

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



Racionální rozloha osevů na půdních blocích v rámci nastavení podmínek DZES pro podporu udržitelného hospodaření v ČR

Bakalářská práce

Autor: Jakub Liška

Vedoucí práce: Ing. Jana Kalibová, Ph.D.

Rok vydání: 2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Liška

Územní plánování

Název práce

Racionální rozloha osevů na půdních blocích v rámci nastavení podmínek DZES pro podporu udržitelného hospodaření v ČR

Název anglicky

Rational sowing area on soil blocks within setting conditions of GAEC to support sustainable management in the Czech Republic

Cíle práce

S účinností od 1. 1. 2020 byla v ČR zavedena podmínka omezení pěstování monokultur na maximálně 30 ha souvislé plochy prostřednictvím standardu tzv. DZES 7d. Od 1.1. 2021 se podmínka standardu DZES 7d vztahuje na DPB s kulturou standardní orná půda i mimo erozně ohrožené plochy. Hodnota 30 ha je dle tehdejšího (rok 2021) ministra zemědělství Miroslava Tomana určitým kompromisem, který bude nutné následně vyhodnotit.

Cílem bakalářské práce je porovnat protierozní účinnost dělení půdních bloků dle tří metod uvedených v NV 48/2017 Sb. pro tři varianty maximální rozlohy monokultury o výměře 25, 30 a 35 ha a porovnat dlouhodobou průměrnou erozní ztrátu půdy mezi jednotlivými scénáři a vůči původnímu stavu před rozdělením půdního bloku.

Metodika

Metodicky bude práce vyhodnocovat erozní ohroženost pozemku v původním stavu a po zavedení podmínek DZES 7d – plochy monokultur nepřesahující 30 ha. Tohoto bude dosaženo formou 9 různých scénářů dle NV 48/2017 Sb pro tři varianty maximální rozlohy monokultury.

Erozní ohroženost bude stanovena metodou RUSLE v prostředí modelu Atlas, podkladová data budou připravena v prostředí ArcGIS. Členění půdních bloků dle scénářů bude respektovat topografii terénu a brát ohled na ucelenost jednotlivých dílů půdního bloku.

Výsledkem budou rastrová zobrazení průměrné dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí pro zájmová území a numerické vyjádření snížení erozního smyvu při daných scénářích členění půdního bloku oproti původnímu stavu před rozdělením.

Doporučený rozsah práce

dle Nařízení děkana č. 1/2020 – Metodické pokyny pro zpracování bakalářské práce na FŽP

Klíčová slova

eroze půdy, povrchová odtok, protierozní opatření, ZPF

Doporučené zdroje informací

JANEČEK, M. et al., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: Powerprint. ISBN 978-80-87415-42-9.

Nařízení vlády č. 48/2017 Sb., o stanovení požadavků podle aktů a standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu pro oblasti pravidel podmíněnosti a důsledků jejich porušení pro poskytování některých zemědělských podpor.

WISHMEIER, W. H., SMITH, D. D., 1965: Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation – Agricultural Handbook No. 282. ARS USDA, Washington

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jana Kalibová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2024

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 07. 03. 2024

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Racionální rozloha osevů na půdních blocích v rámci nastavení podmínek DZES pro podporu udržitelného hospodaření v ČR vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 24. 3. 2024

Jakub Liška

.....

(podpis autora práce)

Abstrakt

Racionální rozloha osevů na půdních blocích v rámci nastavení podmínek DZES pro podporu udržitelného hospodaření v ČR

Tato práce si kladla za cíl vyhodnotit nově nastavenou podmínku standardu dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES) v ČR, která omezuje maximální rozlohu souvislé plochy jedné plodiny na 30 ha, z pohledu ztráty půdy způsobené vodní erozí.

V ČR je vodní eroze převládajícím typem eroze. Tento typ eroze v ČR způsobuje značné externí škody na nezemědělských plochách a vede ke ztrátě produkčních i mimoprodukčních funkcí půdy na plochách zemědělských.

Řešit tuto problematiku je v ČR důležité zejména v souvislosti s narůstající četností výskytů extrémních projevů počasí v souvislosti s klimatickou změnou, a dále i vzhledem k velké rozloze půdních bloků v ČR, jež jsou dědictvím z minulosti naší země.

Na problematiku eroze jsou známa řešení, a to zejména formou různých protierozních opatření, avšak ta nebyla doposud v ČR nijak vymáhána.

Nařízení vlády 48/2017 Sb. uvádí 3 možnosti střídání plodin pro splnění standardu DZES. Tato práce hodnotila změnu protierozního účinku uvedených opatření při různých scénářích dělení původního půdního bloku. Hodnoceny byly tři typy dělení: a) střídání dvou plodin s různým protierozním účinkem, b) prokládání erozně náchylnější plodiny travnatými pásy o šíři 22 m, c) prokládání erozně náchylnější plodiny pásy erozně méně náchylné plodiny v pásech o šíři 110 m. Pro všechny varianty byl hodnocen erozní smyv při dělení původního na dílčí půdní bloky o rozloze 25, 30 a 35 ha. Příprava dat probíhala v prostředí ArcGIS a vyhodnocení erozního ohrožení probíhala v prostředí modelu Atlas DMT.

Jako nejefektivnější se ukázal způsob dělení půdních bloků, kdy byly střídány dvě plodiny o stejné výměře.

Dále naopak nebyla prokázána souvislost mezi erozním ohrožením a rozlohou dílčího půdního bloku ve zkoumaném rozmezí. Topografie terénu se jeví jako jeden z faktorů zásadně ovlivňujících možnost využití větší rozlohy DBP.

Tato práce byla zpracována jako součást výzkumného projektu QK21020243 „Racionální rozloha osevů na půdních blocích v rámci nastavení podmínek DZES pro podporu udržitelného hospodaření v ČR“ v rámci Programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství – ZEMĚ. Společně s dalšími scénáři hodnocenými v rámci tohoto projektu výsledky poskytnou podklady pro optimalizaci předpisu DZES.

Klíčová slova: eroze půdy, povrchový odtok, protierozní opatření, ZPF

Rational sowing area on soil blocks within setting conditions of GAEC to support sustainable management in the Czech Republic

The aim of this study was to evaluate the newly set condition of the Good Agricultural and Environmental Conditions (GAEC) standard in the Czech Republic, which limits the maximum continuous area of one crop to 30 ha, in terms of soil loss due to water erosion.

In the Czech Republic, water erosion is the predominant type of erosion. This type of erosion causes considerable external damage to non-agricultural areas and leads to loss of productive and non-productive soil functions in agricultural areas.

It is particularly important to address this issue in the Czech Republic in the context of the increasing frequency of extreme weather events related to climate change, as well as the large size of soil blocks in the Czech Republic, which are a legacy of our country's past.

There are known solutions to the problem of erosion, particularly in the form of so-called agronomic measures, but these have not yet been enforced in the Czech Republic.

Government Regulation 48/2017 Sb. mentions 3 options of crop separation to meet the GAEC standard. This work evaluated the change in the anti-erosion effect of these measures under different scenarios of subdivision of the original soil block. Three types of subdivision were evaluated: a) alternation of two crops with different erosion control effect, b) intercropping the more erosion-prone crop with grass strips of 22 m width, c) intercropping the more erosion-prone crop with strips of the less erosion-prone crop in strips of 110 m width. For all options, the erosion shear was assessed when dividing the original into sub-soil blocks of 25, 30 and 35 ha. Data preparation was carried out in ArcGIS and the erosion hazard assessment was carried out in the Atlas DMT model environment.

The most efficient way of dividing the soil blocks was found to be to alternate two crops of the same area.

On the other hand, there was no relationship between erosion hazard and the area of the sub-soil block in the studied range. The topography of the terrain appears to be one of the factors significantly influencing the possibility of using a larger area of sub-soil block.

This work was prepared as part of the research project QK21020243 "Rational sowing area on soil blocks within setting conditions of GAEC to support sustainable management in the Czech Republic" under the Ministry of Agriculture's Applied Research Programme – ZEMĚ. Together with other scenarios evaluated under this project, the results will provide the basis for optimizing the GAEC standard.

Keywords: water erosion, surface runoff, soil erosion control measures, agricultural land

Obsah BP

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	2
3. Literární rešerše.....	3
3.1 Problematika eroze	3
3.2 Druhy eroze.....	3
3.3 Historické souvislosti a současná situace eroze půdy v ČR.....	4
3.4 Důsledky a ekonomika ztrát půdy	5
3.5 Protierozní opatření.....	7
3.6 Legislativa a Opatření nastavená v DZES	7
3.7 Modelování eroze.....	8
3.7.1 Fyzický model	8
3.7.2 Simulace na fyzikálně založeném modelu.....	8
3.7.3 Empirické modely (USLE – Univerzální rovnice ztráty půdy).....	9
3.7.4 Revidovaná USLE – RUSLE.....	9
3.7.5 Využití v erozních modelech – modelování v Atlas DMT	10
4. Metodika	10
4.1 Postup práce v ArcGIS Pro:	12
4.2 Postup práce v Atlas DMT:	17
5. Výsledky	20
6. Diskuse.....	33
6.1 Shrnutí výsledků.....	33
6.2 Výsledky v kontextu DZES	33
6.3 Faktory ovlivňující výsledek.....	33
6.3.1 Faktor L	34
6.3.2 Erozní model.....	34
6.3.3 Nastavení erozního modelu	34
6.3.4 Hodnota faktoru R.....	34
6.4 Jiné studie a další možnosti ochrany půdy	35
6.4.1 Podobně zaměřené práce.....	35
6.4.2 Další možnosti ochrany půdy	35
6.5 Doporučení ke zlepšení zemědělských politik v rámci udržitelného hospodaření v ČR	37
7. Závěr	38
8. Přehled literatury a použitých zdrojů	39
Seznamy	43

Seznam použitých zkratk

BP – bakalářská práce

BPEJ – bonitovaná půdně ekologická jednotka

ČR – Česká republika

ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální

ČZU – Česká zemědělská univerzita v Praze

DMT – digitální model terénu

DPB – díl půdního bloku

DZES (GAEC) – dobrý zemědělský a environmentální stav půdy

EUC – erozně uzavřené celky

GIS – geografický informační systém

KÚ – katastrální území

LPIS – systém evidence využití půdy podle užívatelských vztahů (Land Parcel Identification System)

MZe – Ministerstvo zemědělství České republiky

NV – nařízení vlády

ORP – obec s rozšířenou působností

PB – půdní blok

RUSLE – revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy (Revised Universal Soil Loss Equation)

Sb. – sbírka zákonů

SHP – Esri Shapefile

USLE – univerzální rovnice ztráty půdy (Universal Soil Loss Equation)

ÚSES – územní systém ekologické stability

VÚMOP – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy

WMS – webová mapová služba (Web Map Service)

ZPF – zemědělský půdní fond

1. Úvod

Půda je neobnovitelným přírodním zdrojem (Boardman & Poesen, 2006). Vedle produkčních funkcí jako je produkce potravin a krmiva pro dobytek, nám poskytuje i celou řadu mimoprodukčních funkcí. Těmi jsou například infiltrace a čištění vody (Boardman & Poesen, 2006).

Hospodaření člověka, v případě vodní eroze zejména obdělávání půdy na svazích, urychluje proces eroze (Boardman & Poesen, 2006). Půda je tak odnášena rychleji, než jak dlouho trvá její přirozená obnova. Tím dochází ke zmenšování mocnosti půdního profilu. Navíc eroze odnáší vrchní, nejúrodnější část, čímž je v půdě snižován obsah živin a humusu (Janeček a kol. 2012). Odnesená půda poté působí další škody mimo zemědělskou plochu. Při prudkých deštích dochází k bahnitým záplavám, kdy bahno stékající z polí působí škody v intravilánech obcí (Janeček a kol. 2012). Dalšími dopady je například zanášení nádrží a eutrofizace vod (Boardman & Poesen, 2006).

Mechanismy vodní eroze půdy jsou známy. Základní faktory určující dlouhodobou ztrátu půdy vodní erozí byly popsány například rovnicí USLE (Wischmeier & Smith, 1965). Od ní odvozené modifikace dále umožňují pomocí počítačových modelů zjistit hodnotu dlouhodobé ztráty půdy. Tato metoda byla použita i v této práci.

Řešení vodní eroze spočívá v aplikaci takzvaných protierozních opatření. Ty mohou mít různou podobu. Mohou to být například příkopy, nádrže a meze, ale také opatření, jako je pásové střídání plodin, využívání meziplodin či bezorebné setí. Na většině zemědělských ploch v ČR však nebyla v minulosti aplikována žádná opatření bránící erozi (Janeček a kol. 2012).

Od 1.1. 2021 však platí pro ornou půdu v ČR podmínka standardu DZES 7d, jež omezuje maximální plochu souvislé plodiny na 30 ha. Dle tehdejšího (rok 2021) ministra zemědělství Miroslava Tomana, byla hodnota 30 ha určitým kompromisem, který bude nutné následně vyhodnotit.

V návaznosti na tuto skutečnost se tato práce zabývala vyhodnocením dopadů nastavení zmiňované maximální rozlohy dílů půdních bloků.

2. Cíle práce

Od 1. 1. 2022 platí dle tzv. standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy v ČR omezení pro pěstování souvislé plochy jedné plodiny na maximálně 30 ha (od r. 2021 i mimo erozně nejvíce ohrožené plochy). Hodnota 30 ha, byla přitom dle tehdejšího (rok 2021) ministra zemědělství Miroslava Tomana, zvolena s vědomým potřebou jejího dalšího vyhodnocení.

Cílem bakalářské práce je zjistit protierozní účinnost dělení půdních bloků pomocí erozních modelů a srovnat dlouhodobou průměrnou erozní ztrátu půdy při použití tří typů dělení uvedených v NV 48/2017 Sb., pro tři varianty maximální rozlohy monokultury o výměrách 25, 30 a 35 ha a dále porovnat a vyhodnotit účinnost těchto opatření.

Pro tuto práci byly zvoleny následující dílčí cíle:

- 1) Vypracovat v prostředí GIS návrh rozdělení půdních bloků do různých scénářů dle možných kombinací velikostí ploch monokultur a typů dělení.
- 2) Pomocí práce v erozním modelu vypracovat grafickou a číselnou reprezentaci ztrát půdy vodní erozí.
- 3) Vyhodnotit data získaná z erozního modelu, a to zejména s důrazem na zodpovězení následujících otázek:
 - Má rozdělení půdních bloků významný vliv na ztrátu půdy a o kolik se mění s narůstající velikostí PB ztráta půdy oproti původnímu scénáři?
 - Jaký typ rozdělení je z hlediska ochrany půdy před vodní erozí nejúčinnější, a o kolik se díky různým typům dělení sníží ztráta půdy oproti původnímu scénáři?
 - Při jakých kombinacích je dosaženo nejlepších výsledků z hlediska protierozní ochrany a o kolik se v průměru změní hodnoty pro jednotlivé scénáře?

3. Literární rešerše

3.1 Problematika eroze

Eroze půdy je proces ztráty půdy způsobený vnějšími faktory. Erozní proces se skládá ze tří částí, a to uvolnění částic půdy, transport těchto částic, a jejich usazování (Boardman & Poesen, 2006; Boakye a kol. 2020). Eroze se týká všech půd, ale v této práci je řešena pouze eroze na zemědělských plochách.

Samotná eroze je proces přirozený, postupným působením vnějších vlivů je půda odnášena do moří a oceánů. Tento proces je však v přírodě velmi pomalý (Boardman & Poesen, 2006). Půda je sice přirozenými procesy obnovována, ale jde také o velmi pomalý proces. Průměrně takto přibude asi 0.1 mm za rok (Zachar 1982). Proto je třeba půdu chápat jako neobnovitelný přírodní zdroj (Boardman & Poesen, 2006).

Vlivem antropogenních faktorů, jako je odlesnění a změna rozsáhlých ploch na zemědělskou půdu, však dochází k takzvané zrychlené erozi. Při tomto jevu je půda ze zasažených ploch odnášena mnohem rychleji (Boardman & Poesen, 2006). A to až takovou rychlostí, že jsou změny zřejmé i v měřítku jednoho lidského života (Mašát a kol. 2002). Vznik erozních událostí je pak důkazem nevhodného aktuálního hospodaření na daném místě (Wen a Deng, 2020).

Odnášena je zejména vrchní vrstva zeminy – ornice, a jemné částičky půdy (Janeček a kol. 2012; Meliho a kol. 2019). To může vést k degradaci půdy, tedy zhoršení až ztrátě jejích funkcí. A to jak mimoprodukčních, tak produkčních. Funkcemi půdy jsou například produkce potravin, ekologická funkce, infiltrace a čištění vody a další (Boardman & Poesen, 2006). Ztráta schopnosti půdy zasakovat vodu, může navíc dále zvyšovat povrchový odtok při deštích a tím dále zhoršovat dopady vodní eroze (Boardman & Poesen, 2006). I půda, která není odnesena, je však znehodnocena, protože se z důvodu odnosu jemných částic stává více štěrkovitou a tím i méně produkční (Janeček a kol. 2012).

Dalším nepříznivým faktorem, k níž přispívá člověk, může být klimatická změna. Ta sebou přináší extrémní projevy počasí, jako přívalové deště, které napomáhají vodní erozi a díky velkým úhrnům v krátkém čase mohou způsobit velké ztráty půdy na nechráněných plochách (Hulme a kol. 2002). Dlouhá období sucha naopak půdu nadměrně vysušují a zvyšují tím její náchylnost k větrné erozi. (Janeček a kol. 2012).

3.2 Druhy eroze

Ke ztrátě půdy dochází v důsledku působení vnějších podmínek, dle nichž různí autoři rozlišují typy eroze. Zmiňují například následující typy eroze:

Větrná eroze – eroze způsobená unášením drobných částic půdy větrem. Současné metody jejího měření pracují pouze s erozí na lehčích typech půd, jelikož existuje předpoklad, že na půdách s vyšším obsahem jílnatých částic se větrná eroze nevyskytuje (Janeček a kol. 2012).

Eroze při sklizni plodin – jedná například o ztráty půdy zachycené na sklizené rostlině a podobně. Tato eroze je patrná zejména u některých typů plodin a může na rovinatých plochách tvořit většinu ztrát půdy způsobených erozí (Boardman & Poesen, 2006).

Vodní eroze – je erozní danou povrchovým odtokem, tedy v případech, kdy infiltrační schopnost půdy nestačí ke vsaku veškeré vody dopadající při dešti na plochu a voda z povrchu odtéká (Boardman & Poesen, 2006). Proto ke vzniku erozních událostí dochází nejčastěji v květnu a červnu v souvislosti s letními přívalovými dešti (Žížala, 2021). V Evropě je vodní eroze hlavní příčinou ztráty půdy, za ní je potom eroze větrná (Boardman & Poesen, 2006). Tato práce i nastavení podmínek DZES se věnují primárně tomuto druhu eroze. Morgan (2005) ji dále dělí dle postupu vody po svahu směrem do údolí na:

- Plošnou erozi – způsobenou povrchovým odtokem rovnoměrně po celé ploše PB
- Rýhovou erozi – působící na PB v místech, kde se již koncentruje povrchový odtok a vytváří typické rýhy na obdělávané půdě
- Výmolovou erozi – působící ve stržích a příkopech, kam stéká voda z půdního bloku

Vodní eroze z tání sněhu – někdy je uváděna, např. (Janeček a kol. 2012), zvláště specifickou kategorií vodní eroze, vyskytující se při tání sněhu. V této době je totiž půda obvykle holá, což přispívá k vodní erozi (De Ploey, 1989).

