

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

Katedra biotechnických úprav krajiny



**Hodnocení eroze zpracováním půdy na modelové
lokality Šardice**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Vedoucí práce: Ing. Michaela Hrabalíková Ph.D.
Vypracoval: Ondřej Černý**

2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Michaely Hrabalíkové Ph.D. a že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Tato diplomová práce je součástí projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV QJ1520028) Kvantifikace a modelování posunu půdních částic zpracováním půdy a výmolnou erozí v rámci hodnocení celkové ztráty půdy na intenzivně zemědělsky využívaných pozemcích (2015-2018, MZE/QJ), v programu Komplexní udržitelné systémy v zemědělství 2012-2018 „KUS“ (2012-2018).

V Praze dne 11. 4. 2017

Ondřej ČERNÝ

Poděkování

Chtěl bych především poděkovat mé vedoucí diplomové práce Ing. Michaele Hrabalíkové, Ph.D za odborné vedení, rady a za pomoc při zpracování této práce. Poděkování také patří zaměstnancům z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. , kteří mi napomohli při psaní diplomové práce.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ondřej Černý

Regionální environmentální správa

Název práce

Hodnocení eroze zpracováním půdy na modelové lokalitě Šardice

Název anglicky

Erosion evaluation by means of soil tillage on a experimental site in Sardice

Cíle práce

Hlavním cílem práce je vyhodnocení posunu půdních částic vlivem zpracování půdy třemi různými technologiemi na experimentální lokalitě Šardice, jižní Morava.

Dílčí cíle práce:

- výpočet transportního koeficientu pro jednotlivé testované nástroje
- určení posunu stopovačů po 1 a po 10 operacích zpracování půdy
- vyhodnocení ztráty půdy erozí zpracováním půdy po 1 a po 10 operacích zpracování půdy

Metodika

Literární řešerše bude shrnovat současné poznatky v erodologii se zaměřením na antropogenní druhy eroze, zejména na erozi způsobenou zpracováním půdy. U eroze zpracováním půdy bude popsán mechanismus tohoto jevu, řídicí faktory, možnosti měření a modelování. Řešerše také stručně shrne současné poznatky v problematice využití stopovačů za účelem měření posunu půdních částic vlivem eroze, především eroze zpracováním půdy.

Praktická část práce se bude zabývat vyhodnocením posunu půdních částic vlivem jejího zpracování třemi různými nástroji. Vyhodnocení bude postaveno na zpracování měřených dat z terénního experimentu na lokalitě Šardice.

Doporučený rozsah práce

cca 50 – 60 stran včetně příloh

Klíčová slova

antropogenní eroze, černozemní oblasti, intenzivní zemědělská oblast

Doporučené zdroje informací

- DE ALBA, S. (2003): Simulating long-term soil redistribution generated by different patterns of mouldboard ploughing in landscapes of complex topography. *Soil and Tillage Research* 71(1), 71–86. ISSN 01671987; doi:10.1016/S0167-1987(03)00042-4
- GOVERS, G., LOBB, D. A., QUINE, T. A. (1999): Tillage erosion and translocation: Emergence of a new paradigm in soil erosion research. Preface. *Soil and Tillage Research*. 51(3–4), 167–174. ISSN 01671987; doi:10.1016/S0167-1987(99)00035-5
- LAL, R. – BLANCO, H. *Principles of soil conservation and management*. [New York, N.Y.]: Springer, 2008. ISBN 978-1-40208708-0.
- MORGAN, R P C. *Soil erosion and conservation*. Malden: Blackwell, 2005. ISBN 1-4051-1781-8.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Michaela Hrabalíková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2017

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 3. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 08. 04. 2017

Abstrakt

Nejen voda, vítr, ale i antropogenní eroze zemědělské půdy může významně zhoršit kvalitu půdy. Takto degradovaná zemědělská půda bude mít menší výnosy, bude náchylnější k erozi a ubude v ní množství potřebných živin. Výzkum zabývající se erozí byl převážně zaměřen na větrnou a vodní erozi. V posledních dvou desetiletích řada výzkumů poukazuje na důležitost operací zpracování půdy, jakožto zdroje přesouvání půdy převážně v kopcovitých terénech. Eroze zpracováním půdy narušuje půdu nejenom vertikálně, ale i horizontálně tím, že posune půdu ve směru orby. Tyto operace ovlivňují fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy, které ve svém důsledku negativně ovlivňují kvalitu půdy a tím růst rostlin. Přemístění půdních částic během zpracování půdy byl uznán jako významný faktor při přerozdělování půdy v čase a ve vývoji morfologických změn v zemědělských oblastech.

Tato diplomová práce si klade za cíl kvantifikovat přesun půdy v orniční vrstvě po jedné operaci a po deseti operacích zpracování půdy třemi různými zemědělskými technologiemi, a to orbou radličným pluhem, talířovým kypřičem a radličkovým kypřičem na území s půdním typem černozem na jižní Moravě v katastrálním území obce Šardice.

Dle dostupných podkladů (Govers a kol, 1994; Van Oost a kol., 2006) byl vypočítán transportní koeficient pro jednotlivé nástroje jak po 1., tak i po 10. pojezdu. Po prvním pojezdu byl pro radličný pluh transportní koeficient $770,58 \text{ kg m}^{-1}$, pro radličkový kypřič byl transportní koeficient $394,16 \text{ kg m}^{-1}$ a pro talířový kypřič byl vypočten transportní koeficient $24,37 \text{ kg m}^{-1}$. Po deseti operacích byl vypočten transportní koeficient pro radličný pluh $4069,00 \text{ kg m}^{-1}$, pro radličkový kypřič byl $1910,08 \text{ kg m}^{-1}$ a pro talířový kypřič $408,16 \text{ kg m}^{-1}$. Z výše uvedeného bylo zjištěno, že největší transportní koeficient (tzn. přesun půdních částic) vykazuje radličný pluh a nejmenší přesun vykazuje talířový kypřič.

Klíčová slova

Transportní koeficient, černozem, posun půdních částic

Abstract

Not just water and wind, but also anthropogenic erosion of agricultural lands can significantly change the quality of the soil. Agricultural lands degraded this way will have lower yield, will be more susceptible to erosion and will have less necessary nutrients.

The research on erosion is traditionally only focused on wind and water erosion. During the last two decades, number of researches point out the importance of tillage operations as a source of transferring soil, mainly in the hilly terrain. Erosion caused by tillage damages the soil not only vertically but also horizontally by shifting the soil in the direction of plowing. These operations influence the physical, chemical and biological qualities of the soil, which in consequence negatively affect the quality of the soil and hereby the growth of the plants. Displacement of soil particles during tillage has been recognized as an important factor in the redistribution of soil in time and in the development of morphological changes in rural areas.

This thesis aims to determine the transfer of soil in the topsoil layer after one operation and after ten operations by focusing on three different tillage techniques - plowing by mouldboard plough, chisel plough and disc harrow in the territory of South Moravia near the village Šardice with the soil type chernozem. According to available documents (Govers et al, 1994; Van Oost et al, 2006) transport coefficients for each tool were calculated, both after the first and after the 10th operation. After the first operation, the calculated coefficient for the mouldboard plough was 770.58 kg m^{-1} , for the chisel plough 394.16 kg m^{-1} and for the disc harrow 24.37 kg m^{-1} . After ten operations, the calculated coefficient for the mouldboard plough was $4069.00 \text{ kg m}^{-1}$, for the chisel plough $1910.08 \text{ kg m}^{-1}$ and for the disc harrow 408.16 kg m^{-1} . From the above mentioned, it was determined that the largest displacement of soil particles occurs by the mouldboard plough and the lowest displacement of soil particles by the disc harrow.

Key words

Transport coefficient, chernozem, moving soil particles

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíle práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Eroze zpracováním půdy	10
3.2	Faktory ovlivňující erozi zpracováním půdy.....	13
3.3	Model přesunu půdy	16
3.4	Metody sledování eroze zpracováním půdy	17
3.5	Způsoby zpracování půdy	18
4	Charakteristika studijního území	19
4.1	Popis modelové lokality	20
5	Metodika	25
5.1	Zpracování půdy	28
5.2	Geodetické práce	30
5.2.1	Vztažná síť	31
5.2.2	Podrobné měření totální stanicí.....	32
5.3	Výběr stopovačů.....	32
6	Výsledky	35
6.1	Vypočet transportního koeficientu.....	35
6.2	Určení posunu stopovačů po 1 a 10 operaci.....	36
6.3	Vyhodnocení ztráty půdy erozí zpracováním půdy po 1 a po 10 operaci zpracování půdy	41
7	Diskuze	43
8	Závěr	44
9	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	45
9.1	Seznam obrázků	49
9.2	Seznam tabulek.....	51

1 ÚVOD

Půda je jeden z hlavních přírodních zdrojů a patří mezi naše nejcennější bohatství. Umožňuje rostlinám růst, poskytuje obživu nám lidem, ale je stejně nezbytná pro i pro mnoho druhů živočichů. Je významnou složkou životního prostředí a patří mezi neobnovitelné přírodní zdroje. Člověk svými činnostmi významně ovlivňuje a přetváří půdní prostředí a spolu s dalšími vnějšími faktory může způsobit jeho význačné nevratné změny až devastaci.

Eroze zemědělské půdy je zapříčiněná nejen přírodními vlivy (např. voda a vítr), ale i antropogenní činností, ve smyslu způsobu obdělávání – tzv. eroze zpracováním půdy, kterou se bude zabývat má diplomová práce.

Na svažitých zemědělských pozemcích, jak také konstatuje Su a kol. (2012), je eroze zpracováním půdy významná a není jí věnována patřičná pozornost. Pouze několik málo studií se zabývá vlivem technologie zpracováním půdy na změny reliéfu a topografie území. Tato diplomová práce vznikla v rámci programu Komplexní udržitelné systémy v zemědělství 2012-2018 „KUS“ (2012-2018) a zabývá se právě těmito vlivy.

Na následujících stranách jsou shrnuty poznatky týkající se eroze zpracováním půdy, faktorů ovlivňující míru erozní účinnosti, metod používaných pro zjišťování eroze zpracováním půdy a různých způsobů zpracování půdy. Metodická část se zabývá popisem s experimentální lokality Šardice a terénními činnostmi. Ve výsledcích je vypočten koeficient přesunu půdy a zhodnoceny, které technologie mají největší erozní účinnost.

2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem práce je vyhodnocení posunu půdních částic vlivem zpracování půdy třemi různými technologiemi na experimentální lokalitě Šardice na jižní Moravě.

Dílčí cíle práce:

1. výpočet transportního koeficientu pro jednotlivé testované nástroje
2. určení posunu stopovačů po 1 a po 10 operacích zpracování půdy
3. vyhodnocení ztráty půdy erozí zpracováním půdy po 1 a 10 operacích zpracování půdy

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Eroze je proces, při kterém je na základě vnějších činitelů rozrušován povrch půdy a jeho částice jsou následně transportovány (Janeček a kol., 2012). Eroze může být zapříčiněna silnými přírodními živly, jako je například voda, vítr, led, požár či sesuv půdy. Eroze je podle Muličkové (2000) výsledkem funkcí erozivity (schopností erozních činitelů způsobit erozi) a erodivity (náchylnosti půdy vlivem její struktury, vlastnostem a zároveň i způsobu obhospodařování). K erozi však nedochází pouze během přírodních jevů, ale i antropogenním působením, například na zemědělských pozemcích může mít velký vliv eroze zpracováním půdy.

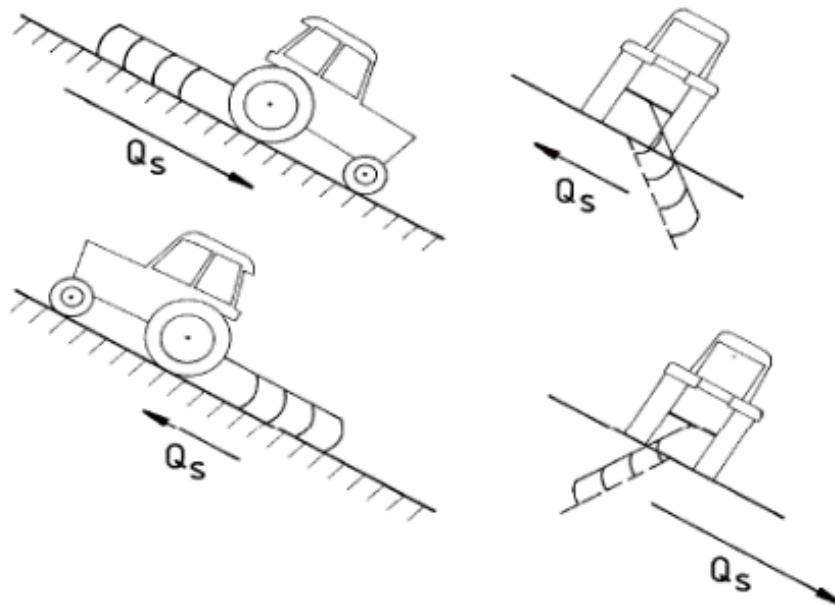
Eroze se z časového hlediska dělí na normální (geologickou) a zrychlenou. Zrychlenou erozi dále dělíme na přirozeně zrychlenou a zrychlenou působením člověka (Bennet, 1939).

