, 52 s.
 48. Šarapatka B., 2014: Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci, 232 s.
 49. Šarapatka B., Dlapa P., Bedrna Z., 2002: Kvalita a degradace půdy. Univerzita Palackého, Olomouc.
 50. Van Pelt RS, Zobeck TM., 2007: Chemical constituents of fugitive dust. Environ Monit Assess, Nebraska.
 51. Vlasák J., Bartošková K., 2007: Pozemkové úpravy. ČVUT, Praha, 168 s.
 52. Vlček V., 2015: Kvalita a zdraví půdy. Mendelova univerzita, Brno, 136 s.
 53. Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978: Agr. Handbook, USA.
 54. Zábranský P. et al., 2013: Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. Česká zemědělská univerzita v Praze, FAPPZ, Praha.
 55. Zhang X. at Wang Z., 2017: Interrill soil erosion processes on steep slopes. J. Hydrol.

Internetové zdroje

1. CMPKU, ©2011: Pozemkové úpravy (online) [cit. 2024.03.04], dostupné z: <http://www.cmkpu.cz/pozemkove-upravy/>
2. CTIC, ©2024: Conservation Tillage Information Center (online) [cit. 2024.02.15], dostupné z: <https://www.ctic.org/>
3. EAGRI, ©2024: Webový portál Ministerstva zemědělství (online) [cit. 2024.03.04], dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/>
4. INSPIRE, ©2017: Národní geoportál (online) [cit. 2024.01.29], dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/home>
5. Město Soběslav, ©2023: Územní plán města Soběslav (online) [cit. 2024.12.12], dostupné z: <https://www.musobeslav.cz/urad/uzemni-planovani/zmena-c3-up-sobeslav/>
6. MŽP, ©2021: Ministerstvo životního prostředí České republiky (online) [cit. 2023.07.15], dostupné z: <https://www.mzp.cz>
7. MZe, ©2021: Situační a výhledová zpráva – Půda (online) [cit. 2024.01.03.], dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/publikace/situacni-vyhledove-zpravy/puda/situacni-a-vyhledova-zprava-puda-2021>
8. MZe, ©2023: Tisková zpráva – Ministr Výborný: Pozemkové úpravy zajišťují ochranu obyvatel před povodněmi i ochranu přírodních zdrojů. Budeme se snažit částku na ně navýšit (online) [cit. 2024.01.04], dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/ministr-vyborny-pozemkove-upravy-zajistuji-ochranu-obyvatel-pred-povodnemi-i-ochranu-prirodnich-zdroju-budeme-se-snazit-castku-na-ne-navysit>
9. Nedvědice u Soběslavi (online) [cit. 2024.01.29], dostupné z: <https://nedvedice.estranky.cz>
10. QLD.GOV, ©2022: Queensland Government (online) [cit. 2023.07.16], dostupné z: <https://www.qld.gov.au>
11. SPÚ, ©2022: Tisková zpráva – Státní pozemkový úřad v roce 2021 vynaložil 2,965 miliard Kč na pozemkové úpravy (online) [cit. 2024.01.04], dostupné z: <https://www.spucr.cz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/statni-pozemkovy-urad-v-roce-2021-vynalozil-2-965-miliard-kc-na-pozemkove-upravy.html>
12. Uhrová J. et al., ©2016: Komplexní systém návrhů přírodně blízkých opatření na ochranu před dopady eroze a povodní z přívalemých srážek (online) [cit. 2024.01.04], dostupné z: <https://www.spucr.cz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/statni-pozemkovy-urad-v-roce-2021-vynalozil-2-965-miliard-kc-na-pozemkove-upravy.html>

