

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra biotechnických úprav krajiny

Ověřování funkčnosti půdoochranné technologie
pěstování kukuřice a čiroku

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Ing. Miloslav Janeček, DrSc.

Diplomant: Bc. Jakub Šimon

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra biotechnických úprav krajiny

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Šimon Jakub

Krajinné a pozemkové úpravy

Název práce

Ověřování funkčnosti půdoochranné technologie pěstování kukuřice a čiroku

Anglický název

Verification of soil conservation technologies of cultivation of maize and sorghum

Cíle práce

Cílem práce je vypracovat literární rešerši o erozi, přiblížit postup ověřování nových protierozních technologií a ověření protierozní technologie u pěstování kukuřice a čiroku.

Metodika

- Studium a excerpce odborné literatury týkající se eroze, simulátorů deště a protierozních opatření
- Spolupráce při terénním ověřování půdoochranné technologie pásového zpracování půdy
- Hodnocení půdoochranné technologie
- Vyhodnocení výsledků

Harmonogram zpracování

- srpen 2013 - Literární podklady
- září 2013 - Spolupráce na ověřování půdoochranné technologie pásové zpracování půdy
- únor 2014 - Vyhodnocení získaných výsledků
- březen 2014 - Koncept diplomové práce
- duben 2014 - Čistopis

Rozsah textové části

50-70

Klíčová slova

Eroze půdy, polní simulátor deště, protierozní opatření, kukuřice, čirok

Doporučené zdroje informací

JANEČEK M. a kol., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí - metodika, VÚMOP, Praha, 76 s., ISBN 978-80-254-0973-2.

JANEČEK M. a kol., 2008b: Základy erodologie, ČZU Praha, 172 s., ISBN 876-80-213-1842-7.

TOY T.J., FOSTER G.R., RENARD K.G., 2002: Soil erosion: processes, prediction, measurement and control. John Wiley & Sons, Inc., New York, ISBN 0-471-38369-4.

CABLÍK J., JÚVA K., 1963: Protierozní ochrana půdy / 2. přepracované a rozšířené vydání. Státní zemědělské nakladatelství, Praha

BRUCE-OKINE, E., LAL, R.: Soil erodibility as determined by rain drop technique, Soil Science, Vol. 119, 1957, No. 2, s. 149 - 157.

BUBENZER, G. D.: Inventory of rainfall simulators, Proc. of the Rainfall Simulator Workshop, USDA, ARM - W - 10, 1979, s. 120 - 130.

Vedoucí práce

Janeček Miloslav, prof. Ing., DrSc.

Elektronicky schváleno dne 23.4.2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23.4.2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením pana prof. ing. Miloslava Janečka Drsc. „Dále prohlašuji, že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal“.

V Praze dne 23. 4. 2014

.....

Poděkování

Velice rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu prof. Ing. Miloslavu Janečkovi Drsc., za odborné vedení a rady při zpracování mé diplomové práce. Ing. Janu Vopravilovi Ph.D., Ing. Václavu Kadlecovi, Ph.D., Bc. Martinu Peterovi, za možnost účastnit se výzkumu protierozních opatření a za poskytnutá data. Rovněž poděkování patří i celé své rodině za podporu a pomoc během studia.

Abstrakt

Diplomová práce pojednává o důležitosti protierozní ochrany v zemědělství. Specifické podmínky v České republice dané především přechodem na velkovýrobní způsob zemědělství v tehdejší Československu výrazně přispívají k erozi půdy. Což nemá vliv jen na škody způsobené na úrodě vlivem velkých povrchových odtoků, ale ohrožují obce, města, infrastrukturu a přispívají ke znečištění povrchových vod. Výzkum nových technologií pěstování běžně širokořádkových erozně nebezpečných plodin umožňuje jejich využívání bez devastace půdy zrychlenou erozí.

Klíčová slova:

Eroze půdy, polní simulátor deště, protierozní opatření, kukuřice, čirok

Abstract

The thesis discusses the importance of erosion control in agriculture. Specific conditions in the Czech Republic, particularly due to the large-scale agriculture in the former Czechoslovakia significantly contribute to soil erosion. Which affects not only the damage caused to crops due to the large surface runoff, but threaten villages, towns, infrastructure and contribute to pollution of surface waters. Research new technologies for growing normally wide-dangerous erosion of crops allows their use without degradation accelerated soil erosion.

Keywords:

Soil erosion, field simulator rain, erosion control measures, maize, sorghum

OBSAH

1. Úvod	9
2. Cíle.....	9
3. Metodika	9
4. Eroze půdy.....	11
4.1. Eroze obecně	11
4.2. Následky eroze	12
4.2.1. Ztráta půdy	12
4.2.2. Transport a sedimentace.....	12
4.2.3. Transport chemických látek	13
4.3. Druhy Eroze	13
4.3.1. Normální eroze.....	14
4.3.2. Zrychlená eroze	14
4.3.3. Vodní eroze	14
4.3.4. Ledovcová eroze	16
4.3.5. Sněhová eroze	16
4.3.6. Větrná eroze	17
4.3.7. Zemní eroze.....	17
4.3.8. Antropogenní eroze.....	17
4.4. Příčiny eroze.....	17
4.4.1. Klimatické a hydrologické podmínky	17
4.4.2. Morfologické faktory	18
4.4.3. Geologické a půdní poměry	18
4.4.4. Vegetační kryt půdy	18
4.4.5. Způsob využívání a obhospodařování půdy.....	19
4.5. Určení ohroženosti pozemku vodní erozí.....	19
4.5.1. Erozní účinnost dešťových srážek (R)	19
4.5.2. Erodovatelnost půdy (K)	20
4.5.3. Topografický faktor (LS)	21
4.5.4. Ochranný vliv vegetace (C)	22
4.5.5. Účinnost protierozních opatření (P).....	22
4.5.6. Přípustná ztráta půdy vodní erozí.....	22
5. Protierozní opatření.....	24
5.1. Regionalizace protierozních opatření	24
5.2. Opatření organizačního charakteru	25

5.2.1.	Optimální tvar a velikost pozemku	25
5.2.2.	Vhodné umístění pěstovaných plodin	25
5.2.3.	Pásové střídání plodin	26
5.3.	Agrotechnická protierozní opatření	26
5.3.1.	Velmi účinná agrotechnická protierozní opatření	27
5.3.2.	Méně účinná agrotechnická protierozní opatření	29
5.4.	Technická protierozní opatření	32
5.4.1.	Terénní urovnávky	32
5.4.2.	Hydrografické prvky	33
5.5.	Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC)	34
5.5.1.	GAEC 1	34
5.5.2.	GAEC 2	35
6.	Výzkumné metody sledování eroze a účinnosti protierozních opatření	36
6.1.	Odtokové parcelky	36
6.2.	Simulátory deště	36
6.3.	Reduktor Coshocton	38
6.4.	Odběry vzorků erozních produktů z vodních toků	38
6.4.1.	Vzorkovače splavenin	38
6.4.2.	Vzorkovače sedimentů	39
6.4.3.	Automatické vzorkovače	39
6.5.	Laboratorní analýzy nerozpuštěných látek	39
6.6.	Ostatní metody	40
7.	Ověřování půdochranné technologie pěstování kukuřice a čiroku	41
7.1.	Přírodní podmínky zájmového území	41
7.2.	Simulátor deště	42
7.3.	Způsob obdělání půdy	43
7.4.	Výsledky	44
7.4.1.	První zadešťování	44
7.4.1.	Druhé zadešťování	48
7.4.2.	Třetí zadešťování	51
8.	Diskuze	54
9.	Závěr	54
10.	Seznam použitých zdrojů	55
11.	Přílohy	59

1. Úvod

Půda je významnou složkou životního prostředí s širokou škálou funkcí, je základním výrobním prostředkem v zemědělství a lesnictví (Vopravil a kol., 2010).

Není však stálým a neměnným prostředím ale stále se vyvíjejícím systémem v našich podmínkách výrazně ovlivněným přímo i nepřímo působením člověka (Brtnický a kol., 2012).

Intenzivní využívání půdy pro zemědělskou výrobu postupně narušilo přirozený kryt půdy a vystavila její povrch působení erozních procesů. Rozvinula se vodní ale i větrná eroze. Došlo k rozrušování a odnosu půdní hmoty a jejímu ukládání při poklesu účinnosti erozních faktorů (Holý, 1978).

Nelze počítat s možností zastavení eroze půdy, je ale nezbytné omezit hodnoty přípustné ztráty erozí do úrovně procesu její tvorby (MZE, 1995).

Toto téma jsem si vybral z důvodu zjištění o problematice účinného boje proti zrychlené erozi co nejvíce, rovněž mě velice zajímal výzkum v této oblasti s možností přispět k novým protierozním technologiím.

2. Cíle

Cílem mé práce je vypracovat literární rešerši o erozi, přiblížit postup ověřování nových protierozních technologií a ověření protierozní technologie u pěstování kukuřice a čiroku.

3. Metodika

První část této práce se zabývá literární rešerší publikací o erozi, protierozních opatřeních i dešťových simulátorech. Především jsem čerpal z knihoven a odborných článků.

Druhá část se zabývá výzkumným projektem prováděným výzkumným ústavem meliorací a ochrany půd v Praze Zbraslavi (VÚMOP, v.v.i.), u kterého jsem byl přítomen. Tento projekt se zabýval ověřováním technologie pěstování kukuřice v řádcích vzdálených 37,5 cm, což je běžně používaná meziřádková vzdálenost setí kukuřice v zahraničí. V České republice se používá meziřádková vzdálenost 75cm. Dále se zabýval ověřováním technologie setí kukuřice páskově (strip-till) a ověřováním technologie pěstování čiroku.

K setí kukuřice i čiroku byl použit secí stroj Kinze, který je schopen setí i do užších rádků než bylo ověřováno. Pro metodu setí kukuřice páskově bylo využito stroje KUHN-STRIGER.

Poloprovozní pokusná plocha byla vytipována s pomocí zemědělského družstva Krásna Hora nad Vltavou, a. s., a byl vybrán pozemek v k. ú. Kuní spadajícího do správního území obce Petrovice. Pro ověření účinnosti technologie byl použit dešťový simulátor navržený a sestrojený VÚMOP, v.v.i.

Ověřování bylo uskutečněno na pokusných plochách se stejnými půdními vlastnostmi i sklonitostí ve třetím a čtvrtém pěstebním období podle Janečka (2007). Těmi jsou období po dobu druhého měsíce od jarního setí a období od konce 3. období do sklizně.

Účinnost jednotlivých technologií byla srovnávána s údaji z kontrolní parcelky černého úhoru udržovaného bez vegetace.

Měření dešťovým simulátorem spočívalo v příjezdu tímto simulátorem na pokusnou plochu, tak aby konec přívěsného vozíku se simulátorem byl v polovině zkoumané plochy. Následovalo rozložení simulátoru a jeho nastavení nad zkoumanou plochu. Rameno dešťového simulátoru s tryskami se skládá ze tří částí a má délku deset metrů. K ramenu se ještě musí vždy po dvou metrech uchytit hliníkové tyče podepírající celou konstrukci. Z obou stran byly do půdy zatlučeny ocelové plechy ve vzdálenosti 1,25m od středu ramene, na něž byly postaveny desky z polykarbonátu zabraňující úniku vody mimo zadešťovanou oblast. Ve vzdálenosti deseti metrů od začátku simulátoru byl zakopán sběrný žlab zachycující povrchový odtok. Z tohoto žlabu vedlo plastové potrubí do překlápěcího průtokoměru, odkud byly odebírány vzorky povrchového odtoku vždy na jeho začátku a pak přibližně po pěti minutách.

Před samotným spuštěním simulátoru proběhlo načerpání vody do nádrže simulátoru a ověření jeho funkčnosti.

Měření probíhalo vždy dvakrát po sobě, nejprve na půdě s přirozenou vlhkostí a na půdě nasycené po prvním zadešťování.

Ovládací a vyhodnocovací software umožňuje definici modulačních prvků pro následné výpočty požadovaných hodnot (typ půdoochranné technologie, nastavení trysek – tlak, průtok, dopadová plocha). Předdefinované hodnoty jednotlivých trysek umožňují nastavit a měnit režim simulace.

V případě ověřování půdoochranných technologií byl volen vždy jednotný program intenzity srážky 1,02 mm/min, době deště 20 min a úhrnu srážky 20,5 mm.

Software umožňuje kromě záznamu měření také vyhodnocení naměřených dat. Potřebná data se získávají odběrem vzorků z výustě průtokoměru.

4. Eroze půdy

4.1. Eroze obecně

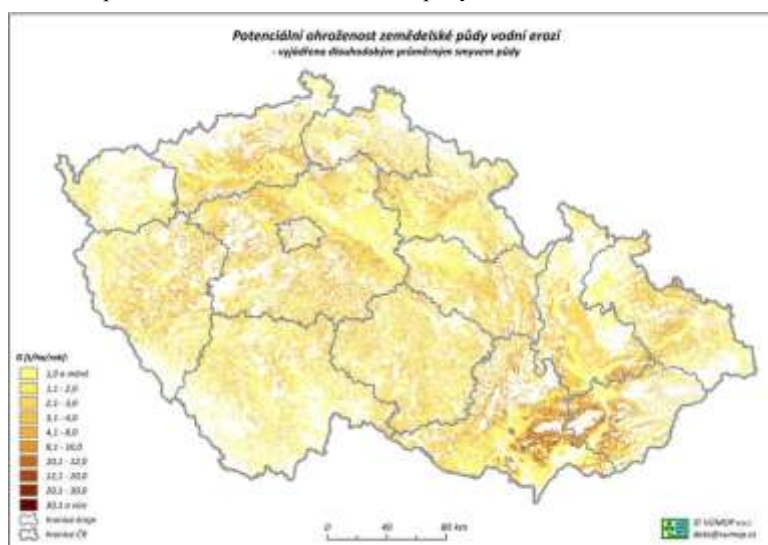
Eroze je slovo odvozené z latinského „erodere“ a jeho český překlad je rozhlodávat (Janeček a kol., 2002). Erozi tedy chápeme jako přírodní proces, při kterém dochází k rozrušování povrchu půdy, transportu a sedimentaci půdních částic vlivem působení vody, větru, ledu (Vopravil a kol., 2010).

Od počátku sedmdesátých let dvacátého století se ve spojených státech amerických začal klást větší důraz na erozi půdy jako znečišťovatele povrchových vod. Především pak na plošnou erozi, při níž mohou erodované sedimenty odnášet živiny a zvláště fosfáty do vodních toků. Přispívají tak k eutrofizaci potoků a jezer. Rovněž jsou s erodovanými sedimenty unášeny adsorbované pesticidy, jež mají nepříznivý vliv na kvalitu povrchových vod (Schwab a kol., 1993).

Zatímco odhady roční ztráty půdy erozí činily v roce 1930 1,2 miliardy tun, v roce 1970 to již bylo o třicet procent více, tedy 4 miliardy tun. Tato čísla podnítila vládu spojených států k dotacím, vzdělávacím programům a novým postupům v zemědělství (Schwab a kol., 1993).

V České Republice jsou podmínky pro výskyt erozních procesů velice specifické. Při přechodu na velkovýrobní způsob obhospodařování zemědělské půdy a intenzifikaci zemědělské výroby v tehdejší Československu byla eroze půdy velice podceněna. Následně zrychlená eroze půdy ohrožuje její úrodnost. Povrchový odtok a smyv půdy pak působí milionové škody v obcích a městech. Přeměna zemědělství započatá v devadesátých letech nepřinesla výraznější zlepšení protierozní ochrany. Zemědělské subjekty a transformovaná družstva hospodaří i nadále na velkých půdních celcích (Vopravil a kol., 2010).

Obr. č. 1 potenciální ohrožení zemědělské půdy vodní erozí



Zdroj: (MZE, 2014)

4.2. Následky eroze

4.2.1. Ztráta půdy

Ze všech odvětví, kterých se eroze půdy týká, je nejvíce postiženo zemědělství (Holý, 1994). Při dlouhodobém procesu tvorby půdy, má eroze pro zemědělskou výrobu velice nepříznivý účinek (Holý, 1994). Vrstva půdy o tloušťce přibližně 2-3cm vzniká 200-1000 let a to za velmi příznivých podmínek (Vopravil a kol., 2010).