3.1 EROZE ZPRACOVÁNÍM PŮDY

Na rozdíl od eroze způsobené větrem nebo vodou, jejichž následky jsou často výrazné a během krátkého období viditelné, tak eroze zpracováním půdy je často rozpoznatelná až po několika desetiletích (Van Oost a kol., 2006). Přitom na zemědělské půdě v geograficky zvláště krajinně může být eroze zpracováním půdy výraznějším degradačním činitelem než eroze vodní či větrná. Eroze zpracováním půdy, na rozdíl od vodní a větrné eroze, neodnáší půdu mimo pole, ale přerozděluje ji v rámci pole, kde se velké množství půdy postupem času přemístí z vrchních částí svahu na spodní část svahu (Li a kol., 2007; Govers a kol., 1999; Papiernik a kol., 2007). Přestože u eroze způsobené zpracováním půdy nedochází ke ztrátě půdy, tak jako u eroze větrné nebo vodní, má výrazný vliv na kvalitu půdy a následně na produktivitu půdy (Blanco a Lal, 2008).

První zmínky o erozi zpracováním půdy byly již ve třicátých letech 20. století, ale nebyla jí věnována taková pozornost jako erozi vodní a větrné. Jestliže vodní eroze závisí množství srážek, větrná na směr a intenzitě větru, na erozi zpracováním půdy má vliv několik dalších faktorů. Rozsah vodní eroze a eroze zpracováním půdy velmi záleží na sklonu, povrchu a půdních podmínkách, u eroze zpracováním půdy navíc záleží na intenzitě působení zemědělských strojů, na konstrukčním řešení pracovních

nástrojů na zpracování půdy a také na rychlosti pojezdu, četnosti operací a hloubce zpracování půdy (Lobb a Kachanoski, 1999; Tiessen a kol., 2007).



Obr. č. 1: Mechanismus eroze zpracováním půdy, Q_s - transport půdy (Physical and Regional Geography Research Group, 2002)

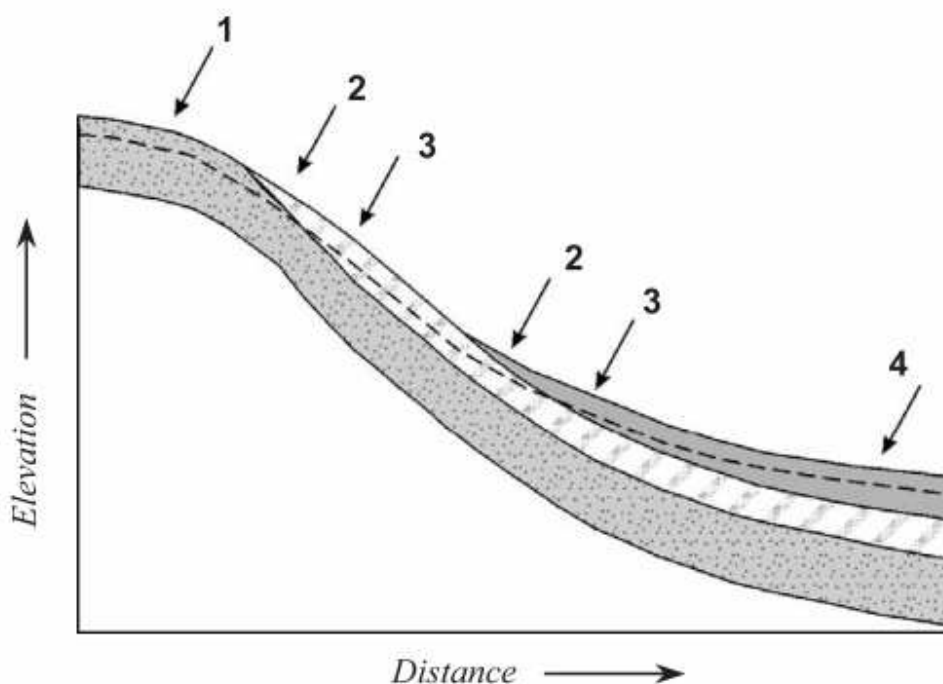
Nejvýrazněji se projevuje v členitém terénu se strmými svahy, ohroženy jsou konvexní částí svahu (Papiernik a kol., 2005; Papiernik a kol., 2009). Při erozi zpracováním půdy pluh uvolňuje a obrací celou vrstvu půdy, tedy nedojde jen k jejímu přemístění (na rozdíl od vodní a větrné), ale také rozptýlení, což zvyšuje náchylnost k dalšímu eroznímu působení vody a větru. Mezi erozí zpracováním půdy a erozí vodní a větrnou navíc dochází k vzájemné interakci, která způsobuje značné ztráty půdy (Blanco a Lal, 2008).

První studie zabývající se erozí zpracováním půdy se soustředily na erozi způsobenou mechanickými stroji. Později se ale ukázalo, že obdělávání půdy pouze pomocí lidské síly nebo při použití dobytka, tak jak je i dnes běžné v rozvojových zemích, může v některých případech způsobovat podstatně vyšší přemístění půdy než mechanickými stroji. Je to především způsobeno orbou na svažitém pozemku, kde se obrací půda vždy směrem z kopce, zatímco při použití mechanických strojů půda je

obracena v opačných směrech při opačných průjezdech stroje (Turkelboom a kol. 1999).

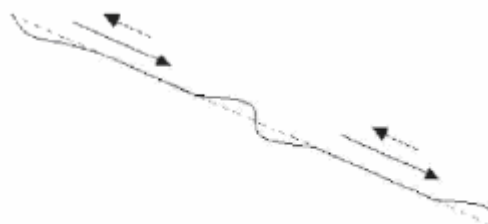
Z těchto důvodů mnoho autorů erozi zpracováním půdy označuje jako důležitý faktor v přerzdělování půdy v průběhu času a ve vývoji morfologických změn v zemědělských oblastech (Baartman a kol., 2012; Van Muysen a kol. 2006; Van Oost a kol., 2000).

Jak již bylo uvedeno, eroze zpracováním půdy se projevuje ve strmých částech pozemku. Při zpracování půdy dochází k přesunu půdy, v horních částech svahu dochází k jejímu úbytku (ke ztenčení) a ve spodních částech svahu k hromadění (Morgan, 2005). Jelikož se ale zachovává hloubka orby, dochází k zapracování méně úrodné půdy ze spodních vrstev. Jak je znázorněno v obr. č. 2, na živiny chudá půda je dále transportována následnou orbou. Na druhé straně ve spodních částech svahu dochází k hromadění orné půdy. Tyto procesy jsou hlavní důvody pro různorodé vlastnosti půdy na tom samém poli (Quine a Zhang, 2002; Van Oost a kol., 2003; De Alba a kol., 2004).



Obr. č. 2: Změna v půdním profilu způsobený erozí zpracováním půdy. 1 – Obnažení spodních půdních vrstev v důsledku přesunu půdy směrem dolů. 2 – Obnažení spodních půdních vrstev v důsledku náhrady půd. 3 – Tvorba půdních profilů s obráceným sledem půd. 4 – Zasypaná orná půda v důsledku akumulace (De Alba a kol., 2003).

Obrázek č. 3 znázorňuje další mechanismus eroze zpracování půdy, který se uplatňuje především na menších pozemcích rozdělených například hranicemi polí, mezemi nebo terasami. Zde dochází k ztrátě půdy v horních partiích hranice, zatímco k depozici dochází v nižších částech. Takto se v krajině uměle vytvářejí vlny nebo až terasy.



Obr. č. 3: Princip eroze zpracováním půdy v členité krajině (hranice polí, travnatých pásů) zpracováním půdy vede ke ztrátě půdy v horních částech svahu. Délka šipek odpovídá rychlosti přesunu půdy (Van Oost., 2006)

3.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ EROZI ZPRACOVÁNÍM PŮDY

Většina studií o erozi zpracováním půdy se zaměřuje na hodnocení transportního koeficientu pomocí různých stopovačů popřípadě hodnocení, jakým způsobem eroze zpracováním půdy a vodní eroze přispívají k celkové ztrátě půdy, například sledováním radionuklidu ^{137}Cs . Další studie popisují vliv orné eroze na vlastnosti půdy. Jonardna a kol. (2013) tvrdí, že parametry jako je hloubka půdy a organická hmota v půdě jsou nejcitlivější na ovlivnění erozí. Podobný přístup vývojových vlastností půdy a celkového formování půdy byl použit ve studii Zádorové (2014) pro mapování koluviálních půd. Mnoho studií ukázalo, že sklon svahu a zakřivení svahu jsou hlavní faktory ovlivňující přesun půdy při orbě.

Na druhé straně podle Lindstroma (2001) a dalších autorů se proměnlivost při přesunu půdy během orby nedá vysvětlit pouze sklonem a zakřivením svahu. Dopad dalších faktorů jako je hloubka orby a rychlost pojezdu, směr orby a vlastnosti půdy je zdůrazňován několika výzkumníky, např. Lobb a Kachanoski (1999) nebo Van Muysen a kol. (2002).

Kosmas a kol. (2001) popisuje rozsah a velikost eroze zpracováním půdy dle půdních vlastností. Rozsah eroze zpracováním půdy závisí také na hloubce orby a typu půdy (Jonard a kol., 2013). Naproti tomu několik studií dává jako hlavní faktor pro přesun půdy sklon a zakřivení svahu (Govers a kol., 1994; Lobb a kol. 1999). Nicméně mnoho studií uvádí, že nelze erozi zpracováním půdy vysvětlit jen sklonem a zakřivením svahu, ale jako komplexní soubor několika faktorů, včetně hloubky zpracování půdy, směru orby a rychlosti (Lindstrom a kol., 2001).

Výrazným faktorem u eroze zpracováním půdy je použité nářadí na obdělávání půdy (Govers a kol. 1994; Kosmas a kol., 2001; Lobb a kol., 1999). Různá nářadí mají různě velký vliv na erozi zpracováním půdy (Van Muysen a kol., 2000).

Studiím zabývajícím se různými druhy systémů na zpracování půdy a jejich vlivu na erozi se věnovalo mnoho autorů (Govers a kol., 1994; Lobb a kol., 1999; Kosmas a kol., 2001). Bylo také zkoumáno, jaký vliv na erozi zpracování půdy má předpříprava půdy. Van Muysen (2000) zkoumal rozdíl radličního pluhu a radliček na obdělané pole, na pole ležené ladem a na strniště. Kosmas (2001) studoval rozdíl v erozi zpracováním půdy u radličného pluhu na geomorfologicky členitých zemědělských polích a zjistil, že má významný vliv na erozi.

Lobb a kol. (2006) zkoumali v kanadských stepích velikost eroze zpracováním půdy v závislosti na způsobu přípravy/obdělávání, na typech půdy (hustota, vlhkost, struktura atd.) a vlastnostech krajiny (sklon svahu, sklon zakřivení svahu). Mnoho studií prokázalo závislost eroze zpracováním půdy na strmosti svahu, avšak tato studie prokázala, že erozi nelze vysvětlit jen strmostí svahu. Vliv mělo několik dalších faktorů, jako je hloubka půdy, rychlost a směr zpracování a půdní vlastnosti. Bylo zjištěno, že u některých nástrojů má sklon zakřivení svahu významný vliv na přesun půdy.

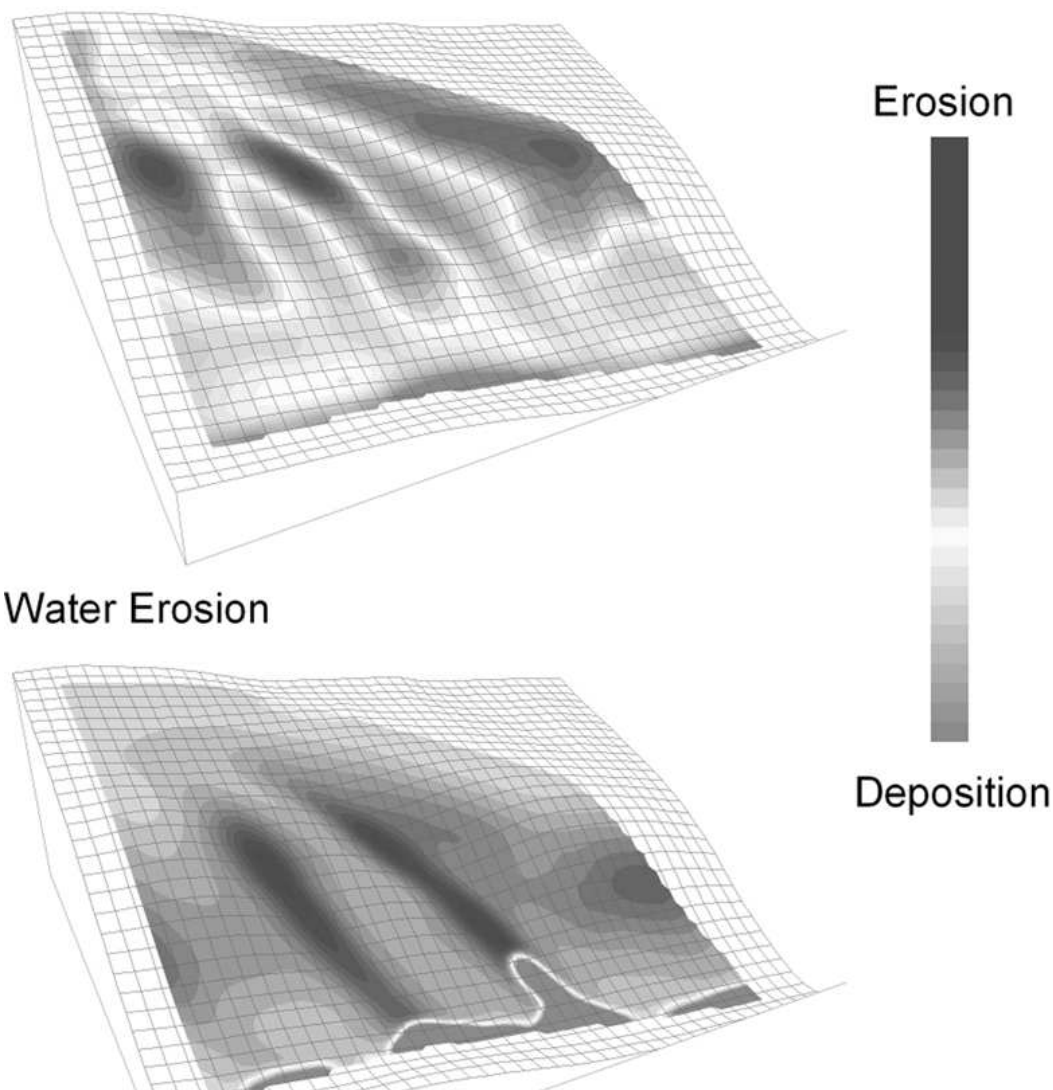
Porovnáním řady publikovaných koeficientů transportů půdy při různých podmínkách dospěli Van Oost a kol. (2006) k závěru, že na výslednou erozi orbou má významnější vliv hloubka orby než její rychlost.

