

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



Diplomová práce

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

Vedoucí práce: Ing. Jana Kalibová Ph.D.

Autor práce: Bc. Svatopluk Jakob Geppert

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Svatopluk Jakob Geppert

Regionální environmentální správa

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 diplomové 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 jejich účinnost mezi sebou a vůči původnímu stavu před rozdělením půdního bloku.

Metodika

Metodicky práce bude 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 USLE 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. 2/2020 – Metodické pokyny pro zpracování diplomové práce na FŽP

Klíčová slova

DZES, eroze, monokultura, USLE, půdní blok

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 27. 1. 2023

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2024

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou 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 diplomovou/závěrečnou 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/a, že odevzdáním diplomové 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 Táboře, dne 20. března 2024

Svatopluk Jakob Geppert

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucí mé diplomové práce Ing. Janě Kalibové Ph.D., rodině a přátelům za podporu během mého studia.

ABSTRAKT

V práci je řešena problematika protierozních opatření na zemědělské půdě formou optimalizace rozlohy osevů na půdních blocích. Rozloha odpovídá standardu DZES 7 d pro podporu udržitelného hospodaření v ČR. Práce vyhodnocuje erozní ohroženost daného půdního bloku v původním stavu, před zavedením pravidel DZES 7 d a erozní ohroženost na devíti scénářích osevních postupů. Scénáře S1-S9 zahrnují tři varianty osevních postupů: střídání dvou plodin, rozdělení původní plodiny travními pásy o šíři 22 m a rozdělení původní plodiny pásy méně erozně náchylné plodiny o šíři 110 m a tyto tři postupu jsou modelovány pro výměry 25 ha, 30 ha a 35 ha. Modelace ukázala, že nejvýhodnějším postupem je střídání dvou plodin na pozemcích o výměrách 25 ha.

Erozní ohroženost byla stanovena metodou RUSLE v prostředí modelu ATLAS: Podkladová data byla připravena v prostředí ArcGIS. Členění půdních bloků dle scénářů respektuje topografii terénu a bere ohled na ucelenost jednotlivých dílů půdních bloků.

Klíčová slova: DRES, eroze, monokultura, půdní blok

ABSTRACT

This thesis deals with the issue of anti-erosion measures on agricultural land in the form of optimizing the area of crops on land blocks. The area corresponds to the DZES 7d standard for supporting sustainable farming in the Czech Republic. The work evaluates the erosion risk of the given soil block in its original state, before the introduction of DZES 7d rules, and the erosion risk in nine scenarios of sowing procedures. Scenarios S1-S9 include three variations of seeding practices: two-crop rotation, dividing the original crop with grass strips 22 m wide, and dividing the original crop with less erosion-prone crop strips 110 m wide, and these three practices are modeled for areas of 25 ha, 30 ha, and 35 ha . The modeling showed that the most advantageous procedure is the rotation of two crops on plots of land measuring 25 ha.

Erosion risk was determined using the RUSLE method in the ATLAS model environment: Background data was prepared in the ArcGIS environment. The division of land blocks according to the scenarios respects the topography of the terrain and takes into account the integrity of the individual parts of the land blocks.

Key words: DRES, erosion, monoculture, land blocks

OBSAH DP

1. ÚVOD.....	8
2. CÍLE PRÁCE.....	9
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	9
3.1. Eroze zemědělské půdy.....	9
3.1.1. Vodní eroze půdy.....	10
3.1.2. Větrná eroze půdy.....	11
3.1.3. Pojem a typy degradací půdy.....	12
3.1.4. Přírodní podmínky ovlivňující erozi.....	17
3.1.5. Aridizace a dezertifikace půd.....	20
3.2. Protierozní opatření.....	21
3.2.1. Organizační a ekonomická opatření.....	21
3.2.2. Agrotechnická a vegetační protierozní opatření.....	22
3.2.3. Technická protierozní opatření.....	24
3.2.4. Lesnická rekultivace a protierozní opatření.....	25
3.2.5. Rekultivace vod a protierozní opatření.....	26
3.2.6. Ochrana půdy před větrnou erozí.....	27
3.3. Legislativa ochrany půdy v ČR.....	28
3.3.1. Právní předpisy EU a České republiky řešící ochranu půd.....	28
3.3.2. Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu.....	30
4. METODIKA.....	31
4.1. Scénáře.....	32
4.2. Model Atlas EROZE.....	33
4.3. Metodika výpočtu v modelu Atlas EROZE.....	36
4.4. Vstupní data.....	36
4.5. Postup práce v softwaru ArcMap.....	36
4.6. Postup práce v modelu Atlas EROZE.....	38
5. VÝSLEDKY.....	39
6. DISKUSE.....	48
7. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE.....	49
8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	50
9. PŘÍLOHY.....	53

1. ÚVOD

Půda je jedním z nejcennějších přírodních bohatství svěřených lidem a lze ji označit za neobnovitelný zdroj. Eroze zemědělské půdy je v České republice jedním z nejrozšířenějších typů degradace půdy. Odnosem ornice, která je nejcennější vrstvou půdy, způsobuje škody přímo na zemědělské půdě, ale i další škody na soukromém i obecním majetku. Eroze půdy je způsobena meteorologickými podmínkami a působením člověka, na orné půdě použitými zemědělskými technikami. To, jak s půdou nakládáme ovlivňuje, jak náchylná bude k erozi.

V průběhu druhé poloviny 20. století došlo na území dnešní České republiky k masivnímu scelování zemědělských pozemků. Docházelo k rozorání mezí, rušení polních cest a likvidaci krajinných prvků v oblastech orné půdy. Bylo to v období státem plánované a centrálně řízené ekonomiky. Cílem bylo zvýšit produktivitu zemědělství. Na velkých půdních blocích lze efektivněji využít těžkou zemědělskou techniku. V čase se však ukázalo, že rozsáhlé půdní bloky jsou náchylnější k vodní i větrné erozi a docházelo k významné degradaci půd.

V posledních letech byla vládami i významnou částí obyvatelstva Evropy přijata myšlenka udržitelného rozvoje. Ve vztahu k udržitelnému hospodaření na půdách stanovuje Evropská unie základní rámec udržitelného hospodaření v příloze č. II nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1306/2013, jež obsahuje tematické okruhy voda, půda a zásoby uhlíku, krajina a minimální úroveň péče.

Na úrovni České republiky jsou definovány tzv. Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) půdy zajišťující zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí. Jsou definovány v nařízení vlády č. 48/2017 Sb., stanovení požadavků podle aktů a standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu pro oblasti pravidel podmíněnosti a důsledků jejich porušení pro poskytování některých zemědělských podpor. Jejich součástí je i požadavek, aby půdní bloky orné půdy neměly rozlohu větší než 30 ha.

Toto parametry byly stanoveny jako kompromis, který bude třeba následně vyhodnotit. Problematika maximální rozlohy monokultur na zemědělské půdě má velké dopady na české zemědělství i krajinu. Údaje z LPIS za rok 2018 ukazují, že cca 35 % v něm evidované plochy zabírají plochy dílčích půdních bloků s rozlohou větší než 30 ha. Tímto vyhodnocením se zabývá výzkumný projekt QK21020243. Poskytovatelem podpory je Ministerstvo zemědělství České republiky. Hlavním příjemce podpory pak Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Dalšími subjektem zapojeným do řešení subjektu je pak Česká zemědělská univerzita v Praze (ČZU) a Mendelova univerzita v Brně.

Tato diplomová práce se podílí na řešení cíle tohoto projektu, a to výzkumného cíle V02 – Vyhodnocení dopadů nastavení pravidel na degradaci půd a to v rámci řešitelského pracoviště na ČZU. Práce modeluje protierozní opatření na 10 půdních blocích z celkem 33 půdních bloků, na nichž jsou touto metodou protierozní opatření ověřována. Výsledkem této práce by měla být data, která přispějí ke zhodnocení vhodnosti zvolených parametrů protierozních opatření v daném nařízení vlády.

2. CÍLE PRÁCE

S platností od 1.1.2020 platí na území České republiky tzv. Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES 7) zajišťující udržitelné zemědělské hospodaření. Jsou definovány v Nařízení vlády č. 48/2017 Sb. Pro management půdy je definována maximální rozloha monokultury na orné půdě na rozlohu 30 ha. Díly půdních bloků pak musí být odděleny buď ochranným pásem šířky 22 m osetým plodinami definovanými v Nařízení vlády č. 50/2015 Sb., anebo plochou jiné plodiny o minimální šířce 110 m. Tyto standardy nám definují scénáře pro tento výzkum.

Cílem této diplomové práce je porovnat protierozní účinnost dělení půdních bloků na orné půdě dle tří metod uvedených v Nařízení vlády č. 48 z roku 2017 Sb. Tato tři opatření se budou aplikovat na tři varianty monokultur na pozemcích o maximálních rozlohách 25, 30 a 35 ha. Poté se porovná jejich účinnost mezi sebou a vůči původnímu stavu.

V této práci se pro každý z 10 řešených půdních bloků vytvoří 9 scénářů (S1 – S9) a na těch se provede výpočet erozní ohroženosti metodou Revidované rovnice ztráty půdy (RUSLE) v modelu Atlas EROZE. Cílem této práce je přispět k řešení výzkumného cíle V02 projektu QK21020243 hodnotícího efektivitu protierozních opatření definovaných v nařízení vlády č. 48/2017 Sb.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1. Eroze zemědělské půdy

Půda je hlavním bohatstvím, na kterém závisí život lidí; je to prostředek a předmět práce, místo, kde se lidé usazují. O půdu je nutné se vždy starat, abychom nejen získali potřebné produkty, ale i zachovali její úrodnost pro další generace (Vieira, 2021).

Půdní eroze je jedním z nejzávažnějších globálních ekologických problémů (Silva, 2024).

Na zemském povrchu spolu s procesy tvorby půdy probíhají různé procesy její destrukce (eroze, deflace, salinizace atd.), spojené s oddělováním, přenosem a ukládáním povrchové vrstvy půdy a hornin ledovci, táním a dešťová voda, vítr a další činitelé denudace (Pelacani, 2008).

Půdní pokryv plní v biosféře mnoho funkcí. Půda je jednou z nejdůležitějších biogeochemických bariér pro migraci látek. Díky svým specifickým vlastnostem určuje podmínky lidské existence jak kvalitou a množstvím zemědělských produktů, tak hygienickými funkcemi. Na pozadí stále rostoucích antropogenních a technogenních zátěží biosféry by proto měl problém degradace a ochrany půdy zaujímat velmi důležité místo. Správný přístup k překonání procesů degradace půdy je klíčem k zachování flóry a fauny, čistoty vody a ovzduší (Janeček, 2008).

Degradace půdy je soubor procesů, které vedou ke změnám funkcí půdy, kvantitativnímu a kvalitativnímu zhoršování jejích vlastností, postupnému zhoršování a ztrátě úrodnosti. Půdní eroze se týká destruktivního působení proudící vody a větru na půdní pokryv a podložní horniny. Eroze existuje v přírodě jako přirozený proces, který probíhá velmi pomalu. Na zemědělských půdách identifikujeme erozi vodní, větrnou a erozi orbou (Novotný, 2017).

V některých případech vede lidský vliv na půdy ke zvýšení jejich úrodnosti, v jiných ke zhoršení, degradaci a zničení. Mezi zvláště nebezpečné důsledky vlivu člověka na půdu patří zrychlená eroze, znečištění cizorodými chemikáliemi, zasolování, podmáčení a zábory půd pro různé stavby (dopravní dálnice, nádrže atd.). Škody způsobené na půdě v důsledku iracionálního využívání půdy jsou alarmující. Degradace úrodných půd probíhá mnohonásobně rychleji než jejich tvorba. Nebezpečná je pro ně především zrychlená eroze (Toy, 2002).

3.1.1. Vodní eroze půdy

Vodní eroze se definuje jako komplexní proces zahrnující rozrušení půdního povrchu transportem a sedimentací uvolněných půdních částic působením vody. Eroze půdy je přírodní proces, který nelze úplně zastavit. Proto rozlišujeme erozi tzv. normální (geologickou) a erozi zrychlenou. Normální eroze neustále přetváří reliéf krajiny, probíhá postupně, pomalu a v dlouhém čase. Považujeme ji za součást půdotvorného procesu. Oproti tomu eroze zrychlená smývá půdní částice rychleji než mohou být nahrazeny půdotvorným procesem. Zrychlená eroze je často ovlivněna lidskou činností a je třeba před ní půdu účinně chránit.

V České republice vodní eroze ohrožuje přes 50 % výměry orné půdy. Na převážné části erozí ohrožených půd však stále není prováděna systematická protierozní ochrana. Podle Novotného (2017) máme díky intenzifikaci zemědělství v minulosti v ČR největší půdní bloky v Evropě. Taktéž došlo k likvidaci mnoha hydrografických a krajinných prvků bránících půdní erozi. Například rozorání mezí, likvidace rozptýlené zeleně či likvidace polních cest. Další významným faktorem je skutečnost, že velká část obhospodařované zemědělské půdy v ČR je v pronájmu, což snižuje motivaci hospodářů investovat do protierozních opatření, kde návratnost je v delším čase.

Vodní erozi nejvíce ovlivňuje sklonitost pozemků v kombinaci s jejich délkou po spádnici. Dále pak vegetační pokryv, tedy co, jak a kdy pěstují a vlastnosti půdy. Stran srážek je nebezpečí vodní eroze vysoké, pokud je jejich úhrn přes 12,5 mm. Přes 80 % erozně nebezpečných dešťů se vyskytuje v období červen až srpen. Dalším rizikovým obdobím je rychlé jarní tání po zimě bohaté na sních. Důležitým faktorem je také nedostatek organické hmoty v půdě. Pak je stability půdní hmoty nízká a hůře odolává biotickým i abiotickým erozním činitelům. Dobré zásobování půdy organickou hmotou má vliv na schopnost půdy zadržet vodu. Taktéž lépe odolává ztížení při pojezdech těžké techniky po pozemcích.

Vodní eroze ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část – ornici. Dále zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, snižuje obsah živin a humusu, zvyšuje šterkovitost, zmenšuje mocnost půdního profilu, snižuje propustnost půdy, poškozuje plodiny, znesnadňuje pohyb techniky po pozemcích a způsobuje ztráty osiv, sadby, hnojiv i přípravků na ochranu rostlin. Ve výsledku tedy snižuje hektarové výnosy. Dále pak půdní částice transportované vodní erozí znečišťují vodní zdroje, zanášejí akumulací prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků a zhoršují prostředí pro vodní organismy.

3.1.2. Větrná eroze půdy

Větrná eroze je přírodní jev, při kterém vítr působící na povrchu půdy mechanickou silou, rozruší půdní agregáty a uvolní půdní částice, které uvede do pohybu a přenesse na různou vzdálenost. Když se rychlosti větru sníží, částice se uloží zpět na zemský povrch. Pohyb půdních částic může mít několik forem. Od formy aerosolu nejjemnějších částic v atmosféře tzv. prašné bouře, k pohybu půdních částic tzv. skokem, při němž se přemístí velké množství půdy, po sunutí částic půdy na povrchu půdy. V České republice větrná eroze ohrožuje 10 % zemědělské půdy.

Faktory ovlivňující průběh větrné eroze jsou stav a povaha půdy a odpor půdních částic, který je určen velikostí a tvarem částic, strukturou a vlhkostí půdy, drsností půdního povrchu a rostlinným krytem. Rostlinný kryt sehrává rozhodující roli při ochraně půdního povrchu před dynamickými účinky větru.

Větrná eroze je dána především meteorologickými a půdními poměry. Ty jsou ovlivňovány zásahy člověka. Na zemědělské půdě hraje významnou roli způsob a termíny obdělávání půdy a zvolený vegetační kryt půdy. Z meteorologických faktorů jsou to především směr a rychlost větru, četnost jeho výskytu a doba působení. Dále je větrná eroze ovlivněna formou a množstvím atmosférických srážek a výparem ovlivněným teplotou. Platí, že čím je větší rozměr půdních částic, tím je potřeba větší rychlost větru nad povrchem, aby nastal odnos.

Větrnou erozí jsou ohroženy obzvláště lehké písčité půdy v oblastech s otevřenými krajinnými horizonty. V ČR je to především Polabí a jižní Morava. Další rizikovou oblastí je kombinace mrazu v zimním období a následné suchu v létě. Tato eroze je v ČR pozorována například v oblastech pod Bílými Karpatami a na Litoměřicku kolem vrchu Klapí. Větrná eroze se může vyskytovat celoročně, neškodlivější bývá na jaře po suché a sněhem chudé zimě. Dále pak na podzim, kdy půda již opět není chráněná vegetačním pokryvem (Novotný, 2017).

3.1.3. Pojem a typy degradace půdy

V důsledku hospodářské činnosti půda často ztrácí úrodnost, degraduje nebo dokonce úplně sesune. K tomu dochází, když je lidská činnost iracionální a ekologicky neopodstatněná. Aby se předešlo negativním ekologickým důsledkům vlivu člověka na půdu, je nutné věnovat zvýšenou pozornost otázkám racionálního využívání a ochrany půd (Janeček, 2008).

Ochrana a racionální využívání půd je systém opatření zaměřených na ochranu, zlepšování a racionální využívání půdy, zvyšování úrodnosti půdy a udržování stability biosféry jako celku. Informace o procesech degradace půdy se nevztahují na relativní křehkost ekosystému. Degradace půdy je definována jako proces, který snižuje budoucí kapacitu půdy produkovat zboží nebo služby (Oldeman, 1992).

Degradace (postupné zhoršování kvality půdy v důsledku zhoršování struktury, chemických vlastností a ztráta úrodnosti) i úplná destrukce půdy může nastat jak v důsledku přírodních jevů (přírozené změny půdotvorných podmínek, sopečné erupce, hurikány), tak i v důsledku lidské ekonomické činnosti (Rejšek a Vácha, 2018).

Jevy degradace půdy a úplného zničení lze rozdělit do několika hlavních skupin:

- 1) Porušení bioenergetického režimu půd a ekosystémů;
- 2) Devegetace půdy (ztráta vegetačního krytu v půdách vedoucí k odumírání půdy);
- 3) Dehumifikace půd (ztráta humusu z půd);
- 4) Únava půdy a vyčerpání půdy (procesy probíhající v půdách v důsledku dlouhodobého pěstování jednoho druhu plodiny) (Novotný, 2017).

Patologický stav půdních horizontů a půdního profilu:

- a) odcizení a vyloučení půd ze stávajících ekosystémů (průmyslová eroze půdy) (odcizení půd městy, obcemi, silnicemi, energetickými a komunikačními vedeními, potrubími, lomy, nádržemi, skládkami atd.);
- b) vodní a vzdušná eroze (deflace) půd (destrukce svrchních vrstev půdy vlivem vody a větru);
- c) tvorba bezstrukturních krust a příliš zhutněných horizontů (ztráta struktury půdy nebo její nadměrné zhutnění při obdělávání polí těžkou technikou; při vlhkosti přesahující „fyzickou zralost“ půd; sekundární alkalizace černozemních půd; se vznikem suborabile zhutněný horizont na staré orné půdě) (Pelacani, 2008).

