



**Stanovení ztráty půdy erozí a návrh protierozních
opatření**
Diplomová práce

Vedoucí práce:

doc. Ing. Jana Kozlovská Dufková, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Monika Fischerová

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Stanovení ztráty půdy erozí a návrh protierozních opatření vypracovala 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 *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, 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

Ráda bych tímto poděkovala všem lidem, kteří mi pomáhali při zpracování této práce. Jedná se zejména o vedoucí práce, doc. Ing. Janu Kozlovsky Dufkovou, Ph.D., která byla velmi vstřícná, ochotná, trpělivá a odborně vedla mou práci.

Také chci poděkovat Janu Veselému, agronomovi ze zemědělského družstva ZEČI, spol. s.r.o., za jeho ochotu poskytnout mi potřebné informace. Velké díky patří i ČÚZK a VÚMOP, v. v. i. za poskytnutí mapových podkladů.

V neposlední řadě chci poděkovat i své rodině za podporu při tvorbě práce.

Abstrakt

Úkolem diplomové práce na téma „Stanovení ztráty půdy erozí a návrh protierozních opatření“ je nejprve obecně popsat, co je eroze půdy a jaká mohou být protierozní opatření. Dále se pak práce zaměřuje na výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí a ztrátu půdy z přívalového deště na vybraném povodí. Na tyto kroky navazuje vlastní návrh protierozních opatření. Opatření mají za úkol snížit zjištěnou ztrátu půdy v daném povodí. Povodí, na kterém je eroze stanovena, je povodím potoku Pradlenka.

Klíčová slova

eroze, vodní eroze, protierozní opatření, USLE, MUSLE, povodí, potok Pradlenka, obec Horní Bojanovice

Abstract

The task of the master's thesis on the topic of "The determination of the loss of the soil erosion and the draft erosion control measures" is the first to describe in general what is soil erosion and erosion control measures, what they may be. Then the work focuses on the calculation of the average long-term loss of soil erosion and loss of soil from torrential rain on the selected watersheds. These steps follows its own draft anti-erosion measures. The measures are designed to reduce the loss of soil found in the basin. The water catchment area, which is the erosion of the watershed is determined, the stream Pradlenka.

Key words

erosion, water erosion, erosion control measures, USLE, MUSLE, water catchment area, stream Pradlenka, village Horní Bojanovice

1	ÚVOD	10
2	LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
2.1	Eroze	11
2.1.1	Vysvětlení pojmu eroze	11
2.1.2	Třídění eroze	11
2.1.2.1	Dle intenzity	11
2.1.2.2	Dle činitelů	12
2.2	Vodní eroze	12
2.3	Faktory ovlivňující mechanismus erozních procesů	13
2.3.1	Geologický faktor	14
2.3.2	Půdní faktor.....	14
2.3.3	Morfologický faktor.....	15
2.3.4	Klimaticko-hydrologický faktor	15
2.3.5	Vegetační faktor.....	16
2.3.6	Hospodářsko-technický faktor.....	16
2.4	Opatření proti vodní erozi	17
2.4.1	Organizační opatření.....	17
2.4.1.1	Tvar a velikost pozemku	17
2.4.1.2	Protierozní osevňovací postupy	17
2.4.1.3	Pásové střídání plodin.....	18
2.4.1.4	Ochranné zatravnění	18
2.4.1.5	Ochranné zalesnění.....	18
2.4.1.6	Protierozní směr výsadby (ve speciálních kulturách).....	19
2.4.2	Agrotechnická opatření.....	19
2.4.2.1	Opatření na orné půdě	19
2.4.2.2	Opatření ve speciálních kulturách	20

2.4.3	Technická opatření.....	21
2.4.3.1	Terasy	21
2.4.3.2	Zasakovací pásy.....	21
2.4.3.3	Asanace drah soustředěného povrchového odtoku.....	22
2.4.3.4	Asanace výmolů a strží.....	22
2.4.3.5	Terénní urovnávky.....	23
2.4.3.6	Protierozní meze	23
2.4.3.7	Protierozní cesty	23
2.4.3.8	Manipulační pásy.....	23
2.4.3.9	Protierozní průlehy	24
2.4.3.10	Protierozní příkopy	25
2.4.3.11	Protierozní hrázky	25
2.4.3.12	Protierozní nádrže.....	26
3	CÍL PRÁCE	27
4	MATERIÁL A METODIKA.....	28
4.1	Charakteristika vybraného území.....	28
4.1.1	Geomorfologie území	28
4.1.2	Geologické podmínky.....	29
4.1.3	Pedologické podmínky	29
4.1.4	Klimatické podmínky	30
4.1.5	Hydrologické podmínky	30
4.1.6	Hospodaření v oblasti	31
4.2	Stanovení ohroženosti půdy vodní erozí	31
4.2.1	Výpočet průměrné dlouhodobé ztráty (USLE).....	31
4.2.1.1	Průměrná dlouhodobá ztráta půdy G.....	33
4.2.1.2	Faktor erozní účinnosti dešťů R	34
4.2.1.3	Faktor erodovatelnosti půdy K	34

4.2.1.4	Faktor délky svahu L	35
4.2.1.5	Faktor sklonu svahu S	35
4.2.1.6	Topografický faktor LS	36
4.2.1.7	Faktor ochranného vlivu vegetace C	36
4.2.1.8	Faktor účinnosti protierozních opatření P	38
4.2.2	Ztráta půdy z přívalového deště	38
4.2.2.1	Objem přímého odtoku O_{PH}	38
4.2.2.2	Kulminační průtok Q_{PH}	39
4.2.2.3	Faktor erodovatelnosti půdy K	42
4.2.2.4	Topografický faktor LS	42
4.2.2.5	Faktor ochranného vlivu vegetace C	43
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	44
5.1	Výpočet faktoru R	44
5.2	Výpočet faktoru K	44
5.3	Výpočet faktoru LS	45
5.3.1	Výpočet faktoru L	45
5.3.2	Výpočet faktoru S	45
5.4	Výpočet faktoru C	47
5.5	Výpočet faktoru P	48
5.6	Průměrná dlouhodobá ztráta půdy	48
5.7	Návrh protierozních opatření	49
5.7.1	Organizační opatření	49
5.7.1.1	Protierozní osevní postupy	49
5.7.1.2	Ochranné zatravnění	49
5.7.2	Agrotechnická opatření	50
5.7.2.1	Konturové obdělávání půdy	50
5.7.3	Technická opatření	50

5.7.3.1	Protierozní průlehy	50
5.8	Průměrná dlouhodobá ztráta půdy po návrhu PEO	51
5.9	Transport splavenin	52
5.9.1	Čísla odtokových křivek	52
5.9.2	Objem přímého odtoku O_{pH} a $O_{pH'}$	54
5.9.3	Kulminační průtok Q_{pH} a $Q_{pH'}$	54
5.9.4	Průměrná hodnota faktoru K pro celé povodí.....	56
5.9.5	Průměrná hodnota faktoru C a C' pro celé povodí	56
5.9.6	Průměrná hodnota faktoru LS pro celé povodí.....	57
5.9.7	Průměrná hodnota faktoru P a P' pro celé povodí	58
5.9.8	Výsledný transport splavenin G a G'	58
6	ZÁVĚR	60
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	61
8	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A ZKRATEK	65
8.1	Obrázky	65
8.2	Tabulky	65
8.3	Zkratky	66
	PŘÍLOHY	67

1 ÚVOD

Eroze půdy je přirozený proces, kdy dochází vlivem různých faktorů k odnosu půdních částic. Samozřejmě je také ovlivňován i lidskou činností. Jednak v negativním, ale i pozitivním slova smyslu.

Člověk působí na umocňování procesu eroze už od doby neolitické revoluce. V průběhu historie se důvody zapříčiňující zhoršování erozní ohroženosti půd v podstatě nezměnily. Jednak stále dochází k odlesňování, nevhodnému zemědělskému obdělávání pozemků, nadměrné pastvě dobytka aj. Eroze se zhoršuje například i při stavebních a těžebních pracích. Všechny tyto činnosti způsobují mnoho problémů jako třeba ohrožení vegetace na daném území, snížení úrodnosti půd, zvýšení skeletovitosti půd a další. Eroze vzniklá na daném území ovlivňuje i pozemky sousedící s touto oblastí. Jedním z problémů je například zanášení vodních toků splaveným materiálem. To má za následek eutrofizaci vod nebo vylévání toků z koryt při silnějších deštích apod. Nebo jsou zanášeny nedaleké komunikace a sídla.

Lidé si ale tuto problematiku uvědomují a snaží se směřovat k určitým nápravám a omezením činností způsobující vznik eroze. Vše je spojeno i s, v poslední době hodně skloňovaným, pojmem „udržitelný rozvoj“. Kdy je snaha o zachování stávající úrovně životní situace i pro budoucí generace.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Eroze

2.1.1 Vysvětlení pojmu eroze

Eroze je původně lékařský pojem, který byl poprvé použit v dnešním slova smyslu v roce 1774 (Smrček, 2011). V lékařské oblasti pojem znamená oděrku. Jednak kožní, tedy povrchové poškození zasahující jen do pokožky, anebo oděrku na sliznici, například žaludku (www.slovníky.cz). Eroze představuje činnost, kdy dochází k narušování povrchu z různého materiálu (stavební materiál, půdy, hornina apod.) působením různých sil (vítr, voda aj.) (Smrček, 2011).

Zemský povrch je neustále rozrušován. Půdní hmoty jsou odnášeny a ukládány na jiném místě a to za působení větru, vody, ledu, zvětralin, svahu, organismů a lidské činnosti. Tento jev je nazýván erozí. Pojem eroze pochází z latinského slova „erodere“ neboli rozhlodávat (Krešl & Sereda 1989).

Eroze, jako přírodní jev, je hlavně morfo genetickým jevem, který je dán klimatem, geomorfologickými poměry, substrátem i antropogenními zásahy (Buzek, 1983).

Hlavními příčinami eroze jsou hlavně nevhodné zemědělské postupy

2.1.2 Třídění eroze

Půda je nezbytným faktorem pro lesní hospodářství a zemědělskou výrobu. Její úbytek a degradace výrazně ovlivňuje i limituje hospodářskou činnost (Buzek, 1983).

2.1.2.1 Dle intenzity

Půdní erozi rozlišujeme normální neboli přirozenou a zrychlenou. Přirozená eroze je nedílnou součástí krajinných procesů a úbytek půdy vyrovnává pedogeneze – vznik a vývoj půd z hornin (Buzek, 1983).

V případě zrychlené eroze je odnos povrchových vrstev půdy větší než přirozená tvorba půdy z půdotvorného substrátu. Dochází také ke škodám na pozemcích (ztráta úrodné vrstvy půdy aj.) i mimo pozemky (zanášení koryt vodních toků, komunikací apod.) (Smrček, 2011).

2.1.2.2 Dle činitelů

Dle hmoty, která způsobuje erozi, rozlišujeme erozi vodní (akvatickou), větrnou (eolickou), ledovcovou (glaciální), sněhovou (nivální), biologickou (působením živých organismů), zemní (pohybem suťového proudu) a antropogenní (vlivem činnosti člověka) (Krešl & Sereda 1989).

Nejvíce je Česká republika zasažena vodní a větrnou erozí, méně potom sněhovou (Krešl & Sereda 1989). Zhruba 50 % rozlohy orné půdy v České republice je postižena vodní erozí a cca 12 % pak erozí větrnou (Janeček & kol., 2012).

2.2 Vodní eroze

Pro tuto práci je stěžejní eroze vodní, kterou způsobuje kinetická energie dešťových kapek dopadajících na povrch půdy a mechanická síla stékající vody po povrchu. Povrchový odtok vzniká z dlouhotrvajících srážek nebo z přívalového deště, při jarním tání sněhu a také koncentrací vody v přirozené i umělé hydrografické síti (Holý, 1978).

Rozlišujeme dvě formy vodní eroze. Jednou z nich je povrchová vodní eroze, ta se dle účinků vody na půdní povrch dále dělí na plošnou, výmolovou a proudovou (Holý, 1978).

Plošná vodní eroze se charakterizuje jako rozrušování a smyv půdní hmoty na celé ploše území (Pasák & kol., 1984). Prvním stupněm je selektivní eroze, kdy povrchový odtok odnáší jemné půdní částice a na ně vázané chemické látky. Tím, že jsou unášeny jemné částice, se tyto půdy stávají hrubozrnnější s výrazně sníženým obsahem živin. Naopak unesený materiál obohacuje půdy, na kterých sedimentuje, o živiny a jemnozrnnější částice. Selektivní eroze probíhá často nepozorovatelně, pozvolna a nezanechává viditelné stopy. Způsobuje nestejnou vývoj vegetace, protože v určité části svahu dochází k odnosu materiálu a v jiné části (dolní) naopak k jeho sedimentaci. Mezi projevy různorodého vývoje patří například rozdílný růst, barva a kvalita vegetace. Druhým stupněm plošné eroze je eroze vrstevná. Ta při větší kinetické energii povrchově stékající vody a nepříznivém utváření půdního profilu zapříčiňuje smyv půdní hmoty ve vrstvách. Projevuje se na celé ploše svahu nebo v širokých pruzích v závislosti na reliéfu povrchu. Obvykle při ní dochází ke ztrátě celé orniční vrstvy (Holý, 1994).

Při výmolné erozi soustředěně stékající povrchová voda vyrývá v půdní profilu mělké zářezy, které se postupem času prohlubují. Tato eroze má několik stádií, kdy

jedno stadium postupně přechází v druhé. Prvním z nich je eroze rýžková a brázdová. Když vznikají v půdním povrchu drobné úzké zářezy vytvářející na postiženém svahu hustou síť, jedná se o rýžkovou erozi. V případě, že vznikají mělké širší zářezy, jejichž hustota na svahu je menší než u předešlé eroze, hovoříme o brázdové erozi. Z brázd a rýžek se poté pokračujícím soustředěným povrchovým odtokem vytváří hlubší rýhy, které se směrem po svahu postupně spojují a prohlubují. Výsledkem je rýhová eroze. Na ni navazuje vyšší stupeň a to eroze výmolová, která může vést až ke stržové erozi (Holý, 1978).

K erozi také dochází ve vodních tocích (Jones & kol., 2003). Je-li rozrušováno pouze dno, hovoříme o erozi dnové, která je formou podélné eroze, probíhající směrem podélné osy toku. Jsou-li rozrušovány břehy, pak se jedná o erozi břehovou, probíhající kolmo na osu toku (Švehlík, 2005).

Druhou formou vodní eroze je eroze podpovrchová (Jones & kol., 2003). V tomto případě dochází k vymílací činnosti naakumulované podzemní vody na nepropustné vrstvě. Vznikají tunely snižující stabilitu nadložních vrstev a mluvíme tak o erozi tunelové. Často dojde k následnému proboření stropu tunelu a vytvoření hlubokého výmolu (Švehlík, 2005).

2.3 Faktory ovlivňující mechanismus erozních procesů

Průběh a intenzitu erozních procesů ovlivňují jednak přírodní činitelé, ale i antropogenní vlivy. Činitelé a vlivy se složitě kombinují, takže výsledný erozní proces je velmi komplikovaným jevem, který na těchto faktorech závisí jak přímo tak nepřímo. Mezi hlavní faktory ovlivňující erozní procesy řadíme faktor geologický, půdní, morfologický, klimaticko-hydrologický, vegetační a hospodářsko-technický faktor (Buzek, 1983).

Náchylnost půdy k odnosu označujeme jako erodibilitu (erodovatelnost). Je dána fyzikálními, chemickými i mechanickými vlastnostmi substrátu. Naopak pojmem erozivita vyjadřujeme potenciální možnost deště způsobit odnos půdy, danou především funkcí fyzikálních vlastností dešťových srážek (Buzek, 1983).

2.3.1 Geologický faktor

Geologické podloží se na erozních procesech podílí přímo i nepřímo. Přímý vliv pozorujeme v místech, kde podloží snadno zvětrává. Zvětralina je okamžitě odnášena působením různých odnosových činitelů (Buzek, 1983).

Nepřímý vliv se pak projevuje charakterem zvětralin a půdy, kdy jejich odolnost je dána závislostí na struktuře a obsahu minerálních a organických látek (Holý, 1994).

Příznivé podmínky pro erozi poskytuje hlavně flyšový substrát a spraše. V menší míře pak sypké písčité, hlinité a jílovité usazeniny. Relativně odolné vůči erozi jsou vyvěřeliny a karbonáty (v případě, že jsou kryté vegetací) (Holý, 1978).

2.3.2 Půdní faktor

Půdní poměry, jakožto souhrn jednotlivých vlastností půdy, působí na velikost a časový průběh infiltrace srážkové vody do půdy. Působí i na odolnost půdy vůči destrukčním účinkům dešťových kapek a povrchově stékající vody. Rozhodující pro velikost a časový průběh infiltrace srážkové vody do půdy je její struktura, textura, vlhkost a zvrstvení. Dalšími důležitými faktory pro odolnost půdy je obsah humusu a nasycenost sorpčního komplexu (Buzek, 1983).

Z hlediska půdní textury jsou nejméně náchylné k erozi půdy písčité. Vyznačují se velkou propustností, při malé soudržnosti odolává převažující podíl těžkých částic nejdéle kinetické energii vody i větru. Nejvíce náchylné k erozi jsou nehumózní spraše a sprašové hlíny s nedostatkem tmelících koloidních částic (Holý, 1994).

Při zjišťování, jaký vliv má půdní druh na vodní erozi, musíme hodnotit celý půdní profil. V případě, že se střídají vrstvy různého složení, rozhoduje o odolnosti jejich seskupení. Při mělkém půdním profilu rozhodují vlastnosti podloží. Střídá-li se propustná vrstva s nepropustnou, může dojít až k odnosu celé svrchní vrstvy. A to proto, že dojde k přesycení vrchní vrstvy vsakující se vodou, kterou níže položená vrstva nestačí pojmout (Holý, 1978).

Půdní struktura je dána vzájemným uspořádáním a vazbou půdních částic. Struktura určuje obsah nekapilárních pórů v půdě a stabilitu půdních agregátů. Půdy s dobře vyvinutou strukturou lépe přijímají srážkovou vodu a také jsou více odolné vůči destrukčním činnostem povrchově stékající vody a větru. Nejpříznivější struktura je struktura drobtovitá (Holý, 1978).

Vlhkost půdy ovlivňuje hodnotu odtokového součinitele a zároveň působí na soudržnost půdy. Vysoká půdní vlhkost zmenšuje infiltraci srážkové vody do půdy a zvětšuje se tedy povrchový odtok. Zároveň se rozplavují půdní agregáty. Nízká půdní vlhkost naopak snižuje odolnost půd vůči větrné erozi (Buzek, 1983).

2.3.3 Morfologický faktor

Se zvětšováním délky a sklonu svahu stékající voda nabývá na rychlosti, tangenciálním napětí a tedy i na destrukčním účinku na povrch půdy. Intenzita erozních procesů se snižuje se zmenšováním sklonu. Nakonec dojde k takovému poklesu rychlosti a tangenciálního napětí, že nastane usazování unášeného materiálu. U sklonu svahu ještě rozlišujeme pojem kritický sklon svahu. Je to takový sklon, kdy dochází k nebezpečnému rozrušování půdního povrchu. To znamená, že se plošný povrchový odtok mění na soustředěný odtok. Plošná vodní eroze se tak mění na výmolnou (Holý, 1994).

Vodní erozí jsou nejvíce zasaženy oblasti s členitým reliéfem napomáhající soustřeďování povrchově stékající vody a rychlejšímu odtoku (Holý, 1994).

Erozi mimo jiné ovlivňuje i tvar svahu. Rozlišujeme přímý, konvexní a konkávní tvar nebo je svah kombinován úseky o různém charakteru. Přímý svah má stále stejný sklon a nejintenzivnější je vodní eroze tam, kde unášecí síla vody daná rychlostí dosahuje kritické hodnoty. Ztráta jemných půdních částic a živin je největší v dolní části svahu, tedy v místech, kde se sklon začíná zmenšovat (Buzek, 1983).

U konvexního svahu je ztráta částic pozvolná a vzrůstá v jeho střední části. Největší pak nastává v dolní části. Svah zde totiž dosahuje své maximální délky a největšího sklonu (Buzek, 1983).

Konkávní svah má největší sklon v horní části a dochází v těchto místech k největšímu odnosu částic. Směrem dolů intenzita odnosu klesá. Nulová je v dolní části a materiál zde sedimentuje. Může také nastat případ, že největší odnos nastává ve střední části svahu. Závisí totiž i na délce svahu (Buzek, 1983).

Odnos u kombinovaného svahu se mění dle tvaru daného úseku (Holý, 1978).

2.3.4 Klimaticko-hydrologický faktor

Množství, intenzita srážek a jejich časové rozložení přímo ovlivňují erozi. Zejména se jedná o srážky přívalové. Jsou to srážky o vysoké intenzitě, krátké době trvání,

omezeném plošném rozsahu a vyskytující se převážně v létě. Tehdy bývá půda na mnoha místech nekrytá vegetací a je tak vystavena působení dopadajících dešťových kapek i ničím nebráněnému povrchovému odtoku (Holý, 1978).

Působení dopadajících kapek na půdu je dáno hlavně jejich velikostí a rychlostí dopadu tj. kinetickou energií (Buzek, 1983). Kapky rozbíjejí půdní agregáty a uvolňují částičky, které jsou následně odplaveny (Holý, 1978).

Vodní erozi také způsobuje voda vzniklá táním sněhu. Půda je přesycena vodou, nechráněná vegetací a porušena mrazovými procesy. Působení tajícího sněhu může být umocněno dešťovými srážkami nebo působením teplého větru v době tání (Holý, 1994).

2.3.5 Vegetační faktor

Tento faktor ovlivňuje intenzitu erozních procesů ochranou půdního povrchu před přímým dopadem dešťových kapek a před působením větru. Zároveň podporuje vsak srážkové vody do půdy, zpomaluje povrchový odtok a zlepšuje chemické, biologické i fyzikální vlastnosti půdy (Holý, 1978).

V zimním období vegetace umožňuje pravidelné rozložení sněhové pokrývky, což omezuje promrzání půdy (Buzek, 1983).

Ne všechna vegetace má stejný ochranný účinek. Největší protierozní funkci mají lesní porosty s hustým korunovým zápojem, neporušeným podrostem a zachovanou vrstvou hrabanky. Relativně vysokou protierozní funkci mají i neporušené travní porosty. Na druhou stranu malé protierozní účinky mají některé zemědělské plodiny. Hlavně okopaniny a obilniny (Holý, 1994).