Eroze z obdělávání půdy – eroze způsobená každoročním zaplňováním erozních rýh, a jejich opětovným vymíláním. Tato eroze tedy urychluje proces rýhové vodní eroze (Poesen a kol. 2003).

Závěrem je třeba zdůraznit, že na jedno místo často působí hned několik erozních procesů (Boardman & Poesen, 2006).

3.3 Historické souvislosti a současná situace eroze půdy v ČR

K odlesňování a přeměně ploch na zemědělskou půdu na území střední Evropy dochází již od neolitu. K zásadnímu nárůstu eroze půdy na našem území nicméně poprvé dochází až v období středověké kolonizace, kdy dochází k odlesňování ve svažitém terénu a tím odkrývání erozně náchylných ploch. Později dochází k dalšímu nárůstu v letech 1750-1850 v důsledku přechodu od trojpolního systému na střídání plodin na konci malé doby ledové. K výraznému zrychlení erozního procesu došlo po roce 1948 v důsledku socialistické politiky intenzifikace zemědělské výroby a kolektivizace půdy doprovázené scelováním půdních bloků (Boardman & Poesen, 2006). Z těchto důvodů vymizela z krajiny celá řada drobných prvků, jako například malé vodní plochy a mokřady, remízky, příkopy a další (Sklenička, 2002). Ty poskytovali nejen stanoviště mnoha druhů, ale jejich vymizení v kombinaci s realizací nevhodných vodohospodářských opatření (napřímení a opevnění či rovnou zahloubení koryt vodních toků) a odvodnění zemědělské půdy drenáží, omezilo a stále omezuje retenční a akumulační schopnosti území (Vopravil a kol. 2010).

Dalšími dopady byl například převod některých zatravněných ploch ve svazích na zemědělskou půdu, snížení infiltrační schopnosti půdy jejím utužením v důsledku používání těžké techniky nebo používání nevhodných metod obdělávání půdy, například sázení plodin v širokých řádcích s absencí půdoochranných technologií (Boardman & Poesen, 2006). Další intenzifikace zemědělství a s ní související problémy, přišly vlivem dřívější společné zemědělské politiky EU (Berendse a kol. 2004)

V současné době je v ČR 50 % zemědělské půdy ohroženo vodní erozí (Janeček a kol. 2012), a téměř čtvrtina erozí větrnou (VÚMOP, ©2020). Na většině těchto ploch nejsou aplikována žádná opatření bránící postupující erozi. Zmenšení souvislých obdělávaných ploch a celkový přechod k šetrnějšímu hospodaření očekávaný po sametové revoluci nenastal (Janeček a kol. 2012). Zřejmě i proto, že půdu často obhospodařuje nájemce a nikoli její vlastník. Přitom studie jasně ukázaly, že existuje významný vztah mezi vlastnictvím půdy, a mírou eroze (McEvoy a kol. 2020; Avakoudjo a kol. 2020). Konkrétně například to, že přibližně jen 10 % opakovaných erozních událostí se děje na zemědělských pozemcích, kde je hospodařící subjekt zároveň vlastníkem pozemku, zatímco 90 % těchto událostí se děje na pozemcích pronajatých (Sklenička a kol. 2022). Zároveň má Česká republika největší průměrnou velikost bloků orné půdy v EU (Knápek a kol. 2020). Nejpodstatnějším aplikovaným opatřením proti erozi tak dnes zůstává realizace prvků z plánu společných zařízení v rámci pozemkových úprav. Odpovídající opatření na ochranu půdy a vody však není možné do důsledku pomocí tohoto právního předpisu vynutit (Janeček a kol. 2012).

3.4 Důsledky a ekonomika ztrát půdy

Negativní efekty eroze půdy se dají rozdělit do dvou základních typů (Boardman & Poesen, 2006). Na vlastní škody zemědělci, které mu vznikají na jeho půdě, čímž dochází ke snížení její produkce a hodnoty, a na škody externí, kdy je kvůli vodní erozi nepříznivě ovlivněno okolí erodovaných pozemků.

Vlastní škody zemědělci jsou negativními dopady jak na produkční, tak mimoprodukční funkce jeho půdy. Mezi ty patří například ochuzování zemědělské půdy o její vrchní nejúrodnější část, čímž je v půdě snižován obsah živin a humusu. Dále dochází ke zmenšování mocnosti půdního profilu, čímž kromě ztrát půdy dochází také ke snižování také její infiltrační schopnosti půdy. Dále se zvyšuje štěrkovitost půd, čímž se dále snižuje jejich úrodnost. Spolu s odplavenou půdou dochází také ke ztrátám hnojiv a přípravků na ochranu rostlin, které jsou dále odnášeny na místa kde neměli být nikdy aplikovány. V případě větrné eroze jde pak v rámci těchto škod primárně o poškozování právě klíčících rostlin (Janeček a kol. 2012).

Zemědělci však přesto tyto škody často přehlížejí. Jak zmiňuje (McConnell, 1983), farmáři narozdíl od ekonomických předpokladů chování na správně fungujícím trhu, upřednostňují vlastní aktuální zisk, před dlouhodobými ztrátami způsobenými nedostatečnou ochranou půdy.

K jednoduchému vyčíslení těchto škod lze dle na územích, kde byla provedena aktualizace BPEJ, použít rozdíl oproti původnímu stavu dle průzkumu půd, provedeného 70. letech 20. století (Mašát a kol. 2002). Jako příklad autor dále uvádí svažitý půdní blok v katastrálním území Hustopeče s výměrou 34,3 ha. Při zachování půdních poměrů by jeho hodnota mohla být 4 540 tis. Kč. Po aktualizaci BPEJ v r. 2009 už by však jeho hodnota byla pouze 3 092 tis. Kč. Za 31 let se tedy jeho hodnota snížila o téměř 32 % oproti původní hodnotě.

Takto stanovené ceny ornice však stále nestačí k posouzení škod na půdě, jelikož půdu musíme chápat jako neobnovitelný přírodní zdroj a při velmi intenzivní erozi může dojít k její nenávratné ztrátě (Barbier, 1995).

Externí škody způsobené erozí jsou z ekonomického hlediska negativní externalitou, a proto je není snadné ekonomicky vyčíslit. Zároveň je trh neřeší a musí být řešeny státem, často z veřejných rozpočtů. Mezi jejich dopady patří například zanášení vodních nádrží, znečištění povrchových vod a vyvolávání bahnitých záplav způsobujících mnohamilionové škody v intravilánech obcí. V případě větrné eroze pak jde například o znečišťování ovzduší částicemi půdy a dalších látek z polí (Janeček a kol. 2012).

Například v případě nádrží na vodních tocích je eroze půdy hlavní příčinou jejich zanášení (Tundu a kol. 2018; Paszkowski a kol. 2021). 80-90% půdy splavené z polí je takto usazeno v nádržích a nedoteče tak do moře (Boardman & Poesen, 2006). Pro vyčíslení těchto škod je pak nejrozšířenější metoda vyčíslení nákladů na odstranění škod (Winpenny, 1991). Dále jsou tu ovšem škody na životním prostředí. Ty se však oceňují jen velmi obtížně (Janeček a kol. 2012).

Jednou z těchto škod je například výše zmíněné znečištění povrchových vod, zejména pak eutrofizace ve vodních tocích a nádržích. Zejména fosfor, jenž je součástí hnojiv, pokud je splachovaný z polí hraje klíčovou roli v eutrofizaci vod. Proti nim mohou fungovat jak opatření řešící přímo příčinu – například omezení hnojení, tak opatření tlumící následek – například odvedení vody do mokřadů či jiných prvků utlumujících efekt hnojiv. Právě opatření tlumící efekt externích dopadů eroze, například zachycování povodňových vln z bleskových záplav a podobně byla realizována v mnoha evropských zemích. Nicméně náklady na jejich vybudování, údržbu i jejich prostorová náročnost vedla postupně ke změně přístupu směrem k půdoochranným technologiím, řešícím přímo zdroj eroze půdy a tedy i těchto látek (Boardman & Poesen, 2006).

Obyvatelé obcí v údolí nemohou být nikdy zcela chráněni prostřednictvím stavění ochranných nádrží a že skutečné řešení problému se záplavami bahna tkví ve změně způsobu hospodaření na výše položených půdních blocích (Papy & Souchere, 1993).

Vzhledem ke zvyšující se frekvenci extrémních výkyvů počasí, jako jsou přívalové deště, bude v důsledku klimatické změny v budoucnu navíc riziko bahenních záplav stoupat (Hulme a kol. 2002).

3.5 Protierozní opatření

Opatření proti erozi jsou obvykle dělena na opatření organizační, technická a agrotechnická.

Organizačním opatřením je samotná volba pozemku pro obhospodařování. Například z hlediska tvaru pozemku, svažitosti a podobných charakteristik. Pro realizaci těchto opatření je předpokladem zájem ze strany hospodařících subjektů (Janeček a kol. 2012).

Technická opatření se obvykle navrhuje jako ochrana před ohrožením objektů pod obhospodařovaným svahem. Jejich cílem je přerušení povrchového odtoku a zadržení srážek. Dále poskytují také ekosystémovou funkci a mohou fungovat i v rámci systému ÚSES. Mezi tyto opatření patří například protierozní průlehy či příkopy, nádrže, meze či vytváření teras (Janeček a kol. 2012). Obvykle také vyžadují terénní úpravy a s nimi spojená stavební povolení. Z tohoto důvodu nemusí být dosažitelné ani s vůlí hospodařícího subjektu, pokud ten není zároveň majitelem obhospodařovaného pozemku. Zároveň jsou investičně i provozně nákladné. Často také neřeší přímo erozi, ale pouze zmírňují důsledky jako jsou bahenní záplavy (v originále „muddy floods“). Proto jsou samotná tato opatření často proti erozi jen málo účinná a slouží jen jako doplnění agrotechnických opatření (Morgan, 2005).

Agrotechnická opatření jsou opatření, která využívají efektu vegetačního pokryvu ke snížení eroze (Morgan, 2005). Jejich fungování je tedy založeno zejména na zkrácení času, kdy je půda bez vegetačního pokryvu. Liší se také v závislosti na pěstované plodině (Janeček a kol. 2012). Narozdíl od předchozích opatření jsou tato obvykle v možnostech hospodařícího subjektu a snadno se navazují na běžný hospodářský management. Jsou také méně nákladná než technická opatření a řeší přímo uvolnění částic obhospodařované půdy, a tedy příčinu eroze. Tomuto typu opatření je z těchto důvodů dáována přednost (Morgan, 2005). Příklady těchto opatření jsou využívání meziplodin či bezorebné setí.

3.6 Legislativa a Opatření nastavená v DZES

Od roku 2020 byl zaveden standard DZES 7d. Podmínky pro pěstování plodin byly stanoveny v příloze č. 2 k nařízení vlády č. 48/2017 Sb., o stanovení požadavků podle aktů a standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu pro oblasti pravidel podmíněnosti a důsledků jejich porušení pro poskytování některých zemědělských podpor (dále jen NV 48/2017 Sb.). Dle míry erozního ohrožení se půdy dělí na NEO – neohrožená půda, MEO – mírně erozně ohrožená půda a SEO – silně erozně ohrožená půda. Informace o erozní ohroženosti půdy na daném DPB (závazné pro plnění podmínek DZES) se zemědělci zobrazují v online systému identifikace zemědělských pozemků – LPIS (MZe, 2022). Od roku 2021 byly podmínky standardu rozšířeny na veškerou zemědělskou půdu, tzn. i mimo plochy silně erozně ohrožené půdy. Jednou z těchto podmínek bylo i omezení pěstování souvislé plochy jedné plodiny na více než 30 ha. Větší půdní bloky musely být rozděleny jedním z následujících způsobů:

- 1) Ochranným pásem hořčice, hrachu (a to včetně pelušky), jetele, komonice, pohanky, prosa, ředkve, svazenky, štírovníku, tolíce (a to včetně vojtěšky), vikve, kopru, koriandru, lne, řeřichy, trav z čeledi lipnicovité s výjimkou obilnin, nebo směsi výše uvedených plodin o šířce minimálně 22 m.
- 2) Pásem jiné plodiny, o šířce minimálně 110 m.
- 3) Na plochy různých plodin po maximálně 30 ha.

K tomu byla zavedena technická tolerance 10 %, to znamená, že porušení by bylo hodnoceno až od 33 ha (MZe, 2020).

V roce 2021 poté došlo nařízením vlády č. 177/2021 Sb. ke změně NV č. 48/2017 Sb. čímž došlo k začlenění podmínky omezující maximální plochu jedné plodiny do DZES 5 pod písmeno g, a DZES 7d byl zrušen.

V roce 2023 vyšlo v platnost další nařízení vlády, č. 73/2023 Sb. o stanovení pravidel podmíněnosti plateb zemědělcům. To v příloze č. 7 definuje standard DZES 7b, kam začlenilo podmínku o maximální výměře plodiny. Dále podmínku zpřísnilo na 10 ha na silně erozně ohrožených plochách. Podle tohoto, zatím nejnovějšího nařízení tedy platí, že od 1. června do 31. srpna se na orné půdě zemědělců žádajících o dotace, nevyskytne plocha jedné plodiny na výměře vyšší než 30 hektarů. Pokud se jedná o silně erozně ohroženou plochu tak tato podmínka platí již od 10 ha. Mimo příslušných výjimek, uvedených v nařízení. K možnostem rozdělení plochy monokultury jsou zde přidány ještě další možnosti, například rozdělení krajinným prvkem či pásy podle půdoochranné technologie pásové střídání plodin (MZe, 2021). V této práci však byly použity pouze 3 možnosti dělení z původního NV 48/2017 Sb., při dodržení předepsané 10% tolerance.

3.7 Modelování eroze

Erozní modely rozdělujeme na 2 základní typy: simulační (fyzikální) modely a empirické (USLE) (Janeček a kol. 2012). Někteří autoři, například (Morgan, 2005), k nim ještě doplňují fyzické a případně stochastické.

3.7.1 Fyzický model

Jedná se o modelování erozního procesu na fyzickém modelu ve zmenšeném měřítku v laboratorních podmínkách. U těchto modelů je třeba klást důraz na naplnění podmínek odpovídajících reálné situaci (Morgan, 2005).

3.7.2 Simulace na fyzikálně založeném modelu

Jedná se o počítačové modelování erozního procesu simulací unášení částic půdy založeném na matematickém popisu fyzikálních procesů. Tyto modely simulují jak plošnou erozi, tak erozi způsobenou soustředěným odtokem (rýhovou a výmolovou). Dále může být simulován i proces ukládání uvolněných částic půdy (sedimentace) (Janeček a kol. 2012).

3.7.3 Empirické modely (USLE – Univerzální rovnice ztráty půdy)

Tyto modely jsou založeny na základě zjištění statisticky významných vztahů mezi předpokládanými důležitými proměnnými. (Morgan, 2005) Výpočet probíhá pomocí různých období univerzální rovnice ztráty půdy – USLE, viz rovnice 1. Tato metoda modelování byla použita v této práci.

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

Rovnice 1, USLE – rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy z 1 ha PB, pomocí dosazení hodnot jednotlivých erozních faktorů.

Význam jednotlivých faktorů (Morgan, 2005):

G je množství odnesené půdy v t / ha / rok a vznikne vynásobením jednotlivých hodnot dosazených pro faktory významně ovlivňující erozi.

R – vyjadřuje energii a tím erozivitu deště a vychází z dlouhodobých srážkových dat naměřených pro dané území.

K – vyjadřuje náchylnost půdy k erozi. Je definovaný jako roční ztráta půdy na jednotku faktoru R na tzv. standardním pozemku. Standardní pozemek je 22,13 m dlouhý pozemek s povrchem holé, zorané půdy, se sklonem 5°. Charakteristiku půdy v ČR lze odvodit například z BPEJ.

L a S – jsou faktory vyjadřující délku (L) a sklon svahu (S). Jsou kombinovány do jedné hodnoty LS, která vyjadřuje rozdíl, proti standardnímu pozemku, kdy při délce 22m a sklonu 5° je hodnota LS rovna 1.

C – je faktor vyjadřující poměr ztrát půdy při pěstování dané plodiny a ztráty půdy z pozemku na kterém je úhor.

P – je faktor vyjadřující vliv protierozních opatření. Tedy poměr ztrát půdy při aplikování protierozních opatření oproti ztrátám půdy z pozemku, kde aplikována nejsou. Pokud nejsou opatření aplikována, hodnota tohoto faktoru je 1.

3.7.4 Revidovaná USLE – RUSLE

Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy představuje vylepšení původní rovnice USLE, kterou zároveň zbavuje některých limitací. Byl zde upraven výpočet erozních faktorů. Rovnice RUSLE by tak měla poskytovat přesnější výsledky, a navíc by měla být použitelná i pro jiné plochy, než je zemědělská půda (Renard a kol. 1996). Nicméně existují i další modifikace rovnice USLE.

3.7.5 Využití v erozních modelech – modelování v Atlas DMT

V erozním modelu Atlas DMT, založeném taktéž na empirické metodě výpočtu dlouhodobé ztráty půdy USLE, se pomocí kombinace různých vrstev odpovídajících jednotlivým faktorům či poskytujících další potřebné informace (např. vrstva erozně uzavřených celků – EUC, simulujících hranice mikro-povodí, tedy oblast s uzavřeným erozním koloběhem: uvolnění → transport → sedimentace → znovu-uvolnění...), z těchto dat vytvoří erozní model, ze kterého je následně vypočtena průměrná roční ztráta půdy – G. Pomocí modifikace těchto vrstev – zde konkrétně vrstvy obsahující C faktor, například v Arc-GIS, je možné simulovat změnu zemědělské plodiny na části PB. Tím je možné dosáhnout představy o různých scénářích vývoje při realizaci určitých opatření, zde právě omezení velikosti DPB.

4. Metodika

V této práci bylo zpracovááno 6 půdních bloků (dále PB). Tyto bloky jsou rozprostřeny po celém území ČR a byly vybrány ze série PB zpracovávaných v rámci výzkumného projektu QK21020243 „Racionální rozloha osevů na půdních blocích v rámci nastavení podmínek DZES pro podporu udržitelného hospodaření v ČR“ v rámci Programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství – ZEMĚ, jehož je tato práce součástí. U těchto PB bylo cílem zjistit hodnotu jejich erozního smyvu, a to jaký vliv na něj mají 2 základní úpravy hospodaření na PB. Prvním faktorem byla velikost PB, respektive plochy jedné souvislé plodiny. Pro tuto práci byly zadány velikosti dílů půdních bloků (dále jen DPB) 25, 30 a 35 ha. Druhou základní úpravou hospodaření na PB byl způsob střídání různých plodin tak, aby byl PB rozdělen na DPB s danou plodinou o příslušných výměrách. Z doporučení DZES pro rozdělení pozemků byly vybrány, a pro tuto práci zadány, následující varianty dělení pozemků s výměrou nad 30 ha:

Varianta 1 - označená dále v práci také jako „del“, byla varianta dělení, při níž byly na půdním bloku pěstovány dvě plodiny. Hlavní plodina, která je erozně náchylnější, zde byla střídána s méně erozně náchylnou (tzv. protierozní) plodinou. Plochy DPB obou plodin přitom byly stejně velké. Dle příslušných velikostí buďto vždy 25, 30 nebo 35 ha.