Snížení úrodnosti půdy závisí na především na druhu půdy a hloubce půdního povrchu. Výzkumy z USA ukazují, jaký má vliv ztráta půdy na snížení výnosů obilnin. Ztráta půdy o mocnosti 51 mm snižuje výnos o 15% a ztráta půdy o mocnosti 305 mm snižuje výnos až o 75% (Holý, 1978).

Odnos rostlinných živin snižuje úrodnost půdy, je však obtížné určit množství tohoto odnosu. Záleží na mnoha faktorech, jako je doba aplikace živin, způsob aplikace, množství, forma, druh, rovněž také na vlastnostech půdy. Výzkumy eroze v různých zemích světa poukazují na značnou ztrátu živin ze zemědělských půd, což představuje závažný ekonomický problém v zemědělské výrobě (Holý, 1994).

Výzkum na vinicích šlechtitelské stanice ve Velkých Žernosekách v Českém středohoří prokázal roční úbytek humusu až 2 tis. kg.ha⁻¹. Ztráta oxidu fosforečného byla 30% a oxidu draselného 20% z ročního množství těchto látek dodávaných v průmyslových hnojivech (Holý, 1978).

Erozními procesy se mění fyzikální vlastnosti půd, především struktura půdy, textura, objemová hmotnost, vodní kapacita, pórovitost infiltrační schopnost, hloubka půdy důležitá pro vývoj kořenů aj. Všechny tyto vlastnosti jsou důležité pro správný vývoj vegetace (Janeček, 2007)

4.2.2. Transport a sedimentace

Povrchově stékající voda uvolňuje a odnáší půdní částice. Ty jsou pak poklesem tangenciálního napětí a rychlosti proudu vody ukládány v patě svahů. Velice jemné částice půdy jsou však unášeny až do vodních toků, kde tvoří převážnou část splavenin. (Holý, 1994)

Splaveninami se zanášejí vodní toky, nádrže i stavby na tocích. Zmenšují průtočnou kapacitu koryt toků, zvyšují jejich niveletu dna a tím mohou zvyšovat hladinu podzemní vody, nebezpečí záplav, ale také ohrožovat životnost a funkci staveb na vodních tocích (Holý, 1994).

Veliké problémy splaveniny způsobují ve vodních nádržích a zejména malých umístěných v horních částech povodí (Holý, 1994). Zmenšující se kapacita prostoru nádrže vede k potížím s provozem. Splaveniny ovlivňují jejich hydraulickou funkci,

zvyšuje se rychlost průtoku nádrží, zkracuje se doba zdržení vody v nádrži, tím se snižuje akumulace vody v území (MZE, 2011)

V České republice bylo v roce 2012 množství sedimentů v rybnících odhadováno asi na 200 mil. m³. (Brtnický a kol., 2012)

Obr. č. 2 nános sedimentů v řece Blanici



Zdroj : <http://www.mrk.cz/images/clanky/osprey/blanice/Blanice-v-Putimi-6-06.jpg>, [cit.17.3.2014]

4.2.3. Transport chemických látek

Půda se dostává do kontaktu s enormním množstvím chemických látek různého druhu i stupně škodlivosti. Především se jedná o průmyslová hnojiva a pesticidy, rovněž také o zemědělský i průmyslový odpad ukládaný na půdu nebo do půdy (Brtnický a kol., 2012).

Chemické látky jsou erozními procesy uváděny do pohybu velmi lehce a na rozsáhlých plochách, tím znesnadňují návrh účinných a ekonomicky přijatelných protierozních opatření. Tyto látky se pak snadno dostávají do povrchových i podzemních vod a negativně ovlivňují jejich kvalitu (Holý, 1994)

Nadměrným používáním průmyslových hnojiv, obzvláště dusíkatých a fosforečných pak dochází k eutrofizaci rybníků a vodních nádrží (Holý, 1994).

4.3. Druhy Eroze

Proces eroze půdy je přirozený, nelze ho zcela zastavit. Základní rozdělení eroze podle její intenzity je na normální erozi a zrychlenou. Vyjadřuje se nejčastěji v hmotnostních jednotkách z jednotky plochy za určitý čas (Holý, 1978)

4.3.1. Normální eroze

Normální nebo také přirozená eroze probíhá neustále, přetváří reliéf území. Její procesy jsou z lidského hlediska nepostřehnutelné. Mocnost půdního profilu se nemění, eroze půdy je stejná jako její tvorba zvětráváním (Brtnický a kol., 2012).

4.3.2. Zrychlená eroze

Lidská činnost proces eroze velice urychluje. Intenzita zrychlené eroze je 10 – 1000x větší než u přirozené eroze. Půdní částice jsou erodovány v tak velkém rozsahu, že se nestačí vytvářet půdotvorným procesem z půdního podkladu (Brtnický a kol., 2012).

Podle činitelů způsobujících erozi a dále působících na její průběh rozeznáváme erozi:

- Vodní (akvatickou)
- Ledovcovou (glaciální)
- Sněhovou (nivální)
- Větrnou (eolitická)
- Zemní
- Antropogenní

Tyto druhy eroze se vyskytují buď jednotlivě, nebo v kombinacích. Celosvětově působí největší škody vodní a větrná eroze (Holý, 1994).

4.3.3. Vodní eroze

Vodní eroze vzniká rozrušováním povrchu země dešťovými kapkami a povrchovým odtokem odnášející uvolněné půdní částice. Sílu vodní eroze určuje charakter srážek a povrchového odtoku, morfologie území (sklon, délka a tvar svahu), vegetační poměry a způsob využití pozemků (agrotechnologie). Povrchový odtok může vznikat i při jarním tání sněhu (Janeček, 2007).

Vodní erozi můžeme rozdělit podle formy působení erozních činitelů na povrch půdy:

- Plošnou
- Rýhovou
- Výmolovou
- Proudovou

(Janeček, 2002)

4.3.3.1. Plošná eroze

Půda je při této formě erodována rovnoměrně z celé plochy pozemku nebo části svahu. Plochy svahů s menšími sklony tvoří horší podmínky pro soustředování vody než svahy s většími sklony.

Působením této eroze se půdní profil postupně snižuje, někdy dokonce až na skalní podloží. V první fázi plošné eroze dochází vlivem dopadajících kapek deště k tvorbě drobných jamek v půdě. Další fází je eroze probíhající pohybem vody po nakloněném povrchu půdy (Janeček, 2002).

Malá kinetická energie vody vyplavuje jemné půdní částice. Dochází k selekci těchto jemných částic a na ně vázaných chemických látek. Půdy podléhající této selektivní erozi jsou hrubozrnnější s výrazným úbytkem živin. Naopak půdy ve spodních částech svahu jsou pak tímto smyvem obohaceny. Tento jev pak vede k nerovnoměrnému vývoji vegetace na pozemku. Rostliny mají rozdílnou rychlost růstu, barvu, ale i kvalitu v různých částech svahu. (Holý, 1978)

Větší kinetická energie vody tekoucí po povrchu a střídání málo odolných vrstev půdního profilu s odolnými vede ke smyvu celých vrstev půdní hmoty. V závislosti na reliéfu terénu se tento smyv projevuje v širokých pruzích nebo na celé ploše svahu. Následkem je většinou ztráta celé orniční vrstvy (Holý, 1994)

4.3.3.2. Výmolová eroze

Tato eroze vzniká postupným soustředováním plošného odtoku, ten vytváří v půdním povrchu zářezy s hloubkou a šířkou několika centimetrů, které se dále prohlubují (Holý, 1978).

Nejnižším stupněm výmolové eroze je eroze rýžková a brázdová. Během rýžkové eroze vnikají na povrchu půdy drobné úzké zářezy tvořící na erodovaném svahu hustou síť. Brázdová eroze tvoří na povrchu půdy mělké a širší zářezy v menším množství než u rýžkové eroze. Pokračujícím soustředováním povrchového odtoku vznikají z rýh a brázd hlubší rýhy, které se postupně spojují a prohlubují. Rýhová eroze se mění na erozi výmolovou a stržovou (Holý, 1994).

Výsledkem pak jsou hluboké výmoly a strže. Je-li v erodovaném území podorniční vrstva a geologické podloží odolnější vůči erozi než vrchní vrstvy půdy, tvoří se výmoly a strže s podélným profilem ve tvaru písmene V. Jsou-li půdní vrstvy stejně odolné, vznikají výmoly a strže s téměř svislými stěnami. Podélný profil je pak ve tvaru písmene U (Holý, 1978).

Nejohroženějšími místy vymílací činnosti jsou zhlaví výmolů a strží. Přitékající voda zde tvoří rychle se zvyšující vodopád silně vymílající půdu (Cáblík, Jůva, 1963).

4.3.3.3. Proudová eroze

K této erozi dochází působením proudu vody ve vodních tocích. Rozlišují se dva typy: Dnová eroze působící pouze na dno toku, probíhá v podélném směru osy toku a břehová eroze působící na břehy toku v příčném směru, kolmo na osu toku (Holý 1994).

Nejvýrazněji se proudová eroze projevuje jako bystřinná eroze na příkrých svazích s nedostatečným nebo žádným vegetačním krytem chránícím půdu. Nastává rychlé soustředování a prudký odtok dešťových a sněhových vod, který silně eroduje půdu a vytváří erozní brázdy, výmoly a strže. Ve dně hlubokých a úzkých strží s nepravidelným sklonem proudí poměrně krátké horské toky nazývané bystřiny (Cablík, Jůva, 1963).

4.3.4. Ledovcová eroze

Ledovcová eroze je způsobena pohybujícím se ledovcem z hor do údolí. Při svém pohybu způsobeném vlastní tíží eroduje skalní podloží a unáší značná množství horninových zvětralin (Holý, 1978).

Celková erozní činnost ledovce závisí na sklonu terénu, rychlosti jeho pohybu, jeho tloušťce, váze a klimatu (Cablík, Jůva, 1963).

V současnosti se tato eroze omezuje na velehory, jako jsou Alpy, Skalisté hory, Kavkaz apod. V našich podmínkách se vyskytovala naposled při čtvrtohorním zalednění a to v Krkonoších a na Slovensku v Tatrách (Holý, 1994)

4.3.5. Sněhová eroze

Sněhová eroze se značně liší od dešťové eroze. Kinetická energie sněhových srážek při dopadu na povrch půdy je zanedbatelná a veškerá erozní energie pochází z tajícího sněhu. Ve většině případů jsou pole v zimě bez vegetačního pokryvu a neprobíhají na nich žádné agrotechnické práce. Dříve vytvořené rýžky a rýhy jsou neporušené a dalším působením vody se zvětšují. Při nedostatečném zpracování půdy po sklizni se rýžky a rýhy tvoří nejčastěji ve stopách po dopravních prostředcích. V zimním období voda přeřínuje po povrchu půdy nebo na něm zůstává dlouho stát. Voda z tajícího sněhu působí na půdu intenzivněji a velice rychle může dojít k odtoku velkého množství vody se značnou transportní a erozní kapacitou. Půda může být erodována pouze v nepromrzlé části půdního profilu, transportní kapacita povrchového odtoku tak není zcela využita. V České republice je působení sněhové eroze vzhledem ke klimatickým podmínkám malé (Janeček, 2008)

4.3.6. Větrná eroze

Větrná eroze je rozrušování povrchu půdy mechanickou silou větru, odnosem uvolněných půdních částic větrem a akumulací těchto částic na jiném místě. K erozi a následnému odnosu půdních částic dochází působením turbulentního proudění větru nízko při zemi. Energie větru překonává gravitační sílu těchto částic a odnáší je, dokud nedojde k jejímu poklesu pod příslušnou mez, kde dochází k hromadění těchto částic (Pasák a kol., 1984).

4.3.7. Zemní eroze

Zemní erozi vyvolávají tzv. suťové proudy. Tyto proudy jsou tvořeny suťovým materiálem prosyceným vodou, které při svém pohybu rozrušují půdu i její podklad a tvoří hluboké rýhy. Suťové proudy jsou známé především v Alpách a na Kavkaze. Materiálem ze Suťových proudů jsou ohroženy obce v údolních polohách, technické stavby, komunikace apod. (Holý 1994).

4.3.8. Antropogenní eroze

Eroze vyvolaná člověkem svými zásahy do přírody. Člověk působí na erozní procesy přímo i nepřímo. Přímý vliv je spojen například s výstavbou komunikací, urbanizací, těžbou nerostných surovin. Nepřímo člověk ovlivňuje erozi nahrazováním přímého vegetačního krytu půdy vegetací s nízkým ochranným účinkem, různými úpravami půdy jako bylo vytváření velkých jednotně obdělávaných půdních celků, znečištěním půdy odpady, zhoršením biologických, fyzikálních i chemických vlastností půdy (Holý, 1994).

4.4. Příčiny eroze

Erozní proces je ovlivněn kombinací působení přírodních a člověkem ovlivněných podmínek (Janeček, 2008). Podmínky pro vznik eroze jsou u nás specifické obrovskými půdními celky, ve kterých byly rozorány meze, polní cesty, zatravněné údolnice, odstraněna rozptýlená zeleň. Zrušením těchto krajinných a hydrografických prvků se půda stala daleko náchylnější k erozi (MZE, 2011)

4.4.1. Klimatické a hydrologické podmínky

Jsou charakterizovány těmito faktory:

- zeměpisná poloha
 - nadmořská výška
 - množství, rozdělení a intenzita srážek
 - teplota, oslunění, výpar, odtok
 - výskyt, směr a síla větru
- (Janeček a kol., 2002).

Z těchto faktorů se při působení vodní eroze uplatňují především srážky. Hlavním kritériem je intenzita, doba trvání a výskytu deště (Cáblík, Jůva, 1963). Srážky jsou nebezpečné, pokud jejich úhrn přesáhne 12,5mm a intenzita $24\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$. Největší množství erozně nebezpečných dešťů se vyskytuje v letních měsících od června do srpna (MZE, 2011).

4.4.2. Morfologické faktory

Jedním z rozhodujících činitelů eroze je tvar terénu, obzvláště sklon a délka svahu. Povrchový odtok může vlivem terénu přecházet z plošného odtoku v údolnicích do odtoku soustředěného, jenž je erozně mnohem nebezpečnější (Vlasák, Bartošková, 2009).

Členitý reliéf krajiny napomáhá rychlejšímu odtoku a soustředování vody stékající po povrchu půdy. Morfologie území má vliv i na větrnou erozi, její intenzitu určuje expozice svahu vůči převládajícím větrům (Holý, 1978).

4.4.3. Geologické a půdní poměry

Geologické poměry působí přímo i nepřímo na vznik i průběh eroze. Přímo odolností odkrytého geologického podkladu vystaveného tekoucí vodě a ovzduší. Nepřímo má geologický podklad vliv na vlastnosti půdotvorného substrátu, který ovlivňuje vlastnosti půd (Holý, 1978)

Půdní druhy jsou různě náchylné k erozi. Závisí zejména na textuře a struktuře půdy, zrnitostním složení, obsahem humusu, vlhkosti a propustnosti půdy (Vlasák, Bartošová, 2009).

4.4.4. Vegetační kryt půdy

Vegetace působí na intenzitu eroze a její průběh ochranou povrchu půdy před přímým dopadem srážek, působením větru, podporuje vsak vody do půdy, zpomaluje povrchový odtok a zlepšuje fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy (Holý, 1994).

Protierozní ochrana poskytovaná vegetačním pokryvem se liší během roku. Záleží na druhu plodiny, jejím růstu a hustotě na pozemku (Vlasák, Bartošková, 2009).

Přírozené lesní a luční porosty poskytují nejlepší ochranu půdy před erozí, zatímco polní kultury poskytují méně efektivní ochranu. Odstranění vegetace nebo její samovolný zánik se řadí mezi hlavní příčiny eroze (Cáblík, Jůva, 1963).

4.4.5. Způsob využívání a obhospodařování půdy

Na erozi může mít rovněž odlišný vliv využití pozemku, způsob a směr obdělávání půdy, použité agrotechnické nástroje, vhodný oseední postup ale i tvar a poloha pozemku (Cablík, Jůva, 1963).

Každé přerušení svahu ve směru spádu pozemku, snižuje celkový účinek eroze. Při zemědělském využití pozemků je nutné zohlednit, které rostliny přispívají k erozi a které ji spíše snižují (Vlasák, Bartošková, 2009).

