

Mendelova univerzita v Brně
Agromická fakulta
Ústav aplikované krajinné ekologie (AF)



**Výpočet ztráty půdy vodní erozí ve vybraném území
s využitím programu ArcGIS**

Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Tomáš Mašíček, Ph.D

Vypracoval:
Bc. Vít Krytinář

Brno 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce: Bc. Vít Krytinář
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Rozvoj venkova

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Mašíček, Ph.D.

Název práce: **Výpočet ztráty půdy vodní erozí ve vybraném území
s využitím programu ArcGIS**

Jazyková varianta: Čeština

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literárního přehledu na podkladě studia odborné literatury vztahující se k problematice eroze půdy a protierozní ochrany
2. Charakteristika zájmového území
3. Výpočet faktorů univerzální rovnice a stanovení průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí v prostředí programu ArcGIS
4. Návrh protierozních opatření na základě stupně ohroženosti pozemků erozí
5. Vyhotovení mapové dokumentace s využitím programu ArcGIS

Rozsah práce: 50 stran + přílohy

Literatura:

1. Kol. *Doporučený systém protierozní ochrany v procesu komplexních pozemkových úprav: metodika*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 1995. 55 s.
2. GELETIČ, J. a kol. *Úvod do ArcGIS 10*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. 141 s. Skripta. ISBN 978-80-244-3390-5.
3. JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí. Certifikovaná metodika*. Praha: FŽP ČZU a Powerprint Praha, 2012. 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.
4. Kol. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. 1. vyd. Praha: ISV nakladatelství, 2002. 201 s. ISBN 80-85866-86-2.
5. PASÁK, V. a kol. *Ochrana půdy před erozí*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1984. 160 s.
6. JANEČEK, M. *Základy erodologie*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 165 s. ISBN 978-80-213-1842-7.
7. MAŠÍČEK, T., ŽDÍMAL, V., 2014: Inovace předmětu „Počítačové projektování“ – praktické využití GIS při řešení hydrologických analýz. Metodické pracovní listy. Dílčí část institucionálního plánu č. 13.9 pro rok 2014. Brno: Mendelova univerzita v Brně.

Datum zadání: říjen 2015

Datum odevzdání: duben 2017

Bc. Vít Krytinář
Autor práce

Ing. Tomáš Mašiček, Ph.D.
Vedoucí práce

doc. Ing. Dr. Milada Šťastná
Vedoucí ústavu

doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Výpočet ztráty půdy vodní erozí ve vybraném území s využitím programu ArcGIS** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Tomáši Mašíčkovi, Ph.D. za cenné odborné rady, vstřícnost a ochotu při řešení problematiky daného tématu. Dále musím poděkovat Státnímu pozemkovému úřadu a Českému úřadu zeměměřickému a katastrálnímu za poskytnutí podkladových dat pro zpracování práce.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá analýzou erozní ohroženosti zemědělské půdy v katastrálních územích Bor u Nedvědice a Sejřek. Práce se zabývá výpočtem erozní ohroženosti v prostředí programu ArcGIS za použití mapových podkladů Státního pozemkového úřadu a Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Základním cílem této práce je zjištění současného stavu erozního ohrožení v daném území. Pro výpočet eroze je použita univerzální rovnice USLE (Universal soil loss equation). Výsledkem práce je soubor návrhu opatření vedoucích k nápravě nežádoucích vlivů vodní eroze na zemědělské půdě. Ochrana zemědělské půdy by měla být nedílnou součástí prací v oboru rozvoje venkova a udržování přirozených funkcí venkovské – zemědělské krajiny.

Klíčová slova: erozní ohrožení, ArcGIS, vodní eroze, USLE, zemědělská půda, opatření proti erozi

Abstract

Diploma thesis is focused on creating analysis of erosion risks on agriculture soils in cadastral areas Bor u Nedvědice and Sejřek. Thesis deals with calculation of erosion risks on ArcGIS program platform using the map basics of State land office and Czech Geodetic and Cadastral Office. The fundamental goal of thesis is find out a present of erosion risks in interests area. For calculation of erosion will be used universal equation of USLE (Universal soil loss equation). The result of thesis is proposal of measures which will lead to reduce the influence of water erosion on agriculture soils. Protection of agriculture soils should be integral part of rural development and maintaining natural functions of rural – agriculture landscape.

Key words: erosion risks, ArcGIS, water erosion, USLE, agriculture soil, anti – erosion measures,

Obsah:

1 ÚVOD	9
2 CÍL PRÁCE	12
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE	13
3.1 Půda	13
3.2 Eroze půd	13
3.2.1 Erozní problémy ve světě	14
3.2.2 Erozní problémy v ČR	15
3.2.3 Zákonné předpisy na ochranu půdy proti erozi	16
3.2.4 Další nástroje na ochranu půdy proti erozi	19
3.2.5 Monitoring eroze zemědělských půd	27
3.2.6 Aplikace pro zemědělce – „protierozní kalkulačka“	28
3.2.7 Typy eroze	29
3.2.8 Činitele napomáhající vodní erozi	32
3.2.9 Následky eroze	33
3.2.10 Opatření proti vodní erozi využívaná na zemědělské půdě	33
4 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	42
4.1 Historie území	42
4.2 Geomorfologie a geologie území	43
4.3 Podnebí	43
4.4 Hydrologie	44
4.5 Půda	44
4.6 Struktura ploch	45
5 METODIKA	46
5.1 Data a podklady	46
5.2 Určení ohroženosti půd vodní erozí	47
5.2.1 R – faktor erozní účinnosti přívalového deště	48
5.2.2 K – faktor erodovatelnosti půdy	49
5.2.3 LS – faktor délky a sklonu svahu	50
5.2.4 C – faktor ochranného vlivu vegetace	51
5.2.5 P – faktor účinnosti protierozních opatření	52
5.3 Postup při vytváření analýzy v prostředí ArcGIS	53
5.3.1 Hranice zájmového území	53

5.3.2 Půdní bloky	53
5.3.3 Faktor K	54
5.3.3 Digitální model terénu DMT	54
5.3.4 Sklonitost území	55
5.3.5 Směr, akumulace a délka povrchového odtoku	55
5.3.5 Faktor C	55
5.3.5 Faktor LS	56
5.3.7 G dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí.....	56
5.3.8 Protierozní opatření.....	58
6 VÝSLEDKY	59
6.1 Výsledné analýzy z prostředí ArcGIS	59
6.1.1 Sklonitost a průměrný sklon jednotlivých půdních bloků	59
6.1.2 Hydrologické charakteristiky.....	61
6.1.3 K faktor	62
6.1.4 LS faktor	63
6.1.5 C faktor	64
6.1.6 G dlouhodobá průměrná ztráta půdy podle USLE.....	66
6.1.7 Stupeň ohroženosti půdních bloků vodní erozí.....	67
6.2 Návrh opatření proti vodní erozi.....	70
6.2.1 Protierozní oseední postupy.....	70
6.2.2 Ochranné zatravnění	73
6.3 Stav eroze po návrhu PEO	75
6.3.1 G dlouhodobá průměrná ztráta půdy po návrhu PEO.....	75
6.3.2 Stupeň ohroženosti půdních bloků vodní erozí po návrhu PEO.....	76
7 ZÁVĚR	78
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:	81
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK:	86

1 ÚVOD

Působením přírodních erozních činitelů jako jsou voda, vítr, sníh a led, ale i tektonické aktivity země, dochází k přirozenému rozrušování povrchu půdy, transportu půdních částic a jejich následnému usazování. Tento jev je souhrnně nazýván eroze.

V dnešní době se o erozi nejčastěji hovoří v souvislosti s činností člověka a jeho vlivu při urychlování erozních procesů. Lidstvo již velmi dlouhou dobu přispívá k erozi půdy při jedné z nejstarších činností provozovaných pro zajišťování vlastní obživy, kterou je zemědělství. Lidé se obhospodařováním půdy zabývají již 10 000 let. Přitom první zmínky o působení eroze pochází z doby okolo 5 000 let před naším letopočtem.

S rozvojem lidské civilizace a stálým nárůstem populace se zvyšoval antropogenní tlak na půdu a její využívání. Nicméně opravdovým problémem se činnost eroze stává až v době minulého tisíciletí. Ještě na začátku 13. století bylo území, na kterém se nachází naše republika pokryto hlavně lesy a bažinami. V průběhu dalších staletí se ale tvář zemského povrchu začala zdatelně měnit. S nárůstem počtu obyvatel ve spojitosti s tzv. Velkou kolonizací a osídlováním dalších oblastí docházelo k získávání zemědělské půdy žďářením původních porostů. Mýcením lesů a odvodňováním zamokřených půd vznikaly nové pozemky vhodné k zemědělskému využití. S příchodem kolonizátorů ze západu se začaly využívat tehdy nové způsoby zpracování půdy, jako byla orba pomocí pluhu.

Půda je v horizontu lidského života prakticky neobnovitelným zdrojem. Jde o dynamický systém, který zastává řadu funkcí. Na existenci půdy je vázána velká řada ekosystémů stejně jako existence člověka samotného. Rozvoj zemědělství s použitím řady postupů pro jeho intenzifikaci a zvyšování jeho produktivity prokazatelně vede k zesilování procesů degradace půdy. Zemědělství ovšem nepřispívá k erozi pouze v důsledku obhospodařování pozemků s nevhodným typem půdy a pozemků nevhodně exponovaných. Nezanedbatelným faktorem je v této souvislosti používaná agrotechnika a veškeré průmyslově vyráběné chemické přípravky zapravované do půdy za účelem zvýšení produkce pěstovaných plodin. Průmyslová hnojiva, pesticidy a herbicidy mění chemické složení půdy a v souvislosti s tím i její přirozenou strukturu, která může posléze hůře odolávat erozním vlivům. Je téměř jisté, že jestliže nebudou v blízké době podniknuty kroky a opatření ke zmírnění tohoto trendu, budou tyto problémy exponenciálně narůstat.

V moderním světě a mnoha jeho zemích se zemědělství podílí na ekonomice státu velmi významnou měrou. Navíc je přímo provázáno s řadou dalších hospodářských odvětví. V širším kontextu mohou problémy s erozí přeneseně znamenat problémy sociálního charakteru. Šíření těchto problémů je pravděpodobnější v rozvojových zemích, zemích méně hospodářsky vyspělých, nebo zemí s hospodářstvím maximálně závislým na zemědělství.

Potřeba chránit půdu proti erozi vychází přirozeně z potřeby živit stále rostoucí světovou populaci. Uspokojovat její nároky přitom musí stále menší plocha zemědělské půdy. Některé zdroje uvádějí, že na Zemi každoročně ubývá v důsledku působení různých činitelů okolo 70 000 km² zemědělské půdy. Úbytek zemědělské půdy v kombinaci s rostoucí světovou populací způsobuje pokles výměry zemědělské půdy na jednoho obyvatele. Podle Food and Agriculture Organization (FAO) byla v šedesátých letech minulého století výměra zemědělské půdy na jednoho obyvatele Země 0,44 ha o třicet let později už tato hodnota klesla na číslo 0,27 ha na obyvatele. V České republice se nyní pohybuje rozloha zemědělské půdy na jednoho obyvatele okolo 0,4 ha. Zároveň bylo od roku 1950 do současnosti převedeno 200 000 ha zemědělské půdy na půdu lesní. Veškerá dlouhodobá statistická data tedy ukazují, že antropologický tlak na půdu narůstá, proto je její zachování a ochrana před erozí zásadní otázkou.

Zejména západní země si problematiku ohrožení půdy erozí připouštějí a začínají podnikat kroky k řešení situace. Evropská unie vytvořila v roce 2006 všeobecnou strategii na ochranu půdy v podobě Směrnice na ochranu půdy (2006/0086 (COD)). Směrnice se zaměřuje na dva hlavní principy: 1) Zabránit další degradaci půdy a chránit její funkce. 2) Obnovit půdu postiženou degradací na úroveň funkčnosti, která by byla slučitelná minimálně se současným a plánovaným využíváním, a tím zohlednit i náklady vynaložené na obnovu půdy. Eroze na území ČR zdaleka nepředstavuje tak obrovský problém jako na jiných místech v Evropě a světa. V posledních letech je v ČR ochrana půdy proti erozi podporována různými dotačními tituly, podmíněnými určitým dodržováním zásad při obhospodařování pozemků. Na ochranu zemědělské půdy se v ČR pamatuje též při realizaci projektů komplexních pozemkových úprav. Kde jsou opatření na ochranu půdy před vodní erozí nedílnou součástí tzv. plánu společných zařízení.

Nicméně vůle zabývat se ochranou půdy v tomto směru je ve světě různá. Určité nebezpečí by mohl znamenat menší zájem řešit tyto problémy ve státech s obrovskými výměrami zemědělské půdy, kde se její množství může zdát zdánlivě nevyčerpatelné. Stejně tak ve státech rozvojových v Asii, Jižní Americe a Africe, kde hraje roli špatná ekonomická i politická situace. V podmínkách střední a západní Evropy, kde jsou státy nepoměrně menších rozměrů a hustota osídlení vysoká, je prostor pro zemědělskou činnost omezený a s půdou je třeba nakládat zvláště opatrným způsobem.

Obecně se domnívám, že snaha pečovat o půdu a její úrodnost by neměla vycházet nejprve ze strany národních institucí a vládních úřadů, ale hlavně od vlastníků půdy a lidí na ní hospodařících. Právě tito lidé mají v první linii možnost půdu ovlivňovat pozitivním i negativním způsobem. Právě kladný vztah k půdě je prostředkem k jejímu udržování v dobrém stavu, jedná se však o ideální a rozhodně ne převládající stav. Samozřejmě politicko - společenská historie i současnost řady států tento ideální stav zdaleka neumožňuje, nebo ho dříve zpřetrhala a poničila.

2 CÍL PRÁCE

Práce je členěna do několika základních částí. Prvním cílem je zpracování literárního přehledu, kde bude shrnuta základní problematika půdní eroze, její vývoj a dopady v ČR i ve světě. Shrnutí jsou také možnosti a trendy v oblasti protierozní ochrany.

V další části práce bude charakterizováno zájmové území tvořené katastrálními územími Sejřek a Bor u Nedvědice. Základním cílem práce je z podrobné analýzy sklonitosti terénu, srážkových poměrů, půdního pokryvu a dat o pěstovaných plodinách, určit základní faktory vstupující do výpočtu eroze podle rovnice USLE (Univerzální rovnice ztráty půdy). V návaznosti na výsledky dosavadního stavu erozní ohroženosti budou navržena vhodná protierozní opatření. Pro výpočty a tvorbu mapové dokumentace použit program ArcGIS 10.2.2 sestávající se ze softwarových aplikací ArcMap, ArcCatalog a ArcToolbox. Pro část výpočtu topografického faktoru LS budou použity navíc programy USLE2D a LS-CONVERTER.

Výsledkem práce bude ucelená analýza vodní eroze včetně návrhu protierozních opatření podložená mapovou dokumentací. Navržená opatření by měla bezesporu naplnit svou funkci a snížit hodnoty odnosu ornice z půdních bloků. Zároveň ale musejí respektovat ekonomická hlediska zemědělské výroby.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Půda

Půda je zvláštním hybridním přírodním zdrojem. V přírodních ekosystémech a při řádném způsobu obhospodařování nabývá vlastností trvale udržitelného přírodního zdroje. V důsledku kořistnických trendů může být využívána bezohledně, ba dokonce může nabýt charakteru přírodního zdroje vyčerpatelného a neobnovitelného (Vašků, 2004).

Každá půda je složitým otevřeným systémem, který je tak úzce svázán s okolním prostředím, že je snadno zničitelným avšak těžce obnovitelným přírodním zdrojem. Každý centimetr ornice se vyvíjí řádově desítky až stovky let, ale tato vrstva může být vlivem eroze (větrné, vodní) zničena během několika minut (Vrba, Huleš, 2006).

Půda je také biofyzikální (v našich podmínkách spíš kulturněbiofyzikální) složkou životního prostředí. Zcela nezastupitelné jsou dosud funkce půdního prostředí, které umožňují základní metabolický proces většiny fotoautotrofních organismů této planety, tj. produkci biomasy. Proto je půda základním prostředkem zemědělské a lesnické prvovýroby. Také je ale podstatou území státu, tedy jeho státní svrchovanosti, a nezbytnou základnou pro rozvoj hospodářského i společenského života jeho obyvatel. Má mimořádný národohospodářský význam. Je výrobním prostředkem, zbožím, a tudíž předmětem vlastnictví (Vašků, 2004).

3.2 Eroze půd

V současné době se eroze definuje jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů.

Působením eroze se zemský povrch na jedné straně snižuje - degraduje, na druhé straně hromaděním usazených hmot vyvyšuje - agraduje. Výsledkem toho je zarovnávaní zemského povrchu - planace. Podmínkou planačního procesu je, aby hmoty vyvýšených částí zemského povrchu byly rozpojitelné. Tuto podmínku zajišťuje zvětrávání hornin. Čím kypřejší je zvětralinový plášť, tím intenzivněji může probíhat proces zvětrávání (Janeček a kol., 2008).

Eroze půdy má největší podíl na destrukci půdy. Z agronomického hlediska znamená degradaci půdy jak fyzikální (struktura, textura), tak i biologickou (utlumení činnosti

mikroorganismů, organismů). Současně představuje nenávratnou ztrátu zeminy, humusu a minerálních živin (Toman, 1995).

Již v roce 1939 americký erodolog H. H. Bennet rozlišuje erozi *normální* nebo-li geologickou, kterou nazývá přirozenou a erozi *zrychlenou*. Úkolem ochranných opatření je snížení lidským působením zrychlené eroze na úroveň normální, geologické eroze. Je známo, že klima má značný vliv na rychlost eroze. Neuvažujeme-li vliv reliéfu, který je bezesporu největší, je známo, že eroze bývá nejrychlejší v semiaridním klimatu (Janeček a kol., 2008).

3.2.1 Erozní problémy ve světě

Ze 14,7 milionu km² kultivované zemědělské půdy na světě, je více než 9 milionu km² ohroženo plošnou erozí způsobenou vodou (Obrázek č. 1). Přičemž 1,7 milionu km² je už vážně poškozeno odnosem půdy s následnými deformacemi povrchu včetně tvorby erozních rýh a strží. Odhadem se každoročně ztratí okolo 30 - 40 miliard tun úrodné orné půdy (Moldan, 2015).

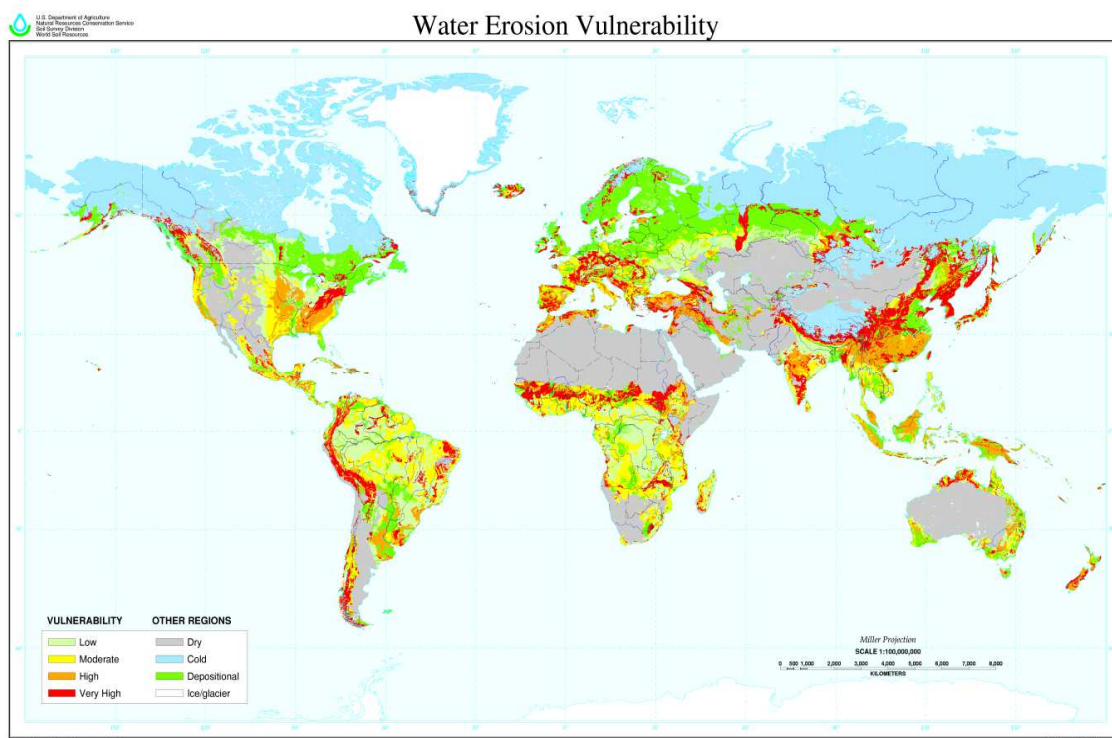
Nejdůležitějšími příčina vodní eroze je odlesnění, které působí asi 40 % všech potíží, dále nadměrná pastva (29 %) a konečně nevhodné zemědělské postupy (24 %). Ve světovém měřítku je méně významná eroze větrná, která ovšem v některých oblastech může být stejně vážná jako eroze vodní (Jeníček, Foltýn, 2010).

Ve světovém měřítku nezpůsobuje problémy pouze eroze, ale je třeba zmínit i další činitele způsobující degradaci půdy. Díky nevhodné kultivaci půdy, zejména v případě, že nejsou do půdy dodávána vhodná organická hnojiva, dochází k tzv. chemické degradaci. O chemické degradaci se mluví i v souvislosti se zasolováním, které je často výsledkem špatně prováděného zavlažování. Dalším nebezpečím je znečištění půdy toxickými látkami, ať už prostřednictvím atmosférické depozice či při aplikaci zemědělských hnojiv a pesticidů. Obvyklé je i znečištění ropnými i jinými látkami. Velmi rozšířeným procesem je také zakyselování půd. Existuje také řada typů degradace fyzikálních vlastností půdy, zejména utužování půdy pojezdy zemědělskou technikou (Jeníček, Foltýn, 2010).

Poškození půdy je celosvětový problém a Evropa není výjimkou. Evropská komise uvádí, že 115 mil. ha (12 % z celého území Evropy) je ovlivněno vodní erozí. Celkem 45 % evropských půd má velmi nízký obsah humusu (0 - 2 % organického uhlíku),

zejména v jižní Evropě. V důsledku nedodržování správných zásad kultivace pozemků s pojezdy těžké techniky je nadměrně stlačeno podorníci u 33 % půd (Moldan, 2015).

Nezanedbatelná nejsou ani ekonomická hlediska, kdy každoročně dochází k ekonomickým ztrátám v řádu desítek miliard amerických dolarů. Chudoba, související s upadajícím zemědělstvím má za následek dalekosáhlé sociální problémy včetně migrace obyvatel (Jeníček, Foltýn, 2010).

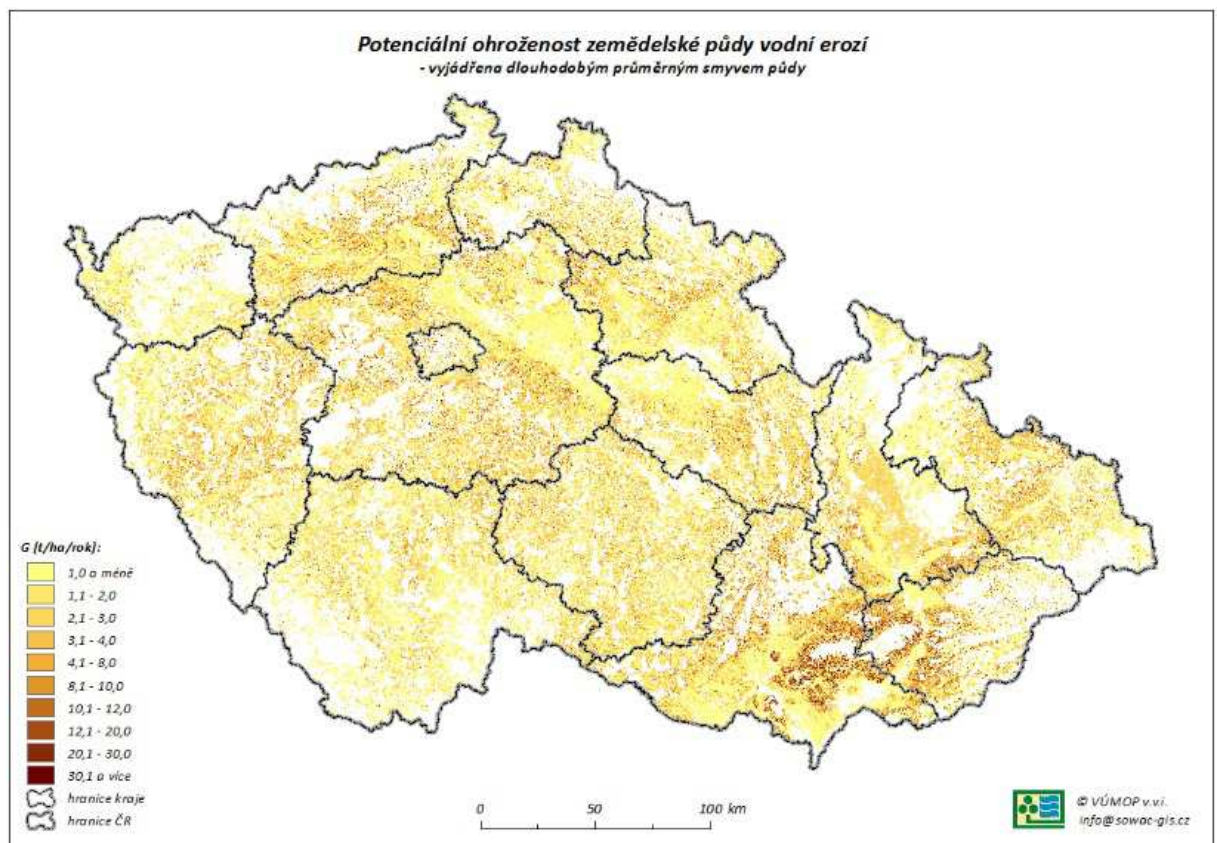


Obrázek č. 1. Zranitelnost půd vodní erozí podle NRCS (Natural Resources Conservation Service). (<https://www.nrcs.usda.gov>)

3.2.2 Erozní problémy v ČR

Politický převrat v roce 1948 byl významným milníkem ve vývoji hospodářství v bývalém Československu. Od začátku 50. až do poloviny 60. let 20. století probíhal na území Československa proces přestavby zemědělství od kapitalistické malovýroby k socialistické velkovýrobě. Tato revoluční změna podoby zemědělství byla provedena ve velmi krátkém časovém horizontu. Později se však ukázalo, že tato transformace v podobě intenzifikace zemědělské výroby nepřinesla pouze výhody ve formě zvyšování produkce, ale měla i negativní dopad na protierozní ochranu půdy. V počátečním období socializace sehrála roli ve vývoji erozní ohroženosti především

transformace parcel při hospodářsko - technických úpravách pozemků. Tyto úpravy vedly ke zvětšování výměr pozemků a prodlužovala se délka jejich svahů. V období 1970 - 1975 byly v rámci Státního plánu základního výzkumu rozpracovány metody kvalitativního hodnocení intenzity eroze půdy a řada účinných protierozních opatření. Jako příklad může sloužit terasování erozí postižených svahů na jižní Moravě. (Stehlík, 1981)



Obrázek č. 2. Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.). (<http://me.vumop.cz/mapserv/>)

V současnosti je v rámci České republiky ohroženo vodní erozí okolo 50 % zemědělské půdy (Novotný a kol., 2014). Mapa potenciální ohroženosti zemědělských půd je vyobrazena na Obrázku č. 2.