-
- 2024.03.18], dostupné z: <https://www.vtei.cz/2016/08/komplexni-system-navrhu-prirode-blizkych-opatreni-na-ochranu-pred-dopady-eroze-a-povodni-z-privalovych-srazek/>
13. Vavříček D., Kučera D., ©2020: A. Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně (online) [cit. 2023.11.20], dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie_old.pdf
14. VTEI, ©2017: Hydraulika, hydrologie a hydrogeologie: Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů (online) [cit. 2024.02.19], dostupné z: <https://www.vtei.cz/2017/08/potencial-aplikace-prirode-blizkych-opatreni-pro-zadrzeni-vody-v-krajine-a-zlepseni-ekologickeho-stavu-vodnich-utvaru/>
15. VÚMOP, ©2019: Webová encyklopedie – ochrana proti vodní erozi. (online) [cit. 2024.02.17], dostupné z: https://encyklopedie.vumop.cz/index.php/OCHRANA_PROTI_VODNÍ_EROZI
16. VÚMOP, ©2024: Webová encyklopedie – Nástroje ochrany – standart dobrého zemědělského a environmentálního stavu DZES (online) [cit. 2024.02.17], dostupné z: https://encyklopedie.vumop.cz/index.php/N%C3%81STROJE_OCHRANY_-_STANDARD_DOBR%C3%89HO_ZEM%C4%9AD%C4%9ALSK%C3%89HO_A_ENVIRONMENT%C3%81LN%C3%8DHO_STAVU_DZES
17. WildWest-CZ, 2009: Kostel na návrší v Nedvědicích (online) [cit. 2024.03.20], dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22559778>

Legislativní zdroje

1. ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže, platná od 05/2011
2. Nařízení vlády č. 307/2014 Sb. - Nařízení vlády o stanovení podrobností evidence využití půdy podle uživatelských vztahů
3. Vyhláška č. 240/2021 Sb. - Vyhláška o ochraně zemědělské půdy před erozí
4. Zákon č. 114/1992 Sb. - Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny
5. Zákon č. 139/2002 Sb. - Zákon o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů
6. Zákon č. 254/2001 Sb. - Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

10 Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 1: Nomogram pro stanovení K faktoru (Janeček, 2012) | 10 |
| Obrázek 2: Hodnoty C faktoru a způsob obdělávání (Janeček et al. 2012) | 13 |
| Obrázek 3: Lokalizace zájmového území | 26 |
| Obrázek 4: Kostel sv. Mikuláše (wikimedia.org) | 27 |
| Obrázek 5: Lokalizace a zařazení území do klimatické oblasti (Quit, 1971) | 28 |
| Obrázek 6: Hydrologické podmínky v řešeném k.ú..... | 29 |
| Obrázek 7: Meliorace v řešeném k.ú. (Geoportál SOWAC ©2024) | 30 |
| Obrázek 8: Mapový výstup HSP (Geoportál SOWAC ©2024)..... | 32 |
| Obrázek 9: Graf hospodařících subjektů v obci..... | 32 |
| Obrázek 10: PB v řešeném k.ú. | 33 |
| Obrázek 11: Přírodní podmínky v řešeném k.ú. (musobeslav.cz, 2024) | 33 |
| Obrázek 12: Funkce Convert LAS | 36 |
| Obrázek 13: Funkce Create LAS Dataset | 36 |
| Obrázek 14: Funkce LAS Dataset to Raster | 36 |
| Obrázek 15: Mapový výstup digitálního modelu terénu..... | 37 |
| Obrázek 16: Funkce Clip | 38 |
| Obrázek 17: Nástroj Field Calculator | 38 |
| Obrázek 18: Funkce Feature to Raster | 38 |
| Obrázek 19: Funkce Join and Relates | 38 |
| Obrázek 20: Mapový výstup K faktoru..... | 39 |
| Obrázek 21: Funkce Slope | 40 |
| Obrázek 22: Rastr sklonitosti | 40 |
| Obrázek 23: Funkce Zonal Statistics..... | 41 |
| Obrázek 24: Rastr sklonu na půdních blocích..... | 41 |
| Obrázek 25: Funkce Flow Direction | 42 |
| Obrázek 26: Rastr výstup směru povrchového odtoku | 42 |
| Obrázek 27: Funkce Flow accumulation..... | 43 |
| Obrázek 28: Rastr akumulace povrchového odtoku | 43 |
| Obrázek 29: Rastr LS faktoru | 44 |
| Obrázek 30: Mapový výstup C faktoru..... | 45 |
| Obrázek 31: Rastr průměrné ztráty půdy na každou buňku..... | 46 |
| Obrázek 32: Funkce Zonal Statistics..... | 47 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 33: Rastr průměrné ztráty půdy na každý pozemek | 47 |
| Obrázek 34: Nástroj Field Calculator | 48 |
| Obrázek 35: Funkce Feature to Raster | 49 |
| Obrázek 36: Rastr maximální přípustné ztráty půdy | 49 |
| Obrázek 37: Funkce Fill..... | 51 |
| Obrázek 38: Funkce Flow Direction | 51 |
| Obrázek 39: Funkce Flow Accumulation | 52 |
| Obrázek 40: Funkce Watershed | 52 |
| Obrázek 41: Rastr povodí | 52 |
| Obrázek 42: Funkce Flow Length..... | 53 |
| Obrázek 43: Členění dle charakteristického tvaru návrhového hyetogramu a hodnoty stoleté 1denní srážky (Kulasová et al. 2004) | 54 |
| Obrázek 44: Výsledný návrhový hyetogram..... | 55 |
| Obrázek 45: Výstupní data z programu HEC_HMS..... | 57 |
| Obrázek 46: Koncepce návrhu suchého poldru | 58 |
| Obrázek 47: Mapový výstup identifikovaných protierozních opatření | 59 |
| Obrázek 48: Travní pás na PB č. 7502/1 (vlastní fotodokumentace) | 60 |
| Obrázek 49: Zatravnění PB č. 7402/21 (vlastní fotodokumentace)..... | 60 |
| Obrázek 50: Zatravnění PB č. 7402/25 (vlastní fotodokumentace)..... | 61 |
| Obrázek 51: Zatravnění PB č. 5405/11 (vlastní fotodokumentace)..... | 61 |
| Obrázek 52: Zatravnění na PB č.6401/2 (vlastní fotodokumentace) | 62 |
| Obrázek 53: Travní pás na PB č. 6401/16 (vlastní fotodokumentace) | 62 |
| Obrázek 54: Travní pás na PB č. 6401 /16 a 6401/11 (vlastní fotodokumentace).... | 63 |
| Obrázek 55: Zatravnění na PB č.7402/33 a 7402/31 (vlastní fotodokumentace) | 63 |
| Obrázek 56: Ztráta půdy na pozemek se současnými protierozními opatřeními | 64 |
| Obrázek 57: Protierozní opatření na PB č.7402/23 a 7402/24..... | 68 |
| Obrázek 58: Protierozní opatření na PB č. 7502/1..... | 69 |
| Obrázek 59: Protierozní opatření na PB č. 6504/6, 6504/7 a 6602/27..... | 70 |
| Obrázek 60: Protierozní opatření na PB č. 6504/10 a 6603/1..... | 71 |
| Obrázek 61: Protierozní opatření na PB č. 6401/8 a 6401/20..... | 72 |
| Obrázek 62: Protierozní opatření na PB č. 6401/7, 6401/11, 6401/15, 6401/16 | 73 |
| Obrázek 63: Protierozní opatření na PB č. 6402/11, 5405/3, 7402/19, 7402/20 a 7402/4 | 74 |