Porušení vodního a chemického režimu půd:

- 1) suchost a dezertifikace půd (výsledek jak globálního postglaciálního procesu dezertifikace, tak neuvážené lidské ekonomické aktivity);
- 2) bahnotoky a sesuvy půdy (důsledek mýcení vegetace v horských oblastech);
- 3) sekundární zasolování půdy (důsledek nesprávného zavlažování mineralizovanou nebo sladkou vodou);
- 4) přirozená a sekundární kyselost půd (kyselost půdy je pod optimální půdní reakcí, která se u mnoha zemědělských rostlin pohybuje v rozmezí pH 5,5-8; sekundární kyselost vzniká v důsledku emisí do ovzduší kyselých sloučenin průmyslových, doprava a jiný původ);
- 5) přesušení zemin (důsledek nesprávně provedené drenážní rekultivace) (Novotný, 2017).

Zaplavování, ničení a zasolování půd vodami z nádrží

Vznik nádrží je provázen rozvojem komplexu negativních procesů vedoucích k degradaci půdního pokryvu: zaplavování záplavových a nadnivních teras, zvyšování hladiny podzemních

vod a zaplavování půd, obrusování břehů a zasolování delt, eroze, resp. ničení půd pobřežních delt, znečištění a sodné (alkalické) zasolování vod a půd atd.

Znečištění a chemické otravy půd

- a) průmyslové znečištění půdy (důsledek usazování par, aerosolů, prachu nebo rozpuštěných látek znečišťujících látek na povrchu půdy se srážkami);
- b) znečištění zemědělské půdy (důsledek nesprávného používání pesticidů, aplikace nadměrných dávek minerálních a organických hnojiv, odpadů a splachů z chovů hospodářských zvířat);
- c) radioaktivní kontaminace půd (přírozená nebo antropogenní akumulace radionuklidů v půdě v důsledku jaderných výbuchů, havarijní úniky v jaderných podnicích, úniky radioaktivních materiálů, ukládání odpadů z jaderného průmyslu) (Janeček, 2008).

Degradace krajiny v oblastech s permafrostem

Tato území se vyznačují extrémní nestabilitou vůči vlivu antropogenních faktorů. Neupravený dopravní ruch, přepásání a další procesy vedou k narušení vegetačního krytu, což způsobuje rozmrzání zmrzlých půd, rozvoj erozních procesů a destrukci půdního krytu (Pelacani, 2008).

Ničení půd vojenskými akcemi.

Pohyb vojenské techniky, výstavba opevnění, výbuchy bomb, granátů atd. vedou k degradaci až úplné destrukci půdního krytu. Testování a používání jaderných zbraní způsobuje radioaktivní kontaminaci půd.

Rozlišují se tyto nejvýznamnější typy degradace půdy: technologická (v důsledku dlouhodobého využívání); eroze půdy (vodní a větrná); salinizace; zamokření; kontaminace půdy těžkými kovy, ropou, pesticidy; dezertifikace. Extrémním stupněm degradace půdy je destrukce půdního krytu (Pelacani, 2008).

Podle nejobecnějších představ je nyní pokles úrodnosti půdy pozorován na 30–50 % celého povrchu země. Při takové rychlosti degradace může být půdní kryt planety, jak se někteří vědci domnívají, během 100 let zcela vyčerpán. Ztráty půdy jsou zvláště velké v rozvojových zemích s rychle rostoucí populací a zaostalou zemědělskou technologií.

Stupeň degradace půdy se může lišit. Obvyklá klasifikace zahrnuje následující čtyři stupně: slabý (mírný), střední, vysoký a velmi vysoký. Velmi vysoké stupně, při kterých je půdní pokryv prakticky úplně zničen, se zdají být téměř neobvyklé. Musíme však mít na paměti, že i 1 % velmi vážně degradované orné půdy v planetárním měřítku činí 13 milionů hektarů. Téměř 2/3 orné půdy podléhá vysoké a střední degradaci (Janeček, 2008).

Průmyslová eroze a rekultivace půdy

Průmyslová eroze půdy je ničení půdního krytu průmyslovou lidskou činností. Je to způsobeno různými druhy činností. Povrchová těžba je doprovázena vznikem lomů, výsypek, hald, které narušují vegetační a půdní kryt, hydrologický a hydrochemický režim území. Pro zachování půdního pokryvu se v tomto případě doporučuje selektivní těžba a ukládání humifikovaných půdních horizontů pro následnou obnovu narušených ploch (Novotný, 2017).

Podzemní těžba postupem času vede k rozvoji poklesových jevů, změnám topografie a hydrologického režimu území. Produkce ropy vede ke kontaminaci půdy ropou, ropnými vodami a formačními vodami. Průmyslovou a občanskou výstavbu, výstavbu elektrických vedení a výstavbu silnic provází úplná destrukce půdního krytu a trvalé odnětí půdy ze zemědělského využití.

Pozemky narušené v důsledku průmyslové eroze podléhají rekultivacím. Rekultivace jsou opatření k obnově a optimalizaci narušené krajiny. Zahrnují komplex těžebních, rekultivačních, zemědělských, lesnických a inženýrských a stavebních prací zaměřených na obnovu poškozené úrodnosti půdy. Na obnovovaném území vznikají zemědělské pozemky, lesní plantáže, nádrže, rekreační oblasti, obytné a průmyslové objekty apod. Směr a způsoby rekultivace se liší v závislosti na přírodních (klíma, horniny atd.) a ekonomických charakteristikách území (Janeček, 2008).

Rekultivace zahrnuje tři etapy: přípravnou, těžební a technickou rekultivaci a biologickou rekultivaci.

- První etapa (přípravná) zahrnuje prozkoumání narušených území, určení směru rekultivace a vypracování studie proveditelnosti a projektu rekultivace.
- Druhá etapa (báňsko-technická rekultivace) zahrnuje v případě potřeby chemickou rekultivaci. Těžební technické rekultivace provádějí podniky, které rozvíjejí nerostné zdroje.

- Třetí etapa (biologická rekultivace) je zaměřena na obnovu úrodnosti pozemků připravených v procesu těžebních rekultivací a jejich přeměnu na plnohodnotnou lesní nebo zemědělskou půdu (Novotný, 2017).

Nejlevnějším typem zástavby rekultivovaných ploch je zalesňování. Pro zlepšení vlastností vrchní vrstvy výsypek, akumulaci organických látek a dusíku v ní se před výsadbou stromů vysévá lupina, jetel či vojtěška a následně se zaorá. Stromy se vysazují jako sazenice do otvorů nebo brázd vyplněných netoxickou horninou nebo zeminou. Při rekultivaci půdy na zemědělskou půdu se provádí vápnění, kypření do hloubky 60 cm, aplikace hnojiv a setí obilno-luštěninové směsi. Poté se zavádí speciální střídání plodin, kde 40–50 % tvoří víceleté trávy. Po takovém střídání plodin mohou být rekultivované pozemky obsazeny zónovým střídáním polí nebo pícnin (Janeček, 2008).

Odvhlčování půdy

V posledních desetiletích stav humusu přitahuje pozornost výzkumníků z hlediska degradační dehumiifikace půd. Snížení obsahu humusu vede ke snížení úrodnosti půdy. To má zvláště silný účinek, když obsah humusu klesne pod 1-2%. Je třeba připomenout, že důležitý není pouze obsah a zásoby humusu, ale také jeho kvalita (Novotný, 2017).

Odvhlčování půdy – snížení obsahu a zásob organické hmoty. Odvhlčování je pozorováno při orbě a zemědělském využití půd. Změny v prostředí nevyhnutelně způsobují restrukturalizaci celého půdního systému. V panenských půdách je rovnováha stabilní: přísun organických zbytků - humifikace - mineralizace humusu. Tato rovnováha, nastolená po staletí, byla udržována, dokud nebyla půda zorána. Prudká nerovnováha je spojena se snížením přítoku organické hmoty strništěm a kořenovými zbytky pěstované vegetace. To nevyhnutelně způsobuje procesy odvhlčování (Morgan, 2009).

Rychlost odvhlčování se v různých půdách liší. Již dávno je známo, že půdy, které byly v minulosti bohatší, ztrácejí mnohem více humusu než půdy humusové málo. S klesajícím obsahem organické hmoty v půdách klesá rychlost odvhlčování. Z toho vyplývá nevyhnutelný závěr, že v zemědělství nutně začíná období stabilizace humusového stavu půd v souladu se zavedenou kulturou hospodaření (Wilson, 2004).

Ochrana půd před ztrátou humusu zahrnuje tato opatření: používání organických hnojiv, vápnění kyselých půd, používání vytrvalých trav v osevním postupu, regulace poměru

řádkových plodin a kontinuálních výsevů plodin v osevních postupech, používání šetrných zpracování půdy (odlehčovací stroje, minimalizující zpracování půdy) (Novotný, 2017).

Důvody degradace závlahových půd jsou bezodtokové závlahy, velké ztráty vody filtrací, výstavba závlahových kanálů bez hydroizolace, překračování závlahových norem, nekontrolované zásobování vodou a závlahy mineralizovanou vodou. Ve světových zavlažovacích systémech se více než polovina vody vyplývá na jiné účely. Za prvé, ty půdy, kde zavlažovací systémy nemají drenážní zařízení, podléhají salinizaci (Pelacani, 2008).

Hlavní příčiny degradace půdy jsou:

1. Nesprávné používání hnojiv a pesticidů. Aplikace vysokých dávek dusíkatých hnojiv někdy negativně ovlivňuje půdní strukturu a snižuje erozní odolnost půd. Použití zvýšených dávek pesticidů obsahujících soli těžkých kovů může také snížit úrodnost půdy, protože při zpracování dochází k ničení prospěšných mikroorganismů a červů a mění se i kyselost.
2. Rekultivační práce. Pokud je technologie takové práce nesprávná, humózní vrstva půdy se snižuje, úrodná vrstva půdy je pokryta půdotvornou horninou.
3. Protokolování. Dochází k poškození a zničení podrostu, travního porostu, steliva a vrchní humózní vrstvy půdy. Obzvláště velké škody na půdě způsobují jízdy traktorů a přeprava dřeva po provizorních komunikacích.
4. Vykácení lesa. Spolu s kořeny stromů je z půdy vynášeno velké množství humusu.
5. Lesní požáry. Spolu s lesem se ničí lesní odpad a tráva. Působení ohně se šíří do humózní vrstvy půdy a lesní půdy degradují.
6. Požáry na odvodněných rašelinných půdách. Na pastvinách a orných plochách dochází k vyhoření zcela organické vrstvy půdy (Zachar, 2011).

Hlavními příčinami degradace půdy jsou: neudržitelné zemědělské postupy, nadměrné spásání a ničení lesního a jiného vegetačního krytu (Badalíková, 2016).

Neudržitelné zemědělství se projevuje nadměrným využíváním vody na zavlažovaných pozemcích, větrnou a vodní erozí svrchní úrodné vrstvy půdy, zhutňováním a tvorbou půdní kůry, zvýšenou salinitou půdy a různými druhy znečištění půdy.

Jedním z důvodů snižování plochy obdělávané půdy je intenzivní vodní a větrná eroze, způsobená rostoucí škálou vlivu antropogenního faktoru na půdy. Půdní eroze se stala metlou zemědělství, navzdory opatřením na její omezení. Rozvoj moderní zrychlené eroze je dán přírodními podmínkami a ekonomickou činností člověka (sociálně-ekonomické podmínky). V

prvním případě jsou k projevu erozních procesů predisponovány samotné přírodní podmínky. Ve druhém případě je rozvoj eroze usnadněn nesprávným využíváním půdy člověkem (Jandák, 2003).

3.1.4. Přírodní podmínky ovlivňující erozi

- a) klima (množství, intenzita a velikost dešťových kapek; tloušťka sněhové pokrývky a intenzita jejího tání);
 - b) reliéf (strmost, délka, tvar a rozměr svahu);
 - c) geologická stavba území (charakter hornin - jejich náchyllost k erozi, vyplavování a deflaci, přítomnost hustých podložních hornin);
 - d) půdní podmínky (velikostní složení, struktura, hustota a vlhkost horního horizontu);
 - e) vegetační kryt (přítomnost a charakter vegetačního krytu, přítomnost drnu a steliva)
- (Zachar, 2011).

Čím lépe vyvinutý vegetační kryt, tím méně výrazná eroze. To se vysvětluje skutečností, že kořeny rostlin drží částice půdy pohromadě, čímž zabraňují smývání, erozi a odfouknutí půdy. Vegetace přizemního baldachýnu oslabuje sílu dešťových kapek a chrání povrch půdy před strukturálním kolapsem. V tomto ohledu je zachována propustnost půdní vody, snižuje se odtok povrchové vody, smývání půdy a eroze. Vegetační kryt tím, že podporuje hromadění a uchovávání sněhu, oslabuje promrzání půdy, což v období jarního tání sněhu vede k lepšímu vstřebávání vláhy do půdy, ke snížení povrchového odtoku a následně k oslabení (Morgan, 2009).

V odolnosti proti vodní erozi má největší význam struktura, mechanické složení a řada dalších vlastností půdy, určovaných její genezí. Voda dopadající na strukturní půdu nebo lehkou půdu (písčítá, hlinitopísčítá) na jejím povrchu nestagnuje, ale rychle absorbuje a proniká do nižších horizontů (Blanco, 2008).

Černozemě jsou odolnější vůči erozi, zatímco sodno-podzolické půdy jsou méně odolné. Humusové horizonty všech půd jsou přitom nejvíce odolné proti eroznímu působení vody a spodní horizonty jsou méně stabilní.

Intenzita ztráty půdy závisí na strmosti, expozici, délce a tvaru svahu. Na krátkých svazích se strmostí do 1° není eroze půdy obvykle pozorována. Na svazích 2-3° a více je vymývání patrné a čím silnější, tím strmější svah.

V důsledku eroze dochází k poklesu úrodnosti půdy (s povrchovou vodní erozí a deflací) nebo k úplné destrukci půdního krytu (s lineární vodní erozí). Pokles úrodnosti je spojen s postupným odstraňováním nejúrodnější svrchní vrstvy a začleňováním méně úrodných spodních horizontů do orného horizontu (Morgan, 2009).

V důsledku eroze se zhoršují fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy. Snižuje se obsah a zásoba humusu, často se zhoršuje jeho kvalitativní složení, snižují se zásoby živin (dusík, fosfor, draslík aj.) a obsah jejich mobilních forem. Zhoršuje se strukturní stav a složení, snižuje se pórovitost a roste hustota, což vede ke snížení propustnosti vody, zvýšení povrchového odtoku, snížení vláhové kapacity a zásob vláhy, které mají rostliny k dispozici. Ztráta svrchní nejvíce humifikované a strukturované vrstvy vede ke snížení biologické aktivity půd: snižuje se počet mikroorganismů a mezofauny, snižuje se mikrobiologická a enzymatická aktivita půd (Blanco, 2008).

Vodní erozi navíc provází řada dalších nepříznivých jevů: úbytek taveniny a dešťové vody, snižování zásob vody v půdě, rozměňování polí, zanášení řek, závlahové a drenážní systémy, další nádrže, narušení komunikace sítí atd. (Šarapatka, 2014).

V konečném důsledku zhoršení úrodnosti erodovaných půd vede ke snížení výnosu zemědělských rostlin.

Přepásání pastvin je vyjádřeno v pastvě hospodářských zvířat na stejných územích zvýšeným počtem hospodářských zvířat a nadměrným počtem, který převyšuje produkční kapacitu pastvin. Jinými slovy, hospodářská zvířata spotřebují tolik vegetace, že ekosystém není schopen pro příště obnovit stejné množství. Obecně platí, že pastviny kolem obydlených oblastí nebo stávajících fungujících vodních zdrojů jsou nadměrně spásány. Zároveň se na mnoha přírodních pastvinách nedostává dostatečné pastvy a v důsledku toho jsou také znehodnoceny. Dříve praktikovaná praxe střídání sezónních pastvin se v současnosti prakticky nepoužívá (Zachar, 2011).

Ničení lesních a křovinných porostů má na půdu téměř stejný vliv. To je důležité zejména pro suché a horské oblasti (například v Uzbekistánu). Kolem stromů a keřů v pouštních oblastech se vyvíjejí kolonie a společenstva jiných rostlinných a živočišných druhů. Tyto komunity společně kontrolují a zabraňují dalšímu pohybu písku, snižují rychlost povrchového větru a kontrolují větrnou erozi. Tato společenstva stromů a keřů poskytují stanoviště pro pouštní faunu. Tato společenství zajišťují rozvoj krmných plodin používaných kočovnými pasteveci.

Kromě toho plní řadu dalších ekologicky důležitých funkcí. V horách plní lesy i řadu ekologických funkcí (Fournier, 2011).

Ničením lesů v horách ohrožujeme nejen celistvost existence a fungování ekosystému, ale i bezpečnost lidí: ničení vegetace v horách se stává příčinou častějších přírodních katastrof jako bahnotok, sesuvy půdy, laviny.

Obyvatelstvo kácí stromy a keře jako palivo pro vaření a vytápění svých domovů, aniž by obnovovalo spotřebované dřevo. Některé z dřevin se používají pro stavební účely.

3.1.5. Aridizace a dezertifikace půd

Desertifikace je degradace půd v suchých oblastech. Dle Zvláštní zprávy EU 33 pro rok 2018 představuje desertifikace pro oblast EU rostoucí hrozbu. Dle Pavlů (2019) je degradace dominantním typem degradace půdy stojící až za 80 % poškozených půd na tomto kontinentu. Hlavní příčiny jsou odlesňování a pastva. Tyto dvě aktivity často jdou po sobě a mají za následek ztrátu vegetačního krytu půdy a následnou urychlenou mineralizaci organické hmoty v půdě.

Aridizace (vysušování) a dezertifikace (přeměna na poušť). V posledních desetiletích se jasně ukázalo, že stav půdního fondu planety je zvláště negativně ovlivňován aridizačními procesy, tedy šířením pouští a polopouští. Pouště a polopouště existují na Zemi již od pravěku. Dnes tvoří obrovský suchý pás, zabírající podle různých odhadů od 36 do 48 milionů km². Včetně pouští samotných, neboť oblasti s neustále horkým klimatem, ve kterém vegetace netvoří souvislou pokrývku, zabírají přibližně 20 % zemského povrchu. Tvoří rozsáhlé oblasti v severní a jihozápadní Africe, střední a jihozápadní Asii, Austrálii a na západním pobřeží Jižní Ameriky. Pouště severní Afriky a Asie přitom tvoří téměř souvislou šířkovou zónu táhnoucí se v délce 11 tisíc km. Zhruba polovina této vzdálenosti se nachází v největší poušti světa, na Sahaře (Poehls, 2009).