2.3.6 Hospodářsko-technický faktor

Na intenzitu erozních procesů má vliv i umístění a tvar pozemků na svahu. Eroze je větší na pozemcích, které mají delší stranu orientovanou ve směru spádnic. Brázdy, které jsou tímto směrem vedeny, totiž podporují soustředěný odtok na místo vsakování vody. Lepší je tedy, když jsou pozemky obdělávány a uspořádány svou delší stranou v mírném odklonu od vrstevnic. Voda se poté lépe vsakuje, protože má v cestě různé překážky, jako třeba brázdy apod. (Buzek, 1983).

Také orba má vliv na erozi. Pozitivní i negativní. Při orbě se přemísťuje velké množství půdy a přivádí se tak do snadněji erodovatelného stavu. Zároveň se ale orbou zvyšuje propustnost půdy a drsnost jejího povrchu (Buzek, 1983).

2.4 Opatření proti vodní erozi

Těmito opatřeními lze chránit zemědělskou půdu před erozí. Opatření se realizují na základě potřeby snížení ztráty půdy na přípustnou mez a také se zohledňuje ochrana objektů. Jedná se o vodní zdroje, toky a nádrže, komunikace, intravilány obcí apod. Současně se respektují zájmy vlastníků a uživatelů dotčených pozemků, tvorby krajiny, životního prostředí i ochrany přírody. Nejčastěji se protierozní opatření navrhuje jako soubor organizačních, agrotechnických (vegetačních) a technických opatření (Janeček & kol., 2012).

2.4.1 Organizační opatření

2.4.1.1 Tvar a velikost pozemku

Za nejvhodnější tvar pozemku se považuje obdélník nebo rovnoběžník, jehož delší strana je ve směru obdělávání a vnitřní úhly mají 50 až 60 °. Jako optimální poměr šířky a délky se uvádí poměr 1 : 2 až 1 : 3 (Holý, 1978). Velmi důležitým hlediskem je i homogenita půdního pokryvu, sklonitosti terénu a expozice vůči světovým stranám (Podhrázká, 2005).

Výměra pozemku by se měla pohybovat od 5 ha do 30 až 40 ha. Tyto údaje souvisí s efektivitou obdělávání (Pasák & kol., 1984).

2.4.1.2 Protierozní osevní postupy

Jde o střídání plodin z důvodu zachování úrodnosti půdy i zajištění vysokých výnosů se zřetelem na předplodinu (Holý, 1978). Toto opatření volíme v případě, že se jedná o silně svažité pozemek ve velmi sklonitém, horizontálně i vertikálně vícesměrně členitém území. Také v situacích, kdy není možné provádět pracovní operace napříč svahem nebo v případech nevhodného tvaru a zhoršení přístupnosti pozemku (Podhrázká & Dufková, 2005).

V protierozním postupu mají mít převahu plodiny, které vytváří souvislý drn po několik let. Zejména jetel a vojtěška (Holý, 1978). Nejčastěji se střídají obiloviny, pícniny, okopaniny a technické plodiny. Nejvyšší protierozní účinek mají pícniny,

především vojtěška (Buzek, 1983). Za vhodnou základní strukturu polního osevního postupu je považováno 45 až 50% zastoupení obilovin, 25 až 30% zastoupení okopanin a 25 až 30 % zastoupení pícnin a luštěnin. Osevní postupy s převážně trvalými pícninami jsou důležité v boji proti deflaci (Holý, 1978).

2.4.1.3 Pásové střídání plodin

Jednotlivé pásy s plodinami jsou uspořádány tak, aby srážkovou vodu, která odtéká z pásu osazeném plodinami s nízkou protierozní funkcí, zachytil ochranný pás a v něm mohla zasáknout do půdy (Buzek, 1983). Pásy s jednotlivými plodinami mohou být stejně široké nebo se navrhují o různé šířce. Zohledňuje se erozní ohroženost chráněné plodiny, tvar svahu pozemku a velikost sklonu. Šíře pásů s plodinami dostatečně chránící půdu před erozí volíme dle protierozního účinku pěstovaných plodin (Novotný & kol., 2014). Zároveň se zohledňuje velikost sklonu a typ svahu pozemku. Parametry pro minimální šířku ochranného pásu jsou následující. Minimální šířka 30 m při délce pole s ohroženou plodinou 200 m na svahu 2 – 5 %. Šířka 25 m při délce pole s ohroženou plodinou 100 m na svahu 6 – 9 %. Šířka pásu 20 m při délce pole s ohroženou plodinou 50 m na svahu 10 – 12 % (Podhrázská & Dufková, 2005).

2.4.1.4 Ochranné zatravnění

Buď je možno zatravnit celé ohrožené území, nebo se vytvoří pouze sedimentační (infiltrační) pásy (Novotný & kol., 2014). Trvale zatravnňujeme půdy, které nelze velkovýrobně obhospodařovat, není výhodné je zalesnit nebo jsou výrazně ohroženy erozí. Také v případě nepravidelných útvarů v polních tratích ohrožených erozí, pohyblivých písčitých půd, neplodných půd, navážek, průmyslových výsypek apod. (Holý, 1978).

2.4.1.5 Ochranné zalesnění

Rozlišujeme ochranné lesní pásy a plošné zalesnění (Smrček, 2011). Do ochranných lesních pásů potom řadíme vsakovací lesní pásy a zastiňovací lesní pásy. Toto opatření používáme na svazích se sklonem větším než 17 °, na glejích, v mělkých stržích, půdách znehodnocených dřevinným náletem, na půdách s nevyvinutým půdním profilem a na pozemcích, které není možno připojit k okolním pozemkům, ale mají dostatečnou

výměru a tvar umožňující obhospodařování a ochranu nově vzniklých porostů (Podhrázská & Dufková, 2005).

Díky vsakovacím lesním pásům půda nepromrzá tak silně. Vysazují se napříč svahem a umožňují lepší zachycování jarní vody z tání sněhu a její vsak do půdy. Pásky jsou tvořeny hustým porostem, půdy v nich je kryta vrstvou hrabanky, jejich šířka se pohybuje mezi 20 – 60 m a vzdálenost mezi 100 – 600 m (Buzek, 1983).

Zastiňovací lesní pásy chrání svahy hluboce zaříznutých vodních toků nebo svahy strží před přímým osluněním. Díky nim se nepatrně zvýší vlhkost půdy, sníží se teplotní rozdíl mezi osluněným a neosluněným svahem a zvýší se relativní vlhkost vzduchu v přízemní vrstvě. To vše má za následek obnovení přirozeného vegetačního krytu (Holý, 1994).

Plošným zalesňováním se chrání níže situované části svahů před nepříznivými účinky povrchového odtoku. Aby ochranný les splňoval svou funkci, musí mít hustý, vertikálně zapojený vegetační kryt, bohatý podrost, půdu s dostatečným množstvím humusu a krytou mocnou vrstvou hrabanky. Tomu nejvíce vyhovuje les smíšený (Holý, 1978).

2.4.1.6 Protierozní směr výsadby (ve speciálních kulturách)

Směr výsadby se volí v mírném podélném sklonu šikmo ke směru vrstevnic, max. 17 °. Možnost využití tohoto protierozního opatření je omezena sklonem terénu, jeho konfigurací a dostupnou mechanizací. Je vhodné ho použít v nečleněných až mírně členitých terénech, ve sklonech 1 – 7 ° (Podhrázská & Dufková, 2005).

2.4.2 Agrotechnická opatření

2.4.2.1 Opatření na orné půdě

Často se provádí omezení zpracování půdy, tj. slučování jednotlivých operací a zároveň se volí technologie výsevu plodin do ochranné plodiny, strniště, mulče nebo posklizňových zbytků (Smrček, 2011). Ideální je ponechat min. 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy. Takto zdrsněný povrch pozemku zpomaluje povrchový odtok a zlepšuje vsakování spadlých srážek. V případě mulčování částečně upravujeme posklizňové zbytky kypřiči s pasivními pracovními orgány (radličkové a dlátové kypřiče, šípové podřezávače) a kypřiči s rotačními pracovními orgány (Podhrázská & Dufková, 2005).

Dalším opatřením je vrstevnicové obdělávání půdy, kdy se oře otočnými pluhy ve směru vrstevnic nebo s mírným odklonem od vrstevnic. Půda je překlápěna proti svahu, tudíž se omezí ztráty sesouváním. Také secí, kultivační a sklizňové operace se provádí ve směru vrstevnic (Šarapatka, 2014).

Při pěstování širokořádkových plodin volíme protierozní technologie pěstování. U pěstování kukuřice dochází k setí do strniště ozimé meziplodiny s kypřením pouze výsevných řádků. Popřípadě k současnému výsevu kukuřice i ochranné podplodiny (ozimá pšenice, ozimé žito aj.). U brambor se omezuje erozní ohrožení půdy sázením do zaorané zlepšující předplodiny např. jetele nebo jetelotrávy. Další možností je mulčování slámou získanou z předplodiny nebo výsadba brambor do zjara zkyplené meziplodiny žita se zapravením hnoje před výsevem (Podhrázská & Dufková, 2005).

Zabránění vzniku povrchového odtoku dosáhneme důlkováním povrchu půdy nebo hrázkováním meziřadí, protože se vytvoří dostatečný prostor na zachycení srážek. U širokořádkových plodin pěstujících se v hrůbcích je používáno hrázkování, avšak pouze na svazích do 7° při max. délce pozemku 300 m. Důlkování lze použít u všech širokořádkových plodin. Ale účinnost je menší než u hrázkování (Novotný & kol., 2014).

2.4.2.2 Opatření ve speciálních kulturách

Jedním z možných opatření je zatravnění meziřadí. Jednak lze zatravnit všechna meziřadí nebo každé druhé. Zatravnění všech meziřadí probíhá ve sklonech terénu 7° – 12° , při půdách nepropustných a snadno erodovatelných od sklonu 4° . Tráva se seče 4 – 8x a ukládá na povrch půdy v příkmeném pásu. Srážky v oblasti musí činit 400 – 800 mm ročně (Podhrázská & Dufková, 2005).

Další možností je pěstování krátkodobých porostů ve všech meziřadích nebo jen v některých. Používají se různé druhy plodin jak v čistém porostu, tak i ve směsi, kdy nevhodnější je ozimé žito a ozimá pšenice. Tyto podkultury obohatí půdu o organickou hmotu a zároveň sníží vodní erozi podobně jako zatravnění. Doporučuje se minimální šířka pásu v meziřadí 2 m (Podhrázská & Dufková, 2005).

Dočasné nebo trvalé mulčování omezuje erozi, snižuje výpar, zvyšuje vsak a zmenšuje nebo vylučuje potřebu kultivace. Pro mulčování je nevhodnější použít materiál získaný přímo na místě použití (réví, drcené větve aj.). V případě trvalého mulčování činí nastýlka 10 – 20cm vrstvu a při dočasném nastýlání 10 – 15cm vrstvu.

Toto opatření se doporučuje na pozemcích svahů ve sklonu 7 – 10 ° (Podhrázská & Dufková, 2005).

Stejně jako na orné půdě i zde můžeme jako protierozní opatření použít důlkování a hrázkování povrchu půdy v meziřadí. Díky tomu se zadrží srážková voda na povrchu půdy a prodlouží se doba její infiltrace do půdního profilu. Opatření lze provést při výsadbě v libovolném směru, při různém sklonu pozemku, kdy mezní sklon pozemku je dán svahovou dostupností důlkovače (Podhrázská & Dufková, 2005).

2.4.3 Technická opatření

2.4.3.1 Terasy

Použití tohoto opatření je vhodné na hlubokých až velmi hlubokých půdách na pozemcích se sklonem větším jak 11 °. Účelem je zadržet povrchový odtok z celé terasové plochy nebo ho neškodně odvést do odvodňovacího zařízení (Holý, 1978). Zároveň umožňuje obhospodařování těchto pozemků hlavně pro pěstování speciálních trvalých kultur jako sadů a vinic. U teras rozlišujeme terasovou plošinu o určité délce, šířce, podélném a příčném sklonu. Dále terasový svah o daném sklonu, délce a výšce. Terasy se budují buď zemní, kdy sklon terasového svahu je určen přirozenou soudržností zeminy a zpevněn vegetací, nebo terasy s opěrnými zdmi z kamene nebo dřeva používané ve velkých sklonech terénu (Toman, 1996). Rozlišují se 3 základní typy teras a to úzké, široké a terasové dílce. Šířka plošiny u úzké terasy nepřesahuje 3 – 4 m a vysazuje se na ní 1 až 2 řady stromů nebo keřů. V případě široké terasy má plošina větší šířku a vysazují se zde minimálně 3 řady speciálních kultur nebo se využívá jako orná půda. Posledním typem je terasový dílec, který má zmírněný a vyrovnaný sklon, pravidelný tvar a terasovým svahem je omezen pouze z jedné nebo dvou stran (Pasák & kol., 1984).

2.4.3.2 Zasakovací pásy

Zasakovací pásy se navrhují jednak na svažitých pozemcích podél vrstevnic, kde se střídají s pásy plodin nedostatečně chránící půdu před erozí, ale i podél nádrží nebo vodotečí z důvodu zabránění vzniku erozních smyčů (Podhrázská & Dufková, 2005). Pásy rozlišujeme travní, křovinné i lesní, kdy lesní mají vyšší účinnost při zachycování odtoku v době jarního tání než zatravněné, protože půda zde tolik nepromrzá (Pasák & kol., 1984). Obecně účinnost zasakovacího pásu závisí na charakteru vegetačního krytu,

půdě, vlhkosti půdy, šířce pásu, sklonu svahu a intenzitě přívalového deště. Pás se navrhuje o minimální šířce 20 m a šířka pásu s plodinou závisí na sklonitosti pozemku (Podhrázká & Dufková, 2005).

Díky tomuto opatření dochází k převedení povrchově odtékající vody jednak z přívalových dešťů, tak i z výše položených pozemků, na odtok podpovrchový (Podhrázká & Dufková, 2005).

2.4.3.3 Asanace drah soustředěného povrchového odtoku

Dráhy soustředěného povrchového odtoku vznikají při přívalových deštích a při jarním tání sněhu na příčně zvlněných pozemcích v úžlabinách a údolnicích. Vznikají zde erozní rýhy, a proto je důležité potenciální dráhy soustředěného povrchového odtoku chránit vegetačním krytem, hlavně zatravněním, aby došlo k bezpečnému odvedení tohoto odtoku (Novotný & kol., 2014). Údolnice musí být odvodněna drenáží z důvodu zamezení poškození při přejezdu mechanizací nebo po přechodu dobytka. Okolní pozemky se ořou kolmo na osu údolnice a hloubka i šířka jejího profilu vychází z návrhového odtoku. Nejčastěji pro Q_{10} (Pasák & kol., 1984).

2.4.3.4 Asanace výmolů a strží

Výmoly a strže vznikají výmolnou činností soustředěného povrchového odtoku a upravují se buď postupnou asanací, nebo jednorázovou úpravou. Jednorázová úprava spočívá v zavezení výmolů a strže. Následně se pozemek může využívat pro zemědělské účely (Pasák & kol., 1984).

Postupná asanace naopak znamená využít strže a výmoly jako svodná hydrotechnická zařízení pro odvod soustředěných přívalových vod. Úprava má 3 základní fáze a to stabilizaci zhlaví, stabilizaci dna a stabilizaci břehů (Podhrázká & Dufková, 2005). Zhlaví se chrání před přítokem povrchové vody záchytnými příkopy s předhrázkami. Stabilizace dna spočívá v jeho opevnění vegetací (travinami, keři i stromy) v případě mělkých výmolů a technickými opatřeními (přehrážkami) v případě hlubokých výmolů. Při stabilizaci svahů je důležité zabezpečit úpatí svahů pomocí laťových plůtků, oživené kamenné rovnániny aj. Na více ohrožených místech se použijí opěrné zdi (srubové, kamenné nebo zděné). Vlastní svah se zpevňuje drnováním, zatravněním, živými ploty, záplety aj. (Holý, 1978).

2.4.3.5 Terénní urovnávky

Cílem je odstranit nerovnosti a terénní útvary, které ovlivňují směr a soustředování povrchového odtoku. Úprava spočívá v přesunu zeminy přímo na pozemku pouze na hlubokých půdách nebo se řeší formou navážek (Novotný & kol., 2014).

2.4.3.6 Protierozní meze

Jsou trvalou překážkou pro soustředěný povrchový odtok a skládají se ze 3 částí a to zasakovacího pásu nad mezí, vlastního tělesa meze a odváděcích prvků. Cílem je, aby zasakovací pás zadržel splaveniny unášené stékající vodou a aby se část vody vsákla. Částečně voda infiltruje i na svahu meze a přebytečná voda odchází do odváděcích prvků jako třeba průlehu, příkopu u cesty aj. Z nich je následně odváděna do svodných prvků (Janeček & kol., 2012).

Protierozní meze se budují vrstevnicově nebo s mírným odklonem od vrstevnice. Sklon zatravněného zasakovacího pásu je $0,5 - 2^\circ$. Mez má výšku zhruba 1,5 m, podélný sklon $1 - 3^\circ$ a její svah sklon 1:1,5. Celá mez se zatravní a část osází keři. Průleh pod mezí má sklon 11° k mezi a dimenzuje se až na 50ti letou vodu. V ose průlehu se vytvoří orbou brázda (Podhrázská & Dufková, 2005).

2.4.3.7 Protierozní cesty

Tyto cesty se budují za účelem přerušování délky pozemku po spádnicích a zachycení stékající povrchové vody z přívalových srážek cestním příkopem nebo průlehem. Podélný sklon protierozní cesty musí odpovídat jednak dopravním i hydrologickým požadavkům. Navrhuje se v rozmezí $2 - 6^\circ$. Také je trasa cesty volena v souladu s potřebou dopravní přístupnosti jednotlivých pozemků (Toman, 1996).

2.4.3.8 Manipulační pásy

Budují se na neúměrně dlouhých silně svažitéch pozemcích se sklonem nad 8° , které nelze obdělávat vrstevnicově. Manipulační pásy rozdělí tyto nebezpečně dlouhé svahy na více pásů po vrstevnici. Umožní tak otáčení zemědělské technice ve svahu. Pás se buduje o šířce 12 m, podélném sklonu vrstevnicovém nebo s malým odklonem od vrstevnice, příčném sklonu 4° a se zpevněním osetím travní směsí. Pro zlepšení protierozní funkce je vhodné ve středu manipulačních pásů vytvořit naoráním

zatravněný mělký průleh, který umocní jejich záchytnou funkci (Podhrázská & Dufková, 2005).

2.4.3.9 Protierozní průlehy

Protierozní průlehy lze použít na svazích s hlubšími půdami do sklonu maximálně 8 °, výjimečně 10 °. Jsou to mělké široké příkopy s mírným sklonem svahů, založené s nulovým nebo malým podélným sklonem, jde o průlehy vsakovací. Povrchově stékající voda se zde zachycuje a vsakuje do půdy. V případě, že průlehy mají sklon umožňující neškodný odtok zachycené vody, jedná se o odváděcí průlehy. Existují i průlehy kombinované vzniklé kombinací dvou předchozích. Všechny typy průleहů se na pozemcích umísťují tam, kde délka po spádnicí překračuje přípustnou délku pozemku (Pasák & kol., 1984).

Jako záchytné průlehy je možné použít vsakovací průlehy na lehkých půdách v sušších oblastech a na pravidelné svahy v terénu. Odváděcí průlehy se používají na těžkých půdách s minimálním vsakem, ve vlhčích oblastech ve zvlněném terénu. Poslední možností je použití kombinovaných průleहů na středně těžkých půdách, při větším výskytu přívalových dešťů, v terénu s velmi dlouhými svahy nebo při zvláštní ochraně. Záchytné průlehy se budují s podélným sklonem 0 – 2 °, se sklonem svahů 1:10 – 1:5, maximální délka činí 600 m, maximální hloubka 100 cm a minimální hloubka 20 cm. Tyto průlehy mohou být nezpevněné, tedy obdělávatelné, ale nelze je přejíždět příčně. Použití je vhodné na orné půdě (Podhrázská & Dufková, 2005).

Svodné průlehy se navrhují pro bezpečné odvedení vody i erozního smyvu ze záchytných průleहů. Zatravněné svodné průlehy se dimenzují na střední průtočnou rychlost 1,5 m/s a u ostatních záleží na druhu zpevnění. Jako jiný druh zpevnění se používá polovegetační, kdy horní část profilu je oseta a spodní část chráněna tvrdým zpevněním. Příčný profil je parabolický nebo lichoběžníkový se sklonem svahů 1 : 10 – 1:5. Max. hloubka je 100 cm, min. 30 cm, min. šířka 300 cm a podélný sklon 0,5 – 11 ° (Janeček & kol., 2012).

V případě, že je nutno vybudovat více průleहů na pozemku, vedou se pokud možno v rovnoběžných řadách podél vrstevnic (Pasák & kol., 1984).

2.4.3.10 Protierozní příkopy

Účelem je neškodné odvedení vody z důvodu ochrany intravilánů, PHO i jiných významných území nebo objektů a zamezit přítoku cizí vody na pozemek. Rozlišují se protierozní příkopy záchytné a svodné. Jejich společným úkolem je zachytit přitékající cizí vodu na pozemek, zachytit povrchovou vodu uvnitř pozemku a bezpečně odvézt přebytečnou vodu ze zájmového území (Podhrázská & Dufková, 2005). Budují se s návazností na přirozenou i umělou hydrografickou síť (Toman, 1996).

Záchytné příkopy slouží hlavně k ochraně níže ležících pozemků, jak nezemědělských, tak i zemědělských, před povrchově a soustředěně odtékající vodou nebo k přerušení délky pozemku po spádnicí (Janeček & kol., 2012). Slouží i pro ochranu intravilánu nebo důležitých staveb (Podhrázská & Dufková, 2005).

Příkopy svodné slouží k odvedení vody i se smyvem. Z důvodu svého velkého podélného sklonu, kde dochází k bystřinnému proudění, musí být dobře opevněny (Novotný & kol., 2014). Jejich sklony a profily jsou dimenzovány tak, aby odvedly navrhovaný kulminační průtok s pravděpodobností výskytu alespoň jednou za 10 let. Výpočet velikosti sedimentačního prostoru v příkopech vyplývá z rozlohy sběrného území, půdního smyvu a charakteristik koryta (Podhrázská & Dufková, 2005).

2.4.3.11 Protierozní hrázky

Budují se na úpatí svahu zemědělského pozemku hlavně k ochraně důležitých objektů před zatopením povrchovou vodou z přívalových srážek a zanesením erozními splaveninami (Toman, 1996). Hrázky mohou být přejezdné se sklonem svahů minimálně 1:5 nebo nepřejezdné se sklonem svahů 1:1,5 (Holý, 1994).

Rozlišují se hrázky odváděcí a vsakovací. Odváděcí zachytí stékající vodu a odvedou ji mimo zájmové území. Navrhují se na těžších půdách s nízkou infiltrační schopností. Obvykle se budují v délce 300 – 400 m a pro zlepšení odtoku vody se na nepropustných půdách někdy zřizuje podél horní paty hrázky příkop. Naopak u vsakovacích hrázek s nulovým podélným sklonem se voda infiltruje do půdy (Holý, 1978).