4.5. Určení ohroženosti pozemku vodní erozí

Dlouhodobé laboratorní i terénní výzkumy eroze vedli ke stanovení univerzální rovnice pro výpočet ztráty půdy erozí. Rovnice vytvořená Wischmeierem a Smithem v roce 1978 zatím nejdokonaleji vyjadřuje účinek kvantitativních a kvalitativních faktorů ovlivňujících vodní erozi:

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

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

R – faktor erozní účinnosti deště,

K – faktor erodovatelnosti půdy

L – faktor délky svahu

S – faktor sklonu svahu

C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu

P – faktor účinnosti protierozních opatření

Hodnota vypočtená z této rovnice udává množství půdy uvolněné vodní erozí z pozemku v dlouhodobém měřítku a za daných podmínek. Rovnici nemůžeme použít pro kratší než roční časové období, ani ztráty půdy způsobené erozí po jednotlivých deštích a pro odtok z tajícího sněhu (Janeček a kol., 2002).

4.5.1. Erozní účinnost dešťových srážek (R)

Na základě velkého množství dat o dešťových srážkách byl v USA odvozen vztah pro erozní účinnost deště R. Jsou-li ostatní faktory univerzální rovnice neměnné, ztráta půdy z obhospodařovaného pozemku přímo je přímo úměrná součinu celkové

kinetické energie přívalového deště (E) a jeho maximální třiceti minutové intenzity (i_{30}):

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

R – erozní účinnost deště [$\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$]

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

I_{30} – maximální třiceti minutová intenzita deště [$\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$]

(Janeček a kol., 2008)

Průměrná roční hodnota faktoru erozní účinnosti deště je v našich klimatických podmínkách hodnotou za vegetační období, jelikož přívalové deště působící smyv půdy z polí zde přicházejí od konce dubna do začátku října (Pasák a kol., 1984).

4.5.2. Erodatelnost půdy (K)

Faktor erodovatelnosti půdy neboli náchylnost půdy k erozi je v univerzální rovnici vymezen jako odnos půdy na jednotku dešťového faktoru ze standardního pozemku, který je udržován jako kypřený černý úhor kultivovaný ve směru sklonu pozemku.

Faktor erodovatelnosti půdy lze zjistit těmito postupy:

1. ze vztahu odvozeného pro faktor K pokud obsah prachu a práškového písku v půdě nepřesahuje 70%.

$$100K = 2,75M^{1.14}10^{-4}(12 - a) + 3,25(b - 2) + 2,5(c - 3)$$

M – (% prachu + práškového písku) x (100 - % jílu)

a – procenta organické hmoty

b – struktura ornice

c – třída propustnosti půdního profilu

2. podle nomogramu sestaveného dle Wischmeiera, Jonsona, Crosse.
3. velmi přibližně lze využít map bonitovaných půdně ekologických jednotek.

(Janeček a kol., 2008)

4.5.3. Topografický faktor (LS)

Wischmeier a Smith vyjádřili tímto faktorem vliv délky svahu a jeho sklonu na velikost půdního smyvu. Tento faktor představuje poměr ztráty půdy na zkoumaném pozemku ke ztrátě půdy na standardním pozemku s délkou 22,13m a sklonu 9%. Pro přímé svahy lze určit z následujícího vztahu:

$$LS = l_d^{0,5} / (0,0138 + 0,0097s + 0,00138s^2)$$

l_d – nepřerušovaná délka svahu

s – sklon svahu

Hodnotu samostatného L faktoru lze stanovit ze vztahu :

$$L = (l / 22,13)^m$$

l – nepřerušovaná délka svahu [m]

m – exponent délky a náchylnosti svahu k tvorbě rýžkové eroze.

Účinně lze přerušit délku svahu pozemku hrázkou, sběrným či záchytným příkopem nebo průlehem nikoli však mezí nebo plodinou přes kterou může povrchový odtok přetékat.

Samostatné určení S faktoru pomocí vztahu pro sklon menší než 9% je :

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

Určení S faktoru pro sklon větší nebo roven 9% je :

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

Kde s je sklon svahu v radiánech.

Svahy jsou v přírodě nepravidelné. Mohou být konvexní, konkávní přímé nebo kombinací všech uvedených. Poměrně přesných výsledků zohledňujících tvar svahu tak lze dosáhnout vynásobením hodnoty LS faktoru pro přímý svah opravnými součiniteli dle Castra a Zobecka z roku 1986 nebo rozdělením svahu s nepravidelným sklonem do nejméně tří úseků.

Vliv topografického faktoru na pozemek nebo jeho část se posuzuje v několika trasách plošného povrchového odtoku, přičemž jako reprezentativní trasa je volena ta s nejvyšší hodnotou součinu faktoru délky a sklonu svahu. (Janeček a kol., 2008)

4.5.4. Ochranný vliv vegetace (C)

Vegetační pokryv půdy má vliv na smyv půdy ochranou povrchu půdy před ničivým působením dešťových kapek dopadajících na půdu, zpomalením rychlosti povrchového odtoku, nepřímým působením na vlastnosti půdy, hlavně na pórovitost a propustnost. Vegetace také omezuje zanášení pórů jemnými částicemi půdy a zpevňuje půdu svým kořenovým systémem (Janeček a kol., 2007).

Čím je porost vegetace hustší a vyskytuje se delší dobu během roku, tím je půda lépe chráněna. Dokonalou protierozní ochranu v době největšího výskytu přívalových dešťů poskytují porosty trav a jetelovin, kdežto běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny (okopaniny, kukuřice), ovocné sady a vinice chrání půdu nedostatečně (Pasák, Janeček, Šabata, 1983).

Faktor ochranného vlivu vegetace se pro řešení protierozní ochrany a dlouhodobé erozní ohroženosti pozemku určí pro konkrétní osevní postup v pěti základních obdobích:

1. období podmítky a hrubé brázdy
2. období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení
3. období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimých plodin do 30. Dubna
4. období od konce předešlého období do sklizně
5. období strniště

V jednotlivých pěstebních obdobích je nutné korigovat váhu faktoru ochranného vlivu vegetace procentuálním rozdělením faktoru erozní účinnosti dešťových srážek v průběhu roku (Janeček a kol., 2008).

4.5.5. Účinnost protierozních opatření (P)

Faktor vystihující vliv protierozních opatření. Udává poměr ztráty půdy ze zkoumaného pozemku ke ztrátě půdy ze standardního pozemku obdělávaného ve směru sklonu (Holý, 1978).

Nelze-li předpokládat dodržení předem daných maximálních délek pozemku a počtu pásů při pásovém střídání plodin uvedených Wischmeierem a Smithem (1978), uvádí se hodnota faktoru P rovna jedné (Janeček a kol., 2008).

4.5.6. Přípustná ztráta půdy vodní erozí

Princip přípustné ztráty půdy slouží spolu s dalšími kritérii k posouzení výše erozního ohrožení pozemků. Přípustná ztráta půdy erozí je vymezena jako maximální ztráta půdy dovolující trvale a ekonomicky dostupně udržovat úrodnost půdy.

Obecně platí, že čím je půda více náchylná k erozi, tím je přípustná ztráta nižší (Janeček a kol., 2002).

Pokud hodnoty dlouhodobého smyvu půdy přesáhnou limity přípustné ztráty půdy, dochází k ztrátě funkcí půdy a snižování její úrodnosti (MZE, 2011).

Povolené ztráty půdy podle hloubky půdního profilu:

- mělké půdy s mocností do 30cm = 1t. ha⁻¹. rok⁻¹
- středně hluboké půdy s mocností od 30 do 60cm = 4t. ha⁻¹. rok⁻¹
- hluboké půdy s mocností nad 60cm = 10t. ha⁻¹. rok⁻¹

Z hlediska hospodaření na orné půdě je ve vztahu k erozní ohroženosti ovlivnitelný ochranný účinek vegetace a účinnost protierozních opatření. Z univerzální rovnice byl proto odvozen model pro hodnocení erozní ohroženosti na principu maximálních povolených hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření:

$$C_p \cdot P = G / (R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C)$$

C_p - maximální přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace

Vytvořený model je i návodem pro hospodaření na dané lokalitě bez nadlimitních ztrát půdy vodní erozí. Meze přípustné ztráty půdy jsou nastaveny k zachování funkcí půdy a její úrodnosti (MZE, 2014).

Doporučená rámcová agrotechnická a organizační opatření dle MZE (2014):

- převést půdní bloky nebo jejich části na trvalé travní porosty při hodnotě C_p do 0,005
- pěstovat víceleté pícniny např. jetele a vojtěšky při hodnotě C_p v rozmezí od 0,005 do 0,02
- vyloučit pěstování širokořádkových plodin, úzkořádkové plodiny pěstovat s využitím půdoochranných technologií při hodnotě C_p v rozmezí od 0,02 do 0,2
- pěstovat širokořádkové plodiny pouze s využitím půdoochranných technologií při hodnotě C_p od 0,2 do 0,6
- Je-li hodnota C_p vyšší nebo rovna 0,6 není půda erozně ohrožena

5. Protierozní opatření

Protierozní opatření zahrnují soubory agrotechnického, stavebního a organizačního charakteru. Měl by být na zemědělských pozemcích dle konkrétních přírodně-hospodářských podmínek správně uplatňován v zájmu zachování půdy ať už jako výrobní prostředek zemědělství, či jako základní složky životního prostředí. Prioritní funkcí protierozních opatření je omezování ztrát půdy. Mezi další funkce patří ovlivňování vodohospodářských poměrů tím, že snižují objem povrchového odtoku a velikost kulminačních průtoků, které vznikají vlivem vytrvalých přivalových dešťů. Dále mění směr vyskytujících se povrchových odtoků. Také přispívají k navýšení vlhkosti půdy a k zlepšování kvality povrchové vody. Protierozní účinek organizačního opatření vznikl vlivem rozdílné půdo-ochranné funkce pěstovaných kultur a plodin. Čím déle a hustěji porost na pozemku existuje, tím lépe ochraňuje půdu před erozí a z toho důvodu se více snižuje povrchový odtok. Vliv pěstovaných plodin na snížení ztrát půdy je vyjádřen pomocí hodnoty tzv. C-faktoru, což je z univerzální rovnice k výpočtu dlouhodobé ztráty půdy erozí (Hůla a kol. 2003).

5.1. Regionalizace protierozních opatření

Území České republiky se dělí na oblasti s intenzivním zemědělstvím a na oblasti horské, pro zemědělství méně příznivé a specifické. V oblastech s intenzivním zemědělstvím pravděpodobně vždy bude vyšší zastoupení pěstování okopanin a kukuřice, kdežto v oblastech méně příznivých dochází k pěstování především trvalých travních porostů. V intenzivních oblastech by měla být protierozní ochrana uplatněna pouze taková, která nemá negativní dopad na výnosy pěstovaných plodin. U oblastí méně příznivých by však způsob využití půdy měl být převážně podřízen ochraně půdy. Takový přístup se projevuje hlavně v uplatněné hustotě a délce trvání rostlinného pokryvu, jakožto nejvýznamnější složky mající vliv na zvýšení ochrany půdy před erozí a snížení povrchového odtoku.

Stupeň ochrany půdy před erozí stanovený podle rozdílné mocnosti půdního profilu přípustnými hodnotami ztrát půdy není jediným hlediskem. Je důležité, aby doporučená a navrhovaná protierozní ochrana měla i další funkce. Především opatření, která snižují množství povrchového odtoku a tím se tak docílí ochrany níže ležícího území nejen před přísunem produktů eroze, ale ke snížení škod působených povodněmi. Důležitou a rozhodující roli v tomto procesu má infiltrace vody do půdy. Zvýšení vsaku vody do půdy závisí především na půdních vlastnostech, ale velkou měrou k tomu přispívá i způsob obdělávání půdy, zvyšování obsahu organických látek a omezení slévatelnosti povrchu půd. Efektivita opatření na ochranu půd před vodní erozí je tedy vhodné posuzovat nejen stupněm omezení ztrát půdy erozí, ale také jejich účinkem na pokles povrchového odtoku.

Pro výběr variant ochranných opatření je důležité i hledisko ekonomické. V horských a podhorských oblastech budou tato opatření méně nákladná než v oblastech

intenzivně využívaných. Působení agrotechnických opatření ovlivňuje především volba vhodných strojů či strojních souprav pro zpracování půdy a technika používaná i v dalších pracovních operacích jako je například hnojení, sklizeň a jiné (Hůla a kol. 2003)

5.2. Opatření organizačního charakteru

Organizační protierozní opatření zahrnuje rozmístování plodin v rámci speciálních protierozních osevních postupů, mimo jiné střídání plodin na pozemcích, ochranné zatravnování, nebo zalesňování, dále komplexní pozemkové úpravy zprostředkované podle půdně-morfologických územních podmínek (Hůla a kol. 2003).

5.2.1. Optimální tvar a velikost pozemku

Vhodná velikost pozemku je kompromisem mezi přírodními faktory a ekonomickými. Přírodní faktory vytváří půdní celky menší, zatímco z ekonomického hlediska je upřednostňována co největší plocha pozemků (Janeček a kol. 2008).

Z protierozního hlediska je důležité situovat delší stranu pozemku ve směru vrstevnic, zároveň je tak podníceno obdělávání pozemku po vrstevnici. Zároveň je důležité, aby délka pozemku ve směru jeho sklonu nepřekračovala maximální přípustnou délku vypočtenou na základě univerzální rovnice a to i v případě kdy odtoková linie přechází přes více pozemků oddělených pouze hranicemi neschopných účinně zachytit povrchový odtok (MZE, 2011).

Obecně se doporučuje velikost pozemku do 50 ha v rovinných územích a do 20 ha v členitých územích, kde převažuje délka ve směru vrstevnic (Janeček a kol., 2008).

5.2.2. Vhodné umístění pěstovaných plodin

Důležité, hlavně z hlediska ochrany půdy před vodní erozí je pěstování erozně nebezpečných plodin na pozemcích rovinných nebo mírně sklonitých. Pozemky silně ohrožené erozí, dráhy soustředěných povrchových odtoku, mělké půdy apod. by měly být z prevence zatravněny.

Ochranné travní porosty zvyšují drsnost povrchu, zpomalují povrchový odtok a přispívají k zachycení smyté zeminy. Umístění zatravněných pásů přímo na půdní celky nebo jejich části může plnit funkci zasakovacích a sedimentačních pásů (MZE, 2014).

5.2.3. Pásové střídání plodin

U pásového střídání plodin se střídají různě široké pásy plodin chránících půdu, mezi něž patří např. travní porost, vojtěška, jetel, obilniny s pásy plodin erozně nebezpečných jako je kukuřice a okopaniny.

Šířka pásu se liší podle sklonu a délky svahu, propustnosti půdy, náchylnosti k erozi a šířkou záběru strojů. Obecně se doporučuje šířka pásů od 20 do 40m (MZE, 1995).

Obr. č. 3 Pásové střídání plodin



Zdroj: <http://www.uwec.edu/geography/ivogeler/w111/strip.jpg> [cit. 17.3.2014]

5.3. Agrotechnická protierozní opatření

V technologiích ochranného zpracování půdy se nepoužívá radličný pluh a díky tomu nedochází k obracování půdy, čím většina rostlinných zbytků zůstává na půdním povrchu či v povrchové vrstvě půdy. Při uplatnění systémů ochranného zpracování půdy je tedy po celý rok, v rozdílné míře, pokryt povrch půdy rostlinnou biomasou. Mimo ponechání rostlinných zbytků je charakteristické snížení intenzity zpracování půdy. Šetrné kypření má přispět k tvorbě a udržování stabilní struktury půdy. Přínos ochranných technologií půdy z hlediska omezení eroze zeminy souvisí s množstvím a charakterem rostlinné biomasy, která tvoří povrch půdy a je obsažena i v povrchové vrstvě ornice. Pokrytí 20 až 30 % povrchu půdy rostlinnými zbytky v období setí přispívá ke snížení vodní eroze o 50 až 90% v porovnání s povrchem půdy bez rostlinných zbytků. Při setí do nezpracované zeminy se uvádí významný přínos k protierozní ochraně půdy. Po plodinách, které zanechávají po sklizení nepříliš rostlinných zbytků, může však přímé setí způsobit i horší protierozní účinek, než postupy při kterých dochází k setí po mělkém zpracování půdy. Účinnost zanechání rostlinných zbytků na povrchu chrání půdu před působením vody i větru,

na čemž se shodlo více autorů. U nechráněného povrchu může docházet především po orbě k rozplavování strukturních agregátů, slévání půdy a ke snížení propustnosti půdy pro vodu (Hůla a kol. 2003).