Složitější situace je u kypření radličkami, částečně to je dáno tím, že nebylo tak dopodrobna studováno, ale hlavně proto, že tvar nástrojů zde hraje mnohem větší roli, než u běžné orby. Například Poesen a kol. (1997) a Quine a kol. (1999) naměřili

podobnou erozi pro radličky jako pro běžnou orbu a to i přesto, že rychlost i hloubka orby byly menší než u radliček (Quine a kol., 1999; Poesen a kol., 1997).

Následná kultivace půdy za účelem zmenšení hrud hlíny před setím, jako je vláčení, již většinou nemá takový vliv na erozi, pravděpodobně poměrně malou hloubkou zpracování půdy (Lobb a kol., 1999). Van Oosta a kol (2006) porovnával erozi zpracováním půdy a vodní erozi, u eroze zpracováním půdy dochází k přesunu ornice z konvexních částí svahu, například hřebeny, protože tam je větší zaoblení sklonu svahu. Naopak ukládání zeminy v konkávních částech svahu. Vodní eroze naproti tomu je maximální na konkávních částech svahu., obrázek č. 4. Toto má významný vliv na vývoj reliéfu zemědělské krajiny (Van Oost a kol., 2006).

Tillage Erosion



Obr. č. 4: Prostorové zobrazení eroze zpracováním půdy a vodní eroze (Van Oost a kol., 2006)

3.3 MODEL PŘESUNU PŮDY

Po prvních experimentálních pracích (např. Mech a Free, 1942) byl v 90. letech publikován rostoucí počet prací o erozi zpracováním půdy, které zkoumaly přesun půdy během orby, při různých činnostech a za různých agroenvironmentálních podmínek. Většina těchto studií se zaměřovala hlavně na vliv topografie na přesun půdy při orbě a jasně ukazovala, že přesun půdy díky orbě je silně ovlivněn sklonem svahu. Na základě tohoto pozorování Govers navrhl model eroze zpracováním půdy jako proces difúze (rovnice (1)), který předpokládá ve všech místech stejné podmínky jako je rychlost orby, hloubku orby, homogenitu hustoty půdy a podobně (Van Oost, a kol. 2006).

$$(1) \quad Q_s = \rho * d * D$$

Kde Q_s je rychlost přesunu půdy ve směru orby, ρ je hustota půdy, d je průměrná vzdálenost přesunu půdy ve směru orby a D je hloubka orby. Přičemž se experimentálně ukázalo, že pro průměrnou vzdálenost přesunu půdy během jedné orby platí rovnice (2).

$$(2) \quad d = a + b * S$$

Kde S je tangenta sklonu a a a b jsou regresní koeficienty. Pokud bychom dále uvažovali opačný směr orby při následné orbě můžeme vztah vyjádřit jako:

$$(3) \quad Q = D * \rho * b * S$$

Popřípadě jako rychlost eroze (nebo rychlost akumulace) ve směru po svahu dolů jako:

$$(4) \quad E = - \delta Q_s / \delta x = - D * \rho * b * \delta^2 h / \delta x^2 = k_{til} * \delta^2 h / \delta x^2$$

Kde h je výška sklonu v daném bodě a k_{til} je konstanta transportu orbou = $- D * \rho * b$. Z toho vyplývá, že rychlost eroze je úměrná konstantě transportu orbou a změně sklonu pole. Koeficient přesunu půdy způsobeného orbou umožňuje jednoduché změření erozivity (řady, sledu) orb. V následných experimentálních studiích byly prezentovány hodnoty pro různé orné nástroje a postupy (Van Muysen a kol., 2002).

Na proces eroze zpracování půdou se také můžeme dívat jako na funkci erozivity dané operace (T_E) a erodibility kultivované půdy (L_E).

$$(5) \quad E \sim f(T_E, L_E)$$

Erosivita T_E je schopnost daného orebního postupu způsobit erozi a je závislá na charakteru orby (např. velikosti a tvaru nástroje), parametrech orby (např. rychlosti, směru a hloubce orby). Podobně je erodibilita L_E závislá na topologických parametrech (např. sklonu pole), parametrech půdy a parametrech pole (velikost a tvar).

Z výše uvedeného vyplývá, že eroze přesunu půdy je závislá především na sklonu obdělávaného pole, tvarem orebního nástroje, hloubkou a rychlostí orby, počtu a směrem orby a v neposlední řadě erozivitou půdy.

3.4 METODY SLEDOVÁNÍ EROZE ZPRACOVÁNÍM PŮDY

Eroze způsobená zpracováním půdy se nejčastěji sleduje pomocí značkování půdy (tracer metoda). Metoda spočívá v rovnoměrném rozložení tracerů (nebo značek) na sledovaném poli a po orbě se sleduje změna rozložení značek. Značky mohou být fyzické nebo chemické povahy. Běžné fyzické značky jsou: kovové kostičky (Van Muysen a kol., 1999), kovové plíšky (Montgomery a kol., 1999), magnetické značky (Zhang a kol., 2009), nabarvené úlomky kamenů (Nyssen a kol., 2000) a barevný štěrk (Zhang a kol., 2004). Značky chemické povahy mohou být radionuklidy (Zgłobicki, 2002) nebo chloridy (Lobb D.A. a kol., 1999).

Nejčastěji používaná metoda sledování eroze je pomocí sledování izotopu Cs^{137} (např. Pennock, 2003, Zgłobicki, 2002). Metoda je založena na faktu, že v 50. a 60. letech dvacátého století proběhlo velké množství jaderných testů, při kterých se dostalo do atmosféry velké množství radionuklidu Cs^{137} . Ten se postupně roznesl po zemském povrchu a velmi pevně se navázal na půdu. Z toho důvodu při změření rozložení koncentrací Cs^{137} v obdělávané půdě a porovnáním s referenčním místem, je možné sledovat přemístění půd pouze po jedné návštěvě sledovaného místa. Tato metoda ale není specifická pouze na erozi zpracováním půdy, ale sleduje celkový přenos půd ve střednědobém časovém údobí.

3.5 ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ PŮDY

Způsoby zpracování orby jsou (Fríd a Vávra, 2016):

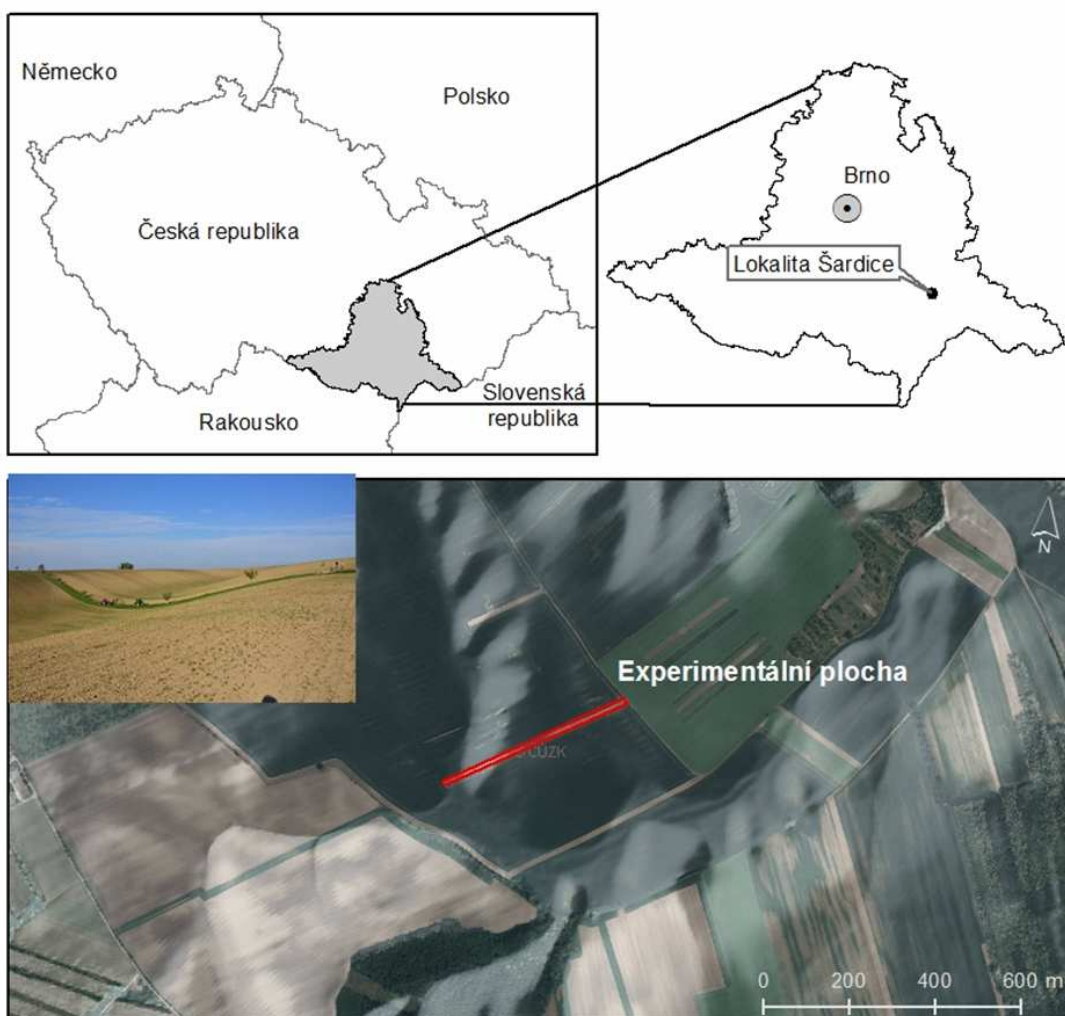
1. základní zpracování půdy (podmítka, její ošetření, orba),
2. předseťová příprava před setím a sázením (smykování, kypření, válení, vláčení) a meziřádková kultivace (plečkování, hrobkování, vláčení),
3. speciální úpravy,
4. terénní úpravy a meliorace.

Dle Hůly a kol. (2008) je rozdělení na technologie s orbou a technologie bez orby.

Způsoby zpracování půdy se dále dělí dle hloubky, intenzity a způsobu kypření. Zpracování půdy je mechanický zásah do půdy nebo promíchání půdy pro přípravu co nejlepších podmínek pro výživu a růst plodin. (Hůla a kol., 2008)

4 CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ

Vybraná modelová lokalita se nachází v oblasti dlouhodobě zemědělsky využívané, jižně od obce Šardice, 9 km jihozápadně od města Kyjova v okrese Hodonín v Jihomoravském kraji. Lokalita leží v Kyjovské pahorkatině. Experimentální lokalita a blízké okolí je významně členité a vyznačuje se střídáním kopců s táhlými hřebeny a úžlabinami mezi nimi. Nadmořská výška se pohybuje od 170 do 280m n.m. Okolní expozice svahů je převážně jihovýchodní až jihozápadní. Vybraná lokalita patří do povodí IV. Řádu potoka Kyjovka a nalézá se v blízkosti potoka Šardice a Hovoranského potoka.



Obr. č. 5: Schéma umístění experimentálního území. (Hrabalíková a kol., 2016)

Studijní území spadá do oblasti teplé, okrsku teplého, suchého s mírnou zimou. Průměrný roční úhrn srážek je 549 mm. Průměrná roční teplota vzduchu v této oblasti činí 9,3°C. Tato oblast patří do hlavního povodí řeky Moravy, dílčího povodí řeky Dyje. Hydrografická síť je omezena jen na několik potoků (Hovoranský potok, Šardický potok) a říčku Kyjovku. Obecně lze říci, že území trpí značným nedostatkem vody. Zamokření se vyskytuje jen na pozemcích kolem řeky Kyjovky. Černozemě na lehčích substrátech tady trpí nedostatkem vláhy. Fluvizemě mají vodní režim rozkolísaný, který je závislý na výšce hladiny řeky Kyjovky.