Varianta 2 - označená dále v práci také jako „pas“. V této variantě byla na PB pěstována pouze hlavní, erozně náchylnější, plodina v dílech příslušné velikosti. Tyto díly byly od sebe odděleny travním pásem o šíři 22 m, tedy přibližně jako záběr ramena zemědělské techniky.

Varianta 3 - označená dále v práci také jako „110“. Při tomto typu dělení, byla na půdním bloku pěstována erozně náchylnější plodina v dílech příslušné velikosti. Tyto díly byly od sebe odděleny pásem erozně méně náchylné plodiny o šíři 110 m.

Z kombinací těchto tří variant dělení a tří velikostí dílů půdního bloku tedy vyloučily jednotlivé scénáře:

S1 – střídání dvou plodin po 25 ha

S2 – střídání dvou plodin po 30 ha

S3 – střídání dvou plodin po 35 ha

S4 – oddělení DPB hlavní plodiny pomocí travních pásů o šíři 22 m, při velikosti DPB 25 ha

S5 – oddělení DPB hlavní plodiny pomocí travních pásů o šíři 22 m, při velikosti DPB 30 ha

S6 – oddělení DPB hlavní plodiny pomocí travních pásů o šíři 22 m, při velikosti DPB 35 ha

S7 – rozdělení hlavní plodiny pomocí pásů protierozní plodiny o šíři 110 m, při velikosti DPB 25 ha

S8 – rozdělení hlavní plodiny pomocí pásů protierozní plodiny o šíři 110 m, při velikosti DPB 30 ha

S9 – rozdělení hlavní plodiny pomocí pásů protierozní plodiny o šíři 110 m, při velikosti DPB 35 ha

S0 – byla „nulová“ varianta, tedy scénář, při kterém by k rozdělení PB nedošlo, a půdní blok zůstal zcela pokryt hlavní plodinou bez přerušení. Tento scénář sloužil k porovnání ztráty půdy a zjištění účinku změny hospodaření na PB.

Postup vycházel z univerzální rovnice pro ztrátu půdy – USLE (Rovnice 1 – viz výše – kapitola o modelování vodní eroze)

Jedná se o empirický model pro výpočet ztráty půdy, jež je zde počítána z následujících vstupních faktorů:

K – faktor vyjadřující náchylnost půdy k erozi, ten bylo možné odvodit z kódu BPEJ

C – je faktor vyjadřující vliv vegetačního pokryvu na erozi, právě ten je ovlivněn při změně v hospodaření na půdním bloku, tedy v tomto případě dle použitého scénáře

Pro hlavní plodinu byla použita hodnota C faktoru 0,241, pro protierozní plodinu 0,1 a pro plochu pokrytou travními pásy hodnota 0,005.

Příprava těchto podkladových vrstev pro erozní model, pro tyto dva faktory, proběhla v prostředí softwaru GIS.

Též zde byla vektorizací vytvořena vrstva EUC – erozně uzavřených celků, tedy ploch, na kterých lokálně probíhá celý erozní proces – tzn. uvolnění částic půdy, transport částic, i jejich usazování. Tato vrstva je nutná ke zpracování dat v erozním modelu a není jinak distribuovaná ve vektorovém formátu.

R – faktor vyjadřující erozní účinek deště, pro tuto práci byla použita hodnota 40, jakožto průměrná hodnota pro Českou republiku

LS – je sdružený faktor definující terénní podmínky na PB, tedy sklon a délku svahu, jeho hodnota byla získána z výškopisných dat

P – je faktor vlivu protierozních opatření, v této práci nebyl použit (jeho hodnota byla tedy 1 a tudíž neměl vliv na výslednou ztrátu půdy)

Tyto faktory byly nastaveny pro výpočet v prostředí protierozního modelu.

Tento postup, včetně hodnot pro jednotlivé faktory byl pro tuto práci zadán.

Jako erozní model byl vzhledem k dostupným studentským licencím na ČZU použit software geografického informačního systému ArcGIS Pro od společnosti ESRI. Pro modelování erozního smyvu byl vzhledem k dostupným licencím použit software Atlas DMT (Atlas s.r.o. a kol. ©2014).

Zpracovávané půdní bloky:

příslušná ORP	LPIS kód	svažitost (°)	výměra (ha)
Valašské Meziříčí	0102/13	4,61	85,6
Uherské Hradiště	8501/3	4,71	106,57
Turnov	8901/1	4,76	82,57
Kroměříž	1203/1	5,61	104,97
Vyškov	1802	5,94	87,35
Vyškov	1801/6	6,35	105,11

Tabulka 1, Zpracovávané půdní bloky – přehled PB zpracovávaných v této práci se základními údaji o nich.

4.1 Postup práce v ArcGIS Pro:

Do nově založeného projektu byla přidána podkladová satelitní vrstva mapy. Pro začátek byl vybrán první PB (postup práce se analogicky opakoval pro každý PB). Skrze portál <https://eagri.cz/ssl/nosso-app/DataKeStazeni/KatastralniUzemi> bylo zadáním kódu PB možné zjistit KÚ, ve kterém půdní blok leží.

Na webu Monitoring eroze (<https://me.vumop.cz>), který provozuje Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., je možné najít příslušné katastrální území, a na mapě příslušný PB. Zde bylo třeba zobrazit vrstvu erozně uzavřených celků (EUC) viz obrázek 16. Následně byl vytvořen snímek obrazovky, který následně sloužil k vektorizaci hranic EUC v programu ARC-GIS. Pořízený snímek obrazovky s hranicemi EUC byl vložen do programu ARC-GIS. Pomocí příslušného nástroje *georeference* bylo provedeno georeferencování obrázku na příslušné místo v mapě. Pro zvýšení přesnosti bylo použito katastrálních hranic. K tomu byla použita WMS vrstva hranic správní jednotky, dostupná jako online služba ČÚZK.



Obrázek 16, Příklad snímku obrazovky s EUC – zobrazení vrstvy EUC na webovém portálu Monitoring eroze (<https://me.vumop.cz>), příklad na PB 8501/3. Pomocí takového snímku bylo možné provést vektorizaci hranic EUC v ArcGIS Pro.

Byla vytvořena nová polygonová vrstva pro vektorizaci. Pomocí nástroje *create* byly vektorizovány hranice všech erozně uzavřených celků, které zasahovaly na příslušný PB. Pokud dva EUC sdílely hranici, byla použita funkce *trace*, aby vektorizované polygony navazovaly. Dále byly zohledněny případné překážky povrchového odtoku, které bylo možno rozeznat na satelitní mapě, a které nebyly v rámci hranic EUC z portálu monitoringu eroze zohledněny.

Tento postup byl zopakován pro každý půdní blok, přičemž pro každý byla vytvořena nová vrstva. Následně byly vytvořeny kopie všech těchto nově vytvořených vrstev (dále nazývány vrstvy EUC). Tyto kopie nyní byly připraveny pro pozdější použití v prostředí erozního modelu.

V dalším kroku bylo třeba k vrstvám EUC přidat informace o vlastnostech půd – tedy kód BPEJ. Vrstva Bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ) pro celou ČR je k dispozici ke stažení na internetových stránkách Státního pozemkového úřadu: <https://geoportal.spucr.cz/web/cz/bpej-open-data#bpej-stazeni>.

Odtud stažená SHP vrstva BPEJ, byla nahrána do programu ARC-GIS. Z důvodu úspory systémových prostředků při pozdější práci v prostředí erozního modelu, byla celorepubliková vrstva BPEJ oříznuta pomocí nástroje *clip*, tvarem jednotlivých vrstev EUC. Tím byla získána vrstva BPEJ jako podklad pro každou EUC vrstvu jednotlivě.

Tato práce byla zopakována pro každý PB, tak aby byly pro každý půdní blok dva soubory SHP (vrstvy). Soubor s vektorizovanými EUC, a soubor s daty BPEJ. Dále již bylo možno se přesunout k dělení půdních bloků.

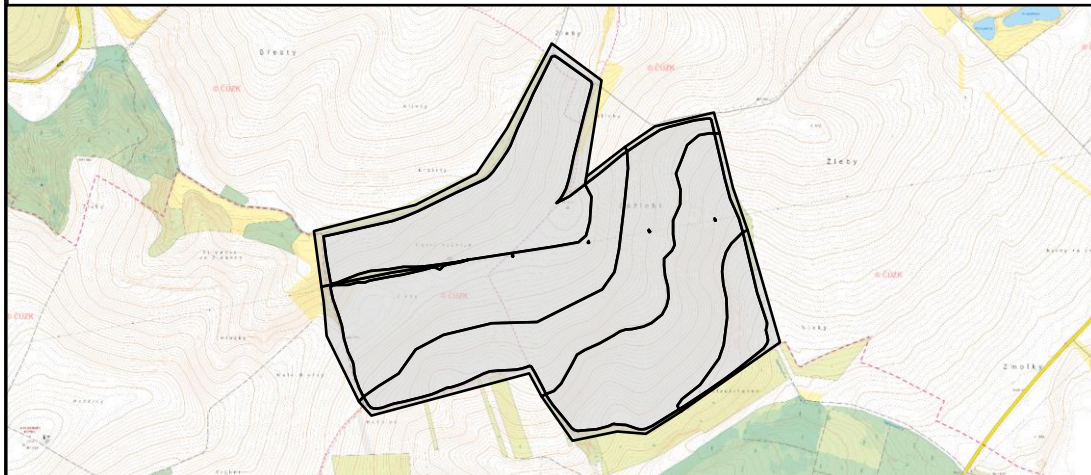
Byla použita vrstva PB_2022, která byla pro tuto práci zadána. V ní byly obsaženy polygony jednotlivých zpracovávaných půdních bloků. Každý PB byl z této vrstvy vyexportován jako samostatná vrstva (dále nazývány jako vrstvy PB).

Pro každou tuto vrstvu bylo zpracovááno 10 scénářů osazení, bylo tedy vytvořeno 9 nových kopií těchto vrstev a původní soubor byl ponechán jako nulová varianta scénáře. Soubory byly označovány číslem půdního bloku, velikostí v ha a typem dělení („pas“ pro 22 m široký travní pás, „del“ pro rovnoměrné střídání více a méně erozně náchylné plodiny a „110“ pro 110 m široký pás méně erozně náchylné plodiny).

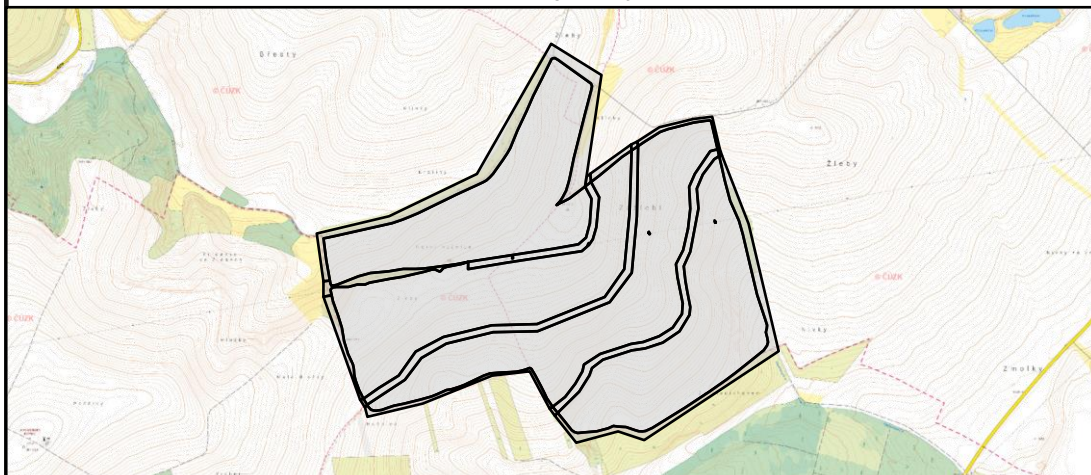
Dále byly půdní bloky děleny pro každý scénář, a k jednotlivým DPB byl přiřazován C faktor příslušné plodiny či travního pásu. Bylo postupováno následovně:

Jako podklad byla použita mapa obsahující vrstevnice. Pomocí ní byly zjištěny terénní poměry na řešeném půdním bloku. Dělení bylo započato v horní části PB a postupováno bylo od shora směrem po svahu dolů. Pokud to bylo možné, byla při dělení snaha držet se vrstevnic tak, aby předěl probíhal co nejvíce po vrstevnici. Zároveň však bylo nutné snažit se o zachování celistvosti DPB tak, aby jednotlivé plochy plodin bylo snadné obhospodařovat. Dalším cílem byla snaha dosáhnout pro daný typ dělení (110 m / 22 m / dělení) zachování podobnosti tvarů dílů při jejich různých velikostech. K odhadu velikostí DPB se postupovalo pomocí nástroje *measure*, k dělení polygonů poté pomocí nástroje *cut polygon*. Po následném zpřesňování bylo dosaženo splnění tolerance $\pm 0,5$ ha u velikosti DPB a u střídání pomocí pásů ± 2 m u šířky pásů.

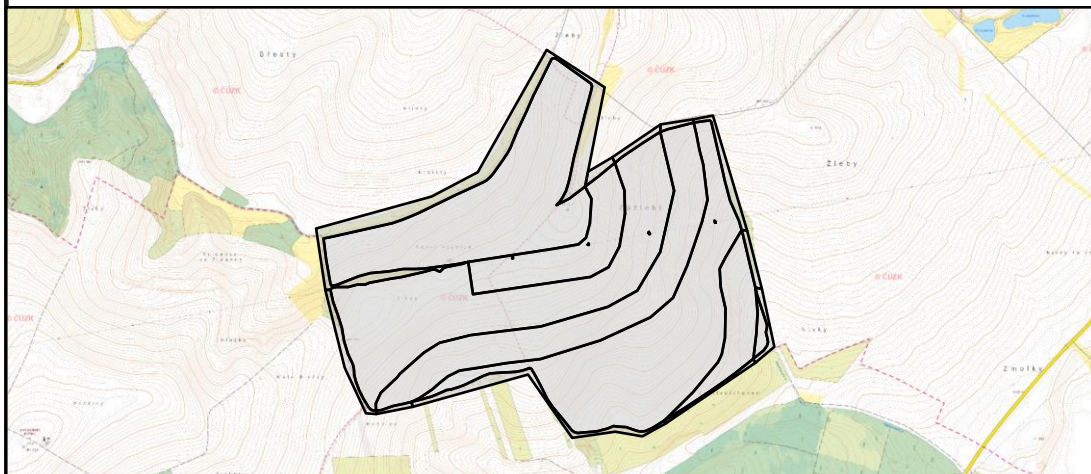
Jednotlivé varianty dělení



Varianta 1 - střídání dvou plodin o stejné výměře



Varianta 2 - rozdělení travním pásem o šíři 22 m



Varianta 3 - rozdělení pásem erozně méně náchylné plodiny širokým 110 m

Obrázek 17, Přehled jednotlivých variant dělení PB (1:25 000) – ukázka variant dělení na PB 8501/3 při 25 ha (zde již s hotovým rozšířením na EUC – viz další krok postupu).
(Podkladová mapa: © ČÚZK – Prohlížeč služba WMS pro Základní topografickou mapu ČR 1:5 000)

Určení C faktoru jednotlivých dílů (polygonů), bylo provedeno vepisováním do atributové tabulky, do k tomuto účelu vytvořeného sloupce C faktor. Vždy se začínalo s erozně více náchylnou plodinou na horní části svahu. Dále byly střídány díly postupně směrem po svahu dolů. Poslední díl tedy téměř vždy vyšel menší. Dále byl v atributové tabulce vytvořen sloupec plocha_ha a do něj pomocí automatické funkce *calculate field* vložena velikost polygonu v hektarech.

Jelikož plocha vrstvy EUC byla díky přesahům větší než plocha vrstvy PB, bylo pro správné fungování v prostředí Atlas DMT nutné plochu PB o tyto přesahy rozšířit, a to i s promítnutím dělení PB na díly s různou hodnotou C faktoru. (Atlas totiž primárně pracuje v rámci EUC, nikoliv v rámci administrativních hranic PB. Pro potřeby výzkumného projektu QK21020243 byly výstupy z modelu Atlas v rozsahu EUC oříznuty na velikost samotných PB. Ovšem tento krok již nebyl zahrnut do této bakalářské práce. Vynechání tohoto kroku nemělo zásadní vliv na pilotní posouzení rozdílů mezi protierozní účinností jednotlivých scénářů.)

Bylo tedy postupováno tak, že ke každému EUC přesahu byl vytvořen nový polygon vrstvy PB, s hodnotami C faktoru, odpovídajícími příslušnému sousedícímu DPB. Pokud byl přesah EUC přes více DPB, bylo nutné udělat těchto nových polygonů více. V tomto případě bylo jejich rozhraní vedeno ve směru pokračujícím dle předchozí linie dělení PB, již bez ohledu na velikost výsledných dílů. Pro přesné napojení hran všech polygonů byla použita funkce *auto complete polygon*. Na vnější straně bylo rozšiřováno s mírným přesahem přes vrstvu EUC.

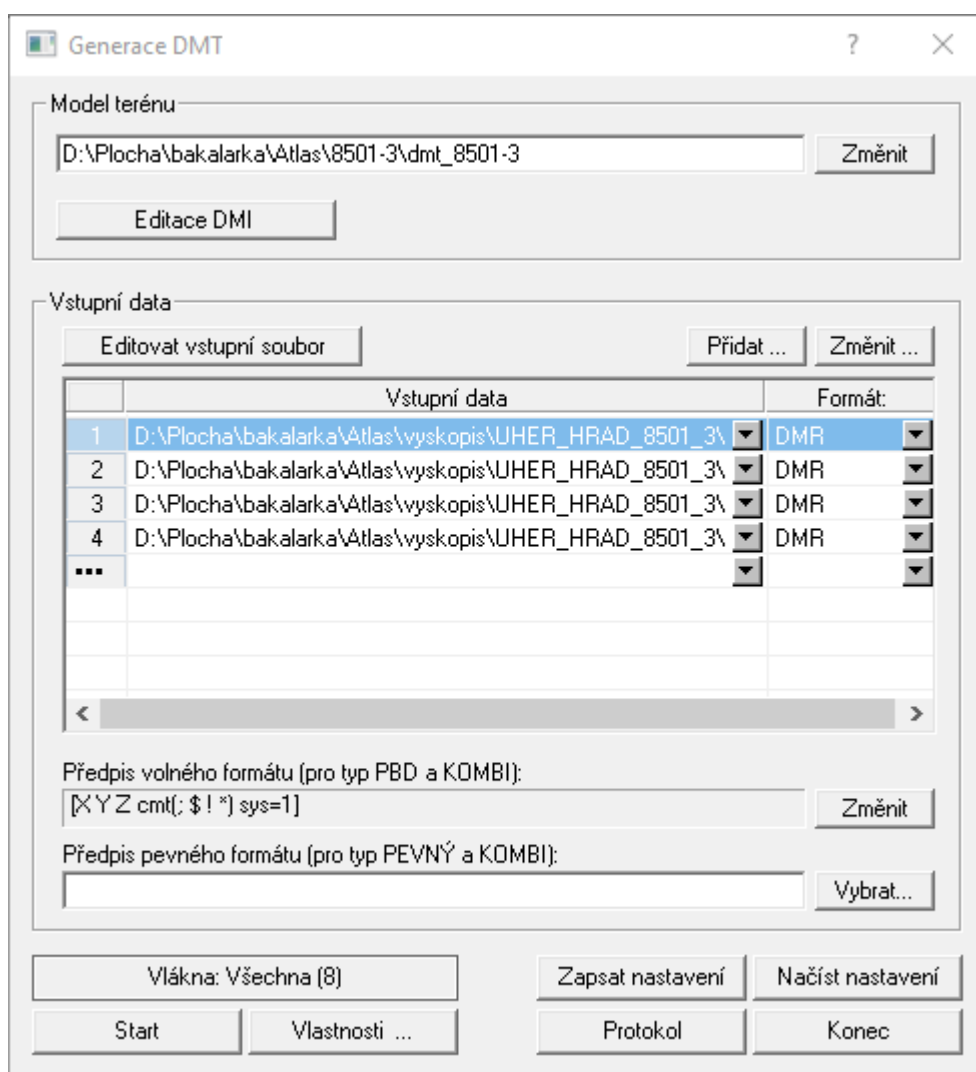


Obrázek 18, Rozšíření o EUC – příklad rozšíření pomocí přesahu s promítnutím dělení PB pomocí travních pásů. (podkladový obrázek: screenshot z portálu Monitoring eroze, neprůhledná vrstva vespod: vektorizovaná vrstva EUC, nahoře: rozšiřovaná vrstva PB 8501/3) Jelikož zde byly obě vrstvy téměř identické, byl volen jen minimální přesah, aby bylo zajištěno, že vrstva EUC nezbude v žádném místě nepokryta vrstvou PB.