5.3.1. Velmi účinná agrotechnická protierozní opatření

Pro velmi účinné protierozní opatření je vhodné volit pěstitelské technologie, které zkracují období, kdy je půda bez vegetačního pokrytí. Dalším významným hlediskem je cílené využití rostlinných zbytků předplodin a meziplodin ke snížení povrchového odtoku (Hůla a kol. 2003).

5.3.1.1. Technologie přímého setí ozimé obiliny o řepce, obilnině nebo luskovině

Metodika přímého setí do nezpracované půdy po plodinách, které zanechávají strniště je hlediska protierozního působení celkově velmi účinná. Očekávaný protierozní efekt lze navýšit rozdrčením slámy při sklizni sklízecí mlátičkou a následným rovnoměrným rozptýlením této slámy po pozemku. Při odvozu zrna od sklízecích mlátiček, je důležité omezit vznik zhutněných pásů, které vznikají od dopravní technologie, protože ke snížení povrchového odtoku je důležitá propustnost půdy pro vodu. Při sklizni, kdy je vyšší vlhkost půdy, se zvyšuje riziko vytváření hlubokých stop po dopravních prostředcích. Vzniklé hluboké koleje mohou znemožnit přímé setí do nezpracované půdy a případné zhutnění půdy tyto stopy podporují vznik povrchového odtoku vody.

Doporučovanou technikou je postřikovač pro aplikování neselektivního herbicidu ke snížení plevelů a secí stroj pro setí do nezpracované půdy (Hůla a kol. 2003).

5.3.1.2. Technologie setí ozimé obilniny po obilovině nebo řepce s využitím mělké podmítky

Pro podmínky, kde hrozí vyšší ohroženost půdy erozí, lze doporučit technologii s mělkým zpracováním půdy, při kterém je co nejvíce rostlinných zbytků zanecháno na povrchu půdy. Doporučuje se použití kypřičů s odřezávacími radličkami. Podmítka následuje ihned po sklizni předplodiny, aby došlo k využití přínosu kvalitní včasné mělké podmítky. Především k vytvoření podmínek pro vzejití výdrolu předplodiny a semen plevelů. Obvyklým řešením je využití opakované podmítky před setím. Pro navýšení protierozní ochrany půdy při pěstování řepky ozimé je dobré využít rozdrčenou slávu z obilnin jako mulč na povrchu půdy.

Doporučená technika je v tomto případě radličkový kypřič s podřezávacími radličkami, postřikovač pro aplikaci neselektivního herbicidu ke snížení plevelů a vzešlého výdrolu předplodiny a secí stroj do nezpracované nebo minimálně zpracované půdy (Hůla a kol. 2003).

5.3.1.3. Zvýšení účinnosti protierozních opatření

Při zakládání porostů ozimých obilnin po řepce, nebo obilovinách a ozimé řepky po obilovině lze následný protierozní účinek navýšit drcením slámy předplodiny a jejím rozptýlením po pozemku. Sláma slouží po zasetí k ochraně půdy před nepříznivým působením srážek na půdu, také k omezení povrchového odtoku vody ze srážek. Podobné využití drcené a rozptýlené slámy je možné i v případě přímého setí do ozimých plodin do nezpracované půdy. Kdežto při zařazování obilnin po obilovinách mohou nezpracované rostlinné zbytky obilnin způsobit problémy s přenosy houbových chorob. Je důležité, aby sláma nebyla zapravena do půdy. Dosáhne se toho výběrem secích strojů, jejichž kotoučové botky na setí odhrnují slámu v úzkých pruhách na stranu, takže sláma není zatlačována do zeminy. Nebo použitím strojů s podřezávacími šípovými radličkami, které ukládají osivo do pásů, aniž by vkládaly podrcenou slámu do půdy. Jiným technickým řešením je také požití tzv. koltrů – prořezávacích kotoučů, které zajistí proříznutí posklizňových zbytků předplodiny a vytvářejí zkyprené stopy do kterých je osivo ukládáno. K rovnoměrnému pokryvu půdy drcenou slámou lze využít mulčovací brány (Hůla a kol. 2003).

Obr. č. 4 Mulčovací brány



Zdroj:http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/prezentace/mt/show_stroj.php?ID_stroj=22&od=0
[cit. 17.3.2014]

5.3.1.4. Technologie setí jarního ječmene po obilnině nebo řepce bez orby, s využitím strniskové meziplodiny

Pro zkrácení meziporostního období, ve kterém je půda bez vegetačního pokrytí, je možné využít pracovní postup se zařazením mělké podmítky nebo podmítky na střední hloubku ihned po sklizni předplodiny a založit porost meziplodiny. Pro navýšení protierozního účinku je dobré podmínku vykonat některým z kypřičů, který zanechává většinu posklizňových zbytků na povrchu půdy. K zvýšení protierozního účinku je dobré využít podrcenou a rozptýlenou slámu u předplodiny jako mulč. Před podmínkou se aplikují průmyslová hnojiva.

Zkrácení období, kdy je půda bez vegetačního pokryvu, je možné docílit včasným založením porostu meziplodiny například hořčice bílé nebo svazenky vratičolisté. Vhodným řešením bývá zasetí meziplodiny s podmínkou současně. Kypřiče používané jako podmiťáče se mohou doplnit o jednoduchý secí stroj, který dokáže zasít meziplodinu s podmínkou a tím se využije vlaha pro klíčení osiva meziplodiny i vzcházející porost. Využití podrcené slámy jako mulče a založení porostu meziplodiny je výhodné z hlediska ochrany půdy před erozí v letním období při výskytu přívalových dešťů.

Strnisková meziplodina ochraňuje zeminu nejen před erozí, ale chrání také povrchovou vrstvu půdy před narušením půdní struktury v období podzimních dešťů. Po umrtvení biomasy strniskové meziplodiny mrazem v zimním období je půda na jaře kryta mulčem. V jarním období je důležité před setím aplikovat neselektivní herbicid k potlačení množení plevelů. Pro uchování protierozního účinku se doporučuje zasetí ječmene jarního secím strojem, který minimálně rozrušuje mulč na povrchu půdy (Hůla a kol. 2003).

5.3.1.5. Další možnosti použití velmi účinných agrotechnických protierozních opatření

V podmínkách vyššího ohrožení půdy erozí, kdy je nutné uplatňovat více účinná protierozní opatření, se doporučuje využívat protierozní účinnost víceletých píceň. Na využívané svažité pozemky by neměla být zařazována konvenčně vysetá kukuřice. Zajištění krmivové základny pro skot je v takových podmínkách možné vyšším využitím víceletých píceň, či trvalých travních porostů a jednoletých hustě setých píceň s poměrně rychlým počátečním vývojem. Pro kukuřice se pak vybírají pozemky s menší svažitostí. V případě nutnosti zařazení kukuřice při nadměrné dílce pozemků po spádnicí, je možné uplatnit tzv. pásové střídání plodin. Při zařazení kukuřice na pozemky s pásovým střídáním plodin se pro snížení rizika ohrožení půdy vodní erozí doporučuje využití některé z technologií půdoochranného zpracování půdy (Hůla a kol. 2003).

5.3.2. Méně účinná agrotechnická protierozní opatření

V podmínkách, kde vystačí méně účinná protierozní opatření, se doporučují agrotechnická opatření, která zahrnují půdoochranné zpracování půdy a zakládání porostů plodin, využívání meziplodin na zelené hnojení, nebo vrstevnicové obdělávání půdy. U pozemků s velkou délkou po spádnicí se řadí plodiny jako je například kukuřice a brambory tak, aby byla přerušena souvislá plocha plodin s nízkou protierozní ochranou půdy, plodinami s vyšší protierozní ochranou půdy, mezi které patří víceleté pícniny či ozimé obilniny (Hůla a kol. 2003).

5.3.2.1. Technologie zakládání porostu kukuřice na siláž do mulče z vymrzající meziplodiny

Pracovní postup je založen na výměně orby podmínkou na střední hloubku radličkovým, nebo talířovým kypřičem. Poté následuje kypření zeminy dlátovým kypřičem do hloubky. Toto kypření je alternativní opatření pro případ potřeby zpracování ztuhlé vrstvy půdy. Je důležité tyto zásahy zpracování půdy vykonat co nejdříve po sklizni předplodiny, aby bylo možné včas zasít meziplodinu jako je například hořčice bílá, ředkev olejná, nebo svazenka vratičolistá.

Při zpracování půdy založené pouze na podmítce se doporučuje spojit podmínku se zasetím meziplodiny a využití radličkového, nebo talířového kypřiče, který je doplněný o jednoduchý secí stroj bez secích botek. Jiná možnost se naskytne po kypření dlátovým kypřičem, kdy je zasetí meziplodiny možné v samotné pracovní operaci.

Protierozní účinek pracovního postupu se zvýší využitím drcené a rozptýlené slámy z obilniny jako mulče. Na slámu se poté aplikuje dusíkaté hnojivo a doporučená dávka fosforečných a draselných hnojiv.

V jarním období se aplikuje neselektivní herbicid spolu s hnojením kapalnými průmyslovými hnojivy. Pak odchází k setí kukuřice secím strojem na přesné setí do mulče a současně se mohou podpovrchově aplikovat průmyslová hnojiva. Využití rozdrcené slámy a vymrzající předplodiny je účinným protierozním opatřením pro pěstování kukuřice.

Obr. č. 5 Stroj na přesné setí kukuřice



Zdroj: <http://www.agromel.cz/presne-seci-stroje> [cit. 17.3.2013]

Pokud je kukuřice řazena po plodině například luskovinoobilní směsky, která se sklízí velmi brzo, je vhodné využití dlouhé meziporostní období k pěstování meziplodiny na zelené hnojení. Meziplodina na pěstování zeleného hnojení může být

letní vikev, nebo žito ozimé s vikví. Biomasy z vypěstované meziplodiny je možné na podzim zpracovat mulčovačem a radličkovým, nebo talířovým kypřičem zčásti zapravit do země. Aby byla protierozní účinnost dostatečná, je důležité část biomasy zanechat na povrchu půdy. Na jaře je možné zasít kukuřici do mulče pomocí stroje na přesné seti buď bez jarní předset'ové přípravy půdy, nebo s jednou operací přípravy pomocí vířivého kypřiče, nebo kombinátoru (Hůla a kol. 2003).

5.3.2.2. Seti ochranné plodiny v pásech a v meziřadí

V Německu se využívá technologie, při které při zpracování půdy pro kukuřici tvoří částečnou protierozní ochranu. Pokud ale dojde k vyššímu eroznímu ohrožení, tak takové opatření je nepostačující. Spočívá v seti ozimé obilniny v pásech ve směru vrstevnic. Osvědčený je ozimý ječmen, který po zasetí v jarním období nevymetá a tím nedochází ke konkurenci kukuřice. Doporučený odstup pruhů je 20 až 40 metrů, ale pokud by byla kukuřice zasetá ve směru sklonu pozemku, je dobré pro zasetí obilniny ve směru vrstevnic zvolit vyšší výsevek.

Další možností je současné seti kukuřice a ochranné předplodiny. Ozimé žito se vysévá do každého druhého meziřadí kukuřice. Nedostatek tohoto postupu je nízká protierozní účinnost po dobu čtyř týdnů po zasetí. Ke zvýšení účinnosti dochází, jestliže se při seti kukuřice a ochranné předplodiny využije některého postupu zpracování půdy pro kukuřici bez orby (MZE, 1995)

5.3.2.3. Technologie zakládání porostů obilnin po kukuřici a po okopaninách

Po sklizni okopanin je možné s výhodou využít minimální zpracování půdy. Při ochraně půdy před erozí je potřebné rychlé zasetí například pšenice ozimé po sklizni kukuřice, nebo cukrové řepě. Pokud se zařazuje po cukrové řepě jarní ječmen, je možné při minimálním zpracování půdy využít mělké kypření, při kterých posklizňové zbytky neztratí protierozní efekt.

Při využívání pracovních postupů s cílem omezit nenávratné poškození půdy vodní erozí, mohou vznikat komplikace, jejichž příčinou nebývají samotné pracovní postupy, ale postupy jednoduché s úzkou skladbou plodin. Příkladem mohou být šířené choroby a škůdci plodin z důvodu vysokého zastoupení obilnin v osevních postupech. Ochrana půdy před erozí je jedním z důvodů pro širší využití víceletých píceň v osevních postupech, dalším argumentem je ozdravení půdního prostředí. (MZE, 1995)

5.4. Technická protierozní opatření

Technická protierozní opatření se obvykle navrhují v případě nedostatečné ochrany půdy organizačními a agrotechnickými opatřeními, jako jejich doplněk nebo pokud je toto řešení výhodnější (MZE, 2014).

Ochranná funkce těchto opatření je založena na poklesu erozního účinku tekoucí vody zmenšením sklonu, zkrácením délky povrchového odtoku po pozemku, jeho usměrněním a odvedením či zachycením včetně smyté půdy (Janeček a kol., 2002).

5.4.1. Terénní urovnávky

Terénní urovnávky hlavně odstraňují lokální nerovnosti a terénní útvary ovlivňující směr a soustředování povrchového odtoku. V praxi se nejběžněji jedná o odstraňování mělkých údolnic na pozemcích. Zpravidla se terénní urovnávky provádějí pouze na hlubokých půdách nebo s využitím navážek (MZE, 2014)

5.4.1.1. Terasy

Terasy chrání hluboké až velmi hluboké půdy před účinky eroze na velmi svažitéch půdách o sklonech vyšších než 20%. Z konstrukčního hlediska můžeme terasy rozdělit na úzké, široké a terasové dílce. Na úzkých terasách je možno pěstovat jednu až dvě řady vinné révy nebo ovocných stromů, na širokých tři a více řad nebo běžnou zemědělskou plodinu. Terasy mohou mít svah stabilizovaný opěrnou zdí z kamene či betonu nebo v případě zemních teras pouze vegetací.

Terasy se zemním svahem mají větší nároky na plochu než terasy s technickou stabilizací, jsou ovšem finančně i technicky jednodušší. Ekonomicky uskutečnitelný návrh teras je v místech kde dodávají krajíně osobitý ráz nebo jedná-li se o produkci zvláštních plodin jako je vinná réva, sady apod. V praxi se terasování provádí jen v ojedinělých případech díky obrovské finanční náročnosti (MZE, 2014)

5.4.1.2. Protierozní meze

Meze orientované ve směru vrstevnic jsou považovány za významné technické protierozní opatření. Vytvářejí se postupem času orbou nebo navezením kamení z polí, čímž vzniká terénní stupeň o výšce přibližně jeden metr až metr a půl a sklonu svahu 1: 1,5. Svah bývá většinou zatravněn. Protierozní vliv mezí je v možnosti uplatnění pásového střídání plodin z obou stran mezí, mírném snížení sklonu svahu, a ovlivnění směru obdělávání půdy po vrstevnicích. Schopnost mezí účinně přerušit povrchový odtok je velmi malá, proto je vhodné meze doplnit o prvky účinně zachycující povrchový odtok (Janeček a kol., 2008).

5.4.2. Hydrografické prvky

Povrchový odtok z přívalových dešťů je i v malých povodích vážným ohrožením pro obce, budovy, komunikace, vodní zdroje aj. Z tohoto důvodu je potřebné neškodně odvést přívalové vody (Janeček a kol.,2008).

5.4.2.1. Protierozní příkopy

Protierozní příkop je liniový prvek používaný k doplnění hydrografické sítě sloužící k zachycování a odvádění povrchové vody v místě nutného přerušení svahu. Příkop je na pozemku orientován s mírným sklonem podél vrstevnic. Obvykle je lichoběžníkového profilu se šířkou ve dně od 30 do 60 cm, hloubkou mezi 60 a 120cm. Sklon svahů bývá v poměru 1: 1,5 až 1: 2. Pokud je cílem příkopu ochrana jen zemědělských ploch je dimenzován na průtok 5-leté vody, potřebujeme-li ochránit intravilán obce, infrastrukturu apod., je příkop dimenzován na 10-50 leté vody, ve výjimečných případech i 100-leté průtoky. V případě nutnosti zvýšení stability dna a svahů musíme příkop opevnit.