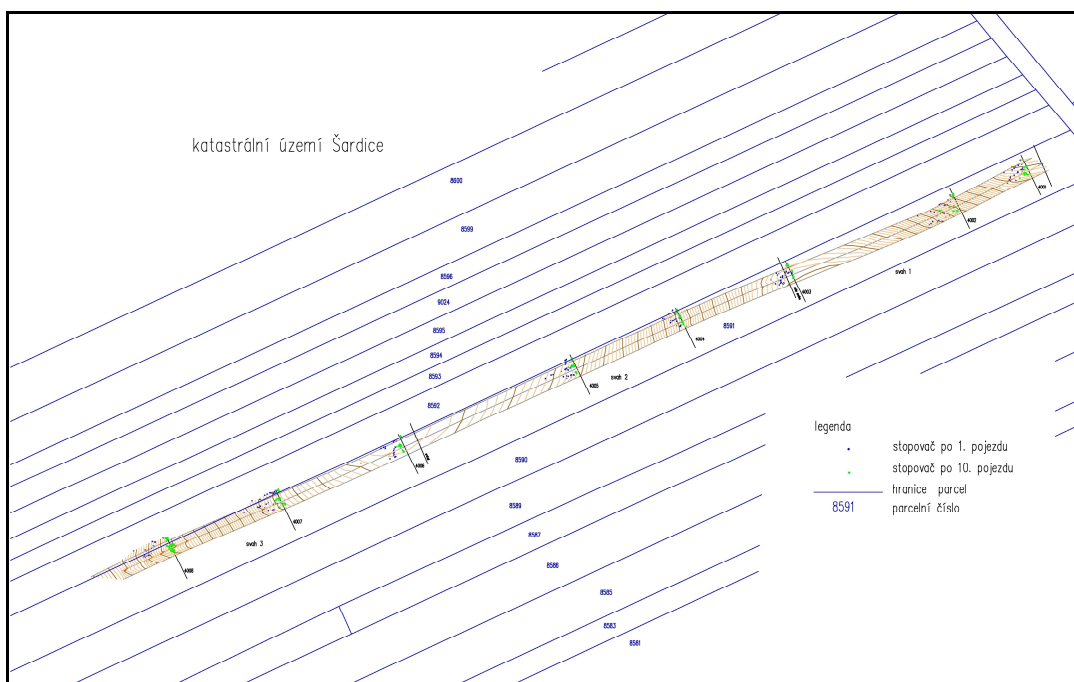


Obr. č. 6: Charakteristický reliéf okolí Šardic (Hrabalíková a kol., 2015)

Geologické parametry lokality jsou, z geologického pohledu se oblast nachází na rozhraní tří substrátů: 1) fluviolakustrinních prachovitých jílů, které jsou součástí vídeňské pánve, 2) kvartérních spraší a sprašových hlín, a 3) v jižní části území oblastí navátých (křemenných) písků.

4.1 POPIS MODELOVÉ LOKALITY

Modelová lokalita vybraná k provedení terénního pokusu leží na pozemku parc. číslo 8591 v katastrálním území Šardice, které náleží Dr. Ing. Petrovi Maradovi. Tyto půdní bloky jsou vedené ve veřejném registru půdy (LPIS) pod označením 0101/39, o průměrné šířce pásu 12 m, a 0101/40 s průměrnou šířkou přibližně 6 m (viz obr. č. 7). Půdní blok 0101/39, na kterém byl proveden terénní experiment, je veden jako orná půda v ekologickém zemědělství a je využíván jako biopás. Druhý půdní blok 0101/40, který byl následně využit pro vytvoření vztažné geodetické sítě, je veden v registru jako trvalá travní kultura v ekologickém zemědělství. Na tomto pozemku se nacházejí ovocné stromy a posed (viz obr. č. 8).



Obr. č. 7: Situace experimentální plochy v katastrální mapě, k.ú. Šardice. (Černý., 2017)



Obr. č. 8: Modelová lokalita před zahájením experimentu (Hrabalíková a kol., 2015)



Obr. č. 9: Ortofoto experimentální plochy (Ureš, 2016)

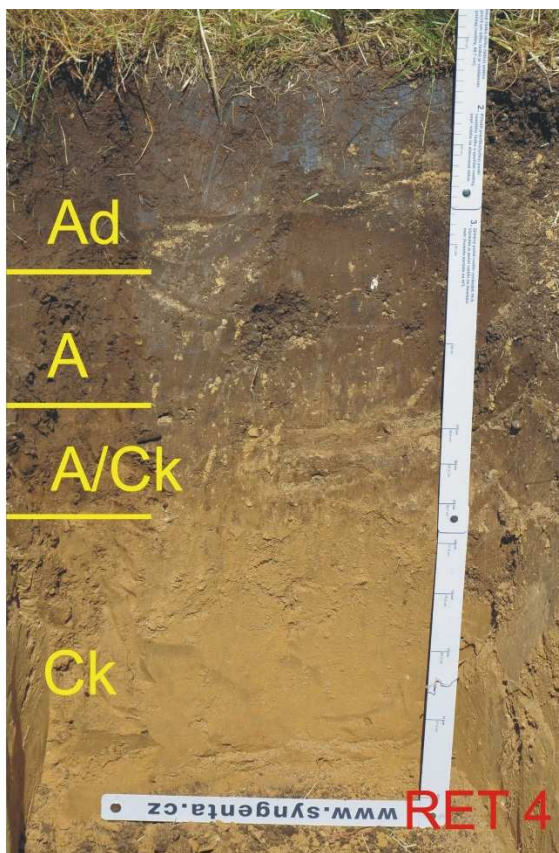
Oblast, která byla vybraná k provedení terénního pokusu, je dominantně tvořena sprašovým podložím. V rámci zařazení do půdního typu se jedná o černozem modální (Němeček a kol., 2011). Černozemě jsou hlubokohumózní půdy (0,4-0,6 m) s černickým horizontem Ac (tmavý horizont), který přechází do karbonátového podloží Ck (žlutě zbarvený horizont). Tyto půdy se vytvořily v sušších oblastech v podmínkách ustického vodního režimu). Stratigrafie profilu: Ac-Ck. Půdy tohoto typu jsou dominantně tvořeny prachovitými částicemi (velikosti 0,001-0,05mm), které je předurčují k výrazným projevům vodní i větrné eroze (viz. obr. č.10 a 11).



Obr. č. 10: Hrana svahu – půdní typ černozemě degradované, organický horizont 20 cm (Hrabalíková a kol. 2015)

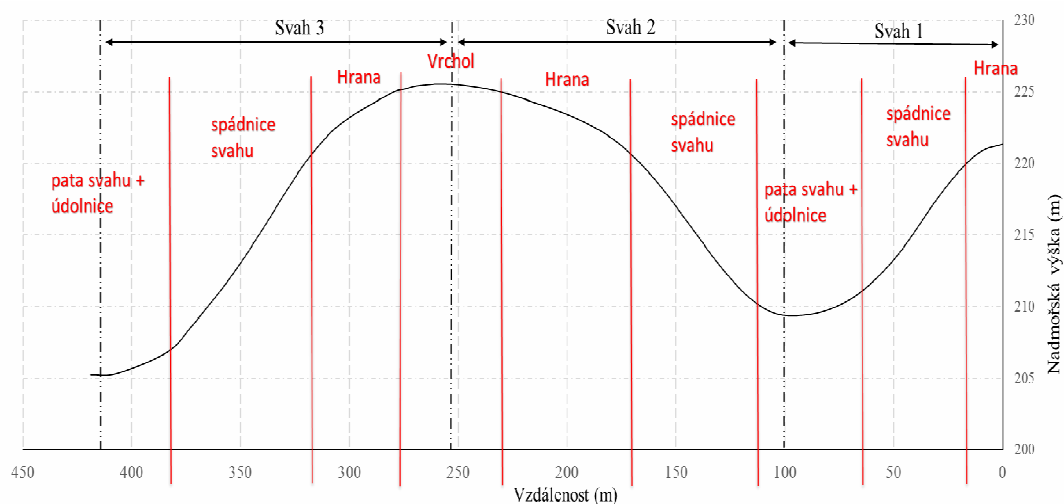


Obr. č. 11: V patě svahu- akumulace ornice více než 50 cm (Hrabalíková a kol. 2015)



Obr. č. 12: Fotografie referenční sondy černozemě na vrcholu modelové lokality (Hrabalíková a kol., 2015)

Z pohledu půdně geologických parametrů se lokalita nachází na pomezí mezi sprašovými uloženinami a výchozy navátých písků. V dolní pozici (akumulace) se nachází koluvizemě modální. V horní pozici svahu se nachází půdní typ černozemě arenické, ve svrchních erodovaných partiích se následně vyskytují až regozemě arenické (Němeček a kol., 2011). Půdy jsou tvořeny dominantně jemnozrnným pískem, a jsou proto i při velmi malých sklonech (zhruba 1,75%) extrémně náchylné k vodní (výmolné) erozi.



Obr. č. 13: Schéma profilu experimentální plochy a její dělení na jednotlivé svahy (Hrabalíková a kol., 2016)

5 METODIKA

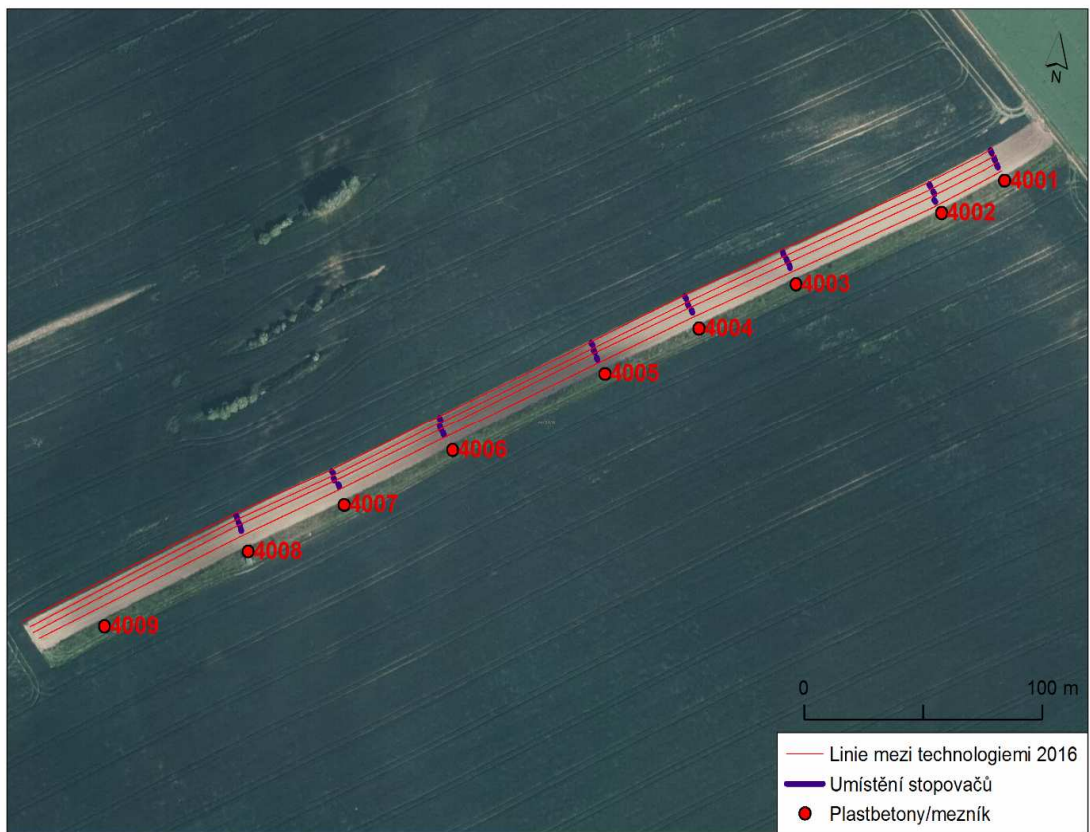
Na podzim roku 2015 byla zahájena terénní část experimentu a to sledování vlivu zpracování půdy na změnu topografie a posun půdních částic. Návrh polního pokusu kombinoval tři způsoby zpracování půdy s variantami: A = pluhem, B = radličkami a C = diskovým podmítačem (viz obr. č. 20, 21 a 22).

Cílem experimentu je během několikaletého pokusu simulovat dlouhodobý potenciální impakt jednotlivých nástrojů na morfologii terénu (není součástí této práce) a redistribuci půdy. Van Muysen a kol. (2006) zjistil, že důsledky přemísťování/posunu půdy zemědělskou technikou nejsou na první pohled patrné. Proces posunu půdních částic jejím zpracováním působí značně pomalu na morfologické změny v zemědělsky intenzivně využívaných oblastech.

27. 9. 2016 bylo po provedené desáté operaci provedeno geodetické zaměření, polární metodou s výškami určenými trigonometricky, stopovačů a proveden půdní průzkum.



Obr. č. 14: Pohled na modelovou lokalitu (Hrabalíková a kol., 2015)



Obr. č. 15: Situace počátečního umístění stopovačů (Hrabalíková a kol., 2015)



Obr. č. 16: Prostorové rozdělení testovaných variant, I. – radličný pluh, II. – radličkový kypřič, III. – talířový kypřič (Hrabalíková a kol., 2015)



Obr. č. 17: Vyhledávání stopovačů detektorem kovu (Hrabalíková a kol., 2016)



Obr. č. 18: Zaměření nalezených stopovačů a jejich záznam (Hrabalíková a kol., 2015)



Obr. č. 19: Detekce stopovačů (Hrabalíková a kol., 2015)

5.1 ZPRACOVÁNÍ PŮDY

Pro měření posunu půdních částic vlivem pracovních operací a technologiích zpracování půdy byly vybrány následující stroje a úkony (viz obr. č. 20, 21 a 22)

- A. orba radličným pluhem – rychlost pojezdu 7 km.hod^{-1} , hloubka orby 20 cm;
- B. podryvání radličkovým kombinátorem - rychlost pojezdu 12 km.hod^{-1} , hloubka zpracování 25 cm;
- C. mělká orba talířovým podmítačem - rychlost pojezdu 10 km.hod^{-1} , hloubka zpracování 15 cm.