Tím byly získány potřebné soubory ke každému ze šesti PB pro všech 10 scénářů. Dále již bylo možné se přesunout do prostředí erozního modelu Atlas DMT.

4.2 Postup práce v Atlas DMT:

Pro každý PB byl vždy založen nový projekt v Atlas DMT, celkem tedy byla tato práce v modelu Atlas opakována šestkrát. Při zakládání nového projektu bylo voleno rozložení A0 na šířku, ostatní možnosti byly ponechány nezměněné. Skrze záložku *DMT – operace s modelem – generace modelu terénu*, bylo otevřeno dialogové okno pro generování modelu terénu. Jako vstupní data byl použit soubor s výškopisem pro daný půdní blok. Tyto soubory byly pro tuto práci zadané. Dále zde byl upraven přepis volného formátu, odkud byl odstraněn parametr *Name*. U všech souborů byl nastaven formát na DMR, a počet vláken procesoru na maximální hodnotu. Po kliknutí na tlačítko *Start* a potvrzení, že se má smazat první řádek v souboru, byl vygenerován nový model terénu. Dále bylo možno zobrazil papír pomocí voleb *DMT – vložit model terénu – založit i s půdorysem*. Na něj se umístil právě vytvořený soubor s modelem terénu.



Obrázek 19, Nastavení konfigurace pro generování modelu terénu – příklad nastavení hodnot ve formuláři pro vygenerování DMT z výškopisných dat.

Dále bylo třeba určit území, na kterém se bude erozní smyv počítat. Skrze volby *Eroze – erozně hodnocená plocha – import polygonů SHP*, byl vložen dříve vytvořený SHP soubor s vrstvou EUC. Dále byl zrušen výběr položky pojmenování podle sloupce.

V dalším kroku byla přidána informace o vlastnostech půdy skrze SHP soubor s BPEJ (záložka *Eroze – K faktor – Import polygonů SHP*). Bylo nastaveno, že ve sloupci BPEJ, se nachází hodnota kódu BPEJ.

Další postup se opakoval pro každý scénář v rámci v tu chvíli řešeného PB. Postup pro nastavení faktoru vegetačního pokryvu se lišil pro nulovou variantu scénáře. V záložce *Eroze – C faktor* byla zvolena možnost ručního zadání C faktoru a hodnota nastavena na 0,241. Pro ostatní varianty byl importován soubor SHP s DPB a nastaveným sloupcem C faktor v atributové tabulce – odkud se brala přímo hodnota C faktoru. Dále bylo opět nutno zrušit zatržení volby pojmenování podle sloupce.

Posledním krokem bylo nastavení hodnot v záložce *Eroze – vstupní parametry*, ty bylo nutné změnit pro každý scénář. R faktor byl nastaven na 40, tedy průměrnou hodnotu erozivity deště pro ČR. Hodnota přípustné ztráty půdy byla nastavena na 4 tuny z hektaru za rok. Dále bylo nutné pro každý scénář nastavit nové pojmenování výstupní složky, aby se vygenerované soubory nepřepsaly. Byla také zaškrtnuta volba pro použití *neoficiální plynulé hypsomerie*, a zrušeno zaškrtnutí volby *identifikace a vyjmutí plochy sedimentace*. Při opakování pro další scénáře bylo samozřejmě nutno také změnit soubor SHP s DPB a C faktorem, aby rozložení DPB odpovídalo konkrétnímu scénáři.

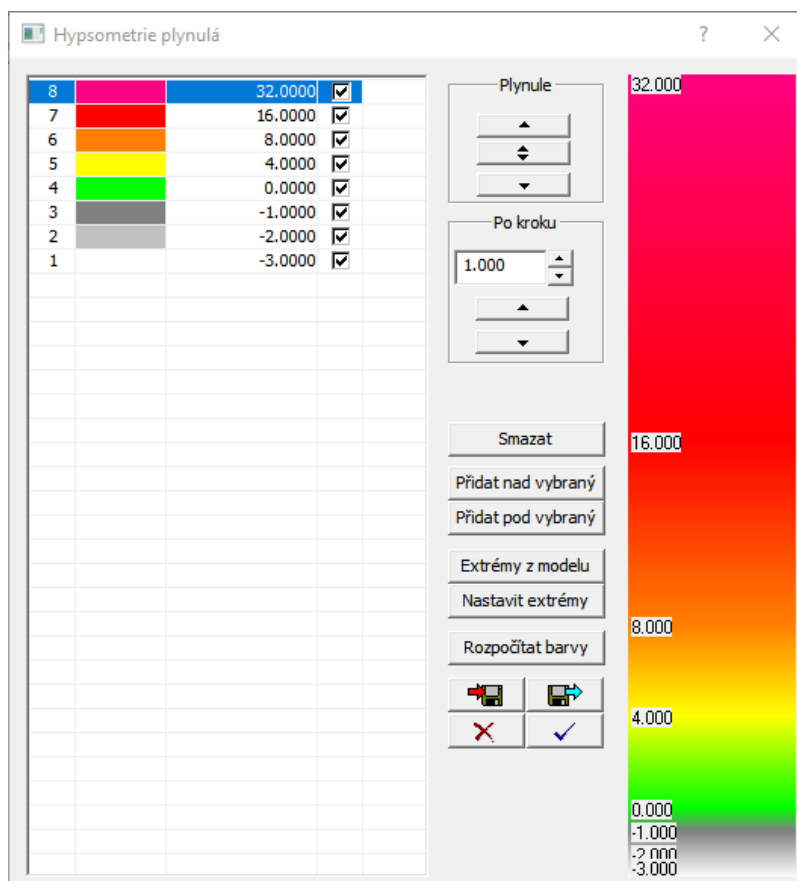
The screenshot shows a dialog box titled "Plošné řešení smyvu" with the following settings:

- Vstup:**
 - R - faktor (srážky): 40.000
 - K - faktor (půda): 0.400
 - C - faktor (vegetace): 0.250
 - P - faktor (opatření): 1.000
 - Přípustná ztráta: 4.000
- Výstupy:**
 - Cesta a jméno základních výstupních souborů: D:\Plocha\bakalarka\Atlas\8501-3\dmr_8501-3_RUSLE_pas (Změnit)
 - Adresář s doplňkovými výstupy: D:\Plocha\bakalarka\Atlas\8501-3\dmr_8501-3_RUSLE_pas (Změnit)
 - Otevírat souhrnný protokol (MS Excel)
 - Otevírat protokoly pro každou EHP (MS Excel)
 - Vložit modely K a C faktoru do výkresu
 - Použít neoficiální plynulou hypsometrii modelu Rusle (při příštím výpočtu)
- Rozlišení výstupního rastru: 5.000
- Identifikovat a vyjmout z výpočtu plochy soustř. odtoku a sedimentace
- Sedimentace půdy:**
 - Sklon menší než: 1.000 °
 - Akumulace větší než: 1700.000
- Výmolová eroze:**
 - Akumulace větší než: 1700.000

Buttons: Storno, OK

Obrázek 20, Nastavení vstupních parametrů – použitá konfigurace parametrů plošného řešení smyvu v Atlas DMT.

Před generováním prvního výstupu bylo ještě provedeno nastavení barev, odrážejících množství odnesené půdy (erozní smyv) u rastrového výstupu. Toto nastavení je permanentní a stačí jej udělat jen jednou. Skrze tlačítko *uspořádání objektů*, byl otevřen výběr DMT. Byla zvolena volba *aktuální* a přes volbu *vlastnosti* – *plošky* se je možné dostat do nastavení intervalů plynulé hypsometrie. Poté už byly jen nastaveny barvy. V tomto případě na: fialová 32, červená 16, oranžová 8, žlutá 4, zelená 0.



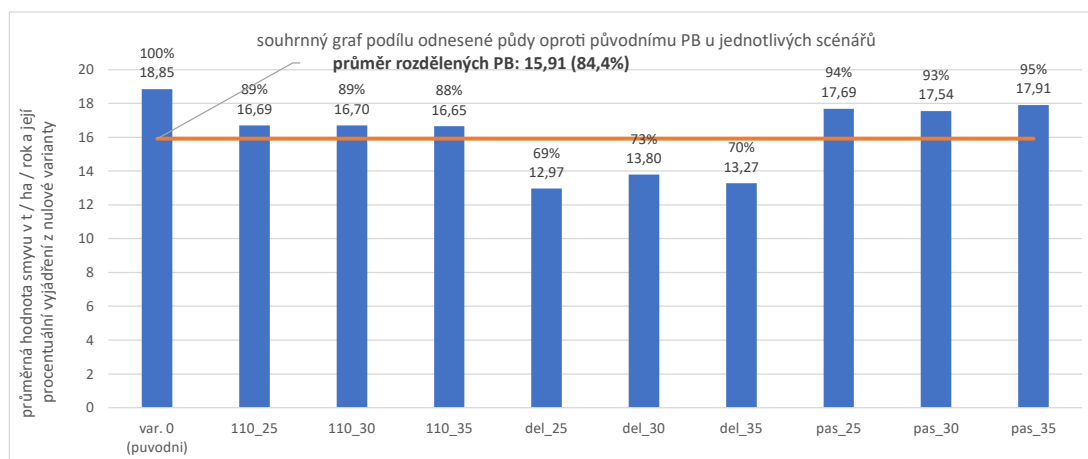
Obrázek 21, Nastavení barev výstupního rastru – použité nastavení barev pro různé hodnoty odnosu půdy.

5. Výsledky

Erozní smyv vyjádřený jako průměr ze všech PB		
Název scénáře	Průměrná hodnota smyvu (t / ha / rok)	Podíl z var. 0 (%)
var. 0 (původní)	18,8	100,0%
110_25	16,7	88,6%
110_30	16,7	88,6%
110_35	16,6	88,3%
del_25	13,0	68,8%
del_30	13,8	73,2%
del_35	13,3	70,4%
pas_25	17,7	93,9%
pas_30	17,5	93,1%
pas_35	17,9	95,0%

Tabulka 2, Erozní smyv vyjádřený jako průměr ze všech PB – tabulka ukazuje průměrné hodnoty množství odnesené půdy ze všech řešených PB pro jednotlivé scénáře a procentuální vyjádření těchto hodnot, vzhledem k původnímu stavu před rozdělením půdního bloku (var. 0).

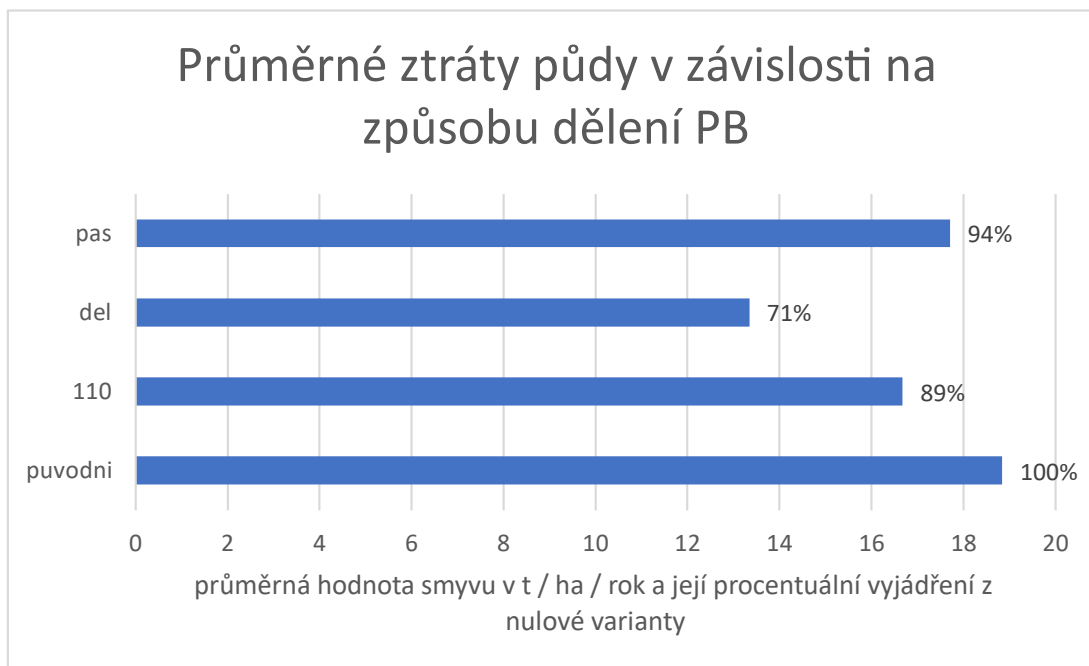
Z grafu na obrázku 1 a tabulky 2, ukazujících hodnoty účinnosti opatření u jednotlivých scénářů je patrné že, velikost půdních bloků a způsob, jakým je rozdělení dosaženo, má zásadní vliv na množství odnesené půdy. U zkoumaných 6 PB byl zjištěn maximální rozdíl 31 %, oproti původnímu PB, který rozdělen nebyl.



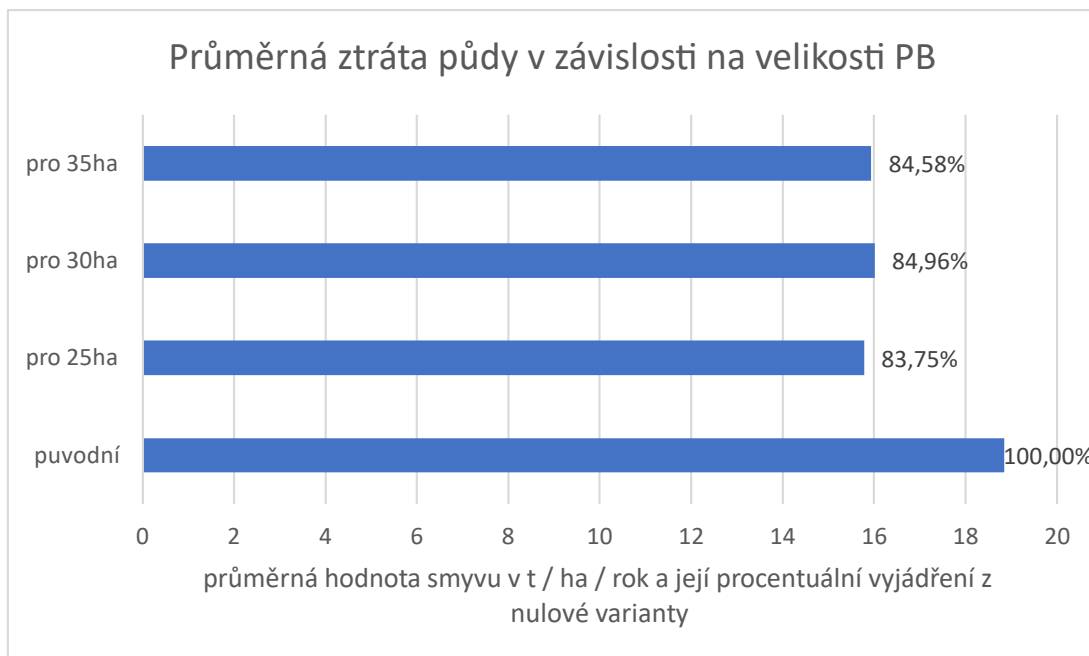
Obrázek 1, Souhrnný graf jednotlivých scénářů – tento graf ukazuje průměrné množství odnesené půdy ze všech PB při jednotlivých scénářích a jeho podíl oproti původní nulové variantě. Graf je proložen průměrem scénářů 1 až 9, tedy půdní bloky po rozdělení, a zobrazuje jeho podíl vůči nulové variantě.

Dále bylo na základě souhrnných výsledků zjištěno, že oproti možné představě, velikost PB má pouze zanedbatelnou roli při odnosu půdy, viz graf na obrázku 3. Dopad na množství odnesené půdy se zde, bez ohledu na způsobu dělení PB, liší jen o něco málo přes 1 procento. Navíc efektivita opatření ani neroste s každým snížením velikosti PB.

Proto se dá tento rozdíl (35–25 ha) považovat za zanedbatelný. Naopak mnohem výraznější vliv na ztrátu půdy, se projevilo při rozdílném způsobu dělení PB, viz graf na obrázku 2. Kdy bez ohledu na velikost PB, činil rozdíl až 29 % oproti původnímu PB.



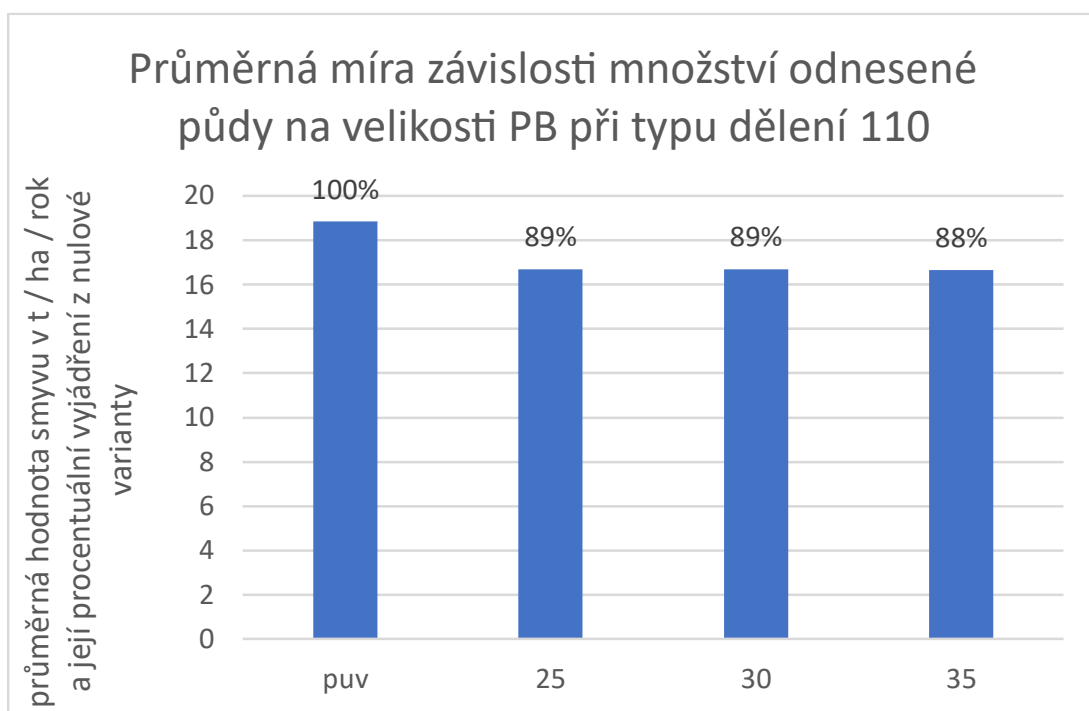
Obrázek 2, Závislost na způsobu dělení – graf zobrazuje erozní smyv, jako průměr všech tří velikostí PB, vzhledem ke způsobu rozdělení půdního bloku, a jeho podíl vůči nulové variantě vyjádřený v procentech.