3.2.3 Zákonné předpisy na ochranu půdy proti erozi

Pro Českou republiku jako člena Evropské Unie je závazná tzv. Evropská směrnice na ochranu půdy (2006/0086 (COD)). Tento právní předpis ukládá členským státům řadu povinností. Z pohledu boje proti erozi jsou v předpisu důležité body v *Kapitole II.- Prevence rizik, zmírnění a obnovení:*

Kapitola II

Prevence rizik, zmírnění a obnovení

ODDÍL JEDNA

URČENÍ RIZIKOVÝCH OBLASTÍ

Článek 6

*Určení oblastí ohrožených erozí, úbytkem organické hmoty, utužováním, zasolováním
a sesuvy*

1. *Do pěti let od [datum provedení] určí členské státy na vhodné úrovni oblasti svého území, u nichž existuje rozhodující důkaz nebo důvodné podezření, že se na nich vyskytl nebo v blízké budoucnosti pravděpodobně vyskytne jeden či více procesů degradace půdy (dále jen „rizikové oblasti“):*
 - a) *eroze způsobená větrem nebo vodou;*
 - b) *úbytek organické hmoty způsobený konstantním snižováním organického podílu půdy, s výjimkou neuhnilých zbytků rostlin a živočichů, produktů jejich částečného rozkladu a půdní biomasy;*
 - c) *utužení v důsledku zvýšení hustoty hmoty a zmenšení pórovitosti půdy;*
 - e) *zasolení v důsledku akumulace rozpustných solí v půdě;*
 - f) *sesuvy způsobené středně rychlým až rychlým sesuvným pohybem půdy a kamenitého materiálu. (2006/0086 (COD))*

ODDÍL DVA

STANOVENÍ CÍLŮ A PROGRAMŮ OPATŘENÍ

Článek 8

*Programy opatření proti erozím, úbytku organické hmoty, utužování, zasolování
a sesuvům*

1. *Pro účely zachování funkcí půdy uvedených v čl. 1 odst. 1 připraví členské státy, na vhodné úrovni, pro rizikové oblasti určené v souladu s článkem 6 program opatření obsahující alespoň cíle omezení rizik, vhodná opatření k dosažení těchto cílů, časový plán provedení těchto opatření a odhad rozdělení*

soukromých nebo veřejných finančních zdrojů potřebných na financování těchto opatření.

2. *Při přípravě a revizi programů opatření podle odstavce 1 členské státy náležitě zváží sociální a ekonomický dopad plánovaných opatření. Členské státy zajistí, aby byla opatření rentabilní, technicky proveditelná a ještě před uskutečněním programů opatření provedou posouzení dopadů, včetně analýzy nákladů a přínosů. Členské státy v programech opatření uvedou, jakým způsobem budou opatření provedena a jak přispějí k dosažení stanovených environmentálních cílů.*
3. *Pokud je oblast ohrožena několika souběžnými procesy degradace půdy, mohou členské státy přijmout jediný program, v němž budou pro všechna určená rizika stanoveny vhodné cíle snížení rizik a rovněž vhodná opatření k jejich dosažení. (2006/0086(COD))*

Legislativa týkající se ochrany půdy České republiky má základ v řadě právních předpisů. Přesto ale převládá názor, že je protierozní ochrana půdy řešena nedostatečně. Mezi zákony týkající problematiky půdy patří: Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů. Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů. Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon), ve znění pozdějších předpisů. Zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů.

O půdě se hovoří i v Zákoně č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny.

§ 2 *Ochrana přírody a krajiny*, odstavec: (2) *Ochrana přírody a krajiny podle tohoto zákona se zajišťuje zejména, bod: h) účastí na ochraně půdního fondu, zejména při pozemkových úpravách,*

Ministerstvo životního prostředí vykonává funkci ústředního orgánu státní správy v ochraně zemědělského půdního fondu podle zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu. Zákon vymezuje zemědělský půdní fond (ZPF), stanovuje nástroje jeho kvalitativní i kvantitativní ochrany, režim odnímání zemědělské půdy ze zemědělského půdního fondu a odvozy za odnětí zemědělské půdy, vymezuje

orgány ochrany ZPF a upravuje výkon státní správy na úseku ochrany ZPF, stanovuje sankce za správní delikty a zmocňuje MŽP k vydání prováděcích předpisů (vyhlášek). (http://www.mzp.cz/cz/ochrana_pudy)

Vybrané paragrafy zák. 334/1992 Sb. zmiňující erozi půdy:

§ 2 Změna využití zemědělské půdy, *Zemědělskou půdu evidovanou v katastru nemovitostí* (18) jako trvalý travní porost lze změnit na ornou půdu jen se souhlasem orgánu ochrany zemědělského půdního fondu uděleným na základě posouzení fyzikálních nebo biologických vlastností zemědělské půdy, rizik ohrožení zemědělské půdy erozí, včetně polohy údolnic a provedených opatření ke snížení těchto rizik, jako jsou například svahové průlehy.

§ 3 Zásady ochrany zemědělské půdy, odstavec: (1) Je zakázáno, bod: (b) způsobovat ohrožení zemědělské půdy erozí překračováním přípustné míry jejího erozního ohrožení stanovené prováděcím právním předpisem; přípustná míra erozního ohrožení se stanoví na základě průměrné dlouhodobé ztráty půdy vyjádřené v tunách na 1 ha za 1 rok v závislosti na hloubce půdy, (d) poškozovat fyzikální, chemické nebo biologické vlastnosti zemědělské půdy jejím zhutňováním, zamokřováním, vysoušením, překrýváním nebo narušováním erozí.

3.2.4 Další nástroje na ochranu půdy proti erozi

Zásadní pro zlepšení erozního stavu na našich půdách by měla být jednoznačně snaha o maximálně šetrné zacházení s půdou v rámci jejího zemědělského obhospodařování. V této podkapitole budou shrnuty nástroje na ochranu půdy proti erozi vycházejících primárně z legislativních zdrojů. Nejde ovšem o bezpodmínečně vyžadovaná opatření, která musejí být dodržována. Jsou založena spíše na dobrovolnosti zemědělců, případně vlastníků půdy. Jedná se o pozemkové úpravy a dotační tituly vázané na dodržování předepsaných postupů v zemědělství.

3.2.4.1 Pozemkové úpravy

Historie pozemkových úprav je velmi bohatá jak ve světě, tak i na území České republiky. Pozemkové úpravy vždy souvisely se způsobem života na venkově a s technologií zemědělského hospodaření. Každá změna v zemědělství vyvolávala novou etapu pozemkových úprav. Změny byly dány rozvojem technologií zemědělské výroby, změnou ve způsobu výběru daně z pozemků a změnou uspořádání vlastnických

a nájemních práv. Jejich provádění bylo z velké části ovlivněno současným politickým vedením a společenským názorem (Vlasák, 2007).

Pozemkovými úpravami se ve veřejném zájmu prostorově a funkčně uspořádávají pozemky, scelují se nebo dělí a zabezpečuje se jimi přístupnost a využití pozemků a vyrovnání jejich hranic tak, aby se vytvořily podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy. V těchto souvislostech původní pozemky zanikají a zároveň se vytvářejí pozemky nové, k nimž se uspořádávají vlastnická práva a s nimi související věcná břemena v rozsahu rozhodnutí podle § 11 odst. 8. Současně se jimi zajišťují podmínky pro zlepšení kvality života ve venkovských oblastech včetně napomáhání diverzifikace hospodářské činnosti a zlepšování konkurenceschopnosti zemědělství, zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, vodní hospodářství zejména v oblasti snižování nepříznivých účinků povodní a řešení odtokových poměrů v krajině a zvýšení ekologické stability krajiny. Výsledky pozemkových úprav slouží pro obnovu katastrálního operátu a jako neopomenutelný podklad pro územní plánování (§ 2 zákona Zák. č.139/2002 Sb.).

V rámci projektu Komplexních pozemkových úprav (KoPÚ) je jako jeho nedílná součást zpracován tzv. Plán společných zařízení: 1) Opatření sloužící ke zpřístupnění pozemků, 2) Protierozní opatření sloužící na ochranu zemědělského půdního fondu, 3) Vodohospodářská opatření, 4) Opatření k ochraně a tvorbě životního prostředí.

Protierozní opatření sloužící na ochranu ZPF se dále dělí na: a) Organizační opatření, b) Agrotechnická opatření, c) Technická opatření (Homoláčová, 2015).

3.2.4.2 Dotační tituly pro zemědělce – Přímé platby

Z podstatné části poskytuje českým zemědělcům dotace Státní zemědělský intervenční fond (SZIF). Nejdůležitější zdroj dotačních prostředků pro zemědělce v ČR pochází z peněz EU. Základ přitom tvoří tzv. Přímé platby. Přímé platby jsou v programovém období 2014 – 2020 mimo jiné zaměřeny na šetrný přístup k životnímu prostředí pomocí režimu Greening. V rámci přímých plateb je majoritní podíl peněz rozdělen v podobě Jednotné platby na plochu (SAPS). Sazba jednotné platby na plochu činila v roce 2016 přesně 3514 Kč/ha obhospodařované půdy.

Platba pro zemědělce dodržující zemědělské postupy příznivé pro klima a životní prostředí (Greening), činila v roce 2016 přesně 1928 Kč/ha obhospodařované půdy. Platbu zemědělec dostává jako příplatek k SAPS. Při nedodržení podmínek je platba

žadatelé krácena podle počtu nedodržených podmínek a rozsahu porušení. Greening se dělí na tři hlavní opatření příznivá pro klima a životní prostředí. Některé z nich mají přímý vliv na posilování odolnosti půdy proti vodní erozi.

1) Diverzifikace plodin – Žadatel má povinnost pěstovat určitý počet plodin v závislosti na rozloze orné půdy v LPIS. Ornou půdou se rozumí standardní orná půda (R), úhor (U) a travní porost na orné půdě (G). Plnění podmínek diverzifikace je posuzováno za období od 1. června až 31. srpna daného roku. V tomto období se musí na daném půdním bloku buď nacházet plodina, nebo prokazatelné posklizňové zbytky plodiny, kterou žadatel deklaroval v žádosti (<http://www.szif.cz>).

Pokud má žadatel v LPIS:

- 10 –30 ha orné půdy - musí pěstovat min. 2 plodiny a zároveň hlavní plodina nezabere více než 75 % orné půdy
- více než 30 ha orné půdy – musí pěstovat minimálně 3 plodiny, hlavní plodina nezabere více než 75 % orné půdy a zároveň dvě hlavní plodiny nezaberou více než 95 % orné půdy (<http://www.szif.cz>)

Povinnost Diverzifikace plodin se ne vztahuje na žadatele:

- jehož plocha orné půdy v LPIS činí méně než 10 ha,
- pokud pěstuje na více než 75 % orné půdy travu nebo jiné bylinné pícniny, případně jde o půdu ponechanou ladem, nebo jsou tyto způsoby kombinovány a zbývající plocha orné půdy nepřesáhne 30ha,
- pokud trvalé travní porosty v kombinaci s travami a bylinnými pícninami představují více než 75 % zemědělské plochy, nebo jsou tyto způsoby kombinovány a zbývající plocha orné půdy nepřesáhne 30 ha,
- plní na všech svých pozemcích podmínky ekologického zemědělství, tj. pokud má žadatel také plochy s konvenčním způsobem hospodaření, týkají se ho na těch plochách podmínky diverzifikace (<http://www.szif.cz>)

2) Zachování poměru trvalých travních porostů – Cílem této podmínky je udržení poměru trvalých travních porostů vůči zemědělské ploše a skládá se ze dvou částí:

Ad a) Udržení poměru trvalých travních porostů vůči zemědělské ploše:

Poměr nesmí v rámci celé ČR klesnout o více než 5 % v porovnání s referenčním poměrem. Za změnu trvalého travního porostu se považuje nejen rozorání (tj. změna z kultury T – trvalé travní porosty na kulturu R – orná půda), ale jakákoliv změna

kultury T na jinou kulturu (S - sady, V - vinice, C - chmelnice...). Jedinou povolenou výjimku zde tvoří výše zmíněná změna kultury T na kulturu L - louky (nezahrnuje výsadbu rychle rostoucích dřevin ve výmladkových plantážích a pro výrobu energie a nezahrnuje výsadbu vánočních stromků).

Ad b) Úplný zákaz změny kultury trvalý travní porost na environmentálně cenných plochách:

Na území České republiky byly stanoveny environmentálně cenné plochy, na nichž je znemožněna změna trvalých travních porostů na jakoukoliv jinou kulturu. Jedná se o plochy, které se nachází/ jsou:

- v oblasti Natura 2000
- v 1. zóně CHKO a NP
- národní přírodní památka, národní přírodní rezervace, přírodní rezervace
- a přírodní památka
- ve vzdálenosti do 12 m od vodního útvaru
- silně erozně ohrožené
- podmáčené a rašelinné louky
- v III. aplikačním pásmu nitratově zranitelných oblastí

Zákaz platí jen pro kulturu T (trvalé travní porosty) (<http://www.szif.cz>).

3) Vyhrazení plochy využívané v ekologickém zájmu (EFA) – Pokud má žadatel v LPIS více než 15 ha orné půdy, musí být alespoň 5 % z jeho výměry uvedené na deklaraci veškeré zemědělské půdy v rámci Jednotné žádosti vyčleněno jako plocha v ekologickém zájmu (tzv. plocha EFA).

Jako plochy EFA lze vyčlenit:

- úhor spolestem využívaný v ekologickém zájmu (nově pouze „zelený úhor“),
- krajinné prvky v ekologickém zájmu,
- souvrať,
- plochy s rychle rostoucími dřevinami pěstovanými ve výmladkových plantážích,
- zalesněné plochy,
- plochy s meziplodinami,
- plochy s plodinami, které vážou dusík

Aby bylo možné zahrnout plochu, nebo prvek do EFA je nutné, aby jeho výměra dosahovala alespoň 0,01 ha. Význam ploch EFA je určen váhovým koeficientem (viz. Tabulka č. 1.), kterým je násobena jejich reálná výměra (<http://www.szif.cz>).

Tabulka č. 1. Váhový koeficient pro plochy využívané v ekologickém zájmu (Státní zemědělský intervenční fond). (<http://www.szif.cz>)

Plocha využívaná v ekologickém zájmu	Váhový koeficient
Krajinný prvek – solitérní dřevina	1,5
Krajinný prvek – stromořadí	2,0
Krajinný prvek – skupina dřevin	1,5
Krajinný prvek – terasa	1,0
Krajinný prvek – mez	1,0
Krajinný prvek –travnatá údolnice	1,0
Krajinný prvek – příkop	2,0
Krajinný prvek – mokřad	1,0
Souvrať	1,5
Úhor s porostem – poda ponechána ladem	1,0
Zalesněná plocha	1,0
Plocha s RRD pěstovanými ve výmladkových plantážích	0,3
Plochy s meziplodinami	0,3
Plochy s plodinami, které vážou dusík	0,7

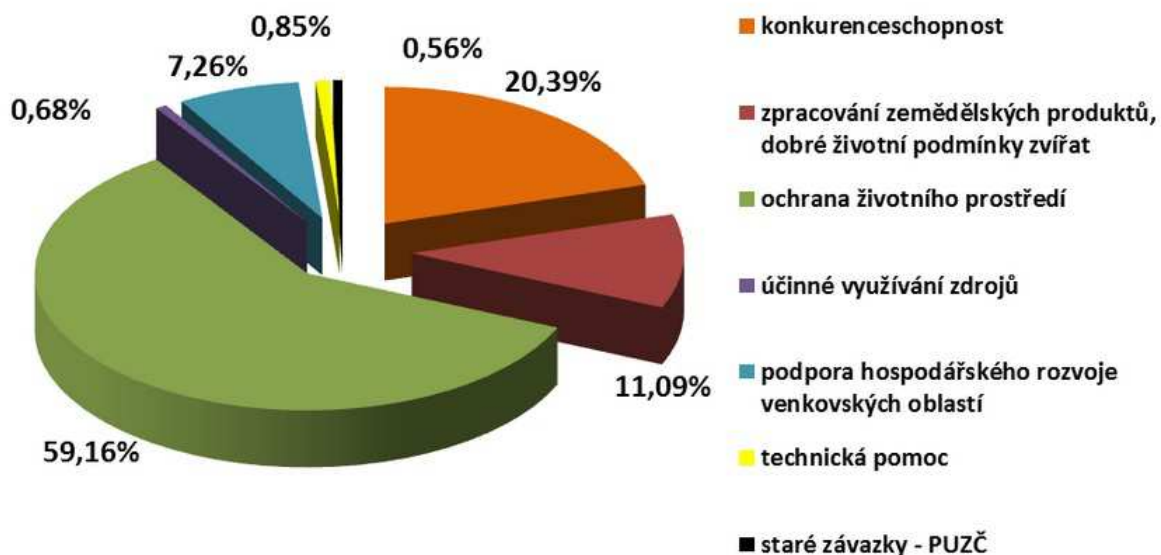
Plochy využívané v ekologickém zájmu mají za úkol udržovat ekologickou stabilitu v zemědělsky intenzivně využívaném prostoru. Velká část typů EFA ploch má pozitivní vliv na zpomalení a redukci erozních jevů. Zejména vybrané krajinné prvky mají v této souvislosti nezastupitelné místo. Případné ničení, nebo likvidace krajinných prvků je v rámci kontroly posuzováno jako porušení podmínek Cross – compliance. Definice a podmínky pro zařazení ploch a prvků do režimu EFA jsou obsaženy v informacích pro žadatele o platbu na Greening.

3.2.4.3 Dotační tituly pro zemědělce – Program rozvoje venkova ČR

Program rozvoje venkova ČR (PRV) je střednědobý dokument. V současné době se ČR nachází v polovině programového období 2014 – 2020. Hlavním cílem programu je obnova, zachování a zlepšení ekosystémů závislých na zemědělství prostřednictvím zejména agroenvironmentálních opatření, dále investice pro konkurenceschopnost a inovace zemědělských podniků, podpora vstupu mladých lidí do zemědělství nebo krajinná infrastruktura. Díky PRV poputuje do českého zemědělství v příštích letech

téměř 3,5 miliardy EUR (více než 96 miliard korun). Z toho bude 2,3 miliardy EUR (62 miliard korun) z unijních zdrojů a 1,2 miliardy EUR (34 miliard korun) z českého rozpočtu. Rozložení finančních prostředků do jednotlivých oblastí PRV je zobrazeno v Obrázek č. 3 (<https://www.szif.cz>).

Předpokládané alokace finančních prostředků (v % vyjádření) do jednotlivých oblastí:



Obrázek č. 3. Alokace financí pro PRV období 2014 – 2020. (<https://www.szif.cz>)

V programovém období 2014 – 2020 bude Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova, ze kterého je spolufinancován Program rozvoje venkova (PRV), součástí návrhu nařízení Evropského parlamentu a Rady o společných ustanoveních ohledně Evropských strukturálních a investičních fondů ("nařízení k ESIF") (<https://www.szif.cz>).

V programu rozvoje venkova mohou zemědělci žádat o dotace v rámci řady opatření. Rozsah opatření pokrývá značný okruh možných projektů a realizací na které lze získat peníze. Z pohledu protierozní ochrany jsou důležitá opatření:

M10 Agroenvironmentálně-klimatické opatření (AEKO) - Cílem opatření je podpořit způsoby využití zemědělské půdy, které jsou v souladu s ochranou a zlepšením životního prostředí, krajiny a jejich vlastností. Opatření podporuje zachování obhospodařovaných území vysoké přírodní hodnoty, přírodních zdrojů, biologické rozmanitosti a údržbu krajiny. Mimo jiné zahrnují AEKO podopatření zatravňování orné půdy, s cílem prevence eroze půdy (<https://www.szif.cz>).

Podopatření 10.1.5 Zatravňování orné půdy - Podopatření podporuje převod orné půdy na travní porost v erozně ohrožených oblastech, v ochranných pásmech vodních zdrojů, v oblastech zranitelných dusičnany anebo podél vodních útvarů. Cílem podopatření je zpomalit povrchový odtok vody z orné půdy, zvýšení retence vody a snížení rizika eroze půdy. Ve zvláště chráněných oblastech a ochranných pásmech národních parků je zatravňování orné půdy prováděno druhově bohatou nebo regionální směsí schvalovanou místně příslušným orgánem ochrany přírody. Dotace je vyplácena na ha zatravněného dílu půdního bloku. Žadatel je povinen po celou dobu závazku na zatravněné ploše hospodařit předepsaným způsobem. V rámci podopatření jsou realizovány tituly: 10.1.5.1 Zatravňování orné půdy – běžná směs, 10.1.5.2 Zatravňování orné půdy – druhově bohatá směs, 10.1.5.3 Zatravňování orné půdy - regionální směs, 10.1.5.4 Zatravňování orné půdy podél vodního útvaru – běžná směs, 10.1.5.5 Zatravňování orné půdy podél vodního útvaru – druhově bohatá směs, 10.1.5.6 Zatravňování orné půdy podél vodního útvaru – regionální směs (<https://www.szif.cz>).

Podopatření 10.1.8 Zatravňování drah soustředěného odtoku - Podopatření Zatravňování drah soustředěného odtoku podporuje převod orné půdy na travní porost se zaměřením na dráhy soustředěného odtoku definované v LPIS. Cílem podopatření je zpomalit povrchový odtok vody z orné půdy, což povede ke snížení rizika eroze půdy a splachů ornice do vod. K zatravňování orné půdy je prováděno speciální osevní směsí zajišťující porost odolný proti zrychlenému odtoku vody v průběhu přívalových srážek. Dotace je vyplácena na ha zatravněného dílu půdního bloku. Žadatel je povinen po celou dobu závazku na zatravněné ploše hospodařit předepsaným způsobem (<https://www.szif.cz>).

Žadatelem o AEKO je subjekt obhospodařující v evidenci půdy (LPIS) alespoň minimální výměru zemědělské půdy (0,1 ha). Žadatel nemusí být zemědělským podnikatelem. Podopatření je realizováno formou pětiletých závazků. Žadatel se vstupem do závazku zavazuje po celou dobu trvání závazku hospodařit v souladu s podmínkami daného podopatření nebo titulu na celé výměře zemědělské půdy, se kterou do závazku vstoupil a v souladu s podmínkami cross compliance a ostatními podmínkami danými platnou evropskou a národní legislativou (<https://www.szif.cz>).

M11 Ekologické zemědělství (EZ) – Toto projektové opatření nemá ve své náplni přímo zmíněn pozitivní vliv na ochranu půdy proti erozi, ale je jasné, že aplikace ekologického zemědělství přispívá k prevenci degradace půdy, zachování a obnovy

cenných stanovišť na zemědělské půdě z hlediska druhové různorodosti a zvyšuje ekologickou stabilitu a estetickou hodnotu krajiny (<https://www.szif.cz>).

Souhrnné podmínky pro zemědělce a jiné subjekty, které budou chtít žádat o dotace z PRV jsou shrnuty v materiálech Státního zemědělského intervenčního fondu včetně vyčíslení podpor v rámci všech opatření. Tyto materiály SZIF každoročně aktualizuje a jsou snadno dostupné z webu SZIF.

3.2.4.4 Cross compliance – kontroly podmíněnosti

Vyplácení dotací v rámci výše zmíněných dotačních programů a jejich titulů podléhá kontrole podmíněnosti. Od 1. 1. 2009 je v České republice vyplácení přímých podpor a dalších vybraných dotací "podmíněno" plněním standardů udržování půdy v dobrém zemědělském a environmentálním stavu, dodržováním povinných požadavků na hospodaření řazených do třech oblastí: *Životní prostředí, změna klimatu, dobrý zemědělský a environmentální stav půdy; Veřejné zdraví, zdraví zvířat a zdraví rostlin a Dobré životní podmínky zvířat.*

V případě, že žadatel o dotace tyto podmínky nedodrží, může mu být snížena, nebo v nejkrajnějším případě, neposkytnuta výplata vybraných využívaných dotací. Plnění standardů a požadavků je ověřováno kontrolou plnění tzv. kontrolovaných požadavků. Jejich formu a metodu kontroly si každá země EU stanovuje sama, dle národních specifik (<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/>).

Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES (GAEC) - Tyto standardy zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí a jsou součástí Kontroly podmíněnosti (Cross Compliance). Hospodaření v souladu se standardy DZES je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých podpor, některých podpor Programu rozvoje venkova a některých podpor společné organizace trhu s vínem (<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/>).

Dodržování standardů "Dobrého zemědělského a environmentálního stavu" půdy - DZES (také známých pod zkratkou GAEC anglického označení - *Good Agricultural and Environmental Conditions*) kontroluje Státní zemědělský intervenční fond (SZIF) (<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/>).