Hrázky se budují hlavně jako zemní, opevněné zatravněním a vysoké 1 – 1,5 m (Janeček & kol., 2012).

2.4.3.12 Protierozní nádrže

Jejich úkolem je zadržovat velké množství vody a tím chránit níže položené území před povodněmi a erozními účinky vody. Zřizují se hlavně v horních částech povodí a jejich zádržný prostor je po většinu doby prázdný, aby byl schopen zadržet povodňovou vlnu. Poté se pozvolna vypustí. Tyto záchytné nádrže jsou opatřeny dočasným v případě, že se po zanesení opět neobnovují a změní se rekultivací v pole, louku nebo les. Druhou možností je opatření trvalé, kdy se periodicky odstraňuje zachycený nános (Novotný & kol., 2014).

Z provozního hlediska se záchytné nádrže dělí na suché nádrže, které se naplňují při průchodu velkých vod z jarního tání a letních přívalových dešťů. Po postupném vypuštění a usazení nánosů slouží dno jako louka. A dále na nádrže s vymezeným ochranným (zálohovým) prostorem, který je určen k zachycení velkých vod nebo ke snížení jejich kulminace. Velikost zálohového prostoru se blíží objemu vody přitéklé z povodí v období letních přívalových dešťů nebo jarního tání sněhu s dobou opakování alespoň 100 let. Prostor se poté vypustí automaticky samostatnou výpustí (Pasák & kol., 1984).

3 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je zjistit stupeň eroze na povodí potoku Pradlenka. Toho se docílí spočítáním jednotlivých faktorů Univerzální (Wischmeier-Smithovy) rovnice pro výpočet ztráty půdy erozí (USLE). Mezi ně patří faktor erozní účinnosti dešťů R , faktor erodovatelnosti půdy K , faktor délky svahu L , faktor sklonu svahu S , faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu C a faktor účinnosti protierozních opatření P . Zjištěná hodnota se porovná s přípustnou roční ztrátou půdy v ČR a určí se tak stupeň ohroženosti půd vodní erozí. Dle výsledného stupně se navrhnou opatření pro snížení ztráty půdy vodní erozí na přípustnou mez.

Také se spočítá Modifikovaná univerzální rovnice (MUSLE) pro zjištění transportu splavenin v povodí. V této rovnici se uvažuje s váženými průměry faktorů K , L , S , C a P z univerzální rovnice. Dále do rovnice patří objem přímého odtoku O_{pH} a kulminační průtok Q_{pH} . Pro zjištění přímého odtoku je nutno určit čísla odtokových křivek – CN.

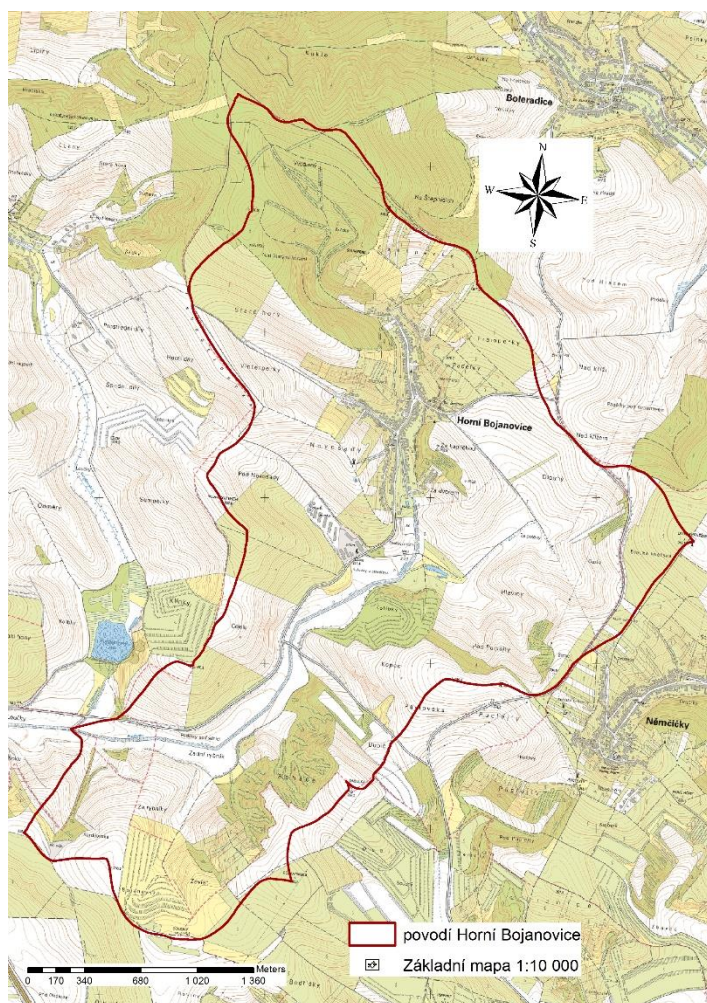
V rámci grafického znázornění řešeného povodí, stupňů eroze a navržených protierozních opatření budou vytvořeny mapy v programu ArcMap.

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Charakteristika vybraného území

Povodí potoku Pradlenka se nachází v Jihomoravském kraji nedaleko města Hustopeče. Území je významnou zemědělskou a vinařskou oblastí v údolí jednoho z výběžků Ždánického lesa. V těsné blízkosti se nachází několik maloplošných zvláště chráněným území. Například PR Roviny, PR Kamenný vrch, PP Lipiny, NPP Kukle aj. Území je relativně členité.

V povodí leží obec Horní Bojanovice s nadmořskou výškou 248 m, která má zhruba 700 obyvatel (www.hornibojanovice.cz).



Obr. 1 Mapa povodí toku Pradlenka

4.1.1 Geomorfologie území

Povodí spadá do geomorfologické provincie Západní Karpaty. V rámci této provincie pak patří do geomorfologické soustavy Vnější Západní Karpaty (IX) a podsoustavy

Středomoravské Karpaty (B). Menší jednotkou je celek Ždánický les (IXB-1). Z podcelků Ždánického lesa náleží povodí k podcelku Boleradická vrchovina (IXB-1B). Okrsek Divácká vrchovina (IXB-1B-2) (<http://mapy.nature.cz/>).

Okrsek Divácká vrchovina je plochá rovina s poměrně hlubokými údolími. Tento okrsek tvoří největší část geomorfologického podcelku Boleradická vrchovina. V Divácké vrchovině. Vrchovina se vyznačuje terasovitými svahy s vinicemi. Velmi časté jsou i sady a to meruňkové, broskvové a mandloňové. Co se týče zalesnění, patří Divácká vrchovina mezi oblasti středně zalesněné převážně dubovými porosty. Časté jsou svahové deformace. Nejvyšším bodem je Přední kout 410,2 m (Demek & kol., 2014).

4.1.2 Geologické podmínky

Největší rozloha zájmového území je tvořena sprašovými hlínami a spraší. Tvoří souvislé velké území a jedná se o oblast spíše podél hranice povodí. Řadí se dle regionálního zařazení do soustavy Český masiv a oblasti kvartér. Dále je nejvíce zastoupen jílovec s pískovcem, které se vyskytují spíše na severu povodí, ale omezeně i v jeho jižní části. Ty naopak patří do soustavy Karpaty a oblasti flyšové pásma. Přímo podél potoku Pradlenka nalezneme horniny jako hlínu, písek a štěrk (nivní sediment). Tyto horniny mají stejné zařazení jako spraše a sprašové hlíny. Menší ostrůvky v povodí tvoří i pískovec a slepenec patřící do soustavy Karpaty a oblasti flyšového pásma (www.geology.cz).

4.1.3 Pedologické podmínky

Převážná část území je tvořena černozemí modální. Jde o oblast podél východní a západní hranice povodí a navazuje na půdy v těsné blízkosti vodního toku. Tam se vyskytuje fluvizem. V severní a jižní části najdeme menší oblasti s hnědozeměmi modálními. V severní části se také vyskytují luvizemě modální. Velmi malé ostrůvky náhodně rozmístěné v zájmovém území tvoří pararendziny modální (www.geology.cz).

Hlavním půdotvorným procesem pro vznik černozemí je intenzivní humifikace, která probíhá pod stepní vegetací. Půdní profil je nápadně mocný, tmavě zbarvený humusový horizont a zasahuje obvykle do hloubky 60 – 80 cm. Pro tento horizont je typická odolná vodostálá struktura a hojný edafon (Tomášek, 2000).

Fluvizemě vzniká z nivních sedimentů. Probíhá u nich proces zrání nebo-li ripering. Podstatou je to, že záplavami přinesená hmota sedimentů podléhá postupnému snížení vlhkosti oxidací, která vede k nevratným fyzikálně-chemickým změnám (Jandák. & kol., 2010). Tyto půdy jsou charakteristické nepravidelným rozložením organických látek a přítomností podzemní vody, která je po většinu roku hlouběji než 80 cm, ale v průběhu roku kolísá (Brtnický & kol., 2015). Na podzim je v hloubce 150 cm a na jaře její hladina dosahuje až k povrchu země (Jandák. & kol., 2010).

Luvizemě vznikají typickou illimerací, což znamená translokací koloidů s malým množstvím organických látek. Půdy se vytváří hlavně v rovinách a v mírně zvlněném reliéfu (Brtnický & kol., 2015).

Dominantním půdotvorným procesem u pararendzin, kromě vnitropůdního zvětrávání, je humifikace. Tyto půdy jsou spíše mělké a mají střední obsah humusu o nižší kvalitě. Buď celý půdní profil, nebo aspoň spodina obsahuje karbonáty (Tomášek, 2000).

4.1.4 Klimatické podmínky

Povodí toku Pradlenka spadá dle Quitta 1984 do teplé klimatické oblasti T4. Oblast se vyznačuje velmi dlouhým létem, velmi teplým a velmi suchým. Přechodné období je velmi krátké, s teplým jarem a podzimem. Zima je pak krátká, mírně teplá a suchá až velmi suchá s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky (Quitt, 1984).

Průměrné roční teploty se pohybují mezi 8,8 °C až 9,2 °C. Vlastní zima charakterizovaná průměrnou denní teplotou 0 °C a nižší, začíná kolem 13. prosince a končí 19. února. Nejchladnějším měsícem v roce je leden s teplotou -2,4 °C. Letní období začíná 21. května a končí v průměru 12. až 17. září. Nejteplejším měsícem je červenec s průměrnou teplotou 18,8 °C. Roční srážkové úhrny se pohybují kolem 596 mm. Nejvíce srážek spadne v létě, zhruba 76 mm, a ve vegetačním období spadne 327 až 349 mm ročního úhrnu (Quitt, 1984).

4.1.5 Hydrologické podmínky

Povodí potoku Pradlenka má rozlohu 870,426 ha. Jeho číslo hydrologického pořadí pramenného povodí je 4-17-01-0050. Hlavním povodím je tedy povodí Dyje (Moravy).

Potok Pradlenka pramení v katastrálním území obce Horní Bojanovice, ve spodní části pozemku s parcelním číslem 854/1 a částečně je obcí veden kanalizací. Ven opět

vytéká pod hlavní silnicí (viz. Příloha 1) u obecního úřadu (Šlancar, 2015). Pradlenka se vlévá do malého vodního toku Štinkovka v oblasti Hustopeče-Nové sady (www.wikipedia.cz). Celková délka toku je 4,82 km, převýšení toku je 118 m a průměrný sklon Pradlenky činí 2,45 %.

4.1.6 Hospodaření v oblasti

Největší plochu území zaujímá orná půda. Hospodaří zde několik zemědělských subjektů. Jednak většího charakteru, jako například zemědělské družstvo ZEČI, spol. s.r.o., ale i několik soukromých pěstitelů. Povodí spadá do kukuřičné výrobní oblasti. V povodí se také pěstuje vinná réva a ovocné stromy. Les zaujímá plochu 154,174 ha.

4.2 Stanovení ohroženosti půdy vodní erozí

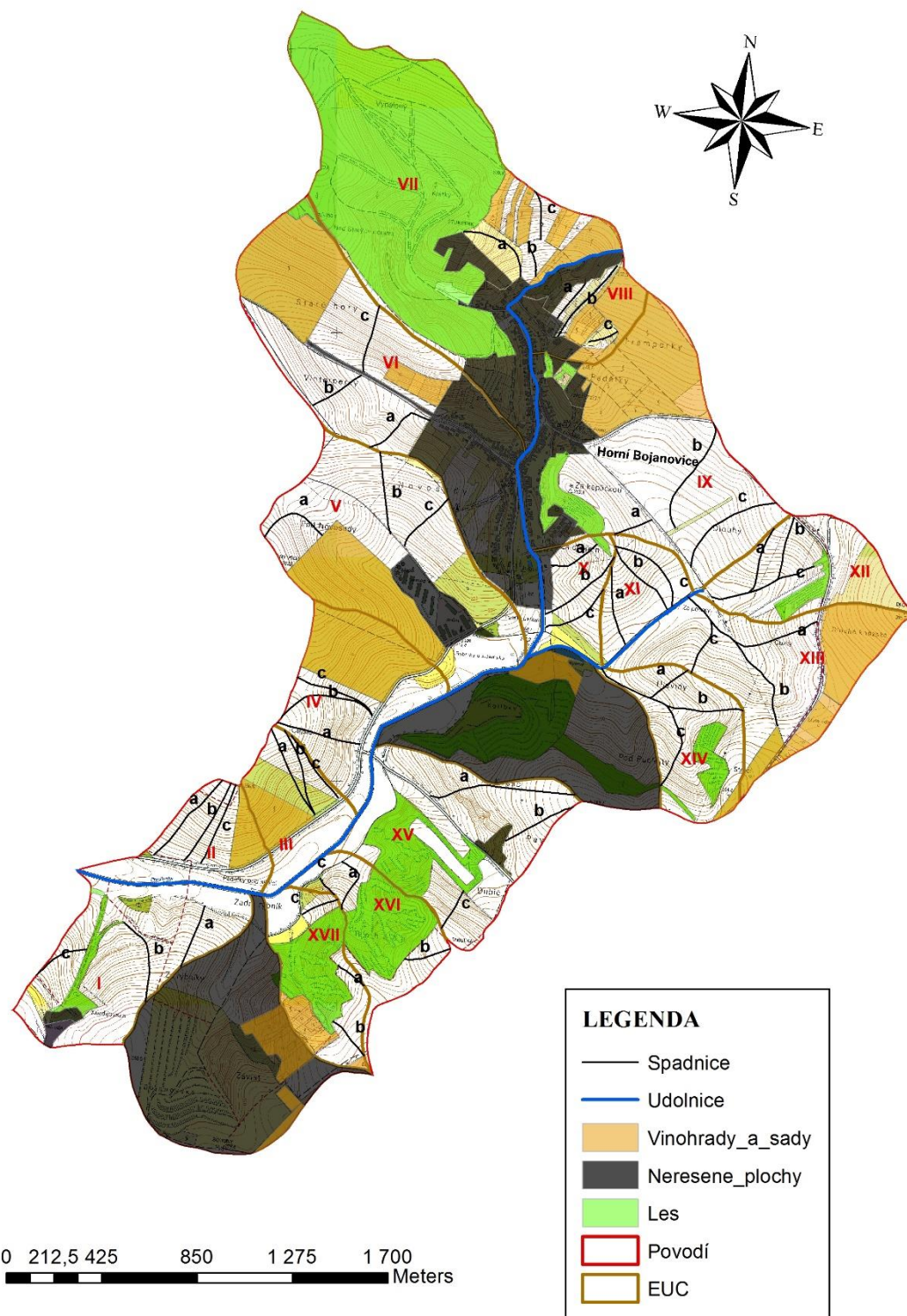
Zjištění dlouhodobé průměrné ztráty půdy vodní erozí se provádí pomocí Univerzální (Wischmeier-Smithovy) rovnice pro výpočet ztráty půdy erozí (USLE) (Janeček & kol., 2005).

Pro výpočet transportu splavenin, nebo-li ztráty půdy z přívalového deště, je používána Modifikovaná univerzální rovnice (MUSLE).

4.2.1 Výpočet průměrné dlouhodobé ztráty (USLE)

Pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy je nutné povodí toku Pradlenka rozdělit na erozně uzavřené celky (EUC) a pro každý z nich se vypočítat ztrátu půdy erozí. Následně sečíst všechny dílčí výsledky. Výsledná hodnota je dlouhodobá průměrná roční ztráta půdy vodní erozí v celém povodí.

Každý erozně uzavřený celek je ohraničen rozvodnicí/hřbetnicí a údolnicí. V základní mapě 1 : 10 000 je označen římskými číslicemi (Obr. 2). Celkem bylo vytvořeno 17 erozně uzavřených celků (Tab. 6).



Obr. 2 Erozně uzavřené celky v povodí toku Pradlenka

Ztráta půdy se určí na základě zjištění kvantitativního účinku hlavních faktorů, které ovlivňují vodní erozi (Janeček & kol., 2005). Účinek jednotlivých faktorů rovnice na

intenzitu erozního procesu byl posouzen na jednotkovém pozemku s přesně definovanými parametry. Jeho délka byla 22,13 m, sklon 9 % a byl obdělávaný ve směru sklonu jako trvalý úhor (Holý, 1994).

Rovnici USLE nelze použít pro kratší období než jeden rok ani pro zjištění ztráty erozí způsobenou jednotlivými dešti nebo odtokem z tajícího sněhu (Janeček & kol., 2005).

Tvar Univerzální (Wischmeier-Smithovy) rovnice pro výpočet ztráty půdy erozí dle Wischmeiera a Smithe (1978) (Janeček & kol., 2012) [4.1]:

$$G = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (\text{t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}) \quad [4.1]$$

- kde:
- G...průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($\text{t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$)
 - R...faktor erozní účinnosti dešťů vyjádřený v závislosti na jejich četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energii ($\text{MJ.ha}^{-1}.\text{cm.h}^{-1}$)
 - K...faktor erodovatelnosti půdy vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti ($\text{t.ha.h.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{cm}^{-1}$)
 - L...faktor délky svahu vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikosti ztráty půdy erozí
 - S...faktor sklonu svahu
 - C...faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice
 - P...faktor účinnosti protierozních opatření

4.2.1.1 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy G

Dlouhodobá ztráta půdy udává množství půdy, které se uvolňuje vodní erozí. Vypočtená hodnota se porovná s přípustnou průměrnou roční ztrátou půdy (G_p) (Tab. 1). Hodnoty G_p jsou závislé na hloubce půdy, která se zjistí z 5. čísla BPEJ. Na základě porovnání se určí stupeň ohroženosti půdy vodní erozí (Tab. 2) a případná nutnost návrhu protierozních opatření.

Tab. 1 Přípustná ztráta půdy (Janeček & kol., 2012)

	hloubka (cm)	G_p ($\text{t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$)
mělké půdy	≤ 30	1
středně hluboké a hluboké půdy	< 30	4

Tab. 2 Stupeň ohroženosti půd vodní erozí

Stupeň erozní ohroženosti	Násobek G_P	
1	eroze nepatrná	$\leq 1\times$
2	eroze střední	$\leq 2\times$
3	eroze silná	$\leq 3\times$
4	eroze velmi silná	> 3

4.2.1.2 Faktor erozní účinnosti dešťů R

Určení faktoru R :

- výpočtem z kinetické energie deště
- průměrná hodnota pro ČR

Stanovení dle průměrné hodnoty pro ČR:

Faktor erozní účinnosti dešťů má hodnotu $40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$. Jeho hodnota byla určena na základě zpracování dlouhodobých ombrografických záznamů ze stanic Českého hydrometeorologického ústavu a metodického rozboru erozní účinnosti srážek (Janeček & kol., 2012).

4.2.1.3 Faktor erodovatelnosti půdy K

Faktor erodovatelnosti půdy je definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na jednotku faktoru erozní účinnosti deště (Janeček & kol., 2005).

Určení faktoru K (Janeček & kol., 2012):

- ze vzorce
- z nomogramu
- dle hlavních půdních jednotek (HPJ)
- dle půdních typů, subtypů a variet taxonomického klasifikačního systému půd

Stanovení pomocí HPJ:

Pro přibližné určení faktoru K je nutné znát hlavní půdní jednotky, které získáme z bonitační soustavy půd (BPEJ) jako 2. a 3. číslo jejího pěti-místného kódu. Ne pro všechny HPJ jsou však určeny hodnoty faktoru K (Příloha 2), a proto se u nich musí určit buď dle vzorce, nebo nomogramu (Janeček & kol., 2012).

4.2.1.4 Faktor délky svahu *L*

Tento faktor je vyjádřen jako horizontální vzdálenost od začátku vzniku plošného povrchového odtoku po místo, kde klesá sklon svahu tak, že unášený materiál sedimentuje. Nebo po místo, kde se z plošného povrchového odtoku stává soustředěný povrchový odtok (Renard & kol., 1997).

Určení faktoru *L* (Janeček & kol., 2012):

- ze vzorce dle Wischmeiera & Smithe (1978)
- z tabulky
- z grafu

Stanovení ze vzorce dle Wischmeiera & Smithe (1978) (Janeček & kol., 2012) [4.2]:

$$L = (1 / 22,13)^m \quad [4.2]$$

kde: 1...horizontální projekce délky svahu (uvažuje se nepřerušená délka svahu);
není to vzdálenost rovnoběžná s povrchem půdy (m)
22,13...délka standardního pozemku
m...exponent sklonu svahu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze

4.2.1.5 Faktor sklonu svahu *S*

Ztráta půdy se zvětšuje s rostoucím sklonem svahu (Wischmeier & Smith, 1978).

Určení faktoru *S* (Janeček & kol., 2012):

- ze vzorce dle Renard et al. (1997)

Stanovení ze vzorce dle Renard & kol. (1997) (Janeček & kol., 2012) [4.3], [4.4]:

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 \quad \text{pro sklon} < 9 \% \quad [4.3]$$

$$S = 16,8 \sin \theta - 0,05 \quad \text{pro sklon} \geq 9 \% \quad [4.4]$$

kde: θ ...úhel sklonu svahu (rad, m / m); výpočet goniometrické funkce musí být proveden v systému rad

V případě proměnlivého sklonu svahu se svah rozdělí na 10 stejně dlouhých úseků a faktor S se stanoví jako vážený průměr faktoru S jednotlivých úseků. Výsledná hodnota faktoru S pro svahy nepravidelného tvaru se určí od nejvyšší polohy S_1 po nejnižší polohu S_{10} dle vzorce (Janeček & kol., 2012) [4.5]:

$$S = 0,03S_1 + 0,06S_2 + 0,07S_3 + 0,09S_4 + 0,10S_5 + 0,11S_6 + 0,12S_7 + 0,13S_8 + 0,14S_9 + 0,15S_{10} \quad [4.5]$$

kde: S_i ...hodnota faktoru S pro jednotlivé úseky

4.2.1.6 Topografický faktor LS

Tento faktor je kombinací faktorů L a S v charakteristických odtokových drahách na řešeném území. Je to poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standardním pozemku s délkou 22,13 m a sklonem 9 % (Janeček & kol., 2012).