Veškeré operace byly provedeny jednosměrně. Po každém úkonu se půda konsolidovala lučným válcem tak, aby se mohl simulovat dlouhodobější vliv zpracování půdy na translokaci půdních částic a další operace byla provedena až za tři týdny. Celkem bylo mezi lety 2015-2016 u každé technologie provedeno deset operací. Při válení lučným byla průměrná rychlost pojezdu 10 km.hod^{-1} .



Obr. č. 20: Radličkový kypřič Kromexim 250 (vlevo), radličný pluh Kverneland PB 100-3 (vpravo) (Hrabalíková a kol., 2015)



Obr. č. 21: Talířový kypřič 2,5 m (vlevo), talířový kypřič (vpravo) (Hrabalíková a kol., 2015)



Obr. č. 22: Prostorové rozdělení testovaných variant, kde I. – radličný pluh, II. – radličkový kypřič, III. – talířový kypřič (Hrabalíková a kol., 2015)

Nástroje byly taženy traktorem Zetor Proxima. Pouze varianta A (radliční pluh) byla po proběhlé operaci okamžitě konsolidována pomocí hladkého válce (průměr 150cm) se záběrem 2m z důvodu lepší detekce stopovačů. Ostatní varianty byly váleny po detekci stopovačů.

Nástroj	Varianta	Typ	Počet jednotek	Pracovní šířka(m)	Pracovní hloubka (mm)	Rychlost (Km/h)
Radličný pluh (otočný)	A	Kverneland	3. radličný	1.5	300	10- 15
Radličkový kypřič	B	RK 250	6	2.5	Do 150	10- 15
Talířový kypřič (podmítač)	C	2.5	2 x 6 discs	2.5	150	10 - 15

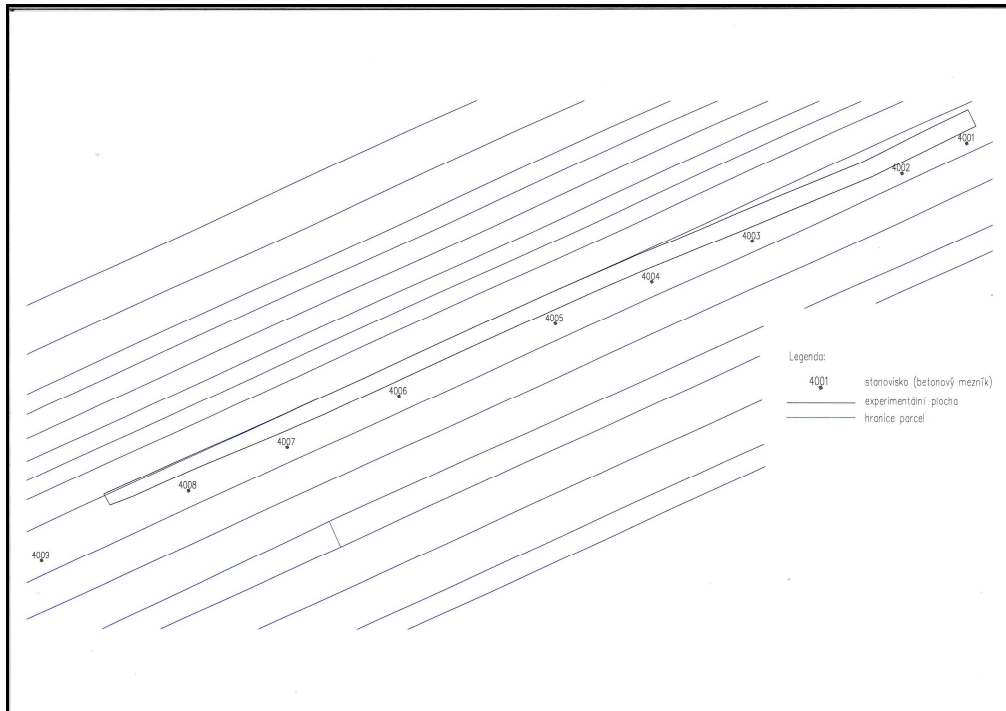
Tabulka 1: Základní parametry použitých strojů v experimentu v Šardicích pro rok 2015 a 2016

5.2 GEODETICKÉ PRÁCE

Geodetické práce byly provedeny zaměstnanci Katedry speciální geodezie (ČVUT), a to formou služby v rámci projektu NAZV QJ1520028. Geodetických prací se zúčastnil Doc. Ing. Martin Štroner, Ph.D. a Ing. Rudolf Urban, Ph.D.



Obr. č. 23: Geodetické práce na experimentální ploše (Hrabalíková a kol., 2015)



Obr. č. 24: Přehledka geodetických bodů vztažné sítě (Černý, 2017)

5.2.1 Vztažná síť

Vztažná síť byla stabilizována a následně zaměřena dne 22. 9. 2015. Při zaměření vztažné sítě byla teplota 15 °C a bylo slunečno. Na delším okraji experimentální plochy bylo trvale stabilizováno 9 betonových mezníků. Polohové a výškové souřadnice betonových mezníků (souřadnicový systém S-JTSK a výškový systém Bpv) byly nejprve určeny metodou GNSS přístrojem Trimble GeoXR, který byl pro zajištění korekcí připojen k síti referenčních stanic CZEPOS. Pro zaměření byla využita metoda měření RTK (Real Time Kinematic), přičemž observace trvala 15 sekund. Poloha mezníků byla určena dvakrát v rozmezí dvou hodin a výsledky byly zprůměrnovány. Souřadnice betonových mezníků byly dále zpřesněny prostřednictvím totální stanice Trimble S8 (směrodatná odchylka pro měření směrů 0,3 mgon a pro měření délek 0,8 mm + 1 ppm).

Z prvních šesti betonových mezníků bylo určeno volné stanoviško dle metody nejmenších čtverců a posléze byly všechny mezníky přeurčeny tak, aby byla dodržena relativní vnitřní přesnost celé sítě pod 5 mm v prostorové poloze. Vzhledem ke značnému členitému terénu byly využity další tři dočasné stanoviška stabilizované dřevěným kolíkem pro zajištění vnitřní přesnosti v celé vztažné síti.

Vzhledem k použité metodě připojení lze absolutní přesnost určení souřadnic předpokládat do 5 cm.

5.2.2 Podrobné měření totální stanicí

Před samotným zaměřením stopovačů bylo pomocí detektoru určeny místa a hloubka uložení stopovače, toto místo bylo barevně označeno a při zaměření byla v nadmořské výšce odečtena hloubka. Zaměření před zpracováním půdy byla provedena ve dnech 22. až 24. 9. 2015 a po desáté operaci byla provedena 27. 9. 2016. Zaměření bylo provedeno polární metodou s výškami určenými trigonometricky vždy s využitím volného stanoviska s připojením na minimálně tři betonové mezníky. Pro zaměření byla použita totální stanice se servopohonem Trimble S8.

Relativní prostorová přesnost zaměřovaných bodů lze odhadovat okolo 1 cm. Délky zaměřovaných bodů nepřesahovali 200 m, a proto vzhledem k uvedené přesnosti nebyla zaváděna oprava ze zakřivení Země.

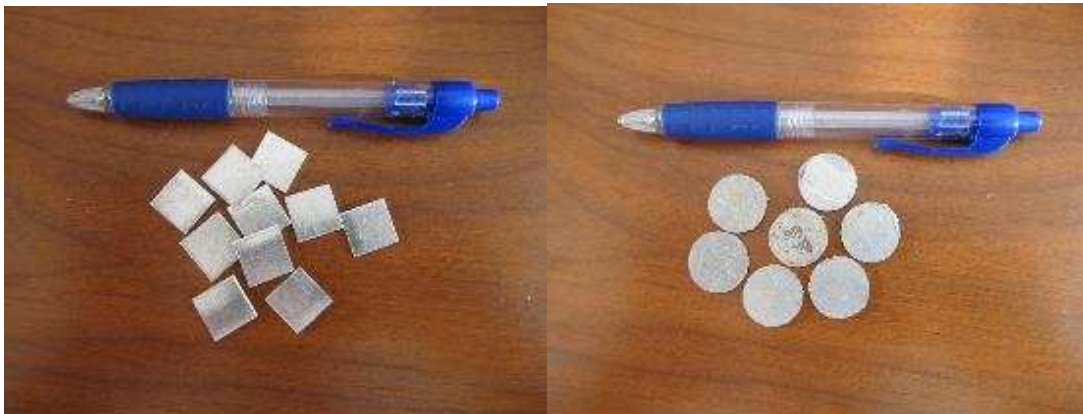
5.3 VÝBĚR STOPOVAČŮ

Měření posunu půdních částic při zpracování půdy přináší metodická úskalí. Logsdon (2013) uvádějí přehled tělísek (tracers), které různí autoři vkládali do půdy a využívali k indikaci posunu ornice při zpracování půdy.

Pro měření posunu půdních částic se v případě projektu v Šardicích využilo hliníkových plíšků viz. obrázek č. 24. Hliníkový kov byl zvolen z důvodu odrazu při detekci detektorem kovu, protože hliník má podstatně vyšší frekvenci než železo, bronz, stříbro a jiné kovy, které se v zemědělských pozemcích často vyskytují. Tudiž jej lze jednoznačně určit v půdě, aniž by bylo nutné daný stopovač vyjmout z půdy. Dále se využilo hliníkových plíšků z důvodu, že mají přibližně stejnou specifickou hmotnost, jako hmotnost minerálních půd v dané lokalitě.

V roce 2015 byly metalické stopovače umístěny do půdy. Stopovače byly vloženy ve dvou řadách vždy po deseti kusech příčně přes všechny sledované způsoby zpracování půdy (radličný pluh, radličkový kypřič, talířový kypřič) přibližně v linii

s plastbetonovým mezníkem. Stopovače byly v jedné řadě umístěny v hloubce 5cm a v druhé řadě 10 cm. Celkem bylo do půdy umístěno 540 hliníkových stopovačů.



Obr. č. 25: Ukázka použitých stopovačů pro metodu „tracer“ (Hrabalíková a kol., 2015)



Obr. č. 26: Umístění stopovačů na experimentální lokalitě (Hrabalíková a kol., 2015)



Obr. č. 27: Ukázka detekovaných a zaměřených stopovačů (Hrabalíková a kol., 2016)

6 VÝSLEDKY

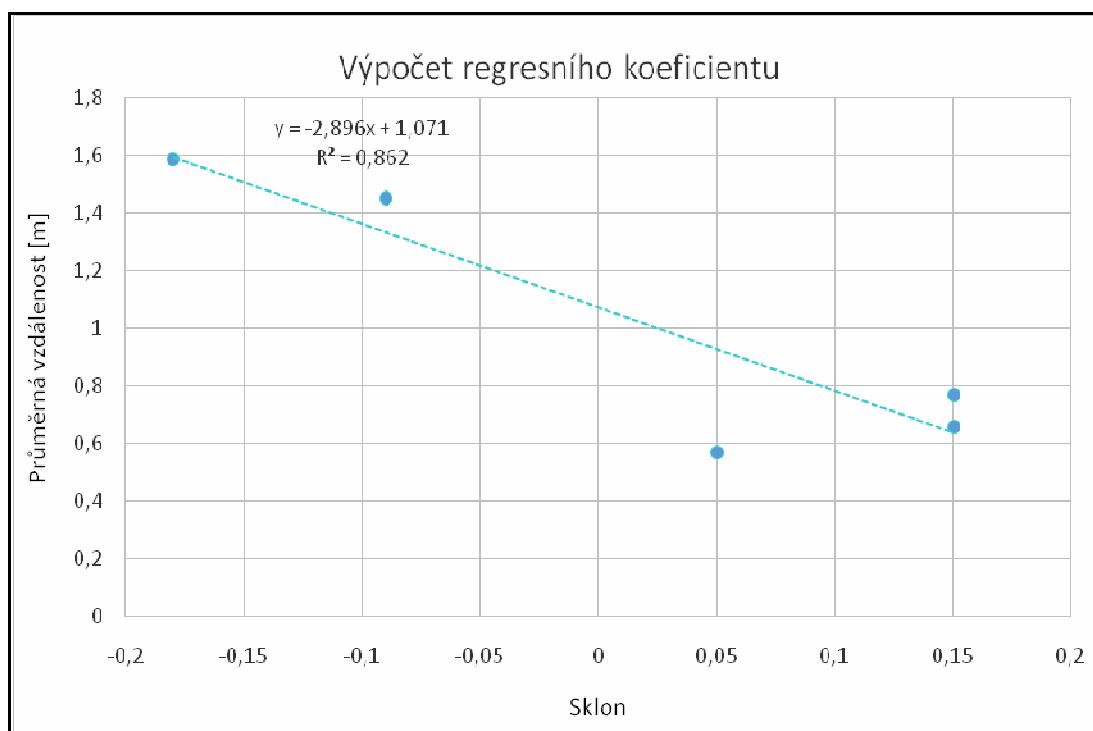
6.1 VÝPOČET TRANSPORTNÍHO KOEFICIENTU

Pro výpočet transportního koeficientu bylo vycházeno z publikací od Govers a kol. (1994) a Van Oost a kol. (2006). V rámci diplomové práce byl proveden výpočet transportního koeficientu po 1. jezdě (po 1. měření).