Při kontrole je ověřován aktuální stav v terénu, a to na veškeré zemědělské půdě obhospodařované žadatelem, kterou je žadatel povinen evidovat v LPIS. Kontrola

je prováděna na základě evidence dílů půdních bloků (LPIS) vytvořené na základě digitálního modelu terénu, s průměrnými sklonitostmi a kódy bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ), s podkladem leteckých ortofotografických snímků, popř. katastrálních map (<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/>).

Podmínky standardů DZES jsou často aktualizovány, nebo měněny v souvislosti s legislativními změnami a požadavky daného programového období. Od roku 2015 se počet standardů DZES ustálil na počtu 7. Erozní ohroženosti se věnuje *DZES 5 omezení eroze*. Podmínky DZES 5 stanovují povolené způsoby hospodaření na ploše půdního bloku označeného v evidenci půdy jako půda: a) silně erozně ohrožená vodní erozí, b) mírně erozně ohrožená vodní erozí. Kompletní informace vztažené k standardům DZES týkajících se půdy lze snadno dohledat na webu Ministerstva zemědělství (<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/>).

V rámci každého DZES je vypracováno znění kontrolovaného požadavku a hodnotící tabulka specifikující rozsahy nedodržení požadavku a jejich závažnost.

3.2.5 Monitoring eroze zemědělských půd

Hlavním cílem monitoringu eroze zemědělské půdy je zajistit relevantní podklady o rozsahu problému s erozí zemědělské půdy, o příčinách tohoto stavu, o správnosti zacílení stávajících politik v oblasti boje proti erozi, o účinnosti resp. neúčinnosti některých protierozních opatření. Následně pak využít takto získané podklady při návrzích účinných protierozních opatření při přípravě nových politik v této oblasti a tedy zajistit efektivnější ochranu zemědělského půdního fondu. (<http://me.vumop.cz>)

Na monitoringu spolupracují hlavně Státní pozemkový úřad (SPÚ) a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. (VÚMOP). Prostředkem pro evidenci a správu informací o monitorovaných událostech je webový portál „Monitoring eroze zemědělské půdy“ (<http://me.vumop.cz>). Velmi zjednodušeně portál slouží pro nahlašování erozních událostí (vodní a větrné eroze). Ohlášení erozní situace lze provést na pobočku SPÚ příslušného kraje různými způsoby (osobně, telefonicky, fax, e-mail). Toto ohlášení může provést organizace SZIF, orgány ZPF, SPÚ, VÚMOP, v.v.i., tak i ostatní instituce a fyzické osoby.

V případě ohlášení erozní situace se příslušní pracovníci začnou situací zabývat v souladu s „Metodický postupem zařazování částí monitorovaných dílů půdních bloků (DPB) s projevem eroze do mírně erozně ohrožených (dále jen „MEO“) a silně erozně

ohrožených (dále jen „SEO“) oblastí“. (<http://eagri.cz/public/web/mze/>) Schéma postupu v případě ohlášení erozní události vedoucí až ke zpřísnění managementu v LPIS je uvedeno v Obrázku č. 4.



Obrázek č. 4. Schéma řešení erozní události. (<http://eagri.cz/public/web>)

Cílem Metodiky je zpřísnění podmínek hospodaření pro ty zemědělce, kteří opakovaně a prokazatelně svojí činností způsobují erozi půdy. Tato metodika předchází v mnoha případech vzniku škod v intravilánu obcí či na jiném majetku (komunikace, železnice apod.) (<http://eagri.cz/public/web>).

V praxi se často setkáváme se situací, kdy opakovaně dochází k erozi, i když zemědělec standard DZES plní, a na tuto situaci Ministerstvo zemědělství reagovalo schválením metodiky umožňující zařazování opakovaně monitorovaných půdních bloků v rámci Monitoringu eroze zemědělské půdy s projevem eroze do MEO a SEO oblastí. Toto rozhodnutí přináší efektivní implementaci přístupu sledování projevů eroze s možností operativní reakce na konkrétní, dosud těžko postižitelné případy, a plné využití potenciálu monitoringu eroze zemědělské půdy, který se tak posunul do jiné roviny – účinného nástroje v boji proti erozi (<http://eagri.cz/public/web>).

3.2.6 Aplikace pro zemědělce – „protierozní kalkulačka“

Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s VÚMOP, v.v.i., vytvořilo novou aplikaci určenou zemědělcům případně poradcům v oblasti protierozní ochrany půd. Aplikace poskytuje uživatelům informace o míře erozní ohroženosti hodnocených lokalit (DPB v rámci LPIS, erozní parcely či libovolné EUC), poskytuje informace o ochranném

účinku modelových osevních postupů s možností vytvářet a hodnotit vlastní osevní postupy, po aplikaci osevního postupu na lokalitu vyhodnocuje potřebu přijmout konkrétní doplňující protierozní opatření a vyhodnocuje jeho účinnost, vyhodnocuje dopad bilance organické hmoty na erodovatelnost půdy (<http://kalkulacka.vumop.cz/>).

3.2.7 Typy eroze

Podle erozních činitelů je možné erozi třídit na erozi vodní (akvatickou, fluviální), větrnou (eolickou), ledovcovou (glaciální), sněhovou (nivální), ale také antropogenní. Působením exogenních činitelů eroze vznikají na svazích, resp. na zemském povrchu určité útvary. Třídění erozních jevů podle těchto útvarů, tzv. forem, naráží na celou řadu překážek, neboť eroze je jen jednou z forem modelování území. I přes tyto těžkosti lze podle formy erozních útvarů usuzovat na původ, intenzitu, vývoj a možnosti ochrany půd před erozí (Janeček a kol., 2008).

Antropogenní erozi způsobuje člověk. Rozlišuje se přímý vliv v důsledku odlesňování a intenzivní zemědělské produkce, nebo nepřímý vliv člověka v podobě znečišťování půdy, úpravami vodních režimů v území v rámci technických úprav vodních toků, nebo rušením původního vegetačního krytu. Větrná eroze způsobuje rozrušení půdního povrchu za pomoci mechanické síly větru. Větrem nesené částice se posléze ukládají na závětrných stranách terénního reliéfu. Velmi jemné půdní částičky mohou být větrem nesený na opravdu dlouhé vzdálenosti až stovek kilometrů. Zemědělská půda je větrnou erozí ohrožena nejvíce v období, kdy není kryta žádnou vegetací. Nejohroženější jsou suché a lehké půdy. Sněhovou erozi na zemědělské půdě způsobuje tlak sněhu na půdu a následný pohyb tajícího sněhu po povrchu půdy, hlavně v období jarního tání. Ledovcová eroze se v ČR z pochopitelných důvodů nyní nevyskytuje. Způsobuje ji pohyb ledovce, který narušuje a následně nese části horniny směrem do údolí (Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002).

3.2.7.1 Vodní eroze

Vodní eroze spočívá v rozrušování zemského povrchu dešťovými kapkami a povrchovým odtokem. (Janeček a kol., 2008) Vodní eroze je definovaná jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody. Samotný proces eroze půdy je procesem přírodním, který nelze zcela zastavit. Rozlišujeme tak erozi normální (geologickou) a erozi zrychlenou. Zrychlená eroze smývá půdní částice v takovém rozsahu, že

nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem. Je ovlivněna lidskou činností, způsobem hospodaření a je nutné proti ní zemědělské půdy účinně chránit (Novotný a kol, 2014).

V roce 2016 byl pracovníky institutu CEITECH při VUT v Brně, Výzkumného ústavu pícninářského v Troubsku a Mendelovy univerzity v Brně publikován výzkum týkající se vlivu vodní eroze na fyzikální vlastnosti půdy. Pokus byl proveden na třinácti pozemcích. Všechny půdy rámci pokusu byly černoze s kukuřicí jako pěstovanou plodinou. Na pozemcích byly zkoumány tyto fyzikální vlastnosti: maximální kapilární kapacita, objemová hmotnost, půdní provzdušněnost, celková pórovitost, minimální vzdušná kapacita. V rámci metodiky byly půdní vzorky odebrány vždy ze třech pásem: pásma eluviálního na vrcholu svahu, kde eroze neprobíhá, pásma ve středu délky svahu, kde působí vodní eroze a pásma akumulace (aluvium). Odebrané vzorky půdy pocházely vždy ze dvou hloubek půdního profilu (ornice a podorničí). Co se týká vrstvy ornice, byl statisticky významný účinek vodní eroze sledován pouze u ukazatele minimální vzdušné kapacity. V eluviálním pásmu 4,41 %, v pásmu působení eroze 5,39 % a v pásmu akumulace 7,13%. Menší rozptyl průměrných hodnot maximální kapilární kapacity, objemové hmotnosti a celkové pórovitosti ve střední části svahu poškozené vodní erozí oproti eluviálnímu a akumulárnímu pásmu je zřejmě způsoben určitou homogenizací půdy v tomto pásmu. Homogenizace je způsobena vyplavováním jemnozrné frakce. V podorniční vrstvě půdy byl významný vliv vodní eroze potvrzen na objemovou hmotnost a půdní provzdušněnost. Stejně jako v orniční vrstvě půdy se menší rozptyl průměrných hodnot některých ukazatelů projevil v pásmu poškozeném vodní erozí. Kompletní výsledky výzkumu lze najít v odkazu na zdroj (Hladký J. a kol, 2016).

Formy vodní eroze se rozlišují na erozi plošnou a výmolnou. Plošná eroze se projevuje rozrušováním a rovnoměrným smyvem půdních částic po celé ploše, tím dochází k plošnému odtoku a postupnému snižování mocnosti půdy. Tato forma eroze má silné selektivní působení, kdy vyplavuje především jemnozrné frakce půdy, což se projevuje změnou textury půdy a obsahu živin v půdě, zhoršují se chemické a fyzikální vlastnosti půdy, což přímo souvisí např. i s retenční schopností a pufrací kapacitou půd, stejně jako s jejími fyzikálními vlastnostmi, snížením úrodnosti a v konečné fázi snížením obsahu humusu jako složky podílející se významně na tvorbě půdní struktury, i snížením rezistence vůči vodní a větrné erozi. Jemnozrné frakce půdy se pak usazují

v dolní části svahu. Lehčí, zpravidla organické, částice jsou většinou nesený až do vodoteče. Plošná eroze na povrchu půdy nezanechává viditelné stopy, lze ji však zjistit z jemného materiálu akumulovaného v dolních částech svahu např. půdním vpichem nebo kopanou sondou, dále pak nestejným vývojem vegetace projevujícím se rozdílným růstem, rozdílnou barvou a kvalitou v částech svahu, v nichž došlo ke smyvu jemných půdních částic a živin, a v dolní části svahu, v níž došlo k akumulaci smytého materiálu. Plošná eroze v době po zasetí může v případě konvenčního zpracování půdy způsobit i přímé ztráty osiva z některých částí pozemku, půdního bloku či jeho dílu (Novotný a kol., 2014).

Přechod k výmolné erozi spočívá v postupném soustředování plošného odtoku a následném vytváření mělkých, postupně se prohlubujících zářezů. Vzniká v členitém terénu a na dlouhých svazích. Podle intenzity se dále dělí na erozi rýžkovou a brázdovou, rýhovou, výmolnou a stržovou.

Eroze rýžková a brázdová vzniká plynulým přechodem z plošné eroze soustředováním odtoku do úzkých zářezů. Vznikající hustá síť drobných úzkých rýžek se označuje jako eroze rýžková (rýžky jsou široké a hluboké cca 2 – 10 cm). Pokud se odtok soustřeďuje do mělkých širších zářezů s menší hustotou výskytu, pak hovoříme o erozi brázdové, která postihuje velké plochy a je někdy označována za nejvyšší stupeň eroze plošné (Holý, 1978).

Eroze rýhová, pokračuje v soustředování povrchově stékající vody do hlubších a širších rýh (rýhy se spojují a prohlubují, jsou široké a hluboké 10 – 30 cm). Pro vyhodnocení intenzity rýhové eroze je doporučováno hodnotit hustotu erozních rýh v km/km^2 ukazatelem současné aktivity erozních rýh je např. rychlost růstu rýh (Novotný a kol., 2014).

Výmolná eroze je vyšším stupněm rýhové eroze. Vznikají při ní výmoly (často s kaskádovitými stupni), které jsou hluboké a široké více jak 30 cm. Eroze výmolná vzniká v místech koncentrace a soutoku přívalových vod v úžlabinách, údolnicích, cestách, příkopech a je podmíněna nejen typem terénu, ale i dostatečnou plochou sběrného území a zejména pak půdními vlastnostmi (Novotný a kol., 2014).

Stržová eroze je nejpokročilejším a nejnebezpečnějším stádiem výmolové eroze, jejichž sanace vyžaduje speciální postupy včetně prací hrazenářských. Zpravidla nelze vystačit s běžnými agrotechnickými postupy, jako je prosté zaorání. Strže jsou proto

jevem dlouhodobým a v případě nestability a neprovedení sanačních opatření mohou devastovat rozsáhlá území (Novotný a kol., 2014). Přehledně je znázorněn vývoj forem a subforem vodní eroze v Tabulce č. 2. Tabulka je doplněna o skupinu vhodných nápravných opatření pro každou formu eroze zvlášť.

Tabulka č. 2. Specifikace forem projevů eroze. (Novotný a kol., 2014)

Forma eroze	Sub forma eroze	Specifikace formy	Vhodná skupina nápravných opatření
plošná	-	rovnoměrný smyv půdních částic po celé ploše, vyplavovány jsou především jednozrné frakce půdy nebo ztáta celé orniční vrstvy na celém povrchu nebo v pruzích	organizační a agrotechnická opatření
výmolná	rýžková	hustá síť drobných úzkých rýžek širokých a hlubokých 2-10 cm	organizační, agrotechnická i technická opatření
	brázdová	mělké širší zářezy s menší hustotou výskytu	organizační, agrotechnická i technická opatření
	rýhová	rýhy široké a hluboké 10-30cm	technická opatření v kombinaci s organizačními a agrotechnickými
	výmolná	výmoly (často s kaskádovitými stupni) hluboké a široké 30-100 cm v místech koncentrace a soutoku přívalových vod v úžlabinách, údolnicích, cestách, příkopech	asanace výmolů; stabilizace dráhy soustředěného odtoku, v kombinaci s organizačními a agrotechnickými opatřeními
	stržová	strže hluboké a široké více než 1 m, s délkou často větší než 1 km	asanace strže; stabilizace dráhy soustředěného odtoku, v kombinaci s organizačními a agrotechnickými opatřeními

3.2.8 Činitele napomáhající vodní erozi

Počátek i průběh erozního procesu ovlivňuje kombinace přírodních činitelů a člověk. Tyto dva aspekty se prolínají a navzájem se ovlivňují. Mezi přírodní činitele lze zařadit klimatické a hydrologické podmínky, morfologii terénu, geologické a pedologické poměry v daném území. Tyto podmínky jsou určeny zeměpisnou polohou, nadmořskou výškou, rozložením a intenzitou srážek, průměrnou teplotou, výparem a povrchovým odtokem. Morfologii určuje sklonitost, délka a expozice svahů. Geologii určuje typ horninového substrátu, půdní druh a typ. Faktor vegetačního pokryvu, délka trvání pokryvu a jeho hustota je faktorem přírodním, ale může být z velké části ovlivněna činností člověka. Způsob využívání a obhospodařování půdy je potom čistě

antropogenním faktorem. Lidé určují velikost a tvar pozemků směr jejich obdělávání, složení a střídání pěstovaných plodin (Janeček a kol., 2008).

3.2.9 Následky eroze

On-site efekt – Hlavním dopadem on-site efektu je snížení kvality půdy v důsledku ztráty živin z horních vrstev půdy a snížení její retenční schopnosti. V bohatších oblastech světa, je snížení přirozené úrodnosti půdy nahrazováno velkými energetickými vstupy v podobě průmyslových hnojiv. Nicméně tento postup není řešením problému a není zdaleka dostupný pro velkou část světové populace. Škodlivé následky eroze, pokud jde o snížení výnosů, jsou dobře známy z rozvojových zemí Afriky a Asie. Plošná vodní eroze působí v první řadě na ty nejmenší půdní částice vázané v horní vrstvě půdy. Tyto částice jsou potom přepravovány na největší vzdálenost (Favis - Mortlock, 2005).

Off-site efekt – Kromě problémů přímo v místě vzniku eroze, nebo v jeho bezprostřední blízkosti je možné její stopu sledovat i tisíce kilometrů daleko. Hybnou silou pro sedimenty je v tomto případě opět voda a vítr. Hlavním off-site efektem vodní eroze je pohyb sedimentů a znečišťujících látek pocházejících ze zemědělství do vodních toků. Tohle může vést k zanášení přehradních nádrží, narušování ekosystémů jezer a znečišťování pitné vody. Za off-site efekt je považována také snížená retenční schopnost půdy, v jejímž důsledku dojde k povodním a následným škodám na zdraví a majetku. Množství znečišťujících látek pocházejících ze zemědělství nemusí být přímo úměrné objemu odnesené půdy v průběhu vodní eroze. I při erozní události, kdy nebylo množství odnesené zeminy nijak veliké, může dojít ke značné kontaminaci recipientu průmyslovými hnojivy, herbicidy, pesticidy a jinými chemickými látkami použitými v zemědělství (Favis - Mortlock, 2005).

3.2.10 Opatření proti vodní erozi využívaná na zemědělské půdě

Strategie pro ochranu zemědělské půdy proti erozi by se měla v první řadě opírat o vegetační pokryv. Vegetace chrání půdu proti působení dešťových kapek, zlepšuje její retenční schopnost a zvyšuje drsnost půdy, tím dochází ke snížení a zpomalení odtoku. Agrotechnická opatření využívají roli vegetace k ochraně půdy před erozí. V tomto směru se hospodaření na půdě zabývá postupy přípravy půdy, které mají zlepšit její strukturu a tím i odolnost vůči erozi spolu s vylepšením podmínek pro růst vegetace. Technická opatření navrhovaná většinou v podobě liniových prvků, poskytují spíše

zmírnění následků již vzniklé eroze a povrchového odtoku. Takovéto zásahy mohou často vyžadovat vypracování poměrně složitých projektů. V porovnání s agronomickými opatřeními znamenají mnohonásobně vyšší náklady, které na ně musejí být vynaloženy. Je třeba si uvědomit, že zatím co agrotechnická opatření mají vliv hned v první fázi vzniku eroze, tedy narušení povrchu půdy dopadající vodou, technická opatření povětšinou brání až druhé fázi eroze, tedy transportu (Morgan, 2005). Z toho plyne potřeba řešení eroze přednostně za použití agrotechnických opatření a v návaznosti na ně řešit opatření technická. Samotná technická opatření mohou zmírnit zejména off-sitové následky eroze, ale nemají velký vliv na ochranu půdy přímo v místě vzniku eroze a nemohou tedy zamezit degradaci půdy a snižování její úrodnosti.

Zemědělskou puďu na svazích je třeba chránit před vodní erozí vhodnými protierozními opatřeními. O použití jednotlivých způsobu ochrany rozhoduje jejich účinnost a proveditelnost v rámci podmínek řešeného území při respektování zájmu vlastníku, uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí a tvorby krajiny. Ve většině případu jde o komplex organizačních, agrotechnických a technických opatření, vzájemně se doplňujících a respektujících současné základní požadavky a možnosti zemědělské výroby (Janeček, 2012).

Organizační opatření

Organizační opatření spočívají v delimitaci kultur, rozmístování plodin a určení velikosti a tvaru pozemků, a jsou základem protierozní ochrany. Ovlivňují návrh agrotechnických i technických opatření (Holý, 1994). Základem organizačních protierozních opatření je situování obhospodařovaného pozemku delší stranou ve směru vrstevnic, což zároveň stimuluje k obdělávání po vrstevnici a současně zkracuje délku pozemku po spádnici. V praxi je možno tento typ opatření implementovat nejčastěji v souvislosti s realizací komplexních pozemkových úprav (Novotný a kol., 2014).

Tvar a velikost pozemku - Podmínkou pro obhospodařování pozemků, které jsou spojené v jeden půdní blok a jsou obhospodařovány jako jeden celek by mělo být zajištění toho, aby délka půdního bloku nepřesáhla nejdelší přípustnou délku svahu. Tato délka je stanovena v závislosti na vypočtené přípustné ztrátě půdy vodní erozí (Janeček a kol., 2012). Optimální tvar a velikost pozemků nelze jednoznačně stanovit, vždy bude záviset na místních podmínkách daného území. Obecně je však z hlediska

zemědělského obdělávání vhodný obdélníkový tvar v poměru 1:2 (delší hrana pozemku po vrstevnici) o výměře do 20 ha (Podhrázská, 2014). V rovinatých územích je možné navrhovat půdní bloky až do 50 ha výměry (Janeček a kol., 2012).

Ochranné zatravnění a zalesnění, delimitace kultur - Ochranné travní porosty zvyšují drsnost povrchu, přispívají k zachycení smyté zeminy a zpomalení rychlosti povrchového odtoku, rovněž mohou mít funkci sedimentačních a zasakovacích pásů umístěných přímo na půdních blocích nebo jejich dílech (Novotný a kol., 2014). Trvalými travními porosty by měly být chráněny zejména plochy ležící v drahách soustředěného povrchového odtoku a plochy těsně přiléhající k břehům vodotečí a vodních nádrží. Pro kvalitní vegetační kryt jsou preferovány trávy výběžkaté tvořící pevný drn (zejména u protierozních opatření liniového charakteru). Ochranné zalesnění se nejčastěji uplatňuje jako plošné zalesnění nebo jako ochranné lesní pásy. Dobře zapojený hustý les (optimální je les smíšený) s bohatým bylinným patrem a s půdou krytou mocnou vrstvou hrabanky zajišťuje vysokou protierozní ochranu pudy (Janeček a kol., 2012). Delimitací se rozumí návrh rozmístění druhů pozemků (kultur), orné půdy, trvalých travních porostů (TTP – luk a pastvin), zahrad, speciálních kultur (vinic, chmelnic, ovocných sadů). V zásadě jde při delimitaci druhů pozemků o to, řešit vzájemný vztah mezi ornou půdou a ostatními druhy zemědělské půdy, zejména loukami a pastvinami (Švehla, Vaňous, 1995).

Protierozní rozmístování plodin - Návrh vhodného umístění pěstovaných plodin spočívá především v preferenci pěstování erozně nebezpečných plodin na neohrožených nebo jen mírně ohrožených půdních blocích (Novotný a kol., 2014). Seřazení plodin sestupně od nejvyšší protierozní účinnosti po nejnižší vypadá v případě konvenčního způsobu pěstování asi takto: travní porosty - jetel - vojtěška - obilnina ozimá - obilnina jarní – řepka ozimá - hrách - plodiny okopaninového charakteru (Janeček a kol., 2012).

Pásové střídání plodin - U pásového střídání plodin se střídají různě široké pásy plodin erozně nebezpečných (kukuřice, brambory, slunečnice a další širokořádkové plodiny) a plodin s vyšším protierozním účinkem (obilniny, píce, případně i travní porost). Pásy by měly být vedeny ve směru vrstevnic s max. odklonem do 30° (Novotný a kol., 2014). Šířka pásu je závislá na sklonu a délce svahu, propustnosti pudy, její náchylnosti k erozi a na šířce záběru zemědělské nechanizace. Obecně se doporučuje šířka pásu od 20 do 40 m (podle sklonu pozemku) (Janeček a kol., 2012).

Agrotechnická opatření

Protierozní agrotechnická opatření zvyšují vsakovací schopnost půdy, snižují její erodovatelnost a chrání půdní povrch především v období největšího výskytu přívalových srážek (červen, červenec, srpen), kdy erozně nebezpečné plodiny (kukuřice, brambory, cukrová řepa, slunečnice, čirok apod.) svým vzrůstem nebo zapojením nedostatečně kryjí půdu (Novotný a kol., 2014).

Technologie zpracování půdy, kdy je využíváno místo orby pouze mělké kypření ornice nebo i hlubší kypření podorničí, bez obracení půdy jsou považovány za velmi účinné ochranné postupy při obdělávání půdy (Hůla a kol, 2003).

Vrstevnicové obdělávání pozemků - Orbou po vrstevnicích nebo s malým odklonem od vrstevnic otočnými pluhy, které překlápějí půdu proti svahu, je možné významným způsobem přispět k ochraně půdy před erozí. Překlápěním půdy proti svahu je navíc možno výrazně omezit tzv. „erozi orbou“, která je u nás zatím podceňována. Účinnost obdělávání pozemků po vrstevnici ukazuje Tabulka č. 3 na příkladu výpočtu nejdelších přípustných délek svahu ve směru odtoku (výpočet dle USLE) pro erozně nebezpečné plodiny, při různých směrech obdělávání. K protierozní ochraně také přispívá provádění dalších agrotechnických operací po vrstevnici (setí/sázení, ostatní kultivace a sklizňové práce) (Novotný a kol., 2014).

Tabulka č. 3 Maximální přípustné délky svahů ve směru odtoku pro širokořádkové plodiny (Novotný a kol., 2014).

stupeň náchyllosti půdy k vodní erozi	směr obdělávání půdy	sklon (°)						
		1-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-9	9-12
nenáchylné	po vrstevnicích, odklon do 30°	736	348	185	107	66	29	11
	vyšší odklon od vrstevnic	265	125	67	39	24	11	-
slabě náchylné	po vrstevnicích, odklon do 30°	326	154	82	48	30	13	-
	vyšší odklon od vrstevnic	118	56	30	17	11	-	-
středně náchylné	po vrstevnicích, odklon do 30°	184	87	46	27	17	-	-
	vyšší odklon od vrstevnic	66	31	17	10	-	-	-
silně náchylné	po vrstevnicích, odklon do 30°	118	56	30	17	11	-	-
	vyšší odklon od vrstevnic	42	20	11	-	-	-	-
nejnáchylnější	po vrstevnicích, odklon do 30°	82	39	21	12	-	-	-
	vyšší odklon od vrstevnic	29	14	-	-	-	-	-

Technologie s využitím meziplodin, posklizňových zbytků a bezorebného zpracování půdy – Zpracování půdy s využitím co největšího množství posklizňových zbytků spočívá v jejich ponechání na povrchu půdy, kde vytvoří vrstvu mulče. Zároveň spočívá v omezení narušování půdního profilu orbou, která v důsledku nadměrného provzdušnění akceleruje proces mineralizace organických látek v půdě. Zrychlování tohoto procesu snižuje obsah humusových látek v půdě a negativně ovlivňuje fyzikální vlastnosti půdy. Tyto technologie zahrnují: Bezorebné setí secím strojem s kotoučovými botkami do nezpracované půdy po předplodině, tato technologie většinou vyžaduje likvidaci plevelů herbicidy. Setí do mulče meziplodiny, nebo předplodiny. Může být

proveden výsev do tzv. strniskového mulče (biomasa umrtvena mrazem), nebo do ozimého mulče (biomasa musí být umrtvena chemicky). Setí do mělké podmítky hlavně u předplodin z olejnin, nebo obilovin se provede diskovým případně radličkovým podmítačem. Následný výsev je proveden bezorebným secím strojem. Další možností je setí hlavní širokořádkové plodiny s podplodinou do meziřadí (kukuřice s podplodinou ozimého žita, nebo ozimého ječmen, tyto plodiny na jaře nemetají a tudíž nekonkurují kukuřici), nevýhodou tohoto postupu je nízká protierozní ochrana do jednoho měsíce od zasetí (Novotný a kol., 2014).