Určení faktoru LS (Janeček & kol., 2012):

- součinem předem stanovených faktorů L a S (toto stanovení bylo použito v práci)
- ze vzorce pro přímé svahy
- z nomogramu

4.2.1.7 Faktor ochranného vlivu vegetace C

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu. Uvažuje se období nejčastějšího výskytu přívalových dešťů, tedy ve vegetačním období (duben – říjen). Dokonalou protierozní ochranu představují porosty jetelovin a trav. Na druhou stranu nedostatečně chrání půdu běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny, ovocné výsadby a vinice (Janeček & kol., 2005).

Určení faktoru C (Janeček & kol., 2012):

- z osevního postupu
- dle průměrných hodnot faktoru C pro jednotlivé plodiny
- z mapy izolinií

Stanovení z osevního postupu:

Faktor C se stanoví pro celý osevní postup, resp. danou strukturu pěstovaných plodin dle postupu jejich střídání na pozemcích, včetně období mezi střídáním plodin a při určení nástupu a způsobu agrotechnických operací v 5-ti obdobích vývoje plodiny (Tab. 3) dle Wischmeiera & Smithe (1978) (Janeček & kol., 2005). Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky pro hlavní plodiny (Příloha 3) představující poměr ztráty půdy na pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy na kypřeném černém úhoru, byly stanoveny dle Wischmeiera & Smithe (1978) (Janeček & kol., 2012).

Každému měsíci v osevním postupu je přiřazen procentický podíl faktoru R. Toto rozdělení bylo provedeno podle Metodiky ÚVTIZ č. 5/92. V případě, že pro danou lokalitu nejsou k dispozici hodnoty, používají se hodnoty platné pro celou Českou republiku (Podhrázská & Dufková, 2005).

Od subjektů hospodařících v daném povodí byl zjištěn 5-ti letý osevní postup za období 2009 – 2013.

Tab. 3 Období ochranného vlivu plodin a jejich posklizňových zbytků dle Wischmeiera & Smithe (1978)

Období vývoje plodiny	
1.	období podmítky a hrubé brázdy
2.	období od přípravy pozemku k setí do 1. měsíce po zasetí
3.	období od konce 2. období do 30.4.
4.	období od konce 3. období do sklizně
5.	období strniště

Stanovení dle průměrných hodnot faktoru C pro jednotlivé plodiny:

Tento způsob stanovení se používá v případě, že osevní postup není známý. Použijí se orientační hodnoty ročních C faktorů jednotlivých plodin (Podhrázská & Dufková, 2005).

V řešeném povodí se nachází sady i vinice a byly pro ně použity orientační hodnoty ročních C faktorů. Pro speciální kultury se zatravněným meziřadím se používá hodnota $C = 0,22$ a v případě zatravnění každého druhého meziřadí pak hodnota $C = 0,44$ (Holý, 1978).

4.2.1.8 Faktor účinnosti protierozních opatření *P*

Hodnota faktoru protierozních opatření závisí na druhu opatření (Příloha 4). Když na pozemku chybí tato opatření nebo nejsou dodrženy maximální délky a počty pásů bere se v úvahu hodnota $P = 1$ (Janeček & kol., 2012).

4.2.2 Ztráta půdy z přívalového deště

Transport splavenin se vypočítá pomocí rovnice MUSLE dle Williamse & Berndta (1972) tvaru (Podhrázská & Dufková, 2005) [4.7]:

$$G = 11,8 \times (O_{PH} \times Q_{PH})^{0,56} \times K \times LS \times C \times P \quad (t) \quad [4.7]$$

kde: O_{PH} ...objem přímého odtoku (m^3)

Q_{PH} ...kulminační průtok (m^3 / s)

K, L, S, C, P ...vážené průměry faktorů univerzální rovnice

4.2.2.1 Objem přímého odtoku O_{PH}

Nejprve se musí spočítat čísla odtokových křivek CN. Pro výpočet je třeba znát (Janeček & kol., 2005):

- hydrologické skupiny, určené dle hydrologických vlastností (Příloha 5), zemědělských půd podle HPJ (Příloha 6)
- vlhkost půdy určenou na základě 5-ti denního úhrnu předcházejících srážek (index předchozích srážek – IPS) ve 3 stupních; pro návrhové účely se používá IPS II (střední nasycení půdy vodou)
- využití půdy, vegetační pokryv, způsob obdělávání a uplatnění protierozních opatření

Na základě využití půdy, způsobu obdělávání, hydrologických podmínek (Tab. 4) byla stanovena průměrná čísla odtokových křivek – CN pro ISP II (Příloha 7) (Janeček & kol., 2012). Z hodnot CN pro jednotlivé využití půdy se následně určí průměrné číslo CN, které poté vstupuje do výpočtu přímého odtoku.

Tab. 4 Hydrologické podmínky

Hydrologické podmínky	Dobré (Dp)
	Špatné (Šp)

Stanovení objemu přímého odtoku O_{pH} (Janeček & kol., 2012) [4.8]:

$$O_{pH} = 1000 \times P_p \times H_0 \quad (\text{m}^3) \quad [4.8]$$

kde: P_p ...plocha povodí (km^2)

H_0 ...přímý odtok (mm)

- Výpočet přímého odtoku [4.9]

$$H_0 = (H_s - 0,2A)^2 / (H_s + 0,8A) \quad (\text{mm}) \quad [4.9]$$

kde: H_s ...úhrn návrhového deště (mm)

A ...potenciální retence (mm), vyjádřená pomocí CN

- Výpočet potenciální retence [4.10]

$$A = 25,4(1000 / \text{CN} - 10) \quad (\text{mm}) \quad [4.10]$$

Hodnota návrhového deště pro řešenou lokalitu byla zjištěna z Českého hydrometeorologického ústavu ČHMÚ.

4.2.2.2 Kulminační průtok Q_{pH}

Stanovení kulminačního průtoku Q_{pH} (Janeček & kol., 2012) [4.11]:

$$Q_{pH} = 0,00043 \times q_{pH} \times P_p \times H_0 \times f \quad (\text{m}^3 / \text{s}) \quad [4.11]$$

kde: q_{pH} ...jednotkový kulminační průtok (m^3 / s)

P_p ...plocha povodí (km^2)

H_0 ...přímý odtok (mm)

f ...opravný součinitel pro nádrže, rybníky a bažiny (Tab. 5)

Tab. 5 Hodnota opravného součinitele pro nádrže, rybníky a bažiny (Podhrázká & Dufková, 2005)

Procento ploch nádrží, rybníků a bažin v povodí	f
0	1
0,2	0,97
1,0	0,87
3,0	0,75
5,0	0,72

- Výpočet jednotkového kulminačního průtoku q_{pH}

Nejprve se vypočítá poměr akumulace srážek I_A (mm) k úhrnu návrhové srážky H_S (mm) a ještě za pomoci doby koncentrace T_C se následně určí kulminační průtok z nomogramu (Příloha 8) (Janeček & kol., 2012). Doba koncentrace je čas, který je potřebný pro odtok z hydraulicky nejvzdálenějšího bodu v povodí do uzávěrového profilu povodí. Částí doby koncentrace je i doba doběhu T_t , což je čas, který voda potřebuje k přemístění z jednoho místa povodí na jiné (Podhrázká & Dufková, 2005).

Z horních částí povodí voda stéká jako plošný povrchový odtok, poté přechází v soustředěný odtok o malé hloubce a končí jako soustředěný odtok v otevřeném korytě (Podhrázká & Dufková, 2005).

- Výpočet doby koncentrace T_C [4.12]:

$$T_C = T_{ta} + T_{tb} + T_{tc} \quad (\text{hod}) \quad [4.12]$$

kde: T_t ...doba doběhu (hod)

T_{ta} ...plošný povrchový odtok (hod)

T_{tb} ...soustředěný odtok o malé hloubce (hod)

T_{tc} ...soustředěný odtok v otevřeném korytě (hod)

- Plošný povrchový odtok

Pro výpočet plošného povrchového odtoku kratšího než 100 m se používá Manningova kinematická rovnice [4.13]. Je založena na předpokladu mělkého ustáleného stejnoměrného proudění, konstantní intenzitě efektivní srážky, 24 hodinového trvání deště o malém vlivu rychlosti infiltrace na dobu doběhu (Podhrázká & Dufková, 2005).

$$T_{ta} = \frac{0,007 \times \left(\frac{n \times l}{0,3048}\right)^{0,8}}{\left(\frac{Hs_2}{25,4}\right)^{0,5} \times s^{0,4}} \quad (\text{hod}) \quad [4.13]$$

kde: n...Manningův součinitel drsnosti pro plošný povrchový odtok (Příloha 9)

l...délka proudění (m)

Hs₂...dvouletý 24 hodinový déšť (mm)

s...hydraulický sklon povrchu (m / m)

▪ Soustředěný odtok o malé hloubce

Plošný odtok přechází v soustředěný o malé hloubce zhruba po již zmíněných 100 m a počítá se jako (Janeček & kol., 2012) [4.14]:

$$T_{tb} = \frac{l}{3\,600 \times v} \quad (\text{hod}) \quad [4.14]$$

kde: l...délka proudění (m)

v...průměrná rychlost (m / s)

Výpočet průměrné rychlosti závisí na povrchu. Rozlišuje se povrch zpevněný a nezpevněný (Janeček & kol., 2012) [4.15], [4.16]:

$$\text{nezpevněný povrch} \quad v = 4,9178 \times s^{0,5} \quad (\text{m / s}) \quad [4.15]$$

$$\text{zpevněný povrch} \quad v = 6,1960 \times s^{0,5} \quad (\text{m / s}) \quad [4.16]$$

kde: s...sklon vodního toku (m / m)

▪ Soustředěný odtok v otevřeném korytě [4.17]

Soustředěný odtok v otevřeném korytě začíná tam, kde lze změřit příčný profil otevřeného koryta nebo tam, kde je zakresleno v mapě apod. Vypočítá se stejným způsobem jako soustředěný odtok o malé hloubce (Podhrázská & Dufková, 2005):

$$T_{tc} = \frac{l}{3\,600 \times v} \quad (\text{hod}) \quad [4.17]$$

kde: l...délka proudění (m)

v...průměrná rychlost (m / s); vypočtena vzorcem [4.18]

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} \quad (\text{m / s}) \quad [4.18]$$

kde: R...hydraulický poloměr (m); $R = \frac{F}{O}$ [4.19]

F...plocha příčného profilu (m²)

O...omočený obvod (m)

s...sklon koryta toku (m / m)

n... Manningův součinitel drsnosti pro průtok otevřeným korytem (Příloha 10)

4.2.2.3 Faktor erodovatelnosti půdy K

Je dán sumací hodnot K jednotlivých půd vážených plochou připadající na danou půdu (Podhrázká & Dufková, 2005).

Stanovení faktoru K vzorcem (Podhrázká & Dufková, 2005) [4.20]:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \times P_i}{P_p} \quad [4.20]$$

kde: K_i...faktor erodovatelnosti i-té půdy v povodí (t)

P_i...plocha i-té půdy v povodí (ha)

P_p...celková plocha povodí (ha)

n...počet různých půd v povodí

4.2.2.4 Topografický faktor LS

Stanovení faktoru LS vzorcem (Podhrázká & Dufková, 2005) [4.21]:

$$LS = l^{0.5} \times (0,0138 + 0,0097s + 0,00138s^2) \quad [4.21]$$

kde: l...průměrná délka povrchového toku po svahu (m)

s...průměrná svažítost povodí (%)

- Výpočet průměrné délky povrchového toku po svahu [4.22]:

$$l = \frac{P_p}{2 \times l_v} \quad [4.22]$$

kde: P_p ...celková plocha povodí (ha)
 l_v ...celková délka všech toků v povodí (m)

- Výpočet průměrné svažítosti povodí [4.23]:

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \times P_i}{P_p} \quad [4.23]$$

kde: P_i ...plochy jednotlivých dílčích plošek v povodí se sklony S_i (m)
 P_p ...celková plocha povodí (m²)
 S_i ...střední volené intervaly sklonu (%)

4.2.2.5 Faktor ochranného vlivu vegetace C

Je určen průměrováním hodnot C každé kultury a plodiny dle velikosti plochy daným způsobem obdělávané (Podhrázská & Dufková, 2005).

Stanovení ze vzorce (Podhrázská & Dufková, 2005) [4.24]:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times P_i}{P_p} \quad [4.24]$$

kde: C_i ...faktor pro i-tý způsob využití
 P_i ...plocha obdělávaná jedním způsobem (ha)
 n ...počet různých způsobů zemědělského využití uplatněných v povodí
 P_p ...celková plocha povodí (ha)

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

V každém EUC jsou vyznačeny 3 spádnice a označeny malými písmeny abecedy (a, b, c). Vedou místy, kde není ničím přerušen povrchový odtok (cestou, příkopem, mezí, apod.) V erozně uzavřeném celku III na základní mapě jsou spádnice vyznačeny i přes vinohrad. Ve skutečnosti se zde totiž žádný vinohrad nenachází a netvoří tedy překážku pro vznik povrchového odtoku. Byly úplně vynechány dvě oblasti, kde se vyskytují protierozní terasy. Eroze je v nich tedy do jisté míry vyřešena, a proto nemělo smysl se jimi dále zabývat.

Výpočet ztráty půdy z přívalového deště se provádí pro celé povodí. Tudíž se uvažují i plochy, které nebyly u stanovení průměrné dlouhodobé ztráty půdy brány v úvahu.

Mapové podklady byly vytvořeny v programu ArcMap. Také jednotlivé rozlohy i délky byly zjištěny pomocí tohoto programu.

Tab. 6 Výměra zemědělské půdy v EUC a výměra celých EUC

EUC	Plocha zemědělské půdy (ha)	Plocha celého celku (ha)
I	41,899	46,127
II	18,840	22,181
III	16,184	20,871
IV	21,309	36,417
V	47,674	71,034
VI	37,969	91,295
VII	11,599	123,933
VIII	4,061	20,461
IX	45,539	86,872
X	12,893	14,841
XI	14,190	14,18

EUC	Plocha zemědělské půdy (ha)	Plocha celého celku (ha)
XII	25,307	27,721
XIII	33,708	49,707
XIV	22,243	26,648
XV	40,763	52,544
XVI	12,513	24,625
XVII	11,365	25,357
Σ	418,057	754,814
vynechaná oblast 1	-	62,052
vynechaná oblast 2	-	53,56
Σ	418,057	870,426

5.1 Výpočet faktoru R

Pro faktor erozní účinnosti dešťů byla brána v úvahu hodnota $40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$ (průměrná hodnota pro ČR) (Janeček & kol., 2012).

5.2 Výpočet faktoru K

Byly spočítány průměrné hodnoty faktoru erodovatelnosti půdy K pro jednotlivé erozně uzavřené celky (Tab. 7). Výpočet byl proveden na základě procentuálního zastoupení hlavních půdních jednotek v každém erozně uzavřeném celku. Mapa BPEJ viz. Příloha 11. Příklad výpočtu faktoru K pro EUC I viz. Příloha 12.

Tab. 7 Faktor K pro jednotlivé EUC

EUC	ø K	EUC	ø K
I	0,44	X	0,48
II	0,44	XI	0,48
III	0,44	XII	0,47
IV	0,42	XIII	0,46
V	0,46	XIV	0,45
VI	0,45	XV	0,42
VII	0,44	XVI	0,40
VIII	0,49	XVII	0,40
IX	0,48		

5.3 Výpočet faktoru LS

Faktor byl vypočítán součinem faktoru L a faktoru S. Tento součin byl proveden pro každou ze 3 spádnic v erozně uzavřených celcích. Jako výsledná hodnota faktoru LS pro jednotlivé erozně uzavřené celky byla vždy vybrána největší hodnota v každém celku (Tab. 8). Ve zmíněné tabulce je výsledná hodnota faktoru LS vyznačena žlutou barvou.

Faktory LS v jednotlivých celcích vychází poměrně vysoké. Je to zapříčiněno tím, že svahy mají velké sklony. Nejvyšší hodnota faktoru LS (15,42) byla zjištěna v erozně uzavřeném celku VII. Sklon spádnice dosahuje skoro 16 %. Naopak nejnižší hodnota (4,02) byla vypočítána v erozně uzavřeném celku XII.

5.3.1 Výpočet faktoru L

Faktor byl vypočítán na základě délek jednotlivých spádnic a exponentu sklonu svahu „m“, který závisí na sklonu svahu.

Vyšší číslo faktoru L znamená větší náchylnost území k vzniku eroze, protože svah není ničím přerušen a snáze tedy vzniká povrchový odtok, který způsobuje erozi. U delších svahů je tedy riziko eroze větší než u svahů kratších (Janeček & kol., 2012).

5.3.2 Výpočet faktoru S

Faktor byl vypočítán pomocí vzorce. Pouze u některých svahů s hodně nepravidelným tvarem, byl vypočítán rozdělením na 10 stejných dílů a vypočtením faktoru S pro každý úsek zvlášť. Výsledná hodnota je pak průměrná hodnota těchto dílčích faktorů.

Výpočet na základě rozdělení na úseky byl proveden v erozně uzavřených celcích u spádnic: I c, IV b, V a, VI a, XII c, XIII b, XIV c, XVI a (Příloha 13a, 13b, 13c). Ve

výše přiložené Tab. 9 jsou faktory S počítány touto metodou, vyznačeny zelenou barvou.

Svahy o větším sklonu jsou náchylnější na erozi než svahy s nižším sklonem. Voda po svazích rychle stéká a nestíhá se infiltrovat do půdy (Špička & kol., 1961).

Tab. 8 Výpočet faktoru LS a vybrání výsledné hodnoty pro jednotlivé EUC

EUC	Spádnice	Délka			Sklon			LS
		l (m)	Exponent <i>m</i>	L	Převýšení	s (%)	S	
I	a	292	0,43	3,03	16	5,48	0,62	1,89
	b	396	0,57	5,17	54	13,65	1,79	9,24
	c	266	0,57	4,13	34	12,76	1,85	7,64
II	a	460	0,57	5,64	58	12,62	1,61	9,1
	b	406	0,57	5,25	55	13,56	1,77	9,29
	c	385	0,57	5,09	53	13,77	1,81	9,2
III	a	433	0,57	5,45	60	13,85	1,82	9,91
	b	402	0,59	5,53	59	14,69	1,96	10,83
	c	348	0,61	5,37	57	16,36	2,24	12,01
IV	a	382	0,61	5,69	63	16,47	2,25	12,83
	b	473	0,57	5,73	60	12,69	1,79	10,25
	c	391	0,57	5,14	51	13,03	1,68	8,66
V	a	342	0,52	4,15	34	9,93	1,19	4,94
	b	368	0,57	4,97	49,5	13,44	1,75	8,7
	c	290	0,57	4,34	39	13,44	1,75	7,59
VI	a	333	0,55	4,44	38	11,4	1,21	5,38
	b	254	0,57	4,02	35	13,77	1,81	7,26
	c	305	0,61	4,95	57	18,69	2,62	12,99
VII	a	366	0,61	5,54	72	19,68	2,78	15,42
	b	159	0,59	3,2	25	15,72	2,13	6,82
	c	225	0,64	4,41	48	21,33	3,06	13,48
VIII	a	199	0,61	3,81	34	17,13	2,36	9,01
	b	412	0,57	5,3	51	12,37	1,57	8,33
	c	138	0,57	2,84	17	12,34	1,57	4,45
IX	a	176	0,57	3,26	22	12,5	1,59	5,2
	b	535	0,48	4,61	35	6,54	0,74	3,4
	c	522	0,55	5,69	60	11,5	1,43	8,12
X	a	237	0,57	3,87	32	13,49	1,76	6,8
	b	405	0,57	5,24	53,5	13,21	1,71	8,98
	c	323	0,55	4,37	38	11,75	1,47	6,42
XI	a	353	0,55	4,59	36	10,19	1,21	5,55
	b	359	0,55	4,63	37	10,31	1,23	5,69
	c	411	0,52	4,57	37,5	9,12	1,03	4,71
XII	a	481	0,48	4,38	38	7,9	0,88	3,87
	b	596	0,48	4,86	44	7,39	0,83	4,02
	c	483	0,48	4,39	32	6,62	0,64	2,81
XIII	a	683	0,52	5,95	55,5	8,12	0,91	5,39
	b	738	0,48	5,38	49,5	6,7	0,68	3,66
	c	404	0,48	4,03	29,5	7,31	0,82	3,3
XIV	a	467	0,48	4,32	36	7,71	0,86	3,72
	b	686	0,48	5,2	50	7,29	0,82	4,24
	c	739	0,52	6,2	63	8,53	0,86	5,33
XV	a	656	0,55	6,45	74	11,28	1,96	12,64
	b	338	0,52	4,13	33	9,75	1,14	4,69
	c	194	0,61	3,75	38	19,63	2,78	10,42
XVI	a	273	0,55	3,98	28	10,25	1,22	4,86
	b	215	0,52	3,26	19	8,85	0,98	3,21
	c	97	0,64	2,58	22	22,64	3,27	8,43
XVII	a	148	0,52	2,68	14	9,48	1,09	2,93
	b	208	0,52	3,21	18	8,63	0,96	3,09
	c	173	0,61	3,51	28	16,17	2,2	7,73

5.4 Výpočet faktoru C

Faktor C byl v každém celku zjištěn jako vážený průměr z osevních postupů za období 2010 – 2014 na půdních blocích, které do daného erozně uzavřeného celku spadají (Tab. 9). To, které půdní bloky patří do příslušného celku, bylo zjištěno z portálu Veřejného registru půdy – LPIS.

Nejmenší hodnota faktoru C vyšla u EUC VII. Nejvyšší hodnota vyšla naopak u EUC V, kde se převážně pěstovala kukuřice a slunečnice. Celkově vycházely hodnoty faktoru C poměrně vysoké právě z důvodu pěstování těchto širokořádkových plodin v určitých letech. Dále se v oblasti převážně pěstovala řepka ozimá a poté ozimé obilniny (hlavně pšenice ozimá a méně ječmen ozimý). Jarní obilniny jako ječmen jarní a pšenice jarní se pěstovaly v menší míře.

Širokořádkové plodiny mají špatný protierozní účinek, protože mají malou hustotu pokryvnosti. Ostatní pěstované plodiny v řešené oblasti mají lepší protierozní účinek než kukuřice se slunečnicí. I tak, ale jejich účinek není dostačující. Navíc chrání půdu pouze ve větší části vegetačního období a ve zbylé části je půda bez vegetačního pokryvu (Holý, 1978).