Běžné faktory vedoucí k desertifikaci Země jsou:

- a) degradace vegetačního krytu a doprovodná eroze půdy v důsledku nadměrné pastvy;
- b) zvýšená eroze a deflace suchých území v důsledku jejich intenzivního a iracionálního využívání;
- c) nedostatek racionálních vztahů mezi zemědělstvím a chovem dobytka;
- d) ničení vegetace při nákupu paliva;

- e) ničení vegetace a půdního krytu při silniční a průmyslové výstavbě, geologickém průzkumu, těžbě apod.
- f) sekundární zaselování, alkalizace a zaplavování zavlažovaných pozemků (Poehls, 2009).

3.2. Protierozní opatření

Protierozní opatření (PEO) jsou opatření k zamezení degradace půd. Ochrana půdy zahrnuje systém organizačních, ekonomických, právních, inženýrských a jiných opatření směřujících k jejich ochraně před krádežemi, bezdůvodnými staženími ze zemědělského oběhu, iracionálním využíváním, škodlivými antropogenními a přírodními vlivy, s cílem zvýšit efektivitu hospodaření s životním prostředím a vytvořit tzv. příznivá environmentální situace (Agassi, 2023).

Degradace půdy je soubor procesů, které vedou ke změnám funkcí půdy, kvantitativnímu a kvalitativnímu zhoršování jejích vlastností, postupnému zhoršování a ztrátě úrodnosti (Pasák, 1984). Mezi mnoha systémy pro racionální využívání půdy a půdy je zvláště důležitá jejich ochrana před erozí. Při potírání půdní eroze je nutné systematicky ovlivňovat celý přírodní komplex (krajinu), nikoli pouze jeho jednotlivé složky.

Zemědělskou půdu na svazích je třeba chránit před vodní erozí vhodnými opatřeními proti vodní erozi. O použití jednotlivých opatření se rozhoduje podle jejich účinnosti v místě a požadavků na ochranu. Zda jde například primárně o snížení ztráty živin z půdy, nebo je riziko kontaminace zdrojů pitné vody. Ve většině případů jde o soubor organizačních, agrotechnických a technických protierozních opatření.

Podle Janečka (2008) hlavním účelem protierozních opatření je:

- Chránit půdu před kapkami dopadajícího deště
- Podporovat vsák vody do půdy
- Zlepšovat celkovou soudržnost půdy
- Omezovat soustředěný povrchový odtok a unášecí sílu vody
- Bez způsobení dalších škod odvádět nezachycenou povrchovou vodu a zachycovat smytou zeminu

3.2.1. Organizační a ekonomická protierozní opatření

Zaujímají mezi ostatními skupinami protierozních opatření zvláštní místo. Na rozdíl od agro-, lesnicko-, a hydraulicko-technických metod ochrany půdy před erozí nejsou organizační a ekonomická opatření sama o sobě rekultivační, neboť pouze předpokládají odůvodněnou potřebu použití některých rekultivačních protierozních opatření a vytvoření tzv. organizační a ekonomické předpoklady pro jejich realizaci (Lefevre, 2019).

Organizační a ekonomická činnost zahrnuje nejen projektování, ale také zajištění včasné a kvalitní realizace projektů. Velmi důležitou otázkou, která by se zřejmě měla zařadit mezi organizační a ekonomická opatření, je neustálé sledování realizace nezbytných protierozních opatření všemi uživateli půdy. V současné době existuje pouze vnitřní kontrola. Kromě toho by měla být vytvořena meziresortní služba - inspekce ochrany půdy, která by měla příslušné pravomoci (Toy, 2002).

Organizační opatření v sobě slučují způsoby uspořádání pozemků a jejich následné využití. Jde například o delimitaci kultur, tedy smysluplné vymezení a rozložení pozemků pro zvolené kultury. Dle Pavlů (2019) platí, že pro svahy do sklonu 3,5 % lze zvolit okopaniny, kukuřice i jiné širokořádkové plodiny. Pro svahy 3,5 – 8 % už pouze úzkořádkové plodiny bez dalších omezení. Pro svahy 8 – 15 % lze úzkořádkové plodiny použít stále zpravidla bez omezení. Od 15 do 21 % sklonu svahu už je třeba použít speciální osevňovací postupy. Nad 18 % už je zpravidla doporučeno zatravnění.

Další možností organizačních PO je zatravnění drah soustředěného povrchového odtoku, doporučeno zatravnit širší údolnice nejméně širší 5 m a vhodné je doplnit drenáží. Mezi tato opatření patří rovněž volba osevňovacích postupů, kdy je snahou minimalizovat období kdy půda není kryta vegetací. Dále sem patří pásové střídání plodin, což je metoda zkoumaná v této práci.

3.2.2. Agrotechnická a vegetační protierozní opatření

Agrotechnická protierozní opatření se často nazývají agronomická nebo agromeliorační. V závislosti na konkrétních přírodních a ekonomických podmínkách v systému opatření k ochraně půd před erozí na zemědělských pozemcích může význam lesních meliorací a hydromelioračních protierozních opatření stoupat nebo klesat, ale ve všech případech mají agromeliorační opatření prvořadý význam (Pennock, 2019).

Agrorekultivace a protierozní opatření jsou rozmístěna relativně rovnoměrně po celém „předmostí“ možného rozvoje eroze. Musí zabránit erozním procesům na každém hektaru půdy. Tato skupina činností přímo souvisí s bezprostředním úkolem zemědělství – zvyšováním výnosů plodin a zvyšováním produktivity všech zemědělských půd. Agrorekultivační opatření jsou ve většině případů technikami protierozní techniky pro pěstování plodin na svazích. Jejich implementace zpravidla nevyžaduje velké zvláštní náklady a jejich účinnost je zřejmá ihned po aplikaci (Pennock, 2019).

Seznam agromelioračních protierozních opatření pro různé zóny země by měl být stanoven v závislosti na kombinaci přírodních podmínek území, složení zemědělské půdy a pěstovaných plodin. V obecném schématu lze všechna agrorekultivační protierozní opatření rozdělit do pěti podskupin:

a) Fytomeliorační agronomické techniky pro ochranu půd před erozí. Fytomeliorace označuje různé způsoby rekultivace půdy pomocí vegetace. Nejrozšířenějším dělením fytomelioračních opatření je lesní rekultivace a luční rekultivace. Fytomeliorativní agronomická opatření se používají na veškeré zemědělské půdě: orná půda, pastviny, louky, trvalkové výsadby.

b) Metody omezování půdní eroze. Všechny druhy zpracování půdy na svazích musí zajistit vysoké výnosy pěstovaných plodin a maximální ochranu půdy před erozí. Mezi nejdůležitější metody ochrany proti erozi půdy patří následující:

1. Obrysově zpracování půdy.
2. Hluboká orba nebo orba s podloží.
3. Ploché zpracování půdy s ochranou strniště.
4. Kombinovaná orba bez pluhu.
5. Orba zorané půdy a zvedání páry se současnou tvorbou protierozního nanoreliéfu na poli: rýhy, hřebeny, přerušované rýhy, díry.
6. Tvorba protierozního nanoreliéfu na zorané půdě a na úhoru v erozně nebezpečných obdobích: rýhy, vyvýšeniny, přerušované rýhy, jamky.
7. Kypření pásů, rozřezávání, sekání půdy.
8. Zhutňování půdy se současným prořezáváním, shrnováním a prořezáváním.
9. Setí se současným válením a praskáním půdy, jakož i se současným shrnováním a praskáním půdy.
10. Brázdové setí plodin.
11. Podzimní praskání půdy pod ozimými plodinami.
12. Jarní praskání půdy pod ozimými a jarními plodinami.

13. Praskání půdy při pěstování meziřádkových plodin
14. Přerušované rýhování a praskání půdy při kultivaci řádků plodin.
15. Využití různých možností minimálního zpracování na svazích v kombinaci s technikami zabraňujícími stékání srážek ze ztuhlého povrchu půdy.
16. Protierozní způsoby zpracování půdy v meziřádcích trvalkových výsadeb: hluboké pásové kypření, prořezávání, krtek, přerušované rýhování, hloubení jam aj.
17. Protierozní techniky obdělávání luk a pastvin na svazích - rozřezávání a krtkování půdy (Lefevre, 2019).

c) Speciální techniky zadržování sněhu a regulace tání sněhu. Mnoho z dříve diskutovaných fytoameliorativních agronomických technik pro ochranu půdy před erozí a protierozní techniky pro úpravu půdy výrazně ovlivňují zadržování sněhu a regulaci tání sněhu. Ale kromě nich se používají i další techniky: setí keřů vysokých plodin na oranou půdu; umístění štítů; použití zákulisní páry; odhrnování sněhu; válcování pásového sněhu; pruhované zčernání sněhu. V různých částech země jsou některá z těchto opatření účinnější, jiná méně účinná. K zadržování sněhu a regulaci tání sněhu se používají i jiné techniky.

d) Agrochemické techniky pro zvýšení úrodnosti půdy na svazích a ochranu před erozí. Jednou z nejdůležitějších metod zvýšení výnosů plodin na smytých půdách a obnovení úrodnosti smytých půd je používání hnojiv. Četné studie prokázaly, že při přidávání hnojiv do erodovaných půd (samozřejmě s dostatečným obsahem vlhkosti v půdě) se prudce zvyšuje výnos pěstovaných plodin, zvyšuje se Půdo ochranná role rostlinného krytu a úrodnost erodovaných půd. se obnovuje rychleji. Agrochemické techniky pro zvýšení úrodnosti půdy na svazích a ochranu půdy před erozí zahrnují:

1. Zvyšování dávek organických hnojiv (například chlévské mrvy), ale i dusíkatých hnojiv, se zvýšením stupně eroze půdy.
2. Aplikace optimálních dávek fosforečných a draselných hnojiv s přihlédnutím ke stupni eroze půdy.
3. Aplikace mikro hnojiv na smyté půdy.
4. Aplikace bakteriálních hnojiv.
5. Vápnění kyselých vyplavených půd.
6. Sádrování solných smytých zemin.

e) Agrofyzikální metody zvyšování protierozní odolnosti půd. Pro zvýšení propustnosti vody a odolnosti půd proti erozi je v současné době známo mnoho léků:

1. Úprava půdy strukturovanými polymery (polyakrylomid, K-4, K-6, K-9 atd.);
2. Ošetření půdy latexy;

3. Zavádění dalších přípravků do půdy, které zvyšují protierozní odolnost půd (Toy, 2002).

3.2.3. Technická protierozní opatření

Jde o protierozní opatření sloužící k vyrovnání terénních příčných nerovností a také snížení podélného sklonu u velmi svažitéch pozemků. Taktéž k ochraně pozemků před tzv. „cizí“ vodou vytékající na zemědělské pozemky například z lesních porostů. Taktéž k neškodnému odvedení povrchových vod z povodí, k retardaci povrchového odtoku a zachycení smyté zeminy. Slouží také k ochraně intravilánů obcí a komunikací před škodami smytou zeminou a povrchovým odtokem. Používají se tehdy, pokud nelze protierozní opatření dosáhnout organizačními a agrotechnickými opatřeními, nebo jsou technická opatření výhodnější (Janeček, 2008). Technická opatření lze rozdělit do dvou skupin.

První jsou zemní úpravy jako terénní urovnávky, meze a terasy. Terénní urovnávky slouží k odstranění vertikálních nerovností přesunem zeminy. Snižují příčný sklon a omezují soustředěný odtok. Protierozní meze trasované ve směru vrstevnic však sami o sobě mají protierozní účinek omezený. Mohou pomoci mírně snížit sklon pozemku a umožnit pásové střídání plodin. Terasy se používají k protierozní ochraně na extrémně svažitéch pozemcích až 20 %. Terasy jsou však již vážným zásahem do geologie, geomorfologie a pedologie krajiny a také jejich realizace vyžaduje zpracování projektu.

Druhou jsou hydrotechnické prvky jako příkopy, průlehy, zatravněné údolnice, ochranné hrázky a nádrže. Dle Janečka (2008) slouží k odvodu přívalových dešťů. Protierozní příkopy slouží k doplnění hydrografické sítě k zachycování a odvádění povrchové vody a splavenin. Navrhují se jako záchytné, sběrné nebo svodné. Průlehy jsou navrženy k zachycování, infiltraci i odvádění krátkodobého povrchového odtoku způsobeného přívalovými dešti nebo jarním táním. Taktéž se navrhují jako záchytné, sběrné či svodné. Zatravněné údolnice slouží k ochraně drah soustředěného povrchového odtoku. Protierozní hrázky slouží především k ochraně důležitých objektů jako obce a komunikace. Budují se na zemědělských pozemcích nebo jejich úpatí. Protierozní nádrže se považují za účinné opatření regulující odtok vod z povodí a zachycující transportované splaveniny. Budují se tam, kde nestačí opatření provedená v povodí. Je třeba je budovat na kapacitu odtoku s průměrnou dobou opakování alespoň 50 let.

3.2.4. Lesnická rekultivace a protierozní opatření

Přikládáme-li velký význam agromelioračním opatřením na ochranu půdy před erozí, nesmíme zapomínat, že často nestačí k zabránění eroze, zejména při intenzivních srážkách nebo intenzivním tání sněhu.

Lesnická rekultivační protierozní opatření pro rekultivační účinky lze rozdělit do následujících typů:

- a) větrotěsné lesní pásy položené na rovinatých plochách terénu a na mírných svazích podél hranic osevních polí, ploch zahrad a vinic, případně i uvnitř polí a ploch trvalkových výsadeb, které zároveň čas může někdy plnit i protierozní roli;
- b) protierozní pásy lesů, křovin a lesních keřů kladené napříč svahy podél hranic osevních polí, ploch zahrad a vinic, případně i uvnitř polí a ploch trvalkových výsadeb;
- c) vodoochranné výsadby lesů a křovin kolem nádrží a podél břehů řek, jakož i podél zavlažovacích a vypouštěcích kanálů;
- d) pásy roklinového lesa;
- e) lesní plantáže a křoviny podél svahů a na dně roklí;
- f) zalesňování silně erodovaných a velmi strmých svahů nevhodných pro zemědělské využití (Vieira, 2021).

V závislosti na rekultivačním účelu výsadeb a přírodních podmínkách území se stanoví rozmístění a provedení výsadeb, zvolí se druhová skladba a stanoví agrotechnika výsadby a péče o výsadby.

Umístění, šířka a provedení protierozních lesních pásů by měly být v první řadě určeny povahou srážek způsobujících svahový odtok a erozi. V oblastech, kde je eroze způsobena odtokem tající vody, by tyto pásy měly regulovat ukládání sněhu a tání, zpomalovat odtok tání vody a podporovat akumulaci půdy vstupující do pásů z pozemků s vyššími svahy. V oblastech, kde je eroze způsobena stékáním přívalových srážek, by měly lesní pásy co nejvíce zpomalit rychlost odtoku přívalové vody a ucpat půdu odplavenou z nadložních ploch. Při umisťování lesních pásů, určování jejich šířky a provedení je dále nutné zohlednit strmost, délku, tvar a expozici svahů, půdní a další podmínky určující míru nebezpečí eroze (Toy, 2002).

3.2.5. Rekultivace vod a protierozní opatření

V systému opatření zaměřených na ochranu půd před erozí mají velký význam závlahová a drenážní opatření, tedy vodní stavby, jejichž úkolem je zpomalovat nebo regulovat svahový odtok. Závlahová a rekultivační opatření zahrnují i práce související s rekultivací pozemků zničených erozí a zástavbou strmých svahů (zasypávání strží a strží, zarovnávání svahů strží, zarovnávání svahů, terasování apod.).

Protierozní opatření na rekultivaci vody lze rozdělit do následujících typů:

1. Vypouštěcí trysky.
2. Ústí v prohlubních pro zadržování a využití svahových odtokových vod.
3. Terasy různých typů.
4. Drenážní kanály na svazích pro zachycení a odvodnění velkého svahového odtoku taveniny a dešťové vody.
5. Svahové nádrže s vodárenskými hřbety a příkopy pro zadržování a využití svahových odtokových vod.
6. Zádržné a odvodňovací šachty a příkopy před vrcholy roklí.
7. Hydraulické konstrukce vpustí - horní a spodní (rozdíly, rychlé proudy, konzoly atd.).
8. Přehrad v roklích a roklích.
9. Způsoby přípravy k zemědělskému využití svahových pozemků silně členitých lineární erozí (zasypávání strží a malých strží, vyrovnávání svahů větších strží, ale i vyrovnávání povrchu silně členitých svahů).
10. Hydraulická opatření zaměřená na zamezení závlahové eroze na svažitéch pozemcích (pečlivé plánování povrchu závlahové plochy, sekání závlahových rýh v přísném souladu s projektem, zpevňování přelivů apod.) (Vieira, 2021).

K závlahovým opatřením zaměřeným na zadržování proudící vody na orných svazích patří šachty se širokou základnou, které se využívají pro pěstování plodin.

Pro bezpečné odvodnění a odvod velkého splaveného odtoku se na svazích budují drenážní příkopy, které se často nazývají také drenážní kanály, vodící kanály, přelivy, náhorní příkopy, vodní příkopy apod. Pravděpodobně je vhodnější tyto stavby nazvat odvodňovací příkopy (Hudson, 1993).

Lesní plantáže na ochranu vody kolem rybníků a nádrží jsou vytvářeny k ochraně břehů před zničením a nádrží před zanášením erozními produkty.

3.2.6. Ochrana půdy před větrnou erozí

Vedle vodní eroze je půda vystavena také erozi větrné. Větrnou erozí rozumíme odnos, transport a usazení materiálu zapříčiněné unášecí schopností větru. Základním protierozním opatřením mimo opatření agrotechnická je výsadba větrolamů (Pavlů, 2019). Ochrana půd před větrnou erozí zahrnuje následující opatření a je vhodné je aplikovat v kombinaci:

1. Snížením rychlosti větru nad erodovanou oblastí v důsledku vytváření speciálních větrných překážek pro pohybující se proudění vzduchu: lesní pásy, scenérie stromů a keřů a scény vysokých rostlin.
2. Vytvořením ochranného krytu na povrchu půdy, který absorbuje nárazy větru a chrání půdu. K tomu je nutné před obdobím větrné eroze vypěstovat dostatečně vyvinuté sazenice zemědělských plodin, ponechat na povrchu půdy strniště, do vrchní vrstvy půdy přidat drcené rostlinné zbytky a namulčovat deflační plochy hnojem.
3. Zvýšením pevnosti půdního povrchu zvýšením adhezních sil mezi částicemi lze toho dosáhnout metodami a zkrácenými dobami kultivace půdy, jakož i zavedením speciálních chemických materiálů do jejího složení (Vieira, 2021).

3.3. Legislativa ochrany půdy v ČR

3.3.1. Právní předpisy EU a České republiky řešící ochranu půd

Česká republika se připojuje k řadě mezinárodních úmluv zakotvujících ochranu půd. Kjótský protokol z roku 1997, revidovaný Mezinárodní klimatickou konferencí v Paříži roku 2015 řešící primárně ochranu ovzduší, ale díky sekvestraci uhlíku se týká i půdního prostředí. Úmluva o biologické rozmanitosti z Rio de Janeiro roku 1992 řeší zachování biologické rozmanitosti. Je deklarována snaha o zachování druhové rozmanitosti společenstev, jež jsou závislá také na stavu půd. Úmluva OSN o boji proti desertifikaci v zemích postižených velkým suchem, anebo desertifikací odsouhlasená v Paříži roku 1994 se zaměřuje primárně na desertifikaci v Africe, ale zároveň na degradaci půd na celém světě.