Hrázkování a důlkování – Tyto technologie jsou použitelné u pěstování brambor. Při hrázkování se krátce po výsadbě brambor provede hrázkování speciálním strojem hrázkovačem (Janeček a kol., 2012). Hrázkovač založí mezi hrůbky ve stejných rozestupech hrázky, které brání vzniku soustředěného povrchového odtoku. Podmínkou správné funkce hrázek je vrstevnicové obdělávání a nepřerušená délka půdního bloku po spádnici do 300 metrů (Novotný a kol., 2014). Hrázky jsou účinné u dešťů o úhrnech okolo 25 – 30 mm (Janeček a kol., 2012). Důlkováním se vytváří důlky v meziřadí s 30 – 40 centimetrovými rozestupy. Díky tomu se v meziřadí zvyšuje infiltrace vody. Důlkovač je obvykle možno připojit za zahrnovací radlice sazeče (Novotný a kol., 2014).

Je ovšem nutné říci, že hrázkování a důlkování není možné v současné době využít spolu s odkameňováním (po vytvoření širokých řádků zeminy jsou tyto řádky následně prosévány separátorem, tak se z půdy odstraní větší kameny a hroudy), které jako jediné dokáže zajistit konkurenceschopnost pěstitelů brambor. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o ve spolupráci s Výzkumným ústavem rostlinné výroby, v.v.i., Výzkumným ústavem zemědělské techniky v.v.i. a VÚMOP, v.v.i. vyvíjí nové technologické postupy pro odkameňování, které pomohou zmírnit dopady vodní eroze při pěstování brambor. Jedním z postupů je úprava vrcholové plochy hrůbku spočívající v jejím rozšíření a miskovitým tvaru, který má zabránit ztékání vody z vrcholu hrůbku a zajistit lepší infiltraci vody směrem do jeho středu. Další možná úprava spočívá ve vytvoření tzv. vsakovacího žlábků na vrcholu hrůbku, vsakovací žlábek je možné vytvořit i přerušovaný (Obrázek č. 5) tam kde nelze striktně dodržet vrstevnicový směr řádků. Efektem je zde opět lepší umožnění zasakování vody směrem do středu profilu hrůbku. Pracuje se také na modifikovaném způsobu důlkování použitelném pro

technologii odkameňování. U tohoto způsobu je důlkování prováděno na dně kolejových i nekolejových meziřadí a zároveň na vrcholu hrůbků (Kasal, 2016).



Obrázek č. 5. Přerušovaný vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku společně s důlkováním nekolejové brázdy. (<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/nova-pudoochranna-opatreni-pri-pestovani-brambor>)

Plečkování, podrývání, dlátování – Plečkování je meziřádková kultivace, kterou lze provádět v průběhu vegetačního období u širokořádkových plodin: brambor, kukuřice, slunečnice a cukrovky. Výhodou plečkování je kromě nakypření půdy i zpomalující se odtok a také částečné mechanické odplevelení. Většího efektu zasakování vody než u plečkování lze dosáhnout hlubokým kypřením (dlátováním) v meziřadí rostlin, prováděným hlavně u cukrové řepy. Podrývání potom představuje velmi hluboké kypření. Jeho hloubka by měla být alespoň 35 cm při použití kombinovaných kypřičů, nebo podrýváků, které umožní maximální prokypření půdy s co nejmenším narušením jejího povrchu. Hloubka podrývání by měla být alespoň o 5 – 10 cm větší než je zemědělcem obvykle praktikovaná hloubka orby (Novotný a kol., 2014).

Novými agrotechnickými technologiemi testovanými v podmínkách ČR jsou: Setí kukuřice do úzkého řádku, kdy je secí stroj nastaven na výsevní vzdálenost řádku kukuřice maximálně 45 cm, zrna jsou seta v trojúhelníkovém sponu v počtu 85 – 90 tis. jedinců na 1 ha. Zúžená rozteč řádků zajišťuje rovnoměrnější zapojení porostu a tím

omezuje sílu soustředěného odtoku. Lepších výsledků lze dosáhnout použitím této technologie při setí do mulče. V našich podmínkách je dále testováno pásové zpracování půdy (strip – tillage), jde o pásové zpracování půdy o šířce cca 15 cm a hloubce 10 – 20 cm se současným uložením minerálního hnojiva. Tuto operaci lze provést na podzim i na jaře. Tato technologie zatím není v našich podmínkách dostatečně odzkoušená. Měla by poskytovat ekonomické benefity jako menší spotřebu minerálních hnojiv, nicméně vyžaduje specifickou strojní technologii nesoucí nemalé náklady (Novotný a kol., 2014).

Technická opatření

Účelem technických opatření je zachycovat povrchově odtékající vody na půdním bloku, převádět co největší část povrchového odtoku na vsak do půdního profilu a snižovat rychlost odtékající vody. Z hlediska nákladů jsou technická opatření finančně i realizačně náročnější než opatření organizačního či agrotechnického charakteru. Proto se obvykle navrhuje až po vyčerpání všech dostupných možností řešení protierozní ochrany, jako doplněk organizačních a agrotechnických opatření (Batysta a kol., 2014). Tento druh protierozních opatření se nejčastěji navrhuje k ochraně intravilánu, infrastruktury a sousedních půdních bloků, nebo pozemků před nežádoucím povrchovým odtokem a smytou zeminou. Technická protierozní opatření lze řešit v rámci komplexních pozemkových úprav, nebo je možné získat prostředky pro realizaci jednotlivých opatření z dotačních programů MŽP ČR a Mze ČR (Novotný a kol., 2014). Technická opatření proti vodní erozi mohou sekundárně plnit i funkci estetickou a ekologickou. Liniová technická protierozní opatření v kombinaci s dřevinou a jinou zelení mohou být při splnění požadovaných parametrů zařazeny do územních systémů ekologické stability (ÚSES) (Janeček a kol., 2012).

Protierozní příkop – Jedná se o liniový prvek umístěný na půdním bloku v místě potřebného přerušení povrchového odtoku. Může být kombinován s dalšími liniovými prvky v krajině (mezí, cestou, biokoridorem). Příkop je orientován vrstevnicově s mírným podélným sklonem, šířkou ve dně 0,3 – 0,6 m, hloubkou 0,6 – 1,2 m a sklony svahů 1:1,5 až 1:2. Příkopy se dimenzují na dobu opakování srážky 5 – 50 let výjimečně i 100 let podle potřebné míry ochrany. Příkopy se dále dělí na záchytné, sběrné, svodné.

Protierozní průlehy – Svojí funkcí jsou velmi podobné příkopům. Průleh bývá většinou mělká a sklony jeho svahů menší 1:5 – 1:10, tak aby byl přejezdný

mechanizací. Většinou se aplikuje na mírnějších svazích do sklonu 10 %. Je možné ho orientovat i přímo po vrstevnici, kdy plní funkci retenční a zasakovací.

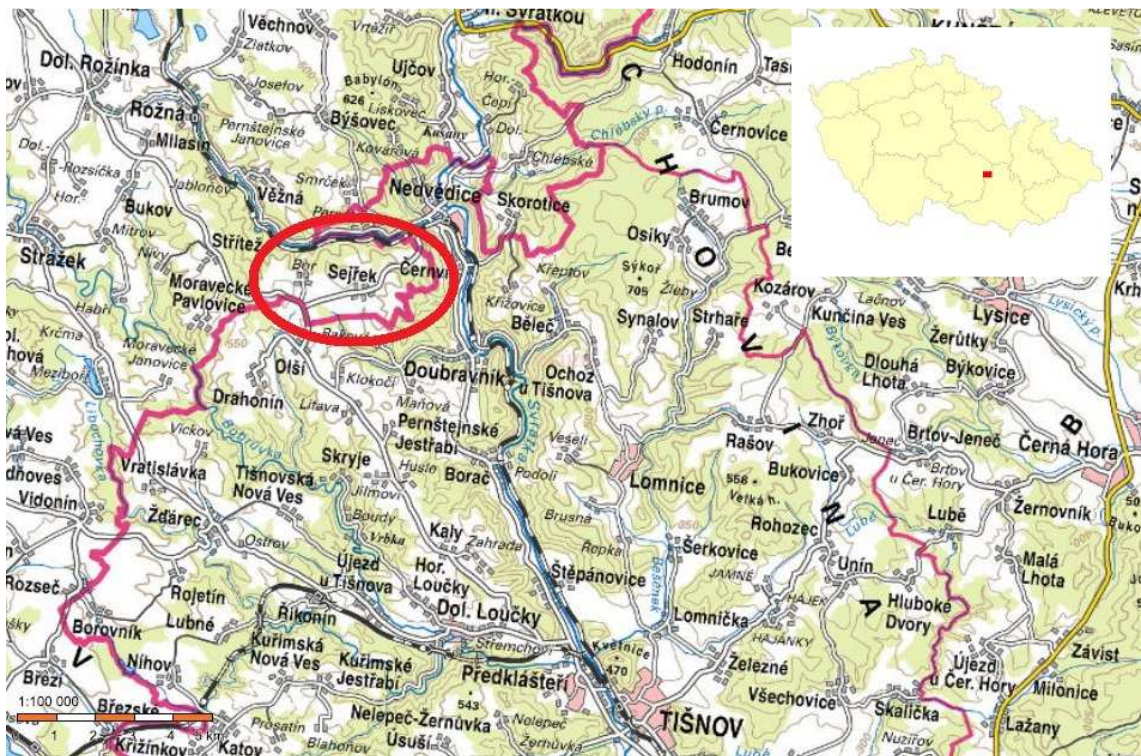
Protierozní zatravnění drah soustředěného odtoku se stabilizovanou drahou soustředěného odtoku – Tyto dráhy představují dráhy povrchového odtoku, kde dochází k soustředění odtékající vody. Mohu soustřeďovat plošný povrchový odtok z přilehlých půdních bloků, nebo mohou tvořit recipient pro svodné příkopy a průlehy. Stabilitu těchto drah je nutné určit hydrologickými metodami (Novotný a kol., 2014).

Protierozní hrázky – Protierozní hrázky se budují ve směru vrstevnic na úpatí svahů půdních bloků jako ochrana před zatopením vodou a sedimenty z přívalových srážek. Mají chránit zejména důležité objekty případně intravilány obcí. Prostor před hrázkou musí vyhovovat potřebám retence. Obvykle jsou budovány jako zemní nejvýše 1 – 1,5 m vysoké a opevněné zatravněním. Hrázky musejí být vybaveny vypouštěcím zřízením schopným odvézt vodu po usazení sedimentů. Obvykle je využívána česlová stěna osazená na betonovou skruž, jakmile dosáhnou sedimenty okraje skruže, je na ni osazena skruž další (Janeček a kol., 2012).

Mezi další technická protierozní opatření lze zařadit protierozní nádrže, jsou nejčastěji projektovány jako suché bez trvalé vodní hladiny. Objemově musejí pojmout odtok ze srážky s opakováním 20 až 100 let podle potřeby. V rámci technických protierozních opatření mohou být navrženy ještě protierozní meze a terasy (Janeček a kol., 2012).

4 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Zájmové území leží asi 15 km severozápadním směrem od města Tišnov na východním okraji kraje Vysočina. Území je tvořeno katastry Sejřek a Bor u Nedvědice, které na sebe bezprostředně navazují. Větší část katastrální hranice obou obcí tvoří zároveň hranici krajskou mezi Jihomoravským krajem a krajem Vysočina. Lokalizace zájmového území je vyznačena na Obrázku č. 6. Rozloha katastrálního území Bor u Nedvědice je 202,1 ha. Rozloha k.ú. Sejřek je 549,3 ha. Celková rozloha zájmového území tedy činí přes 750 ha.



Obrázek č. 6. Lokalizace zájmového území. Podkladové zdroje (<http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz>), přehledka (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad)

4.1 Historie území

První zmínky o osídlení daného území pochází z počátku 13. století a jsou spjaty s nedalekým Doubravníkem. V souvislosti s územím je nutné zmínit hrad Pernštejn, který býval sídlem jednoho z nejvýznamnějších moravských a později českých šlechtických rodů. Pernštejnové vlastnili hrad až do roku 1596, posléze se jako jeho majitelé vystřídali další šlechtické rody. V této době byly obce Sejřek a Bor v držbě menších šlechticů. V současnosti patří Sejřek a Bor do Mikroregionu Pernštejn, který

vznikl dohodou osmi obcí se společnými historickými kořeny. Do mikroregionu patří dále obce Černvír, Doubravník, Nedvědice, Drahonín, Olší, Pernštejnské Jestřabí, Skorotice, Ujčov, Býšovec (<http://www.pernstejnsko.cz/>).

4.2 Geomorfologie a geologie území

Katastrální území obcí Sejřek a Bor se nacházejí na území Sýkořského bioregionu. Bioregion leží v severní části jižní Moravy, zabírá geomorfologický podcelek Nedvědičká vrchovina a východní okraj Křižanovské vrchoviny v okolí údolí Libochůvky. Plocha bioregionu je 675 km². Na západě bioregionu převládají ruly a migmatity, v údolí Loučky a Libochůvky vystupují četné pásy amfibolitů, granulitové ruly a malý syenitový masív. V údolích Nedvědičky, Loučky a Haldy jsou četné hadce. V tektonicky podmíněných sníženinách se objevují pruhy neogenních sedimentů, jsou však překryty sprašovými hlínami a svahovinami. Povrch bioregionu se celkově sklání od severu k jihu. Reliéf charakterizují hluboká údolí Svatky a údolí jejích větších přítoků, zejména Nedvědičky, Hodonínky, Loučky, Libochůvky a Besénku, na východě Křetínky. Tato údolí tvoří celou síť a jsou hluboká 130–320 m, často skalnatá, s peřejnatými úseky toků. Vodní toky rozčlenily povrch do té míry, že v jejich blízkosti vznikly strmé, částečně navzájem izolované kopce s poměrně ostrými skalnatými vrcholy. Dále od těchto údolí je reliéf již klidnější, na hřbetech však vystupují skalní stupně a izolované skály (tory) s balvaništi a balvanovými proudy. Místa nejvzdálenější od hlavních údolí mají dosud zachované zbytky zarovnaných plochých povrchů. Reliéf má převážně charakter členité vrchoviny s výškovou členitostí 200–300 m, pouze při západním, severovýchodním a jihovýchodním okraji a na zbytcích zarovnaných povrchů i ráz ploché vrchoviny s členitostí 150–200 m. V údolí Svatky členitost roste až na 410 m, což je jedna z největších členitostí ve vnitrozemí ČR, údolí Svatky a okolí Sýkoře tak má charakter ploché hornatiny. Nejnižším bodem je údolí Svatky u Štěpánovic (260 m), nejvyšším Horní les – 774 m. Typická výška bioregionu je 320 – 670 m (Culek a kol., 1995).

4.3 Podnebí

Převážná část území leží v mírně teplé oblasti MT3, údolí Svatky v poměrně teplé MT 9 až MT 11. V celém území se tedy projevuje zřejmý gradient – v soulase s klesající výškou od severu k jihu. Od severu k jihu klesají srážky a výrazněji rostou

teploty. Klima zájmového území charakterizuje stanice Nedvědice s teplotou 7,4 °C a srážkami v hodnotě 630 mm (Culek a kol., 1995).

4.4 Hydrologie

Hydrologický režim bioregionu ovlivňuje zejména největší vodní tok Svratka. Svratka má poměrně velké povodí o rozloze 7115,6 km², které se vyznačuje značnou výškovou členitostí. Severní část zájmového území je odvodňována říčkou Nedvědička, která se vlévá do Svratky z levé strany na území obce Nedvědice. Ve východní části zájmového území svádí povrchové vody potok, rozvětvený ve strmém lesním terénu v oblasti „Báček“. Do řeky Svratky se potok vlévá z levé strany nad zastavěným územím obce Doubravník. Jižní část území odvodňuje potok Rakovec. Na své asi pětakilometrové délce překonává značné převýšení okolo 230 m. Do řeky Svratky se vlévá z levé strany v zastavěném území Doubravníka.

4.5 Půda

Na jihu jsou v úzkých tektonických sníženinách na sprašových hlínách a spraších hnědozemě. Převládají typické kyselé kambizemě, v polohách nad 600 m pak dystrické kambizemě. V jižní části údolí Svratky je zastoupena pestrá škála půd s převahou typických kambizemí, ve všech údolích se objevují plochy rankerů i rendzin na vápencích (Culek a kol., 1995). V zájmovém území má podle půdní mapy České geologické služby majoritní zastoupení kambizem mezobazická. V menší míře potom kambizem districká a zcela ojediněle kambizem rankerová (<https://mapy.geology.cz/pudy/>).

Nejvíce zastoupenou hlavní půdní jednotkou v zájmovém území je kód HPJ 37 - Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podornici od 30 cm silně skeletovité nebo s pevnou horninou, slabě až středně skeletovité, v ornici středně těžké lehčí až lehké, převážně výsušné, závislé na srážkách (Vyhláška 327/1998 Sb.).

Další HPJ zastoupené v zájmovém území jsou:

29 – Kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variant, na rulách, svorech, fylitech, popřípadě žulách, středně těžké až středně těžké lehčí, bez skeletu až středně skeletovité, s převažujícími dobrými vláhovými poměry.

32 – Kambizemě modální eubazické až mezobazické na hrubých zvětralinách, propustných, minerálně chudých substrátech, žulách, syenitech, granodioritech,

méně ortorulách, středně těžké lehčí s vyšším obsahem grusu, vláhově příznivější ve vlhčím klimatu.

40 - Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovitostí, vláhově závislé na klimatu a expozici.

50 - Kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách (které nejsou v HPJ 48,49), středně těžké lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření.

68 - Gleje modální i modální zrašelinělé, gleje histické, černice glejové zrašelinělé na nivních uloženinách v okolí menších vodních toků, půdy úzkých depresí včetně svahů, obtížně vymezitelné, středně těžké až velmi těžké, nepříznivý vodní režim. (Vyhláška 327/1998 Sb.).

4.6 Struktura ploch zájmového území podle KN

Údaje o využití zájmového území jsou převzaty ze statistiky katastru nemovitostí dostupné pro každé katastrální území. Rozdělení pozemků podle způsobu využití je v katastru nemovitostí členěno do následujících kategorií: orná půda, zahrady, ovocné sady, travní porosty, lesní pozemky, vodní plochy (umělé nadrže, rybníky, vodní toky, zamokřené plochy), zastavěné plochy (včetně zbořenišť) a kategorie ostatní plocha (dráha, silnice, ostatní komunikace, manipulační plocha, sportovní a rekreační plocha, jiná plocha, neplodná půda, zeleň). Využití pozemků v k.ú. Bor u Nedvědice a k.ú. Sejřek včetně výměr je zaznamenáno v Tabulce č. 4.

Tabulka č. 4 Rozdělení pozemků podle způsobu využití. (<http://nahliznidokn.cuzk.cz/>)

druh pozemku	k.ú. Bor u Nedvědice	k.ú. Sejřek	celkem (ha)	celkem %
ostatní plocha [ha]	10,5	25,02	35,52	4,73
zastavěná plocha [ha]	1,75	4,28	6,03	0,80
vodní plocha [ha]	0,34	1,64	1,98	0,26
lesní pozemky [ha]	47,55	250,12	297,67	39,62
orná p. + TTP[ha]	138,23	260,66	398,89	53,09
ovocné sady [ha]	0,76	1,23	1,99	0,26
zahrady [ha]	2,99	6,32	9,31	1,24

5 METODIKA

5.1 Data a podklady

K výpočtu ohroženosti území vodní erozí byly použity následující data a podklady. Z větší části se jednalo o podklady mapového charakteru, které jsou spravovány příslušnými institucemi (Státní pozemkový úřad, Český úřad zeměměřický a katastrální atd.). Podmínky jejich poskytování určuje každá instituce sama. Některá data a podklady jsou dostupná volně bez úplaty, jiná jsou naopak zpoplatněna a nejsou tedy volně přístupná.

Podklady a vstupní data využitá pro analýzu:

- Polohopisné a výškopisné mapové podklady tvořené ortofotomapou zájmového území, ZM 10 (základní mapa 1:10 000), ZABAGED (Základní báze geografických dat) obsahující polohopisné a výškopisné prvky ve formátu **shp* a **mdb*. Tyto podklady byly poskytnuty Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK).
- Údaje o bonitovaných půdně ekologických jednotkách (BPEJ) tvořené mapou BPEJ ve formátu **.shp* zahrnující zájmové území, byly poskytnuty Státním pozemkovým úřadem (SPÚ).
- Údaje o povodích IV. řádu a vodních tocích tvořené mapou povodí IV. řádu a vodních toků ve formátu **.shp*, byla získána z databáze DIBAVOD (Digitální báze vodohospodářských dat). Tato databáze je vytvořena na základě ZABAGED, jako jeho nadstavba Oddělením geografických informačních systémů a kartografie VÚV T.G.M.,v.v.i.,. Podklad je volně dostupný přes webový portál Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.M., v.v.i..
- Údaje o vegetačním pokryvu na zemědělské půdě ve formě osevních postupů byly získány zejména od firmy ZEMAS AG a.s. a zemědělců hospodařících v zájmovém území.
- Údaje o půdních blocích z registru LPIS ve formě vektorové mapy formátu **.shp*, byly získány z webového portálu Ministerstva zemědělství (eagri.cz), kde jsou tyto podklady volně přístupné.

5.2 Určení ohroženosti půd vodní erozí

K určení míry ohroženosti zemědělských půd vodní erozí se využívá tzv. „Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí“ zkráceně USLE (Universal Soil Loss Equation) podle Wischmeiera a Smithe (1978) (Janeček a kol., 2012). Tato rovnice byla a nadále je využívána v řadě studií zabývajících se erozí půdy. Jedná se o jednoduchý empirický model založený na regresní analýze míry ztráty půdy z pozemku vytvořený v USA. Tento model je navržen tak, aby dokázal odhadnout dlouhodobé roční intenzity eroze na zemědělských pozemcích. Ačkoliv má rovnice řadu nedostatků je široce využívána zejména pro její jednoznačnost a jednoduchost (Van – Camp et al., 2004).

Rovnice USLE je vyjádřena vztahem:

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

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

R – faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii a intenzitě erozně nebezpečných dešťů,

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

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.

(Novotný a kol., 2014).

Výsledné **G** tedy vyjadřuje kvantitativně (v tunách) množství zeminy, která je uvolněna z pozemku o velikosti jednoho ha za jeden rok. V rovnici není promítnuto hromadění a ukládání na místech pod pozemkem, na kterém probíhá vodní eroze. Rovnice nelze užít pro zjištění ztráty půdy během krátkodobého působení jedné dešťové srážky, nebo během tání sněhové pokrývky. Je doporučeno používat rovnici USLE pouze pro období jednoho roku, nebo delší (Janeček a kol., 2012).

5.2.1 R – faktor erozní účinnosti přívalového deště

Odvození vztahu pro faktor R bylo provedeno analýzou velké řady dešťových srážek působících na pokusné pozemky, tento výzkum byl prováděn v USA. V rámci výzkumu bylo zjištěno, že nejhorší případy eroze měly vždy vztah s kombinací dvou faktorů. Jde o celkovou kinetickou energii deště (E) a jeho maximální 30 minutová intenzita (I_{30}). R faktor se potom vypočítá jako suma za všechny jednotlivé srážky (jedna srážka = $E \cdot I_{30}$), přičemž započítaná srážka musí mít parametry celkového úhrnu 12 mm a více, nebo 6,5 mm za 15 min svého trvání. Z těchto dat se potom tvoří průměrné hodnoty R. (Renard et al., 2010).

Faktor erozní účinnosti přívalového deště je tedy vyjádřen vztahem:

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

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

E celková kinetická energie deště [$\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$],

i_{30} max. 30 minutová intenzita deště [$\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$].

Faktor erozní účinnosti deště R tedy závisí na intenzitě, úhrnu, četnosti a kinetické energii srážek. Tyto charakteristiky se liší podle geografické polohy. Hodnoty R faktoru mohou být statisticky zpracovány např. do map R faktoru za pomoci tzv. isoerodent (Janeček a kol., 2012).

V podmínkách České republiky je průměrná roční hodnota R faktoru stanovena na základě analýzy dat shromažďovaných Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) z různých měřicích hydrometeorologických stanic. Pro většinu území České republiky byla hodnota faktoru stanovena takto: $R = 40 [\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}]$. Tuto hodnotu je doporučeno využívat v rámci celé ČR, protože odráží stav na převažující části zemědělsky využívaného území České republiky, kde se hodnota pohybuje v rozmezí 30 až 45. Určitou výjimku mohou tvořit oblasti dešťového stínu, kde se hodnoty pohybují mezi 15 až 30, naopak v podhorských jsou hodnoty R vyšší 45 až 60 a horských oblastech 60 do 120. Nutno zmínit, že horské a podhorské oblasti mají pouze zlomkové výměry orné půdy oproti oblastem intenzivně zemědělsky využívaným. Horské oblasti nebyly do výpočtu průměrného R zahrnuty. Průměrné hodnoty faktoru R v měsících vegetačního období jsou zaznamenány v Tabulce č. 5 (Janeček a kol., 2012).

Tabulka č. 5. R faktor v měsících vegetačního období na území ČR (Janeček a kol., 2012).

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

Z tabulky je patrné, že v podmínkách České republiky dochází k většině erozně nebezpečných srážkových situací v období od dubna do září (Janeček a kol., 2012).