Použité vzorce pro výpočet transportního koeficientu:

$$d = a + b * S, Q_s = \rho * d * D$$

Nejdříve byl vypočten sklon svahu pro negativní a pozitivní svahy. Každý svah byl rozdělen do několika úseků, podle toho kde byly stabilizovány stopovače. U každého takového úseku byl spočítán průměrný posun stopovače pro každou technologii zvlášť. Pomocí výpočtu regresní rovnice jsme získaly regresní koeficient A, B (viz obr. č. 28). Koeficient B byl následně dosazen do výpočtu transportního koeficientu. Transportní koeficienty byly vypočteny pro všechny nástroje.



Obr. č. 28: Grafické vyjádření výpočtu regresních koeficientů A, B.

Výsledné transportní koeficienty pro jednotlivé nástroje jsou:

radličný pluh = 770.57 kg m^{-1}

radličkový kypřič = 394.16 kg m^{-1}

talířový kypřič = 24.37 kg m^{-1}

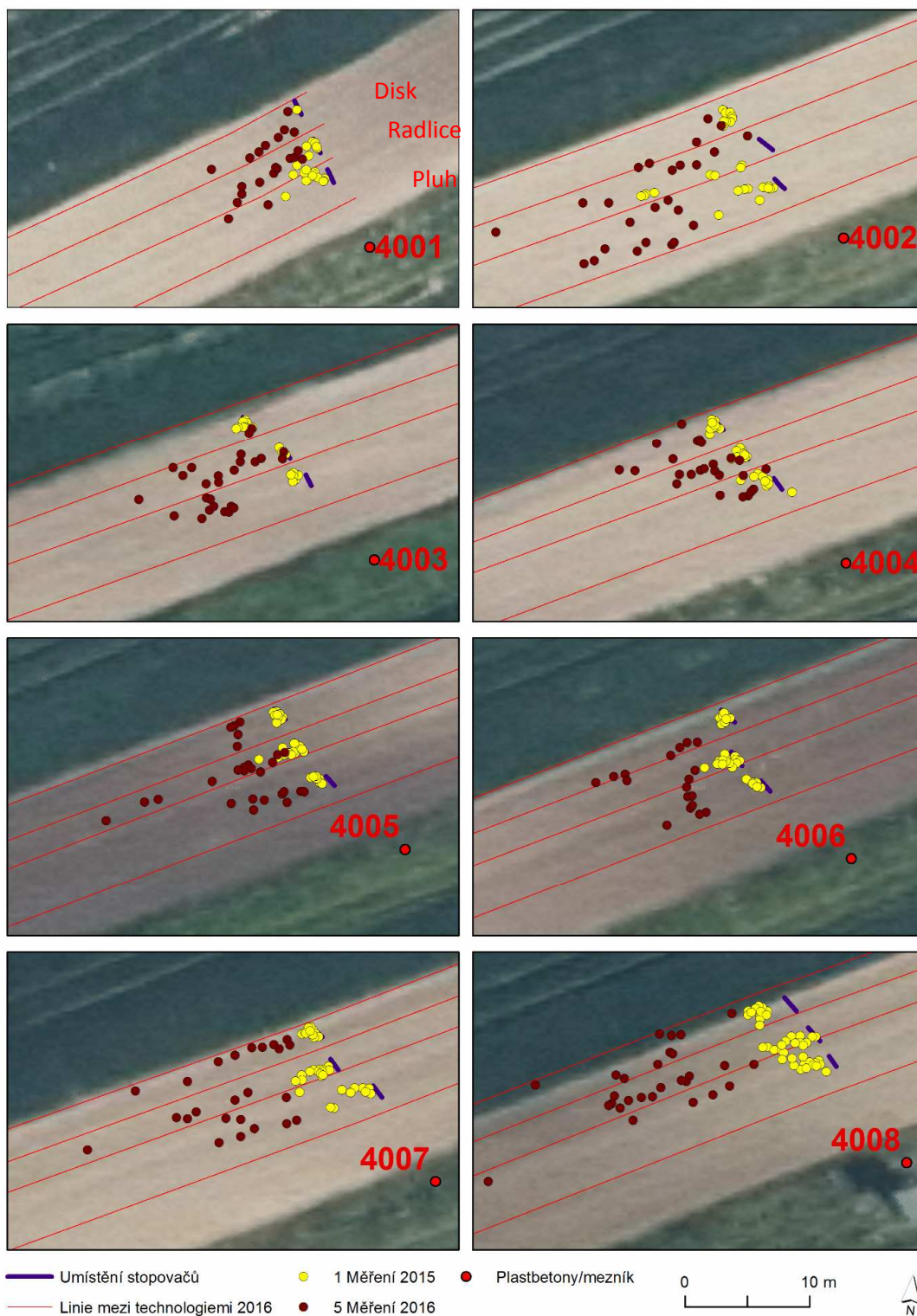
6.2 URČENÍ POSUNU STOPOVAČŮ PO 1 A 10 OPERACI

V roce 2015 byl experiment zahájen. V roce 2015 se provedlo prvních pět pracovních operací (pojezdů) pro každou testovanou variantu. Stopovače byly ponechány v půdě, tak aby se v následujících letech mohlo na experiment navázat. Při každém zaměření se podařilo detektorem určit poloha a hloubka zhruba polovina stopovačů.

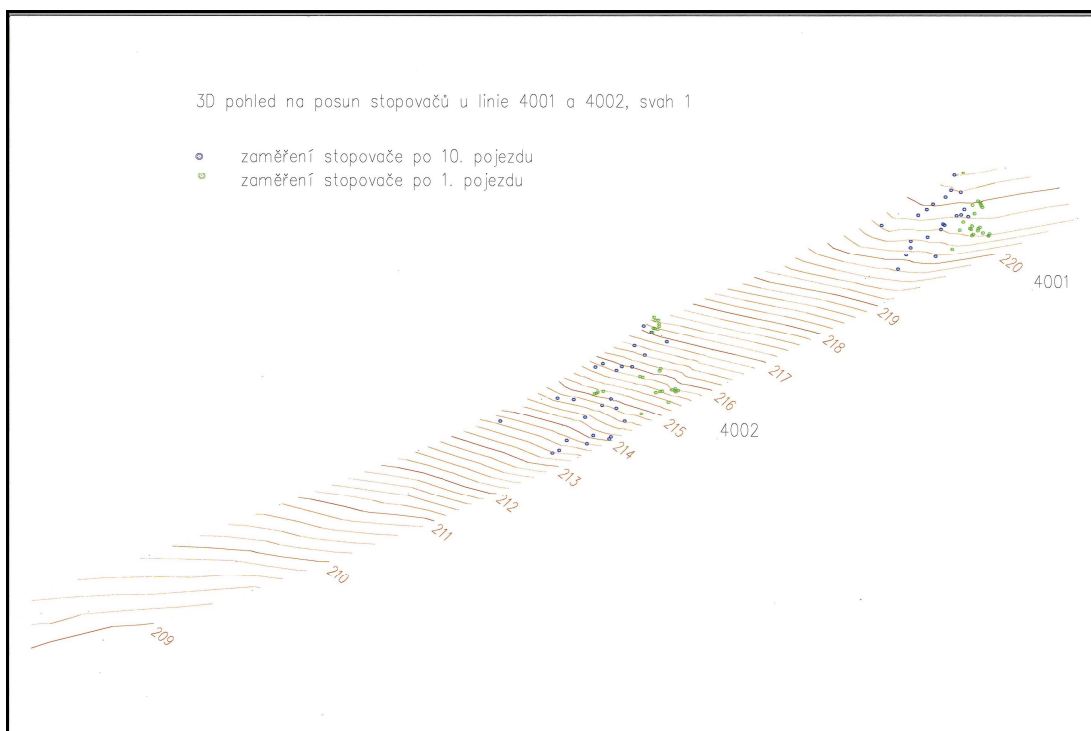
Mezník* ²	Číslo svahu* ²	Poloha na svahu	Varianta	Maximální vzdálenost (m)
4001	1	hrana	Radličný pluh	9,07
4002	1	střed	Radličkový kypřič	15,22
4003	1/2	údolnice	Radličkový kypřič	8,55
4004	2	střed	Talířový kypřič	6,42
4005	2	hrana	Radličkový kypřič	11,83
4006	2/3	vrchol	Radličkový/talířový kypřič	16,39
4007	3	hrana	Radličkový kypřič	14,38
4008	3	střed	Radličný pluh	20,83

Tabulka 2: Největší vzdálenosti mezi 1 pojezdem (1. měření) a 10. pojezdem (5. měření) (Hrabalíková a kol., 2016)

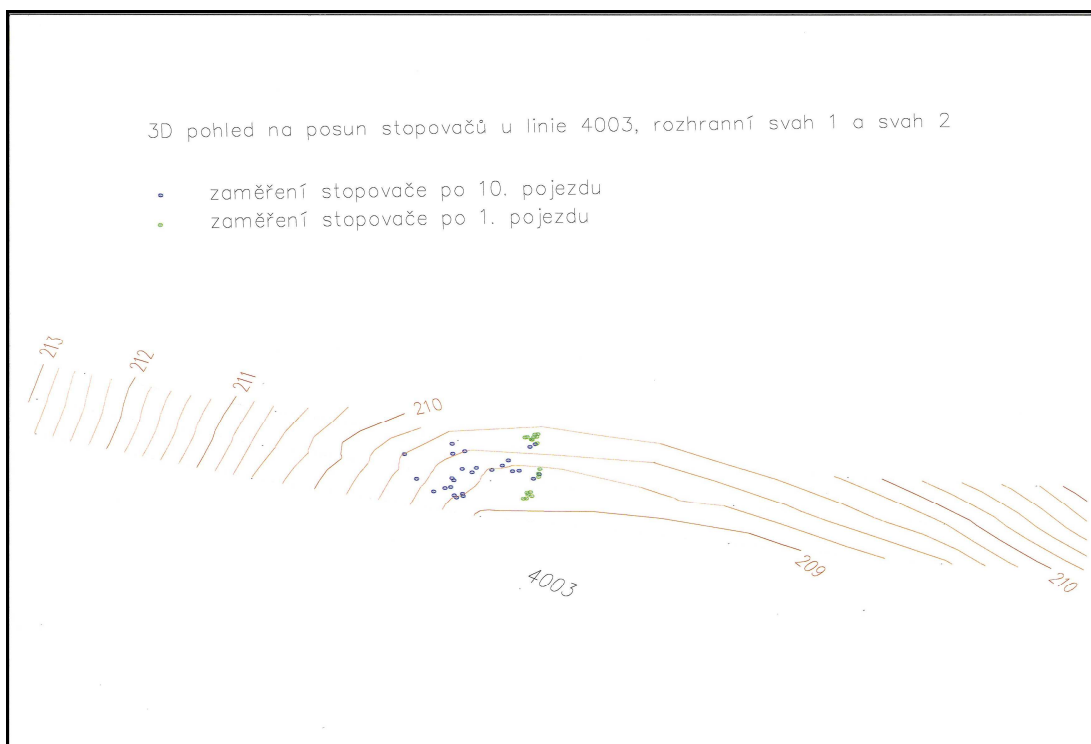
Z výsledků posunu stopovačů je patrný rozdíl zda se jedná o svah dolu ve směru orby, nebo zda se jedná o směr do kopce. Posun stopovačů je největší tam kde se orba prováděla směrem dolů/z kopce, což prokázal již Van Oost. U většiny stanovisek je patrný také rozdíl mezi jednotlivými nástroji, což uváděl již Quine a kol. (1999) a Poesen a kol. (1997). Velký posun stopovačů byl proveden u radličkového kypřiče na rozdíl od talířového kypřiče, který vyjma stanoviště 4004 má nejmenší posuny stopovačů.