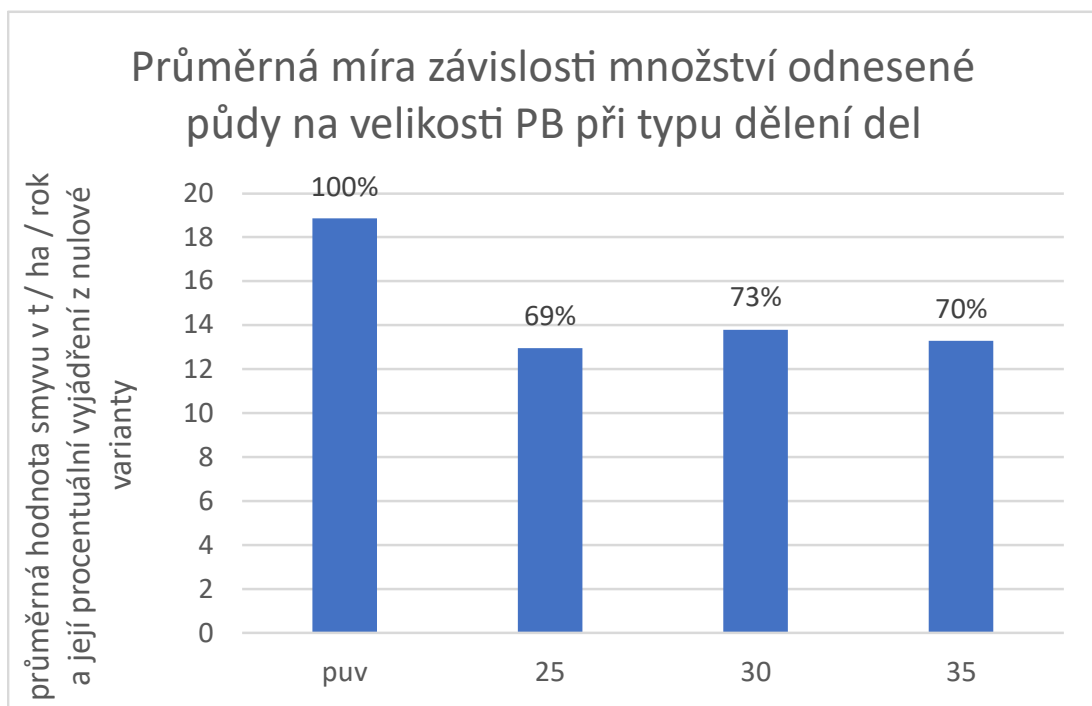
Obrázek 3, Závislost na velikosti DPB – graf ilustruje závislost ztráty půdy na velikosti dílčích ploch jedné plodiny, formou průměrné hodnoty smyvu (ze všech tří způsobů dělení pro všechny řešené půdní bloky při dané velikosti dílčích ploch) a jejího procentuálního vyjádření, vztaženého k původní (nulové) variantě.

Ze souhrnných zjištění je tedy patrné, že způsob dělení PB, má výrazně větší vliv na vodní erozi na PB, než vliv velikosti PB. Dále byl vliv na velikost smyvu vyhodnocován u jednotlivých kombinací opatření, při zachování vždy jednoho způsobu dělení (grafy na obrázcích 4, 5 a 6), či jedné velikosti PB (grafy na obrázcích 7, 8 a 9).

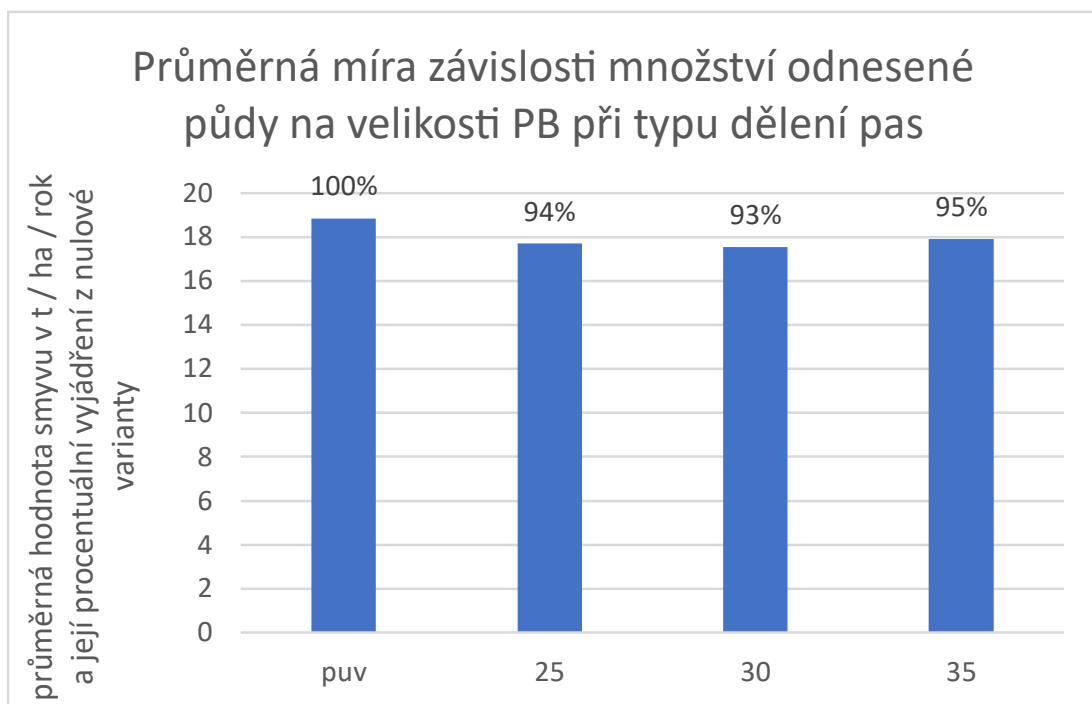
V případě zjišťování závislost na velikosti pro daný způsob dělení (grafy na obrázcích 4, 5 a 6), je zde tedy zkoumaným faktorem vliv velikosti PB, zatímco způsob dělení zůstává nezměněn.



Obrázek 4, Závislost smyvu na velikosti DPB při dělení 110 m pásem – graf ilustruje závislost množství odnesené půdy na velikosti dílčích ploch jedné plodiny, formou průměrné hodnoty smyvu všech řešených půdních bloků při způsobu dělení pomocí 110 m pásu ochranné plodiny, pro dané velikosti dílčích ploch a formou jejího procentuálního vyjádření, vztaženého k původní (nulové) variantě.

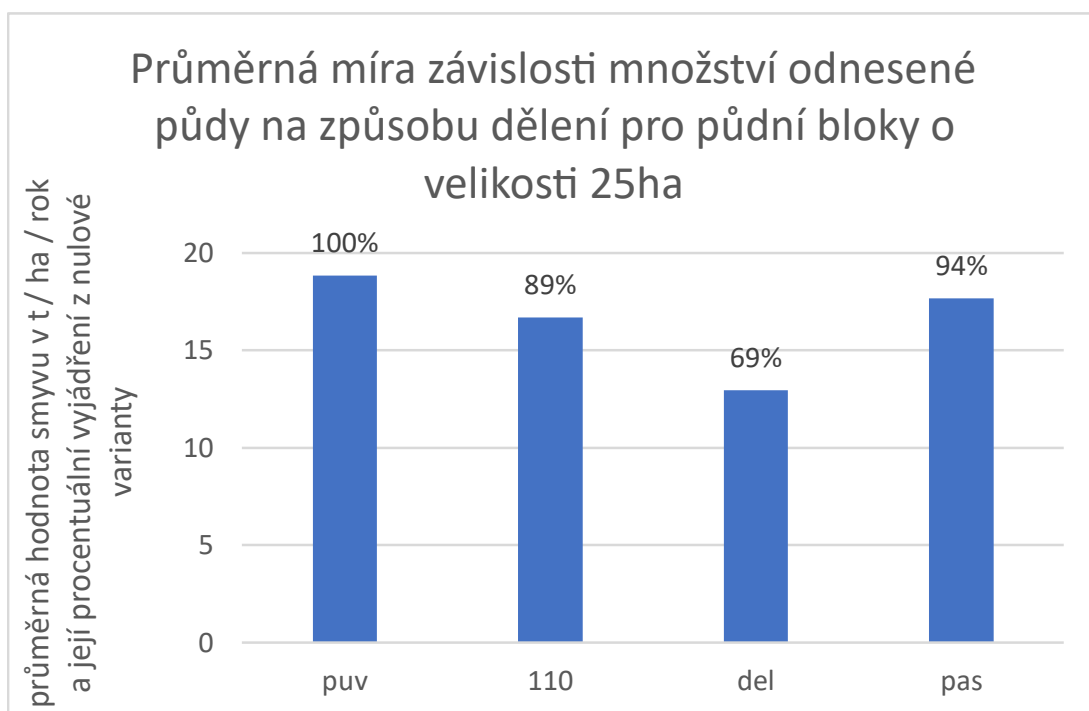


Obrázek 5, Závislost smyvu na velikosti DPB při střídání plodin – graf ilustruje závislost množství odnesené půdy na velikosti dílčích ploch jedné plodiny formou průměrné hodnoty smyvu všech řešených půdních bloků při dělení PB na stejně velké díly, kdy se střídá původní a ochranná plodina, pro dané velikosti dílčích ploch a formou jejího procentuálního vyjádření, vztáženého k původní (nulové) variantě.

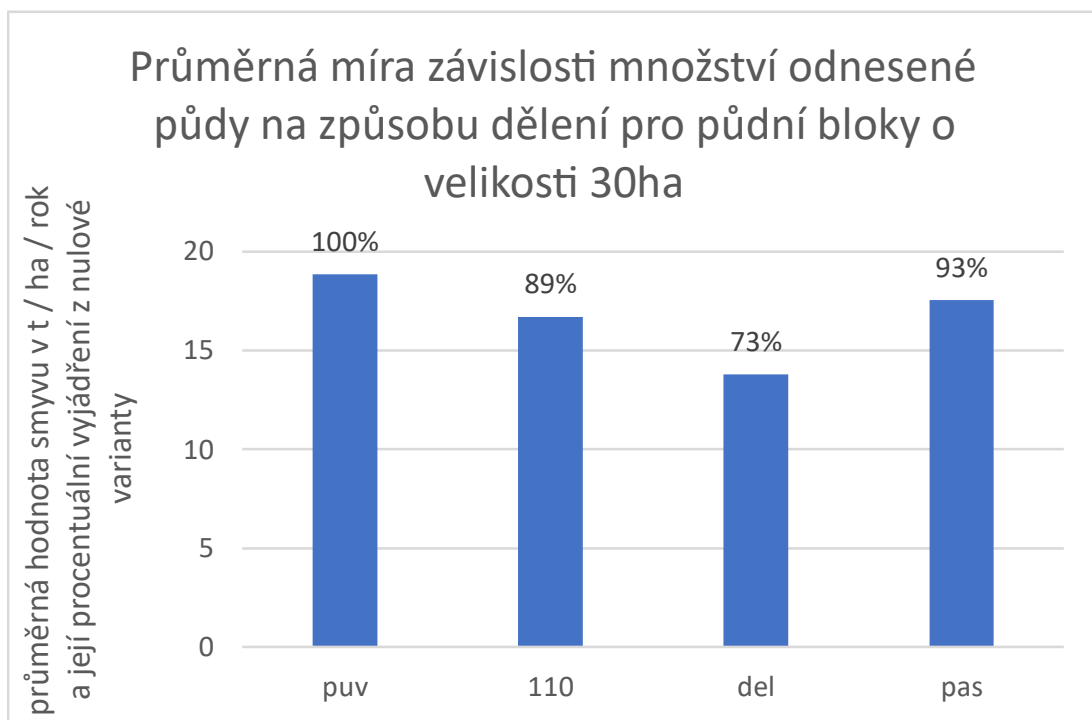


Obrázek 6, Závislost smyvu na velikosti DPB při dělení travním pásem – graf ilustruje závislost množství odnesené půdy na velikosti dílčích ploch jedné plodiny, formou průměrné hodnoty smyvu všech řešených půdních bloků, při dělení pomocí 22 m širokého travního pásu, pro dané velikosti dílčích ploch a formou jejího procentuálního vyjádření, vztáženého k původní (nulové) variantě.

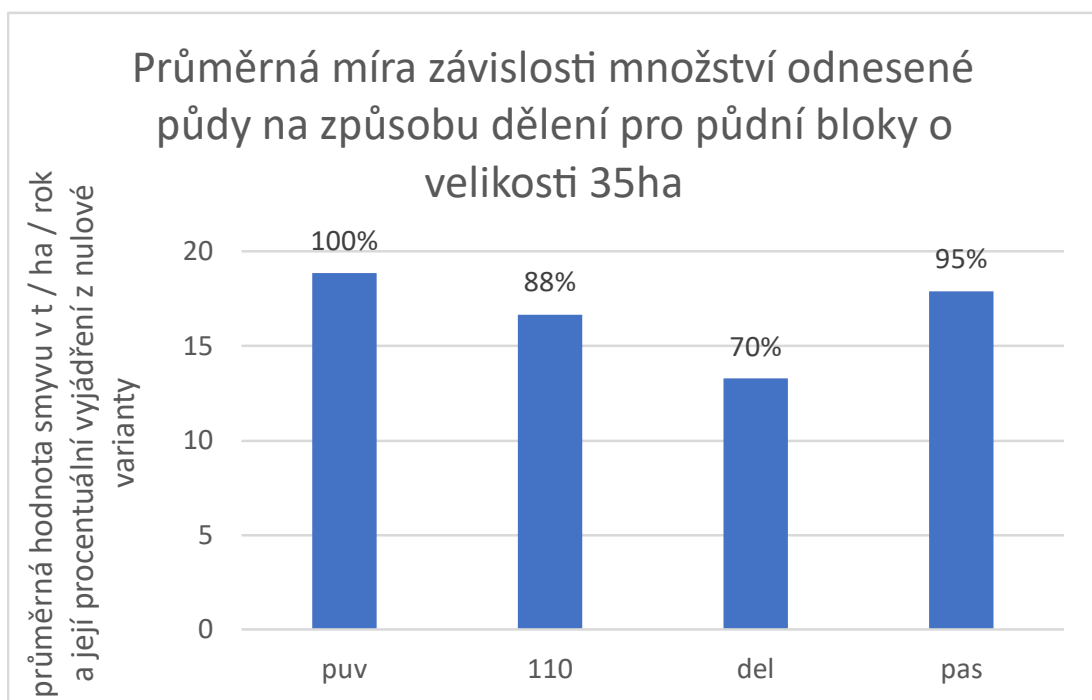
V případě rozdělení PB s původní plodinou, pomocí travních pásů o šíři 22 m (scénáře S4 až S6) je z odpovídajícího grafu na obrázku 4 patrná, dříve zjištěná tendence. Tedy, že velikost, na kterou je půdní blok rozdělen, nemá zásadní vliv na smyv půdy, který je (při zanedbání nepodstatných rozdílů způsobených změnou velikosti PB) pouze průměrem dopadů způsobu rozdělení PB. Tento graf tedy dokládá, že dopad zůstává u všech velikostí PB přibližně stejný. Stejná tendence vyplývá i z grafů pro scénáře 7 až 9, kde je rozdělení původní plodiny dosaženo pomocí pásů erozně méně náchylnější plodiny o šíři 110 m (graf na obrázku 6). U grafu pro scénáře 1 až 3, tedy pro rozdělení PB pomocí střídání dvou plodin o jednotlivých výměřích (graf na obrázku 5), byla poté zjištěna největší, ovšem stále jen malá odchylka u velikosti 30 ha. Přibližně o 1 t z hektaru za rok.



Obrázek 7, Závislost smyvu na způsobu dělení při 25 ha – graf ilustruje závislost množství odnesené půdy na způsobu dělení PB při velikosti dílčích ploch erozně více náchylné plodiny 25 ha, formou průměrné hodnoty smyvu všech řešených půdních bloků při daném způsobu dělení a jejího procentuálního vyjádření, vztaženého k původní (nulové) variantě.



Obrázek 8, Závislost smyvu na způsobu dělení při 30 ha – graf ilustruje závislost množství odnesené půdy na způsobu dělení PB při velikosti dílčích ploch erozně více náchylné plodiny 30 ha, formou průměrné hodnoty smyvu všech řešených půdních bloků a jejího procentuálního vyjádření, vztaženého k původní (nulové) variantě.



Obrázek 9, Závislost smyvu na způsobu dělení při 35 ha – graf formou průměrné hodnoty smyvu všech řešených půdních bloků a jejího procentuálního vyjádření, vztaženého k původní (nulové) variantě, pro dané způsoby dělení, ilustruje závislost množství odnesené půdy na způsobu dělení PB při velikosti dílčích ploch erozně více náchylné plodiny 35 ha.

Lze tedy konstatovat, že velikost PB není rozhodujícím faktorem, ovlivňujícím smyv půdy, ani u jednoho ze způsobů rozdělení PB.

Grafy na obrázcích 7, 8 a 9 se týkají efektivity způsobu dělení PB při konkrétní velikosti PB. Pro velikost 25 ha, jde tedy vlastně o porovnání scénářů 1, 4 a 7 (graf na obrázku 7), pro velikost 30 ha, o porovnání scénářů 2, 5 a 8 (graf na obrázku 8) a pro velikost 35 ha, o porovnání scénářů 3, 6 a 9 (graf na obrázku 9).

Stejně, jako v předchozím případě (porovnávání velikostí při konstantním způsobu dělení), jsou si i zde všechny tři související grafy (obrázky 7 – 9), ukazující závislost na způsobu dělení pro danou velikost, velmi podobné, a jen málo se liší od souvisejícího souhrnného grafu (graf na obrázku 2). Jednotlivé kategorie se zde však na rozdíl od předchozího případu zásadně liší. Jsou zde patrné velké vzájemné rozdíly, i rozdíly oproti původnímu scénáři. A to až 31 %, jak můžeme vidět na grafu na obrázku číslo 7. To odpovídá závěru ze souhrnného grafu průměrné ztráty půdy v závislosti na způsobu dělení PB (graf na obrázku 2).