11 Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1: Hodnoty K faktoru dle HPJ (Janeček et al. 2012) | 10 |
| Tabulka 2: Průměrné hodnoty faktoru C pro různé typy plodin (Janeček et al., 2012) | 12 |
| Tabulka 3: Hodnoty C faktoru dle klimatických regionů (Brychta et Petřů, 2016)... | 12 |
| Tabulka 4: Hodnoty faktoru protierozních opatření (Janeček et al., 2012) | 14 |
| Tabulka 5: HSP (Janeček, 2012)..... | 31 |
| Tabulka 6: Tabulka C faktoru dle klimatického regionu | 45 |
| Tabulka 7: Maximální přípustná ztráta půdy | 48 |
| Tabulka 8: Ohrožené PB v řešeném území | 50 |
| Tabulka 9: Hodnoty CN pro jednotlivé druhy povrchu a HSP (vtei.cz)..... | 53 |
| Tabulka 10: Zastoupení HSP a odvození hodnoty CN | 54 |
| Tabulka 11: Hodnoty maximálních denních úhrnů srážek s pravděpodobností opakování N let | 54 |
| Tabulka 12: Výpočet hodnot návrhového hyetogramu pro oblast C | 55 |
| Tabulka 13: Výstupní hodnoty | 57 |
| Tabulka 14: Ohrožené PB se současnými protierozními opatřeními..... | 64 |
| Tabulka 15: Navržený osevní postup č.1 | 65 |
| Tabulka 16: Navržený osevní postup č.2 | 65 |
| Tabulka 17: Navržený osevní postup č.3 | 65 |
| Tabulka 18: Vyhodnocení účinnosti navržených osevních postupů | 66 |
| Tabulka 19: Ohrožené PB po aplikaci zatravnění..... | 67 |
| Tabulka 20: Ztráta půdy na PB po aplikaci technických opatření | 75 |