5.2.2 K – faktor erodovatelnosti půdy

Fyzikální a chemické vlastnosti půdy mají zásadní vliv na schopnost infiltrace vody směrem do jejího profilu. Schopnost půdních agregátů odolávat mechanickému působení dopadajících kapek a povrchově odtékající vody hraje zásadní roli při určování stupně erodovatelnosti půdy (Janeček a kol., 2012). K - faktor erodovatelnosti půdy, resp. náchylnosti půdy k erozi, je v univerzální rovnici definován jako odnos půdy v $[t \cdot ha^{-1}]$ na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku o délce 22,13m (na svahu o sklonu 9%), který je udržován jako kypřený černý úhor kultivací ve směru sklonu (Dufková a kol., 2005).

Ke stanovení hodnoty K faktoru u půdy, kde obsah prachu a práškového písku (0,002 – 0,100 mm) nepřekračuje 70% je možno využít vztah:

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

kde M = součin (% prachu + % práškového písku) krát (100 – % jílu), a = % organické hmoty (humusu), b = třída struktury ornice, c = třída propustnosti půdního profilu (Dufková a kol., 2005).

Další možnost představuje vyjádření K faktoru nomogramem sestrojeným podle uvedeného vztahu. Tyto způsoby vyžadují výsledky rozborů vzorků půdy odebraných přímo v terénu na řešeném pozemku (Janeček a kol., 2012).

Pro potřeby této práce byl použit způsob určení K faktoru podle Hlavní půdní jednotky (HPJ). Hodnoty K faktoru jsou zaznamenány v Tabulce č. 6. Druhé a třetí místo kódu BPEJ označuje HPJ, což je účelové seskupení půdních forem příbuzných vlastností, jež jsou určeny geneticky půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí, hloubkou půdy, stupněm hydromorfismu, případně výraznou sklonitostí nebo morfologií terénu a zúrodňovacím opatřením (Dufková a kol., 2005).

Tabulka č. 6. K faktor podle HPJ v zájmovém území (Janeček a kol., 2012).

kód HPJ	29	32	37	40	50	68
K - faktor	0,32	0,19	0,16	0,24	0,33	0,49

5.2.3 LS – faktor délky a sklonu svahu

Faktor délky svahu L představuje působení nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí. Faktor sklonu svahu S vyjadřuje vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí. Společně tvoří tzv. topografický faktor LS vyjadřující poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standardním pozemku (délka 22 m, sklon 9 %) (Janeček a kol., 2012).

Délku svahu L lze definovat jako horizontální vzdálenost mezi místem, kde vzniká povrchový odtok a místem, kde se sklon svahu již vyrovnává natolik, že zde dochází k usazování erodovaného materiálu, nebo se zde plošný povrchový odtok mění v soustředěný otok probíhající drahou soustředěného odtoku. Nepřerušená délka svahu může být určována od rozvodnice, nebo od místa přerušení souvislého plošného povrchového odtoku. Na místech, kde plošný povrchový odtok přechází do drah soustředěného odtoku a v průběhu těchto drah už není možné použít pro výpočet ztráty půdy vodní erozí rovnici USLE (Janeček a kol., 2012).

Stanovení L se provádí vztahem:

$$L = (1/22)^m$$

kde: **1** - představuje horizontální projekci nepřerušené délky svahu, **22** - délka standardního pozemku v metrech, ^m – exponent sklonu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě erozních rýh v rámci působení rýžkové eroze

Zvyšující se sklon svahu má větší vliv na růst objemu erodované půdy, než délka svahu (Renard et al., 2010).

Stanovení S se provádí ze vztahu:

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03$$

kde θ vyjadřuje sklon ve stupních nebo radiánech vztah platí pro sklon < 9 %

$$S = 16,8 \sin \theta - 0,50$$

kde θ vyjadřuje sklon ve stupních nebo radiánech vztah platí pro sklon $> 9 \%$ (Renard et al., 2010).

Pro stanovení LS faktoru v této práci bylo využito nástroje GIS, kdy je LS faktor stanoven v rámci každého předem velikostně určeného čtverce obsaženého v digitálním modelu terénu (DMT). V tomto výpočtu nahrazuje nepřerušenu délku svahu L tzv. zdrojová plocha odtoku (mikropovodí) stanovená pro každý čtverec (bod) DMT. Hodnota faktoru S je v rámci výpočtu stanovena rovněž pro každý čtverec (bod) DMT.

5.2.4 C – faktor ochranného vlivu vegetace

Faktor ochranného vlivu vegetace je možná nejdůležitějším v rovnici USLE z toho pohledu, že jde o nejsnadněji ovlivnitelný faktor, kterým lze v rozsahu minimálních nákladů zajistit velmi účinnou protierozní ochranu. Hodnoty C faktoru nabývají hodnot od 0 (neerodovatelný stav) po 1 (odpovídá podmínkám standardního pozemku bez vegetace, kultivovaném ve směru sklonu po každé dešťové srážce). Výsledná hodnota vyšší než 1 by znamenala ještě horší způsob hospodaření, než popisují podmínky standardního pozemku (Renard et al., 2010).

Zásadní roli hraje vegetační pokryv půdy, zvláště v období největšího výskytu přívalových srážek trvajících přibližně od dubna do konce září. Přičemž největší koncentrace přívalových srážek je soustředěna do letních měsíců. Nejlepší protierozní ochranu poskytují travní porosty, naproti tomu nedostatečnou ochranu poskytují půdě konvenčně pěstované širokořádkové plodiny a některé speciální kultury (např. sady a vinice) (Janeček a kol., 2012).

Pro stanovení C faktoru na orné půdě je nutné znát sled a skladbu pěstovaných plodin včetně agrotechniky používané při jejich pěstování. Tyto aspekty jsou sledovány v pěti obdobích:

- období podmítky a hrubé brázdy,
- období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení,
- období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimu do 30.4.,
- období od konce 3. období do sklizně,
- období strniště.

Hodnotě C faktoru je navíc přiřazována různá váha v každém pěstebním období zvlášť. Hodnotu tohoto koeficientu tvoří procentuální rozdělení faktoru R do těchto pěti pěstebních období (Janeček a kol., 2012).

5.2.5 P – faktor účinnosti protierozních opatření

Do USLE je P faktor zařazen proto, aby byly zohledněny protierozní opatření na řešené zemědělské půdě. Jde především o různé druhy pásového střídání plodin, dodržení maximální přípustné délky obdělávaného svahu po spádnici případně některé typy agrotechnických opatření např. hrázkování v rámci vrstevnicového obdělávání pozemků (Renard et al., 2010). Hodnoty P faktoru pro některá protierozní opatření jsou uvedena v *Tabulce č. 7*. Jestliže tato opatření není možně na řešeném území identifikovat, nebo jich není prokazatelně využíváno, přiřazuje se faktoru P hodnota 1 (Janeček a kol., 2012).

Tabulka č. 7. Hodnoty P faktoru pro některá protierozní opatření (Janeček a kol., 2012).

Protierozní opatření	Sklon svahu (%)			
	2 - 7	7 - 12	12 - 18	18 - 24
Maximální délka pozemku po spádnici při konturovém obdělávání	120 m	60 m	40 m	/
	0,6	0,7	0,9	1,0
Maximální šířka a počet pásů při pásovém střídání	40 m	30 m	20 m	20 m
	6 pásů	4 pásy	4 pásy	2 pásy
okopaniny s víceletými pícninami	0,30	0,35	0,40	0,45
okopaniny s ozimými obilovinami	0,50	0,60	0,75	0,90
Hrázkování, resp. přerušované brázdování podél vrstevnic	0,25	0,30	0,40	0,45

5.3 Postup při vytváření analýzy v prostředí ArcGIS

Při zpracovávání dat bylo z převážné části využíváno softwarového zázemí programu Arc GIS a jeho aplikací ArcMap 10.2.2, ArcCatalog a ArcToolbox. Veškerým mapovým podkladům byl nadefinován Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S – JTSK). Při práci byla využita literatura týkající se tvorby analýz v prostředí geografického informačního systému ArcGIS: Mašíček, Ždímal (2014) a Dumbrovský (2009).

5.3.1 Hranice zájmového území

Zájmové území je tvořeno dvěma katastrálními územími Bor u Nedvědice a Sejřek. Hranice těchto k.ú. byly získány na základě vektorové vrstvy Administrativního členění ČR. Nástrojem *Export – Data* byla z výchozí vrstvy vytvořena vrstva nová obsahující pouze hranice dvou vybraných katastrálních území s názvem *kat_uzemi*. Dalším krokem bylo přidání vrstvy půdních bloků s názvem *LPIS*, tato vrstva byla získána z Registru půdních bloků (LPIS) přístupného z webového portálu Mze. Vrstva byla nahrána v rozsahu přesahujícím hranice katastrálních území. Na základě vrstvy *LPIS* došlo za pomoci editace k rozšíření vrstvy *kat_uzemi* o půdní bloky, nebo části půdních bloků, které bylo nutné zahrnout do výpočtu erozního ohrožení. Důvody pro zařazení půdních bloků, nebo jejich částí ležících za hranicí zájmového území spočívaly hlavně v rozdělení půdních bloků katastrální hranicí, nebo v jejich přímé návaznosti na půdní bloky uvnitř zájmového území bez jednoznačného přerušení povrchového odtoku. Tímto rozšířením vznikla finální vrstva *zajmove_uzemi*. Pomocí nástroje *Clip* z aplikace ArcToolbox byla na hranici zájmového území oříznuta vrstva *A02_Vodni_tok_JU* z Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) obsahující hydrografickou síť vodních toků. Takto byla získána vrstva *vodni_toky* znázorňující průběh vodních toků v zájmovém území.

5.3.2 Půdní bloky

Pro vytvoření vrstvy *landuse* byla použita vrstva *LPIS* oříznutá na hranice zájmového území. V rámci editace vrstvy *landuse* byly z její atributové tabulky odstraněny všechny typy kultur kromě orné půdy a trvalých travních porostů TTP. Zároveň byla na podkladu ortofotomapy a rekognoskace přímo v terénu vrstva upravena, tak aby obsahovala všechny prvky, které dělí půdní bloky, přerušují povrchový odtok, nebo by mohli povrchový odtok jakkoliv ovlivnit. Tímto krokem vznikla vrstva *pudni_bloky*.

5.3.3 Faktor K

Prvním krokem k vytvoření vrstvy K fakturu bylo nahrání vrstvy bonitovaných půdně ekologických jednotek, tato vrstva byla pomocí funkce Clip oříznuta na hranice zájmového území tím byla získána vrstva *BPEJ_clip*. V atributové tabulce této vrstvy byl přidán sloupec s názvem HPJ do tohoto sloupce byly doplněny dvoumístné kódy HPJ (druhá a třetí číslice z kódu BPEJ). V atributové tabulce byl následně přidán další sloupec s názvem Kfaktor, do tohoto sloupce byly doplněny hodnoty K faktoru pro jednotlivé HPJ podle Janečka a kol. (2012). V dalším kroku byla vrstva *BPEJ_clip* oříznuta funkcí Clip na vrstvu *pudni_bloky* tím byla vytvořena vrstva *BPEJ_K_pudbloky* obsahující jednotlivé půdní bloky s faktorem erodovatelnosti půdy K. Do konečného výpočtu vstupují jednotlivé vrstvy ve formátu rastru, proto byla vrstva *BPEJ_K_pudbloky* převedena, pomocí aplikace ArcToolbox nástroje Conversion Tools – To Raster – Feature To Raster, na rastrovou vrstvu *k_pbloky.rst* velikost jednotlivé buňky rastru odpovídá 5 metrům.

5.3.3 Digitální model terénu DMT

Digitální model terénu (DMT) vychází z vrstvy ZABAGED – výškopis 3D vrstevnice ve formátu *.shp. Tato vrstva obsahuje výškopisné údaje ve formě třech druhů vrstevnic (vrstevnice základní, vrstevnice zesílená, vrstevnice doplňková). Pro vytvoření DMT bylo nejdříve potřeba sloučit tyto kategorie vrstevnic a vytvořit z nich jeden celek, toho bylo docíleno v aplikaci ArcToolbox nástrojem Geoprocessing – Merge. Nová vrstva sloučených vrstevnic byla oříznuta na hranice zájmového území, tím vznikla výchozí vrstva pro vytvoření DMT *vrstevnice_clip*. Po získání této vrstvy bylo přikročeno k samotné tvorbě DMT pro jeho vytvoření slouží nástroj z aplikace ArcToolBox – Spatial Analyst Tools – Interpolation – Topo to Raster. Jako vstupní data pro výpočet byly použity vrstvy *zajmove_uzemi.shp* a *vrstevnice_clip.shp*. Jako výstup vznikla rastrová vrstva *dmt.rst*. Vzniklý DMT má velmi ostrou strukturu při jeho výpočtu vznikly poklesy (sinks) a vrcholy (peaks), proto je nutné DMT vyhladit, tzn. vyplnit tyto nedokonalosti vzniklé při řešení interpolace výšek. K tomuto účelu slouží nástroj Fill z aplikace ArcToolbox Spatial Analyst Tools – Hydrology, do kterého jako vstupní vrstva vstupuje *dmt.rst* a výstupem je vrstva *dmt_fill.rst* (vyhlazený digitální model terénu). Pro pozdější prezentaci dalších vrstev různého stupně průhlednosti v kombinaci s DMT je dobré vytvořit stínovanou variantu DMT, která poskytne lepší plastický efekt zobrazovaného území. K vytvoření vyhlazeného digitálního modelu

terénu byla využita opět aplikace ArcToolbox nástroj Spatial Analyst Tools – Surface – Hillshade, jako vstupní vrstva byla použita *dmt_fill.rst* výstupem byla vrstva *dmt_hillshade.rst*.

5.3.4 Sklonitost území

Výpočet sklonitosti území byl proveden na základě rastrové vrstvy *dmt_fill.rst* za využití nástroje Spatial Analyst Tools – Surface – Slope z aplikace ArcToolbox. Výstupem byla rastrová vrstva *slope.rst* zobrazující každý bod rastru v jedné ze sedmi tříd rozpětí sklonu (0 – 5 %, 5 – 10 %, 10 – 15 % atd.). Na základě vrstvy *slope.rst* byla vytvořena vrstva průměrné sklonitosti pro každý půdní blok *sklon_prumer.rst* klasifikovaná do pěti tříd sklonu (0 – 5 %, 5 – 10%, 10 – 15 %, 15 – 20 %, 20 a více %).

5.3.5 Směr, akumulace a délka povrchového odtoku

Analýza směrů, akumulace a délky povrchového odtoku dotvářejí hydrologickou charakteristiku zájmového území. Výpočet těchto charakteristik byl proveden na podkladě vrstvy *dmt_fill.rst* s využitím nástroje Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Direction z aplikace ArcToolbox pro vytvoření vrstvy směrů odtoku *flowdir.rst*. Jako další byly vytvořeny vrstvy akumulace *flowacc.rst* s využitím nástroje Flow Accumulation a vrstva délky povrchového odtoku *flowlen.rst* s využitím nástroje Flow Length.

5.3.5 Faktor C

Pro výpočet faktoru ochranného vlivu vegetace byly použity záznamy o skladbě pěstovaných plodin za roky 2011 až 2015 hospodařící firmy ZEMAS AG a.s., která obhospodařuje část půdních bloků v zájmovém území. Osevní postupy byly konzultovány také se dvěma místními zemědělci, kteří také obhospodařují část půdních bloků v zájmovém území. Osevní postupy aplikované v zájmovém území byly rozděleny do 8 skupin v rámci podobnosti pěstovaných plodin. Pro vybraný osevní postup z každé skupiny byl nejprve vypočítán podle metodiky Janeček a kol. (2012) průměr hodnoty C faktoru. Tyto hodnoty bylo třeba přiřadit jednotlivým půdním blokům. K tomuto účelu byla vytvořena vrstva *pudni_bloky_C.shp* v atributové tabulce byl přidán sloupec C faktor a doplněny hodnoty C faktoru podle reprezentativních skupin osevních postupů. Půdním blokům, u kterých nebylo možné získat osevní postup

byla přidělena průměrná hodnota C vypočtená ze všech skupin osevních postupů. Pro konečný výpočet G bylo nutné vrstvu převést do rastrového formátu nástrojem Conversion Tools – To Raster – Feature To Raster z aplikace ArcToolbox. Vzniklá vrstva dostala název *C_faktor.rst*.

5.3.5 Faktor LS

Jako vstupní vrstvy pro výpočet faktoru LS byly použity *dmt_fill.rst* a *pudni_bloky.shp*. Vrstvu *pudni_bloky.shp* bylo nejdříve třeba převést do rastrového formátu. Nástrojem Conversion Tools – To Raster – Feature To Raster. Bylo nutné, aby nově vzniklý rastr měl shodné vlastnosti s rastrovou vrstvou *dmt_fill.rst*, proto v nastavení Environments a Processing Extent byla zvolena možnost Same as layer *dmt_fill*. Takto vznikla nová vrstva *pudni_bloky.rst*. V dalším kroku byla provedena reklasifikace vrstvy *pudni_bloky.rst* nástrojem Conversion Tools - Reclass – Reclassify. Pixelům rastru s kódem orná půda a TTP byla přidělena hodnota 1 ostatním pixelům hodnota 0. Nově vzniklá vrstva byla pojmenována *pubbloky_rec.rst*. Dalším krokem k vytvoření vrstvy LS faktoru byl převod rastrových vrstev *dmt_fill.rst* a *pubbloky_rec.rst* do textového formátu (*.txt a *.asc). K tomuto převodu slouží nástroj Conversion Tools – From Raster – Raster To ASCII z aplikace ArcToolbox. Nově vzniklé vrstvy v textové podobě dostaly názvy *pubbloky_rec_text* a *dmt_fill_text*. V dalším kroku byly vzniklé vrstvy převedeny do formátu Idrisi (*.rst) programem LS CONVERTER. Postup zadání v programu LS Converter: DEM – *dmt_fill_text* – otevřít – *dmt_fill_text.rst* (nová vrstva) – uložit. PARCEL – *pubbloky_rec_text* – otevřít – *pubbloky_rec_text.rst* (nová vrstva) – uložit. LS faktor byl následně vypočten v programu USLE2D. Postup výpočtu: File – Usle2D – OPEN DEM – *dmt_fill_text.rst* – otevřít, OPEN PARCEL - *pubbloky_rec_text.rst* – otevřít, ULOŽIT JAKO – LS – typ: Idris16*.rst – uložit (LS se uložil jako LS_img). V dalším kroku byl proveden převod formátu rst(img) do textového souboru ASC opět pomocí LS Converter – LS FAKTOR – LS.img – otevřít – název: LS typ: asc – uložit. Posledním krokem byl převod textového souboru *LS_asc* do rastrové vrstvy, nástrojem Conversion Tools – To Raster – ASCII to Raster. Vstupní vrstva *LS_asc*, výstup tvořila vrstva *LS_raster.rst*.

5.3.7 G dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí

Pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí byly použity výše popsané rastrové vrstvy, které vstupovaly do rovnice USLE podle Wischmeiera a Smithe. Násobením vrstev

podle rovnice $G = R * K * L * S * C * P$ byla vypočtena hodnota G. Do výpočtu byla použita hodnota $R = 40$ a hodnota $P = 1$ (bez protierozních opatření) podle metodiky Janeček a kol. 2012. Faktory K, LS, C vstupovaly do rovnice jako rastrové vrstvy. Výpočet byl proveden nástrojem Spatial Analyst Tools - Map Algebra - Raster Calculator z aplikace ArcToolbox. Zápis rovnice tedy vypadal takto: $40 * k_pbloky.rst * LS_raster.rst * C_faktor.rst * I$. Výsledná rastrová vrstva *g.rst* byla reklasifikována na sedm tříd a přepsány hodnoty Brake Values 1, 4, 10, 15, 20, 30, a vyšší číslo než byla nejvyšší vypočtená hodnota. Ve sloupci LABEL byly přepsány hodnoty na intervaly 0-1, 1-4, 4-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30 a více [$t * ha^{-1} * rok^{-1}$].

Pro lepší možnost prezentace výsledků byla z vrstvy *g.rst* vytvořena vrstva průměrného stupně ohroženosti půdních bloků G pro kategorie půd středně hlubokých a hlubokých. Na kterých je přípustná ztráta půdy 4 [$t * ha^{-1} * rok^{-1}$] (Janeček a kol., 2012). Pro vytvoření této vrstvy byl použit nástroj Spatial Analyst Tools - Zonal - Zonal Staistic. Jako vstupní vrstvy byly použity *pud_bloky_C.shp* a *g.rst*. Výsledná vrstva byla pojmenována *prumer_g.rst*. Tato vrstva byla následně reklasifikována na čtyři kategorie: eroze nepatrná, eroze střední, eroze silná a eroze velmi silná. Tyto kategorie představují násobky přípustné ztráty půdy. Následovalo vytvoření průniku vrstev *BPEJ_K_pudbloky_hluboke.shp* (původně vrstva *BPEJ_K_pudbloky.shp*, ze které byly vyřazeny BPEJ kódy mělkých půd) a vrstvy *pud_bloky_C.shp* nástrojem z Arc Tool Box - Analysis Tools - Overlay - Intersect. Výsledkem byl průnik *pudbloky_hluboke_int.shp* obsahující hranice půdních bloků i hranice středně hlubokých a hlubokých půd podle BPEJ. Do této vrstvy byl editací doplněn stupeň ohroženosti půdy erozí na středně hlubokých a hlubokých půdách. Vrstva průměrného G byla samostatně reklasifikována i pro půdy mělké, kde je maximální přípustná ztráta půdy stanovena na 1 [$t * ha^{-1} * rok^{-1}$] (Novotný a kol., 2014). Opakováním postupu vytvoření průniku vrstev *BPEJ_K_pudbloky_melke.shp* (původně vrstva *BPEJ_K_pudbloky.shp*, ze které byly vyřazeny BPEJ kódy mělkých půd) a *pud_bloky_C.shp* byla vytvořena vrstva *pudbloky_melke_int.shp*. Následovalo provedením editace doplněním stupně ohroženosti erozí na mělkých půdách. Klasifikaci stupňů eroze ukazuje Tabulka č. 8, ve které jsou uvedeny stupně eroze pro středně hluboké - hluboké půdy a půdy mělké.

Tabulka č.8. Stupně erozního ohrožení (Janeček a kol., 2012), (Novotný a kol., 2014), (Podhrázká, Dufková, 2005)

Stupeň erozní ohroženosti	středně hluboké a hluboké půdy	mělké půdy
1 nepatrná eroze	$\leq 4 [t * ha^{-1} * rok^{-1}]$	$\leq 1 [t * ha^{-1} * rok^{-1}]$
2 střední eroze	$\leq 8 [t * ha^{-1} * rok^{-1}]$	$\leq 2 [t * ha^{-1} * rok^{-1}]$
3 silná eroze	$\leq 12 [t * ha^{-1} * rok^{-1}]$	$\leq 3 [t * ha^{-1} * rok^{-1}]$
4 velmi silná eroze	$> 12 [t * ha^{-1} * rok^{-1}]$	$> 3 [t * ha^{-1} * rok^{-1}]$

5.3.8 Protierozní opatření

V návaznosti na stanovení velikosti erozního ohrožení byl proveden návrh protierozních opatření. Vzhledem k charakteru obou katastrálních území, kde 40 % jejich celkové rozlohy zabírají lesy, přibližně 5 % tvoří zastavěné, vodní a ostatní plochy a zemědělskému využívání (orná půda, TTP) je vyčleněno okolo 55 % území tj. asi 400 ha. Pro udržení konkurenceschopnosti subjektů hospodařících v zájmovém území je zabezpečení protierozní ochrany půdy zásadní pro zajištění bezproblémového hospodaření i v budoucnu. Navržená protierozní opatření jsou většinou zaměřena na agrotechnická opatření v rámci osevních postupů, ve kterých je kladen důraz na zachování struktury pěstovaných plodin. Organizační opatření bylo navrženo v jediném případě, kdy je v návrhu původní půdní blok rozdělen a v místech s nejvyššími hodnotami ztráty půdy zatravněn. Po vyhotovení návrhu protierozních opatření byly v programu ArcGIS opět vytvořeny vrstvy průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí po návrhu (*g_navrh.rst*) a vrstva stupně ohroženosti půdy erozí (*prumer_g_navrh.rst*), ze kterých je patrná účinnost protierozních opatření.

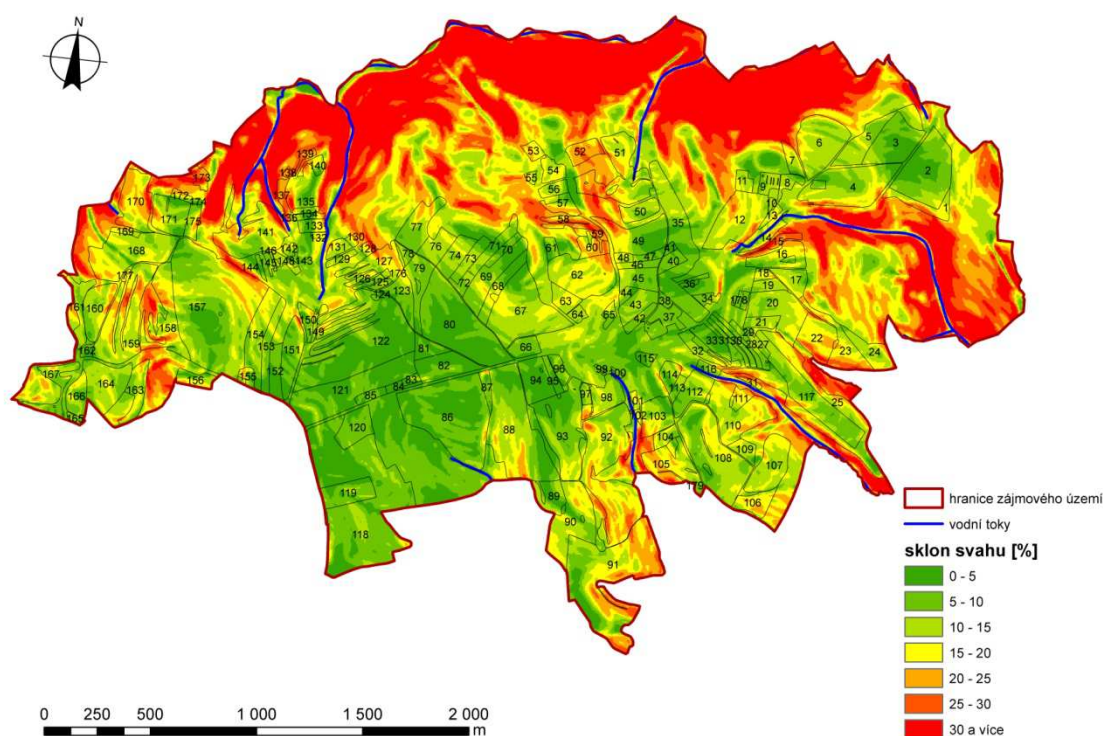
6 VÝSLEDKY

Cílem práce bylo využít rovnici USLE k výpočtu průměrné dlouhodobé ztráty půdy v zájmovém území tvořeném katastrálními územím Bor u Nedvědice a katastrálními územím Sejřek. Výpočty jednotlivých faktorů byly provedeny v programech ArcGIS. Pro úpravu některých dat byly navíc použity programy LS-converter a USLE2D. Mapová dokumentace byla vytvořena v programu ArcGIS na podkladě dat poskytnutých jejich správci (ČÚZK, SPUCR, MZe, atd.). Mapové výstupy vždy charakterizují určitý jev patrný v zájmovém území. Jsou tvořeny složením jednotlivých vypracovaných vrstev, a vrstev získaných z podkladových dat v programu ArcGIS.