V Příloze 14a a 14b jsou uvedeny příklady osevních postupů pro danou oblast.

Tab. 9 Průměrná hodnota faktoru C zjištěná na základě faktorů C pro každý půdní blok

EUC	Půdní blok (PB)	Faktor C	Plocha PB v EUC (ha)	Ø faktor C
I	9104/9	0,331	10,298	0,341
	9104/8	0,344	6,081	
	9104/6	0,331	16,229	
	9104/4	0,373	7,61	
	9102/2	0,35	1,681	
II	8101	0,344	7,698	0,348
	8002/7	0,35	11,142	
III	8002/4	0,331	8,995	0,337
	8101	0,344	7,189	
IV	8002/4	0,331	14,285	0,342
	8101	0,344	1,942	
	7004	0,373	5,082	
V	7901/1	0,378	20,854	0,377
	8002/1	0,378	13,405	
	7901/4	0,378	7,103	
	7004	0,373	6,312	
VI	8903/5	0,378	20,66	0,365
	8801/11	0,35	12,223	
	8801/12	0,35	5,086	
VII	7804	0,331	6,334	0,331
	6808/1	0,331	5,265	
VIII	6801/6	0,357	4,061	0,357
IX	6001/1	0,331	22,368	0,350
	6001/7	0,373	13,962	
	6002/5	0,363	9,209	
X	6002/5	0,363	12,893	0,363
XI	6002/5	0,363	14,19	0,363

EUC	Půdní blok (PB)	Faktor C	Plocha PB v EUC (ha)	Ø faktor C
XII	5006/6	0,363	4,999	0,367
	5006/8	0,363	0,916	
	5006/2	0,363	4,429	
	6001/7	0,373	11,217	
	6003/3	0,363	3,746	
XIII	6003/3	0,363	13,088	0,369
	6003/1	0,373	20,62	
XIV	6003/1	0,373	19,667	0,373
	6003/2	0,373	2,576	
XV	7110	0,373	3,537	0,358
	7111	0,373	2,086	
	7112	0,373	3,172	
	7108/3	0,357	1,824	
	7108/5	0,357	4,34	
	9104/8	0,344	4,18	
	6106/3	0,357	12,423	
	6006/1	0,35	8,478	
XVI	7109	0,357	0,723	0,358
	7109	0,357	3,454	
	7108/3	0,357	3,906	
	7108/6	0,368	0,156	
	7201/2	0,368	2,98	
XVII	9104/8	0,344	2,017	0,357
	7201/2	0,368	4,311	
	7244	0,368	1,325	
	8102/2	0,344	0,708	
	8216/1	0,344	0,757	
	9104/8	0,344	2,889	
	7109	0,357	1,375	

5.5 Výpočet faktoru P

Ve všech erozně uzavřených celcích není navrženo žádné protierozní opatření.

Hodnota faktoru P je tedy všude rovna 1 (Sklenička, 2003).

5.6 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy

Ve všech erozně uzavřených celcích vyšla dlouhodobá ztráta půdy (G) větší než je přípustná ztráta (G_p). Na základě porovnání G a G_p byl všude stanoven stupeň ohrožení 4, tedy eroze velmi silná. Stupně eroze v jednotlivých celcích jsou vyznačeny v mapě (Příloha 15).

Výsledný vysoký stupeň eroze je zapříčiněn působením všech zohledňovaných faktorů zároveň. Jedná se o špatně sestavené oseední postupy bez začlenění plodin s vysokým protierozním účinkem jako třeba jeteloviny. Dále je to špatné obhospodařování pozemků, protože jsou obdělávány ve směru spádnic (kolmo na vrstevnice). Vzniklé brázdy napomáhají vzniku soustředěného povrchového odtoku a případnému vzniku rýhové eroze. Nepříznivě působí i velká nepřerušovaná délka svahů, která podporuje vznik plošného povrchového odtoku a rychlého odtečení vody z oblasti aniž by se v povodí nějakou dobu zdržela. Také velké sklony svahů mají negativní účinek (Zachar, 1970).

Tab. 10 Výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy

EUC	Spádnice	Výměra EUC (ha)	R	K	L	S	LS	C	P	G (t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)	G_p (t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)	Stupeň eroze	Eroze (celkem t)
I	b	41,899	40,0	0,44	5,17	1,79	9,24	0,341	1,000	55,50	4	4	2 325,39
II	b	18,840	40,0	0,44	5,25	1,77	9,29	0,348	1,000	56,83	4	4	1 070,59
III	c	16,184	40,0	0,44	5,37	2,24	12,01	0,337	1,000	71,19	4	4	1 152,08
IV	a	21,309	40,0	0,42	5,69	2,25	12,83	0,342	1,000	73,76	4	4	1 571,74
V	b	47,674	40,0	0,46	4,97	1,75	8,70	0,377	1,000	60,40	4	4	2 879,71
VI	c	37,969	40,0	0,45	4,95	2,62	12,99	0,365	1,000	85,40	4	4	3 242,53
VII	a	11,599	40,0	0,44	5,54	2,78	15,42	0,331	1,000	89,83	4	4	1 041,95
VIII	a	4,061	40,0	0,49	3,81	2,36	9,01	0,357	1,000	63,04	4	4	256,03
IX	c	45,539	40,0	0,48	5,69	1,43	8,12	0,350	1,000	54,62	4	4	2 487,37
X	b	12,893	40,0	0,48	5,24	1,71	8,98	0,363	1,000	62,59	4	4	806,93
XI	b	14,190	40,0	0,48	4,63	1,23	5,69	0,363	1,000	39,66	4	4	562,73
XII	b	25,307	40,0	0,47	4,86	0,83	4,02	0,367	1,000	27,77	4	4	702,75
XIII	a	33,708	40,0	0,46	5,95	0,91	5,39	0,369	1,000	36,61	4	4	1 233,98
XIV	c	22,243	40,0	0,45	6,20	0,86	5,33	0,373	1,000	35,79	4	4	795,98
XV	a	40,763	40,0	0,42	6,45	1,96	12,64	0,358	1,000	75,95	4	4	3 095,97
XVI	c	12,513	40,0	0,40	2,58	3,27	8,43	0,358	1,000	48,24	4	4	603,65
XVII	c	11,365	40,0	0,40	3,51	2,20	7,73	0,357	1,000	44,21	4	4	502,47
	Σ	418,057										Σ	24 331,86

5.7 Návrh protierozních opatření

Cílem bylo navrhnout taková opatření, aby se stupeň eroze snížil na 1, tedy na erozi nepatrnou. Bylo navrženo několik forem protierozních opatření (PEO).

Po návrhu opatření jsou nové faktory označeny daným písmenem s čarou (např. P' apod.)

5.7.1 Organizační opatření

5.7.1.1 Protierozní osevní postupy

U všech celků byly vytvořeny nové protierozní postupy. Bylo navrženo zařazení vojtěšky i jetelotrav. Úplně byly z osevních postupů vyřazeny širokořádkové plodiny, tedy kukuřice a slunečnice, protože řešené území je hodně sklonité a tyto plodiny nejsou vhodné na pozemky o velkém sklonu. Nedoporučuje se je pěstovat na svazích se sklonem 12 – 20 %, které jsou v dané oblasti relativně časté.

Vojtěška a jetelotrava zlepši svým kořenovým systémem i svou biomasou strukturu půdy a podpoří tak lepší vsak vody do půdy. Také budou pokrývat půdu větší část roku než jiné plodiny (Holý, 1994).

Změnou osevních postupů se sníží hodnota faktoru C. Celkem byly vytvořeny 3 nové osevní postupy (Příloha 16a, 16b, 16c). Kdy u protierozního osevního postupu 1 je hodnota faktoru C' 0,040, u osevního postupu 2 je C' 0,039 a u osevního postupu 3 je C' 0,049.

5.7.1.2 Ochranné zatravnění

Jako jedno z protierozních opatření bylo navrženo ochranné zatravnění. Bylo použito v EUC VI, EUC VII, EUC VIII, EUC XVI a XVII. Toto opatření bylo zvoleno v uvedených celcích, protože erozní smyv v nich byl velký a jsou to celky s velmi velkým sklonem v rozmezí od 16 % do 22%.

V těchto případech se doporučuje právě ochranné zatravnění. Hodnota faktoru C' je 0,005 (Podhrázská & Dufková, 2005).

5.7.2 Agrotechnická opatření

5.7.2.1 Konturové obdělávání půdy

Jako agrotechnické opatření bylo zvoleno konturové (vrstevnicové) obdělávání půdy v EUC XI, EUC XIII a EUC XIV. Toto opatření se doporučuje používat na pozemcích se sklonem do 12 %. U vybraných celků je tato podmínka splněna.

Díky obdělávání po vrstevnici vzniknou brázdy kolmo nebo v malém odklonu na směr stékající vody. Zadrží ji a umožní její pomalejší odvedení z pozemku a zvětší se i množství infiltrované vody do půdy (Novotný & kol., 2014).

Sníží se hodnota faktoru P. Sklony svahů u těchto celků spadají do rozmezí 7 – 12 % a hodnota nového faktoru P' je tedy 0,7.

5.7.3 Technická opatření

5.7.3.1 Protierozní průlehy

V několika případech nebylo možné použít konturové obdělávání půdy z důvodu nesplnění potřebných podmínek. A ani osevnické postupy nesnížily průměrnou dlouhodobou ztrátu půdy na přípustnou mez. V těchto celcích byly tedy navrženy protierozní průlehy, díky kterým se snížila ztráta půdy. Konkrétně se jedná o EUC I, EUC II, EUC III, EUC IV, EUC V, EUC IX, EUC X a EUC XV.

Tímto opatřením se mění hodnota faktoru L. Průlehy pozemek rozdělí na několik částí, jejichž délka po spádnicí odpovídá přípustné délce svahu, která sníží smyv půdy. Také se jednak zadrží srážky a bezpečně odvedou z pozemku (Pasák & kol., 1984).

Výpočtem se zjistí nová délka svahu, která poté vstupuje do výpočtu faktoru L' dle vzorce [4.2]. V tabulce 11 je spočítán potřebný počet průlehů v daných erozně uzavřených celcích.

Vzorec pro výpočet přípustné délky svahu (l_p):

$$l_p = 22,13 \times L_p \quad (\text{m}) \quad [4.25]$$

$$L_p = \frac{G_p}{K \times R \times S \times C' \times P} \quad [4.26]$$

kde: K, R, S, C', P...jsou faktory z USLE (C' je nový faktor po změně osevnických postupů)

G_p ...přípustná ztráta půdy ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)

Tab. 11 Návrh průlehů ve vybraných erozně uzavřených celcích

EUC I			EUC V		
$L_p = G_p / (R \times K \times S \times C' \times P)$	$l_p = 22,13 \times L_p$	délka svahu (l) = 396 m	$L_p = G_p / (R \times K \times S \times C' \times P)$	$l_p = 22,13 \times L_p$	délka svahu (l) = 368 m
$L_p = 4 / (40 \times 0,44 \times 1,79 \times 0,04 \times 1)$	$l_p = 22,13 \times 3,18$	$L_p=3,18 \quad l_p=70 \text{ m}$	$L_p = 4 / (40 \times 0,46 \times 1,75 \times 0,039 \times 1)$	$l_p = 22,13 \times 3,18$	$L_p=3,18 \quad l_p=70 \text{ m}$
$L_p = 3,18$	$l_p = 70 \text{ m}$	$396 : 70 = 6 \text{ částí}$	$L_p = 3,18$	$l_p = 70 \text{ m}$	$368 : 70 = 6 \text{ částí}$
$l' = 396 : 6 = 66 \text{ m}$			$l' = 368 : 6 = 61 \text{ m}$		
6 částí => 5 průlehů			6 částí => 5 průlehů		
$L' = 1,86$			$L' = 1,78$		
EUC II			EUC IX		
$L_p = G_p / (R \times K \times S \times C' \times P)$	$l_p = 22,13 \times L_p$	délka svahu (l) = 406 m	$L_p = G_p / (R \times K \times S \times C' \times P)$	$l_p = 22,13 \times L_p$	délka svahu (l) = 522 m
$L_p = 4 / (40 \times 0,44 \times 1,77 \times 0,04 \times 1)$	$l_p = 22,13 \times 3,21$	$L_p=3,21 \quad l_p=71 \text{ m}$	$L_p = 4 / (40 \times 0,48 \times 1,43 \times 0,04 \times 1)$	$l_p = 22,13 \times 3,65$	$L_p=3,65 \quad l_p=81 \text{ m}$
$L_p = 3,21$	$l_p = 71 \text{ m}$	$406 : 71 = 6 \text{ částí}$	$L_p = 3,65$	$l_p = 81 \text{ m}$	$522 : 81 = 7 \text{ částí}$
$l' = 406 : 6 = 68 \text{ m}$			$l' = 522 : 7 = 75 \text{ m}$		
6 částí => 5 průlehů			7 částí => 6 průlehů		
$L' = 1,90$			$L' = 1,96$		
EUC III			EUC X		
$L_p = G_p / (R \times K \times S \times C' \times P)$	$l_p = 22,13 \times L_p$	délka svahu (l) = 348 m	$L_p = G_p / (R \times K \times S \times C' \times P)$	$l_p = 22,13 \times L_p$	délka svahu (l) = 405 m
$L_p = 4 / (40 \times 0,44 \times 2,24 \times 0,039 \times 1)$	$l_p = 22,13 \times 2,61$	$L_p=2,61 \quad l_p=58 \text{ m}$	$L_p = 4 / (40 \times 0,48 \times 1,71 \times 0,039 \times 1)$	$l_p = 22,13 \times 3,12$	$L_p=3,12 \quad l_p=69 \text{ m}$
$L_p = 2,61$	$l_p = 58 \text{ m}$	$348 : 58 = 6 \text{ částí}$	$L_p = 3,12$	$l_p = 69 \text{ m}$	$405 : 69 = 6 \text{ částí}$
$l' = 348 : 6 = 58 \text{ m}$			$l' = 405 : 6 = 68 \text{ m}$		
6 částí => 5 průlehů			6 částí => 5 průlehů		
$L' = 1,80$			$L' = 1,90$		
EUC IV			EUC XV		
$L_p = G_p / (R \times K \times S \times C' \times P)$	$l_p = 22,13 \times L_p$	délka svahu (l) = 382 m	$L_p = G_p / (R \times K \times S \times C' \times P)$	$l_p = 22,13 \times L_p$	délka svahu (l) = 656 m
$L_p = 4 / (40 \times 0,42 \times 2,25 \times 0,039 \times 1)$	$l_p = 22,13 \times 2,71$	$L_p=2,71 \quad l_p=60 \text{ m}$	$L_p = 4 / (40 \times 0,42 \times 1,96 \times 0,039 \times 1)$	$l_p = 22,13 \times 3,11$	$L_p=3,11 \quad l_p=69 \text{ m}$
$L_p = 2,71$	$l_p = 60 \text{ m}$	$382 : 60 = 7 \text{ částí}$	$L_p = 3,11$	$l_p = 69 \text{ m}$	$656 : 69 = 10 \text{ částí}$
$l' = 382 : 7 = 55 \text{ m}$			$l' = 656 : 10 = 67 \text{ m}$		
7 částí => 6 průlehů			10 částí => 9 průlehů		
$L' = 1,74$			$L' = 1,84$		

5.8 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy po návrhu PEO

Po navržení protierozních opatření se povedlo snížit průměrnou dlouhodobou ztrátu půdy pod přípustnou mez a ve všech erozně uzavřených celcích vyšel stupeň eroze 1 (Tab. 12).

Před návrhem byla celková ztráta půdy 24 331,86 t. Po návrhu se snížila na hodnotu 971,07 t. Přehled protierozních opatření v konkrétních celcích je vypsán v Tab. 13 a vyznačen v mapě (Příloha 17).

Tab. 12 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy po návrhu PEO

EUC	Spádnice	Výměra EUC (ha)	R	K	r (m)	L'	S	LS'	C'	P'	G' (t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)	G _p (t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)	Stupeň eroze	Eroze (celkem t)
I	b	41,899	40,0	0,44	66	1,86	1,79	3,32	0,040	1,000	2,34	4	1	97,99
II	b	18,840	40,0	0,44	68	1,90	1,77	3,36	0,040	1,000	2,37	4	1	44,62
III	c	16,184	40,0	0,44	58	1,80	2,24	4,02	0,039	1,000	2,76	4	1	44,71
IV	a	21,309	40,0	0,42	55	1,74	2,25	3,92	0,039	1,000	2,57	4	1	54,78
V	b	47,674	40,0	0,46	61	1,78	1,75	3,12	0,039	1,000	2,24	4	1	106,68
VI	c	37,969	40,0	0,45				12,99	0,005	1,000	1,17	4	1	44,39
VII	a	11,599	40,0	0,44				15,42	0,005	1,000	1,36	4	1	15,74
VIII	a	4,061	40,0	0,49				9,01	0,005	1,000	0,88	4	1	3,59
IX	c	45,539	40,0	0,48	75	1,96	1,43	2,80	0,040	1,000	2,15	4	1	97,84
X	b	12,893	40,0	0,48	68	1,90	1,71	3,25	0,039	1,000	2,44	4	1	31,42
XI	b	14,190	40,0	0,48				5,69	0,049	0,700	3,75	4	1	53,17
XII	b	25,307	40,0	0,47				4,02	0,040	1,000	3,02	4	1	76,50
XIII	a	33,708	40,0	0,46				5,39	0,049	0,700	3,40	4	1	114,67
XIV	c	22,243	40,0	0,45				5,33	0,049	0,700	3,29	4	1	73,20
XV	a	40,763	40,0	0,42	67	1,84	1,96	3,61	0,039	1,000	2,36	4	1	96,32
XVI	c	12,513	40,0	0,40				8,43	0,005	1,000	0,67	4	1	8,44
XVII	c	11,365	40,0	0,40				7,73	0,005	1,000	0,62	4	1	7,03
	Σ	418,057											Σ	971,07

Pozn.: Žlutou barvou jsou vyznačeny faktory, které se změnilo po návrhu konkrétních PEO.

Tab. 13 Výčet protierozních opatření v konkrétních EUC

EUC	Protierozní opatření
I	Protierozní osevní postup 1; protierozní průlehy (5 průlehy)
II	Protierozní osevní postup 1; protierozní průlehy (5 průlehy)
III	Protierozní osevní postup 2; protierozní průlehy (5 průlehy)
IV	Protierozní osevní postup 2; protierozní průlehy (6 průlehy)
V	Protierozní osevní postup 2; protierozní průlehy (5 průlehy)
VI	Ochranné zatravnění
VII	Ochranné zatravnění
VIII	Ochranné zatravnění
IX	Protierozní osevní postup 1; protierozní průlehy (6 průlehy)
X	Protierozní osevní postup 2; protierozní průlehy (5 průlehy)
XI	Protierozní osevní postup 3; konturové obdělávání půdy
XII	Protierozní osevní postup 1
XIII	Protierozní osevní postup 3; konturové obdělávání půdy
XIV	Protierozní osevní postup 3; konturové obdělávání půdy
XV	Protierozní osevní postup 2; protierozní průlehy (9 průlehy)
XVI	Ochranné zatravnění
XVII	Ochranné zatravnění

5.9 Transport splavenin

Transport splavenin se počítal pro celé povodí. Uvažovala se tedy i plocha, která byla vyčleněna při výpočtu USLE.

5.9.1 Čísla odtokových křivek

Čísla odtokových křivek – CN, vstupují do dalších výpočtů.

Plocha orné půdy vzrostla, protože se počítá i s oblastmi, kde se vyskytují protierozní terasy, které nebyly brány v úvahu při výpočtu USLE. Tato území jsou také obhospodařována a byl pro ně zjištěn osevní postup od hospodařících subjektů. Ve zmíněných oblastech se několik pozemků obhospodařuje po vrstevnici.

Čísla odtokových křivek se počítala pro povodí před návrhem protierozních opatření (Tab. 14) a také po návrhu protierozních opatření (Tab. 15).

Tab. 14 CN před návrhem protierozních opatření

Využití půdy	P _i (ha)	Způsob obdělávání	Hydrologické podmínky	Hydrologická půdní skupina	Číslo dotokové křivky - CN dle hydrologických skupin půd	P _i × CN
Širokořádkové plodiny	62,022	Pf.	Šp.	B	81	5 023,78
Úzkořádkové plodiny	427,469	Pf.	Šp.	B	76	32 487,64
Sady a vinice	128,722	-	Stř.	B	65	8 366,93
TTP	52,631	-	-	B	58	3 052,60
Nepropustné plochy	41,071	-	-	B	98	4 024,96
Zemědělský dvůr	4,337	-	-	B	74	320,94
Les	154,174	-	Db.	B	55	8 479,57
Σ	870,426					61 756,42
				$\bar{\theta}CN = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times CN)}{\sum_{i=1}^n P_i}$		
				$\bar{\theta}CN = 61\,756,42 / 870,426$		
				Ø CN = 71		

Tab. 15 CN po návrhu protierozních opatření

Využití půdy	P _i (ha)	Způsob obdělávání	Hydrologické podmínky	Hydrologická půdní skupina	Číslo dotokové křivky - CN dle hydrologických skupin půd	P _i × CN
Širokořádkové plodiny	-	-	-	-	-	-
Úzkořádkové plodiny	141,576	Vř.	Db.	B	73	10 335,05
Pícniny	270,408	Vř.	Db.	B	69	18 658,15
Sady a vinice	128,722	-	Stř.	B	65	8 366,93
TTP	130,138	-	-	B	58	7 548,00
Nepropustné plochy	41,071	-	-	B	98	4 024,96
Zemědělský dvůr	4,337	-	-	B	74	320,94
Les	154,174	-	Db.	B	55	8 479,57
Σ	870,426					57 733,60
				$\bar{\theta}CN = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times CN)}{\sum_{i=1}^n P_i}$		
				$\bar{\theta}CN = 57\,733,60 / 870,426$		
				Ø CN = 66		

Hodnota čísel odtokových křivek (71) před návrhem protierozních opatření je vyšší z toho důvodu, že se na pozemcích v daném roce pěstovaly i širokořádkové plodiny a vůbec nebyly zastoupeny pícniny.

Širokořádkové plodiny díky své malé hustotě pokryvu půdy zadržují méně dopadajících srážek. To znamená, že dopad těchto srážek není dostatečně zpomalen, aby se vsákly do půdy postupně. Vzniká tedy snáze plošný povrchový odtok (Novotný & kol., 2014).

Naopak po změně osevních postupů a návrhu ochranného zatravnění se hodnota čísel odtokových křivek snížila na hodnotu 66.