Z hlediska funkce příkopu můžeme rozlišit příkopy záchytné sloužící k ochraně pozemku před přítokem vod z okolních pozemků, sběrné příkopy omezující délku nepřerušeno povrchové odtoku na pozemku a svodné příkopy zajišťující neškodný odtok do recipientu (MZE, 2014).

5.4.2.2. Průlehy

Průlehy mělké, obdělávané či lépe trvale zatravněné, vybudované v mírném odklonu od vrstevnic jsou nejvhodnějšími hydrografickými prvky, které zachytávají a neškodně odvádějí náhlé povrchové odtoky a smyvy zeminy. Jsou oproti příkopům výhodnější zpravidla ve větší průtokové kapacitě bez nebezpečí blokování unášenými předměty. Také ve snadných přejezdech, u kterých není nutné budování propustků pro průtok vody a mimo jiné jsou snadno realizovatelné a udržovatelné.

Ojedinelé uplatnění tyto průlehy nacházejí v podobě trvale zatravněných údolnic, při čemž zajišťují neškodný, na krátkou dobu vyskytující se povrchový odtok z povodí. Tyto údolnice byly velmi rozšířené. Vznikaly jako ochrana před rýhovou a stržovou erozí, na základě zkušeností zemědělců. V rámci zcelování pozemků byly tyto dráhy povrchového odtoku rušeny a připojovány do bloků orné půdy (Hůla a kol. 2003).

5.4.2.3. Proti erozní hrázky

K akumulaci, rozdělení povrchového odtoku, zachycení a usazení smyté půdy ze zemědělských pozemků se používají nízké ochranné vrstevnicové hrázky vybudované nad obcemi, nebo významnými komunikacemi. Tyto hrázky umožňují usměrnění povrchového odtoku do profilů s postačující kapacitou (Hůla a kol. 2003).

5.4.2.4. Protierozní nádrže

Protierozní nádrže jsou velice účinné v ochraně intravilánu a infrastruktury před následky povrchového odtoku z pozemků. Ve většině případů jsou budovány jako suché bez trvalé hladiny vody.

Od protierozních nádrží se očekává zachycení smyté zeminy a transformace povodňové vlny vytvořené povrchovým odtokem, proto se dimenzují na dostatečně velké průtoky s opakováním nejméně 50 let (MZE, 2014).

Tyto nádrže se plní jen v případě zvýšených odtoků, pak nastává pozvolný odtok s usazováním a vysoušením nánosů půdy. Není však zapotřebí tyto nádrže častěji čistit ani se neprojevuje negativní vliv v nahromaděných sedimentech jako je to u trvale zatopených nádrží.

5.5. Standarty dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC)

Zajišťují zemědělské hospodaření chránící životní prostředí. Hospodaření podle těchto standardů je jednou z podmínek pro poskytnutí dotací z programu rozvoje venkova a některých podpor společné organizace trhu s vínem.

Kontrolu zemědělců, zda dodržují tyto standardy vykonává Státní zemědělský intervenční fond. Kontroly se provádějí buďto přímo v terénu na zemědělské půdě žadatele o dotace, který byl vybrán, nebo nepřímo využitím metod dálkového průzkumu země.

Vodní eroze je řešena standardy GAEC 1 na svažitéch pozemcích se sklonem větším než 7° a GAEC 2 na pozemcích mírně až silně ohrožených erozí.

Kritéria pro splnění podmínek GAEC 1 a GAEC 2 k čerpání dotačních prostředků jsou v současnosti mírné vzhledem k celkové ploše zemědělské půdy ohrožené erozí.

Standardy se navíc týkají pouze podnikatelů v zemědělství čerpajících dotace, které ekonomicky podporují v protierozním hospodaření na zemědělské půdě (MZE, 2014).

5.5.1. GAEC 1

V tomto standardu se řeší problematika ochrany půdy na svažitéch pozemcích, s průměrnou sklonitostí nad 7°.

Zemědělec musí na pozemcích vedených jako orná půda splnit následující minimální opatření pro omezení negativního působení eroze.

- Založení porostu plodiny, po sklizni předcházející plodiny

- Ponechání strniště sklizené plodiny na půdě nebo její části nejméně do 30. listopadu
- Ponechání zorané nebo podmítnuté půdy za účelem zasakování vody minimálně do 30. Listopadu

Opatření jsou důležitá i pro snižování rizika vzniku povodní a jimi působených škod (MZE, 2011).

5.5.2. GAEC 2

Cílem tohoto standardu je hlavně ochrana půdy před vodní erozí a omezení následků eroze. Standard je v platnosti od 1. ledna 2010 a od 1. července 2011 se rozšířil o mírně erozně ohroženou půdu. Protierozní ochrana se zde řeší požadavky na způsob pěstování vybraných plodin.

Na silně erozně ohrožených půdách nesmí žadatel pěstovat erozně nebezpečné plodiny, jako jsou brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice, kukuřice a čirok. Ostatní obilniny a řepku olejnou smí pěstovat s využitím půdoochranných technologií nebo s podsevem jetelovin a jetelotravních směsí.

Na mírně erozně ohrožených půdách může pěstovat erozně nebezpečné plodiny (viz. výše) pouze s použitím půdoochranných technologií.

Podmínky nemusí být dodrženy pouze na ploše menší než 0,4 ha z celkové obhospodařované zemědělské půdy, jen v případě neliší-li se směr řádků erozně nebezpečné plodiny od směru vrstevnic o více než 30° a pod touto plochou je pás s trvalým travním porostem, víceletou pícninou nebo erozně bezpečnou plodinou o minimální šířce 24m.

6. Výzkumné metody sledování eroze a účinnosti protierozních opatření

Základním úkolem výzkumu eroze je poskytnutí podkladů pro teorii erozních jevů, ověření účinnosti a vhodnosti různých ochranných prostředků (Cáblík, Jůva, 1963). Eroze je přerušovaný jev, není tak lehké sledovat samotný erozní proces. Nejčastěji se zkoumají ztráty půdy vlivem eroze z pozemků a její produkty ve formě sedimentů. (Janeček a kol., 2008).

6.1. Odtokové parcelky

Celkem nejpřesněji se zjišťuje intenzita a průběh eroze zachycováním povrchové odtékající vody a smyté zeminy na jednoduchých striktně vymezených svažitéch plochách.

Ke sledování různých agrotechnických protierozních opatření se ukázali jako nejvhodnější parcelky s délkou 20 až 40 metrů a šířkou 2 až 4 metry o celkové ploše přibližně 100m². Parcelky jsou od sebe oddělené zatravněnými hrázkami nebo pásy z plechu či plastu. Povrchový odtok je sváděn žlaby do sedimentačních nádrží o objemu zhruba 1m³. V nich je zachycováno celé množství odtéklé vody nebo v případě použití reduktorů jen jeho část.

Vzhledem k náhodnému, nepravidelnému a u nás v některých letech sporadickému výskytu přírodních dešťů způsobujících povrchový odtok a erozi je efektivnější využít rovněž simulovaných srážek k vzrůstu výslednosti výzkumu (Janeček a kol., 2002)

6.2. Simulátory deště

Proces eroze půdy, infiltrace a plošného odtoku může být studován za přírodních i simulovaných podmínek. Vzhledem k tomu, že je žádoucí studovat tyto procesy v přirozených podmínkách dešťových srážek, avšak prostorové a časové rozložení přírodních srážkových charakteristik nelze ovlivnit, je sběr dat velmi pomalý ne-li obtížný. Dešťové simulátory mají schopnost vytvářet řízené a reprodukovatelné umělé srážky, což urychluje sběr dat (Thomas, Swaify, 1989).

Ztráty půdy z povodí v důsledku dešťových srážek lze odhadnout z malého měřítka ztráty půdy měřené s proměnlivou intenzitou deště pomocí simulátorů (Hammed a kol., 2002)

Erozivita dešťových srážek je udržována konstantní regulací intenzity srážek. To umožňuje, izolovat funkci spojenou s rozpadem půdy a určit index erodovatelnosti pro různé půdy. Na dešťové simulátory v laboratořích působí oproti polním méně rušivých vlivů jako je vítr, teplota a vlhkost (Aksoy a kol., 2012).

Žádoucí charakteristiky srážkových simulátorů používaných v erozi a hydrologických studiích zahrnují intenzitu srážky, prostorovou jednotnost v celém zkušebním pozemku, velikost kapek, jejich distribuci a mezní rychlost. Rovněž důležité jsou přesné ovládnutí intenzity dešťových srážek a tím podobnosti s přírodními srážkami z hlediska kinetické energie, opakovatelnost stejných přívalových dešťů a zlepšení mechanické a technické spolehlivosti pro jednoduché a snadné přenášení na výzkumné ploše (Clarke, Walsh, 2007).

Mnoho srážkových simulátorů bylo vyvinuto podle oblasti a rozsahu jejich aplikace. Velikostně se liší od malých přenosných infiltrometrů s průměrem zadešťování půdy 15cm až po komplexní dešťové simulátory s plochou zadešťování 100m². Nicméně, dešťové simulátory mohou být zařazeny především do dvou kategorií, jimiž jsou kapkovací simulátory a tryskové dešťové simulátory (Corona a kol. 2013)

Kapkovací simulátory vyvíjejí a formují jednotlivé kapky pomocí vláken, trubiček, dutých jehel a podobně. Intenzita kapek je řízena tlakem nebo přetlakem v zásobní nádrži a průměrem otvorů, ze kterých se kapka tvoří (Janeček a kol., 2002). Tyto systémy se vyznačují jednotnou intenzitou prostorového rozložení, jsou snadno přenosné, a velmi efektivně využívají vodu (Corona a kol. 2013).

Stávají se však nepraktickými pro použití v terénu, protože je zapotřebí výšky 10 m aby kapky dosáhly mezní rychlosti a kinetické energie srovnatelné s přirozeným deštěm (Aksoy a kol., 2012). Kapkovací simulátory jsou tak především vhodné pro malé plochy v laboratorních podmínkách.

V druhé kategorii jsou simulátory s tlakovými tryskami, které tlačí vodu do trysek a generují kapky, které dopadají na půdu s vyšší rychlostí a tím i kinetickou energií. Tímto způsobem se dosahují simulované srážky vysoké intenzity velmi se blíží přírodním přívalovým dešťům. Tryskové simulátory je možné použít ve větších měřítkách než kapkové a stále s jednotnou prostorovou distribucí kapek velikostně přiměřeně rozdělených od 0 do 7mm (Corona a kol. 2013).

Nejčastější problémy při zkoumání půdy jsou spojeny s počasím v reálném prostředí. Faktory jako jsou např. světlo, teplota, vlhkost, vítr, vegetace se obtížně napodobují (Janeček a kol., 2008).

V důsledku všech těchto skutečností je zřejmé, že univerzální dešťový simulátor použitelný pro všechny situace neexistuje. Specifické podmínky vyžadují konkrétní návrh dešťového simulátoru. Například, motorizované simulátory nelze použít pro pozemky s vysokými svahy. Vjezd motorového vozidla na zkoumaný pozemek nemusí být také možné buď v důsledku vlhkých zimních půdních podmínek nebo potřeby pěstitele zpracovat půdu, a nedostupnost místních zdrojů vody (Battany, Grismer, 2000).

6.3. Reduktor Coshocton

Z velkých obhospodařovaných ploch, u kterých je potřeba redukovat množství odebíraných vzorků povrchového odtoku pro potřebu zjištění ztrát půdy, jakosti a množství odtékající vody se používá zařízení nazývané „Coshocton“, podle americké výzkumné stanice ve státě Ohio. Zařízení odděluje větší část odtékající vody ze zkoupané plochy od menší části odváděné do zásobníku pomocí horizontálního excentricky uloženého kola s úzkou štěrbinou, na které vytéká voda z měrného žlabu.

Hlavní výhodou tohoto typu vzorkovače je automatická funkce bez potřeby příkonu elektrické energie, značná redukce původního průtoku na vzorkový v poměru 200:1, velmi malá pravděpodobnost ucpání štěrbin (Janeček a kol., 2002).

6.4. Odběry vzorků erozních produktů z vodních toků

Ve světovém měřítku jsou sedimenty jako erozní produkt svým množstvím největším znečišťovatelem povrchových vod. Splavované sedimenty ochuzují zemědělskou půdu a zhoršují kvalitu povrchových vod, proto je důležité dbát na účinné způsoby ochrany půdy a jejich kontrolu. Kontrolní metody zjišťování sedimentů ve vodách mohou být buď zařízení používaná k odběru vzorků či zařízení k okamžitému zjištění vlastností sedimentů (Janeček a kol., 2008).

6.4.1. Vzorkovače splavenin

Mezi první jednoduché vzorkovače patřili obyčejné uzavíratelné lahve. Velmi nízká úroveň přesnosti vedla ke zdokonalování a standardizování metod pro měření splavenin ve vodních tocích. Vzorkovače můžeme rozdělit podle toho, jsou-li naplňovány v jednom místě, nebo naplňovány současně se svislým pohybem (Janeček a kol., 2002).

V tocích s převážně jemnozrnnými plaveninami, kde je jejich rozdělení koncentrace ve svislém směru jednotné se může množství plavenin shodovat s celkovým množstvím prošlých sedimentů. V případech kdy má tok dostatečnou rychlost a víření aby byly v suspenzi všechny unášené částice, lze měřit celkové množství splavenin ve zkrácené části toku. U malých toků je pak nutné vytvořit umělý turbulentní náhon opatřený překážkami pro zjištění množství splavenin.

Splaveniny sunuté po dně v současné době nelze spolehlivě měřit ani odebírat. Lapáky k tomuto účelu používané mají nejvyšší účinnost 70 %. Zkoušejí se proto i akustické, optické a izotopové principy sledování pohybu splavenin (Janeček a kol., 2008).

6.4.2. Vzorkovače sedimentů

Typy vzorkovačů mohou být korečkový, drapákový, vertikální trubice a nasávače. Nejjednodušším zařízením pro odběr usazených sedimentů je jakákoli nádoba na tyči. Vhodnější je však tzv. kuželovitá sonda, jedná se o kuželovitou misku s posuvným víkem na tyči. Tekuté sedimenty se odebírají nasavačemi, tvoří ji nádobka, z které se po položení na dno vypustí vzduch a místo něj je nasán sediment.

Korečkový vzorkovač se skládá z válcovitého kontejneru s přední odřezávací hranou a lana, za který je tažen po dně. Nevýhodou je možnost proniknutí odřezávací hrany i do dna toku a možnost vyplavení jemnějšího sedimentu při vyzvedávání vzorkovače.

Polotuhé sedimenty se odebírají převážně drapáky. Jsou to čelistové nebo šklebové vzorkovače s kovovými válcovými výsečemi, jež vyříznou vzorek sedimentu za pomoci tažených pružin.

Měřením množství usazenin ve vodních nádržích prostřednictvím ponořených nádob se dá vyvozovat intenzita erozních procesů v povodí, aniž by při odběru vzniklo nebezpečí smíchání sedimentu s původním materiálem dna (Janeček a kol., 2002).

6.4.3. Automatické vzorkovače

Automatizování odběru vzorků má hlavně snížit požadavky na pozorovatele a přispět k dokonalejšímu přehledu o množství a složení sedimentů. Automatické vzorkovače lze rozřadit podle toho, jestli vyžadují příkon elektrické energie.

Jednouúrovňové vzorkovače nepotřebují ke svému fungování elektrickou energii vůbec. Vzorky jsou získávány do uzavřených lahví opatřených plnicími a odvzdušňovacími trubicemi. Plnicí trubice jsou umístěny v různých úrovních a se stoupající vodou v toku se pak láhve naplňují. Jednoduché vzorkovače umístěné v terénních podmínkách umožňují lehce získat přehled o kvalitě vody odtékající při maximálních průtocích po přívalových deštích a jarním tání z malých obhospodařovaných povodí.

Vzorkovače s čerpacím zařízením již ke svému fungování potřebují příkon elektrické energie a to buď z elektrické sítě, nebo z baterií. Čerpání vzorků se spouští jakmile stav vody překročí danou výšku hladiny (Janeček a kol., 2002).