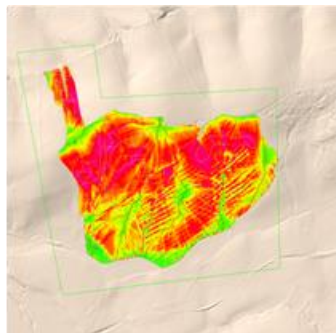
Jako neúčinnější, z hlediska ochrany půdy před vodní erozí, se zde ukázal způsob dělení PB, kdy byly střídány dvě plodiny, vždy o stejné výměře (scénáře 1 – 3). Toto je vidět jak na grafu na obrázku 7, tak i na grafech na obrázcích 8 a 9. Ztráta půdy se pohybovala v rozmezí 69 až 73 % ztráty půdy z původního scénáře. Jako méně účinná, se poté ukázala varianta rozdělení původní plodiny pásy erozně méně náchylnější plodiny (scénáře 7, 8 a 9). U této, se ztráta půdy pohybovala na úrovni 88 až 89 % smyvu půdy z původního scénáře. Jako nejméně efektivní se ukázala varianta rozdělení původní plodiny travními pásy. Zde se podíl hodnoty smyvu pohyboval na úrovni mezi 93 až 95 % hodnot smyvu z původního scénáře.

Lze tedy konstatovat, že způsob rozdělení PB byl v tomto výzkumu rozhodujícím faktorem, ovlivňujícím smyv půdy, a to u všech velikostí PB.

Z jednotlivých scénářů tedy s ohledem na výsledky nelze jednoznačně vybrat, který se jeví jako neúčinnější. Ovšem obecně scénáře s dělením pomocí střídání dvou plodin o stejné výměře vycházely s nejnižšími hodnotami ztrát půdy.

Podrobné rozložení erozně ohrožených ploch na jednotlivých PB je patrné z následujících grafických výstupů z erozního modelu (obrázky 10 až 15).

S0 (původní varianta)



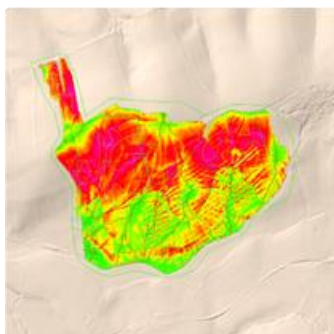
Kód PB: 0102/13

Lokalita: Valašské Meziříčí

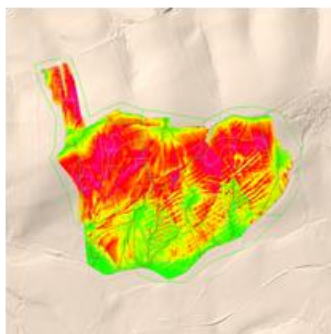
Svažitost: 4,61°

Výměra: 85,6 ha

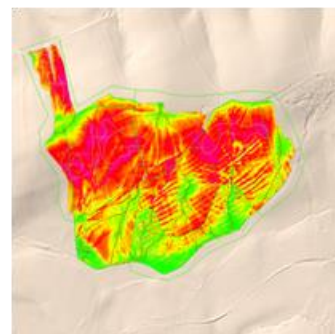
S1 (střídání plodin, 25 ha)



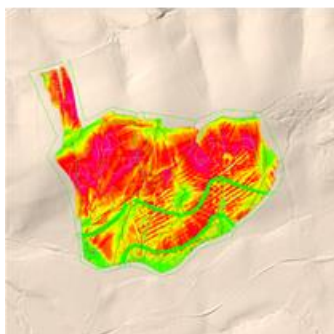
S2 (střídání plodin, 30 ha)



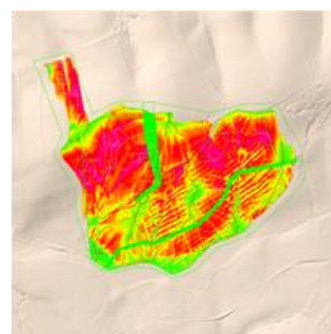
S3 (střídání plodin, 35 ha)



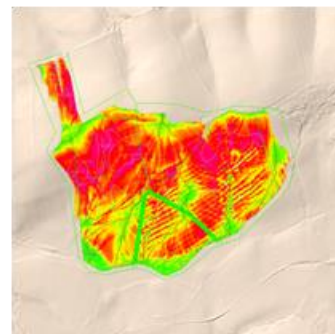
S4 (travní pás 22 m, 25 ha)



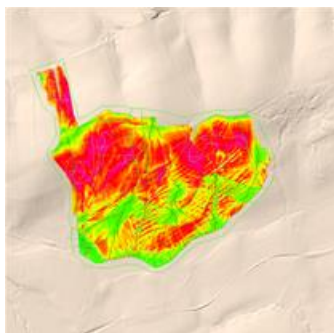
S5 (travní pás 22 m, 30 ha)



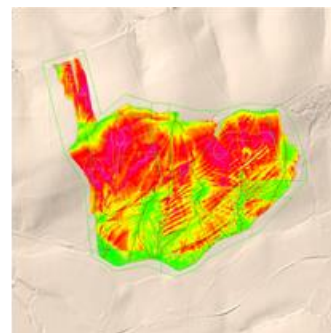
S6 (travní pás 22 m, 35 ha)



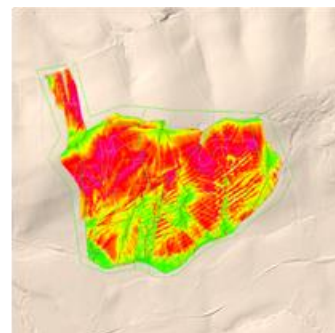
S7 (PE plod. 110 m, 25 ha)



S8 (PE plod. 110 m, 30 ha)

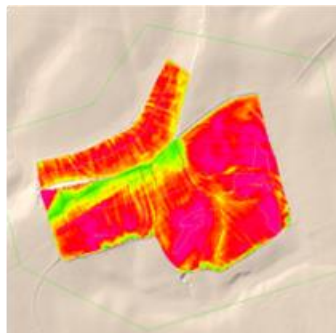


S9 (PE plod. 110 m, 35 ha)



Obrázek 10, Grafické výstupy pro PB 0102/13 – grafické výstupy z erozního modelu Atlas DMT umožňující srovnání erozního ohrožení při jednotlivých scénářích aplikovaných na konkrétní PB. Barvy odrážejí hodnoty erozního smyvu – zelená reprezentuje ztrátu půdy do 4 t / ha / rok (tedy splnění maximální přípustné hodnoty ztráty půdy), žlutá 4–8, oranžová 8–16, červená 16–32, fialová 32 a více t / ha / rok.

S0 (původní varianta)



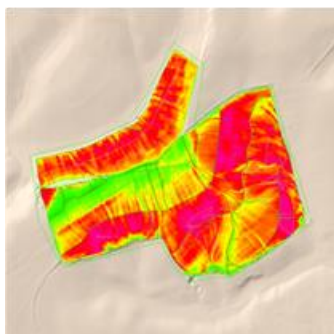
Kód PB: 8501/3

Lokalita: Uherské Hradiště

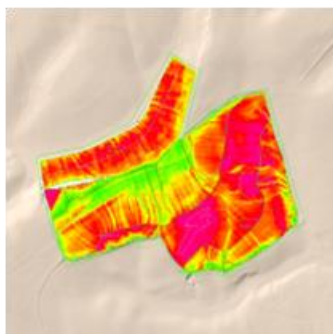
Svažitost: 4,71°

Výměra: 106,57 ha

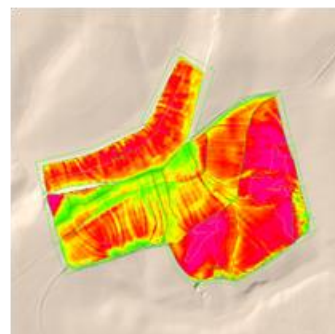
S1 (střídání plodin, 25 ha)



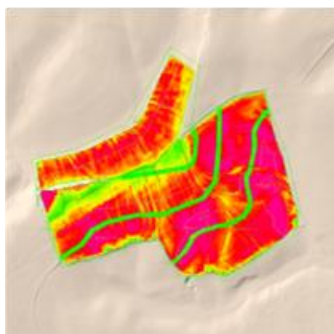
S2 (střídání plodin, 30 ha)



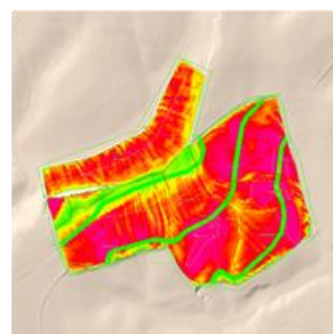
S3 (střídání plodin, 35 ha)



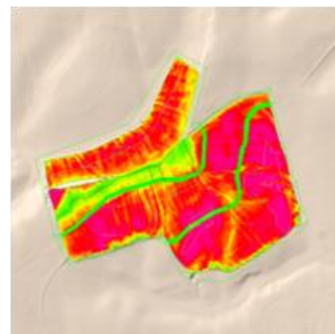
S4 (travní pás 22 m, 25 ha)



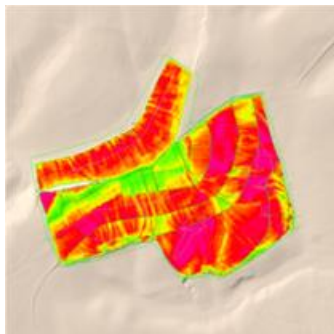
S5 (travní pás 22 m, 30 ha)



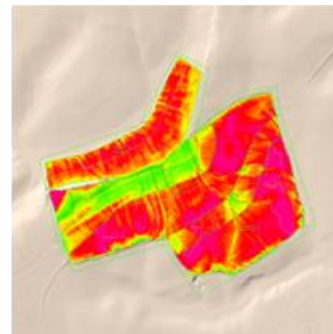
S6 (travní pás 22 m, 35 ha)



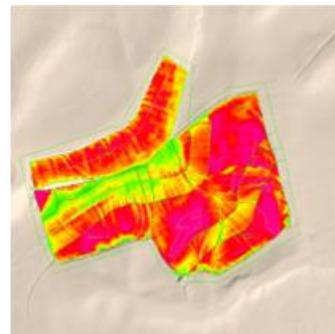
S7 (PE plod. 110 m, 25 ha)



S8 (PE plod. 110 m, 30 ha)

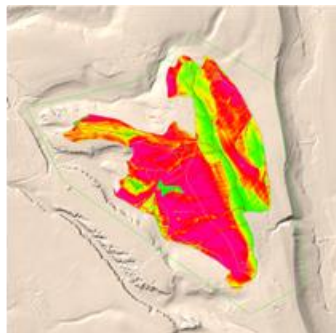


S9 (PE plod. 110 m, 35 ha)



Obrázek 11, Grafické výstupy pro PB 8501/3 – grafické výstupy z erozního modelu Atlas DMT umožňující srovnání erozního ohrožení při jednotlivých scénářích aplikovaných na konkrétní PB. Barvy odrážejí hodnoty erozního smyvu – zelená reprezentuje ztrátu půdy do 4 t / ha / rok (tedy splnění maximální přípustné hodnoty ztráty půdy), žlutá 4–8, oranžová 8–16, červená 16–32, fialová 32 a více t / ha / rok.

S0 (původní varianta)



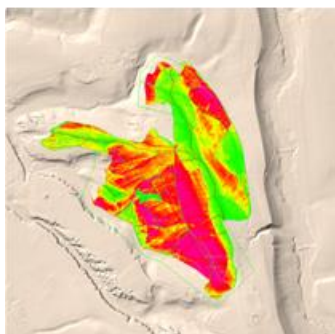
Kód PB: 8901/1

Lokalita: Turnov

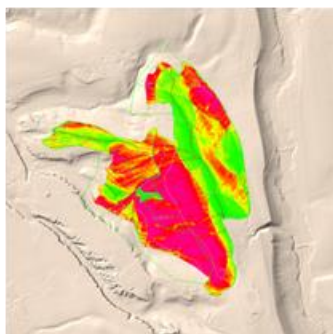
Svažitost: 4,76°

Výměra: 82,57 ha

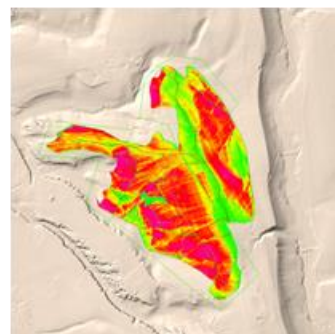
S1 (střídání plodin, 25 ha)



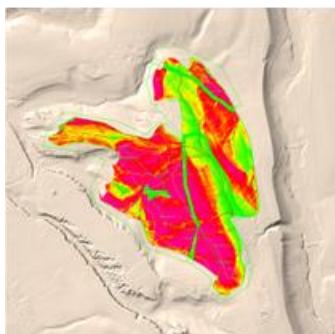
S2 (střídání plodin, 30 ha)



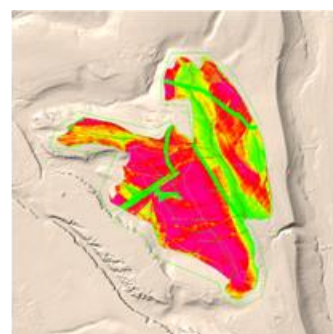
S3 (střídání plodin, 35 ha)



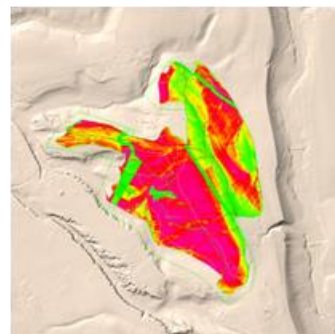
S4 (travní pás 22 m, 25 ha)



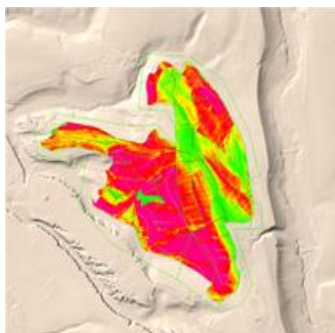
S5 (travní pás 22 m, 30 ha)



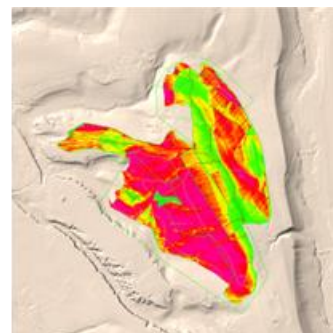
S6 (travní pás 22 m, 35 ha)



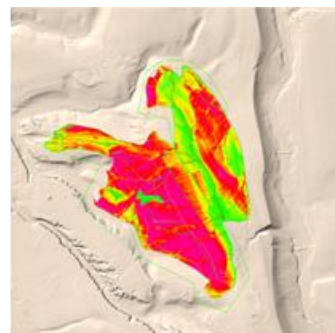
S7 (PE plod. 110 m, 25 ha)



S8 (PE plod. 110 m, 30 ha)

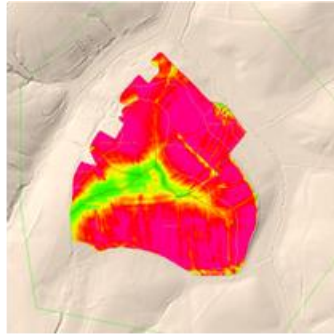


S9 (PE plod. 110 m, 35 ha)



Obrázek 12, Grafické výstupy pro PB 8901/1 – grafické výstupy z erozního modelu Atlas DMT umožňující srovnání erozního ohrožení při jednotlivých scénářích aplikovaných na konkrétní PB. Barvy odrážejí hodnoty erozního smyvu – zelená reprezentuje ztrátu půdy do 4 t / ha / rok (tedy splnění maximální přípustné hodnoty ztráty půdy), žlutá 4–8, oranžová 8–16, červená 16–32, fialová 32 a více t / ha / rok.

S0 (původní varianta)



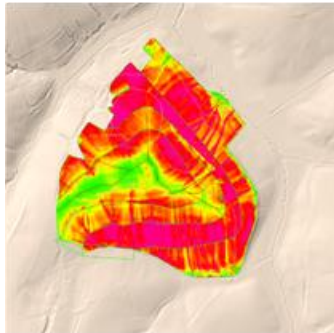
Kód PB: 1203/1

Lokalita: Kroměříž

Svažitost: 5,61°

Výměra: 104,97 ha

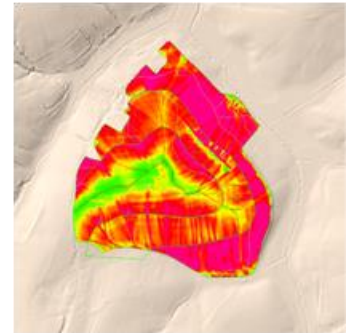
S1 (střídání plodin, 25 ha)



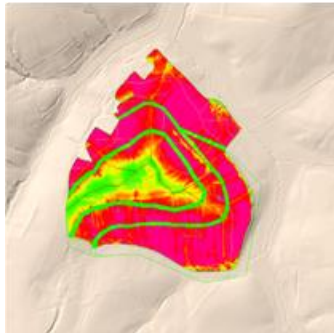
S2 (střídání plodin, 30 ha)



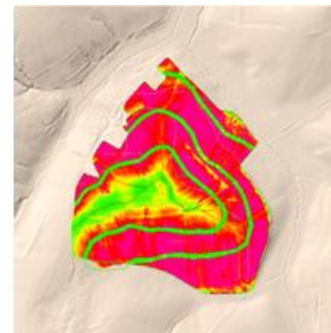
S3 (střídání plodin, 35 ha)



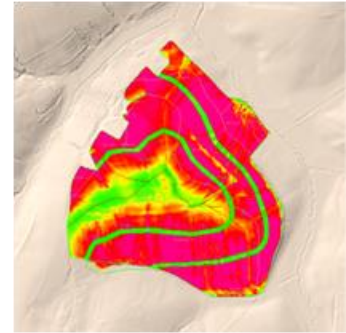
S4 (travní pás 22 m, 25 ha)



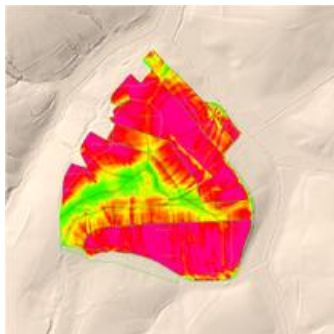
S5 (travní pás 22 m, 30 ha)



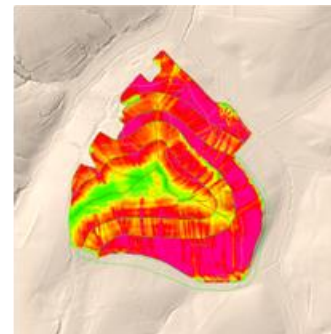
S6 (travní pás 22 m, 35 ha)



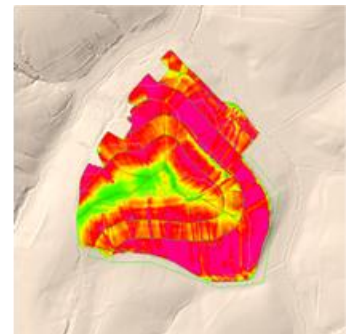
S7 (PE plod. 110 m, 25 ha)



S8 (PE plod. 110 m, 30 ha)

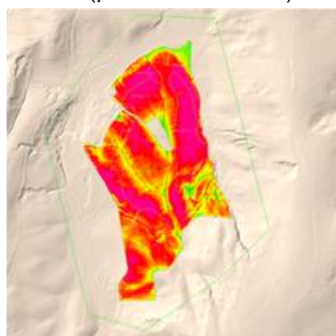


S9 (PE plod. 110 m, 35 ha)



Obrázek 13, Grafické výstupy pro PB 1203/1 – grafické výstupy z erozního modelu Atlas DMT umožňující srovnání erozního ohrožení při jednotlivých scénářích aplikovaných na konkrétní PB. Barvy odrážejí hodnoty erozního smyvu – zelená reprezentuje ztrátu půdy do 4 t / ha / rok (tedy splnění maximální přípustné hodnoty ztráty půdy), žlutá 4–8, oranžová 8-16, červená 16-32, fialová 32 a více t / ha / rok.