Evropská charta o půdě podepsaná na půdě Rady Evropy roku 1972 stejně jako následně Světová charta o půdě podepsaná na platformě OSN roku 1982 a revidovaná na Pařížské konferenci roku 2015, půdu označují za společné dědictví lidstva, představující nenahraditelný

a zároveň snadno poškoditelný přírodní zdroj. Půda je hodnocena jako základ života na Zemi, přičemž tlak na ní dosahuje kritických hodnot (Pavlů, 2019).

Na úrovni Evropské unie, již je ČR členem od roku 2002, se jednotlivé předpisy ochrany půdy teprve připravují. Evropská komise v roce 2006 formulovala Tematickou strategii pro ochranu půdy, jež dále rozvíjí Strategie EU pro půdu do roku 2030. V době psaní této práce probíhají v EU jednání k přípravě Rámcové směrnice o monitoringu a odolnosti půdy.

Na úrovni České republiky pokrývá ochranu půd několik zákonů a řada vyhlášek zainteresovaných ministerstev. Funkci ústředního orgánu státní správy v ochraně zemědělského půdního fondu vykonává Ministerstvo životního prostředí (MŽP).

Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu vymezuje Zemědělský půdní fond (ZPF) a stanovuje nástroje jeho kvalitativní a kvantitativní ochrany stejně jako režim odnímání zemědělské půdy ze ZPF.

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů stanovující podmínky v oblasti územního plánování, vyhodnocování vlivů na životní prostředí, tedy i půdy a další rozhodování v území.

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů stanovující základní zásady ochrany životního prostředí.

Dále se ochrany půdy a lidským činnostem na nich přímo zabývají zákony o lesích, pozemkových úpravách, zemědělství, vodách a občanský zákoník.

Zákony doplňují a jejich naplňování dále specifikují vyhlášky zainteresovaných ministerstev a nařízení vlády. Mezi nejdůležitější pro ochranu půd patří:

Vyhláška MŽP č. 271/2019 Sb., o stanovení postupů k zajištění ochrany zemědělského půdního fondu řeší ochranu půdního fondu na úrovni přípravy a použití územně plánovací dokumentace.

Vyhláška MŽP 48/2011 Sb., o stanovení tříd ochrany pak stanovuje třídy ochrany půd pomocí bonitovaných půdně ekologických jednotek.

Vyhláška MŽP č. 240/2021 Sb., o ochraně zemědělské půdy přes erozí je pak legislativní nástroj přímo stanovující způsob hodnocení erozního ohrožení orné půdy vodní erozí, přípustnou míru erozního ohrožení a opatření k jeho snížení.

Nařízení vlády 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, ve znění nařízení vlády č. 126/2018 Sb.

MŽP metodicky řídí orgány státní správy na úseku ochrany zemědělského půdního fondu, přičemž spolupracuje s příslušnými resortními organizacemi jako Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Česká geologická služba, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví.

Kromě MŽP je druhou nejvíce zainteresovanou organizací státu v oblasti ochrany půd Ministerstvo zemědělství České republiky a organizace z jeho resortu. Především Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Státní pozemkový úřad a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Dále se oblasti kontrolu a výzkumu účastní například Univerzita Karlova a Česká zemědělská univerzita v Praze.

3.3.2. Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu

Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) půdy zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí. Jsou definovány v nařízení vlády č. 48/2017 Sb., stanovení požadavků podle aktů a standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu pro oblasti pravidel podmíněnosti a důsledků jejich porušení pro poskytování některých zemědělských podpor.

Standardy DZES individuálně definují členské země Evropské unie na základě rámce stanoveného v příloze č. II nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1306/2013, jež obsahuje tyto tematické okruhy: voda, půda a zásoby uhlíku, krajina, minimální úroveň péče.

Kontrolní instituce:

- DZES 1, 3 Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ).
- DZES 2, 4–7 Státní zemědělský intervenční fond (SZIF),

Podmínky pro zachování dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy jsou řešeny v rámci sedmi standardů, které se týkají:

1. ochranných pásů podél vodních toků
2. zavlažovacích soustav
3. ochrany podzemních vod před znečištěním
4. minimálního pokryvu půdy
5. minimální úrovně obhospodařování půdy k omezování eroze
6. zachování úrovně organických složek půdy, včetně zákazu vypalování strnišť
7. zachování krajinných prvků a opatření proti invazním druhům rostlin.

Tato práce zkoumá možnosti protierozní ochrany orné půdy tak, aby byla dodržena pravidla stanovená platnou legislativou České republiky. Právním předpisem definujícím požadavky žadatelů o zemědělské dotace na ornou půdu je nařízení vlády č. 48/2017 Sb. V příloze č. 2 je uveden Seznam kontrolovaných požadavků podle standardů. Zde v odstavci 5 bod g) jsou definovány podmínky žadatelů o dotace které musí splnit stran ploch jedné plodiny. Ta je definována na maximálně 30 ha souvislého osevu nebo osázení jedné plodiny, které od sebe jsou viditelně odděleny ochranným pásem osetým pícejinami nebo plodinami pro ochranný pás podle § 14 odst. 4 Nařízení vlády č. 50/2015 Sb. šíře minimálně 22 m, nebo plochou jiné plodiny o minimální šířce 110 m.

Jako plodina pro ochranný pás jsou definovány v § 14 odst. 4 Nařízení vlády č. 50/2015 Sb.: hořčice, hrách, jetel, kmín kořený, komonice, kopr, koriandr, len, lnička, oves hřebíkatý, pískavice řecké seno, pohanka, proso, ředkev, řeřicha, svazenka, šalvěj hispánská, štírovník, tolice, trávy čeledi lipnicovité, s výjimkou obilnin, vikev anebo směs dvou nebo více těchto plodin. Pro účely tohoto výzkumu byl pás 22 m považován za osetý směsí trav.

4. METODIKA

Tato práce vyhodnocuje erozní ohroženost deseti vybraných půdních bloků v původním stavu a po zavedení podmínek Dobrého zemědělského a environmentálního stavu DZES 7. Znění standardu včetně hodnotících tabulek jsou uvedeny v příloze č. 2. v nařízení vlády č. 48/2017 Sb. V práci je modelována erozní ohroženost pro monokultury zemědělských plodin na standardní orné půdě. Jako východisko pro rozlohu modelovaných ploch se bere rozloha 30 ha definovaná jako maximální povolená souvislá plocha monokultury. Tato hodnota byla stanovena v DZES 7. Výsledky této práce poslouží k posouzení vhodnosti tohoto standardu.

Metodicky jsem v této práci provedl modelaci erozní ohroženosti orné půdy formou 9 různých scénářů. Zkoumal jsem vliv rozlohy souvislých ploch jedné plodiny a dále účinnost tří variant protierozních opatření. Erozní ohroženost jsem stanovil metodou Revidované rovnice ztráty půdy (RUSLE - Revised Universal Soil Loss Equation, Renard et al., 1997) vycházející z metody univerzální rovnice ztráty půdy (USLE - Universal Soil Loss Equation, Wischmeier et Smith, 1978) a to v prostředí modelu Atlas EROZE. Členění půdních bloků (PB) respektovalo topografii terénu a bere ohled na ucelenost jednotlivých dílů půdního bloku (DPB). Při dělení PB na DPB jsem v maximální možné míře umisťoval DPB rovnoběžně s vrstevnicemi v daném PB. Tak se DPB osetý plodinou s vyšší erozní ohrožeností střídá s plodinou s nižší erozní ohrožeností anebo s pásem trávy nebo pásem plodiny s nižší erozní ohrožeností. Ty pak vždy slouží ke snížení pravděpodobnosti soustředěného odtoku napříč celým PB. Vždy zpomalují

odtok z celého PB. Zároveň jsem DPB umisťoval na PB tak, jejich tvar a rozloha co nejvíce vyhovovaly pro efektivní obdělávání půdy. Aby na krajích PB nevznikaly příliš malé DPB, kde by sice bylo v modelu Atlas EROZE možné modelovat erozní ohroženost, ale z pohledu hospodáře by to bylo na plochách pro efektivní zemědělství svým tvarem a celkovou plochou nerealistické.

4.1. Scénáře

Scénáře S1 až S9 vycházejí primárně z doporučení DRES 7 d tedy maximální výměra jedné plodiny 30 ha. Kolem této hodnoty jsem dělal vždy ještě modelaci na plochu o 5 ha menší a o 5 ha větší. To vždy při použití tří metod protierozních opatření. Pro každý blok jsem tedy modeloval těchto devět scénářů:

S1 – střídání dvou plodin o jednotlivých výměrách 25 ha

S2 – střídání dvou plodin o jednotlivých výměrách 30 ha

S3 – střídání dvou plodin o jednotlivých výměrách 35 ha

S4 – rozdělení původní plodiny travními pásy o šíři 22 m, výměra jednotlivých bloků 25 ha

S5 – rozdělení původní plodiny travními pásy o šíři 22 m, výměra jednotlivých bloků 30 ha

S6 – rozdělení původní plodiny travními pásy o šíři 22 m, výměra jednotlivých bloků 35 ha

S7 – rozdělení původní plodiny pásy erozně méně náchylnější plodiny o šíři 110 m, výměra jednotlivých ploch původní plodiny 25 ha

S8 – rozdělení původní plodiny pásy erozně méně náchylnější plodiny o šíři 110 m, výměra jednotlivých ploch původní plodiny 30 ha

S9 – rozdělení původní plodiny pásy erozně méně náchylnější plodiny o šíři 110 m, výměra jednotlivých ploch původní plodiny 30 ha

Jako vstupní hodnotu C faktoru pro tzv. současný stav, tedy před použitím protierozních opatření, jsem použil hodnotu pro více erozně náchylnou plodinu $C = 0,241$.

Druhá, méně erozně náchylná plodina je definována hodnotou $C = 0,1$.

Travní pásy s nejmenší erozní ohrožeností pak definuji $C = 0,0005$.

Při tvorbě DPB na PB jsem erozně méně náchylnou plodinu anebo travní pás vždy umisťoval pod erozně více ohroženou plodinu (nižší nadmořská výška). Delší hrany DPB jsem také pokud to šlo umisťoval rovnoběžně s vrstevnicemi.

4.2. Model Atlas EROZE

Samotný výpočet erozní ohroženosti byl proveden v modelu Atlas EROZE. Ten je dle Krásy a spol. (2014) plně integrovaný do prostředí Atlas DMT určeného k určení erozní ohroženosti zemědělských pozemků. Erozní ohroženost je modelována na bázi Univerzální rovnici ztráty půdy (USLE). Jde o plošné modelování, kde je topografický faktor (LS) počítán metodou hustot odtokových drah na trojúhelníkové síti (TIN). Tak je možno plně využít potenciálu přesných podrobných výškopisných dat, jako například DMR 5G.

Výpočet smyvu lze dle rovnice univerzální ztráty půdy řešit buď metodou odtokových linií anebo plošného smyvu. V principu je území u obou přístupů hodnoceno dle totožné metodiky určení smyvu a výsledky obou řešení jsou tedy zaměnitelné. Toto platí především pro méně členitá území, kde je liniové řešení jednoznačné. Pro komplexní území je návrh podle liniového řešení vždy částečně subjektivní. Proto autoři modelu doporučují využít objektivní plošné řešení.

Do modelu je vložen digitální model terénu, importují se erozně uzavřené celky a přednastaví se faktory rovnice USLE (R, K, C, P) a provede se výpočet. Výsledkem jsou mapa erozního smyvu a protokol s vypočtenými hodnotami. Program umožňuje další nastavení. Zadávat nebo importovat polygony s hodnotami jednotlivých faktorů. K faktor R lze importovat z vrstvy BPEJ dodávané Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy (VÚMOP). Hodnoty C faktoru pak lze volit dle scénáře osevního postupu. Lze vkládat i polygony, které modelují technická protierozní opatření, zejména přerušení povrchového odtoku, anebo vymezují oblast bez eroze. Program Atlas EROZE taktéž dokáže predikovat místa, která bychom měli vyjmout z hodnocení nebo na nich navrhovat speciální opatření. Obzvláště se jedná o místa akumulace půdy nebo koncentrovaného odtoku.

Atlas EROZE je určen jak pro návrhy protierozních opatření projektanty, tak slouží jako nástroj pro vyhodnocování stavu erozní ohroženosti, kontrolu již navržených protierozních opatření pozemkovými úřady nebo při řešení sporů v souvislosti s erozními škodami apod. Lze ho využít i při mapování problematických lokalit při implementaci standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC). Také při tvorbě erozních map anebo při aktualizaci registru zemědělské půdy LPIS.

První část mé práce spočívala ve získání a přípravě dat, druhá pak byl samotný proces výpočtu v programu Atlas EROZE.

4.3. Metodika výpočtu v modelu Atlas EROZE

Nejprve jsem pro každý z 10 řešených PB připravil 3 vrstvy s potřebnými atributy, které budou použity při výpočtech modelu. Do Atlasu jsem postupně importoval vrstvu DMR 5 g, vrstvu EUC a 2x vrstvu BPEJ ořezanou podle hranic EUC.

Metoda výpočtu je plošně distribuovaná (2D) verze USLE s řadou aktualizací, inovací a optimalizací doplněných podle nejnovějších poznatků v ČR i zahraničí. Zvolená metoda je RUSLE tedy Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy.

Samotný výpočet erozní ohroženosti území proběhl pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE), jejíž parametry byly dány výchozím nastavením a podkladovými vrstvami:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P / 1.1/$$

Kde: G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$),

R – faktor erozní účinnosti deště, vyjádřený v závislosti na kinetické energii a intenzitě erozně nebezpečných dešťů ($MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1} \cdot rok^{-1}$),

K – faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu ($t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$),

L – faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí (je bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku délky 22,13 m),

S – faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí (je bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku sklonu 9 %),

C – faktor ochranného vlivu vegetace, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice (je bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku s trvalým úhorem),

P – faktor účinnosti protierozních opatření (je bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku obdělávaném ve směru sklonu pozemku).

Gp – dlouhodobě přípustná ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$). Tato je v ČR stanovena pro středně hluboké a hluboké půdy na 4. Pro mělké půdy na 1. Na všech půdních blocích řešených v této práci byla Gp stanovena na hodnotu 4.

Vypočtená hodnota pak představuje dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy a udává množství půdy, jež se z pozemku uvolňuje vodní erozí. Nezahrnuje ale její ukládání na pozemku či na plochách ležících pod ním. Rovnici nelze použít pro kratší než roční období a pro zjištění ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu (Janeček, 2012).

Výpočty pak mají výsledky přípustné nebo nadlimitní. Pokud je hodnota dlouhodobého průměrného smyvu půdy (G) nižší, tedy přípustná, než hodnota dlouhodobé přípustné ztráty půdy (Gp), nedochází v dané lokalitě k zrychlené erozi. Říkáme tedy, že lokalita není ohrožena vodní erozí a funkce půdy a její úrodnost jsou zachovány. Matematicky ($G_p \geq G$).

Pokud hodnoty dlouhodobého průměrného smyvu hodnoty Gp překročí dochází vlivem vodní eroze ke ztrátě půdy nadlimitní a tím i ke ztrátě funkcí půdy a její úrodnost se snižuje. Matematicky ($G_p < G$).

Rozdíl mezi dlouhodobým průměrným smyvem a dlouhodobou přípustnou ztrátou půdy vyjadřuje míru erozní ohroženosti dané lokality.

Při výpočtu G jsem faktory rovnice stanovil takto:

R faktor – vždy na hodnotu 40 dle aktuální metodiky

K faktor – stanoven podle hlavní půdní jednotky (HPJ) kódu BPEJ. Použil jsem vrstvu BPEJ ořezanou podle EUC

L a S faktor – přežaty z DMR 5 g spolu s vrstvou EUC

C faktor – nastaven podle osevních postupů

P faktor – nastaven na defaultní hodnotu 1

Dlouhodobá přípustná ztráta půdy (Gp) použitá v modelu hodnota 4.

V modelu požitém v této práci do řešení vstupuje Revidovaná universální rovnice ztráty půdy (RUSLE) v následujícím tvaru:

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

kde

G smyv neboli průměrná dlouhodobá ztráta půdy na pozemku vlivem vodní eroze. [t.ha⁻¹.rok⁻¹]

R faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů [MJ·ha⁻¹·cm·h⁻¹.rok⁻¹], resp. po úpravě [N.h⁻¹.rok⁻¹]

K faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu, [t·h·MJ⁻¹·cm⁻¹], resp. po úpravě [t.N⁻¹]

L faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí [-]

S faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí [-]

C faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice [-]

P faktor účinnosti protierozních opatření [-]

Vypočtená hodnota smyvu pak představuje dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy a udává množství půdy, které se z pozemku uvolňuje vodní erozí, nezahrnuje však její ukládání na pozemku či na plochách ležících pod ním. Rovnici nelze používat pro kratší než roční období a pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu (Janeček, 2012).

4.3. Vstupní data

Data lze připravit v jakémkoliv softwaru GIS. Zvolil jsem software ArcMap od firmy ESRI, neboť pro tento je na studentských počítačích na ČZU licence. Půdní bloky jež jsem analyzoval jsem nejdříve definoval tzv. erozně uzavřenými celky (EUC). Jde o části souvislého území s lokálně uzavřeným erozním procesem, tedy denudací, transportem a akumulací půdy. Jde o území zemědělské půdy ohraničené rozvodnicí na níž vzniká povrchový odtok a hranicí, kde je povrchový odtok přerušeny.

Podkladovou vrstvu EUC jsem získal na stránkách Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy. Na webu me.vumop.cz jsem vyhledal vybrané katastrální území, v levém panelu jsem zapnul ve složce *Hydrologie* vrstvu EUC. Jako podklad jsem zvolil ortofoto mapu a správní hranice, ostatní vrstvy jsem ponechal vypnuté. Vytvořil jsem printscreen obrazovky tak, aby obsahoval EUC i s přesahy přes hranice katastrálního území (KU). EUC musí být vždy uzavřené, i když překračují hranice KU.

4.4. Postup práce v softwaru ArcMap

Dále jsem pracoval v softwaru ArcMap. Měl jsem zapnuté relativní cesty a nastavený souřadnicový systém SJTSK Křovák East North, EOSG: 5514.

Nahrál jsem následující vrstvy:

Katastrální území z ArcČR 500, omezil jsem pouze pro vybrané zájmové území

Vytvořený printscreen s EUC

Podkladovou vrstvu ortofoto

Protože jsem neměl rastrovou podobu vrstvy EUC, provedl jsem georeferencování získaného printscreenu. Principem je přiřazení souřadnicového systému (SS) vrstvě, které schází. V prostředí ArcMap jsem měl importovanou vrstvu katastrálních území, která měla v katalogu nastaven SS. Nad ní jsem měl vrstvu s printscreenem EUC. Použil jsem funkci *Georeferencing (Customize>Toolbars>Georeferencing)* Zde jsem použil funkci *Fit To Display*. Georeferencování spočívá v přiřazování shodných bodů na vrstvě bez SS k vrstvě která má SS. Pro každé vybrané území jsem zvolil 4 vlíčovací body umístěné pokud možno rovnoměrně v ploše území. Začal jsem vždy v levém horním rohu území a pokračoval ve směru hodinových ručiček. Poté jsem provedl kontrolu odchylky, kdy Total RMS Error nesměla být větší než 1. Georeferencovaný snímek jsem uložil pomocí *Update Georeferencing*. Tak se mi souřadnice uložily přímo do původního snímku.