12 Seznam rovnice

| | |
|--|----|
| Rovnice 1: USLE | 7 |
| Rovnice 2: Erozní účinnost deště | 8 |
| Rovnice 3: Kinetická energie deště pro i-tý úsek..... | 8 |
| Rovnice 4: Kinetická energie deště..... | 8 |
| Rovnice 5: K faktor | 9 |
| Rovnice 6: L faktor | 11 |
| Rovnice 7: S faktor..... | 11 |
| Rovnice 8: LS faktor | 44 |
| Rovnice 9: Rovnice USLE | 46 |
| Rovnice 10: Potenciální retence (Janeček et al. 2012)..... | 56 |
| Rovnice 11: Počáteční ztráta (Janeček et al. 2012)..... | 56 |
| Rovnice 12: Doba zdržení (Janeček et al. 2012)..... | 56 |
| Rovnice 13: Doba koncentrace (Janeček et al. 2012) | 56 |
| Rovnice 14: Retenční koeficient (Janeček et al. 2012)..... | 57 |

13 Přílohy

| zkratka | protierozní opatření | na půdní bloku č. | zkratka | protierozní opatření | na půdní bloku č. |
|---------|----------------------|-------------------|---------|------------------------|-------------------|
| NTPO1 | sběrný průleh | 7402/23 | NTPO31 | sedimentační jímka | 6401/11 |
| NTPO2 | svodný průleh | 7402/23 | NTPO32 | sběrný průleh | 6401/11 |
| NTPO3 | suchý poldr | - | NTPO33 | svodný průleh | 6401/11 |
| NTPO4 | sběrný průleh | 7502/1 | NTPO34 | sběrný průleh | 6401/11 |
| NTPO5 | svodný průleh | 7502/1 | NTPO35 | protierozní mez | 6401/15/16 |
| NTPO6 | sedimentační jímka | 7502/1 | NTPO36 | protierozní mez | 6401/7 |
| NTPO7 | mokřad | 7502/1 | NTPO37 | protierozní mez | 7402/4 |
| NTPO8 | sběrný průleh | 6504/7 | NZP1 | zatravňovací pás | 7402/23 |
| NTPO9 | svodný průleh | 6504/7 | NZP2 | zatravňovací pás | 7402/23 |
| NTPO10 | sběrný průleh | 6504/7 | NZP3 | zatravňovací pás | 7502/1 |
| NTPO11 | sběrný průleh | 6504/6 | NZP4 | zatravňovací pás | 6603/1 |
| NTPO12 | svodný průleh | 6504/6 | NZP5 | zatravňovací pás | 6401/20 |
| NTPO13 | sběrný průleh | 6504/6 | NZP6 | zatravňovací pás | 6401/20 |
| NTPO14 | sedimentační jímka | - | NZP7 | zatravňovací pás | 6401/8 |
| NTPO15 | mokřad | - | NZP8 | zatravňovací pás | 6401/15 |
| NTPO16 | sedimentační jímka | - | NZP9 | zatravňovací pás | 6401/11 |
| NTPO17 | mokřad | - | NZP10 | zatravňovací pás | 6401/11 |
| NTPO18 | sběrný průleh | 6602/27 | NZP11 | zatravňovací pás | 6401/7 |
| NTPO19 | svodný průleh | 6602/27 | NZP12 | zatravňovací pás | 6401/7 |
| NTPO20 | sedimentační jímka | - | NZP13 | zatravňovací pás | 6401/7 |
| NTPO21 | mokřad | - | NZP14 | zatravňovací pás | 5405/3 |
| NTPO22 | sběrný průleh | 6603/1 | NZP15 | zatravňovací pás | 7402/4 |
| NTPO23 | svodný průleh | 6603/1 | NZ1 | navržené zatravnění | 7402/24 |
| NTPO24 | sběrný průleh | 6401/20 | NZ2 | navržené zatravnění | 7402/23 |
| NTPO25 | svodný průleh | 6401/20 | NZ3 | navržené zatravnění | 7502/1 |
| NTPO26 | sběrný průleh | 6401/20 | NZ4 | navržené zatravnění | 6401/11 |
| NTPO27 | sedimentační jímka | - | NZ5 | navržené zatravnění | 6402/11 |
| NTPO28 | mokřad | - | NZ6 | navržené zatravnění | 7402/19 |
| NTPO29 | protierozní mez | 6401/8 | NOP1 | pásové střídání plodin | 6504/10 |
| NTPO30 | mokřad | 6401/11 | - | - | - |