Z osevních postupů byly vyřazeny širokořádkové plodiny a naopak zařazeny i víceleté pícniny, které jsou na pozemku po delší dobu a kryjí lépe půdní povrch. Zlepšují infiltraci vody do půdy a tedy snižují pravděpodobnost vzniku plošného povrchového odtoku (Janeček & kol., 2012).

5.9.2 Objem přímého odtoku O_{pH} a O_{pH}'

Pro určení objemu přímého odtoku je třeba znát přímý odtok, potenciální retenci a hodnotu návrhové srážky. Do výpočtu potenciální retence vstupují také čísla odtokových křivek – CN. Objem přímého odtoku byl spočítán pro povodí před návrhem změny skladby pěstovaných plodin (Tab. 16) a poté po změně osevních postupů a navrhnutí ochranného zatravnění (Tab. 17).

Tab. 16 Objem přímého odtoku O_{pH} před návrhem PEO

Veličina		Hodnota	Jednotky
Potenciální retence	A	103,75	mm
Čísla odtokových křivek	CN	71	-
Návrhová srážka	H_S	82	mm
Přímý odtok	H_0	22,74	mm
Plocha povodí	P_p	8,70426	km ²
Objem přímého odtoku	O_{pH}	197 934,87	m³

Tab. 17 Objem přímého odtoku O_{pH}' po návrhu PEO

Veličina		Hodnota	Jednotky
Potenciální retence	A'	130,85	mm
Čísla odtokových křivek	CN'	66	-
Návrhová srážka	H_S	82	mm
Přímý odtok	H_0'	16,70	mm
Plocha povodí	P_p	8,70426	km ²
Objem přímého odtoku	O_{pH}'	145 361,14	m³

Objem přímého odtoku před návrhem PEO vyšel vyšší než po návrhu PEO. A to proto, že se v druhém případě zvýšila potenciální retence. Tedy se zvětšil objem vody, který by byl zadržen vegetací a infiltroval by se do půdy na úkor objemu vody, který by stekl po povrchu (Janeček & kol., 2012).

5.9.3 Kulminační průtok Q_{pH} a Q_{pH}'

Pro výpočet kulminačního průtoku je třeba znát jednotkový kulminační průtok, který se zjišťuje z nomogramu pomocí doby koncentrace a poměru akumulace srážek k úhrnu návrhové srážky. Opět byl kulminační průtok spočítán pro povodí před návrhem PEO (Tab. 18) a po jejich návrhu (Tab. 19).

Tab. 18 Hodnota Q_{pH} a potřebné údaje pro jeho výpočet před návrhem PEO

Veličina		Hodnota	Jednotky
Manningův součinitel drsnosti (v úseku plošného povrchového odtoku)	n	0,150	-
Délka proudění (v úseku plošného povrchového odtoku)	l	100,000	m
Dvouletý 24hodinový déšť	H_{S2}	33,5	mm
Sklon povrchu (v úseku plošného povrchového odtoku)	s	0,1800	-
Doba doběhu při plošném povrchovém odtoku	T_{ta}	0,30	h
Délka proudění (v úseku soustředěného odtoku o malé hloubce)	l	1289,340	m
Průměrná rychlost proudění (v úseku soustředěného odtoku o malé hloubce)	v	1,40	m/s
Sklon povrchu (v úseku soustředěného odtoku o malé hloubce)	s	0,0512	-
Doba doběhu při soustředěném odtoku o malé hloubce	T_{tb}	0,26	h
Délka proudění (v úseku soustředěného odtoku v otevřeném korytě)	l	3435,482	m
Průměrná rychlost proudění (v úseku soustředěného odtoku v otevřeném korytě)	v	0,97	m/s
Manningův součinitel drsnosti (v úseku soustředěného odtoku v otevřeném korytě)	n	0,033	-
Hydraulický poloměr	R	0,19	m ²
Plocha příčného profilu	F	0,70	m ²
Omočený obvod	O	3,61	m
Sklon povrchu (v úseku soustředěného odtoku v otevřeném korytě)	s	0,0093	-
Doba doběhu při soustředěném odtoku v otevřeném korytě	T_{tc}	0,98	h
Doba koncentrace	T_c	1,54	h
Plocha povodí	P_p	8,70426	km ²
Přímý odtok	H_o	22,74	mm
Opravný součinitel pro nádrže, rybníky a bažiny	f	1	-
Akumulace srážek	I_A	20,75	mm
Potenciální retence	A	103,75	mm
Návrhová srážka	H_S	82	mm
Jednotkový kulminační průtok	q_{pH}	256	m ³ /s
Kulminační průtok	Q_{pH}	21,79	m³/s

Tab. 19 Hodnota Q_{pH}' a potřebné údaje pro jeho výpočet po návrhu PEO

Veličina		Hodnota	Jednotky
Doba koncentrace	T_c	1,54	h
Plocha povodí	P_p	8,70426	km ²
Přímý odtok	H_o'	16,70	mm
Opravný součinitel pro nádrže, rybníky a bažiny	f	1	-
Akumulace srážek	I_A'	26,17	mm
Potenciální retence	A'	130,85	mm
Návrhová srážka	H_S	82	mm
Jednotkový kulminační průtok	q_{pH}'	228	m ³ /s
Kulminační průtok	Q_{pH}'	14,25	m³/s

Doba koncentrace je v obou případech (před i po návrhu protierozních opatření) stejná, protože se v místech plošného povrchového odtoku a soustředěného odtoku o malé hloubce po návrhu opatření nic nezměnilo. Samozřejmě, že návrh opatření nemá vliv na soustředěný odtok v otevřeném korytě. Jediné hodnoty, které se změnilo, byly

přímý odtok, akumulace srážek, potenciální retence a jednotkový kulminační průtok. Tyto veličiny se změnily, protože do výpočtu vstupovala nová nižší hodnota čísel odtokových křivek po návrhu PEO.

Zjištění kulminačního průtoku slouží hlavně k dimenzování základních hydrotechnických druhů protierozních opatření, jako jsou příkopy a průlehy (Podhrázká & Dufková, 2005). Po navržení protierozních opatření v podobě ochranného zatravnění a protierozních osevních postupů je výsledná hodnota Q_{PH} 14,25 m³ / s. Z toho vyplývá, že navržené protierozní průlehy budou muset být nadimenzovány na tento kulminační průtok, aby byly schopny odvést potřebné množství vody a správně plnily svou funkci.

5.9.4 Průměrná hodnota faktoru K pro celé povodí

Průměrná hodnota faktoru K pro povodí byla zjištěna na základě dílčích hodnot K pro jednotlivé BPEJ a celkové ploše povodí. Výsledný faktor K má hodnotu 0,44 t (Tab. 20).

Tab. 20 Průměrný faktor K pro celé povodí

HPJ	K_{HPJ} (t)	P_{BPEJ} (ha)	$K_{HPJ} \times P_{BPEJ}$
01	0,41	226,410	92,828
07	0,26	2,695	0,701
08	0,49	442,122	216,640
22	0,24	1,888	0,453
41	0,33	148,358	48,958
58	0,42	48,953	20,560
Σ		870,426	380,140
$\bar{K} = 0,44$ t			

5.9.5 Průměrná hodnota faktoru C a C' pro celé povodí

Pro výpočet průměrného faktoru C pro povodí byly zohledněny všechny kultury a plodiny pěstované v povodí, jejich plošné zastoupení a konkrétní hodnoty faktoru C. Výsledná hodnota faktoru C je poté 0,294 (Tab. 21). Hodnota je poměrně vysoká, protože se v daném roce pěstovaly i širokořádkové plodiny (kukuřice).

Sady a vinice mají přiřazený faktor $C = 0,22$ z důvodu zatravnění všech meziřadí (Holý, 1978).

Tab. 21 Průměrný faktor C pro celé povodí

Plodina	C_i	P_i (ha)	$C_i \times P_i$
Obilniny	0,329	427,469	140,637
Kukuřice	0,455	62,022	28,22
Sady a vinohrady	0,22	128,722	28,3188
TTP	0,005	52,631	0,26316
	Σ	670,844	197,439
$\bar{\phi} C = 0,294$			

Naopak faktor C' pro celé povodí po návrhu protierozních opatření se snížil na hodnotu 0,066 (Tab. 22). Z osevních postupů byly vyřazeny širokořádkové plodiny (kukuřice), navrženo zařazení pěstování pícnin a zvýšilo se zastoupení trvale travních porostů (TTP).

Všechna tato opatření podpořila snížení faktoru C' , protože mají lepší ochranný účinek. Jednak zpomalují a zamezují vzniku povrchového odtoku, ale také zlepšují svými kořeny a biomasou vlastnosti půdy jako pórovitost a propustnost půdy (Šarapatka, 2014).

Tab. 22 Průměrný faktor C' pro celé povodí

Plodina	C'_i	P_i (ha)	$C'_i \times P_i$
Obilniny	0,078	141,576	11,0429
Pícniny	0,016	270,408	4,32653
Sady a vinohrady	0,22	128,722	28,3188
TTP	0,005	130,138	0,65069
	Σ	670,844	44,339
$\bar{\phi} C' = 0,066$			

5.9.6 Průměrná hodnota faktoru LS pro celé povodí

Navržená protierozní opatření nemají vliv na faktor LS, proto je stejný pro oba případy (Tab. 23). Pro výpočet bylo třeba zjistit průměrnou délku povrchového odtoku a průměrný sklon povodí, jehož určení je uvedeno v Příloze 19.

Tab. 23 Průměrná hodnota faktoru LS pro celé povodí

Veličina		Hodnota	Jednotka
Celková délka všech druhů proudění	l_v	4 824,82	m
Plocha povodí	P_p	8 704 260,00	m ²
$\bar{\phi}$ délka povrchového odtoku	l	902,03	m
$\bar{\phi}$ sklon povodí	s	14,62	%
$\bar{\phi}$ faktor LS pro celé povodí	LS	13,53	-

Hodnota topografického faktoru LS je 13,53, protože největší plochu území tvoří svahy se sklonem v rozmezí 12 – 20 % a 5 – 12 %. Tedy i výsledný průměrný sklon je poměrně velký (14,62 %).

5.9.7 Průměrná hodnota faktoru P a P' pro celé povodí

Hodnota faktoru P před návrhem protierozních opatření je 0,966, protože už jsou v povodí vybudovány protierozní terasy a některé pozemky se obdělávají konturově, tedy po vrstevnici. Tato opatření snižují faktor P (Tab. 24).

Tab. 24 Průměrná hodnota faktoru P pro celé povodí

Použité PEO	P	P _i (ha)	P × P _i
Protierozní terasy	0,100	32,308	3,2308
Konturové obdělávání	0,900	6,661	5,995
Žádné	1,000	831,457	831,457
		Σ 870,426	840,683
Ø P = 0,966			

Výsledný faktor P' po návrhu protierozních opatření se snížil na 0,940, protože jako jedno z protierozních opatření, které snižuje hodnotu faktoru P, bylo navrženo konturové obdělávání pozemků (Tab. 25). Toto opatření zabraňuje vzniku povrchového odtoku a snižuje tedy riziko vzniku eroze. Také zpomaluje odtok vody z povodí (Pasák & kol., 1984).

Tab. 25 Průměrná hodnota faktoru P' pro celé povodí

Použité PEO	P'	P _i (ha)	P' × P _i
Protierozní terasy	0,100	32,308	3,2308
Konturové obdělávání	0,700	76,802	53,762
Žádné nebo P se nemění	1,000	761,316	761,316
		Σ 870,426	818,308
Ø P' = 0,940			

5.9.8 Výsledný transport splavenin G a G'

Celkový transport splavenin před návrhem protierozních opatření činil 103 617,59 t (Tab. 26). Je to proto, že je půda volbou nevhodných pěstovaných plodin málo chráněná před dopadem dešťových kapek. Nejen samotné plodiny, ale i způsob obhospodařování pozemků působí negativně na strukturu půdy a jiné její vlastnosti. Dochází k rozpadu půdních agregátů a půdní částice jsou tedy snáze odnášeny působením vnějších faktorů (Smrček, 2011).

Také přílišná délka pozemků a poměrně velké sklony svahů pozemků, kde se pěstují plodiny, přispívají k velkému odnosu půdních částic z daných míst až do vodního toku (Holý, 1994).

Tab. 26 Transport splavenin G před návrhem PEO

Veličina		Hodnota	Jednotka
Objem přímého odtoku	O_{pH}	197 934,87	m^3
Kulminační průtok	Q_{pH}	21,79	m^3/s
Faktor erodovatelnosti půdy	K	0,44	t
Topografický faktor	LS	13,53	-
Faktor ochranného vlivu vegetace	C	0,294	-
Faktor účinnosti protierozních opatření	P	0,966	
Transport splavenin	G	103 617,59	t

Po návrhu protierozních opatření se transport splavenin snížil na 15 011,66 t (Tab. 27). Podařilo se toho dosáhnout změnou pěstovaných plodin s lepšími účinky na půdu. Také změnou způsobu obhospodařování pozemků a zkrácením pozemků na přípustnou délku.

Půda je po všech těchto opatřeních lépe chráněna před působením dopadajících dešťových kapek a snížilo se riziko vzniku povrchového odtoku. Do toku se tak dostane méně splavenin a omezí se zanášení vodního toku materiálem, který zmenšuje jeho průtočnou kapacitu. Také se zabrání eutrofizaci vod (Smrček, 2011).

Tab. 27 Transport splavenin G' po návrhu PEO

Veličina		Hodnota	Jednotka
Objem přímého odtoku	O_{pH}'	145 361,14	m^3
Kulminační průtok	Q_{pH}'	14,25	m^3/s
Faktor erodovatelnosti půdy	K	0,44	t
Topografický faktor	LS	13,53	-
Faktor ochranného vlivu vegetace	C'	0,066	-
Faktor účinnosti protierozních opatření	P'	0,940	
Transport splavenin	G'	15 011,66	t

6 ZÁVĚR

Výsledkem diplomové práce s názvem „Stanovení ztráty půdy erozí a návrh protierozních opatření“ bylo zjištění, že v povodí toku Pradlena díky nevhodnému hospodaření na pozemcích a místním přírodním podmínkách dochází k velkému odnosu půdních částic. Z pohledu stupně ohroženosti půd vodní erozí je v daném povodí eroze velmi silná.

Jak již bylo zmíněno, je to dáno i způsobem obhospodařování zemědělských pozemků. Jedná se o vinařskou i ovocnářskou oblast. Z hlediska výrobních oblastí spadá povodí do kukuřičné výrobní oblasti (KVO). KVO je vhodná pro pěstování plodin jako kukuřice, slunečnice, pšenice ozimá, ječmen jarní aj. A v řešeném povodí se pěstují hlavně tyto plodiny. Také je v osevních postupech hojně zastoupena řepka ozimá, která ale nepatří mezi hlavní zemědělské plodiny pěstované v kukuřičné výrobní oblasti. Nejlepší protierozní účinek ze zmíněných plodin má pšenice ozimá, poté ječmen jarní, řepka ozimá a nejmenší protierozní účinek mají kukuřice se slunečnicí.

Dalším negativním faktorem podporující vznik eroze jsou místní přírodní podmínky. Jedná se o hodně zvlněný terén se svahy o velkých sklonech, což znesnadňuje vsak vody do půdy a spíše podporuje její stečení po svahu do nižších, méně sklonitých částí povodí a následně do vodního toku.

Po zjištění stupně eroze v povodí bylo nezbytné navrhnout v celém povodí několik druhů protierozních opatření. Opatření se vybírala na základě vhodnosti v každém EUC zvlášť. Limitujícími faktory byl sklon svahu a délka pozemku po spádnici. Pouze u protierozních osevních postupů se nemusely tyto faktory zohledňovat. Byly pouze voleny plodiny s lepším ochranným účinkem, plodiny zlepšující vlastnosti půdy a byla snaha zachovat hlavní plodiny, které se v oblasti v současnosti pěstují.

Po návrhu protierozních opatření došlo ke snížení ze 4. stupně erozního ohrožení na stupeň 1 a snížila se tak průměrná dlouhodobá ztráta půdy na přípustnou mez. Opatření také ovlivnila transport splavenin, který se snížil.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

BRTNICKÝ M. & kol., 2015: *Půdní typy ČR*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 88 s. ISBN 978-80-7509-282-3, ISBN 978-80-87361-46-7.

BUZEK L., 1983: *Eroze půdy*. Ostrava: Pedagogická fakulta v Ostravě, 257 s.

DEMEK J. & kol., 2014: *Zeměpisný lexikon ČR. Hory a nížiny I. část*. 3. vydání. Praha: Mendelova univerzita v Brně, 610 s. ISBN 978-80-7509-113-0.

Eroze. In: Slovníky.cz [online]. Maxdorf, s.r.o., 2011. Stránka naposledy edit. 25.9.2013 v 11:45. [vid. 2016-03-30]. Česká verze. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/eroze>

Geologická mapa. In: Geologická mapa 1 : 50 000: mapová aplikace [online]. Česká geologická služba, 2013. Stránka naposledy edit. 13.10.2015. [vid. 2016-03-31]. Česká verze. Dostupné z: http://mapy.geology.cz/geocr_50/

Geomorfologie. In: MapoMat: mapová aplikace [online]. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2012. Stránka naposledy edit. 8.5.2015. [vid. 2016-03-30]. Česká verze. Dostupné z: <http://mapy.nature.cz/>

HOLÝ M., 1978: *Protierozní ochrana*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 288 s.

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

Horní Bojanovice. In: Horní Bojanovice [online]. [vid. 2016-03-30]. Obec Horní Bojanovice, 2014. Stránka naposledy edit. 19.8.2014. [vid. 2016-03-30]. Česká verze. Dostupné z: <http://www.hornibojanovice.cz/informace-o-obci/>

JANDÁK J. & kol., 2010: *Půdoznalství*. 3. vydání. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 143 s. ISBN 978-80-7375-445-7.

JANEČEK M. & kol., 2005: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. 2. vydání. Praha: ISV nakladatelství, 195 s. ISBN 80-86642-38-0.

JANEČEK M. & kol., 2012: *Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika*. Praha: powerprint, 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.

JONES & kol., 2003: *Nature and extent of soil erosion in Europe* [online]. EU: Technical working group on erosion, 27 s. [vid. 2016-04-15]. Dostupné z: http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/pesera/pesera_cd/pdf/WP2ErosInterimRepV331_4CD.pdf

KREŠL J., SEREDA O., 1989: *Inženýrské stavby lesnické a protierozní ochrana půdy*. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně, 254 s.

NOVOTNÝ I. & kol., 2014: *Příručka ochrany proti vodní erozi*. 2. vydání. Praha: Ministerstvo zemědělství, 73 s. ISBN 978-80-87361-33-7

PASÁK V. & kol., 1984: *Ochrana půdy před erozí*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 164 s.

PODHRÁZSKÁ J., DUFKOVÁ J., 2005: *Protierozní ochrana půdy-cvičení*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 99 s. ISBN 80-7157-856-8.

Půdní mapa. In: Půdní mapa 1 : 50 000: mapová aplikace [online]. Česká geologická služba, 2012. Stránka naposledy edit. 12.12.2014. [vid. 2016-03-31]. Česká verze. Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/pudy/>

QUITT E., 1984: *Klima Jihomoravského kraje*. Brno: Kabinet zeměpisu KPÚ v Brně, Pellicova 43, 165 s.

RENARD K.G. & kol., 1997: *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*

[online]. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 703. [vid. 2016-04-10]. Dostupné z: https://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/64080530/RUSLE/AH_703.pdf

SKLENIČKA P., 2003: *Základy krajinného plánování*. 2. vydání. Praha: Naděžda Skleničková, 321 s. ISBN 80-903206-1-9.

SMRČEK L., 2011: *Eroze půdy a protierozní ochrana půdy*. Praha: Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s., 53 s. ISBN 978-80-87262-11-5.

TOMAN F., 1996: *Protierozní ochrana půdy-cvičení*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 76 s. ISBN 80-7157-220-9.

TOMÁŠEK M., 2000: *Půdy České republiky*. 2. vydání. Praha: Český geologický ústav, 68 s. ISBN 80-7075-403-6

ŠARAPATKA B., 2014: *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 232 s. ISBN 978-80-244-3736-1.

ŠLANCAR J., 2015: Emailová komunikace ze dne 17.3.

ŠPIČKA A. & kol., 1961: Terénní poměry, s. 15 – 18. In: ŠPIČKA A. & kol., 1961: *Kniha o půdě 3. Zpracování půdy*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 231 s.

Štinkovka. In: Wikipedie [online]. Wikipedie: otevřená encyklopedie, 2014. Stránka naposledy edit. 18.5.2014 ve 14:24. [vid. 2016-02-15]. Česká verze. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=%C5%A0tinkovka&oldid=11467311>

ŠVEHLÍK R., 2005: *Vodní eroze na jihovýchodní Moravě v obrazech*. Uherské Hradiště: Přírodovědný klub v Uherském Hradišti a Muzeum jihovýchodní Moravy ve Zlíně, 64 s. ISBN 80-86485-08-0

WILLIAMS J. R. & BERNDT H. D., 1972: Sediment Yield Computed with Universal Equation. Proceedings of The American Society of Civil Engineers: 2087 – 2098.