Poté jsem snímek EUC vektorizoval do nové vektorové polygonové shapefile vrstvy. V *Catalogu* jsem ve své složce vytvořil novou shapefile vrstvu pojmenovanou *euc_mojekatastralniuzemi*. Nastavil jsem typ polygonu a souřadnicový systém S-JTSK. Po přidání do mapového pole jsem pomocí *Create features* provedl vektorizaci. Při té jsem dodržoval tato pravidla:

- EUC vždy zakončit na hranici zastavěných ploch, tyto nezahrnovat do výpočtů.
- Vektorizaci jsem prováděl podle hranic EUC, na mém modelu fialové čáry, zároveň jsem bral v potaz skutečný stav terénu aktuální ortofotomapy (hranice lesa, komunikace apod.)
- Hranice EUC jsem stanovil tam, kde by se voda v terénu zastavila. Pokud se vodní překážka vyskytovala uvnitř EUC, po ukončení polygonu jsem ji vyřízl pomocí funkce *Cut Polygons*. Ta vytvoří nový polygon, který jsem následně smazal.
- Vždy jsem věnoval pozornost vrstevnicím tak abych měl reálnou představu o reliéfu a sklonech v EUC ve vztahu k odtokovým poměrům v území.
- Pokud mají jednotlivé EUC stejnou hranici, musí na sebe bezešvě navazovat. Toho jsem dosáhl pomocí funkce *Trace v Editoru*.
- Po dokončení vektorizace jsem vytvořenou vrstvu duplikoval. Jednu pro další postup a druhou s originálními EUC.

Dále jsem provedl spojení vrstvy EUC s vrstvou katastrálního území (KU) a její úpravu. Tak vznikne aktualizovaný obrys katastrálního území, na některých místech i s přesahy EUC. Na spojení vrstev EUC a KU jsem použil funkci *Union*. Pak spustil editování nově vytvořené vrstvy. V atributové tabulce označil všechny polygony. V menu *Editoru* jsem pak použil funkci *Merge*. Výsledkem byl vždy jeden polygon zobrazující průběh hranic KU někde rozšířené o EUC. Tuto vrstvu jsem následně použil při práci s BPEJ a výpočty v softwaru ATLAS.

Další data pro výpočet modelu jsem získal z celostátní databáze *Bonitovaných půdně-ekologických jednotek (BPEJ)* Státního pozemkového úřadu na webu spucr.cz. Vrstvu BPEJ jsem stáhl ve formě .zip souboru, který jsem rozbalil a nahrál do datového pole.

Funkcí *Clip* jsem vrstvu EUC ořízl podle finálních hranic EUC.

Tímto jsem měl připravené vrstvy EUC a BPEJ. Pro práci v Atlasu jsem ještě potřeboval digitální mapu terénu. Tato nám byla pro potřeby této práce dodána vyučující. Použil jsem DMR 5 g vybraného území. Vrstevnice s intervalem 1 m, zdůrazněné po 5 m a v rovinatém terénu doplněné o vrstevnice po 0,5 m. V dalším kroku jsem přenesl data do modelu Atlas EROZE, kde jsem provedl samotný výpočet erozní ohroženosti vybraných území.

4.6. Postup práce v modelu Atlas EROZE

Z předchozí práce jsem měl pro každý z 10 řešených PB připraveny 3 vrstvy s potřebnými atributy, které budou použity při výpočtech modelu. Do Atlasu jsem postupně importoval vrstvu DMR 5 g, vrstvu EUC a 2x vrstvu BPEJ ořezanou podle hranic EUC.

Každý z 10 půdních bloků jsem analyzoval následujícím postupem. Spustil jsem program a zvolil možnost „Nový dokument“ s velikostí listu A0 na šířku. Tím se otevírá pracovní prostředí Atlas.

Nejprve jsem importoval digitální model terénu DMR 5 g. V záložce *DMT* pod možností *Operace s modelem -> Generace modelu terénu*. Následně jsem v části „Model terénu“ nastavil pracovní složky, do které se vytvářený DMT následně uloží. Pak jsem v možnosti „Vstupní data“ tlačítkem „Přidat“ vložil samotná data. Podle velikosti jednotlivých půdních bloků jsem vkládal 4 nebo 6 DMT. Formát jsem vždy zvolil DMR. V následujícím kroku jsem vždy zvolil formát XYZ a to bez jména bodů. Vždy jsem zkontroloval, zda jsou uvedena 4 vlákna. Následně jsem zmáčkli „Start“ a model Atlas EROZE provedl výpočet. Zobrazily se statistiky a provedl jsem kontrolu, zda jsou bez chyb. Tím je model vytvořen. V záložce *DMT* a možnosti *Vložit model terénu -> Založit i s půdorysem*, jsem vybral potřebný soubor, potvrdil ok a kliknutím umístil vytvořený DMT do mapového pole. Tento podklad mi následně sloužil pro výpočet L a S faktorů rovnice USLE.

K vrstvě DMT jsem importoval další vrstvu a to EUC. Ta v programu ATLAS vymezí oblast ve které se provede výpočet. V záložce *Eroze -> Erozně hodnocená plocha (EHP) -> Import polygonů (SHP)*. Tam jsem vybral soubor .shp s danou EUC.

Následně jsem importoval třetí vrstvu a to BPEJ kterou potřebuji pro K a C faktory. V záložce *Eroze -> K (C) faktor -> Import polygonů (SHP)*. Tam jsem vybral vrstvu BPEJ. Pak jsem nastavil sloupec s atributem kód BPEJ. Sloupec BPEJ jsem nejdříve sám vytvořil. Při provádění výpočtu si pak ATLAS vybere a nastaví hodnoty K faktoru. Stejný postup jsem provedl pro K faktor.

V posledním kroku nastavení před provedením výpočtu jsem doplnil zbývající parametry rovnice RUSLE. V záložce *Eroze -> Vstupní parametry* jsem zadal R faktor = 40, K faktor – se propsal dle zvoleného atributu importované vrstvy BPEJ, C faktor – se propsal dle zvoleného atributu importované vrstvy BPEJ, P faktor = 1 a přípustná ztráta pak pro PB v této práci vždy 4. Ostatní nastavení programu Atlas zůstalo defaultní.

Následně jsem provedl samotný výpočet erozní ohroženosti v modelu Atlas EROZE. Označil jsem všechny EUC daného PB a pomocí *Eroze -> Výpočet označených EHP* jsem provedl výpočet. Model Atlas EROZE provedl výpočet pomocí rovnice RUSLE. Po ukončení výpočtu se zobrazil protokol hodnotami erozní ohroženosti všech EUC v tabulkové podobě a také formou grafu, kde jsou hodnoty eroze nad limit 4 zobrazeny tmavou barvou. Aby bylo možné získaná data dále zpracovat i v ostatních programech, vyexportoval jsem data pomocí *Export -> Export rastru* v záložce *Soubor*. Mapy PB zobrazující míru erozní ohroženosti jsem uložil ve formátu JPG. Statistická data pak ve formátu excel.

5. VÝSLEDKY

V předešlých kapitolách jsem nastínil problematiku eroze zemědělské půdy, principy výpočtu erozní ohroženosti dešťovými srážkami na orné půdě a postup modelace erozní ohroženosti pro jednotlivé scénáře protierozních opatření.

Erozní ohroženost půdních bloků, vyhodnocení scénářů metodou RUSLE

Cílem této práce bylo porovnat efektivitu devíti scénářů protierozních opatření. Jako referenční hodnota současného stavu ztráty půdy z PB byla stanovena hodnota 10 t/ha/rok. Následně jsem vyhodnotil scénáře S1 – S9 pro celkem 10 PB (viz tabulka 1). Výsledky jsou vyjádřeny v absolutních hodnotách ztráty půdy (t/ha/rok) a v relativních hodnotách, procentuální podíl původního stavu. Pro každý blok jsem modeloval těchto devět scénářů:

S1 – střídání dvou plodin o jednotlivých výměrách 25 ha

S2 – střídání dvou plodin o jednotlivých výměrách 30 ha

S3 – střídání dvou plodin o jednotlivých výměrách 35 ha

S4 – rozdělení původní plodiny travními pásy o šíři 22 m, výměra jednotlivých bloků 25 ha

S5 – rozdělení původní plodiny travními pásy o šíři 22 m, výměra jednotlivých bloků 30 ha

S6 – rozdělení původní plodiny travními pásy o šíři 22 m, výměra jednotlivých bloků 35 ha

S7 – rozdělení původní plodiny pásy erozně méně náchylnější plodiny o šíři 110 m, výměra jednotlivých ploch původní plodiny 25 ha

S8 – rozdělení původní plodiny pásy erozně méně náchylnější plodiny o šíři 110 m, výměra jednotlivých ploch původní plodiny 30 ha

S9 – rozdělení původní plodiny pásy erozně méně náchylnější plodiny o šíři 110 m, výměra jednotlivých ploch původní plodiny 30 ha

Název PB	Velikost DPB	Způsob dělení	Ztráta půdy (t/ha/rok)	Ztráta půdy (% původního stavu)	
			RUSLE	RUSLE	
Moravské Budějovice 0102/10	současný stav	-	10	100	
	35 ha	2 plodiny	1,8	18	
		110 m	2,0	20	
		zat. pás	2,1	21	
	30 ha	2 plodiny	1,8	18	
		110 m	1,9	19	
		zat. pás	2,1	21	
	25 ha	2 plodiny	1,6	16	
		110 m	1,9	19	
		zat. pás	2,0	20	
	Přeštice 8204/16	současný stav	-	10	100
		35 ha	2 plodiny	3,6	36
110 m			4,1	41	
zat. pás			4,4	44	
30 ha		2 plodiny	3,6	36	
		110 m	4,1	41	
		zat. pás	4,4	44	
25 ha		2 plodiny	3,6	36	
		110 m	4,1	41	

		zat. pás	4,4	44
Kladno 0802/16	současný stav	-	10	100
	35 ha	2 plodiny	2,5	25
		110 m	3,0	30
		zat. pás	3,1	31
	30 ha	2 plodiny	2,0	20
		110 m	3,0	30
		zat. pás	3,0	30
	25 ha	2 plodiny	2,2	22
		110 m	2,6	26
		zat. pás	3,1	31
Pelhřimov 7901/12	současný stav	-	10	100
	35 ha	2 plodiny	3,7	37
		110 m	4,5	45
		zat. pás	4,6	46
	30 ha	2 plodiny	4,0	40
		110 m	4,3	43
		zat. pás	4,6	46
	25 ha	2 plodiny	3,4	34
		110 m	4,2	42
		zat. pás	4,5	45
Kralovice 8103/10	současný stav	-	10	100
	35 ha	2 plodiny	4,2	42
		110 m	4,9	49
		zat. pás	5,3	53
	30 ha	2 plodiny	4,1	41
		110 m	4,7	47
		zat. pás	5,3	53
	25 ha	2 plodiny	3,8	38
		110 m	4,6	46
		zat. pás	5,2	52

Jindřichův Hradec 0701/11	současný stav	-	10	100
	35 ha	2 plodiny	4,2	42
		110 m	5,5	55
		zat. pás	5,9	59
	30 ha	2 plodiny	4,6	46
		110 m	5,3	53
		zat. pás	5,9	59
	25 ha	2 plodiny	4,5	45
		110 m	5,0	50
		zat. pás	5,8	58
Dvůr Králové nad Labem 1002/9	současný stav	-	10	100
	35 ha	2 plodiny	6,4	64
		110 m	7,0	70
		zat. pás	7,7	77
	30 ha	2 plodiny	6,0	60
		110 m	6,8	68
		zat. pás	7,7	77
	25 ha	2 plodiny	5,7	57
		110 m	6,8	68
		zat. pás	7,6	76
Uherský Brod 1101/11	současný stav	-	10	100
	35 ha	2 plodiny	6,4	64
		110 m	7,1	71
		zat. pás	7,7	77
	30 ha	2 plodiny	6,2	62
		110 m	7,1	71
		zat. pás	7,7	77
	25 ha	2 plodiny	5,9	59
		110 m	7,1	71
		zat. pás	7,6	76
Slaný	současný stav	-	10	100

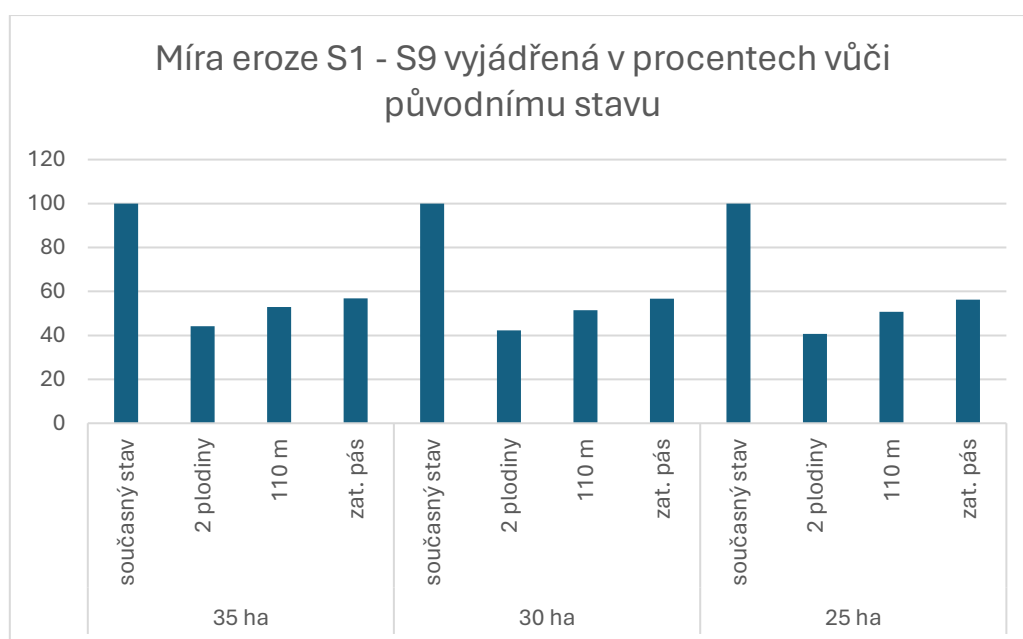
5602/27	35 ha	2 plodiny	5,0	50
		110 m	5,4	54
		zat. pás	6,3	63
	30 ha	2 plodiny	3,7	37
		110 m	5,4	54
		zat. pás	6,3	63
	25 ha	2 plodiny	3,7	37
		110 m	5,4	54
		zat. pás	6,3	63
Moravská Třebová 3202/13	současný stav	-	10	100
	35 ha	2 plodiny	6,4	64
		110 m	9,4	94
		zat. pás	9,7	97
	30 ha	2 plodiny	6,2	62
		110 m	8,9	89
		zat. pás	9,7	97
	25 ha	2 plodiny	6,3	63
		110 m	9,0	90
		zat. pás	9,7	97

Tabulka 1. Výsledky erozního ohrožení daných PB vyjádřené průměrnou roční ztrátou půdy (t/ha/rok). Srovnání původního stavu s devíti scénáři PEO metodou RUSLE.

Pro přehlednější vyhodnocení efektu jednotlivých protierozních opatření, scénářů S1 – S9, jsem vypočetl celkové průměrné hodnoty roční ztráty půdy pro každý scénář ze všech PB. Data zobrazena formou tabulky a grafu (viz tabulka 2 a graf 1).

výměra DPB	scénář	míra eroze RUSLE (% původního stavu)
35 ha	současný stav	100
	2 plodiny	44,2
	110 m	52,9
	zat. pás	56,8
30 ha	současný stav	100
	2 plodiny	42,2
	110 m	51,5
	zat. pás	56,7
25 ha	současný stav	100
	2 plodiny	40,7
	110 m	50,7
	zat. pás	56,2

Tabulka 2. Srovnání efektivity devíti scénářů PO (celkové průměrné hodnoty ze všech zkoumaných PB) vyjádřené v procentech původního stavu – bez aplikace PO.



Graf 1. Srovnání efektivity devíti scénářů PO (celkové průměrné hodnoty ze všech zkoumaných PB) vyjádřené v procentech původního stavu.

Z dat získaných při této práci mohou testované scénáře seřadit podle účinnosti od neúčinnější po nejméně účinnou (tabulka 3). Hodnocena jako průměrná hodnota ze všech 10 PB. V levém sloupci je účinnost průměrná ze všech 10 PB pro každý scénář, v pravém sloupci pak procentuální rozptyl jednotlivých scénářů způsobený topografickou členitostí PB. Výsledky ukazují, že účinnost zásadně ovlivňuje poloha umístění plochy s nižším C faktorem v rámci PB.

Pořadí scénáře dle efektivity protierozní účinnosti (Průměr z 10 PB)	Scénář	Rozptyl snížení eroze, nejnižší a nejvyšší hodnota z 10 PB
1.	(S1) 2 plodiny - 25 ha	snížení o 37 – 84 %
2.	(S2) 2 plodiny - 30 ha	snížení o 38 – 82 %
3.	(S3) 2 plodiny - 35 ha	snížení o 16 – 20%
4.	(S7) 110 m - 25 ha	snížení o 10 – 81 %
5.	(S8) 110 m - 30 ha	snížení o 11 – 81 %
6.	(S9) 110 m - 35 ha	snížení o 6 – 80 %
7.	(S4) zat. pás - 25 ha	snížení o 3 – 80 %
8.	(S5) zat. pás - 30 ha	snížení o 3 – 79 %
9.	(S6) zat. pás - 35 ha	snížení o 3 – 79 %

Tabulka 3. Pořadí scénářů dle účinnosti protierozních opatření.

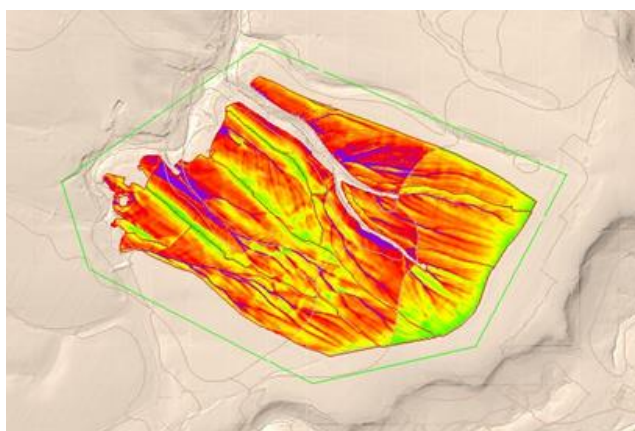
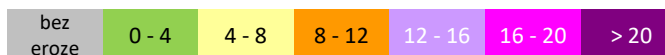
Níže pro optické posouzení výsledků, srovnání rastrových výstupů erozního ohrožení na PB 3202/13 Moravská Třebová na plochách 30 ha. Fialová barva označuje nejvyšší erozní ohrožení, zelená pak nejnižší. Zelená barva označuje plochy s hodnotou průměrné roční ztráty půdy nižší než dlouhodobě přípustná roční ztráta půdy. Žluté až červené odstíny označují oblasti s roční ztrátou půdy nad přípustnou hodnotou.