S0 (původní varianta)



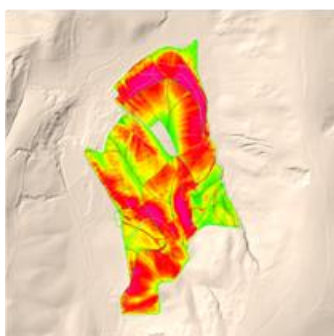
Kód PB: 1802

Lokalita: Vyškov

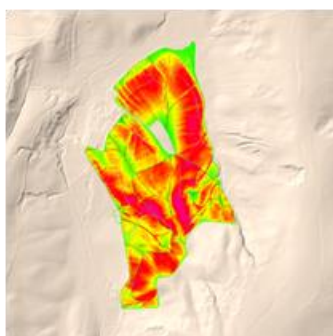
Svažitost: 5,94°

Výměra: 87,35 ha

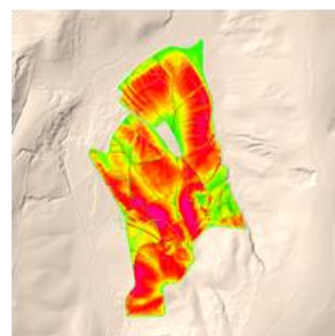
S1 (střídání plodin, 25 ha)



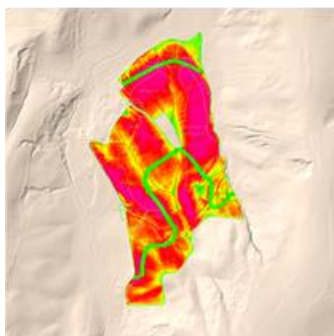
S2 (střídání plodin, 30 ha)



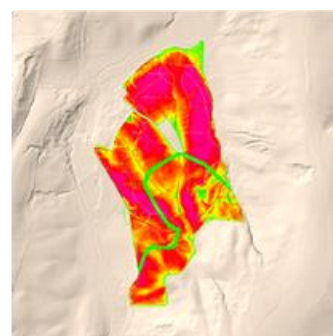
S3 (střídání plodin, 35 ha)



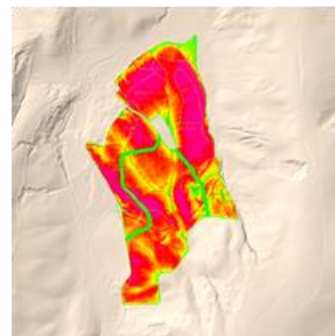
S4 (travní pás 22 m, 25 ha)



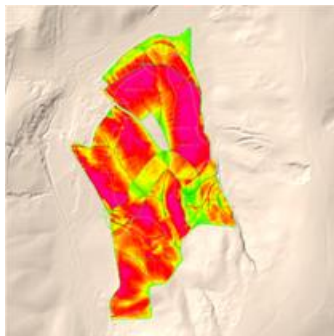
S5 (travní pás 22 m, 30 ha)



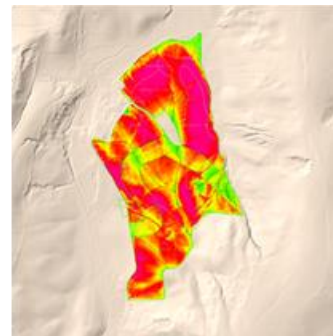
S6 (travní pás 22 m, 35 ha)



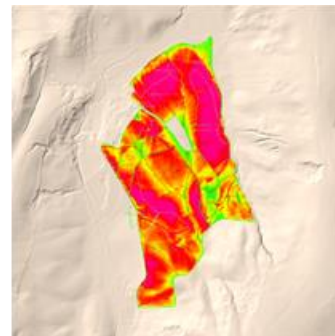
S7 (PE plod. 110 m, 25 ha)



S8 (PE plod. 110 m, 30 ha)

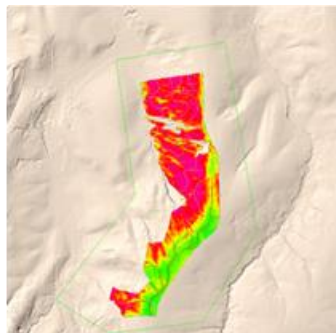


S9 (PE plod. 110 m, 35 ha)



Obrázek 14, Grafické výstupy pro PB 1802 – grafické výstupy z erozního modelu Atlas DMT umožňující srovnání erozního ohrožení při jednotlivých scénářích aplikovaných na konkrétní PB. Barvy odrážejí hodnoty erozního smyvu – zelená reprezentuje ztrátu půdy do 4 t / ha / rok (tedy splnění maximální přípustné hodnoty ztráty půdy), žlutá 4–8, oranžová 8-16, červená 16-32, fialová 32 a více t / ha / rok.

S0 (původní varianta)



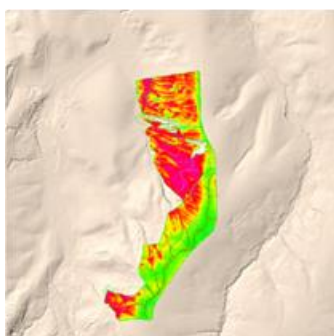
Kód PB: 1801/6

Lokalita: Vyškov

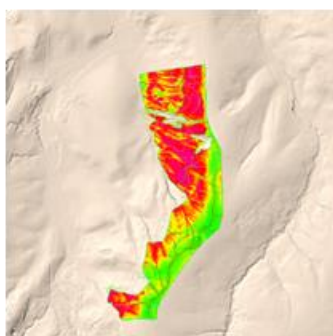
Svažitost: 6,35°

Výměra: 105,11 ha

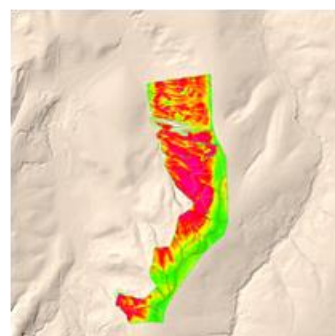
S1 (střídání plodin, 25 ha)



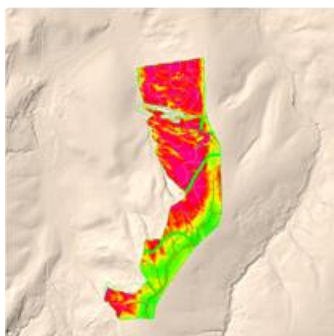
S2 (střídání plodin, 30 ha)



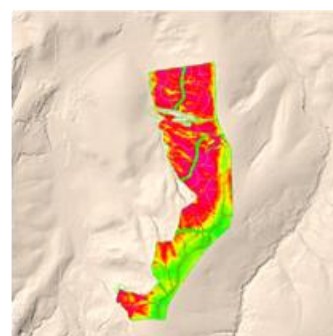
S3 (střídání plodin, 35 ha)



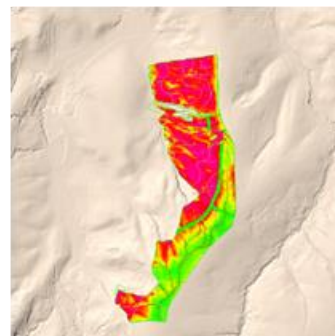
S4 (travní pás 22 m, 25 ha)



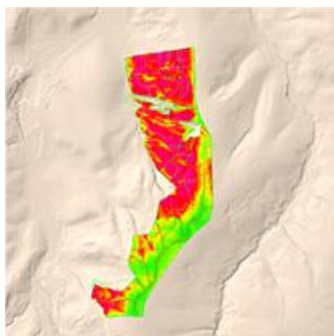
S5 (travní pás 22 m, 30 ha)



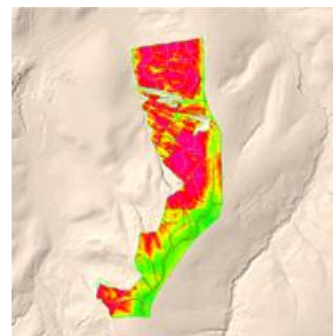
S6 (travní pás 22 m, 35 ha)



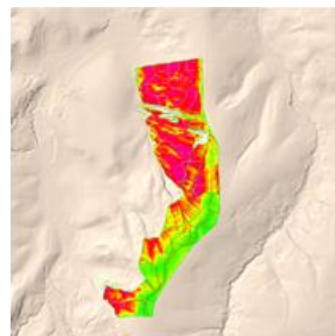
S7 (PE plod. 110 m, 25 ha)



S8 (PE plod. 110 m, 30 ha)



S9 (PE plod. 110 m, 35 ha)



Obrázek 15, Grafické výstupy pro PB 1801/6 – grafické výstupy z erozního modelu Atlas DMT umožňující srovnání erozního ohrožení při jednotlivých scénářích aplikovaných na konkrétní PB. Barvy odrážejí hodnoty erozního smyvu – zelená reprezentuje ztrátu půdy do 4 t / ha / rok (tedy splnění maximální přípustné hodnoty ztráty půdy), žlutá 4–8, oranžová 8-16, červená 16-32, fialová 32 a více t / ha / rok.

6. Diskuse

6.1 Shrnutí výsledků

Z výsledků vyplynulo, že protierozně nejúčinnější variantou byla u řešených PB varianta střídání dvou plodin o stejné výměře. Tedy ta s největší mírou pokrytí plodinou s vyšším ochranným faktorem proti erozi. Jako nejhorší se naopak ukázala varianta rozdělení PB travními pásy. Tedy ta, kdy byla plocha pokrytí PB plodinou s vyšším ochranným faktorem proti erozi nejmenší. Dále pak to, že vliv velikosti DPB byl (v rozsahu 25–35 ha) zanedbatelný. Oproti předpokladu, že díky kratší délce svahu bez přerušení, voda nenabere takovou rychlost a díky tomu nezíská unášecí sílu, potřebnou k odnosu takového množství půdy se zdá, že výrazně více záleží na míře pokrytí plodinou s vyšším ochranným faktorem. Tomuto předpokladu by odpovídalo i druhé místo, na němž se umístila varianta, při níž byl PB rozdělen pomocí 110 m širokého pásu, tedy ta, se střední mírou pokrytí PB plodinou s vyšším ochranným faktorem. Tato varianta se navíc velmi podobá té prvně zmiňované, a liší se od ní právě jen menším poměrem chráněné půdy.

6.2 Výsledky v kontextu DZES

Na žádném ze zkoumaných PB nebylo dosaženo hodnoty přípustné ztráty půdy. Ta byla pro tuto práci nastavena na 4 t odnesené půdy z 1 ha za 1 rok. Nejbližše této hodnotě byl průměr na zkoumaných PB při scénáři, kdy byly střídány dvě plodiny, a to o výměře 25 ha. Zde se hodnota smyvu pohybovala těsně pod 13 t na hektar za rok. Průměrný smyv u všech scénářů však činil přes 16 t (graf na obrázku č. 1).

Z výše uvedeného vyplývá, že přestože dělení PB je významným faktorem ovlivňujícím smyv půdy, ani jedním z navržených scénářů nelze samostatně dosáhnout nastavené přípustné ztráty půdy, a v případě jejich využití, bude pro dosažení tohoto cíle nutná jejich kombinace například s použitím půdoochranných technologií či jiných protierozních opatření.

Při navrhování velikosti PB v kontextu DZES je však ve vztahu k zemědělskému hospodaření nutné brát zřetel na další cíle DZES, jako je biologická rozmanitost či zadržení vody v krajině. Nelze tedy zapomínat, že přes výsledky této práce, kdy se ochrana travními pásy ukázala jako nejméně účinná, může nastavení menších ploch mít vliv na jiné aspekty životního prostředí.

6.3 Faktory ovlivňující výsledek

Jelikož faktor délky svahu L je jedním z faktorů rovnice USLE, a má tak vliv na ztrátu půdy, proč se přerušení délky svahu více nepromítlo do výsledků této práce? Nakolik umí Atlas tento vliv zachytit? Jak jinak je případně vhodné ztrátu půdy modelovat? A pokud omezení velikosti DPB podle DZES není v souvislosti s vodní erozí účinné, jak a kde je tedy vhodné protierozní opatření realizovat?

Popišme si tedy tyto otázky podrobněji.

6.3.1 Faktor L

K posouzení promítnutí vlivu velikosti DPB – tedy zejména vlivu faktoru L, je nutné podívat se na velikost zpracovávaných PB. Jelikož nabírání rychlosti vody tekoucí po svahu, a tedy i její unášecí síly, má v závislosti na dalších faktorech konečnou hranici, je zřejmé, že od určité délky svahu bude mít voda již maximální možnou rychlost a dále již na délce svahu z tohoto hlediska nebude příliš záležet. Zpracovávané PB měly často délku po svahu i přes 1 km. Po rozdělení se pak jednotlivé úseky často pohybovaly v rozmezí okolo 200–300 m. Pro srovnání USLE pracuje s délkou standardního pozemku 22 m. L faktor tak při těchto délkách pozemků mohl sehrát menší roli, než by se dalo předpokládat, a proto se omezení velikosti DPB nemuselo výrazně promítnout.

6.3.2 Erozní model

Dalším z faktorů, jež mohly sehrát výraznou roli, byl použitý erozní model. Jak je vidět u některých grafických výstupů na obrázcích 10 až 15, objevují se místa s nejhorší erozí (fialová, červená), často přímo pod pásy plodiny s vyšším ochranným faktorem. To může signalizovat, že erozní model nesprávně vyhodnotil podmínky a nepřerušil linii povrchového odtoku (tedy se neprojevovalo zpomalení rychlosti vody o protierozní pás). Nicméně postup použitý v této práci, tedy nastavení plošných organizačních opatření pomocí C faktoru, uvádí v manuálu i tvůrce programu (Atlas s.r.o. a kol. ©2014). Bude se tedy jednat nejspíš o nedokonalost řešení hydraulických procesů v erozním modelu. Možnost porovnání by poskytlo zpracování úlohy v jiném erozním modelu, jako je například modelování eroze přímo v Arc-GIS, model WaTEM/SEDEM založený na rovnici RUSLE (KU Leuven ©2020) či fyzikálně (Karydas a kol. 2012) založený model WEPP.

6.3.3 Nastavení erozního modelu

Dalším faktorem majícím vliv je na výsledné množství odnesené půdy je nastavení erozního modelu. V této práci byl model nastaven tak, že do výsledků byla počítána veškerá odnesená půda z plochy PB, tedy včetně ploch soustředěného odtoku a sedimentace. Zahrnutí těchto ploch tak kromě půdy odnesené při plošné erozi z produkční plochy může například znamenat zahrnutí i půdy odnesené ze strží atd. Toto je nutno brát v úvahu zejména při porovnání výsledků s jinými studiemi.

6.3.4 Hodnota faktoru R

Hodnota faktoru erozního účinku deště – R, také ovlivňuje na výsledek. V této práci byla použita hodnota $40 \text{ MJ} / \text{ha} \times \text{cm} / \text{h}$. Tuto hodnotu uvádějí Janeček a kol. (2012) jako průměrnou hodnotu pro ČR, přičemž v různých částech republiky se tato hodnota mění. V převažující části zemědělsky využívaného území České republiky se tato hodnota pohybuje v rozmezí 30 až 45. V oblastech dešťového stínu potom 15 až 30. Naopak v horských oblastech mezi 60 až 120. Dále je zde uvedeno, že dříve byla doporučována hodnota R faktoru poloviční, tedy 20. Toto může mít vliv na srovnání s dalšími zejména staršími studiemi, které by s touto hodnotou mohli pracovat. Případně, jelikož byly v této BP řešeny PB z různých částí republiky, kde může být hodnota R faktoru různá, mohla se díky tomu vypočítaná hodnota lišit od skutečnosti.

Tato skutečnost nás mimo jiné vede také k myšlence, že nastavení vhodných opatření velmi souvisí podmínkami na konkrétním pozemku, a že pro různé situace, ať už z pohledu rozložení množství srážek či jiných, jsou vhodná různá opatření. Toto téma je dále rozvinuto v dalších částech diskuse a vede nás k zamyšlení, jaká opatření by kde bylo vhodné realizovat, viz druhá část následující kapitoly.

6.4 Jiné studie a další možnosti ochrany půdy

6.4.1 Podobně zaměřené práce

Práce pokrývající téma vodní eroze v souvislosti s nastavenými podmínkami DZES či velikostí PB v ČR nebyly mimo projekt, jehož je tato BP součástí, dosud zpracovány. Nevýhodou srovnání s některými z prací zahraničních autorů, jako je například Vezina a kol. (2006) je, že srovnání výsledků prací může být obtížné, například kvůli použití rozdílné metodiky či pěstování cizokrajných plodin, jako je rýže. Jednou z nejnovějších zahraničních prací, v níž byla také použita empirická metoda k výpočtu vodní eroze, konkrétně RUSLE, byla studie z Pákistánu, od autorů Nasir a kol. (2023). V ní však bylo řešeno celé povodí, tedy i nezemědělské plochy. Výsledkem potom byla průměrná ztráta půdy 10 t / ha / rok, přičemž výsledky ukázaly, že většina erodované půdy byla odnášena jen z malého procenta ploch. Toto podporuje tvrzení, že protierozní opatření je efektivní aplikovat především na konkrétní místa s vysokou mírou eroze, a zbytek DPB by naopak mohl teoreticky mít výměru vyšší než 35 ha. Z českých prací, zabývajících se touto problematikou, lze zmínit například diplomovou práci autorky Moniky Jirsové (Jirsová 2014), jejíž práce se také zabývala vodní erozí na 6 blocích zemědělské půdy, avšak v práci se autorka zaměřila pouze na určení erozní ohroženosti jednotlivých PB, a nepracovala s aplikací protierozních opatření v erozním modelu. Další prací věnující se této problematice v ČR, je velmi komplexní práce „Impact of sustainable land management practices on controlling water erosion events: The case of hillslopes in the Czech Republic“ (Sklenička a kol. 2022), jež se však na rozdíl od této BP, soustředila na mapování souvislosti nahlášených erozních událostí, evidovaných v rámci programu „Monitoring eroze zemědělské půdy v České republice“, s charakteristikami hospodařících subjektů (farem), kde se často tyto události vyskytovali. Jedním z výsledků jejich práce navíc bylo, že velikost PB je zásadní pro vznik erozních událostí. Konkrétně zde je uvedeno, že „je třeba v procesu definování a realizace politik udržitelného využívání půdy, omezit přílišné velikosti pozemků, aby se zabránilo výrazné degradaci půdy“. Toto se zdá být v rozporu s výsledky této BP, a je tak pravděpodobně zapotřebí dalšího výzkumu v této oblasti.