6.1 Výsledné analýzy z prostředí ArcGIS

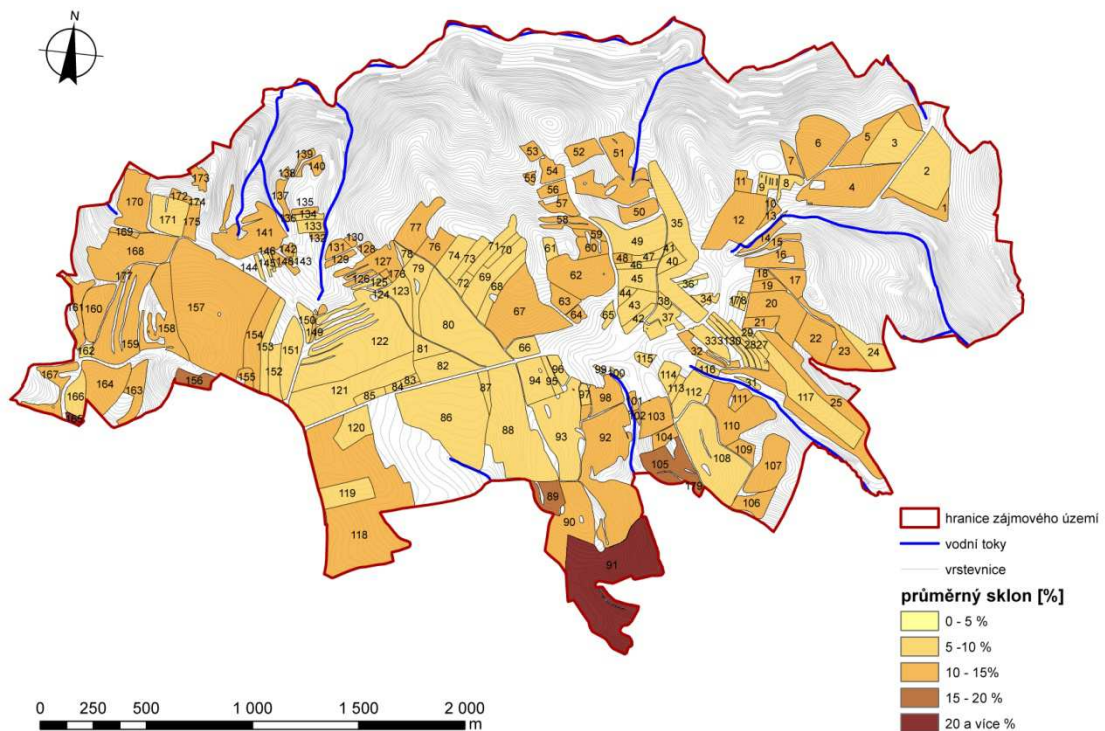
6.1.1 Sklonitost a průměrný sklon jednotlivých půdních bloků

Obrázek č. 7 zobrazuje mapu sklonitosti vyjádřenou rastrovou vrstvou s velikostí buňky rastru 5 m. Sklon je zde klasifikován v sedmi třídách 0 – 5 %, 5 – 10 %, 10 – 15 %, 15 – 20 %, 20 – 25 %, 25 – 30 %, 30 a více %.



Obrázek č. 7. Mapa Sklonitosti. Podkladové zdroje: Katastrální území - upraveno (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad),

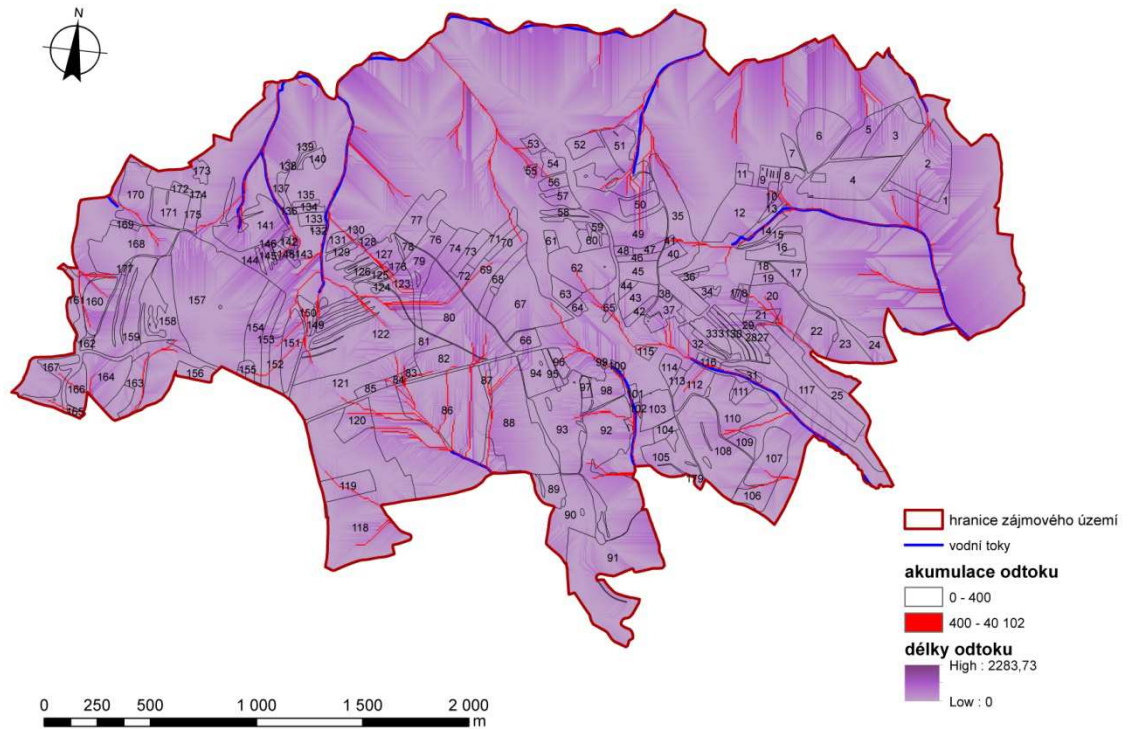
Na obrázku č. 8 je zobrazena mapa průměrného sklonu pro jednotlivé půdní bloky. Průměrný sklon je klasifikován do pěti tříd v mezích 0 – 5 %, 5 – 10 %, 10 – 15 %, 15 – 20 %, 20 a více %. Přibližně polovina všech půdních bloků má průměrný sklon mezi 10 a 15 %. Půdní bloky s průměrným sklonem 5 – 10 % tvoří druhou nejpočetněji zastoupenou skupinu. Ve třídě průměrného sklonu 0 – 5 % leží pouze malý půdní blok č. 36. Ve třídě průměrného sklonu 20 a více % leží pouze půdní blok č. 91. Tento fakt ukazuje na značnou průměrnou sklonitost obhospodařovaných půdních bloků.



Obrázek č. 8. Průměrný sklon jednotlivých půdních bloků. Podkladové zdroje: Katastrální území - upraveno (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad), A02_Vodni_tok_JU (© VÚV TGM, v.v.i., www.dibavod.cz), ZABAGED_výškopis 3D vrstevnice (© ČÚZK, www.cuzk.cz), LPIS (© MZe, www.eagri.cz)

6.1.2 Hydrologické charakteristiky

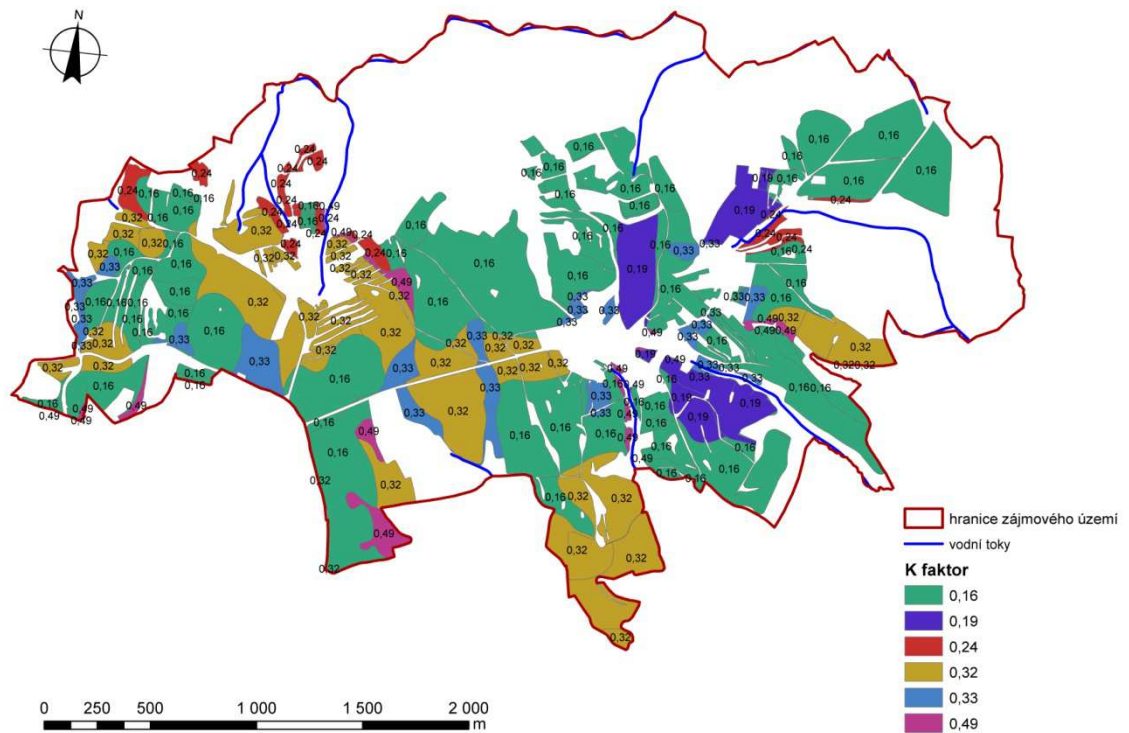
Představu o směrech a drahách odtoku poskytuje mapa hydrologických charakteristik (Obrázek č. 9). V mapě jsou zobrazeny rastrové vrstvy akumulace a délky povrchového odtoku. V mapě je zobrazena také vrstva vodních toků. Z mapy je dobře patrná akumulace odtoku právě směrem do těchto toků odvádějících vodu ze zájmového území.



Obrázek č. 9. Průměrný sklon jednotlivých půdních bloků. Podkladové zdroje: Katastrální území - upraveno (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad), A02_Vodni_tok_JU (© VÚV TGM, v.v.i., www.dibavod.cz), ZABAGED_výškopis 3D vrstevnice (© ČÚZK, www.cuzk.cz), LPIS (© MZe, www.eagri.cz)

6.1.3 K faktor

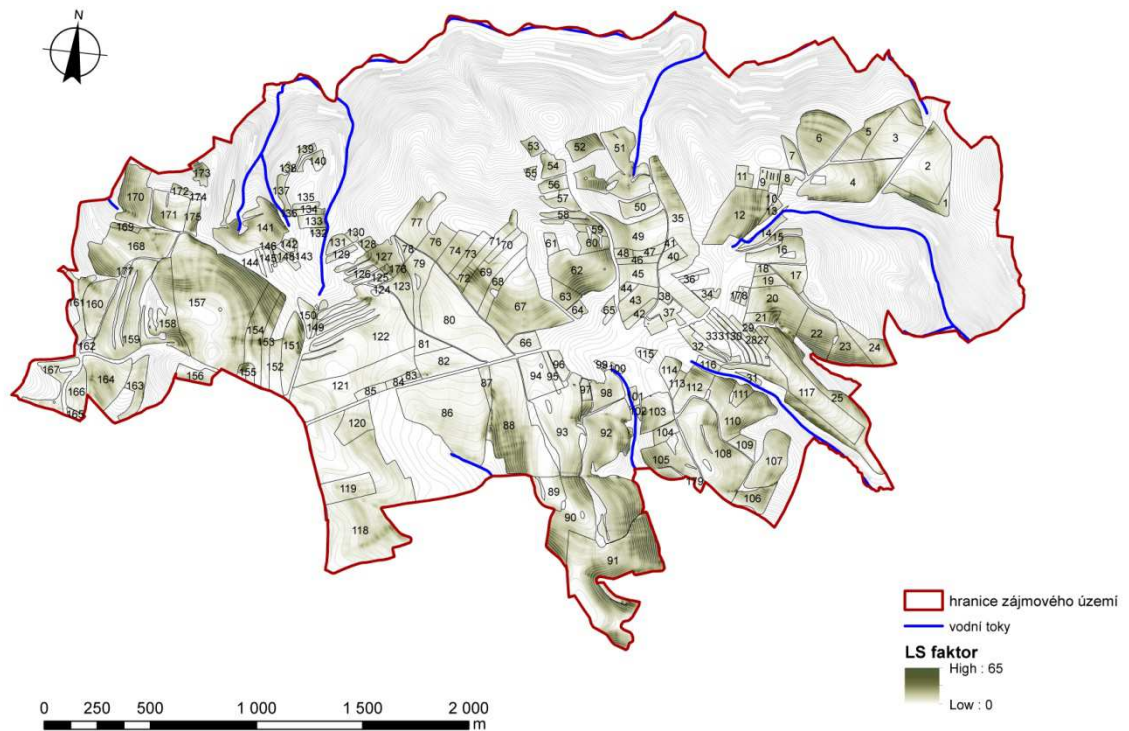
Rozložení hodnot faktoru K v rámci půdních bloků ukazuje mapa (Obrázek č. 10) se zobrazenou shapeovou K faktoru. Jednotlivé hodnoty K faktoru jsou v legendě rozlišeny barvami, hodnoty jsou zároveň zobrazeny i v kresbě. V zájmovém území figuruje celkem šest různých hodnot faktoru K: 0,16; 0,19; 0,24; 0,32; 0,33; 0,49



Obrázek č. 10. K faktor. Podkladové zdroje: Katastrální území - upraveno (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad), A02_Vodni_tok_JU (© VÚV TGM, v.v.i., www.dibavod.cz), Bonitované půdně ekologické jednotky BPEJ (© SPÚ, Státní pozemkový úřad ČR), LPIS (© MZe, www.eagri.cz)

6.1.4 LS faktor

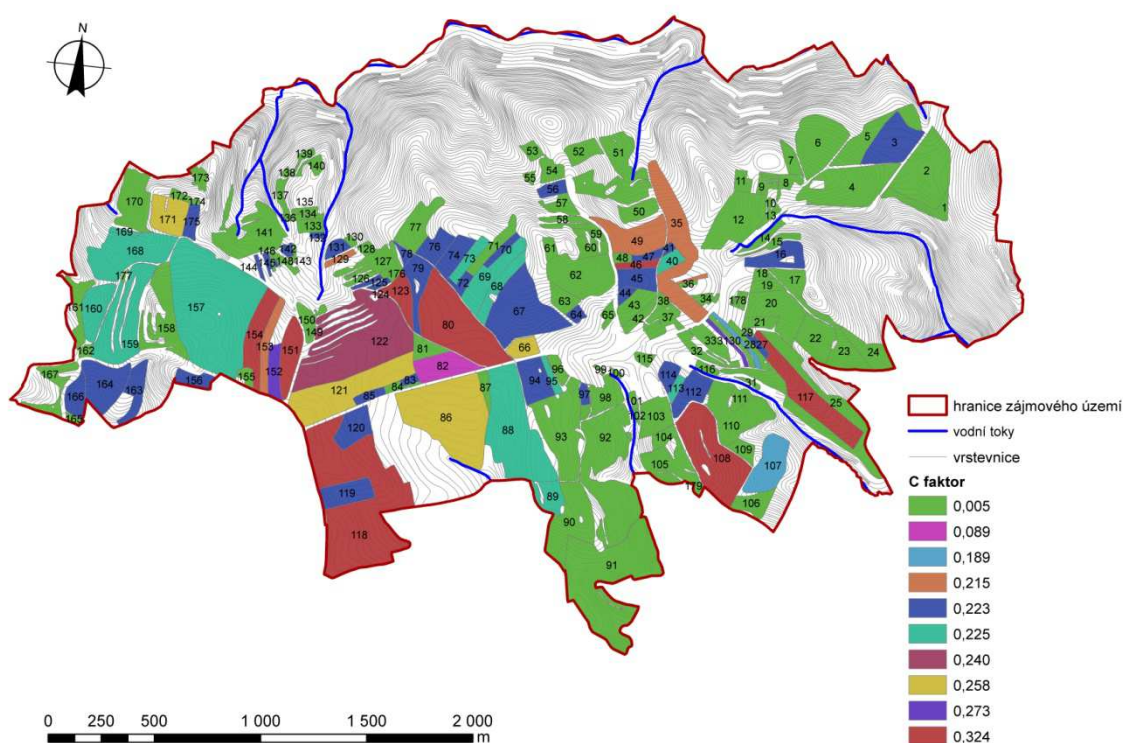
Hodnoty LS faktoru jsou zobrazeny v mapě (Obrázek č. 11). V podobě rastrové vrstvy je společně zobrazen vypočítaný faktor délky a sklonu svahu LS (topografický faktor). Tmavá místa na mapě vyznačují části zájmového území s vysokými hodnotami LS faktoru naznačující značnou výškovou členitost v kombinaci s délkou svahu.



Obrázek č. 11. LS faktor. Podkladové zdroje: Katastrální území - upraveno (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad), A02_Vodni_tok_JU (© VÚV TGM, v.v.i., www.dibavod.cz), ZABAGED_výškopis (© ČÚZK, www.cuzk.cz), LPIS (© MZe, www.eagri.cz)

6.1.5 C faktor

Pro vytvoření mapy C faktoru (Obrázek č.12) byly výchozím podkladem osevní postupy za roky 2011 až 2015 získané od firmy ZEAS a.s., která hospodaří v zájmovém území. Další osevní postupy byly získány konzultací se dvěma místními zemědělci, též obhospodařujícími půdní bloky v zájmovém území. Získané osevní postupy byly nejprve roztříděny do celkem osmi skupin na základě podobnosti pěstovaných plodin. Z každé skupiny byl potom vybrán jeden reprezentativní osevní postup (Tabulka č. 9), pro který byla vypočítána průměrná hodnota C faktoru podle tabulky hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace a způsobu obdělávání z metodiky (Janeček a kol., 2012). Každému půdnímu bloku z dané skupiny potom byla přidělena hodnota C faktoru podle reprezentativního osevního postupu vypočítaného pro tuto skupinu. Půdním blokům s kulturou TTP byla přiřazena hodnota $C = 0,005$ také podle zmíněné metodiky. Půdním blokům, pro které nebyl získán osevní postup, byla přidělena hodnota C faktoru vypočtená jako průměr reprezentativních osevních postupů z každé skupiny.



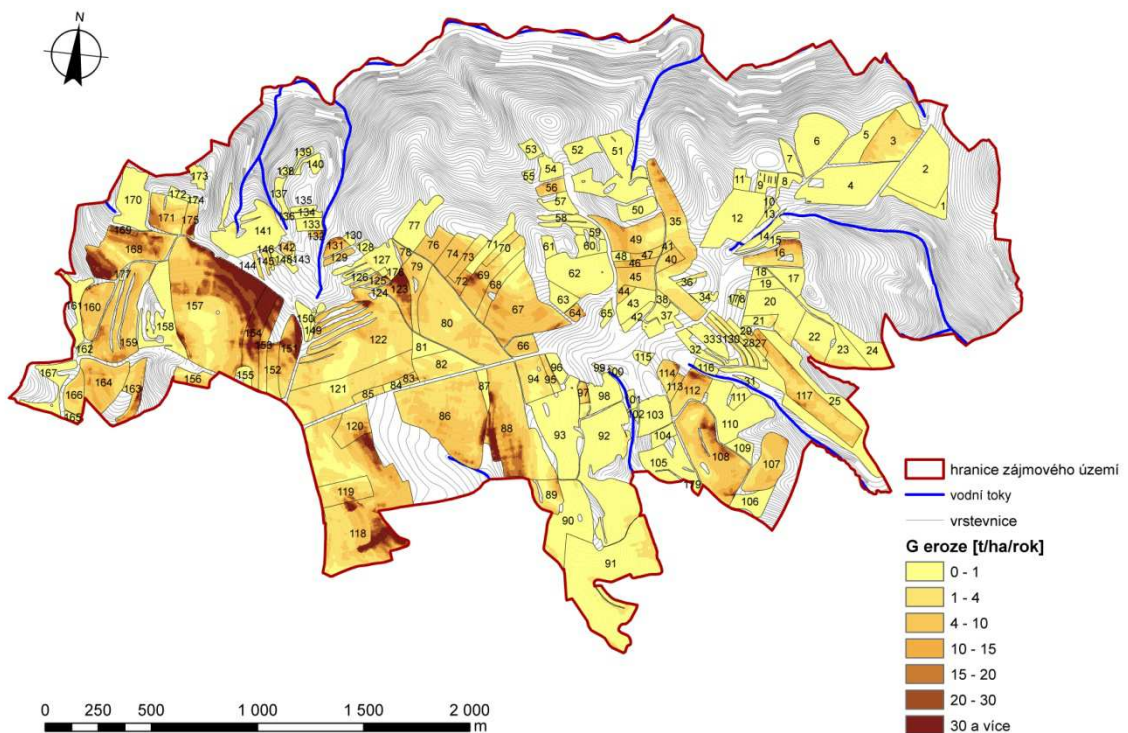
Obrázek č. 12. C faktor. Podkladové zdroje: Katastrální území - upraveno (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad), A02_Vodni_tok_JU (© VÚV TGM, v.v.i., www.dibavod.cz), ZABAGED_výškopis 3D vrstevnice (© ČÚZK, www.cuzk.cz), LPIS (© MZe, www.eagri.cz)

Tabulka č.9. Reprezentativní osevní postupy s hodnotou C faktoru

Reprezentativní osevní postupy za roky 2011 - 2015									
rok	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
2011	žito o.	pšenice o.	brambory	kukuřice	ječmen j.	brambory	kukuřice	GPS	průměrné C pro půdní bloky s neznámým osevním postupem
2012	kukuřice	ječmen j.	ječmen o.	ječmen j.	kukuřice	pšenice o.	ječmen j.	pšenice o.	
2013	ječmen o.	řepka o.	řepka o.	řepka o.	jetelotráva	ječmen j.	řepka o.	řepka o.	
2014	řepka o.	ječmen o.	pšenice o.	pšenice o.	řepka o.	ječmen o.	pšenice o.	jetelotráva	
2015	pšenice o.	řepka o.	brambory	kukuřice	pšenice o.	řepka o.	ječmen j.	mák setý	
průměr C	0,240	0,189	0,273	0,324	0,215	0,225	0,258	0,089	

6.1.6 G dlouhodobá průměrná ztráta půdy podle USLE

Výpočet univerzální rovnice USLE byl proveden v programu ArcGIS dosazením jednotlivých faktorů do rovnice, podrobný popis postupu je popsán v kapitole 5.3.7. Výsledná rastrová vrstva zobrazená v mapě (Obrázek č. 13) je klasifikována pro sedm tříd velikosti potenciální ztráty půdy vodní erozí v mezích: 0 – 1, 1 – 4, 4 – 10, 10 – 15, 15 – 20, 20 – 30, 30 a více [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$]. Tmavá místa na mapě odpovídají částem půdních bloků s nejvyšším potenciálním erozním smyvem. Jedná se zejména o půdní bloky č. 157, 168, 169, 123 částečně také půdních bloků č. 118 a 88. Naopak pozemky s kulturou TTP (C faktor 0,005) podle mapy C faktoru mají hodnotu potenciálního smyvu půdy vodní erozí minimální.