- Obrázek 1. zachycuje původní stav.
- Obrázek 2. scénář S5 zachycuje PO formou zatravněných pásů šíře 22 m vložených mezi více erozně ohroženou plodinu.
- Obrázek 3. scénář S8 zachycuje PO formou pásů méně erozně ohrožené plodiny šířky 110 m vložených mezi více erozně ohroženou plodinu.
- Obrázek 4. scénář S2 zachycuje PO s střídajícími se plochami rozlohy 30 ha více a méně erozně ohrožených plodin.

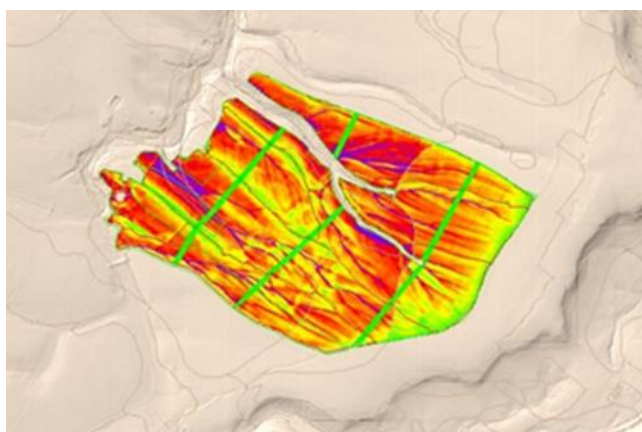
Obrázky níže, rastrový výstup vizuálně potvrzují data z tabulky 2. Nejefektivnější variantou z pohledu PO je varianta střídání dvou plodin. Data dále ukazují, že míra

erozní ohroženosti klesá se zmenšující se rozlohou osevních ploch. Při srovnání scénářů osevních ploch 35 ha, 30 ha a 25 ha vychází nejvýhodněji varianta 25 ha. Rastrové obrázky původní stav + S1 – S9 pro všech 10 PB jsou uvedeny v příloze této práce.

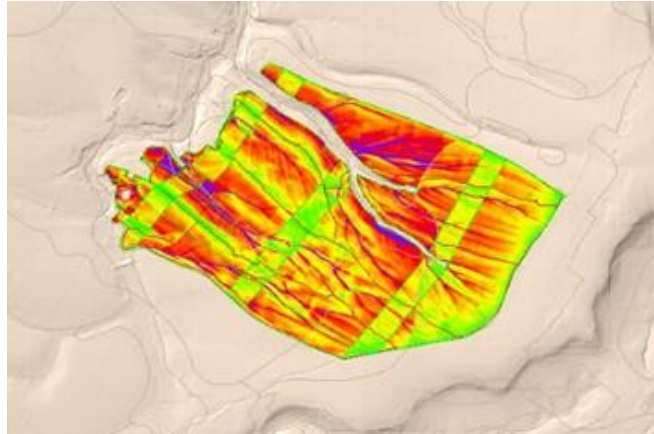
Legenda pro Obrázky 1 – 4: Intervaly erozního smyvu [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$]
na erozně hodnocených plochách



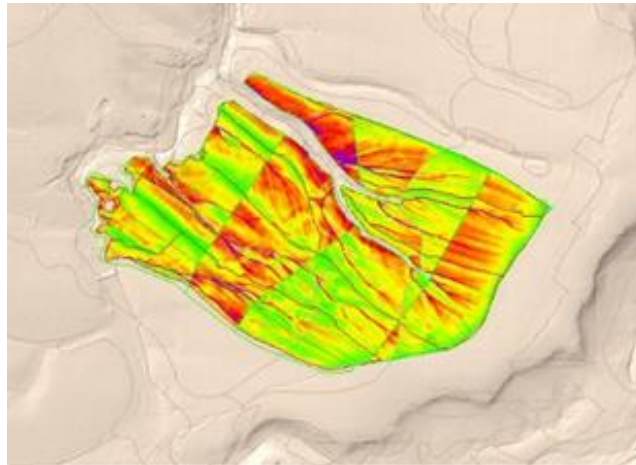
Obrázek 1. Původní stav na PB 3202/13.



Obrázek 2. Zatravněné pásy širě 22 m oddělující plochy 30 ha na PB 3202/13.



Obrázek 3. Pásky méně erozně ohrožené plodiny šíře 110 m oddělující plochy 30 ha a více erozně ohrožené plodiny na PB 3202/13.



Obrázek 4. Střídání dvou plodin, více a méně erozně ohrožené, na plochách 30 ha na PB 3202/13.

Z pohledu erozní ohroženosti se nejméně erozně ohroženým scénářem ukázal S1 – střídání dvou plodin o jednotlivých výměrách 25 ha. Při tomto scénáři byla ze všech devíti scénářů erozní ohroženost nejnižší u všech desíti půdních bloků.

Dále se ukázalo, že varianta střídání méně a více erozně ohrožených plodin o stejné rozloze na ploše PB je nejméně erozně ohrožená i při scénářích pěstebních ploch o větší rozloze tedy 30 ha a 35 ha tedy scénáře S1 – S3, a to na všech deseti půdních blocích.

Druhým nejméně erozně ohroženým scénářem pak je varianta prokládání plodin s vyšší erozní ohrožeností pásky šíře 110 m erozně méně ohrožené plodiny tedy scénáře S7 – S9. Výsledky jsou konsistentní pro všech deset půdních bloků a taktéž pro všechny tři rozlohy pěstebních ploch, tedy 25 ha, 30 ha i 35 ha.

Nejvyšší erozní ohrožení pak vykazují scénáře s použitím pásu travin šíře 22 m dělicích plochy s více erozně ohroženou plodinou tedy scénáře S4 – S6. Stejně jako u předchozích dvou scénářů i u tohoto se míra protierozní účinnosti ukázala konstantní. V tomto případě je PO u všech deseti PB a taktéž pro všechny tři rozlohy pěstebních ploch, tedy 25 ha, 30 ha i 35 ha.

6. DISKUSE

Záměrem této práce bylo ověřit a porovnat efektivnost protierozních opatření na zemědělských půdách stanovených v Nařízení vlády č. 48 z roku 2017 Sb. To ukládá na orné půdě pěstovat na plochách monokultury o maximální rozloze 30 ha. Tato rozloha byla stanovena kompromisem a na základě zemědělské praxe. Tato práce je součástí výzkumného projektu ověřujícího tato pravidla. V této práci jsem vytvořil scénáře erozní ohroženosti pro 10 PB každý v 10 scénářích (původní stav a S1 – S9). Celkem výzkumný úkol V02 výzkumného projektu QK21020243 řeší 33 PB. Výstupy této práce jsou tedy součástí větší množiny dat, která bude následně hodnocena.

Modelaci erozního smyvu jsem provedl metodou RUSLE v prostředí modelu Atlas EROZE. Pro unifikaci vstupních hodnot a pilotní zachycení erozní ohroženosti v protierozních scénářích S1 – S9 bylo přistoupeno k zjednodušení stanovení C faktoru v modelu. Půdní bloky analyzované v této práci se nacházejí v různých klimatických regionech České republiky což nebylo bráno v potaz. Získaná data ale bude možno v budoucnu použít a v dalších fázích výzkumu může být klimatický region zohledněn, tedy hodnoty C faktoru se pro jednotlivé PB budou lišit.

Finální zhodnocení výsledků tohoto výzkumu také nebere v potaz sklon pozemku, což je důležitý faktor při rozhodování o podobě dělení PB.

Z výsledků modelů prováděných v rámci této práce se jeví, že z pohledu snížení erozní ohroženosti je z opatření požadovaných v Nařízení vlády č. 48 z roku 2017 Sb. nejvýhodnější střídat dvě plodiny na plochách maximálně 25 ha. Navrhovaná maximální plocha monokultury na 30 ha je z výsledků tohoto modelu erozně ohroženější než plocha 25 ha. Scénář pro plochy 35 ha pak má erozní ohroženost ještě vyšší. Výsledky této práce, byť na omezeném počtu PB ukazují, že se vzrůstající souvislou plochou monokultury stoupá erozní ohroženost.

Při zvažování praktických důsledků omezení maximální plochy monokultury pro práci farmářů na orné půdě je třeba vzít v potaz více faktorů. Plocha 25 ha monokultur je již dostatečně velké pole pro nasazení moderní zemědělské techniky. Pokud je tvar pole rozumně homogenní, což

u polí bývá, je na této rozloze možné nasadit i velmi široké polní stroje a bezpečně s nimi pojíždět.

Velkou praktickou a psychologickou výhodou scénáře dvou střídajících se monokultur oproti scénářům se zatravněným pásem je také to, že netlačí zemědělce ke snižování plochy jeho orné půdy. To z vlastní zkušenosti farmáře mohou potvrdit. Pokud my stát uloží, abych pěstoval monokultury na nižších rozlohách, a 25 ha je i pro středně velké farmáře dobré pole, ale nesáhne mi na rozlohu mých polí, je to přijatelné. To že mě metoda střídání dvou plodin donutí sázet více než jednu plodinu by pro velké množství farem také neměl být problém. Většina farmářů pěstuje více než jednu plodinu. Plodiny je dobré na půdě střídat kvůli koloběhu živin. Pravidla protierozních opatření tak přidají další důvod, proč více diverzifikovat produkci na farmě. Nutnost sázet méně erozně ohroženou plodinu pod plodinu erozně více ohroženou je prakticky také pochopitelné. Farmář chce, aby se půdy smývaná z jeho polí zachytila co nejvíce na jeho pozemcích.

7. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

Tato práce se zabývala vyhodnocením protierozních opatření uložených českým zemědělcům v Nařízení vlády č. 48 z roku 2017 Sb. V podmínkách DZES je pro podporu udržitelného hospodaření v ČR, kde je stanovena maximální rozloha monokultury na orné půdě na 30 ha. Protierozní účinnost opatření uloženého vládou nebyla nikdy zkoumána a již při jejich ohlášení tehdejší ministr zemědělství prohlásil, že je třeba je následně ověřit.

Tato práce je součástí výzkumu, který zkoumá efektivitu navržených protierozních opatření. V této práci se na 10 PB modelovali tři scénáře protierozních opatření. Dvě střídající se plodiny, pás trávy šíře 22 m oddělující monokulturu na orné půdě a plochy monokultury proložené druhou, více erozně odolnou monokulturou o šíři 110 m. Vyhodnocení erozní ohroženosti jsem provedl v modelu Atlas EROZE. Data pro tento model jsem připravil v geoinformačním softwaru ArcMap. Podkladové digitální modely terénu byly připraveny jinými pracovníky v rámci celého výzkumného úkolu V02. Mapy Bonitovaných půdně ekologických jednotek jsem pak získal na webu Státního pozemkového úřadu.

Výsledkem této práce bylo 1+9 scénářů pro každý zkoumaný PB. Výsledky výzkumu ukázaly, že erozní ohroženost se u všech tří scénářů protierozních opatření snižuje, pokud se sníží celková souvislá plocha monokultury. Nejlépe vychází plochy do 25 ha, pak 30 ha a nejhůře do 35 ha. Stran efektivit jednotlivých scénářů, výrazně nejlépe, tedy s nejnižší mírou erozní

ohroženosti vychází scénář střídání dvou plodin. Tento scénář vychází nejlépe pro všechny tři rozlohy ploch.

Rozptyl účinnosti aplikace protierozních opatření je pak způsoben variabilitou topografické členitosti PB. Analýza výsledků ukazuje, že účinnost zásadně ovlivňuje umístění plodiny s nižším C faktorem v rámci PB.

Nejméně erozně ohroženým ze všech devíti scénářů je tedy PB rozdělený na DPB velikosti do 25 ha střídající dvě plodiny. Plodina s nižší erozní ohrožeností se pak umísťuje níže než plodina ohroženější. Dále DPB jsou vždy delší stranou umísťovány na PB pokud možno po vrstevnici. Tento výzkum potvrdil význam omezení maximální velikosti souvislé plochy monokultury na orné půdě. Doporučením vycházejícím z tohoto výzkumu je zvážit snížení maximální plochy z 30 ha na 25 ha.

8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

AGASSI, M., 2023: Soil Erosion, Conservation, and Rehabilitation. CRC Press. ISBN 9781000948660

BADALÍKOVÁ, B a kol., 2016: Vliv zapravení organické hmoty na půdní vlastnosti a snížení vodní eroze: uplatněná certifikovaná metodika. Troubsko: Zemědělský výzkum, spol. s r.o. ISBN 978-80- 88000-10-5.

BLANCO H., Lal R., 2008: Principles of Soil Conservation And Management, Springer Science + Business Media B.V. Ohio. 978-1-4020-8708-0

EVROPSKÝ ÚČETNÍ DVŮR, 2018: Zvláštní zpráva EU č. 33. Desertifikace v EU: boj s touto rostoucí hrozbou vyžaduje více opatření.

FOURNIER, A. J., 2011: Soil Erosion Causes, Processes, and Effects. Nova Science Publishers. ISBN 9781617611865

HUDSON, N., 1993: Field Measurement of Soil Erosion and Runoff. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

JANDÁK, J., 2003: Cvičení z půdoznalství. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-733-2.

JANEČEK, M. a kol., 2008: Základy erodologie. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 165 s. ISBN 978-80-213-1842-7.

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

Ministerstvo zemědělství ČR, 2017: Shrnutí informací k podmínkám standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES. Online: <https://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/dobry-zemedelsky-a-environmentalni-stav/shrnuti-informaci-k-podminkam-standardu.html>; (cit. 3. 3. 2024).

MORGAN, R. C. P., 2009: Soil Erosion and Conservation. Wiley. ISBN 9781405144674

KRÁSA a kol., 2014: Atlas EROZE. Manuál programu. TAČR, dostupné online: https://storm.fsv.cvut.cz/data/files/osobni%20stranky/Krasa%20Josef/manual_Atlas_EROZE_vcetne_uloh.pdf (cit. 1. 3. 2024).

NOVOTNÝ, I. a kol., 2017: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. 3. vydání. Praha : Ministerstvo zemědělství a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

OLDEMAN, L.R., 1992: Global Extent of Soil Degradation. ISRIC: Bi-Annual Report.

PASÁK, V., 1984: Ochrana půdy před erozí. SZN Praha.

PAVLŮ, L., 2019: Základy pedologie a ochrany půdy 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 76 s. ISBN 978-80-213-2952-2.

PELACANI, S. a kol., 2008: Simulation of soil erosion and deposition in a changing landuse: A modelling approach to implement the support practice factor. Geomorphology.

PENNOCK, D., 2019: Soil Erosion The Greatest Challenge for Sustainable Soil Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 9789251314265

POEHLS, D., 2009: Encyclopedic Dictionary of Hydrogeology. Amsterdam: Elsevier. ISBN 9780125586900

REJŠEK, K; VÁCHA, R., 2018: Nauka o půdě. Olomouc: Agriprint, s.r.o. ISBN 978-80-87091-82-1.

RENARD, K.G. a kol., 1997: Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook Number 703.

SILVA, T. P. a kol., 2024: Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. International Soil and Water Conservation Research 12, 2024 (121-136)

ŠARAPATKA, B., 2014: Pedologie a ochrana půdy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN isbn978-80-244-3736-1

TOY, J. T. et. al., 2002: Soil Erosion Processes, Prediction, Measurement, and Control. Wiley. ISBN 9780471383697

VIEIRA, A. A. B., 2021: Soil Erosion Current Challenges and Future Perspectives in a Changing World. IntechOpen. ISBN 9781839622991

WEISCHMEIER, W. H. a SMITH, D.D., 1978: Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.

WILSON, G.V., 2004: Tillage and residue effects on runoff and erosion dynamics. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan.

ZACHAR, D., 2011: Soil Erosion. Elsevier Science. ISBN 9780080869773

Legislativní předpisy

Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu

Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí

Vyhláška MŽP č. 240/2021 Sb., o ochraně zemědělské půdy přes erozi

Vyhláška MŽP č. 271/2019 Sb., o stanovení postupů k zajištění ochrany zemědělského půdního fondu

Vyhláška MŽP 48/2011 Sb., o stanovení tříd ochrany

Nařízení vlády 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, ve znění nařízení vlády č. 126/2018 Sb.

Nařízení vlády č. 50/2015 Sb., o stanovení některých podmínek poskytování přímých plateb zemědělcům a o změně některých souvisejících nařízení vlády.

Nařízení vlády č. 75/2015 Sb., o podmínkách provádění agroenvironmentálně-klimatických opatření a o změně nařízení vlády č. 79/2007 Sb., o podmínkách provádění agroenvironmentálních opatření, ve znění pozdějších předpisů.