Tabulka P1

NTPO – navržené technické protierozní opatření, NZP – navržený zatravňovací pás,

NZ – navržené zatravnění



Obrázek P1 – Novákův rybník



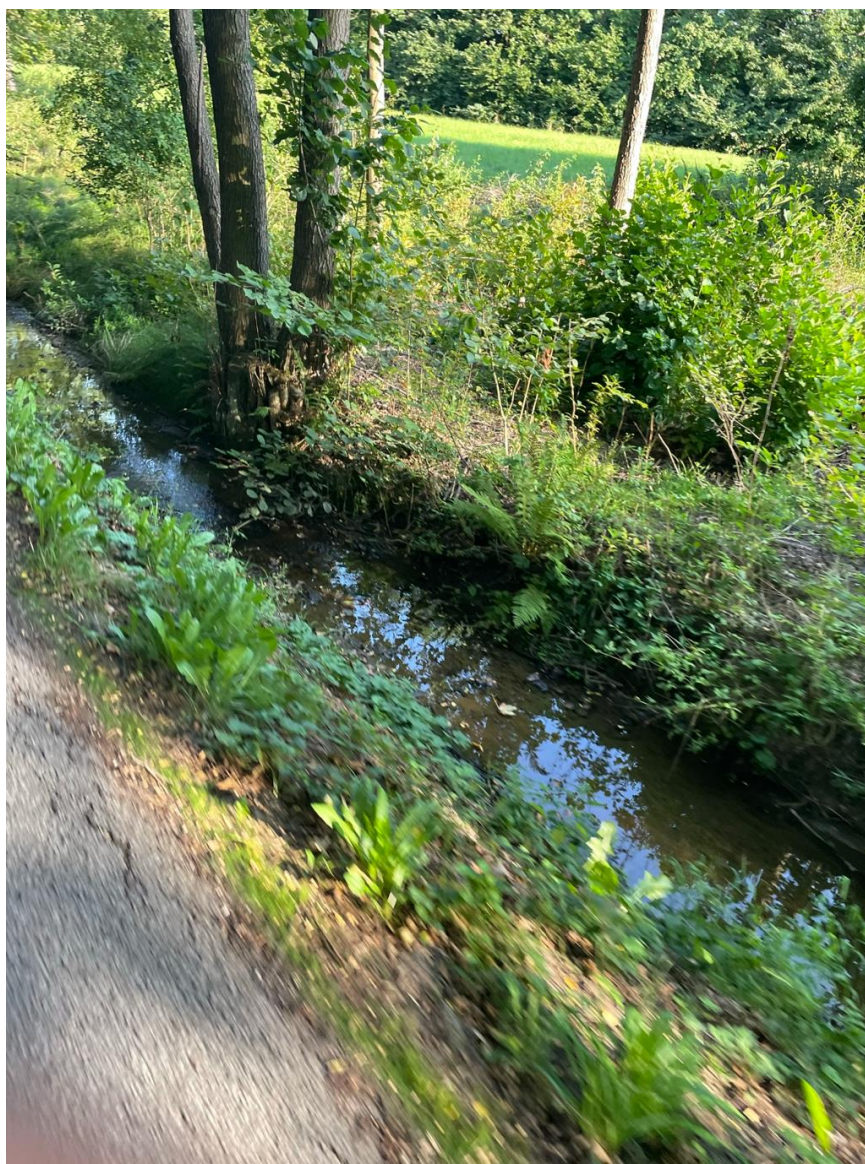
Obrázek P2 – Novákův rybník



Obrázek P3 – Propustek (je na něj napojen navržený svodný průleh)