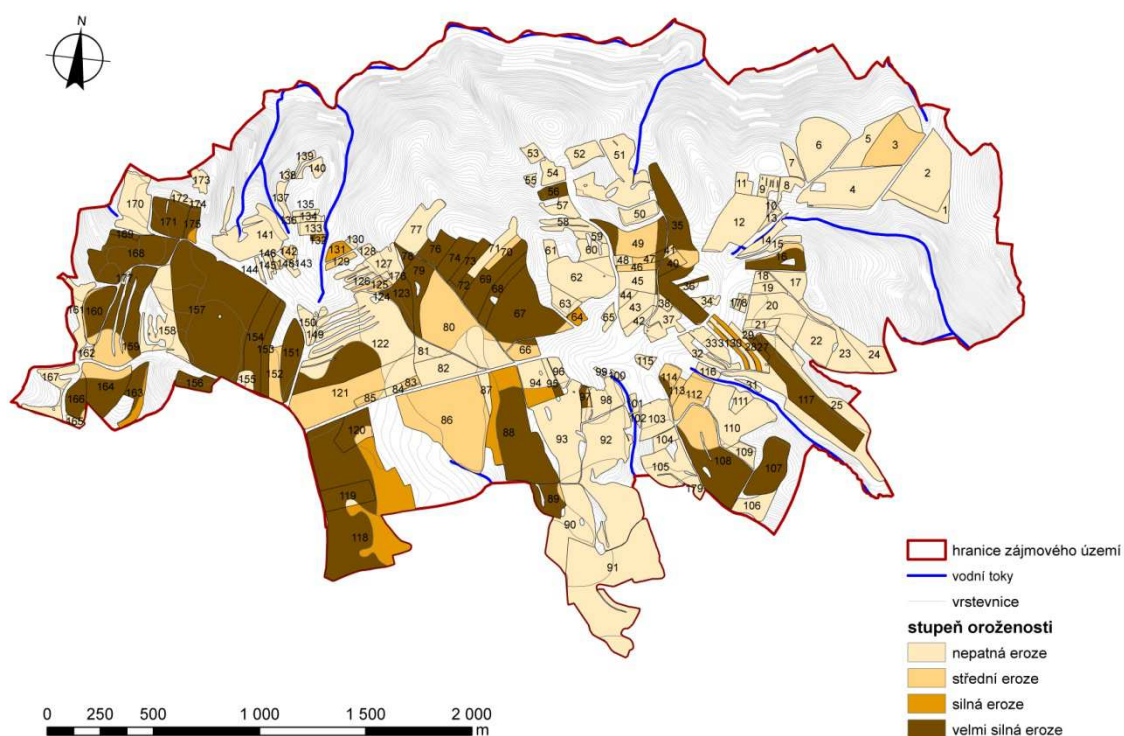
Obrázek č. 13. G průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí. Podkladové zdroje: Katastrální území - upraveno (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad), A02_Vodni_tok_JU (© VÚV TGM, v.v.i., www.dibavod.cz), ZABAGED_výškopis 3D vrstevnice (© ČÚZK, www.cuzk.cz), LPIS (© MZe, www.eagri.cz)

6.1.7 Stupeň ohroženosti půdních bloků vodní erozí

V mapě (Obrázek č. 14) stupňů ohroženosti půdních bloků (PB) vodní erozí jsou klasifikovány čtyři třídy ohroženosti: nepatrná eroze, střední eroze, silná eroze a velmi silná eroze. Mapa zohledňuje přípustnou ztrátu půdy pro půdní horizonty střední a hluboké 4 [t * ha⁻¹ * rok⁻¹], ale také pro mělké půdní horizonty 1 [t * ha⁻¹ * rok⁻¹]. V mapě je tohoto stavu docíleno zobrazením průniku vrstvy půdních bloků s vrstvou BPEJ středních půd, hlubokých půd a vrstvy BPEJ půd mělkých. Z důvodu promítnutí odlišné maximální přípustné ztráty půdy pro obě kategorie je v mapě patrný jev, kdy se na jednom PB vyskytují dva různé stupně ohroženosti. Z mapy je dobře patrné, že PB vyplněné nejsvětlejším barevným odstínem jsou nejméně ohrožené a je na nich splněna podmínka maximální přípustné ztráty půdy. Většinou se ovšem jedná o PB s kulturou TTP v zájmovém území se nachází celkem 106 PB v kultuře TTP. Z celkové výměry všech půdních bloků zapsaných v LPIS v zájmovém území zaujímá kultura TTP 190,1 ha. Tmavší a tmavé odstíny ukazují PB, nebo jejich části, kde je maximální přípustná ztráta půdy překročena. V tomto případě se tak děje prakticky výlučně na PB s kulturou orná půda. Kultura orná půda je přiřazena celkem 72 PB a z celkové výměry půdních bloků v zájmovém území zaujímá 206,0 ha. V zájmovém území zabírají mělké půdy v rámci půdních bloků zapsaných v LPIS výměru 228,7 ha. Nepatrná eroze je přítomna na 43,5 % těchto půd tj. 99,5 ha. Střední erozí je ohroženo pouze 0,9 % půd tj. 2,1 ha. Silnou erozí je ohroženo 7,8 % půd tj. 17,7 ha. Velmi silnou erozí je ohroženo 47,8 % půd tj. 109,3 ha, zde se jedná o půdní bloky v kultuře orná půda, kde průměrná dlouhodobá ztráta půdy přesahuje 3 [t * ha⁻¹ * rok⁻¹] podle stupňů ohroženosti pro mělké půdy. Hluboké půdy v zájmovém území zabírají výměru 168,2 ha půdních bloků zapsaných v LPIS. Nepatrná eroze je přítomna na 61,0 % půd tj. 102,7 ha. Střední erozí je ohroženo 19,2 % půd tj. 32,3 ha. Silnou erozí je ohroženo 7,3 % půd tj. 12,2 ha. Velmi silnou erozí je ohroženo 12,5 % půd tj. 21,0 ha. Tyto výsledky zohledňují maximální přípustnou ztrátu půdy vodní erozí 4 [t * ha⁻¹ * rok⁻¹]. Zastoupení středně hlubokých, středně hlubokých a mělkých půd spolu se stupněm ohroženosti je shrnuto na následující straně (Tabulka č. 10).

Tabulka č. 10 Souhrn výměr a procentuálního zastoupení stupňů eroze

stupeň ohroženosti	střední a hluboké půdy		mělké půdy	
	výměra [ha]	%	výměra [ha]	%
nepatrná eroze	102,7	61,0	99,6	43,5
střední eroze	32,3	19,2	2,1	0,9
silná eroze	12,2	7,3	17,7	7,8
velmi silná eroze	21,0	12,5	109,3	47,8
celkem	168,2	100	228,7	100



Obrázek č. 14. G stupeň ohroženosti půdních bloků. Podkladové zdroje: Katastrální území - upraveno (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad), A02_Vodni_tok_JU (© VÚV TGM, v.v.i., www.dibavod.cz), ZABAGED_výškopis 3D vrstevnice (© ČÚZK, www.cuzk.cz), LPIS (© MZe, www.eagri.cz)

Vysokou erozní ohroženost některých půdních bloků ovlivňuje kombinace více faktorů. Je nutné vzít v potaz nízkou hranici maximální přípustné ztráty půdy erozí na mělkých půdách, která může na určitých částech půdních bloků vytvořit kategorii ohroženosti i o dva stupně vyšší, než by tomu bylo u kategorie půd středních nebo hlubokých. Dalším faktorem určujícím nynější stav je hospodaření na půdních blocích kde je vysoká hodnota LS faktoru lze porovnat s mapou LS faktoru (Obrázek. č. 11).

Nezanedbatelnou roli hraje taky faktor C (Obrázek č. 12) tedy rozložení a skladba osevních postupů v zájmovém území. Lze říci, že hospodaření v rámci konvenčních osevních postupů bez použití agrotechnických půdoochranných technologií na půdních blocích s mělkým profilem ornice, které jsou v topograficky svažité expozici je spojeno s vyššími stupni ohroženosti půdy vodní erozí.

6.2 Návrh opatření proti vodní erozi

Návrh protierozních opatření by měl být koncipován tak, aby použitá opatření jako komplex co možná nejlépe plnila svou funkci, navzájem se doplňovala a respektovala základní požadavky a možnosti zemědělské výroby v daném území (Janeček a kol., 2012). V rámci návrhu protierozních opatření bylo pohlíženo na charakter zájmového území, které je z velké části kryto lesní půdou. Zemědělskou produkci v zájmovém území charakterizuje poměrně velké množství (přes 170) spíše menších půdních bloků registrovaných v LPIS. Největší půdní blok v zájmovém území má výměru 19,9 ha (PB č. 118). Ze všech půdních bloků, na kterých probíhá zemědělská činnost, připadá nezanedbatelná část na kulturu TTP. Trvale travní porosty jsou aplikovány z pohledu protierozní ochrany správně na nejvíce svažitých půdních blocích. Z těchto faktů vyplývá, že zbývající výměra kultury orná půda neposkytuje mnoho prostoru např. pro další zatravnění v rámci návrhu delimitace kultur, tak aby produkce a výnosy plodin místních zemědělců zůstaly zachovány a byla zajištěna jejich konkurenceschopnost. Návrh protierozních opatření se tedy opírá hlavně o agrotechnická opatření realizovaná vypracováním protierozních osevních postupů (PEOP). V těchto osevních postupech je navrženo netradiční zpracování půdy, pěstováním meziplodin, bezorebné výsevy do strniště předplodiny atd., tak aby se co nejvíce omezila doba, kdy je pozemek bez vegetačního krytu. Při návrhu PEOP byl kladen důraz na to, aby byla co nejvíce zachována skladba pěstovaných plodin v jednotlivých skupinách původních osevních postupů. V rámci organizačních opatření proti erozi byla navržena z výše popsaných důvodů pouze jedna úprava v podobě rozdělení a zatravnění části půdního bloku č. 157.

6.2.1 Protierozní osevní postupy

Při návrhu protierozních osevních postupů byl kladen důraz hlavně na zachování skladby pěstovaných, které je ekonomicky výhodné pěstovat a je pro ně na trhu zajištěn odbyt. Je zřejmé, že některé z těchto plodin jsou z pohledu protierozní ochrany nevhodné. Kombinace pěstování takovýchto plodin na půdních blocích nacházejících se ve výškově členitých expozicích, na erozně náchylných půdách může vést k nevratnému poškození těchto půd vodní erozí.

Pro návrh protierozních osevních postupů byly ve stávajících osevních postupech aplikovány změny ve způsobu agrotechniky pěstování plodin podle metodiky (Janeček a kol., 2012) a (Podhrázská, Dufková, 2005). Do PEOP jsou zahrnuty protierozní

technologie pěstování kukuřice, dále protierozní technologie pěstování obilnin a řepky ozimé. Okrajově je do PEOP zavedena také protierozní technologie pěstování brambor. K jediné změně ve skladbě pěstovaných v rámci původních osevních postupů došlo v OP č. 3, kde byly v jednom roce nahrazeny brambory jetelem. Přehled PEOP popsán níže (Tabulka č.11). C faktor po návrhu PEO je zobrazen v mapě níže (Obrázek č. 15).

Pěstební technologie snižující erozi při pěstování kukuřice obsahují metody setí do strniště s rozdrčenou a rozptýlenou slámou po sklizni obilné předplodiny na plochu půdního bloku, jde o tzv. setí širokořádkové plodiny bez předseťové úpravy. Povrch půdy může být velmi mělce prokypřen, což ulehčí výsev. Při tomto způsobu setí kukuřice je často třeba provést likvidaci výdrolu obilniny a plevelů herbicidy. Další způsob aplikovaný pro pěstování kukuřice je setí do strniště s ponechanými zbytky přezimující meziploidy (do PEOP byla jako meziplodina využita ozimá směska sklizená na zeleno), jde o velmi účinnou protierozní pěstební operaci, která ovšem předpokládá jarní likvidaci plevelů neselektivním herbicidem. U dobře zpracovatelných půd lze tento způsob výsevu provést secím strojem s kotoučovými secími botkami. Poslední využitou technologií pěstování kukuřice je výsev do mulče po vymrzlé meziploidy (jako vymrzající meziplodina do PEOP, byla použita hořčice bílá a svazenka vřatičolistá). Tento způsob má velmi dobrou protierozní účinnost a zároveň mulč z vymrzlé (mrtvé) předplodiny poutá živiny a brání jejich vyplavování. Nevýhodou tohoto způsobu může být v případě nevymrznutí meziploidy, nutnost aplikace herbicidu. Nevymrznutá předplodina může také zapříčinit nestejnou vzházení porostu v důsledku nedostatku vláhy (Janeček a kol, 2012).

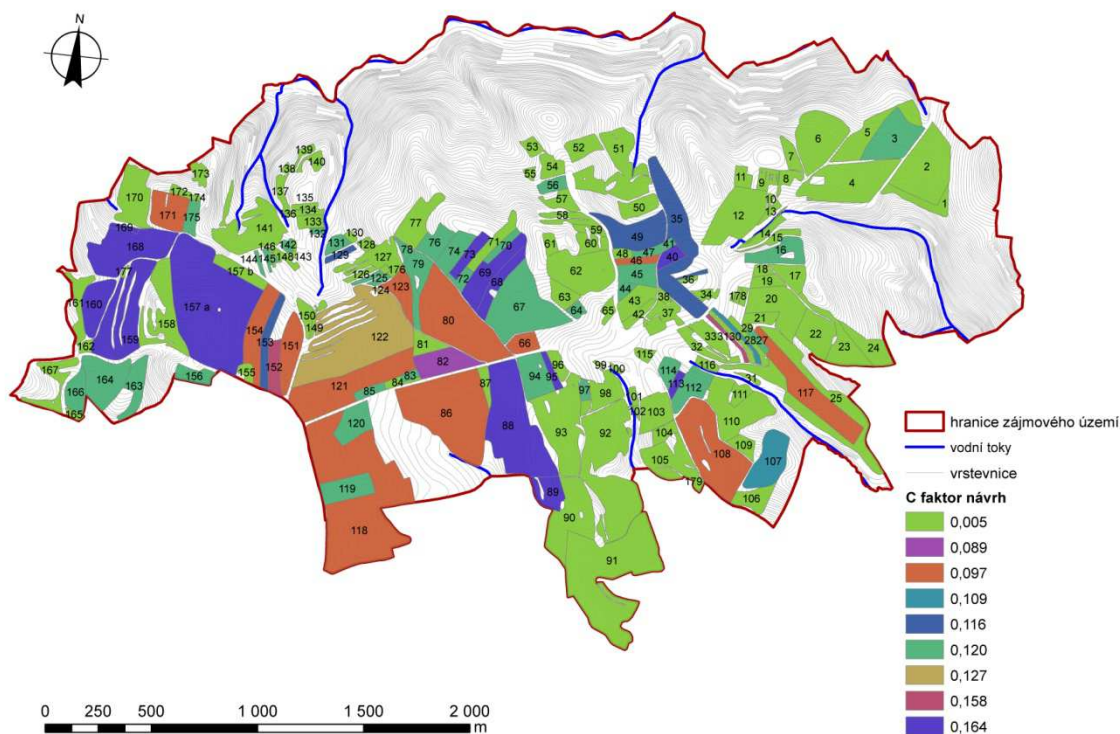
Jako protierozní technologie pěstování obilnin a řepky ozimé byly v rámci PEOP použity následující postupy. Výsev ozimé obilniny po řepce ozimé, nebo obilnině za použití mělké podmítky. Při této technologii je nutné provést podmítku s využitím kypřičů vybavených odřezávacími šípovými radličkami, tak aby maximum posklizňových zbytků předplodiny zůstalo na povrchu půdy. I u tohoto způsobu je často nutné umrtvit výdrol předplodiny herbicidy. Jako druhý způsob protierozní technologie pěstování obilnin byl použit výsev jarní obilniny po řepce, nebo obilnině s využitím strniskové meziploidy, kde je účelem zkrátit dobu kdy je půdní blok bez vegetačního krytu. Přípravu a setí meziploidy je dobré provést co nejdříve po sklizni předplodiny. Na jaře je např. ječmen jarní set do půdy, která je do určité míry kryta rostlinami.

Obvyklá je aplikace herbicidu. Setí jařiny lze provést se zapravením minerálních hnojiv pod seťové lůžko (Janeček a kol., 2012)

V PEOP bylo využito také protierozní technologie pěstování brambor. První použitá technologie počítá s tzv. hrázkováním meziřadí brambor. Postup pěstování je shodný s konvenčním způsobem s tím rozdílem, že v co nejkratším čase po výsadbě brambor se za pomoci hrázkovače provede hrázkování meziřadí. Vzniknou tedy nahrnuté hrázky zabraňující odtoku vody z deště až do velikosti srážky 35 mm. Nejvyšší účinnost má opatření na PB jejichž délka po spádnicí nepřesahuje 300 m (Novotný a kol. 2014), (Janeček a kol. 2012). Pro jeden osevní postup byla použita protierozní pěstební technologie sadby brambor do zoraného jetele.

Tabulka č.11 Přehled protierozních osevních postupů

Protierozní osevní postupy									
rok	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
2011	žito o.	pšenice o.	brambory	kukuřice	ječmen j.	brambory	kukuřice	GPS	průměrné C pro půdní bloky s neznámým osevním postupem
2012	kukuřice	ječmen j.	ječmen o.	ječmen j.	kukuřice	pšenice o.	ječmen j.	pšenice	
2013	ječmen o.	řepka o.	řepka o.	řepka o.	jetelotráva	ječmen j.	řepka o.	řepka o.	
2014	řepka o.	ječmen o.	pšenice o.	pšenice o.	řepka o.	ječmen o.	pšenice o.	jetelotráv	
2015	pšenice o.	řepka o.	jetel	kukuřice	pšenice o.	řepka o.	ječmen j.	mák setý	
Ø C	0,127	0,109	0,158	0,097	0,116	0,164	0,097	0,089	0,120
Použitá protierozní opatření	kukuřice setá do strniště a rozdrčené slámy rozptýlené na PB, orba, po ječmenu o. sláma a strniště ponechán a na PB, orba, řepka o. po sklizni orba, pšenice o. sláma a strniště ponechán o další setí bez orby pouze mělká pomítka, orba celkem 3x za OP	pšenice o. výsev meziplodiny do strniště s mělkou podmítkou, ječmen j. setí do umrtveného mulče, orba, řepka o. posklizňové zb. ponechány na PB poté orba, ječmen o. strniště ponecháno, řepka o. setí do strniště s mělkou podmítkou, orba celkem 3x za OP	brambory s hrázkováním kultivace PB bez orby, ječmen o. strniště ponecháno, orba, řepka o. podmítka, pšenice o. setí do zpodmítané půdy po sklizni ponecháno strniště a sláma na PB podzimní orba, jetel na jaře brambory sázeny do zoraného jetele orba 3x za OP	kukuřice setá do meziplodiny (ozimá smeska na zeleno), orba, ječmen j. po sklizni strniště a sl. ponechána, řepka o. mělk. podmít., orba, pšenice o. po sklizni orba a výsev vymrzající mezi plod. (hořcice), kukuřice setí do vymrznutého mulče po sklizni orba, orba 3x za OP	ječmen j. setí do str. meziplodiny (směska píce), orba, výsev přezim. meziplodiny, kukuřice setí strniště po sklizni pochány poskliz. zb. na PB, na jaře orba, jetelotrav., orba, řepka o. po skliz. str. ponecháno, pšenice o. podmítka setí, orba, výsev přezim. meziplod., orba 4x za OP	brambory hrázkování bezoreb. kultivace PB, pšenice o. str. a slám. ponech. podmít. výsev meziplod., orba, ječmen j., orba, výsev meziplod., ječmen o. podmít. výsev do str. meziplod., orba, řepka o. po skliz. zbyť. ponech. na PB výsev meziplod., jarní orba, orba 4x za OP	kukuřice setí do umrt. drnu (jílek ozimý), orba, ječmen j. po skliz. str. a slám., řepka o. podmít. setí do str., orba, pšenice o. str. ponech. výsev meziplod., ječmen j. výsev do str. meziplod., orba, výsev jíjku, orba 3x za OP	ponechán původní OP	průměr PEOP



Obrázek č. 15. C faktor po návrhu PEO. Podkladové zdroje: Katastrální území - upraveno (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad), A02_Vodni_tok_JU (© VÚV TGM, v.v.i., www.dibavod.cz), ZABAGED_výškopis 3D vrstevnice (© ČÚZK, www.cuzk.cz), LPIS (© MZe, www.eagri.cz)

6.2.2 Ochranné zatravnění

Tento druh ochrany půdy před erozí byl v zájmovém území použit pouze v jednom případě. Důvodem je potřeba zachování výměry orné půdy maximální možné míře, tak aby byla zachována možnost pěstování polních plodin a tím ekonomická udržitelnost pro hospodařící subjekty. Zatravnění, nebo zalesnění pozemků je nejúčinnější formou ochrany půdy proti vodní erozi. Tento systém ovšem není možné z pochopitelných důvodů uplatnit na veškeré orné půdě, podle Podhrázská (2009). Z hlediska vytvoření zapojeného, kvalitního vegetačního krytu je dobré preferovat výběžkaté trávy, které tvoří pevný drn a tím poskytují nejsilnější protierozní ochranu, podle Janeček a kol. (2012). Pozemky, nebo půdní bloky nemusejí být zatravněny jako celek, ale je možné je rozdělit a zatravnit pouze jednotlivé díly. V zájmovém území bylo navrženo zatravnění na půdním bloku č. 157. Tento půdní blok původně o výměře 19,42 ha byl rozdělen na dva půdní bloky s označením 157 a (18,02 ha) a 157 b (1,40 ha). Menší půdní blok byl vyčleněn v podobě obdélníkového tvaru v šířce cca 45 m od paty

půdního bloku ve směru stoupání a je určen k zatravnění. Situace je patrná na mapě C faktoru po návrhu PEO (Obrázek č. 15), na které je půdní blok 157 rozdělen. Tento krok byl navržen hlavně s ohledem na velkou hodnotu průměrné dlouhodobé ztráty půdy v této části půdního bloku (Obrázek č. 13). Vzhledem k tomu, že se půdní blok č. 157 nachází blízko intrvilánu obce je toto opatření žádoucí i z pohledu zamezení možnosti transportu erodované půdy z půdního bloku směrem do intravilánu obce během výskytu extrémních srážkových jevů.

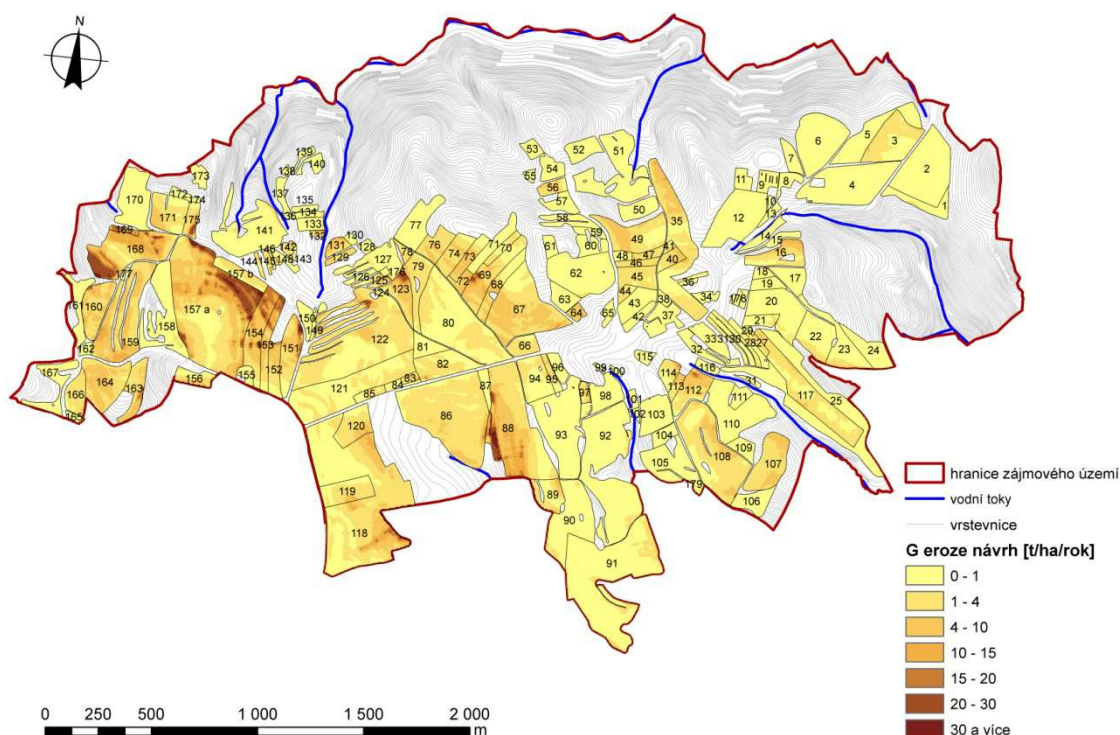
V návrhu protierozních opatření není navržen žádný druh technického protierozního opatření (TPEO). Hlavním důvodem je, že se jedná o finančně nejnáročnější způsob realizace protierozních opatření. Ve většině případů je nutno vypracovat projektovou dokumentaci, značné náklady sebou nese i samotná stavba takovýchto opatření. Tato opatření ovšem nepředchází erozi přímo v místě jejího vzniku, nýbrž povětšinou tlumí její následky vzhledem k prostoru nacházejícím výškově pod tímto TPEO. Optimální návrh prostorového rozmístění liniových TPEO by mělo dojít ke snížení hodnoty faktoru délky svahu L , podle Janeček a kol. (2012). Technické prvky není možno navrhovat izolovaně a předpokládat, že jen ony vyřeší PEO daného území. Je vždy nutné je doplnit vhodnými organizačními a agrotechnickými protierozními opatřeními, podle Podhrázská (2009).

6.3 Stav eroze po návrhu PEO

Po navržení protierozních opatření došlo k zásadnímu snížení vlivu vodní eroze v ukazateli průměrné dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí i v ukazateli erozní ohroženosti jednotlivých půdních bloků. Účinnost navržených protierozních opatření se potvrdila, jak ukazuje mapa průměrné dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí po návrhu PEO (Obrázek č.16) a mapa stupně ohroženosti půdních bloků po návrhu PEO (Obrázek č. 17.)