Použitý software

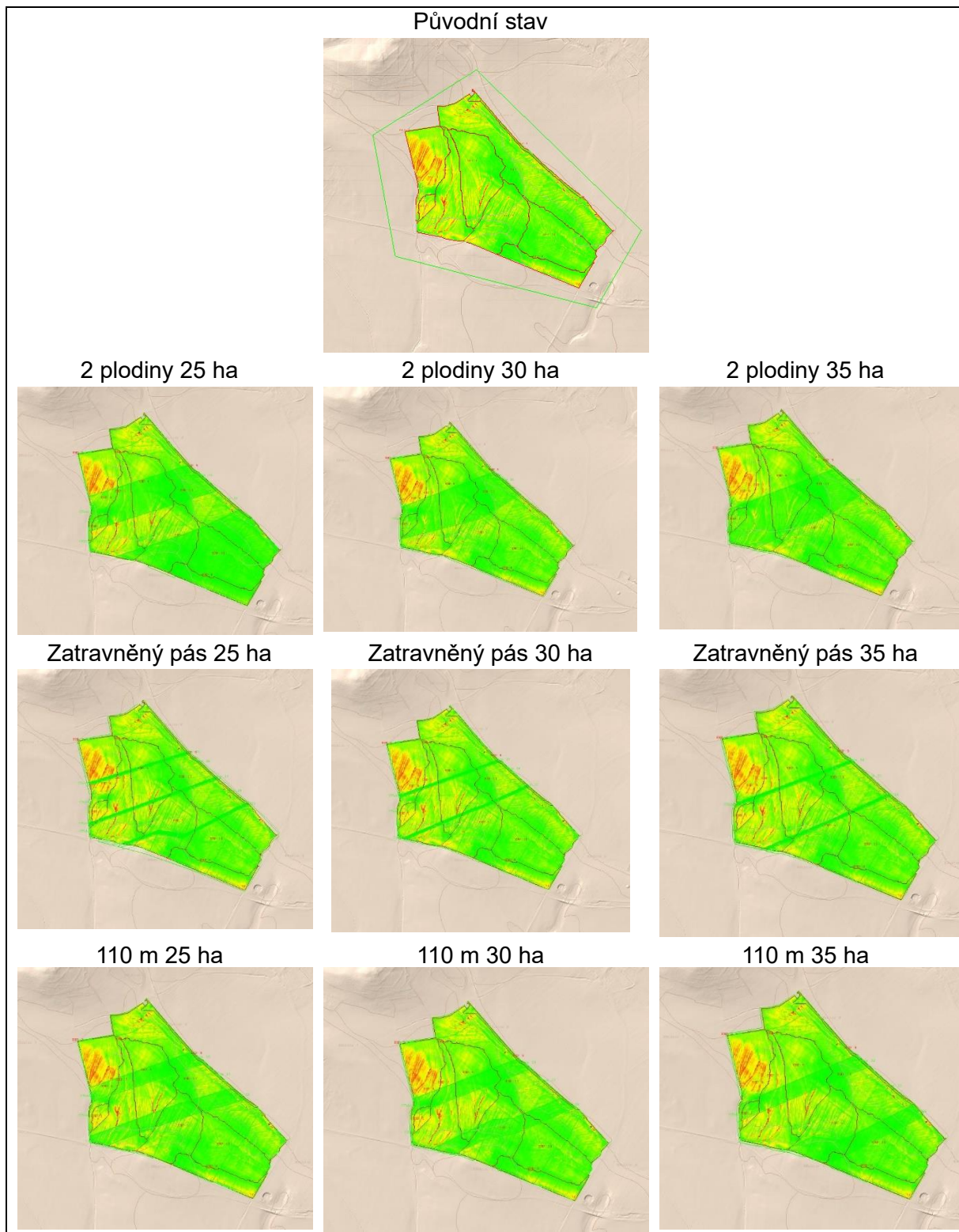
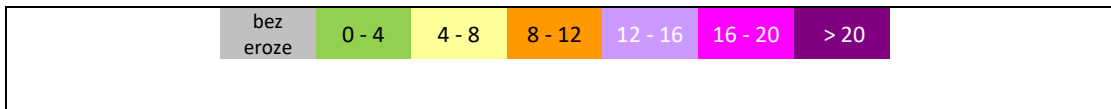
ATLAS DMT. Digitální model terénu. Zdroj: <https://www.atlasltd.cz/dmt/produkty/atlas-dmt/>

ArcMap. Hlavní komponenta geoinformačního softwaru ArcGIS. Zdroj: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/resources>

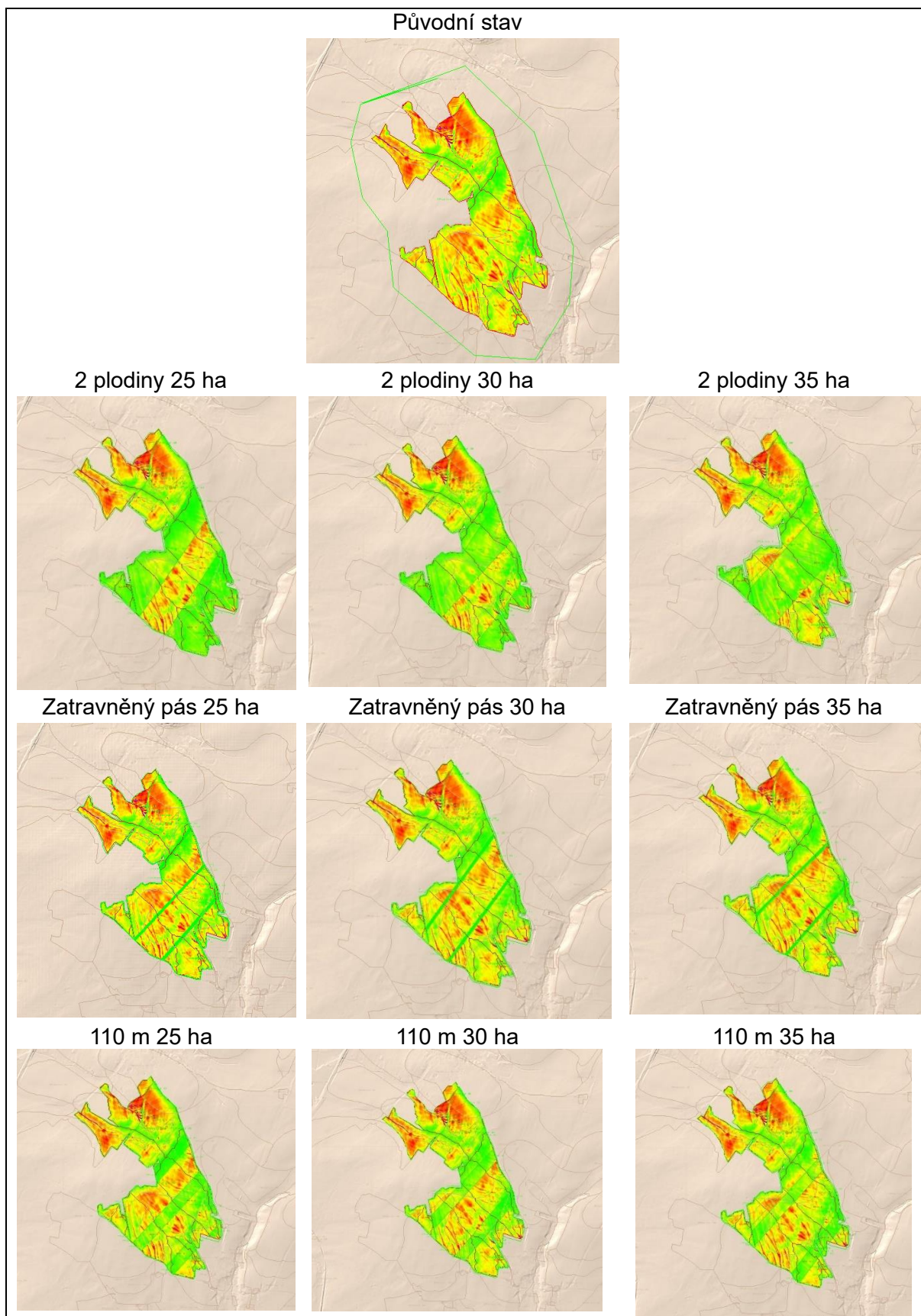
10. PŘÍLOHY

Grafické výstupy scénářů původní stav + S1 – S9 pro deset řešených půdních bloků:

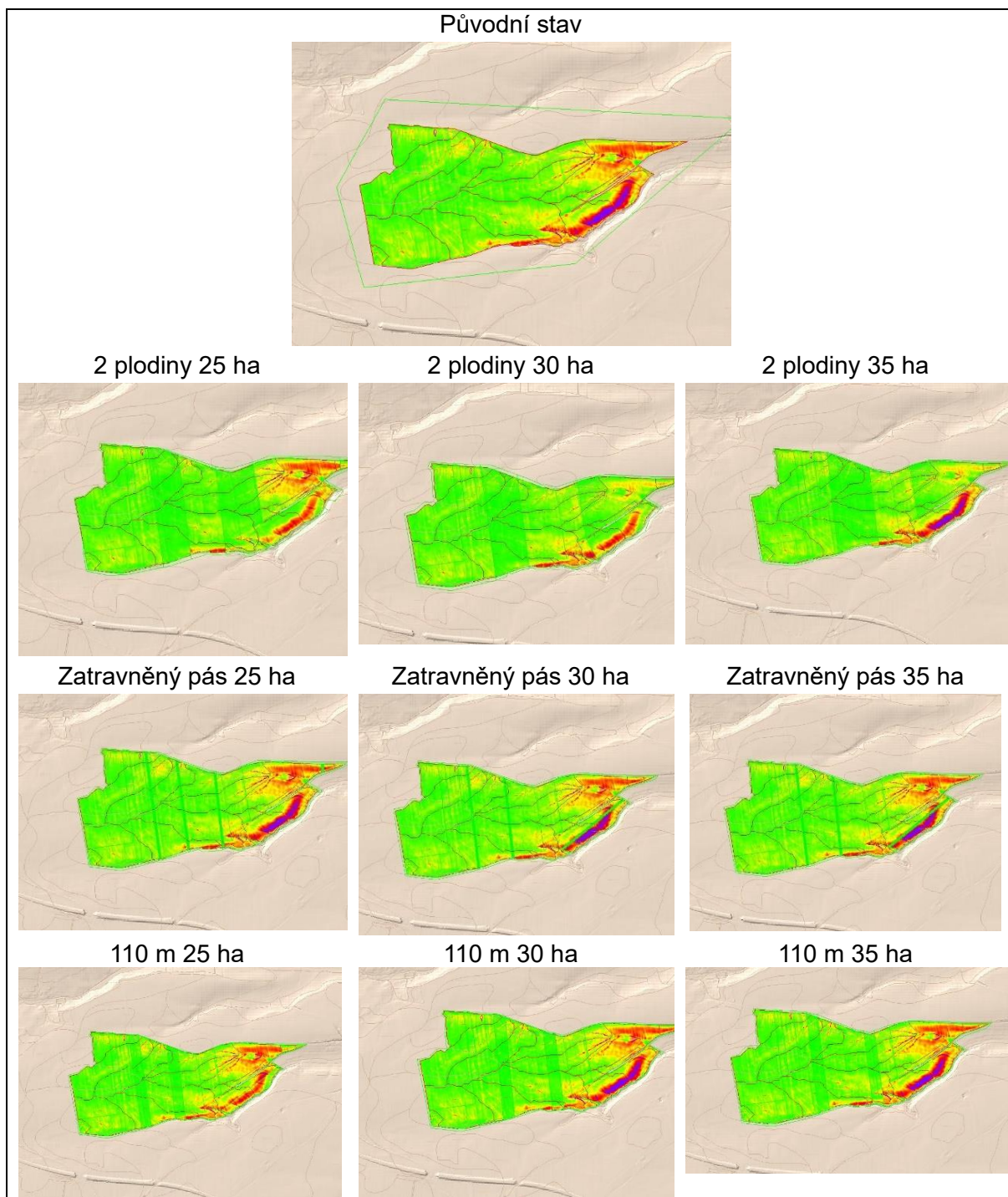
Legenda pro přílohy 1 – 10: Intervaly erozního smyvu [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$] na erozně hodnocených plochách



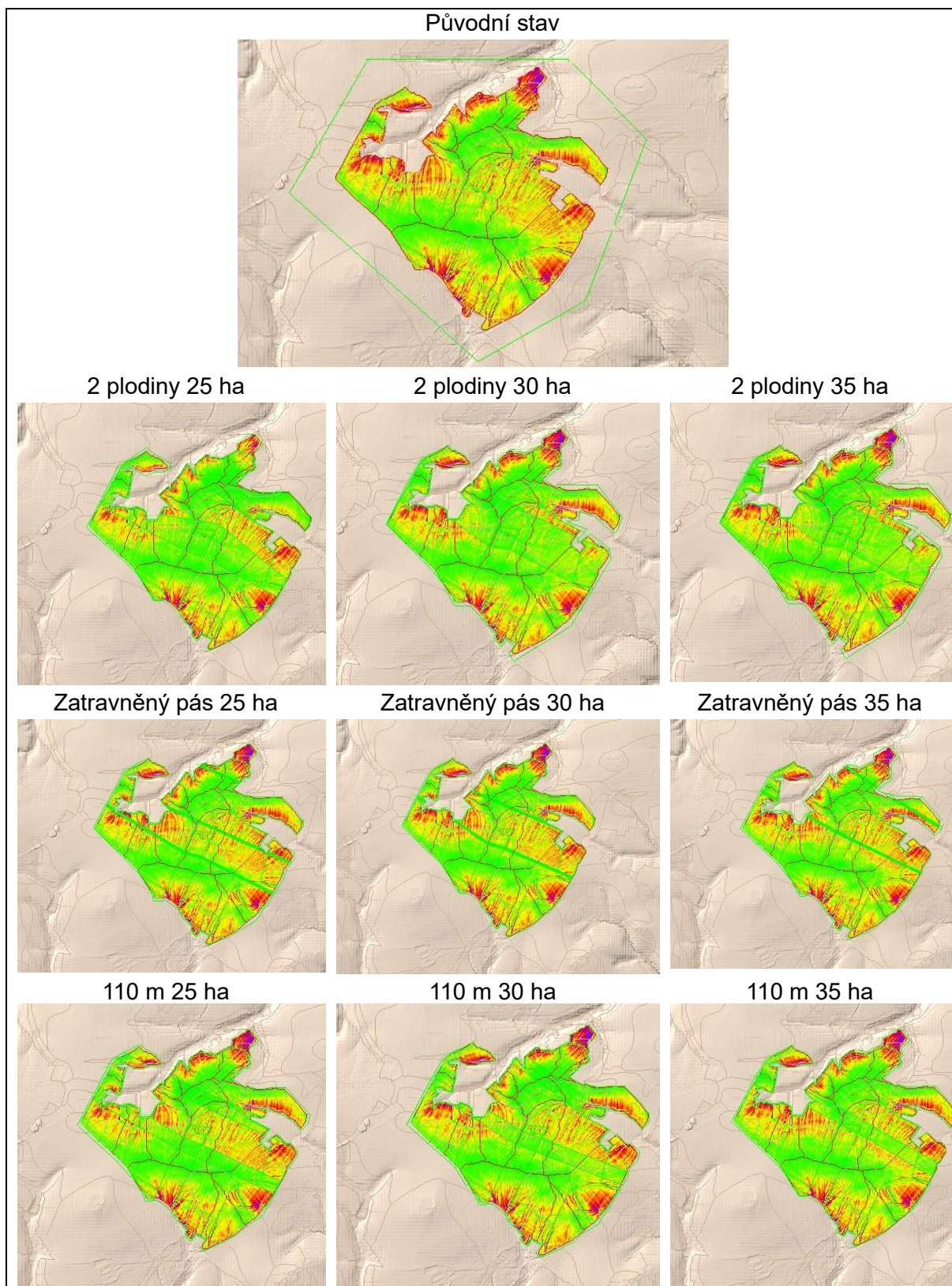
Příloha 1. Srovnání rastrových výstupů erozního ohrožení PB 0102/10 pro původní stav a jednotlivé scénáře.



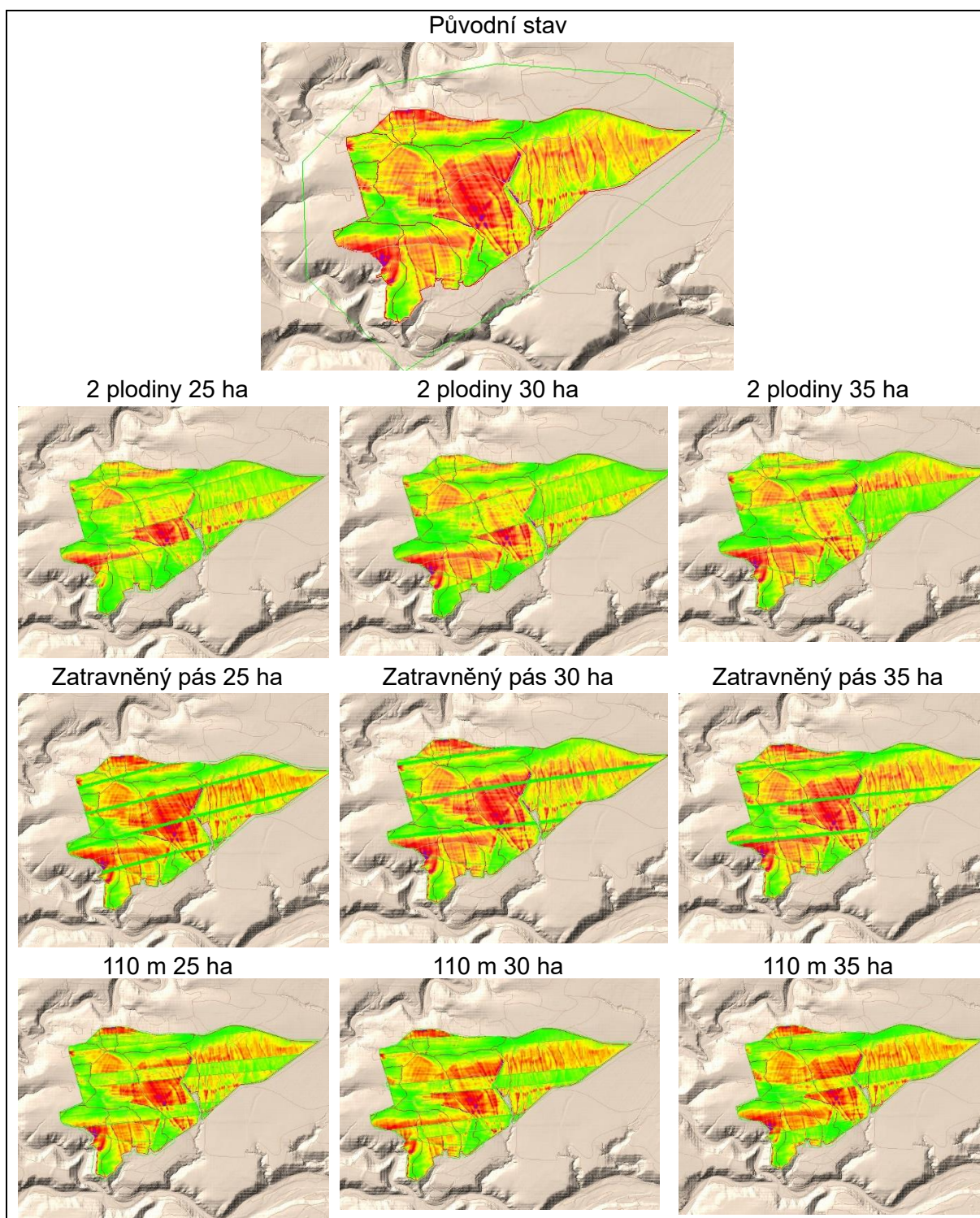
Příloha 2. Srovnání rastrových výstupů erozního ohrožení PB 8204/16 pro původní stav a jednotlivé scénáře.