Obrázek P4 – Propustek u druhé strany místní komunikace



Obrázek P5 – Příkop podél místní komunikace



Obrázek P6 – Pastva – v pozadí je vidět Novákův rybník

| půdní blok | kultura | výměra [ha] | uživatel |
|------------|-----------|-------------|-------------------------|
| 7402/4 | orná půda | 7,25 | Eurofarms agro-b s.r.o. |
| 7502/1 | orná půda | 78,23 | Eurofarms agro-b s.r.o. |
| 6402/11 | orná půda | 20,17 | Eurofarms agro-b s.r.o. |
| 5405/3 | orná půda | 15,34 | Eurofarms agro-b s.r.o. |
| 6401/7 | orná půda | 13,82 | Eurofarms agro-b s.r.o. |
| 6401/15 | orná půda | 7,08 | Eurofarms agro-b s.r.o. |
| 6401/16 | orná půda | 6,57 | Eurofarms agro-b s.r.o. |
| 6401/11 | orná půda | 12,79 | Eurofarms agro-b s.r.o. |
| 6401/8 | orná půda | 6,09 | Eurofarms agro-b s.r.o. |
| 6504/7 | orná půda | 11,5 | Eurofarms agro-b s.r.o. |
| 7402/31 | orná půda | 12,7 | Miroslav Drs |
| 7402/19 | orná půda | 3,17 | Miroslav Drs |
| 7402/24 | orná půda | 3,04 | Miroslav Drs |
| 5405/13 | orná půda | 1,33 | Miroslav Drs |
| 6401/20 | orná půda | 9,43 | Miroslav Drs |
| 6504/6 | orná půda | 4,45 | Miroslav Drs |
| 6602/27 | orná půda | 6,69 | Miroslav Drs |
| 6401/20 | orná půda | 9,43 | Miroslav Drs |
| 6504/10 | orná půda | 16,64 | Miroslav Drs |
| 6603/1 | orná půda | 10,96 | Miroslav Drs |
| 7402/27 | orná půda | 0,78 | Dušan Novák |
| 7402/28 | úhor | 0,15 | Dušan Novák |
| 7402/22 | TTP | 8,25 | Dušan Novák |
| 7402/20 | orná půda | 0,32 | Dušan Novák |
| 7402/25 | orná půda | 1,07 | Dušan Novák |
| 7402/26 | orná půda | 0,08 | Dušan Novák |
| 6404 | TTP | 5,15 | Dušan Novák |
| 7402/23 | orná půda | 24,19 | Aleš Novák |
| 7504/1 | TTP | 0,3 | Aleš Novák |
| 5404/1 | TTP | 0,8 | Aleš Novák |
| 6506/2 | TTP | 0,37 | Aleš Novák |
| 7501/1 | TTP | 0,31 | Aleš Novák |
| 6503/1 | TTP | 0,21 | Aleš Novák |
| 6507/1 | TTP | 0,78 | Aleš Novák |
| 6508/1 | TTP | 0,23 | Aleš Novák |
| 6401/21 | úhor | 0,81 | Aleš Novák |
| 7503/1 | TTP | 0,32 | Aleš Novák |
| 6401/13 | orná půda | 1,13 | Aleš Novák |
| 6401/14 | TTP | 1,61 | Aleš Novák |
| 6401/12 | orná půda | 0,55 | Aleš Novák |
| 6504/12 | TTP | 1,59 | Aleš Novák |
| 7402/16 | TTP | 2,04 | František Frait |
| 7402/33 | orná půda | 2,13 | František Frait |
| 7401/4 | TTP | 0,29 | František Frait |
| 5405/11 | TTP | 4,62 | František Frait |
| 5405/6 | TTP | 0,97 | František Frait |
| 6405/1 | TTP | 0,27 | František Frait |
| 5407/2 | TTP | 0,47 | František Frait |
| 6401/2 | orná půda | 1,89 | František Frait |
| 6502/2 | TTP | 1,73 | František Frait |
| 6501 | TTP | 1,49 | František Frait |
| 6504/11 | TTP | 6,09 | František Frait |
| 7402/21 | orná půda | 3,82 | Václav Kalab |
| 6505/1 | TTP | 1,19 | Jan Dvořák |
| 6401/4 | TTP | 0,7 | Jiří Rejlek |

Tabulka P2 – Seznam PB a jejich uživatelů