6.3.1 G dlouhodobá průměrná ztráta půdy po návrhu PEO

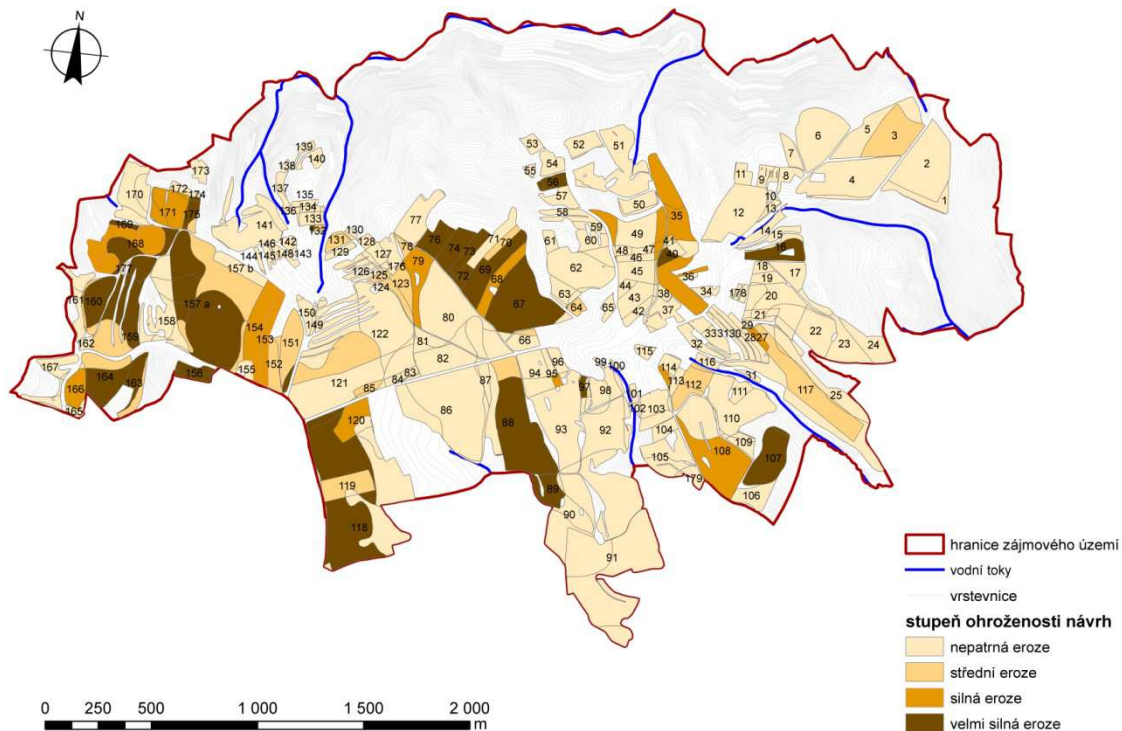
V mapě znázorňující dlouhodobou průměrnou ztrátu půdy po návrhu PEO (Obrázek č. 16) je patrný úbytek tmavé barvy znázorňující nejvyšší hodnoty erozního smyvu oproti dosavadnímu stavu (Obrázek č. 13). Rastrová vrstva tvořící podklad této mapy byla vytvořena totožným způsobem jako mapa stávajícího stavu dlouhodobé průměrné ztráty půdy s tím rozdílem že do rovnice USLE byla dosazena vektorová vrstva faktoru C po návrhu PEO.



Obrázek č. 16. G průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí po návrhu PEO. Podkladové zdroje: Katastrální území - upraveno (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad), A02_Vodni_tok_JU (© VÚV TGM, v.v.i.,

6.3.2 Stupeň ohroženosti půdních bloků vodní erozí po návrhu PEO

Stupně erozní ohroženosti po návrhu PEO jsou v mapě (Obrázek č. 17) znázorněny rastrovou vrstvou ohroženosti PB po návrhu PEO. Z mapy je patrné zásadní snížení ohroženosti půdních bloků vodní erozí, porovnání je možné provést se stavem před návrhem PEO (Obrázek č. 14). Na některých půdních blocích, nebo jejich částech (v závislosti na tom jestli se jedná o mělké nebo středně hluboké, hluboké půdy) se erozní ohroženost snížila i o dva stupně. Jako příklad lze uvést PB č. 123, který před návrhem PEO spadl do nejvyššího stupně erozní ohroženosti a po návrhu spadá do kategorie střední eroze. Stejný efekt mají PEO i na PB č. 117. Tmavá barva, která značí velmi silné erozní ohrožení, se v mapě nadále vyskytuje. Je to způsobeno tím, že hranice tohoto stupně ohroženosti je u mělkých půd stanovena na $3 [t * ha^{-1} * rok^{-1}]$. To znamená, že i když byly na tyto PB aplikovány protierozní osevní postupy a v mnohých případech došlo v absolutních číslech ke snížení průměrné dlouhodobé ztráty půdy o několik tun na hektar za rok, zůstávají tyto půdní bloky, nebo jejich části v nejvyšším stupni ohroženosti. Naproti tomu u půd středně hlubokých a hlubokých, kde je hranice nevyššího stupně ohroženosti stanovena na $12 [t * ha^{-1} * rok^{-1}]$, znamená toto snížení dlouhodobé ztráty půdy zlepšení ohroženosti právě i o dva stupně. Po návrhu PEO je zastoupení stupňů erozní ohroženosti v zájmovém území následující. Na mělkých půdách v rámci půdních bloků zapsaných v LPIS je nepatrná eroze přítomna na 114,0 ha tj. 49,9 % jejich celkové výměry. Střední erozí je ohroženo 18,5 ha tj. 8,1 % mělkých půd. Silnou erozí je ohroženo 24,4 ha tj. 10,7 % mělkých půd. Velmi silnou erozí je ohroženo 71,8 ha tj. 31,4 % mělkých půd. Na středně hlubokých a hlubokých půdách je nepatrná eroze přítomna na 137,6 ha tj. 81,8 % jejich celkové výměry. Střední erozí je ohroženo 21,1 ha půd tj. 12,5 %. Silnou erozí je ohroženo 9,2 ha půd tj. 5,5 %. Velmi silnou erozí je po návrhu PEO ohroženo pouze 0,3 ha tj. 0,2 % hlubokých a středně hlubokých půd. Tyto výsledky protierozních opatření jsou shrnuty v tabulce (Tabulka č. 12) srovnání před návrhem a po návrhu PEO.



Obrázek č. 17. G stupeň ohroženosti půdních bloků po návrhu PEO. Podkladové zdroje: Katastrální území - upraveno (© ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřický úřad a Český statistický úřad), A02_Vodni_tok_JU (© VÚV TGM, v.v.i., www.dibavod.cz), ZABAGED_výškopis 3D vrstevnice (© ČÚZK, www.cuzk.cz), LPIS (© MZe, www.eagri.cz)

Tabulka č.12 Srovnání stavu erozní ohroženosti v porovnání výměr a procentuálního zastoupení před a po návrhu PEO.

	současný stav				stav po návrhu PEO			
	střední a hluboké půdy		mělké půdy		střední a hluboké půdy		mělké půdy	
stupeň ohroženosti	výměra [ha]	%	výměra [ha]	%	výměra [ha]	%	výměra [ha]	%
nepatrná eroze	102,7	61,0	99,6	43,5	137,6	81,8	114,0	49,9
střední eroze	32,3	19,2	2,1	0,9	21,1	12,5	18,5	8,1
silná eroze	12,2	7,3	17,7	7,8	9,2	5,5	24,4	10,7
velmi silná eroze	21,0	12,5	109,3	47,8	0,3	0,2	71,8	31,4
celkem	168,2	100	228,7	100	168,2	100	228,7	100

Protierozní opatření navržená převážně v podobě zavedení protierozních osevních postupů dle výsledků přineslo citelné zlepšení stavu erozní ohroženosti půdních bloků

v zájmovém území. Aplikované změny ve způsobu agrotechniky pěstování plodin mají podle Janeček a kol. (2012) za cíl hlavně co nejvíce zkrátit čas, kdy je půda bez vegetačního pokryvu. V navržených osevních postupech je využíváno posklizňových zbytků, výsevu přezimujících i vymrzajících meziplodin. Vícekrát je využito i strniskových meziplodin. Meziplodiny se podílejí na zlepšování struktury ornice, prokypřují i spodnější vrstvy a tak snižují možnost dalšího postupného zhutňování půdy. Jejich význam také spočívá ve využití dešťových srážek v mezíporostním období pro tvorbu biomasy, v ochraně proti smyvu, ztrátovému odtoku vody a ochraně půdy proti vodní i větrné erozi ve srovnání s půdou bez rostlinného pokryvu. Působí také jako přerušovače obilních sledů, mohou zajišťovat přísun organické hmoty do půdy a působit proti jejímu zaplevelení jak uvádí Vach a kol. (2009). Do osevních postupů byly vedle konvenčních způsobů zpracování půdy (orba) zařazeny i tzv. „minimalizační technologie“. Tyto postupy zahrnují kypření půdy do malé hloubky, mělkou podmínku, setí do půdy s ponechanými zbytky předplodiny, nebo meziplodiny, která kryje alespoň 30 % povrchu půdy. Do těchto technologií lze zařadit i přímé setí do nezpracované půdy speciálními secími stroji podle Hůla a kol. (2010).

7 ZÁVĚR

Protierozní ochrana zemědělské půdy tvoří nedílnou složku ochrany životního prostředí a je současně stabilizačním faktorem zemědělské výroby. Eroze v určitých podmínkách přirozeným procesem a nelze ji zcela zastavit. V oblasti zemědělství by ovšem mělo být vyvíjeno co nejvyšší úsilí pro redukci její zrychlené formy důsledným uplatňováním preventivních protierozních opatření, jak uvádí Hůla a kol. (2010).

V rámci této práce je definována eroze v širším kontextu zemědělství a zemědělské výroby ve světě i v České republice. Literární přehled popisuje hlavní erozní problémy spjaté se zemědělskými půdami. Rozebírá příčiny vzniku vodní eroze, její dopady i možnosti a nástroje řešení erozních problémů. Jako hlavní cíl práce bylo stanoveno zhodnocení erozní ohroženosti zemědělských půd v katastrálním území Bor u Nedvědice a katastrálním území Sejřek s využitím programu ArcGIS. V návaznosti na zjištění dosavadního stavu erozní ohroženosti navrhnout vhodná protierozní opatření v souladu s charakterem daného území a specifiky místní zemědělské výroby včetně vytvoření mapové dokumentace odrážející stávající stav eroze a stav po návrhu PEO.

Zájmové území se nachází na hranici Jihomoravského kraje a Vysočiny svými hranicemi spadá do okresu Žďár nad Sázavou. Svojí polohou nespadá do zemědělsky zvláště intenzivně využívaných území. Zemědělská půda tvoří v zájmovém území přibližně 55 % jeho výměry. Na základě těchto skutečností je možné předpokládat, že erozní ohrožení na zemědělské půdě nebude tak velké jako je tomu např. na jižní Moravě, kde je intenzita a tudíž procento zornění katastrálních území mnohem vyšší. V tomto kontextu je, ale nutné zmínit faktory jako je značná výšková členitost území spojená s hospodařením na svažitéch půdních blocích a přítomnost půd méně vhodných k zemědělskému využití včetně půd s mělce vyvinutou vrstvou ornice. Z tohoto důvodu je nutné věnovat pozornost protierozní ochraně i v podobných podmínkách.

Půdní bloky v zájmovém území zapsané v LPIS jako orná půda a TTP mají celkovou výměru necelých 397 ha. Z toho leží 57,6 % této výměry na mělkých půdách, zbylých 42,4 % leží na půdách středně hlubokých, nebo hlubokých. Přísnější hranice maximální povolené ztráty půdy erozí na mělkých půdách je jednou z hlavních příčin toho, že se na území v současnosti hospodaří na přibližně 130 ha velmi silně ohrožené půdy, to představuje asi 33% celkového součtu orné půdy a TTP v LPIS. Naopak nepatrná eroze se vyskytuje na 202 ha, to představuje asi 51 % celkové výměry orné půdy a TTP. Celkový stav erozní ohroženosti území není dle mého názoru zcela kritický díky poměrně velkému zastoupení TTP. Pěstování polních plodin na mělkých a svažitéch půdách ovšem znamená vysoké erozní ohrožení.

Po návrhu protierozních opatření poklesla výměra půdy ve stupni velmi silné ohroženosti erozí ze 130 ha na 72 ha tj. 18 % z celkové výměry orné půdy a TTP. Součet ploch s nepatrným stupněm erozní ohroženosti narostl z 202 na 252 ha, to znamená podíl 63 % nepatrně ohrožené půdy z celkové výměry. Zbylé procentní body jsou rozděleny mezi střední stupeň ohroženosti erozí 10 % z celkové výměry a 9 % ve stupni silné erozní ohroženosti. Tyto výsledky dokladují účinnost navržených protierozních opatření. I když po návrhu PEO nedošlo k úplnému vymizení nejvyššího erozního ohrožení na některých částech půdních bloků (Obrázek č. 18), byla zde snížena průměrná dlouhodobá ztráta půdy (Obrázek č. 17) oproti původnímu stavu (Obrázek č. 14). Použité ochranné zatravnění na části PB č. 157 (Obrázek č. 17 a č. 18) má za úkol zpomalit povrchový odtok a udržet případnou erodovanou půdu na PB. Tím bude zajištěna ochrana před vniknutím splavenin do intravilánu obce.

Podle Podhrázská, Dufková (2005) by bylo nejlepších výsledků z pohledu protierozní ochrany možné docílit rozšiřováním ploch TTP. Pro zajištění pokračování produkce polních plodin je ovšem nezbytné pokračování v obdělávání i méně vhodných půd a PB. Na značném množství PB je vypočten průměrný sklon mezi 10 až 15 %. Jak uvádí Podhrázská (2009) je žádoucí na svazích s tímto průměrným sklonem pěstovat pouze úzkořádkové plodiny, k nimž se volí s ohledem na délku svahu a výskyt drah soustředěného odtoku vhodná agrotechnická opatření. Vzhledem k podmínkám v zájmovém území by ale takovéto zásahy mohli mít neblahé ekonomické následky pro místní zemědělce. I po návrhu protierozních opatření platí, že musejí být aplikována takovým způsobem, aby byla zachována produkce ekonomicky výhodných plodin. Použitá agrotechnická opatření v rámci osevních postupů musejí být aplikována na základě dobré znalosti místních podmínek, kterou mají právě místní zemědělci. Použití některých navržených postupů sebou samozřejmě nese i nároky na speciální zemědělské mechanizace, např. pro hrázkování meziřadí brambor. Z toho plyne, že není možné začít tyto postupy aplikovat skokově. Spíše musejí být v rámci dalších let zemědělci testovány, tak aby bylo dosaženo optimálního poměru mezi jejich dobrou protierozní účinností a zachováním výnosů zemědělských plodin. Také návratnost finančních prostředků vynakládaných na protierozní opatření nelze očekávat hlavně v prvních letech po jejich zavedení (např. ve formě zvýšení výnosů pěstovaných plodin) jak uvádí Hůla a kol (2010).

Přítomnost půdy je pro existenci člověka, ale i pro většinu živé přírody kolem nás nenahraditelná. Je tedy nutné začít vnímat půdu jako téměř neobnovitelný zdroj a podle toho se při jejím využívání a zacházení s ní chovat. Zvyšující se antropogenní tlak na půdu znamená její postupnou degradaci, která zahrnuje i erozi. V tomto ohledu je důležité, aby byla podniknuta opatření na podporu zachování půdy na úrovni států, ale i samotnými zemědělci, kteří přicházejí do styku s půdou nejčastěji a mají možnost její vlastnosti ovlivňovat. Musíme pamatovat na to, že půda neživí pouze nás současné obyvatelé Země, ale bude tuto funkci muset vykonávat i pro generace po nás.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

BATYSTA, M. a kol.: *Pozemkové úpravy – Nástroj pro udržitelný rozvoj venkovského prostoru*. Praha: Státní pozemkový úřad, 2014 – 5. doplněné vydání, 50 s.

CULEK, M. a kol.: *Biogeografické regiony České republiky*. Brno: Masarykova univerzita, 2013 – 1.vydání, 448 s. ISBN 978-80-210-6693-9

DUFKOVÁ, J., TOMAN, F., ŠŤASTNÁ, M.: *Comparison of methods for determination of soil erodibility factor K*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2005, LIII, No. 5, pp. 197–206.

DUMBROVSKÝ, M: *Geografické informační systémy. MODUL CS02. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2009, 141 s.

HLADKÝ, J., NOVOTNÁ, J., ELBL, J., KYNICKÝ, J., JUŘIČKA, D., NOVOTNÁ, J., BRTNICKÝ, M., 2016. Impacts of Water Erosion on Soil Physical Properties. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 64(5): 1523–1527. Dostupné z URL:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/resultsadvanced?sid=bf6076f1-3d9a-4009-a9d1-db5a98283dc3%40sessionmgr4009&vid=2&hid=4212&bquery=water+erosion&bdata=JmRiPWU1aCZsYW5nPWZzJnR5cGU9MSZzaXRIPWVob3N0LWxpdmU%3d>

HOLÝ, M.: *Eroze a životní prostředí*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 1994 – I. vydání, 383 s. ISBN 80-01-01078-3

HOLÝ, M.: *Protierozní ochrana*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1978, 283 s.

HOMOLÁČOVÁ, J.: *Metodický návrh k provádění pozemkových úprav (aktualizovaná verze k 1.1.2016)*. Praha: Státní pozemkový úřad, 2015, 127 s.

HŮLA, J. a kol.: *Agrotechnická protierozní opatření*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2003, 48 s. ISSN 1211-3972

HŮLA, J. a kol.: *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 2010, 60 s. ISBN 978-80-86884-53-0

JANEČEK, M. a Kol.: *Ochrana zemědělské půdy před erozí – Metodika*. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha, 2012, 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9

JANEČEK, M. a kol. : *Základy erodologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008 – I. vydání. 172 s.

JENÍČEK, V., FOLTÝN, J.: *Globální problémy světa – v ekonomických souvislostech*. Praha: C.H. Beck, 2010 – I. vydání. 324 s.

MAŠÍČEK, T., ŽDÍMAL, V.: *Inovace předmětu „Počítačové projektování“ – praktické využití GIS při řešení hydrologických analýz*. Metodické pracovní listy. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014, 134 s.

MOLDAN, B.: *Podmaněná planeta*. Praha: Karlova univerzita v Praze, Nakladatelství Karolinum, 2015 – II. vydání. 497 s.

MORGAN R.P.C.: *Soil erosion and conservation*. National Soil Resources Institute, Cranfield University: 2005 by Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing company, 3rd. edition, 316 s.

NOVOTNÝ, I a kol.: *Příručka ochrany proti vodní erozi*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014. 58 s. ISBN 978-80-7084-996-5

PODHRÁZSKÁ, J., DUFKOVÁ, J.: *Protierozní ochrana půdy*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005 - 1. vyd, 95 s. ISBN 80-7157-856-8.

PODHRÁZSKÁ, J.: *Protierozní ochranná opatření v zemědělské krajině*. Projekt: „Vzdělávání podnikatelů v zemědělství, lesnictví a potravinářství na modelových lokalitách“ MAS Moravský kras, Program rozvoje venkova, 2008 – 2009, 49 s.

PODHRÁZSKÁ, J. a kol.: *Systém analýzy území a návrhu opatření k ochraně půdy a vody v krajině – podklad pro územní plánování a pozemkové úpravy*. Brno: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. oddělení pozemkové úpravy a využití krajiny, 2014, 51 s. ISBN 978-80-87361-27-6

STEHLÍK, O.: *Vývoj eroze půdy v ČR – svazek 72 z edice Studia geographica*. Brno: Geografický ústav ČSAV Brno, 1981. 37 s.

ŠARAPATKA, B.: DLAPA, P., BEDRNA, Z.: *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002, 246 s.

ŠVEHLA, F., VAŇOUS, M.: *Pozemkové úpravy*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 1995, 146 s. ISBN 80-01-01277-8

TOMAN, F.: *Pozemkové úpravy*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995 – I. vydání. 144 s.

VACH M. a kol.: *Pěstování strniskových meziplodin – Metodika pro praxi*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2009, 36 s. ISBN 978-80-7427-009-3

VAN – CAMP, L. et al. *Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection*. EUR 21319 EN/2, 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2004.

VAŠKŮ, Z.: *Půda je naším největším bohatstvím*. Praha: publikováno v periodiku *Vesmír* 83, prosinec 2004. strana 684.

VLASÁK, J.: BARTOŠKOVÁ, K.: *Pozemkové úpravy*. Praha: ČVUT v Praze, 2007 – I. vydání. 168 s.

Legislativní zdroje:

EU: Směrnice evropského parlamentu a rady *o zřízení rámce pro ochranu půdy a o změně směrnice 2004/35/ES*. Brusel: 2006. (2006/0086(COD))

VYHLÁŠKA MZe: *Vyhláška č. 327/1998 Sb. Ministerstva zemědělství, kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci*. Dostupné z URL:

http://eagri.cz/public/web/ws_content?contentKind=regulation§ion=1&id=47056&name=327/1998

Zákon č. 114/1992 Sb. *o ochraně přírody a krajiny*. Sbírka zákonů České republiky. 2010, částka 5. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra. ISSN 1211-1244

Zákon č. 334/1992 Sb. *o ochraně zemědělského půdního fondu. ASPI* [právní informační systém]. Praha: Wolters Kluwer ČR [cit. 28-03-2017]. Dostupné také z: <https://www.epravo.cz/vyhledavani-aspi/?Id=40058&Section=1&IdPara=1&ParaC=2>

Zákon č. 139/2002 Sb. *o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech*. [online]. [cit. 01-04-2017]. Dostupné z URL: <http://eagri.cz/public/web/mze/venkov/archiv/pozemkove-upravy/legislativa/uplna-zneni-vybranych-predpisu/zakon-2002-139-viceoblasti.html>

Internetové zdroje:

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA: Mapový portál. *Půdní mapa 1: 50 000*. [online]. [cit. 09-04-2017]. Dostupné z URL: <https://mapy.geology.cz/pudy/>

ČÚZK: Mapový portál. *Českého úřadu zeměměřického a katastrálního*. [online]. [cit. 09-04-2017]. Dostupné z URL: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=747131&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>

ČÚZK: Nahlížení do katastru nemovitostí. *Český úřad zeměměřický a katastrální*. [online]. [cit. 11-04-2017]. Dostupné z URL: <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/VyberKatastrInfo.aspx>

DAVE FAVIS-MORTOLOCK: Webová stránka. *Dr. Dave Favis – Mortolock (Environmental Change Institute, Oxford University Centre for the Environment)* [online]. [cit. 02-04-2014]. Dostupné z URL: <http://soilerosion.net/doc/on-site.html>

eAGRI: Informační portál. *Ministerstva zemědělství ČR*. Dokument – Zásady správné zemědělské praxe při hospodaření s půdou. [online]. [cit. 31-03-2017]. Dostupné z URL: http://eagri.cz/public/web/file/507841/ZASADY_SPRAVNE_ZEMEDELSKE_PRAXE_PRI_HOSPODARENI_S_PUDOU.pdf

eAGRI: Informační portál. *Ministerstva zemědělství ČR*. Dotace – Cross Compliance. [online]. [cit. 31-03-2017]. Dostupné z URL: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/>

- KASAL, P.: Článek na webu Agromanual.cz. *Nová půdoochranná opatření při pěstování brambor*. [online]. [cit. 08-04-2017]. Dostupné z URL: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/nova-pudoochranna-opatreni-pri-pestovani-brambor>
- MIKROREGION PERNŠTEJN: Webová stránka. *Mikroregionu Pernštejn*. [online]. [cit. 09-04-2017]. Dostupné z URL: <http://www.pernstejnsko.cz/historie-mikroregionu-pernstejn/>
- MZP: Informační portál. *Ministerstva životního prostředí ČR*. [online]. [cit. 27-03-2017]. Dostupné z URL: http://www.mzp.cz/cz/ochrana_pudy
- NRCS – USDA: Informační portál. *Natural Resources Conservation Service (United States Department of Agriculture)*. [online]. [cit. 27-03-2017]. Dostupné z URL: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/worldsoils/?cid=nrcs142p2_054006
- RENARD, K.G. et al.: *Universal Soil Loss Equation and Revised Universal Soil Loss Equation* (2010). [online]. [cit.13-04-2017]. Dostupné z URL: <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=58893126eeae39582825808b&assetKey=AS%3A454556078350336%401485386022490>.
- SZIF: Státní zemědělský intervenční fond. *Informace pro žadatele – SZP 2016*. [online]. [cit. 28-03-2017]. Dostupné z URL: <https://www.szif.cz/cs/szif-poskytuje>
- VRBA, V., HULEŠ, L.: Biom.cz. *Humus - půda - rostlina (2) Humus a půda*. [online] 2006-11-14. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z URL: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>. ISSN: 1801-2655
- VÚMOP: Informační portál. *Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Monitoring eroze zemědělské půdy – metodický postup pro Monitoring eroze zemědělské půdy*. [online]. [cit. 31-03-2017]. Dostupné z URL: <http://me.vumop.cz/mapserv/monitor/postup.php>
- VÚMOP: *Protierozní kalkulačka*. [online]. [cit. 05-04-2017]. Dostupné z URL: <http://kalkulacka.vumop.cz/?core=account>

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK:

Seznam obrázků:

- Obrázek č. 1. Zranitelnost půd vodní erozí podle NRCS
- Obrázek č. 2. Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí
- Obrázek č. 3. Alokace financí pro PRV období 2014 – 2020
- Obrázek č. 4. Schéma řešení erozní události
- Obrázek č. 5. Přerušovaný vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku společně s hrázkováním
- Obrázek č. 6. Lokalizace zájmového území
- Obrázek č. 7. Mapa Sklonitosti.
- Obrázek č. 8. Průměrný sklon jednotlivých půdních bloků.
- Obrázek č. 9. Průměrný sklon jednotlivých půdních bloků
- Obrázek č. 10. K faktor
- Obrázek č. 11. LS faktor
- Obrázek č. 12. C faktor
- Obrázek č. 13. G průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí
- Obrázek č. 14. G stupeň ohroženosti půdních bloků
- Obrázek č. 15. C faktor po návrhu PEO
- Obrázek č. 16. G průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí po návrhu PEO
- Obrázek č. 17. G stupeň ohroženosti půdních bloků po návrhu PEO

Seznam tabulek:

- Tabulka č. 1. Váhový koeficient pro plochy využívané v ekologickém zájmu
- Tabulka č. 2. Specifikace forem projevů eroze.
- Tabulka č. 3 Maximální přípustné délky svahů ve směru odtoku pro širokořádkové plodiny
- Tabulka č. 4 Rozdělení pozemků podle způsobu využití.
- Tabulka č. 5. R faktor v měsících vegetačního období na území ČR
- Tabulka č. 6. K faktor podle HPJ v zájmovém území
- Tabulka č. 7. Hodnoty P faktoru pro některá protierozní opatření
- Tabulka č. 8. Stupně erozního ohrožení
- Tabulka č. 9. Reprezentativní osevní postupy s hodnotou C faktoru
- Tabulka č. 10. Souhrn výměr a procentuálního zastoupení stupňů eroze
- Tabulka č. 11. Přehled protierozních osevních postupů
- Tabulka č. 12. Srovnání stavu erozní ohroženosti v porovnání výměr a procentuálního zastoupení před a po návrhu PEO.