6.4.2 Další možnosti ochrany půdy

Jak již bylo zmíněno dříve, velikost DPB neměla na změnu erozního smyvu v rámci skupiny scénářů významný vliv, možná právě kvůli nedostatečné změně faktoru L. V tomto případě by alternativou změny maximální rozlohy, mohlo být pásové střídání plodin. Při něm se v závislosti na sklonu pozemku doporučuje šířka pásů od 20 do 40 m (Janeček a kol. 2012), oproti v této studii uplatněným 200–300 m, viz výše.

Jelikož se díky výsledkům ukázalo, že pozitivní přínosy měla zejména plocha protierozní plodiny, jedním z možných řešení, by při pěstování širokořádkových plodin na rizikových svazích, mohla být plošná ochrana ve formě agrotechnických opatření, zejména takzvané ochranné obdělávání půdy.

Janeček a kol. (2012) jako příklady těchto opatření uvádí některá nenáročná opatření, která jsou relativně levná či úplně zadarmo a nevyžadují speciální techniku, jako jsou jízdy strojní soupravy ve směru vrstevnic, či využívání posklizňových zbytků plodin – setí kukuřice do ponechaného strniště s rostlinnými zbytky. Dále například mulčování slámou tzv. „mulch-till“, kdy je půda je pokryta mulčem, aby se šetřilo teplo a vlhkost. Také lze místo orby použít jen mělké kypření půdy či prokypření bez obracení.

Tyto technologie však nenají tak vysokou protierozní účinnost, a proto je na strmých svazích vhodné využít technologie s vysokou protierozní účinností. Janeček a kol. (2012) jako některé příklady takovýchto technologií uvádí:

- Zpracování půdy v pásech, tzv. „strip-till“, kdy jsou obdělány pouze úzké pruhy v místech budoucích řádků plodiny, a půda mezi řádky zůstane nezpracovaná.
- Přesné setí se zpracováním pouze v místech vysazení semen secími botkami. Při tomto postupu zůstává takřka 100% půdy pokryto, a tak chráněno před erozí.
- Pěstování kukuřice a slunečnice ve vymrznuté meziplodině, kdy se na jaře vysévá do půdy pokryté mulčem vzniklým z porostu meziplodiny. To pomáhá zvýšit pokrytí půdy i v zimním období.

Ideální je pak kombinace těchto opatření. Například přímé setí přesným secím strojem do přemrzlé meziplodiny a ponechaných rostlinných zbytků, jež poskytuje nejvyšší protierozní ochranu. Tato opatření je také, na vhodných místech, prospěšné kombinovat s opatřeními technickými a delimitací druhu pozemků (ochranné zatravnění a zalesnění) u prudkých svahů, v drahách soustředěného povrchového odtoku a dalších místech s vysokým rizikem vzniku zrychlené eroze (Janeček a kol. 2012). Jak ukázala například studie autorů Sklenička a kol. (2022), plochy, na kterých byly zaznamenány erozní události, mají výrazně vyšší průměrnou strmost svahu, než je průměrná hodnota tohoto ukazatele. Tímto se opětovně dostáváme k tématu, že proti erozi je třeba aplikovat daleko širší škálu opatření, než je řešena v této práci.

Nicméně výsledky této práce, spolu s dalšími necelými 700 řešenými scénáři na 33 PB v rámci projektu QK21020243 Programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství – ZEMĚ, jehož je tato práce součástí, snad přispějí ke zlepšení standardu DZES a dalších opatření, která pomohou chránit půdu v ČR před vodní erozí.

6.5 Doporučení ke zlepšení zemědělských politik v rámci udržitelného hospodaření v ČR

V návaznosti na výsledky práce a skutečnosti zjištěné v rešerši, lze v rámci zajištění udržitelného hospodaření v ČR doporučit:

Vzhledem k zásadnímu vlivu poměru plochy protierozní plodiny na výsledné množství erodované půdy, navázat erozní ohroženost PB na použití technik ochranného obdělávání půdy, alespoň při pěstování erozně rizikových plodin.

Vhledem k potřebě komplexního řešení eroze, pokračovat v realizaci technických protierozních opatření a delimitaci kultur, prostřednictvím pozemkových úprav i jinak.

Vhledem k zanedbatelnému vlivu přerušení odtokových drah při těchto velikostech DPB, ověřit tyto výsledky v jiných erozních modelech a dále zhodnotit, zda vzhledem k možným vznikajícím délkám svahu bude mít omezení velikosti DPB při velikostech 25-35 ha praktický dopad, a zvážit jako alternativu například použití pásového střídání plodin.

Dále by také bylo vhodné, zvážit dělení PB pomocí tradičních liniových krajinných prvků jako jsou meze, pásy dřevin a stromořadí či pásy neobdělávané půdy. Nikoliv už však jen z důvodu vodní eroze, ale zejména z důvodu vytvoření stanovišť pro volně žijící živočichy a planě rostoucí rostliny, a tím pomoci ke zvýšení biodiverzity, v čemž máme stále rezervy (Kuras a kol. 2017), a jenž lze řešit právě jen zásadní změnu uspořádání zemědělské krajiny (Landis a kol. 2017; Billeter a kol. 2007; Fahrig a kol. 2010). Jelikož z fungujícího ekosystému mohou dále profitovat samotní zemědělci (Pfiffner & Balmer, 2010).

7. Závěr

V rámci této práce byla zpracována rešerše, v níž byla shrnuta problematika vodní eroze, její principy, současný stav a možná opatření bránící jejímu dalšímu postupu. Dále byla v souladu se zadáním zpracována praktická část, věnující se dopadu aplikace opatření ze standardu DZES, konkrétně omezení rozlohy plochy jedné plodiny, možnými způsoby rozdělení PB, jež příslušné nařízení vlády uvádí.

V praktické části práce bylo v prostředí ArcGIS bylo zpracováno celkem 6 PB, každý po 10 scénářích, vyjadřujících různé způsoby dělení PB – kombinace velikostí DPB 25, 30 a 35 ha a tří variant dělení „del“, „pas“, „110“ (viz popis jednotlivých variant dělení v kapitole Metodika). Tyto soubory byly následně zpracovány v prostředí erozního modelu Atlas DMT. Bylo zjištěno, že při určitých způsobech dělení PB, je možné snížit množství odnesené půdy v důsledku vodní eroze až o 30 % (viz graf na obrázku 1, ukazující, o kolik se v průměru změnilы hodnoty pro jednotlivé scénáře). Konkrétní hodnoty je potom možné získat také z tabulky č. 2. Jako nejlepší se z pohledu protierozní ochrany ukázala varianta, kdy byl PB rozdělen na díly o stejné výměře (varianta 1 „střídání dvou plodin o stejné výměře“). Konkrétní scénář nebylo, vzhledem k malým vzájemným rozdílům z hlediska velikostí DPB, možné jednoznačně identifikovat. Dále bylo zjištěno, že velikost DPB v rozmezí 25–35 ha nehrála významnou roli v určování množství odnesené půdy, a tedy, že hlavním faktorem udávajícím množství odnesené půdy je především podíl plochy erozně méně náchylné plodiny či travního pásu oproti výměře PB, a že přerušení délky svahu se zde významně neprojevovalo. Pro jednotlivé PB byly vytvořeny grafické výstupy (obrázky 10 – 15), na kterých je možné porovnat účinky aplikace jednotlivých scénářů na konkrétní PB. Podrobně byla tato zjištění popsána v kapitole Výsledky. Kapitola Diskuse se věnovala rozboru těchto výsledků. Výsledky zde byly porovnány se závěry jiných studií, přičemž bylo zjištěno, že ne všechny práce se na výsledku shodují. Zároveň zde byla rozebrána i přesnost výsledků a bylo upozorněno na případné problémy, jež mohou nastat při jejich srovnání s různými typy prací. Nakonec byla, na základě zjištění v rešerži a výsledcích, obecně formulována doporučení pro zlepšení současných legislativních opatření, týkajících problematiky se vodní eroze. Jelikož jsou data získaná v této práci dílčí součástí většího projektu (viz poslední odstavec kapitoly 6.4.2), pracujícího s více než šesti sty scénáři, měla by získaná data posloužit jako pevný základ pro zhodnocení a případnou úpravu současně platné legislativy týkající se opatření proti vodní erozi na zemědělských plochách, nastavenou Ministerstvem zemědělství ČR. Do budoucna tak snad tyto výsledky, spolu s výsledky dalších prací, přispějí k nastavení racionálních a účinných opatření, která pomohou chránit zemědělskou půdu v ČR před vodní erozí.

8. Přehled literatury a použitých zdrojů

Atlas s.r.o., ČVUT v Praze, VÚMOP v.v.i., ©2014: Atlas EROZE model pro výpočet erozního smyvu a optimalizaci návrhu protierozních opatření – Manuál programu. Atlas s.r.o., Praha. 54 s.

Avakoudjo J., Kouelo F.A., Kindomihou V.M., Akponikpe P.I., Azontonde A.H., Sinsin B.A., Akplo T.M., Agonvinon M.S., 2020: Water erosion in the Donga soils in Subhumid zone in west Africa. *Journal of Environmental Protection* 11/12. 1073–1088.

Barbier E., 1995: *The Economics of Soil Erosion: Theory, Methodology and Examples*. University of York, Heslington.

Billeter R., Liira J., Bailey D., Bugter R., Arens P., Augenstein I., Aviron S., Baudry J., Bukacek R., Burel F., Cerny M., De Blust G., De Cock R., Diekötter T., Dietz H., Dirksen J., Dormann C., Durka W., Frenzel M., Hamersky11 R., Hendrickx F., Herzog F., Klotz S., Koolstra B., Lausch A., Le Coeur D., Maelfait J. P., Opdam P., Roubalova M., Schermann A., Schermann N., Schmidt T., Schweiger O., Smulders M. J. M., Speelmans M., Simova P., Verboom J., van Wingerden W. K. R. E., Zobel M., Edwards P. J., 2007: Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* 45. 141-150.

Boakye E., Anyemedu F. O. K., Donkor E. A., Quaye-Ballard J. A., 2020: Spatial distribution of soil erosion and sediment yield in the Pra River Basin. *Discover Applied Sciences* 2. 1–12.

Boardman J. [ed.], Poesen J. [ed.], 2006: *Soil Erosion in Europe*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.

Berendse F., Chamberlain D., Kleijn D., Schekkerman H., 2004: Declining Biodiversity in Agricultural Landscapes and the Effectiveness of Agri-environment Schemes. *A Journal of the Human Environment* 33/8. 499-502.

De Ploey J., 1989: *Soil Erosion Map of Europe*. Catena Verlag, Cremlingen.

Fahrig L., Baudry J., Brotons L., Burel F. G., Crist T. O., Fuller R. J., Sirami C., Siriwardena G. M., Martin J. L., 2010: Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters* 14. 101-112.

Hulme M., Jenkins GJ., Lu X., Turnpenny J., Mitchell TD., Jones RG., Lowe J., Murphy JM., Hassell D., Boorman P., McDonald R., Hill S., 2002: *Climate Change Scenarios for the United Kingdom: the UKCIP02 Scientific Report*. Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich.

Janeček M., Dostál T., Dufková J., Dumbrovský M., Hůla J., Kadlec V., Konečná J., Kovář P., Krása J., Kubátová E., Kobzová D., Kudrnáčová M., Novotný I., Podhrázká J., Pražan J., Procházková E., Středová H., Toman F., Vopravil J., Vlasák J., 2012: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Česká zemědělská univerzita Praha, Praha.

- Jirsová M., 2014: Erozní ohrožení půdních bloků s vybranými plodinami a návrh vhodných protierozních opatření. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, České Budějovice. 80 s. (diplomová práce). Dep. IS/STAG (online) [cit.2024.03.12], dostupné z <<http://wstag.jcu.cz/StagPortletsJSR168/CleanUrl?urlid=prohlizeni-prace-detail&praceldno=32540>>.
- Karydas Ch., Panagos P., Gitas I. Z., 2012: A classification of water erosion models according to their geospatial characteristics. *International Journal of Digital Earth* 7. 229-250.
- Knápek J., Vávrová K., Králík T., Outrata D., 2020: Biomass potential—theory and practice: case example of the Czech Republic region. *Energy Reports* 6. 292-297.
- KU Leuven – Katholieke Universiteit Leuven, Department of Earth and Environmental Sciences, ©2020: WaTEM/SEDEM: a spatially distributed soil erosion and sediment delivery model (online) [cit.2024.03.13], dostupné z <<https://watem-sedem.github.io/watem-sedem/watem-sedem.html>>.
- Kuras T., Šarapatka B., Mazalová M., Tuf I. H., Bednář M., 2017: Krajinná struktura – Klíč k ochraně biologické rozmanitosti, půdy a vody Část I – Ochrana biodiverzity. *Ochrana přírody* 6. 18-23.
- Landis D. A., 2017: Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology* 18. 1-12.
- Mašát K., Němeček J., Tomiška Z., 2002: Metodika vymezení a mapování BPEJ. VÚMOP, Praha.
- McConnell KE., 1983: An economic model of soil conservation. *American Journal of Agricultural Economics* 65. 84–89.
- McEvoy D., Mitchell D., Trundle A., 2020: Land tenure and urban climate resilience in the South Pacific. *Climate and Development* 12. 1–11.
- Meliho M., Noura A., Benmansour M., Boulmane M., Khattabi A., Mhammdi N., Benkdad A., 2019: Assessment of soil erosion rates in a Mediterranean cultivated and uncultivated soils using fallout ¹³⁷Cs. *Journal of Environmental Radioactivity* 208. článek č. 106021.
- Morgan R. P. C., 2005: *Soil Erosion and Conservation*. Blackwell Publishing, Malden.
- MZe – Ministerstvo zemědělství České republiky, 2020: Průvodce zemědělce kontrolou podmíněnosti platný pro rok 2020. MZe, Praha, 147 s.
- MZe – Ministerstvo zemědělství České republiky, 2021: Metodická příručka pro podmíněnost pro rok 2023. MZe, Praha, 215 s.
- MZe – Ministerstvo zemědělství České republiky, 2022: Uživatelská dokumentace pLPIS – Veřejný Registr půdy. MZe, Praha. 91 s.
- Nařízení vlády č. 177/2021 Sb., nařízení vlády, kterým se mění některá nařízení vlády v oblasti zemědělství v souvislosti s epidemií viru SARS CoV-2 v roce 2021, v platném znění.

Nasir M. J., Alam S., Ahmad W., Ahmad B., Bateni S. M., Iqbal J., Almazroui M., 2023: Geospatial soil loss risk assessment using RUSLE model: a study of Panjkora River Basin, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Arabian Journal of Geosciences* 16. článek č. 440.

Papy F., Souchere V., Wicherek S. [ed.], 1993: Control of overland runoff and talweg erosion: a land management approach. Elsevier, Amsterdam.

Paszkowski A., Goodbred Jr. S., Borgomeo E., Khan M. S. A., Hall J. W., 2021: Geomorphic change in the Ganges–Brahmaputra–Meghna delta. *Nature Reviews Earth & Environment* 2. 763–780.

Pfiffner L., Balmer O., 2010: *Ekologické zemědělství a biodiverzita*. Bioinstitut o.p.s. Olomouc.

Poesen J., Nachtergaele J., Verstraeten G., Valentin C., 2003: Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* 50/2-4. 91–133.

Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., McCool D.K., Yoder D. C., 1996: Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Washington, D.C.

Sklenička P., 2002: Temporal changes in pattern of one agricultural Bohemian landscape during the period 1938-1998. *Ekológia* 21. 181-191.

Sklenička P., Efthimiou N., Zouhar J., van den Brink A., Kottová B., Vopravil J., Zástěra V., Gebhart M., Bohnet I. C., Janečková K., Hossein A., 2022: Impact of sustainable land management practices on controlling water erosion events: The case of hillslopes in the Czech Republic. *Journal of Cleaner Production* 337. článek č. 130416.

Tundu C., Tumbare M.J., Kileshye Onema J.M., 2018: Sedimentation and its impacts/effects on river system and reservoir water quality: case study of Mazowe catchment, Zimbabwe. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences* 377. 57–66.

Vezina K., Bonn F., Van C.P., 2006: Agricultural land-use patterns and soil erosion vulnerability of watershed units in Vietnam's northern highlands. *Landscape Ecology* 21. 1311–1325.

VÚMOP, ©2020: Výběr statistických údajů pro Českou republiku za rok 2019 (online) [cit.2024.02.21], dostupné z <<https://statistiky.vumop.cz>>.

Vopravil J., Khel1 T., Vrabcová T., Havelková L., Procházková E., Novotný I., Novák P., Fučík P., Duffková R., Jacko K., Tylová J., 2010: Vliv činnosti člověka na krajinu českého venkova s důrazem na vodní režim a zadržování vody v krajině. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Praha.

Wen X., Deng, X., 2020: Current soil erosion assessment in the Loess Plateau of China: a mini-review. *Journal of Cleaner Production* 276. článek č. 123091

Winpenny J., 1991: *Values for the Environment*. Overseas Development Institute, London.

Wischmeier W. H., Smith D. D., 1965: Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.

Zachar D., 1982: Soil erosion. Elsevier, Amsterdam.

Žížala D., Juřicová A., Kapička J., Novotný I., 2021: The potential risk of combined effects of water and tillage erosion on the agricultural landscape in Czechia. *Journal of Maps* 17. 1–11.

Seznamy

Obrázky:

Obrázek 1, Souhrnný graf jednotlivých scénářů.....	20
Obrázek 2, Závislost na způsobu dělení	21
Obrázek 3, Závislost na velikosti DPB	21
Obrázek 4, Závislost smyvu na velikosti DPB při dělení 110 m pásem.....	22
Obrázek 5, Závislost smyvu na velikosti DPB při střídání plodin	23
Obrázek 6, Závislost smyvu na velikosti DPB při dělení travním pásem	23
Obrázek 7, Závislost smyvu na způsobu dělení při 25 ha	24
Obrázek 8, Závislost smyvu na způsobu dělení při 30 ha	25
Obrázek 9, Závislost smyvu na způsobu dělení při 35 ha	25
Obrázek 10, Grafické výstupy pro PB 0102/13	27
Obrázek 11, Grafické výstupy pro PB 8501/3.....	28
Obrázek 12, Grafické výstupy pro PB 8901/1	29
Obrázek 13, Grafické výstupy pro PB 1203/1	30
Obrázek 14, Grafické výstupy pro PB 1802	31
Obrázek 15, Grafické výstupy pro PB 1801/6	32
Obrázek 16, Příklad snímku obrazovky s EUC (https://me.vumop.cz).....	13
Obrázek 17, Přehled jednotlivých variant dělení PB.....	15
Obrázek 18, Rozšíření o EUC.....	16
Obrázek 19, Nastavení konfigurace pro generování modelu terénu.....	17
Obrázek 20, Nastavení vstupních parametrů	18
Obrázek 21, Nastavení barev výstupního rastru	19

Tabulky:

Tabulka 1, Zpracovávané půdní bloky.....	12
Tabulka 2, Erozní smyv vyjádřený jako průměr ze všech PB	20

Vzorce:

Rovnice 1, rovnice USLE	9
-------------------------------	---