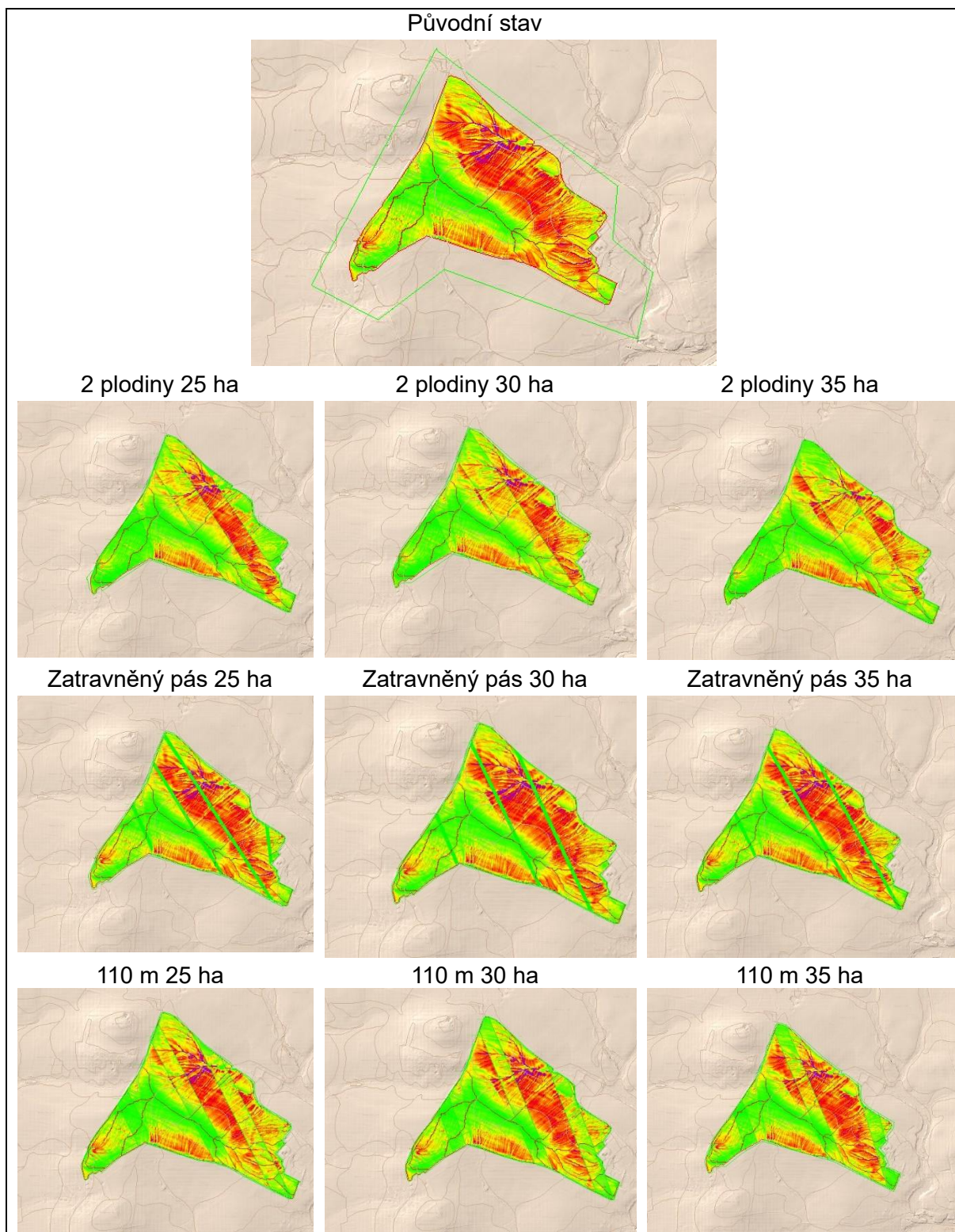
Příloha 3. Srovnání rastrových výstupů erozního ohrožení PB 0802/16 pro původní stav a jednotlivé scénáře.



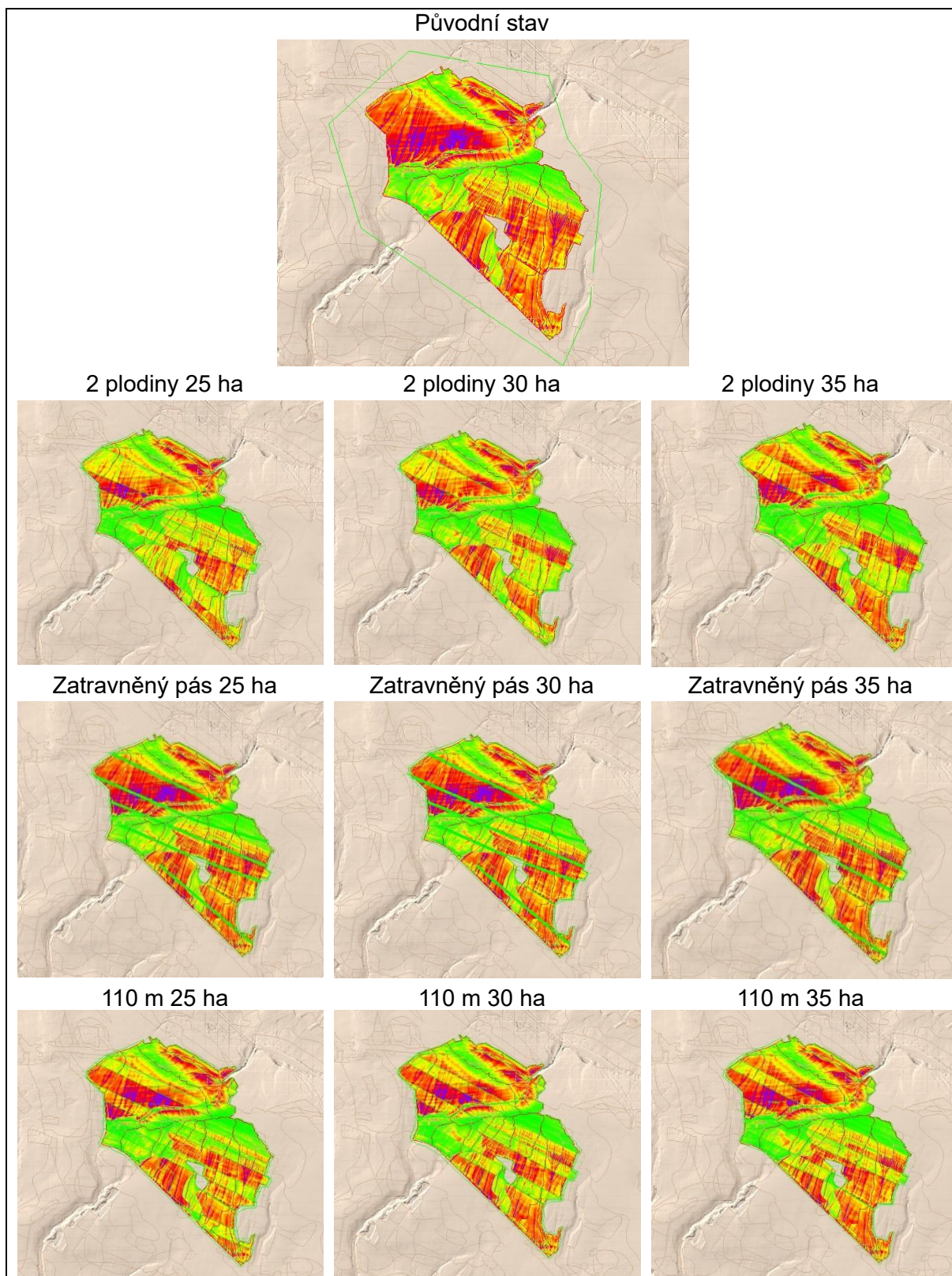
Příloha 4. Srovnání rastrových výstupů erozního ohrožení PB 7901/12 pro původní stav a jednotlivé scénáře.



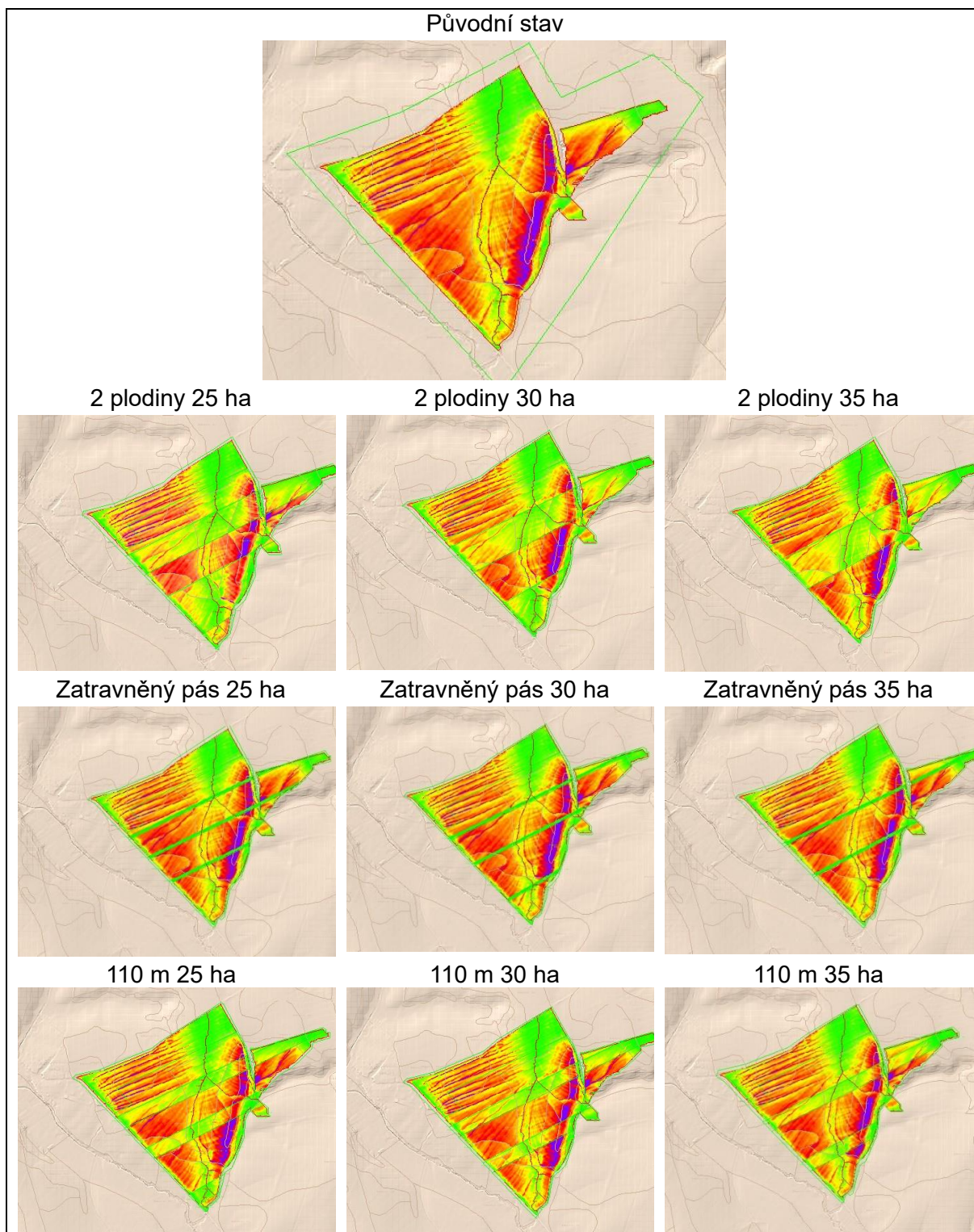
Příloha 5. Srovnání rastrových výstupů erozního ohrožení PB 8103/10 pro původní stav a jednotlivé scénáře.



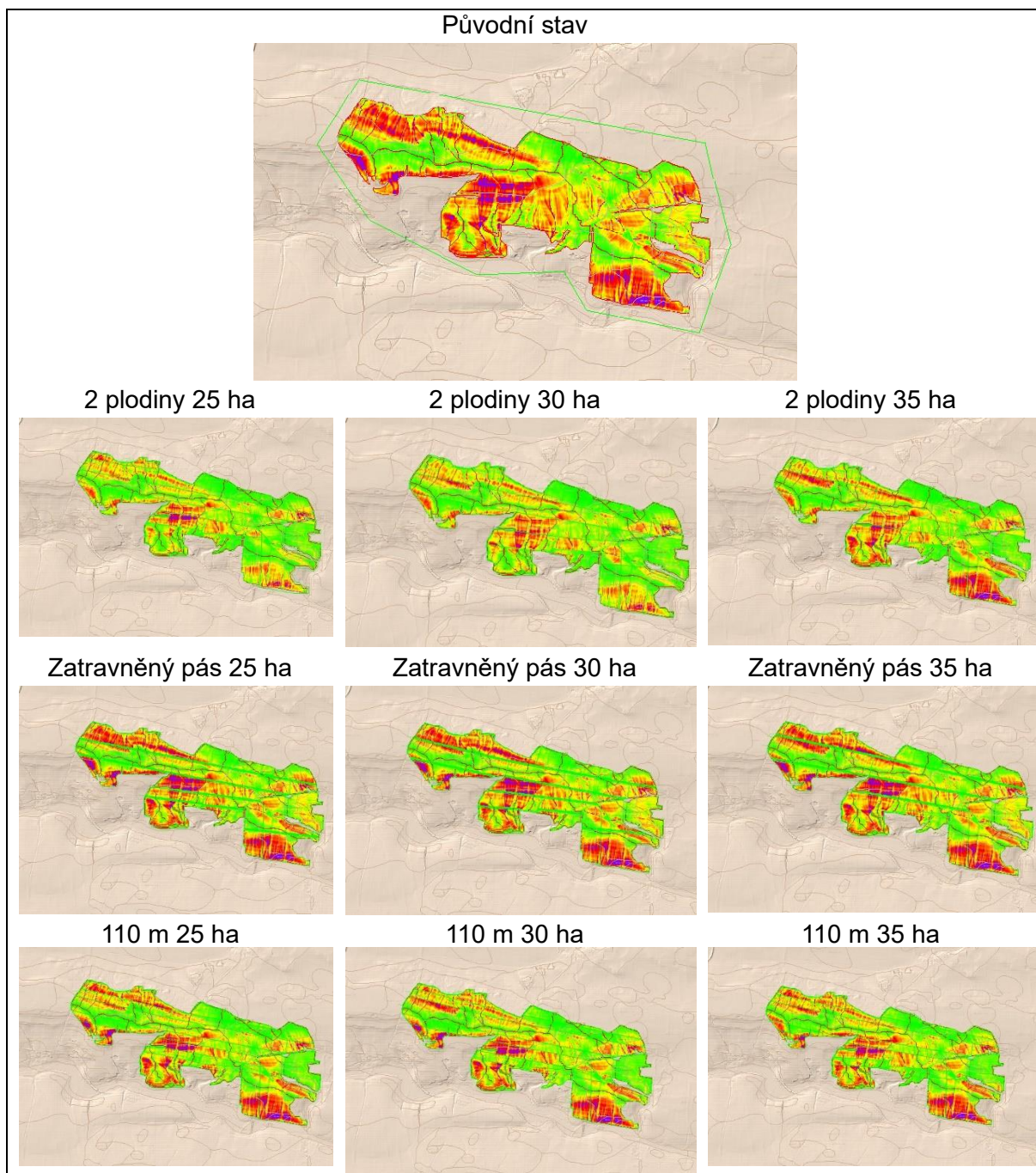
Příloha 6. Srovnání rastrových výstupů erozního ohrožení PB 0701/11 pro původní stav a jednotlivé scénáře.



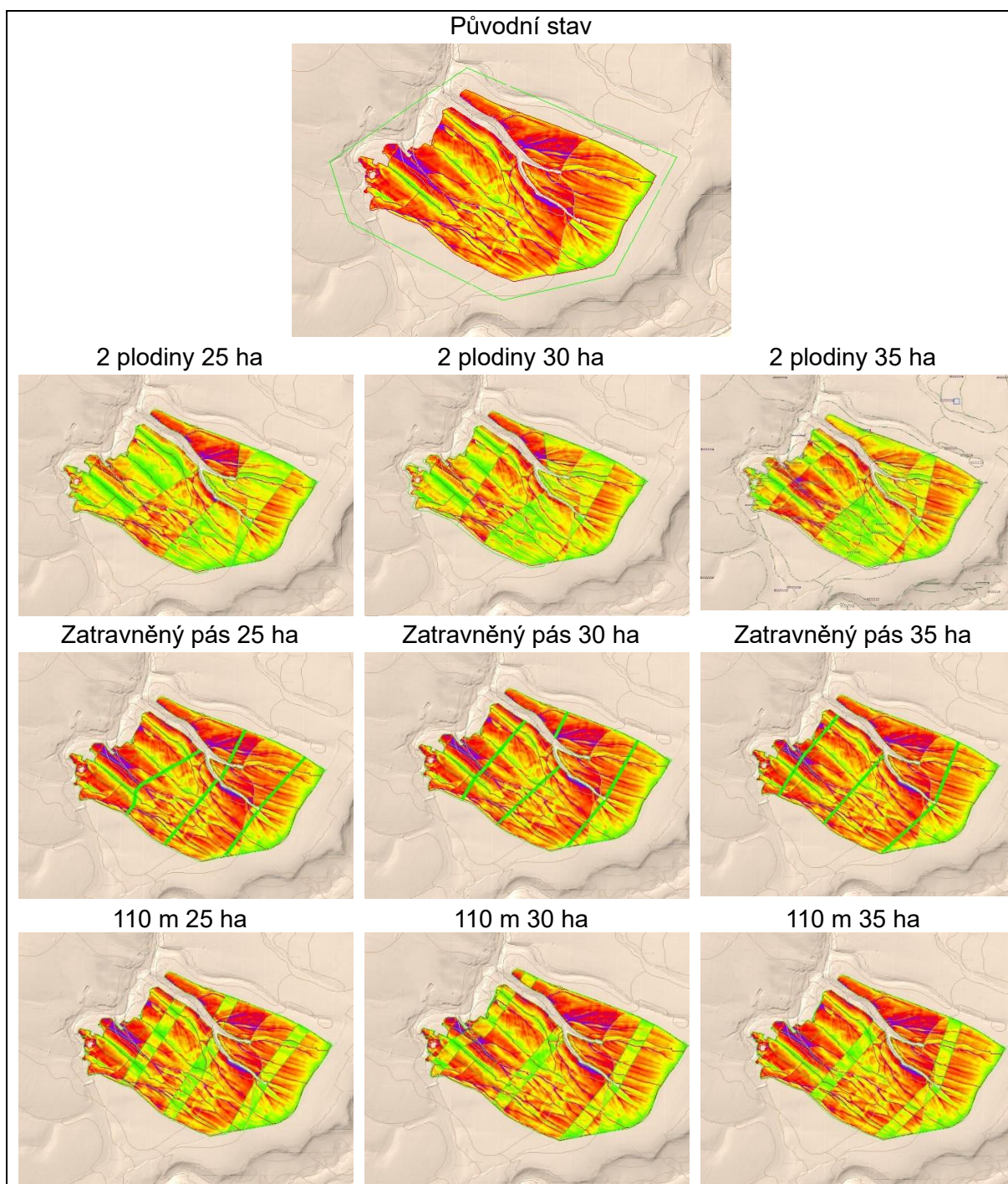
Příloha 7. Srovnání rastrových výstupů erozního ohrožení PB 1002/9 pro původní stav a jednotlivé scénáře.



Příloha 8. Srovnání rastrových výstupů erozního ohrožení PB 1101/11 pro původní stav a jednotlivé scénáře.



Příloha 9. Srovnání rastrových výstupů erozního ohrožení PB 5602/27 pro původní stav a jednotlivé scénáře.



Příloha 10. Srovnání rastrových výstupů erozního ohrožení PB 3202/13 pro původní stav a jednotlivé scénáře.