6.5. Laboratorní analýzy nerozpuštěných látek

Existuje mnoho laboratorních metod pro zjišťování koncentrace nerozpuštěných látek a jejich fyzikálně chemických složení. Koncentrace splavenin se nejlépe vyjadřuje v hmotnostních jednotkách jako poměr jejich hmotnosti k hmotnosti vody spolu s nimi.

K oddělování sedimentů z vody ze vzorku se využívá filtrů nebo odpaření. Pokud je obsah sedimentů ve vzorku do $2 - 10 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ je filtrace rychlejší než odpařování. Jemnozrné sedimenty se filtrují přes skleněná vlákna s asbestovou vložkou. Při odpařování se sedimenty nechávají usadit a opatrným slitím vody se oddělí od co největšího množství čisté vody, poté se přelijí do odpařovací nádoby a následně se suší v peci při $90 - 95^\circ\text{C}$.

Stanovení velikosti částic se určuje přímou metodou a sedimentační. Přímá metoda např. ponořování, měření objemu a průměru se používá obvykle jen u velkých částic. Mezi nejčastěji používané sedimentační metody náleží pipetovací, hustoměrná, vizuálně-akumulační a metoda odběru ode dna. Polonepřímou metodou je použití sít.

Koncentraci nerozpuštěných látek lze zjišťovat také průhledností jimi zakalené vody. K tomu se využívá Shnellova způsobu, kdy je zakalená voda ve skleněném válci a postupně se upouští než je vidět značka umístěná na dně válce. Dalším způsobem jsou speciální turbidimetry proměřující intenzitu procházejícího i rozptýleného světla a laboratorní fotometry.

Důležité jsou však kromě fyzikálních rozborů sedimentu i chemické a mikrobiologické rozborů. Aktivní povrchová vrstva jemných sedimentů na sebe může vázat různé pesticidy, těžké kovy, rostlinné živiny, radionuklidy, tenzidy i mikroby. Tyto prvky je důležité sledovat především z hlediska ochrany životního prostředí jehož je voda nedílnou součástí (Janeček a kol., 2008).

6.6. Ostatní metody

Vliv erozních procesů na změnu vlastností půdy je možné sledovat např. na vývoji vegetace a výnosů plodin jež je ovlivněna úrodností půdy. K měření velikosti eroze se také využívá laserových snímačů mikroreliefu tzv. profilografů. Měří podrobně a přesně nerovnosti půdy ve formě relativních údajů, které jsou důležité pro popis procesů eroze a povrchového odtoku.

Velmi dobře se pro mapování eroze na větších územních celcích uplatňují morfometrické metody, na jejich podstatě byla vytvořena první mapa půdní eroze v ČSSR. Mezi tyto metody se řadí i fotogrammetrie využívající leteckých, družicových či jinak z výšky pořizovaných snímků. Můžeme takto měřit erozní formy, dráhy povrchového odtoku i plošný smyv půdy a opakovaním snímkování zachytit jejich změny. Nejvhodnější čas pro pořizování snímků je z jara, dokud je půda bez vegetačního pokryvu. Intenzita eroze se použitím těchto metod snadněji zjišťuje v těžko dostupném terénu a při přírodních katastrofách. Snímkování není vhodné pro malé území z důvodů velké finanční náročnosti. Nevýhodou je také nutnost příznivého počasí bez oblačnosti (Janeček a kol., 2008).

7. Ověřování půdoochranné technologie pěstování kukuřice a čiroku

Výčet půdoochranných technologií, která může zemědělec využít v rámci standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu ve zkratce GAEC je omezený. Ne všechny technologie patřící do těchto standardů lze v ČR jednoduše aplikovat. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy (VÚMOP, v.v.i.) ve Zbraslavi spolu s dalšími výzkumnými pracovišti a zemědělci za finanční podpory ministerstva zemědělství začal ověřovat další půdoochranné technologie využitelné na mírně erozně ohrožených půdách, s možností jejich zařazení do seznamu specifických půdoochranných technologií využívaných standardem GAEC 2. Jedná se o ověření technologie jednorázového zapracování organické hmoty do půdy, pásového zpracování půdy, setí kukuřice v úzkém řádku (max. 45 cm) a konvenčního setí čiroku (Kadlec a kol., 2013).

7.1. Přírodní podmínky zájmového území

Zájmové území se nachází ve správním obvodu obce Petrovice v okrese Příbram ve Středočeském kraji. Je zde mírně členitý terén. Východní část území je tvořena žulami, střídají se zde pahorkatiny s mírně skloněnými rovinami a ojediněle se vyskytujícími hlubšími erozními vedoucími k západu do kotlinovitého útvaru mezi obcemi Petrovice a Vilasova Lhota. Na západě území jsou vyšší strmější kopce skloněné k východu. Převládající část pozemků se nachází ve výšce 500 m n.m. Nenacházejí se zde žádné větší vodní plochy.

Obr. č. 5 poloha obce Petrovice v Okresu Příbram



Zdroj: maps.google.cz, vlastní práce

Obec Petrovice spadá do mírně teplého a vlhkého regionu. Teplota vzduchu nepřesahuje v celoročním průměru 7,5°C. Nejnižší průměrná teplota bývá v lednu - 3°C a nejvyšší v červenci 16 °C. Atmosférických srážek spadá na území v ročním průměru více než 600mm.

Geologie je v této oblasti poměrně pestrá. Nejvíce jsou zde obsaženy kyselé horniny ze skupiny žul, dále pískovcové souvrství, břidlice a vápence. Na geologickém žulovém podkladu se nacházejí zrnitostně lehké půdy s omezenou hloubkou. Nadměrná vodní drenáž, intenzivní průsak a malá vzlínavost vedou na těchto půdách k vysychavosti. Podobné je to i u půd vytvořených z vápencových zvětralin s malou mocností. Ostatní půdy vytvořené ze zvětralin břidlice a pískovce jsou většinou těžšího zrnitostního složení, což vede k lepšímu zadržování vláhy v půdě, pozvolnějšimu průsaku. Půdy jsou tu slabě či intenzivně oglejné, více ulehlé se zhutnělým podorničím. V erozních rýhách a na dně depresí přispívá k provlhcování spodní voda, která v profilu stagnuje a vytváří nepříznivé glejové redukční procesy.

Na zájmovém území se vyskytují tyto půdní typy: kambizemě, pseudogleje, rendziny, gleje a rankery (Kadlec a kol., 2013).

7.2. Simulátor deště

Polní simulátor deště byl speciálně vyvinut pro VÚMOP, v.v.i., umožňuje měřit aktuální ztrátu půdy vodní erozí, stanovit infiltrační schopnost půdy a pozorovat chování půdy při různých vlhkostních podmínkách a intenzitách srážek díky zdvojenému rozvodu trysek. Simulátor je přimontován na přívěsném vozíku. Tvoří ho elektrocentrála, motorové čerpadlo, regulační a ovládací prvky, nádrž na vodu a příhradová skládací konstrukce s rozvody a tryskami.

Řízení simulátoru je prováděno přes počítačový software umožňující následné zpracování zaznamenaných údajů a výpočet požadovaných veličin. Princem měření je v simulaci dešťových kapek na přesně definované a ohraničené ploše, snímání počátku povrchového odtoku, množství smyté zeminy a obsahu nerozpuštěných látek.

Na všech pokusných plochách byly zvoleny jednotné a standardizované podmínky pro ověřování účinnosti protierozních opatření. Postřik půdy trvá 20 minut čtyřmi tryskami firmy Spraying Systém 30WSQ o tlaku vody 0,5 baru, celková zadešťovaná plocha je 25m².

Pro požadovaný tlak jsou v řídicím softwaru zaneseny odpovídající průtoky ověřené podrobným měřením, neboť množství vody se závisí na momentálním provozním tlaku v rozvodech trysek. Výkyvy tlaku v řádech desetin jsou vyrovnávány interpolací hodnot přímo softwarem tak aby bylo známé skutečné množství použité vody. Intenzita simulovaných srážek byla zvolena na podkladě průměrné intenzity přívalové srážky v ČR doporučené Českým hydrometeorologickým ústavem, což je 60 mm. hod⁻¹.

Režim simulace:

- Tryska 30WSQ
- Tlak 0,5 bar
- Doba deště 20 min
- Ventil V2+V3 společně
- Úhrn srážky 20,5 mm
- Intenzita srážky 1,02 mm/min

(Kadlec a kol., 2013).

7.3. Způsob obdělání půdy

Před samotným zpracováním půdy na pokusných plochách založených ve správním obvodu obce Petrovice předcházeli průzkum půd a terénu. V místě založení pokusných parcel se nacházejí kambizemě modální. Jedná se spíše o lehčí půdu s obsahem skeletu do 10%. V době sondování byla struktura půdy klasifikována jako drobtovitá. Sklonitost svahu na pokusných plochách byla 6°.

Po sklizni pšenice bylo zapraveno do půdy 20 m³ zbytků po anaerobní digestaci v místní bioplynové stanici tzv. digestátu použitím kultivátoru Horsch-terrano FX. Následně byla zasetá svazenka vratičolistá jako meziplodina, která přes zimu vymrzla, dodatečně se pouze chemicky ošetřil přetrvávající plevel.

Na jaře byly v rámci testování pěstování kukuřice v úzkém řádku připraveny následné pokusy:

- a) konvenční zpracování půdy se setím kukuřice do řádků 37,5 a 75 cm vzdálených od sebe
- b) páskové zpracování půdy (Strip-till) se setím kukuřice do řádků 75cm vzdálených od sebe.
- c) přímé setí kukuřice v řádcích 37,5 a 75 cm vzdálených od sebe
- d) kontrolní varianta bez rostlinného pokryvu (úhor)

V rámci testování široku byly připraveny dvě varianty pokusu:

- a) konvenčně zasetý širok do vymrzlé meziplodiny v řádcích vzdálených od sebe vzdálených 75cm
- b) kontrolní varianta bez rostlinného pokryvu ponechaná jako úhor.

Konvenční zpracování půdy probíhalo diskovým podmítačem Lemken-Rubin. Každý disk je na tomto stroji uložen samostatně, je proto také vhodný i do velmi kamenitých půd. Disky zkracují a zapravují rostlinné zbytky do půdního profilu a zároveň je rozprostírají po celé pracovní šířce stroje. Ve většině případů je ovšem tento způsob zpracování půdy nákladnější a pracnější.

Přímé setí kukuřice do vymrzlé meziploidy proběhlo v polovině května bezorebným secím strojem Kinze. Tato technologie je nejjednodušší snižuje pracovní operace a pojezdy po pozemku na minimum.

Páskové zpracování půdy se provádělo strojem Kuhn-Stringer koncem dubna. Stroj zpracovává pásy půdy o šířce kolem 15cm s hloubkou zpracování od 10 do 20cm a současně aplikuje minerální hnojiva. Zpracování půdy tímto systémem lze uskutečnit již na podzim, nebo na jaře. Především o tom rozhodují půdní podmínky. V České republice jde o poměrně novou technologii. Z ekonomického hlediska je tento systém zpracování půdy úsporný např. spotřebou minerálních hnojiv, nevýhodou pak může být specifická použití technologie a nutnost zabezpečit dostatečnou sezónní výkonnost stroje.

Kontrolní varianta bez rostlinného pokryvu je černý kypřený úhor udržovaný bez vegetace kypřený rotavátorem (Kadlec a kol., 2013).

7.4. Výsledky

Z testovaných technologií zpracování a výsevu kukuřice byly mezi sebou porovnávány metoda Strip-till s konvenční technologií a technologie přímého setí kukuřice s konvenční technologií při šířkách řádku obou technologií 37,5 cm a 75 cm.

Čírok nebyl zatím sledován z hlediska protierozní ochrany, chybí tak data, podle kterých by bylo možné vyhodnotit jaký vliv má jeho pěstování na ztrátu půdy vodní erozí. Z tohoto důvodu byla technologie konvenčního výsevu číroku srovnávána s kypřeným úhorem.

Všechny technologie byly srovnávány s kypřeným černým úhorem jako kontrolní variantou.

7.4.1. První zadešťování

První nasazení dešťového simulátoru na porostu kukuřice proběhlo 2. 7. 2013, dle Janečka (2007) ve 3. pěstebním období po dobu druhého měsíce od jarního setí. Porost kukuřice dosahoval výšky do 50cm. Zadeštění bylo provedeno zhruba měsíc po povodních, které se dotkly i zájmového území. Výsledky mohou být do určité míry ovlivněné rýhovou erozí vzniklou na pokusných plochách.

V tabulce č. 1 jsou vyhodnoceny simulované přívalové deště a vypočteny hodnoty ztráty půdy a povrchového odtoku pro jednotlivé varianty použité pro pěstování kukuřice.

Tab. č. 1 Výsledky simulací přívalových dešťů na kukuřici v 1. termínu měření 2. 7. 2013

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku	velikost povrchového odtoku	infiltrace	ztráta půdy
			před	po	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
K1	suchá	40	19,1%	28,7%	222	7,24	13,40	2,24
	mokrá	40	28,7%	36,1%	44	11,44	9,21	4,78
K2	suchá	40	20,1%	33,4%	220	5,96	14,62	0,36
	mokrá	40	33,4%	35,2%	61	11,36	9,21	0,99
K3	suchá	40	11,3%	21,5%	207	8,88	11,75	0,90
	mokrá	40	21,5%	32,6%	74	11,20	9,34	0,77
K4	suchá	40	11,8%	24,1%	297	6,36	14,20	0,18
	mokrá	40	24,1%	31,3%	100	9,72	10,69	0,24
K5	suchá	40	15,8%	29,9%	373	8,20	12,38	0,95
	mokrá	40	29,9%	34,7%	120	13,60	6,97	0,98
úhor	suchá	0	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	mokrá	0	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

Poznámka: K1 – konvenční techn., řádek 75 cm; K2 – konvenční techn., řádek 37,5 cm; K3 – přímé setí, řádek 75 cm; K4 – přímé setí, řádek 37,5 cm; K5 - Strip-till

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

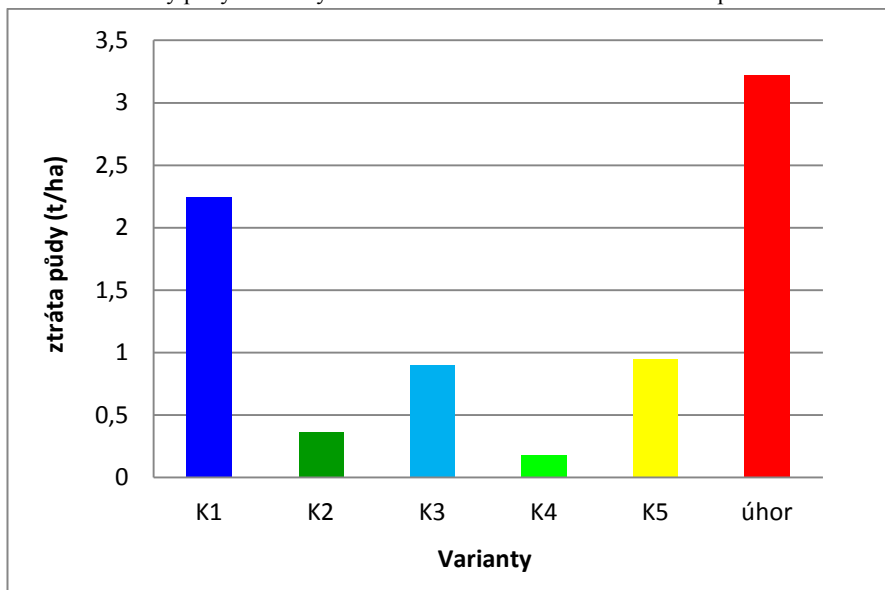
Vlhkost půdy byla měřena před každým měřením i bezprostředně po jeho ukončení. Během simulace srážek byl zaznamenáván počátek povrchového odtoku, který je důležitý při vyhodnocování použitých agrotechnologií. Povrchový odtok nastal podle předpokladu nejrychleji u kypřeného úhoru bez vegetace.

Porovnáním prvních čtyř variant tj. setí kukuřice do úzkých a širokých řádků byl zaznamenán povrchový odtok později u variant setých v úzkém řádku 37,5 cm. Užší řádky tak mají při hodnocení náchylnosti k erozi při pěstování kukuřice pozitivní vliv. Nejpozději začal povrchový odtok u technologie strip-till.