WISCHMEIER W. H. & SMITH D. D., 1978: Predicting Rainfall Erosion Losses – *A Guide to Conservation Planning* [online]. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 703. [vid. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>

ZACHAR A., 1970: *Erózia pôdy*. 2. vydání. Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied v Bratislave, 528 s.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A ZKRATEK

8.1 Obrázky

Obr. 1 Mapa povodí toku Pradlenka

Obr. 2 Erozně uzavřené celky v povodí toku Pradlenka

8.2 Tabulky

Tab. 1 Přípustná ztráta půdy

Tab. 2 Stupeň ohroženosti půd vodní erozí

Tab. 3 Období ochranného vlivu plodin a jejich posklizňových zbytků dle Wischmeiera & Smithe (1978)

Tab. 4 Hydrologické podmínky

Tab. 5 Hodnota opravného součinitele pro nádrže, rybníky a bažiny

Tab. 6 Výměra zemědělské půdy v EUC a výměra celých EUC

Tab. 7 Faktor K pro jednotlivé EUC

Tab. 8 Výpočet faktoru LS a vybrání výsledné hodnoty pro jednotlivé EUC

Tab. 9 Průměrná hodnota faktoru C zjištěná na základě faktorů C pro každý půdní blok

Tab. 10 Výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy

Tab. 11 Návrh průleहů ve vybraných erozně uzavřených celcích

Tab. 12 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy po návrhu PEO

Tab. 13 Výčet protierozních opatření v konkrétních EUC

Tab. 14 CN před návrhem protierozních opatření

Tab. 15 CN po návrhu protierozních opatření

Tab. 16 Objem přímého odtoku O_{pH} před návrhem PEO

Tab. 17 Objem přímého odtoku $O_{pH'}$ po návrhu PEO

Tab. 18 Hodnota Q_{pH} a potřebné údaje pro jeho výpočet před návrhem PEO

Tab. 19 Hodnota $Q_{pH'}$ a potřebné údaje pro jeho výpočet po návrhu PEO

Tab. 20 Průměrný faktor K pro celé povodí

Tab. 21 Průměrný faktor C pro celé povodí

Tab. 22 Průměrný faktor C' pro celé povodí

Tab. 23 Průměrná hodnota faktoru LS pro celé povodí

Tab. 24 Průměrná hodnota faktoru P pro celé povodí

Tab. 25 Průměrná hodnota faktoru P' pro celé povodí

Tab. 26 Transport splavenin G před návrhem PEO

Tab. 27 Transport splavenin G' po návrhu PEO

8.3 Zkratky

BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
CN	čísla odtokových křivek
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
EUC	erozně uzavřený celek
HPJ	hlavní půdní jednotka
KVO	kukuřičná výrobní oblast
LPIS	Land Parcel Identification System
MUSLE	Modifikovaná univerzální rovnice ztráty půdy
PEO	protierozní opatření
PHO	pásma hygienické ochrany
TTP	trvale travní porost
USLE	Univerzální rovnice ztráty půdy
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Vyústění potoku Pradlenka pod obecním úřadem v obci Horní Bojanovice
- Příloha 2 Hodnoty faktoru K pro jednotlivé HPJ
- Příloha 3 Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky pro hlavní plodiny dle Wischmeiera & Smithe (1978)
- Příloha 4 Hodnoty faktoru účinnosti protierozních opatření dle Wischmeiera & Smithe (1978)
- Příloha 5 Hydrologické skupiny půd dle hydrologických vlastností půd
- Příloha 6 Hydrologické skupiny zemědělských půd podle HPJ
- Příloha 7 Průměrná čísla odtokových křivek – CN pro IPS II
- Příloha 8 Nomogram pro určení kulminačního průtoku
- Příloha 9 Manningův součinitel drsnosti pro plošný povrchový odtok
- Příloha 10 Manningův součinitel drsnosti pro průtok otevřeným korytem
- Příloha 11 Mapa s bonitovanými půdně ekologickými jednotkami
- Příloha 12 Výpočet faktoru K pro EUC I
- Příloha 13a Výpočet faktoru S rozdělením svahu na 10 úseků
- Příloha 13b Výpočet faktoru S rozdělením svahu na 10 úseků
- Příloha 13c Výpočet faktoru S rozdělením svahu na 10 úseků
- Příloha 14a Příklady osevních postupů v dané oblasti
- Příloha 14b Příklady osevních postupů v dané oblasti
- Příloha 15 Vyznačené stupně eroze v jednotlivých erozně uzavřených celcích
- Příloha 16a Protierozní osevní postup 1
- Příloha 16b Protierozní osevní postup 2
- Příloha 16c Protierozní osevní postup 3
- Příloha 17 Vyznačená protierozní opatření v jednotlivých erozně uzavřených celcích
- Příloha 18 Výpočet průměrného sklonu povodí

**Příloha 1 Vyústění potoku Pradlenka pod obecním úřadem v obci Horní
Bojanovice (Monika Fischerová, 2016)**



Příloha 2 Hodnoty faktoru K pro jednotlivé HPJ (Janeček & kol., 2012)

HPJ	K - faktor	HPJ	K - faktor
01	0,41	40	0,24
02	0,46	41	0,33
03	0,35	42	0,56
04	0,16	43	0,58
05	0,28	44	0,56
06	0,32	45	0,54
07	0,26	46	0,47
08	0,49	47	0,43
09	0,60	48	0,41
10	0,53	49	0,35
11	0,52	50	0,33
12	0,50	51	0,26
13	0,54	52	0,37
14	0,59	53	0,38
15	0,51	54	0,40
16	0,51	55	0,25
17	0,40	56	0,40
18	0,24	57	0,45
19	0,33	58	0,42
20	0,28	59	0,35
21	0,15	60	0,31
22	0,24	61	0,32
23	0,25	62	0,35
24	0,38	63	0,31
25	0,45	64	0,40
26	0,41	65	nedostatek dat
27	0,34	66	nedostatek dat
28	0,29	67	0,44
29	0,32	68	0,49
30	0,23	69	nedostatek dat
31	0,16	70	0,41
32	0,19	71	0,47
33	0,31	72	0,48
34	0,26	73	0,48
35	0,36	74	nedostatek dat
36	0,26	75	nedostatek dat
37	0,16	76	nedostatek dat
38	0,31	77	nedostatek dat
39	nedostatek dat	78	nedostatek dat

Příloha 3 Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky pro hlavní plodiny dle Wischmeiera & Smithe (Janeček & kol., 2012)

Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období						
			1	2	3	4	5a	5b	
Obilniny	po 1. roce po jetelovinách	OP St	0,50 0,02	0,55 0,02	0,30 0,02	0,05 0,02	0,20 0,02	0,04 0,02	
	po obilninách	OP St	0,65 0,25	0,70 0,25	0,45 0,20	0,08 0,08	0,25 0,25	0,04 0,04	
	po okopaninách a kukuřici	OP St	0,70 0,70	0,75 0,70	0,50 0,45	0,08 0,08	0,25 0,25	0,04 0,04	
Kukuřice	Sláma předplodiny sklizená	OP	0,70	0,90	0,70	0,35	0,70	0,40	
		St	O K 0,25	O K 0,25	O K 0,25				
	sláma předplodiny nesklizená	OP	0,60	0,75	0,55	0,25	0,60	0,30	
		St	O K 0,04 0,30	O K 0,04 0,25	O K 0,04 0,20	O K 0,05 0,20	O K 0,25 0,40	O K 0,15 0,30	
	do herbicidem umrtveného drnu	víceletých pícnin		0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03
		jílku jako ozimé meziplodiny		0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,10
Brambory, Cukrovka	v přímých řádcích libovolného směru		0,65	0,80	0,65	0,30	0,70		
Vojtěška			0,02						
Jetel červený dvousečný			0,015						
Víceletá tráva, louky			0,005						

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

Příloha 4 Hodnoty faktoru účinnosti protierozních opatření dle Wischmeiera & Smithe (1978) (Podhrázská & Dufková, 2005)

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
- okopanin s víceletými pícninami	0,30	0,35	0,40	0,45
-okopanin 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
Terasování	0,05-0,20			

Příloha 5 Hydrologické skupiny půd dle hydrologických vlastností půd (Janeček & kol., 2012)

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

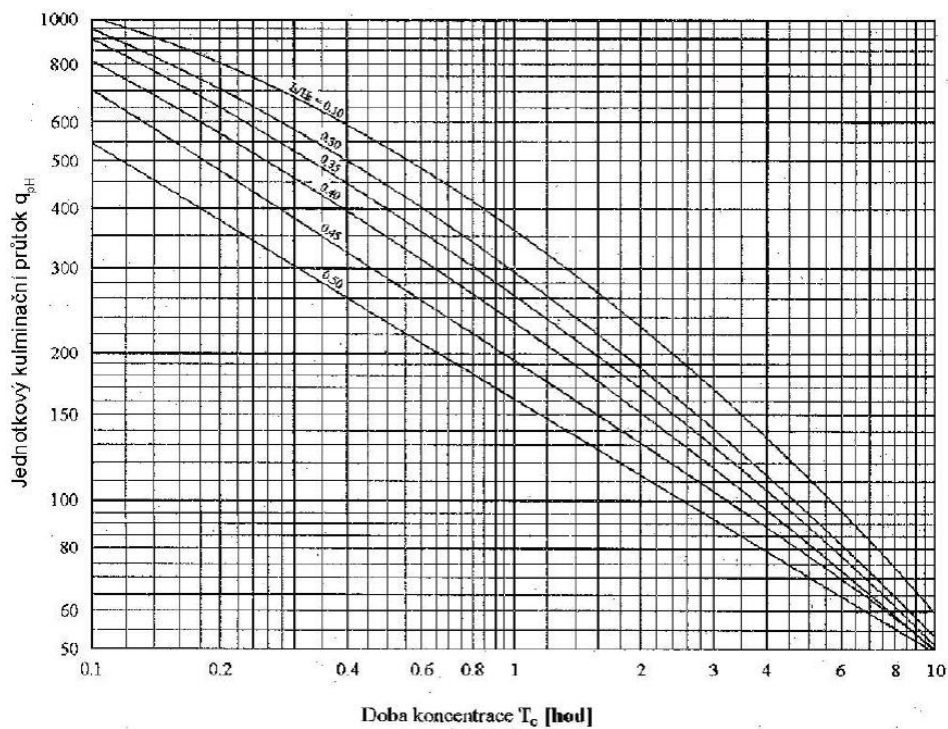
Příloha 6 Hydrologické skupiny zemědělských půd podle HPJ (Janeček & kol., 2012)

HPJ (2. a 3. č. BPEJ)	Hydrologická půdní skupina	HPJ (2. a 3. č. BPEJ)	Hydrologická půdní skupina	HPJ (2. a 3. č. BPEJ)	Hydrologická půdní skupina
1	B	27	B	53	D
2	B	28	B	54	D
3	C	29	B	55	A
4	A	30	B	56	B
5	A	31	A	57	C
6	C	32	A	58	C
7	D	33	B	59	D
8	B	34	B	60	B
9	B	35	B	61	D
10	B	36	B	62	C
11	B	37	B	63	D
12	B	38	B	64	C
13	B	39	C	65	C
14	B	40	B	66	D
15	B	41	B	67	D
16	B	42	B	68	D
17	A	43	B	69	D
18	B	44	C	70	D
19	B	45	C	71	D
20	D	46	C	72	D
21	A	47	C	73	D
22	B	48	C	74	D
23	C	49	D	75	C
24	B	50	C	76	D
25	B	51	C	77	C
26	B	52	C	78	C

Příloha 7 Průměrná čísla odtokových křivek – CN pro IPS II (Janeček & kol., 2012)

Využití půdy	Způsob obdělávání	Hydrologické podmínky	Čísla odtokových křivek – CN podle hydrologických skupin půd			
			A	B	C	D
Úhor, čerstvě kypřený	Pz	Šp	77	86	91	94
		Dp	76	85	90	93
Širokořádkové plodiny (okopaniny)	Př	Šp	72	81	88	91
	Př	Db	67	78	85	89
	Př + Pz	Šp	71	80	87	90
	Př + Pz	Db	64	75	82	85
	Vř	Šp	70	79	84	88
	Vř	Db	65	75	82	86
	Vř + Pz	Šp	69	78	83	87
	Vř + Pz	Db	64	74	81	85
	Vř + Pr	Sp	66	74	80	82
	Vř + Pr	Db	62	71	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	65	73	79	81
Úzkořádkové plodiny (obilniny)	Př	Šp	65	76	84	88
	Př	Db	63	75	83	87
	Př + Pz	Šp	64	75	83	86
	Př + Pz	Db	60	72	80	84
	Vř	Šp	63	74	82	85
	Vř	Db	61	73	81	84
	Vř + Pz	Šp	62	73	81	84
	Vř + Pz	Db	60	72	80	83
	Vř + Pr	Sp	61	72	79	82
	Vř + Pr	Db	59	70	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	60	71	78	81
Víceleté pícniny, luštěniny	Př	Šp	66	77	85	89
	Př	Db	58	72	81	85
	Vř	Šp	64	75	83	85
	Vř	Db	55	69	78	83
	Vř + Pz	Šp	63	73	80	83
Pastviny s pokryvem	< 50 %	-	68	79	86	89
	50 - 75 %	-	49	69	79	84
	> 75 %	-	39	61	74	80
Louky	Sklizené	-	30	58	71	78
Křoviny s pokryvem	< 50 %	-	48	67	77	83
	50 - 75 %	-	35	56	70	77
	> 75 %	-	30	48	65	73
Sady se zatravněným meziřadím		Šp	57	73	82	86
		Stř.	43	65	76	82
		Db	32	58	72	79
Lesy		Šp	45	66	77	83
		Stř	36	60	73	79
		Db	30	55	70	77
Zemědělské dvory		-	59	74	82	86
Komunikace s příkopy	dlážděné, živičné, makadamové, šterkové,		83	89	92	93
	nezpevněné, hliněné		76	85	89	91
			72	82	87	89
Nepropustné plochy			98	98	98	98

Příloha 8 Nomogram pro určení kulminačního průtoku (Janeček & kol., 2012)



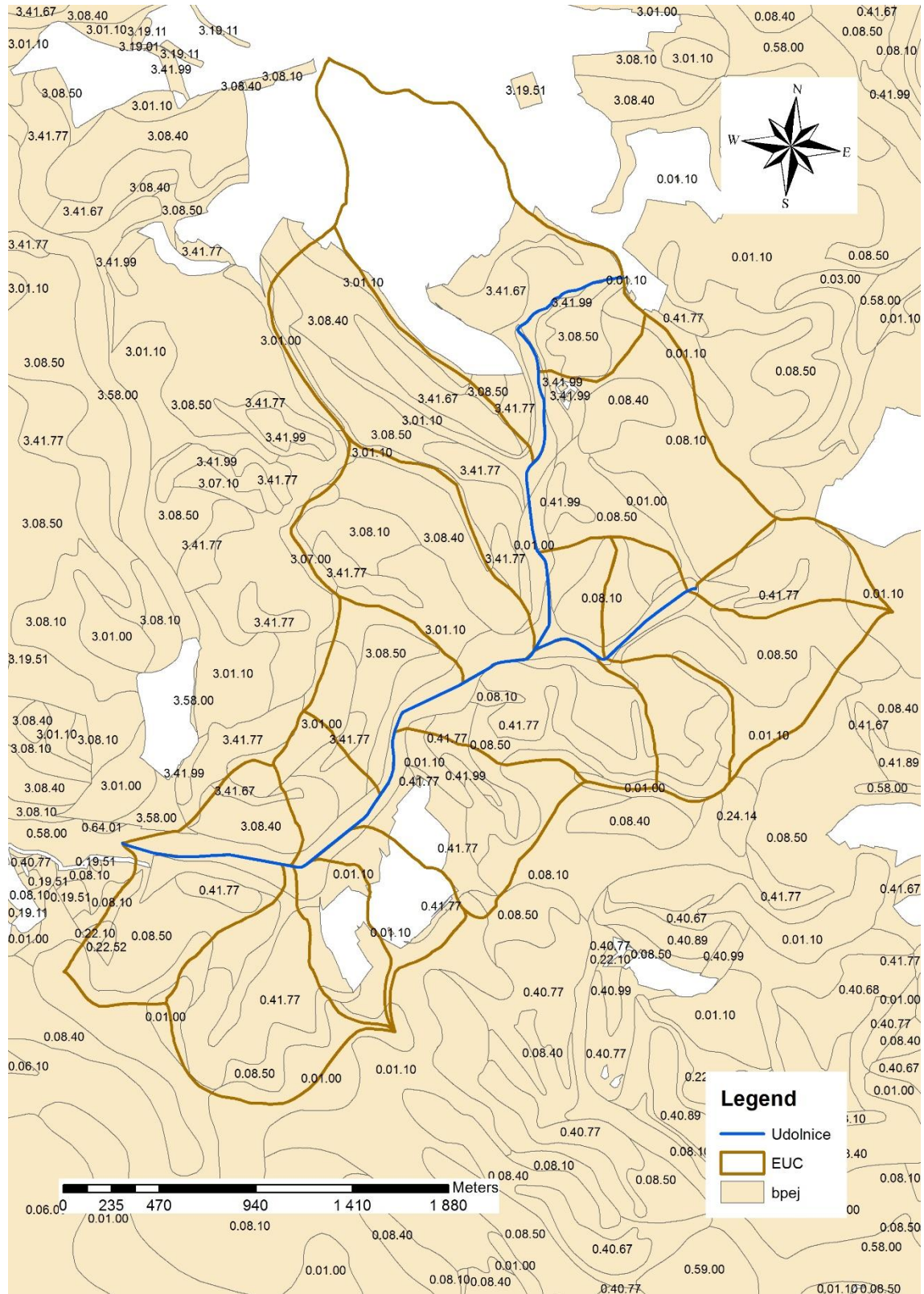
Příloha 9 Manningův součinitel drsnosti pro plošný povrchový odtok (Podhrázká & Dufková, 2005)

Popis povrchu	Manningův součinitel drsnosti pro plošný povrchový odtok (n)
Hladký povrch (beton, asfalt, štěrk, holá půda)	0,011
Úhor bez posklizňových zbytků	0,05
Obdělávaná půda s posklizňovými zbytky pokrývajícimi: <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> < 20 % povrchu > 20 % povrchu </div>	0,06 0,17
Travní porost: <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> nízký středně vysoký hustý </div>	0,15 0,24 0,41
Les s bylinným porostem : <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> řídkým hustým </div>	0,40 0,80

Příloha 10 Manningův součinitel drsnosti pro průtok otevřeným korytem (Janeček & kol., 2012)

Charakteristika koryta	Manningův součinitel drsnosti pro otevřená koryta (n)
Betonové tvárnice spárované	0,012
Betonové tvárnice	0,013
Struskobetonové tvárnice "Klas"	0,014
Kamenná dlažba spárovaná	0,022
Polovegetační tvárnice	0,025
Zemní koryto pravidelné, kosené	0,025
Kamenná dlažba na sucho, hrubá	0,029
Kamenná rovnanina	0,032
Polovegetační tvárnice, vzrostlý dn	0,033
Zemní koryto pravidelné, nekosené	0,033

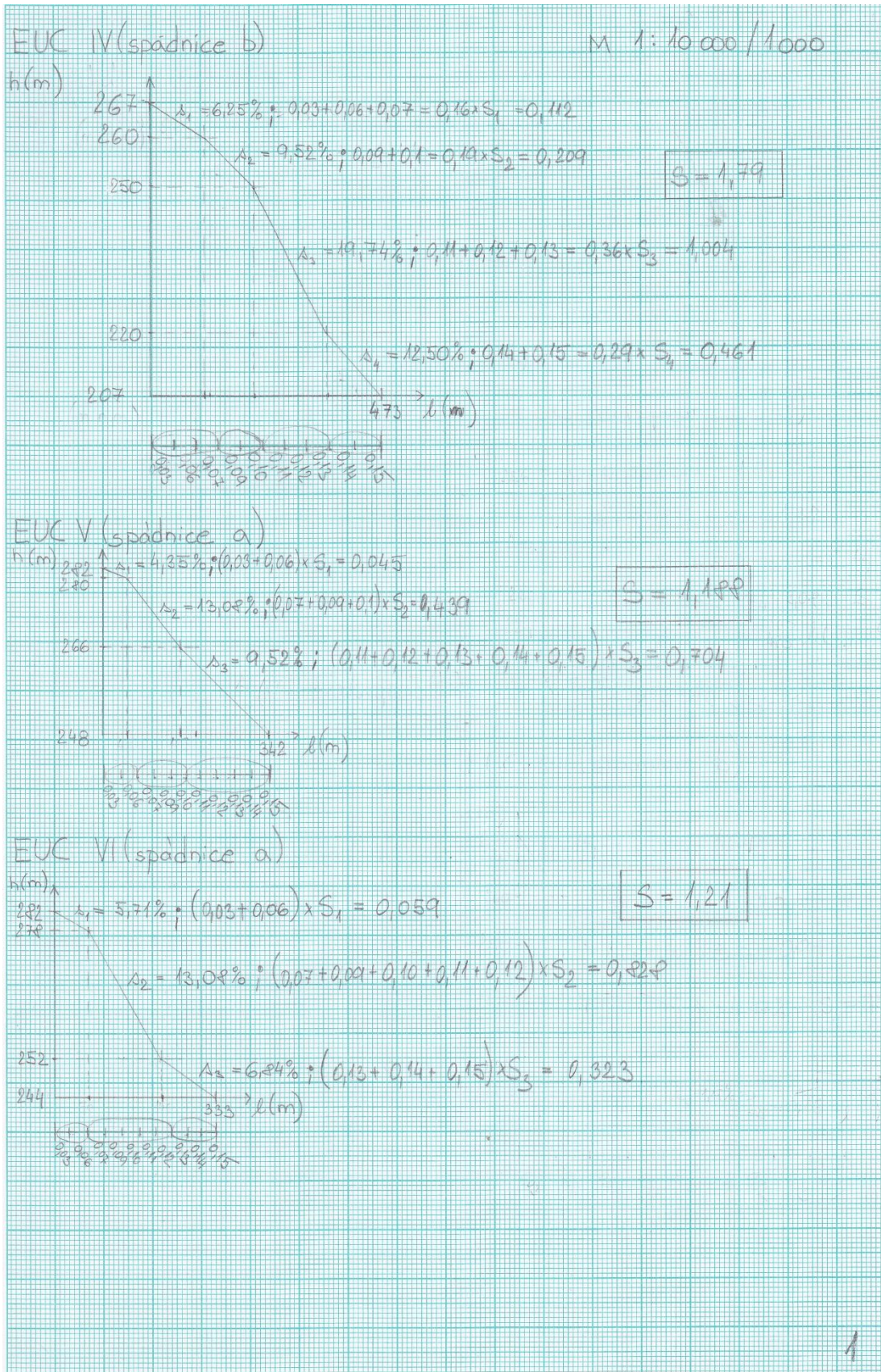
Příloha 11 **Mapa s bonitovanými půdně ekologickými jednotkami (Fischerová, ArcMap, 2016)**