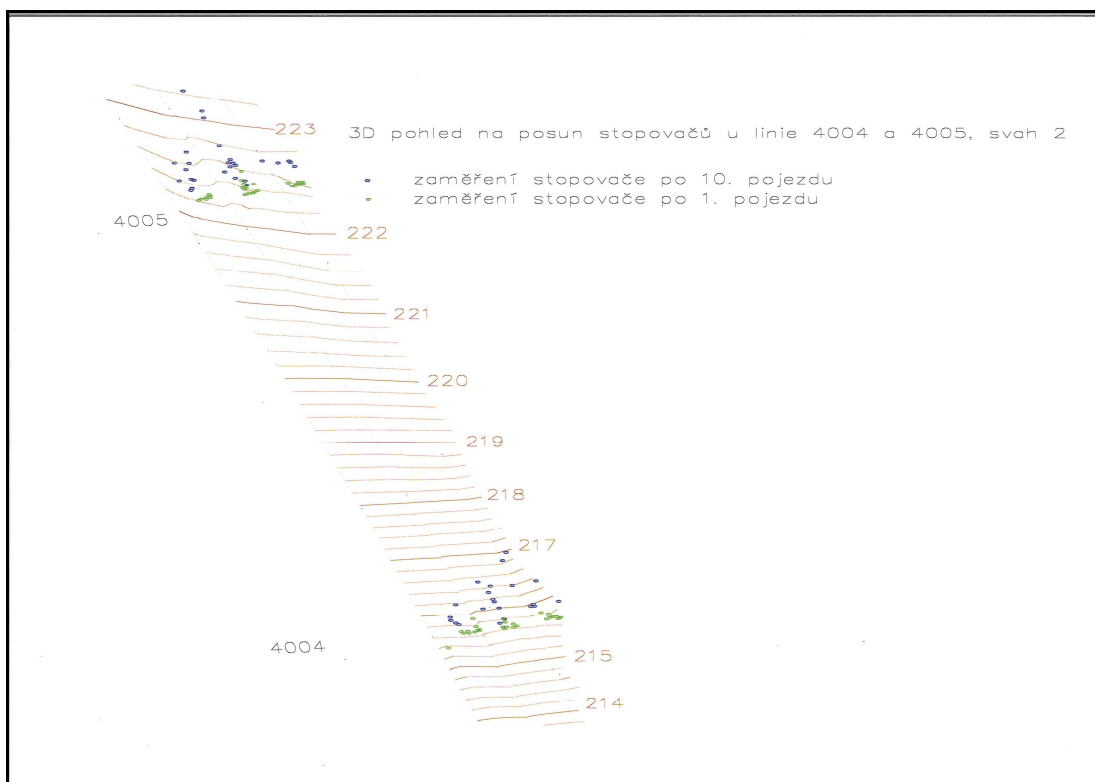
Obr. č. 29: Rozdíl posunu stopovače po 1 pracovní operaci (1. měření) a po 10 pracovních operacích (5. měření) (Hrabalíková a kol., 2016)



Obr. č. 30: Axonometrické zobrazení posunu stopovače po 1 pracovní operaci (1. měření) a po 10 pracovních operacích (5. měření) u stanoviška 4001 a 4002



Obr. č. 31: Axonometrické zobrazení posunu stopovače po 1 pracovní operaci (1. měření) a po 10 pracovních operacích (5. měření) u stanoviška 4003



Obr. č. 32: Axonometrické zobrazení posunu stopovače po 1 pracovní operaci (1. měření) a po 10 pracovních operacích (5. měření) u stanoviška 4004 a 4005

Výsledné (průměrné) posuny pro jednotlivé nástroje po 1. pojezdu:

radličný pluh = 1.01 m

radličkový kypřič = 1.34 m

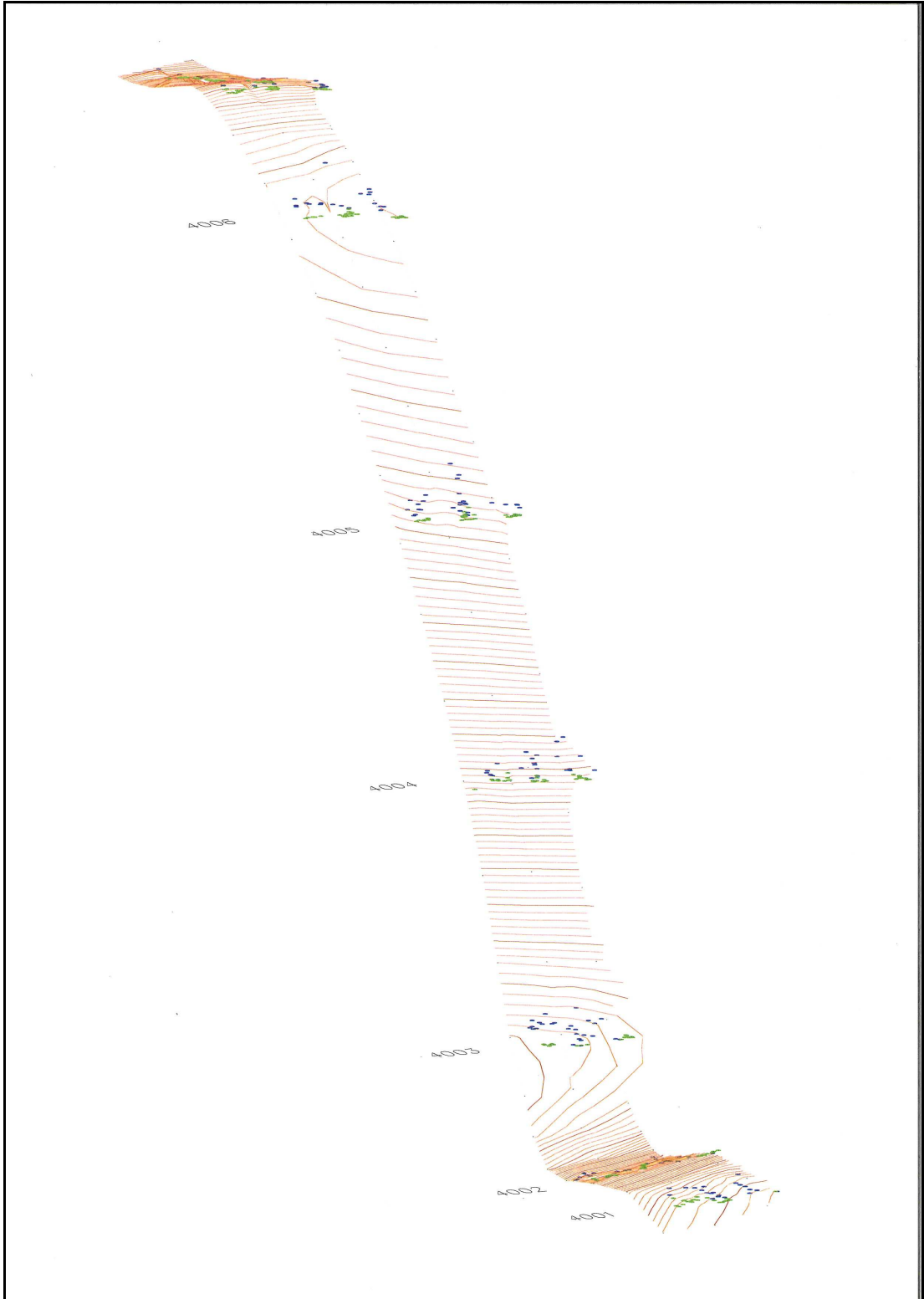
talířový kypřič = 0.24 m

Výsledné (průměrné) posuny pro jednotlivé nástroje po 10. pojezdu:

radličný pluh = 5.20 m

radličkový kypřič = 4.24 m

talířový kypřič = 2.75 m



Obr. č. 33: Axonometrické zobrazení posunu stopovače po 1 pracovní operaci (1. měření) a po 10 pracovních operacích (5. měření) experimentální plochy

6.3 VYHODNOCENÍ ZTRÁTY PŮDY EROZÍ ZPRACOVÁNÍM PŮDY PO 1 A PO 10 OPERACI ZPRACOVÁNÍ PŮDY

Pro výpočet transportního koeficientu bylo vycházeno z publikací od Govers a kol. (1994) a Van Oost a kol. (2006). Vyhodnocení ztráty půdy erozí zpracováním půdy bylo již pro po 1. operaci výpočtem transportního koeficientu po 1. pojezdu (po 1. měření).

Nejdříve byl vypočten sklon svahu pro negativní a pozitivní svahy, každý svah byl rozdělen do několika úseků, dle toho kde byly stabilizovány stopovače. U každého takového úseku byl spočítán průměrný posun stopovače. pro každou technologii zvlášť. Pomocí výpočtu regresní rovnice jsme získaly regresní koeficient A, B. (viz obr. č. 27). Koeficient B byl následně dosazen do výpočtu transportního koeficientu konkrétní varianty. Transportní koeficienty byly vypočteny pro všechny nástroje.

Výsledné transportní koeficienty pro jednotlivé nástroje jsou:

Po 1. operaci:

$$\text{radličný pluh} = 770.57 \text{ kg m}^{-1}$$

$$\text{radličkový kypřič} = 394.16 \text{ kg m}^{-1}$$

$$\text{talířový kypřič} = 24.37 \text{ kg m}^{-1}$$

Po 10. operaci:

$$\text{radličný pluh} = 4069.00 \text{ kg m}^{-1}$$

$$\text{radličkový kypřič} = 1910.08 \text{ kg m}^{-1}$$

$$\text{talířový kypřič} = 408.16 \text{ kg m}^{-1}$$

Ze zjištěných výsledků je patrné, že na některých místech má radličkový kypřič větší redistribuci půdních částic než talířový kypřič, nebo radličný pluh. Dle Jonarda rozsah eroze zpracováním půdy záleží převážně na hloubce orby a typu půdy (Jonard a kol., 2013). Naproti tomu několik studií (Govers a kol., 1994; Lobb a kol., 199) udávají jako hlavní faktor posunu půdních částic sklon a zakřivení svahu. Vysvětlí

proces erozi zpracováním půdy jen faktory sklon a zakřivením svahu nelze, je to proces, na který má vliv celý soubor několika faktorů. (Lindstorm a kol., 2001)

7 DISKUZE

Kvalitní zemědělská půda má nezpochybnitelný vliv nejen na produkci plodin, ale i na ekosystém jako celek. Eroze tuto půdu velmi znehodnocuje a způsobuje velké, často nenávratné, škody. Na našem území má zásadní vliv eroze vodní, ale jak jsem v této diplomové práci popsal v členitých zemědělských polích má také významný vliv eroze zpracováním půdy. Pochopit zákonitosti této eroze je významný krok vpřed, směřujících k nalezení metod zpracování půdy, které budou co nejšetrnější k zemědělské půdě.

Z výsledku experimentu vyplývá, že různé technologie zpracování půdy mají odlišný vliv na přesun půdních částic, to samé již zjistil i Su s kolektivem (Su a kol., 2002). Pochopení souvislostí mezi metodami zpracování půdy, nástroji a typy půd, je důležitý posun, který nám v budoucnu významně sníží zhoršení kvality zemědělských půd (Novák, 2012).

Změření a vyhodnocení transportu půdních částic má svá úskalí, stabilizace a následná detekce stopovačů v půdě je složitá. Z umístěných stopovačů v nulté etapě se v následujících etapách zaměření našlo necelých 50%. Nicméně i z těchto dat lze predikovat posuny částic půdy. Ze zjištěných posunů stopovačů je patrný rozdíl mezi použitými nástroji (radliční pluh, radličkový kypřič, talířový kypřič) a zda byl pojezd konán ve směru do svahu, nebo po svahu.

Transportního koeficientu byl vypočten dle dostupných publikací (Govers a kol., 1994; Van Oost a kol., 2006). Po výpočtu jsem porovnal své výsledky s výsledky Goverse (1994). Govers měl svou experimentální plochu v podobném sklonu svahu a porovnával transportní koeficient u talířového disku (harrow) - 78 kg m^{-1} a radličný kypřič (reversible cultivator shovel) - 28 kg m^{-1} . Rozdíl ve výsledcích s Govers (1994) lze vysvětlit rozdílnými půdní vlastnosti na experimentálních plochách (zrnitost, malá pórovitost) a nepřesnou identifikací stopovače pomocí detektoru, kdy nemusí být stopovač detekován (velmi hluboko, špatný vlnový odraz apod.), a nebo naopak, bude detekován cizí kov, který není experimentální stopovač. Dále možné úskalí experimentu představuje přesun stopovačů z jedné do jiné technologie, proto byla navrhována do příštího roku řešení úprava experimentální plocha, kdy mezi jednotlivými technologiemi bude vytvořen neutrální pás. Další úskalí experimentu je určení hloubky stopovače, hloubka je určena dle detektoru, který nemusí přesně určit

hloubku stopovače. Z původních 540 stopovačů byla po 10. pojezdu detekováno jen cca 200 stopovačů.

8 ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit míru eroze pro jednotlivé nástroje po 1. a po 10. operacích. Další cíl byl určit posun stopovačů po 1. a po 10. technologické operací. Výpočet jednotlivých parametrů přispívá k řešení problematiky eroze vznikající různými typy zpracování půdy, které aktuálně řeší ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. za podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum.

V první části diplomové práce byl splněn první cíl práce, zpracování literární rešerše k tématu eroze zpracováním půdy. Bylo čerpáno ze zahraničních zdrojů a doplněno několika českými zdroji. V další části diplomové práce byl splněn cíl vypočítat transportní koeficient pro jednotlivé testovací nástroje po 1. operaci. Výpočtem bylo zjištěno, že největší transportní koeficient vykazuje radličný pluh - 770.57 kg.m^{-1} . Následně byl splněn další cíl zadání, a to určení posunu stopovačů po 1. a po 10. operaci. Bylo zjištěno, že na některých místech má talířový kypřič větší redistribuci půdních částic než radličkový kypřič nebo dokonce i radličný pluh (na stanovišti 4004 má talířový kypřič průměrný posun stopovačů 3.22 m zatím co radličkový pluh 2.34 m a radličný pluh jen 1.77 m). Dále byl vypočten transportní koeficienty pro jednotlivé nástroje po 10. operaci, kdy bylo zjištěno, že největší transportní koeficient, stejně jako po 1. operaci, vykazuje radličný pluh - $4069.00 \text{ kg.m}^{-1}$. Byla podána i charakteristika experimentální plochy a popsány metodické postupy, jejichž součástí byly i geodetické práce.

Všechny vytyčené cíle této diplomové práce se podařilo úspěšně splnit. Výzkum provedený v této diplomové práci bude dále pokračovat v roce 2017 a 2018.

9 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

BAARTMAN J.E.M., TEMME A.J.A.M., SCHOORL J.M., BRAAKHEKKE M.H.A. a VELDKAMP T.A., 2012: Did tillage erosion play a role in millennial scale landscape development? *Earth Surf. Process. Landforms* 37, 1615–1626. doi:10.1002/esp.3262

BENNET H.H., 1939: Soil Conservation. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc: 406 s.