Srovnáním velikostí povrchového odtoku byl zaznamenán opět pozitivní vliv pěstování kukuřice v užších řádcích. Naopak nejvyšších hodnot bylo dosaženo u strip-till technologie.

Nejdůležitějším ukazatelem při vyhodnocování účinnosti protierozních opatření je vyhodnocení ztráty půdy způsobené přívalovými dešti. Hodnoty jsou znázorněny v grafech č. 1 a 2.

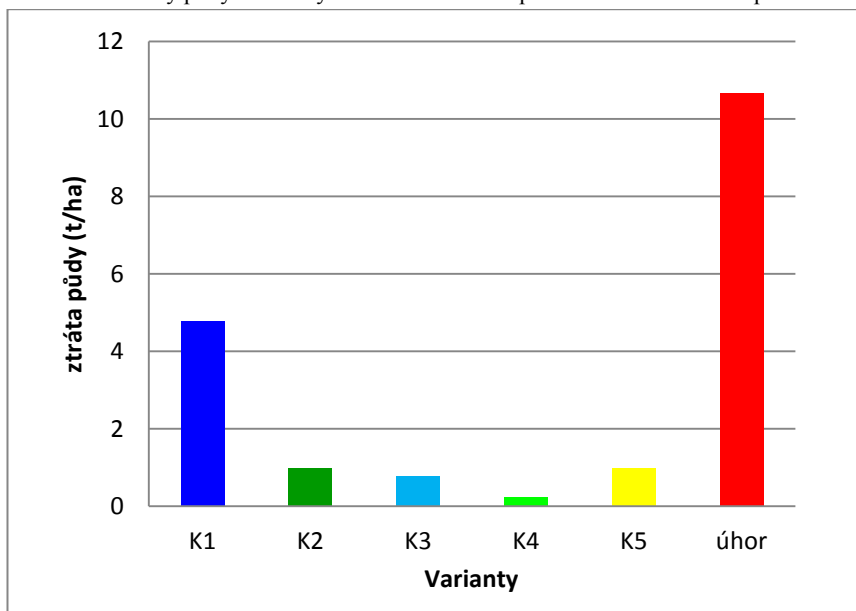
Graf č. 1 - Ztráty půdy u měřených variant kukuřice zadeštění na suchou půdu



Poznámka: K1 – konvenční techn., řádek 75 cm; K2 – konvenční techn., řádek 37,5 cm; K3 – přímé setí, řádek 75 cm; K4 – přímé setí, řádek 37,5 cm; K5 - Strip-till

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

Graf č. 2 - Ztráty půdy u měřených variant kukuřice po zadeštění na mokrou půdu



Poznámka: K1 – konvenční techn., řádek 75 cm; K2 – konvenční techn., řádek 37,5 cm; K3 – přímé setí, řádek 75 cm; K4 – přímé setí, řádek 37,5 cm; K5 - Strip-till

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

V grafu č. 1 a 2 jsou jasně patrné nejvyšší ztráty půdy erozí na úhoru ponechaném bez vegetace, což vede k její výrazné degradaci.

Kladně lze hodnotit setí kukuřice do úzkého řádku jak u konvenčního setí, tak i u přímého setí. Nejnižší odnos půdy byl zaznamenán právě u variant přímého setí, tento fakt potvrzuje významný vliv minimalizačních technologií při ochraně půdy před erozí. Oproti kukuřici zaseté do konvenčně zpracované půdy v širokém řádku je příznivé i setí kukuřice do půdy zpracované páskově. Rozdíly ve ztrátě půdy mezi těmito variantami byly při prvním zadeštění 1,29 t. ha⁻¹ a při druhém zadeštění 3,8 t. ha⁻¹.

Nepříznivé počasí posunulo termín výsevu čiroku a zapříčinilo zpomalení jeho růstu, proto byl i termín ověřování této technologie posunut až na konec července, konkrétně na 24. 7. 2013 dle Janečka (2007) ve 3. pěstebním období po dobu druhého měsíce od jarního setí. Porost měl v té době výšku přibližně 35 cm.

V tabulce č. 2 jsou vyhodnoceny simulované přívalové deště a vypočteny hodnoty ztráty půdy a povrchového odtoku.

Tab. č. 2 Výsledky simulací přívalových dešťů na čiroku v 1. termínu měření 24. 7. 2013

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku	velikost povrchového odtoku	infiltrace	ztráta půdy
			před	po	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
Č1	suchá	35	12,7%	27,8%	382	3,44	17,19	0,52
	mokrá	35	27,8%	39,4%	61	10,12	10,44	2,70
úhor	suchá	0	21,3%	29,5%	91	12,04	8,54	2,89
	mokrá	0	29,5%	34,7%	24	14,88	5,74	7,38

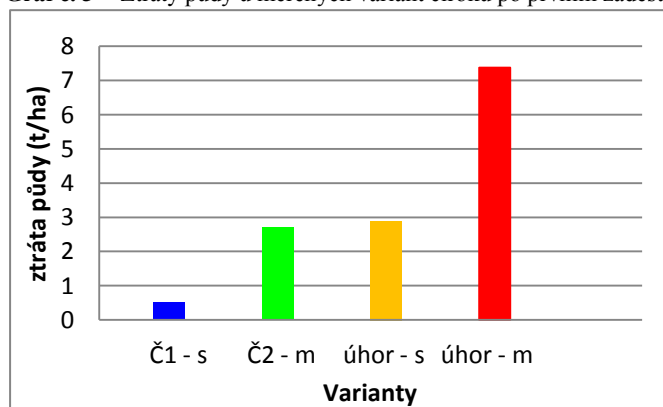
Poznámka: Č1 – konvenční tech., řádek 75 cm;

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

U čiroku nastal povrchový odtok při prvním zadeštění srovnatelný s kukuřicí setou do půdy zpracované technologií strip-till. Velice dobrých parametrů dosáhl čirok ve velikosti povrchového odtoku.

Hodnoty naměřené během prvního i druhého zadeštění ukázaly výrazně nižší smyv půdy oproti úhoru, tyto hodnoty jsou zobrazeny v grafu č. 3

Graf č. 3 - Ztráty půdy u měřených variant čiroku po prvním zadeštění



Poznámka: Č1 - s – čirok, první měření na suchou půdu; Č2 - m - čirok, druhé měření na mokrou půdu; úhor - s, první měření na suchou půdu; úhor - m, druhé měření na mokrou půdu.

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

7.4.1. Druhé zadešťování

Druhé zadešťování na porostu kukuřice probíhalo 23. 7. 2014 dle Janečka (2007) ve 4. pěstebním období od konce 3. období do sklizně. Porost kukuřice byl částečně zapojen a dosahoval výšky do 160cm s výjimkou kukuřice seté do úzkého řádku s konvenčním zpracováním půdy, ta dosahovala výšky kolem 120cm.

V tabulce č. 3 jsou vyhodnoceny simulované přívalové deště a vypočteny hodnoty ztráty půdy a povrchového odtoku pro jednotlivé varianty použité pro pěstování kukuřice.

Tab. č. 3 Výsledky simulací přívalových dešťů na kukuřici v 2. termínu měření 23. 7. 2013

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku	velikost povrchového odtoku	infiltrace [mm]	ztráta půdy [t/ha]
			před	po	[s]	[mm]		
K1	suchá	160	11,2%	29,7%	360	2,40	18,23	0,14
	mokrá	160	29,7%	34,8%	40	9,68	10,91	0,72
K2	suchá	120	12,7%	29,5%	784	1,60	19,00	0,06
	mokrá	120	29,5%	35,6%	66	9,44	11,12	0,31
K3	suchá	160	8,5%	27,9%	200	7,72	12,88	0,83
	mokrá	160	27,9%	34,2%	75	9,88	10,72	0,51
K4	suchá	160	7,6%	28,7%	224	5,64	14,95	0,11
	mokrá	160	28,7%	33,9%	69	8,80	11,84	0,14
K5	suchá	160	7,6%	28,7%	224	5,64	14,95	0,11
	mokrá	160	28,7%	33,9%	69	8,80	11,84	0,14
úhor	suchá	0	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	mokrá	0	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

Poznámka: K1 – konvenční techn., řádek 75 cm; K2 – konvenční techn., řádek 37,5 cm; K3 – přímé setí, řádek 75 cm; K4 – přímé setí, řádek 37,5 cm; K5 - Strip-till

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

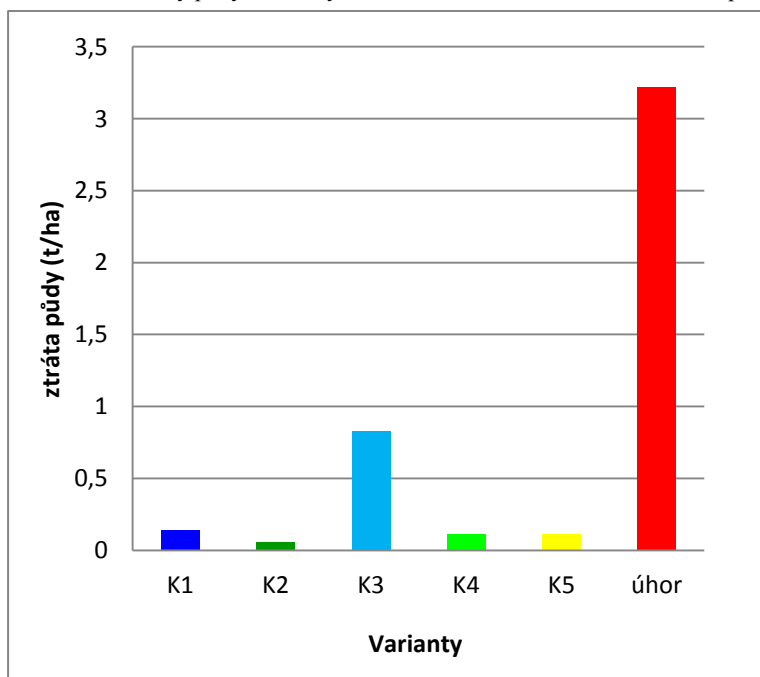
Z hodnot povrchového odtoku je patrný efekt většího zapojení porostu a jeho větší pokryvnosti než to bylo u prvního termínu zadešťování. Povrchový odtok nastal při druhém zadeštění později.

Výška povrchového odtoku se snížila se zvyšujícím se zapojením porostu. Průměrně se tyto hodnoty snížily o 2,12 mm. Větší rozdíly ve snížení odtoku byly pozorovány u kukuřice seté do širokých řádků oběma technologiemi.

Průměrné snížení ztráty erozí oproti předchozímu termínu je o 0,93 t. ha⁻¹. Největší rozdíl je u kukuřice seté do širšího řádku konvenčně zpracované půdy. Při porovnání odnosu půdy mezi jednotlivými technologiemi nejsou tak patrné rozdíly, díky porostu již poměrně dobře chránícím půdu.

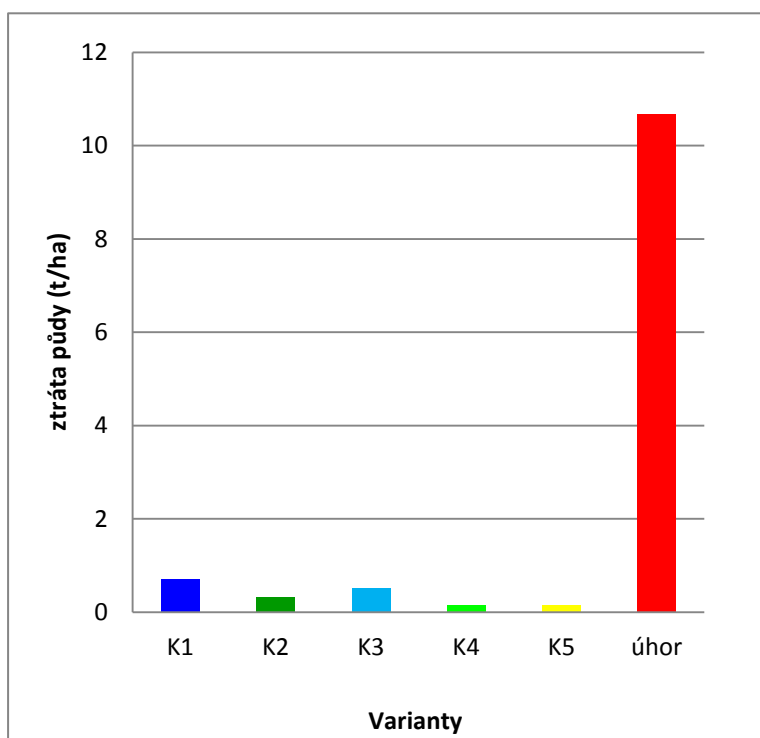
Změřené hodnoty jsou zobrazeny v grafech č. 4 a 5.

Graf č. 4 - Ztráty půdy u měřených variant kukuřice zadeštění na suchou půdu



Poznámka: K1 – konvenční techn., řádek 75 cm; K2 – konvenční techn., řádek 37,5 cm; K3 – přímé setí, řádek 75 cm; K4 – přímé setí, řádek 37,5 cm; K5 - Strip-till
Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

Graf č. 5 - Ztráty půdy u měřených variant kukuřice zadeštění na mokrou půdu



Poznámka: K1 – konvenční techn., řádek 75 cm; K2 – konvenční techn., řádek 37,5 cm; K3 – přímé setí, řádek 75 cm; K4 – přímé setí, řádek 37,5 cm; K5 - Strip-till
Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

Druhý termín zadeštění porostu čiroku probíhal 22. 8. 2013 dle Janečka (2007) ve 4. pěstebním období od konce 3. období do sklizně. Porost dosahoval výšky 170cm a byl plně zapojen. V následující tabulce č. 4 jsou vyhodnoceny simulované přívalové deště s vypočtenými hodnotami ztráty půdy a povrchového odtoku.

Tab. č. 4 Výsledky simulací přívalových dešťů na čiroku v 2. termínu měření 22. 8. 2013

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku	velikost povrchového odtoku	infiltrace	ztráta půdy
			před	po	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
Č1	suchá	170	17,8%	30,2%	93	9,48	11,16	0,36
	mokrá	170	30,2%	34,5%	44	12,88	7,71	0,38
úhor	suchá	0	21,3%	29,5%	91	12,04	8,54	2,89
	mokrá	0	29,5%	34,7%	24	14,88	5,74	7,38

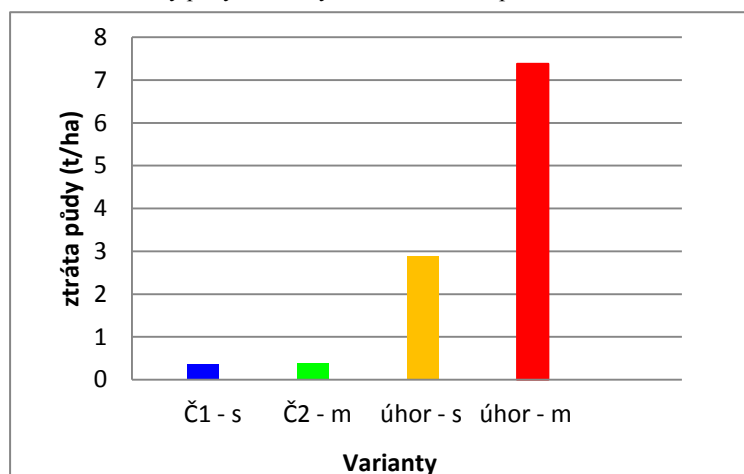
Poznámka: Č1 – konvenční tech., řádek 75 cm;

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

Při tomto měření byly časy povrchového odtoku u úhoru a konvenčně setého čiroku do širokého řádku velice podobné. Srovnáním s prvním termínem měření dostaneme značně rozdílné výsledky, vzhledem k počtu měření tak nelze usuzovat vývoj tohoto ukazatele. Proto je nezbytné získat větší počet reprezentativních dat.

Větší zapojení porostu však dostatečně snížilo ztrátu půdy vodní erozí a narůstá zde rozdíl mezi čirokem a úhorem patrný z grafu č. 6.

Graf č. 6 - Ztráty půdy u měřených variant čiroku po druhém zadeštění



Poznámka: Č1 - s – čirok, první měření na suchou půdu; Č2 - m - čirok, druhé měření na mokrou půdu; úhor - s, první měření na suchou půdu; úhor - m, druhé měření na mokrou půdu.