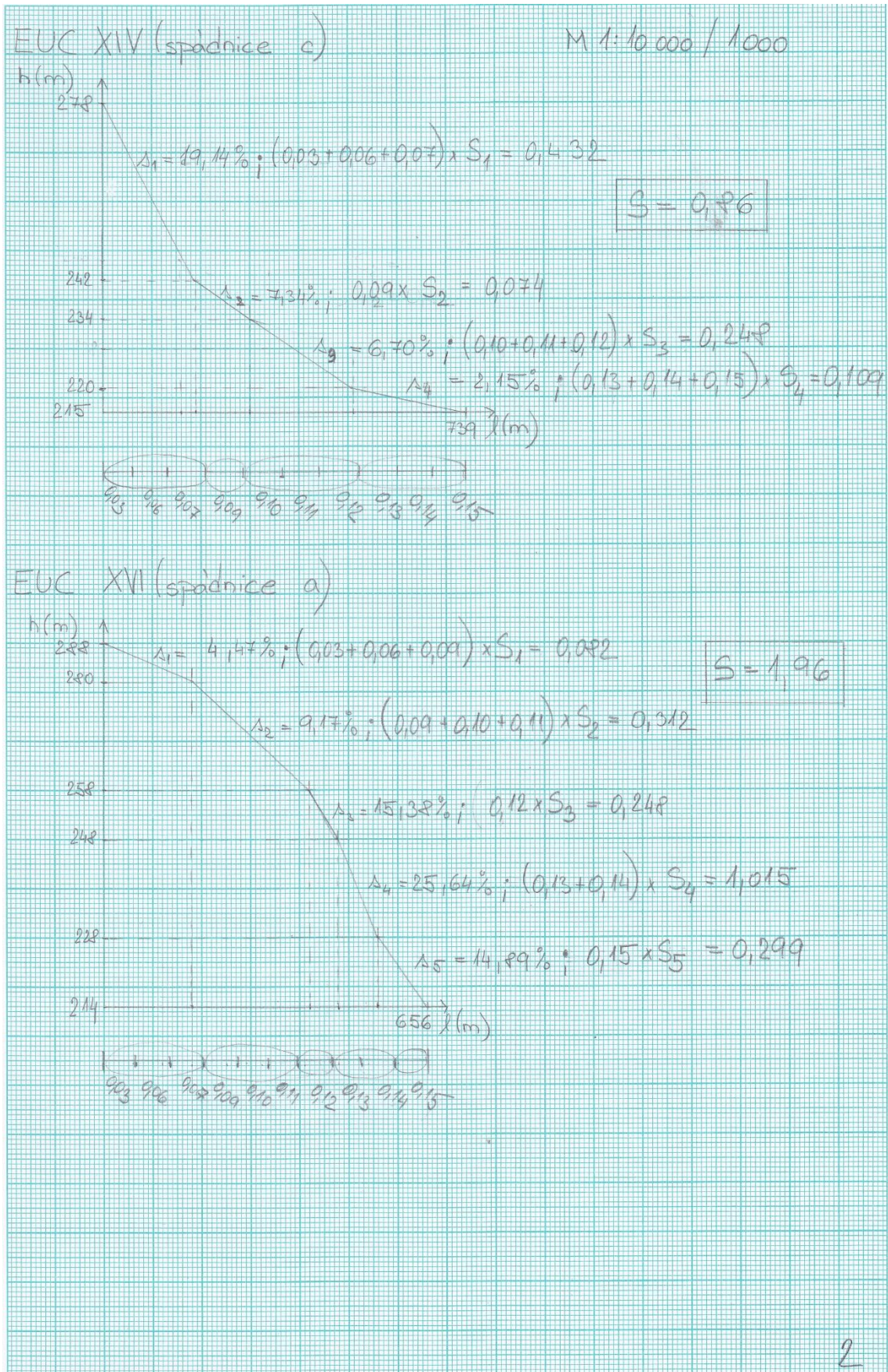
Příloha 12 Příklad výpočtu faktoru K pro EUC I

EUC	HPJ	K_{HPJ}	P_{BPEJ} (%)	K_{HPJ} × P_{BPEJ}
I	01	0,41	14,17	5,81
	08	0,49	61,29	30,03
	22	0,24	4,51	1,08
	41	0,33	11,01	3,63
	58	0,42	9,03	3,79
	Σ	-	100,00	44,35
			øK	0,44

Příloha 13a Výpočet faktoru S rozdělením svahu na 10 úseků



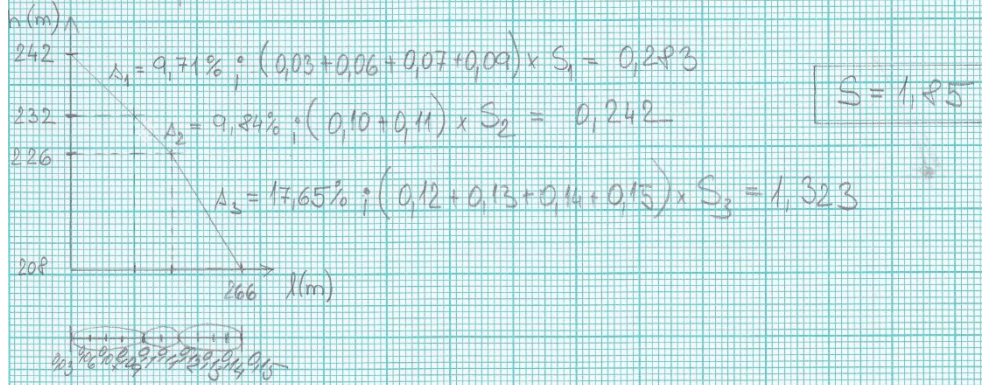
Příloha 13b Výpočet faktoru S rozdělením svahu na 10 úseků



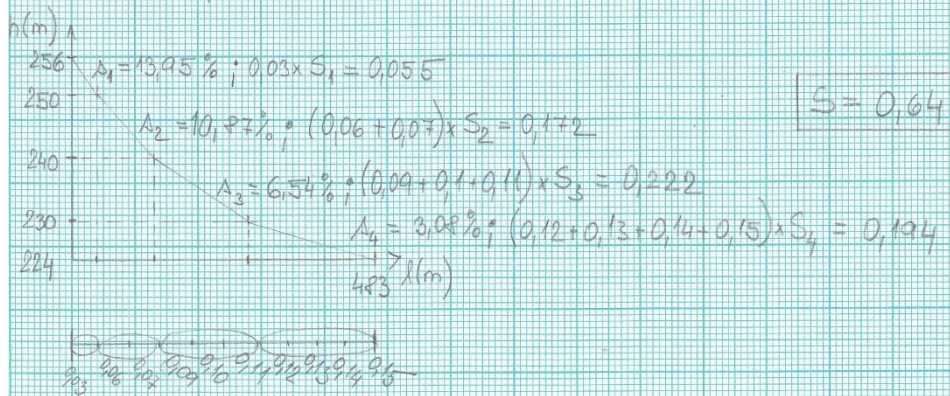
Příloha 13c Výpočet faktoru S rozdělením svahu na 10 úseků

M 1:10 000 / 1 000

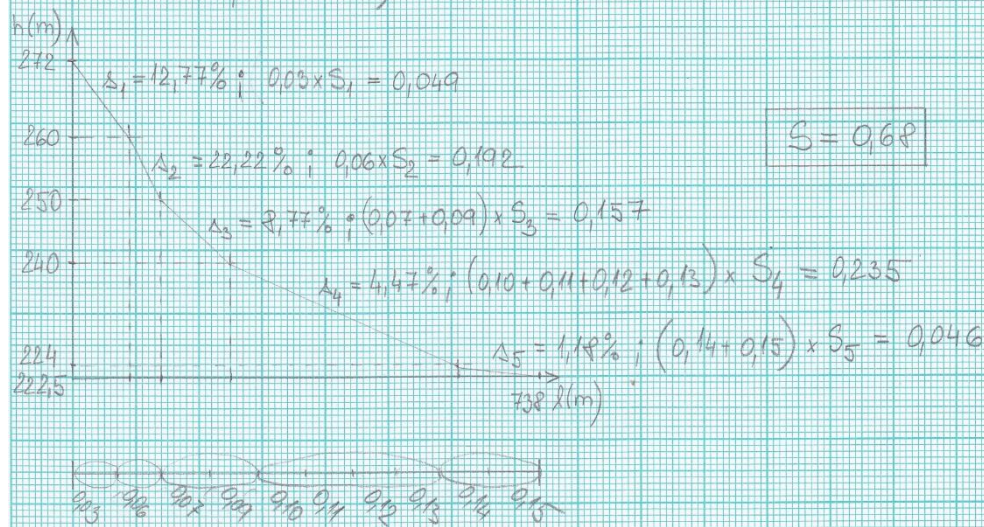
EUC I (spádnice c)



EUC XII (spádnice c)



EUC XIII (spádnice b)



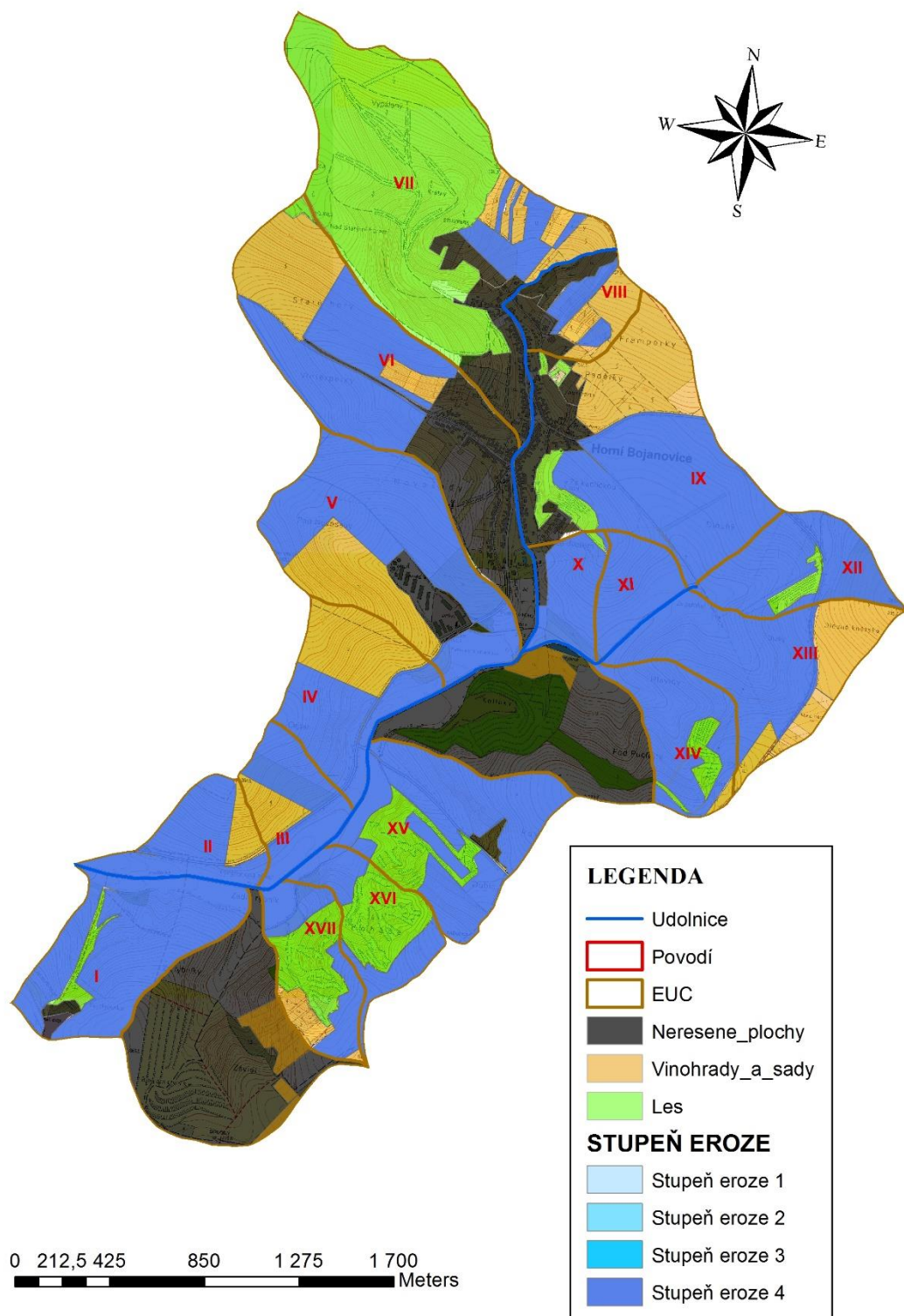
Příloha 14a Příklady osevních postupů v dané oblasti

Měsíc	% R	slunečnice			pšenice ozimá			kukuřice			pšenice jarní			řepka ozimá		
		obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C
IV.	1,0	2	0,900	0,900	3	0,500	0,500	1	0,350	0,350	2	0,375	0,375	3	0,450	0,450
								2	0,450	0,450		3	0,25			
V.	11,0	3	0,700	7,700	4	0,080	0,880	2	0,450	4,950	3	0,250	2,750	4	0,080	0,880
								3	0,35	3,850		4	0,04			
VI.	22,0	4	0,350	7,700	4	0,080	1,760	3	0,350	7,700	4	0,080	1,760	4	0,040	0,880
								4	0,175	3,850				5	0,125	2,75
VII.	30,0	4	0,350	10,500	4	0,040	1,200	4	0,350	10,500	4	0,080	2,400	1	0,500	15,000
					5	0,35	10,5									
VIII.	26,0	4	0,350	9,100	1	0,700	18,200	4	0,350	9,100	1	0,040	1,040	1	0,500	13,000
											2	0,35	9,100			
IX.	8,0	4	0,175	1,400	1	0,700	5,600	4	0,175	1,400	2	0,350	2,800	1	0,500	4,000
		1	0,350	2,800				3	0,23	1,84						
X.	2,0	2	0,750	1,500	1	0,700	1,400	1	0,250	0,500	3	0,450	0,900	2	0,550	1,100
Celoroční C		0,416			0,400			0,455			0,237			0,381		
Průměrná hodnota C		0,378														

Příloha 14b Příklady osevních postupů v dané oblasti

Měsíc	% R	pšenice ozimá			řepka ozimá			pšenice ozimá			ječmen jarní			pšenice ozimá		
		obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C
IV.	1,0	3	0,450	0,450	3	0,450	0,450	3	0,450	0,450	2	0,350	0,350	3	0,450	0,450
											3	0,225	0,225			
V.	11,0	4	0,080	0,880	4	0,080	0,880	4	0,080	0,880	3	0,225	2,475	4	0,080	0,880
											4	0,040	0,440			
VI.	22,0	4	0,080	1,760	4	0,080	1,760	4	0,080	1,760	4	0,080	1,760	4	0,080	1,760
VII.	30,0	4	0,040	1,200	4	0,040	1,200	4	0,040	1,200	4	0,040	1,200	4	0,040	1,200
		5	0,125	3,750												
VIII.	26,0	1	0,650	16,900	1	0,650	16,900	1	0,650	16,900	1	0,650	16,900	1	0,650	16,900
IX.	8,0	1	0,650	5,200	1	0,650	5,200	1	0,650	5,200	1	0,650	5,200	1	0,650	5,200
X.	2,0	2	0,700	1,400	2	0,700	1,400	1	0,650	1,300	2	0,650	1,300	1	0,650	1,300
Celoroční C		0,315			0,315			0,314			0,396			0,314		
Průměrná hodnota C		0,331														

Příloha 15 Vyznačené stupně eroze v jednotlivých erozně uzavřených celcích



Příloha 16a Protierozní osevní postup 1

Měsíc	% R	vojtěška			vojtěška			vojtěška			ječmen jarní			řepka ozimá		
		obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C
IV.	1,0	-	0,020	0,020	-	0,020	0,020	-	0,020	0,020	2	0,125	0,125	3	0,450	0,450
											3	0,100	0,100			
V.	11,0	-	0,020	0,220	-	0,020	0,220	-	0,020	0,220	3	0,100	1,100	4	0,080	0,880
											4	0,040	0,440			
VI.	22,0	-	0,020	0,440	-	0,020	0,440	-	0,020	0,440	4	0,080	1,760	4	0,080	1,760
VII.	30,0	-	0,020	0,600	-	0,020	0,600	-	0,020	0,600	4	0,080	2,400	4	0,040	1,200
														1	0,010	0,300
VIII.	26,0	-	0,020	0,520	-	0,020	0,520	-	0,020	0,520	5p	0,040	1,040	-	0,020	0,520
IX.	8,0	-	0,020	0,160	-	0,020	0,160	-	0,020	0,160	5p	0,040	0,320	-	0,020	0,160
X.	2,0	-	0,020	0,040	-	0,020	0,040	-	0,010	0,020	2	0,700	1,400	-	0,020	0,040
								1	0,125	0,250						
Celoroční C		0,020			0,020			0,022			0,087			0,053		
Průměrná hodnota C		0,040														

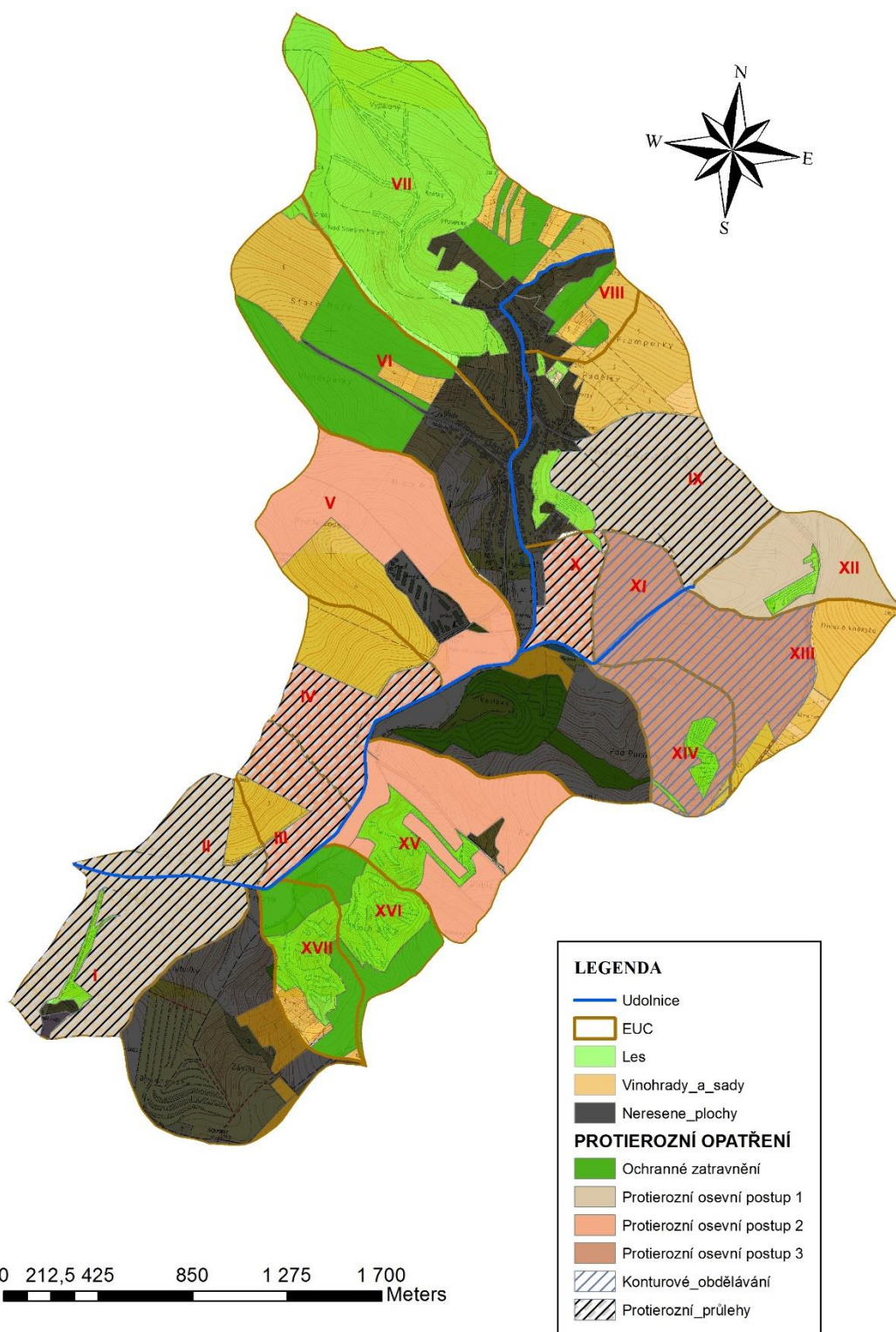
Příloha 16b Protierozní osevní postup 2

Měsíc	% R	ječmen jarní			jetelotráva			jetelotráva			pšenice ozimá			pšenice jarní		
		obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C
IV.	1,0	2	0,125	0,125	-	0,010	0,010	-	0,010	0,010	3	0,020	0,020	2	0,125	0,125
		3	0,100	0,100										3	0,1	0,1
V.	11,0	3	0,100	1,100	-	0,010	0,110	-	0,010	0,110	4	0,020	0,220	3	0,100	1,100
		4	0,040	0,440										4	0,04	0,44
VI.	22,0	4	0,080	1,760	-	0,010	0,220	-	0,010	0,220	4	0,020	0,440	4	0,080	1,760
VII.	30,0	4	0,040	1,200	-	0,010	0,300	-	0,010	0,300	4	0,010	0,300	4	0,080	2,400
		1	0,010	0,300							5p	0,020	0,600			
VIII.	26,0	-	0,010	0,260	-	0,010	0,260	-	0,010	0,260	5p	0,040	1,040	5p	0,040	1,040
IX.	8,0	-	0,010	0,080	-	0,010	0,080	-	0,005	0,040	5p	0,040	0,320	5p	0,020	0,160
								1	0,010	0,080				2	0,125	1
X.	2,0	-	0,010	0,020	-	0,010	0,020	2	0,020	0,040	5p	0,020	0,040	2	0,125	0,250
											1	0,125	0,250	3	0,100	0,2
Celoroční C		0,054			0,010			0,011			0,032			0,086		
Průměrná hodnota C		0,039														

Příloha 16c Protierozní osevní postup 3

Měsíc	% R	vojtěška			pšenice ozimá			pšenice jarní			pšenice ozimá			ječmen jarní Δ		
		obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C	obd.č.	C	%R.C
IV.	1,0	-	0,020	0,020	3	0,020	0,020	2	0,125	0,125	3	0,200	0,200	2	0,125	0,125
								3	0,100	0,100				3	0,1	0,1
V.	11,0	-	0,020	0,220	4	0,020	0,220	3	0,100	1,100	4	0,080	0,880	3	0,100	1,100
								4	0,040	0,440				4	0,04	0,44
VI.	22,0	-	0,020	0,440	4	0,020	0,440	4	0,080	1,760	4	0,080	1,760	4	0,080	1,760
VII.	30,0	-	0,020	0,600	4	0,020	0,600	4	0,080	2,400	4	0,080	2,400	4	0,080	2,400
VIII.	26,0	-	0,020	0,520	5s	0,020	0,520	5p	0,040	1,040	5p	0,040	1,040	1	0,010	0,260
					-	0,010	0,26									
IX.	8,0	-	0,020	0,160	5s	0,020	0,160	5p	0,040	0,320	5p	0,040	0,320	-	0,020	0,160
X.	2,0	-	0,020	0,040	5s	0,020	0,040	2	0,250	0,500	5p	0,040	0,080	-	0,020	0,040
Celoroční C		0,020			0,020			0,078			0,067			0,058		
Průměrná hodnota C		0,049														

Příloha 17 Vyznačená protierozní opatření v jednotlivých erozně uzavřených celcích



Příloha 18 Výpočet průměrného sklonu povodí

Interval sklonu (°)		S _i (°)	P _i (ha)	S _i × P _i
1 - 3	rovina	2	88,863	177,73
3 - 7	mírný sklon	5	256,366	1 281,83
7 - 12	střední sklon	9,5	383,263	3 641,00
12 - 17	výrazný sklon	14,5	129,775	1 881,74
17 - 25	příkrý sklon	21	12,159	255,34
		Σ	870,426	7 237,63
Ø s = 8,315 ° => Ø s = 14,62 %				