BLANCO H. a LAL R., 2008: Principles of Soil Conservation and Management, Springer Science + Business Media B. V., ISBN 987-90-481-8529-0.

DE ALBA S., 2003: Simulating long-term soil redistribution generated by different patterns of mouldboard ploughing in landscapes of complex topography. *Soil Till. Res.* 71, 7–86.

FRÍD M. a VÁVRA V., 2016: Zpracování půdy. Interní učební text, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, online: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-Content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy.pdf, cit. 25. 3. 2017

GOVERS G., VANDAELE K., DESMET P., POESEN J. a BUNTE K., 1994: The role of tillage in soil redistribution on hillslopes. *European Journal of Soil Science* [online]. 45(August 2016), 469–478. ISSN 1351-0754. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2389.1994.tb00532.x

GOVERS, G. LOBB D.A. a QUINE T.A., 1999. Tillage erosion and translocation: Emergence of a new paradigm in soil erosion research. Preface. *Soil Tillage Res.* 51, 167–174. doi:10.1016/S0167-1987(99)00035-5

JANEČEK M. a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí – metodika. 1. vyd., Praha, Powerprint: 117 s.

JONARD F., MAHMOUDZADEH M., ROISIN C., WEIHERMULLER L., ANDRÉ F., MINET J., VEREECKEN H., LAMBOT S., 2013: Characterization of tillage effects on the spatial variation of soil properties using ground-penetrating radar and electromagnetic induction. *Geoderma* 207-208, 310–322. doi:10.1016/j.geoderma.2013.05.024

KOSMAS C., GERONTIDIS S., MARATHIANON M., DETSIS B., ZAFIRIOU T., VAN MUYSEN W., GOVERS G., QUINE T., VANOOST K., 2001: The effects of tillage displaced soil on soil properties and wheat biomass. *Soil Tillage*, 58: 31–44.

LI S., LOBB D.A., SCHUMACHER T.E., 2001: Tillage and water erosion on different landscapes in the northern North American Great Plains evaluated using ¹³⁷Cs technique and soil erosion models. *CATENA* 70, 493–505. doi:10.1016/j.catena.2006.12.003

LINDSTROM M.J., LOBB, D.A. a SCHUMACHER T.E., 2001: Tillage erosion: An overview. *Ann. Arid Zone* 40, 337–349.

LOBB D.A., KACHANOSKI R.G. a MILLER M.H., 1999: Tillage translocation and tillage erosion in the complex upland landscapes of southwestern Ontario, Canada. *Soil Till.* 51: 189–209.

LOBB D.A. a KACHANOSKI R.G., 1999: Modelling tillage erosion in the topographically complex landscapes of southwestern Ontario, Canada. *Soil and Tillage*, 51: 261–277.

LOGSDON S.D., 2013: Depth dependence of chisel plow tillage erosion. *Soil & Tillage Research*, 128:119-124.

MECH S.J. a FREE G.A., 1942: Movement of soil during tillage operations. *Agricultural Engineering* 23: 379–382.

MONTGOMERY J.A., MCCOOL D.K., BUSACCA A.J. a FRAZIER B.E., 1999: Quantifying tillage translocation and deposition rates due to moldboard plowing in the Palouse region of the Pacific Northwest, USA. *Soil Till.* 51: 175–187.

MORGAN R. P. C., 2005: Soil erosion and conservation. Third Edition. Blackwell Publishing company, Malden, USA, 304 s.

MULÍČKOVÁ E., 2000: Integrované hodnocení erozních rizik., *GEOinfo*, 1: 16-18.

NĚMEČEK J., MUHLHANSELOVÁ M., MACKŮ J., VOKOUN J., VAVŘÍČEK D. a NOVÁK P., 2011: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. uprav. vyd., Česká zemědělská univerzita, Praha: 94 s.

NOVÁK P., KOVAŘÍČEK P., HŮLA J. a VLÁŠKOVÁ M., 2012: Zpracování půdy z hlediska povrchového odtoku vody. *Komunální technika*, 6 (5): 337-340.

PAPIERNIK S.K., LINDSTROM M.J., SCHUMACHER J.A. a kol., 2005: Variation in soil properties and crop yield across an eroded prairie landscape. *J Soil Water Conserv*, 60: 388–395.

PAPIERNIK S.K., LINDSTROM M.J., SCHUMACHER T.E., SCHUMACHER J.A., MALO D.D. a LOBB D.A., 2007: Characterization of soil profiles in a landscape affected by long-term tillage. *Soil Tillage Res.* 93, 335–345. doi:10.1016/j.still.2006.05.007.

PAPIERNIK S. K., SCHUMACHER T. E., LOBB D. A., LINDSTROM M. J., LIESER M. L., EYNARD A. et SCHUMACHER J. A., 2009: Soil properties and productivity as affected by topsoil movement within an eroded landform. *Soil & Tillage Research*, 102(1): 67-77, online:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198708001232>, cit. 26. 4. 2017.

PENNOCK D.J., 2003: Terrain attributes, landform segmentation, and soil redistribution. *Soil Till.* 69: 15–26.

PHYSICAL AND REGIONAL GEOGRAPHY RESEARCH GROUP, 2002: Katholieke Universiteit Leuven, online: <http://www.kuleuven.be/geography/frg/projects/teron/index.htm>

POESEN J., VAN WESEMAEL B., GOVERS G., MARTINEZ-FERNANDES J., DESMET P., VANDAELE K., QUINE T. a DEGRAER G., 1997: Patterns of rock fragment cover generated by tillage erosion. *Geomorphology* 18, 183–97.

QUINE T.A., GOVERS G., POESEN J., WALLING D. VAN WESEMAEL B. a MARTINEZ-FERNANDEZ J., 1999: Fine-earth translocation by tillage in stony soils in the Guadalentin, south-east Spain: an investigation using caesium-134. *Soil and Tillage Research* 51:279–301.

QUINE T.A., ZHANG Y. 2002: An investigation of spatial variation in soil erosion, soil properties, and crop production within an agricultural field in Devon, United Kingdom. *Journal of Soil and Water Conservation* 57, 55–65.

SU Z. A., ZHANG J. H., QIN F. C. a NIE X. J., 2012: Landform change due to soil redistribution by intense tillage based on high-resolution DEMs. *Geomorphology*, 175-176: 190-198 ,online:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X12003339>, cit. 25. 3. 2017.

TIESSEN K.H.D., LOBB D.A., MEHUYS G.R., REES H.W., 2007: Tillage translocation and tillage erosivity by planting, hilling and harvesting operations common to potato production in Atlantic Canada. *Soil Till.* 97: 123–139.

TURKELBOOM F., POESSEN J., OHLER I., VAN KEER K., ONGPRASERT S., VLASSAK K. 1999: Reassessment of tillage erosion rates by manual tillage on steep slope in northern Thailand. *Soil Till. Res.* 51, 245–259.

UREŠ J., 2016: Vyhodnocení změny mikrotopografie svahu a půdního profilu v závislosti na zpracování půdy různými technologiemi, Diplomová práce, Kladno, 58s.

VAN MUYSEN W., GOVERS G., BERGKAMP G., ROXO M a POESEN J., 1999: Measurement and modelling of the effects of initial soil conditions and slope gradient on soil translocation by tillage. *Soil and Tillage*, 51: 303–316.

VAN MUYSEN W., GOVERS G., VAN OOST K. a VAN ROMPAEY A., 2000: The effect of tillage depth, tillage speed, and soil condition on chisel tillage erosivity. *Journal of Soil and Water Conservation* 55, 355–64.

VAN MUYSEN W. a GOVERS G. 2002: Soil displacement and tillage erosion during secondary tillage operations: the case of rotary harrow and seeding equipment. *Soil Till.* 65: 185–191.

VAN MUYSEN W., VAN OOST K. a GOVERS G., 2006: Soil translocation resulting from multiple passes of tillage under normal field operating conditions. *Soil Tillage Res.* 87, 218–230. doi:10.1016/j.still.2005.04.011

VAN OOST K., GOVERS G., DESMET P., 2000: Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landsc. Ecol.* 15, 577–589. doi:10.1023/A:1008198215674

VAN OOST K., GOVERS G., DE ALBA S. a QUINE T. A., 2006: Tillage erosion: a review of controlling factors and implications for soil quality. *Progress in Physical Geography*,: 443-466.

VAN OOST K., VAN MUYSEN W., GOVERS G., HECKRATH G., QUINE T. A a POESEN J., 2003: Simulation of the redistribution of soil by tillage on complex topographies, *European Journal of Soil Science*, 54:63-76.

ZÁDOROVÁ T., ŽÍŽALA D., PENÍZEK V., ČEJKOVÁ S., 2014: Relating Extent of Colluvial Soils to Topographic Derivatives and Soil Variables in a Luvisol Sub-Catchment, Central Bohemia, Czech Republic. *Soil Water Res.* 9, 47–57.

ZGLOBICKI W., 2002: Dynamika współczesnych procesów denudacyjnych w północno-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej, Uniwersytet Marii Curie - Skłodowskiej, Lublin: 159s.

ZHANG J.H., LOBB D.A., LI Y. a LIN G.C., 2004: Assessment for tillage translocation and tillage erosion by hoeing on the steep land in hilly areas of Sichuan, China. *Soil Till.* 75: 99–107.

ZHANG J.H., SU Z.A. a NIE X.J., 2009: An investigation of soil translocation and erosion by conservation hoeing tillage on steep lands using a magnetic tracer. *Soil Till.* 105: 177–183.

9.1 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Mechanismus eroze zpracováním půdy, QS - transport půdy (Physical and Regional Geography Research Group, 2002)

Obrázek č. 2: Změna v půdním profilu způsobený erozí zpracováním půdy (De Alba a kol., 2003).

Obrázek č. 3: Princip eroze zpracováním půdy v členité krajině (hranice polí, travnatých pásů) zpracováním půdy vede ke ztrátě půdy v horních částech svahu. Délka šípek odpovídá rychlosti přesunu půdy (Van Oost., 2006)

Obrázek č. 4: Prostorové zobrazení eroze zpracováním půdy a vodní eroze (Van Oost a kol., 2006)

Obrázek č. 5: Schéma umístění experimentálního území. (Hrabalíková a kol., 2016)

Obrázek č. 6: Charakteristický reliéf okolí Šardic (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 7: Situace experimentální plochy v katastrální mapě, k.ú. Šardice.

Obrázek č. 8: Modelová lokalita před zahájením experimentu (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 9: Ortofoto experimentální plochy (Ureš, 2016)

Obrázek č. 10: Vrchní část svahu– půdní typ černozemě degradované, organický horizont 20 cm (Hrabalíková a kol. 2015)

Obrázek č. 11: V dolní části svahu- akumulace ornice více než 50 cm (Hrabalíková a kol. 2015)

Obrázek č. 12: Fotografie sondy černozemě na vrchu modelové lokality (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 13: Schéma profilu experimentální plochy a její dělení na jednotlivé svahy (Hrabalíková a kol., 2016)

Obrázek č. 14: Pohled na modelovou lokalitu (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 15: Situace počátečního umístění stopovačů (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 16: Prostorové rozdělení testovaných variant, I. – radličný pluh, II. – radličkový kypřič, III. – talířový kypřič (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 17: Vyhledávání stopovačů detektorem kovu (Hrabalíková a kol., 2016)

Obrázek č. 18: Zaměření nalezených stopovačů a jejich záznam (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 19: Detekce stopovačů (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 20: Radličkový kypřič Kromexim 250 (vlevo), radličný pluh Kverneland PB 100-3 (vpravo) (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 21: Talířový kypřič 2,5 m (vlevo), talířový kypřič (vpravo) (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 22: Prostorové rozdělení testovaných variant, kde I. – radličný pluh, II. – radličkový kypřič, III. – talířový kypřič (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 23: Geodetické práce na experimentální ploše (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 24: Přehledka geodetických bodů vztažné sítě

Obrázek č. 25: Ukázka použitých stopovačů pro metodu „tracer“ (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 26: Umístění stopovačů na experimentální lokalitě (Hrabalíková a kol., 2015)

Obrázek č. 27: Ukázka detekovaných a zaměřených stopovačů (Hrabalíková a kol., 2016)

Obrázek č. 28: Grafické vyjádření výpočtu regresních koeficientů A, B.

Obrázek č. 29: Rozdíl posunu stopovače po 1 pracovní operaci (1. měření) a po 10 pracovních operacích (5. měření) (Hrabalíková a kol., 2016)

Obrázek č. 30: Axonometrické zobrazení posunu stopovače po 1 pracovní operaci (1. měření) a po 10 pracovních operacích (5. měření) u stanoviška 4001 a 4002

Obrázek č. 31: Axonometrické zobrazení posunu stopovače po 1 pracovní operaci (1. měření) a po 10 pracovních operacích (5. měření) u stanoviška 4003

Obrázek č. 32: Axonometrické zobrazení posunu stopovače po 1 pracovní operaci (1. měření) a po 10 pracovních operacích (5. měření) u stanoviška 4004 a 4005

Obrázek č. 33: Axonometrické zobrazení posunu stopovače po 1 pracovní operaci (1. měření) a po 10 pracovních operacích (5. měření) experimentální plochy

9.2 SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Základní parametry použitých strojů v experimentu v Šardicích pro rok 2015 a 2016

Tabulka č. 2: Největší vzdálenosti mezi 1. vozem (1. měření) a 10. vozem (5. měření) (Hrabalíková a kol., 2016)