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

7.4.2. Třetí zadešťování

Třetí zadešťování na porostu kukuřice probíhalo 22. 8. 2014 dle Janečka (2007) na konci 4. pěstebního období od konce 3. období do sklizně z důvodů zpřesnění a doplnění dat předchozího měření. Porost kukuřice tvořil hustý porost vysoký od 175 do 230cm, který vesměs eliminoval účinky dopadajících kapek simulovaného deště na půdu.

Tabulka č. 5 uvádí vyhodnocené simulované přívalové deště a vypočtené hodnoty ztráty půdy a povrchového odtoku pro jednotlivé varianty použité pro pěstování kukuřice.

Tab. č. 5 Výsledky simulací přívalových dešťů na kukuřici ve 3. termínu měření 22. 8. 2013

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku	velikost povrchového odtoku	infiltrace	ztráta půdy
			před	po	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
K1	suchá	200	17,9%	29,4%	103	2,44	18,18	0,10
	mokrá	200	29,4%	33,8%	39	8,56	12,05	0,15
K2	suchá	175	17,5%	28,6%	352	3,44	17,17	0,08
	mokrá	175	28,6%	34,7%	90	9,88	10,72	0,17
K3	suchá	230	11,5%	24,8%	159	4,56	16,04	0,11
	mokrá	230	24,8%	33,7%	86	7,60	12,92	0,13
K4	suchá	230	12,3%	23,7%	197	1,76	18,80	0,03
	mokrá	230	23,7%	31,4%	92	5,60	14,97	0,07
K5	suchá	200	13,8%	28,8%	238	8,72	11,96	0,03
	mokrá	200	28,8%	37,0%	67	12,6	8,04	0,07
úhor	suchá	0	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	mokrá	0	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

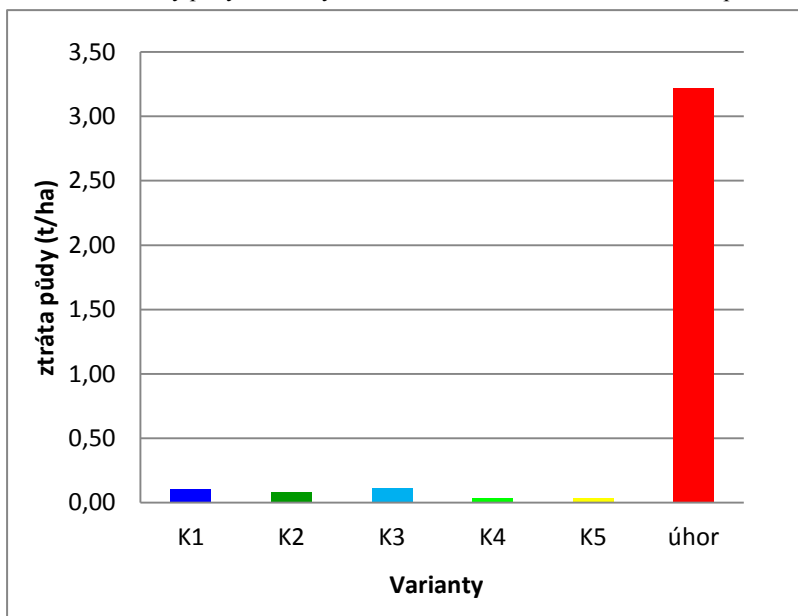
Poznámka: K1 – konvenční techn., řádek 75 cm; K2 – konvenční techn., řádek 37,5 cm; K3 – přímé setí, řádek 75 cm; K4 – přímé setí, řádek 37,5 cm; K5 - Strip-till

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

Vývojová tendence naznačená z předchozích měření potvrdila i v tomto měření oddálení začátku povrchového odtoku u variant s úzkými řádky a technologií strip-till. Nejrychleji došlo k začátku povrchového u metody setí kukuřice do širokého řádku s konvenčním zpracováním půdy.

Porovnáním naměřených výšek odtoku už není patrná vývojová tendence s jasnými výsledky. Snížení povrchového odtoku bylo prokázáno u variant přímého setí kukuřice, naopak se neprokázalo u metody strip-till a setí kukuřice do úzkého řádku při konvenčním zpracování půdy. Pozitivně však klesly hodnoty ztráty půdy. Rozdíly mezi všemi variantami jsou v tomto měření zanedbatelné, viz Graf č. 7 a 8.

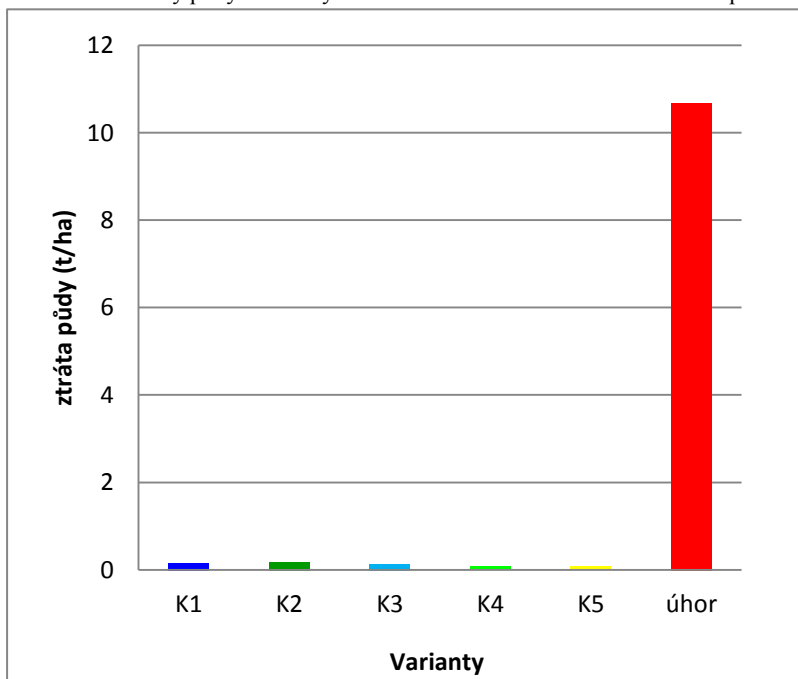
Graf č. 7 - Ztráty půdy u měřených variant kukuřice zadeštění na suchou půdu



Poznámka: K1 – konvenční techn., řádek 75 cm; K2 – konvenční techn., řádek 37,5 cm; K3 – přímé setí, řádek 75 cm; K4 – přímé setí, řádek 37,5 cm; K5 - Strip-till

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

Graf č. 8 - Ztráty půdy u měřených variant kukuřice zadeštění na mokrou půdu



Poznámka: K1 – konvenční techn., řádek 75 cm; K2 – konvenční techn., řádek 37,5 cm; K3 – přímé setí, řádek 75 cm; K4 – přímé setí, řádek 37,5 cm; K5 - Strip-till

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

Třetí termín zadeštění porostu čiroku probíhal 9. 10. 2013 dle Janečka (2007) na konci 4. pěstebního období od konce 3. období do sklizně, z důvodu doplnění a zpřesnění předchozího měření. Poměrně hustý porost dosahoval výšky od 200 do 270cm.

V následující tabulce č. 6 jsou vyhodnoceny simulované přívalové deště s vypočtenými hodnotami ztráty půdy a povrchového odtoku.

Tab. č. 6 Výsledky simulací přívalových dešťů na čiroku v 3. termínu měření 9. 10. 2013

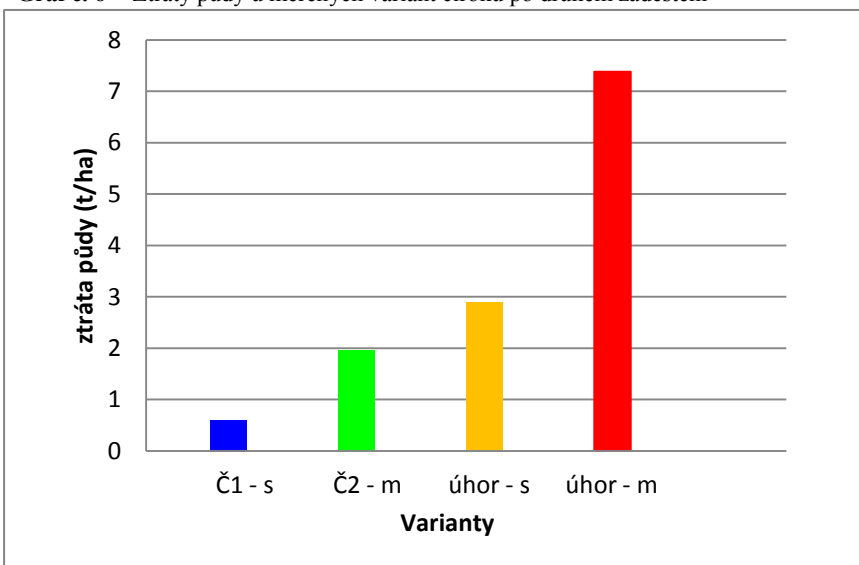
varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku	velikost povrchového odtoku	infiltrace [mm]	ztráta půdy [t/ha]
			před	po	[s]	[mm]		
Č1	suchá	270	17,6%	26,9%	174	7,12	13,37	0,60
	mokrá	270	26,9%	34,1%	36	12,40	8,09	1,97
úhor	suchá	0	21,3%	29,5%	91	12,04	8,54	2,89
	mokrá	0	29,5%	34,7%	24	14,88	5,74	7,38

Poznámka: Č1 – konvenční tech., řádek 75 cm;

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

V tomto případě byl prokázán pozdější nástup povrchového odtoku oproti úhoru jako v 1. měření. Velikost povrchového odtoku se snížila oproti předchozímu měření hlavně při simulovaných srážkách na suchou půdu. Ztráta půdy byla výrazně nižší oproti úhoru, nicméně vrostla oproti předchozímu měření. Naměřené hodnoty jsou znázorněny v grafu č. 9.

Graf č. 6 - Ztráty půdy u měřených variant čiroku po druhém zadeštění



Poznámka: Č1 - s – čirok, první měření na suchou půdu; Č2 – m – čirok, druhé měření na mokrou půdu; úhor - s, první měření na suchou půdu; úhor - m, druhé měření na mokrou půdu.

Zdroj: Vlastní práce; data: VUMOP, v.v.i.

8. Diskuze

Vzhledem k nepříznivému počasí neproběhlo měření v druhém pěstebním období dle Janečka (2007). Toto období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí je z protierozního hlediska nejdůležitější, protože porost plodiny není v tomto období dostatečně zapojen a půda je k erozi nejvíce náchylná. VÚMOP proto bude měření v následujícím roce opakovat, což si myslím je správné a více dat poskytne reprezentativnější výsledky.

Procento setí kukuřice do úzkého řádku je v České republice mizivé, využívá se především pro kukuřici na siláž. Šířka řádku je ovlivněna hlavně možnostmi secího stroje a zvoleným druhem osiva. Pro optimální vliv ochrany před erozí by šířka řádku neměla přesáhnout 45cm.

Čirok jako širokořádková plodina je v našich podmínkách pěstován hlavně pro využití v bioplynových stanicích. Technologie pěstování čiroku z erozního hlediska erozí u nás nebyly doposud sledovány. V prvním roce měření se tedy VÚMOP zaměřil na konvenční výsev čiroku do vymrzlé meziplodiny. Vzhledem k tomu že čirok potřebuje podstatně méně vláhy než kukuřice a dosahuje lepších výnosů, jak uvádí Stuchlík (1951) bych s přihlédnutím na poměrně dobré protierozní výsledky více prosazoval jeho využití místo kukuřice, ušetřené náklady by se mohli investovat do kvalitnějších technologií zpracování půdy.

9. Závěr

Simulace přívalových srážek pomocí dešťového simulátoru probíhaly ve třech termínech kvůli podchycení rozdílných růstových fází plodiny. Ve všech termínech zadeštění probíhaly dvě měření na každé variantě, nejdříve na suchou nezadeštěnou plochu a následně na již zadeštěnou plochu. Při každém zadeštění se měřila vlhkost půdy před zadeštěním a po zadeštění, počátek povrchového odtoku, velikost povrchového odtoku a infiltrace. V průběhu měření byly odebírány vzorky smyvu půdy, které se následně laboratorně vyhodnocovaly. Ze zpracovaných dat byla vypočtena ztráta půdy a vyhodnoceny varianty, které ji přílivě či nepřílivě ovlivňují.

Po prvním roce ověřování setí kukuřice do páskově zpracované půdy (strip-till) lze vyhodnotit pozitivní vliv této technologie na snížení povrchového odtoku a ztrátu půdy vodní erozí oproti konvenční technologii pěstování kukuřice. Kukuřice setá do úzkého řádku zaznamenala rovněž pozitivní trend oproti kukuřici seté do širokého řádku. Konvenčně pěstovaný čirok měl oproti kukuřici větší ztrátu půdy erozí, oproti kypřenému úhoru však znatelně menší.

Tyto průběžné výsledky, jelikož je nutné provést ještě další měření zatím nevylučují zařazení všech testovaných půdoochranných technologií do standardů GAEC2

10. Seznam použitých zdrojů

AKSOY H. a kol., 2012: A rainfall simulator for laboratory-scale assessment of rainfall-runoff-sediment transport processes over a two-dimensional flume, *Catena* 98, 63-72.

BATTANY M.C., GRISMER M.E., 2000: Development of a portable field rainfall simulator for use in hillside vineyard runoff and erosion studies. *Hydrological Processes*, 14, 1119-1129.

BRTNICKÝ M. a kol., 2012: Degradace půdy v České republice, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 91 s.

CABLÍK J., JŮVA K., 1963: Protierozní ochrana půdy. 2., přepracované a rozšířené vyd. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 324 s.

CLARKE M.A., WALSH R.P.D., 2007: A portable rainfall simulator for field assessment of splash and slopewash in remote locations, *Earth Surface Processes and Landforms* 32, 2052-2069

CORONA R. a kol., 2013: On the Estimation of Surface Runoff through a New Plot Scale Rainfall Simulator in Sardinia, Italy, *Procedia Environmental Sciences* 19, 875-884

HAMED Y., a kol., 2002: Comparison between rainfall simulator erosion and observed reservoir sedimentation in an erosion-sensitive semiarid catchment, *Catena* 50, 1-16.

HOLÝ M., 1978: Protierozní ochrana. SNTL, Praha, 283 s.

HOLÝ M., 1994: Eroze a životní prostředí. České vysoké učení technické, Praha, 383 s.

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

JANEČEK M. a kol., 2002: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV nakladatelství, Praha, 201 s.

JANEČEK M. a kol., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 76 s

JANEČEK M. a kol., 2008: *Základy erodologie*. ČZU v Praze, Praha.

KADLEC V. a kol., 2013 : Výzkumná zpráva projektu. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 19s.

MZE, 2011: Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství, Praha 56 s.

MZE, 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství, Praha 73 s.

MZE, 2005: Voda v krajině. Ministerstvo zemědělství, Praha 73 s.

PASÁK V., JANEČEK M., ŠABATA M., 1983: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Ústav vědeckotechnologických informací pro zemědělství, Praha, 77 s.

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

THOMAS N.P., EL SWAIFY S. A., 1989: Construction and calibration of a rainfall simulator, Journal of Agricultural Engineering Research 43, 1-9.

STUHLÍK V., 1951: O čiroku cukrovém a jeho použití v průmyslové výrobě. Brázda, Praha, 75s.

SCHWAB G.O. a kol., 1993: Soil and water conservation engineering, John Wiley & Sons, Inc., New York, 507 s.

VLASÁK J., BARTOŠKOVÁ K., 2009: Pozemkové úpravy. ČVUT, Praha, 168 s.

VOPRAVIL J. a kol., 2010 : Půda a její hodnocení v ČR díl 1. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha, 147 s.

11. Přílohy

Příloha č.1 - složený dešťový simulátor



Zdroj : vlastní foto

Příloha č.2 - rozložený dešťový simulátor



Zdroj : VÚMOP

Příloha č.3 - záchytný žlab



Zdroj : vlastní foto

Příloha č. 4 – Povrchový odtok úhor



Zdroj : vlastní foto

Příloha č. 5 – simulované srážky



Zdroj : vlastní foto

Příloha č. 6 - průtokoměr



Zdroj : vlastní foto

Příloha č. 7 – erozní rýha v porostu kukuřice



Zdroj: vlastní foto