

Česká zemědělská univerzita v Praze

Katedra zemědělských strojů

Technická fakulta



Eroze zpracování půdy a její dopad na
soudobé hospodaření na zemědělské půdě

diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Novák, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Jan Tomšů

Praha 2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Tomšů

Zemědělská technika

Název práce

Eroze zpracování půdy a její dopad na soudobé hospodaření na zemědělské půdě

Název anglicky

Tillage erosion and its impact on contemporary cultivation on farmland

Cíle práce

Cílem práce bude posoudit účinek strojů na zpracování půdy na celkovou erozi půdy v podmínkách ČR.

Metodika

Vytvoření literární rešerže z odborné literatury o působení pracovních nástrojů na půdu při jejím zpracování, zejména s pohledu půdní eroze vlivem posunu půdních částic při jejím zpracování. Praktická část práce bude zaměřena na hodnocení eroze zpracováním v reálných podmínkách v rámci různých technologií a intenzity zpracování půdy. K měření bude využita metoda značkovačů.

Doporučený rozsah práce

55 stran

Klíčová slova

eroze půdy, přemístění částic, účinek nástrojů

Doporučené zdroje informací

- Govers, G., Lobb, D.A., Quine, T.A. 1999. Tillage erosion and translocation: emergence of new paradigm in soil erosion research. *Soil & Tillage Research* 51, 167-174.
- Hůla, J., Procházková, B. et al., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Profi Press s.r.o., Praha, 248 p
- Li, S., Lobb, D.A., Lindstrom, M.J. 2007. Tillage translocation and tillage erosion in cereal-based production in Manitoba, Canada. *Soil & Tillage Research* 94, 164-182.
- Morgan, R. P. C., 2005: Soil erosion and conservation. Third Edition. Blackwell Publishing company, Malden, USA. p. 304.
- Tiessen, K.H.D., Lobb, D.A., Mehuys, G.R., Rees, H.W. 2007. Tillage erosion within potato production in Atlantic Canada: II. Erosivity of primary and secondary tillage operations. *Soil & Tillage Research* 95, 320-331.
- Tití, E.A., 2002: Soil tillage in agroecosystems. CRC press, U.S.A., 367 p.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Petr Novák, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 26. 1. 2017

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma: „Eroze zpracování půdy a její dopad na soudobé hospodaření na zemědělské půdě“ jsem vypracoval samostatně pod vedením Ing. Petra Nováka, Ph.D. a použil pouze pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Dále prohlašuji, že elektronická forma je shodná s formou tištěnou.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 25.3.2019

.....

Jan Tomšů

Poděkování

Děkuji Ing. Petru Novákovi, Ph.D., vedoucímu diplomové práce, za jeho odborné rady, věcné připomínky a pomoc při řešení a zpracování diplomové práce.

V neposlední řadě bych rád poděkoval celé mé rodině za podporu při studiu a zejména otci Josefovi Tomšů za cenné rady a postřehy ze zemědělské praxe.

Abstrakt: Tato diplomová práce na téma eroze zpracování půdy a její dopad na soudobé hospodaření na zemědělské půdě se v první části zabývá teorií ohledně půdy, eroze, strojů a technologií pro zpracování půdy a v závěru první části je podrobněji rozepsán vliv strojů na posun půdních částic v průběhu zpracování. Ve druhé části jsou prezentována a vyhodnocena naměřená data z polního pokusu, kde byl měřen posun půdních částic účinkem dvou pracovních nástrojů, kterými byly radličkový a talířový kypřič. Experimentální data byla změřena na vybraném pozemku ve třech směrech pracovních jízd: ze svahu, do svahu a po vrstevnici. V poslední části jsou shrnuty výsledky a z nich vyvozené závěry.

Klíčová slova: eroze půdy, přemístění částic, zpracování půdy, účinek nástrojů

Tillage erosion and its impact on contemporary cultivation on farmland

Summary: This diploma thesis on the topic of soil erosion and its impact on contemporary cultivation on farmland in the first part deals with the theory of soil, erosion, agricultural machines and technologies for soil cultivation. At the end of the first part there is described the influence of the machines on the soil particles displacement during tillage. The second part presents and evaluates the data measured at the field experiment where the soil particles displacement was measured by the effect of two agriculture tools. These were cultivator and harrow. Experimental data were measured on the selected field in three directions: from the slope, into the slope and in the direction of contour line. The last part summarizes the results and conclusions drawn from them.

Key words: soil erosion, particles displacement, tillage, effect of tools

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Půda a její vlastnosti	3
	3.1 Pedologie	3
	3.2 Vznik půd	4
	3.2.1 Půdotvorné faktory a podmínky	4
	3.2.2 Půdotvorné procesy	4
	3.3 Složení půd	5
	3.3.1 Pevná organická složka půdy.....	5
	3.3.2 Pevná anorganická složka půdy.....	5
	3.3.3 Půdní voda	6
	3.3.4 Půdní vzduch	6
	3.4 Půdní znaky	6
	3.4.1 Barva.....	6
	3.4.2 Struktura	7
	3.4.3 Pórovitost.....	8
	3.4.4 Konzistence.....	8
	3.5 Půdy v České republice	9
4	Eroze (degradace půd).....	10
	4.1 Rozdělení eroze	10
	4.1.1 Vodní eroze.....	11
	4.1.2 Větrná eroze.....	13
	4.1.3 Ledovcová a sněhová eroze	13
	4.1.4 Zemní eroze	14
	4.1.5 Antropogenní eroze	14
	4.2 Protierozní opatření	15
	4.2.1 Rozdělení půd podle erozního ohrožení	15
5	Zpracování půdy	16
	5.1 Rozdělení zpracování půd	16
	5.1.1 Konvenční zpracování	16
	5.1.2 Půdoochranné zpracování	16

5.2	Vybrané stroje pro zpracování půdy.....	18
5.2.1	Stroje pro konvenční zpracování půdy	18
5.2.2	Stroje pro půdoochranné zpracování půdy	20
5.3	Secí stroje.....	22
5.3.1	Rozdělení secích strojů	23
6	Posun půdních částic vlivem zpracování půdy	25
6.1	Metody vyhodnocování posunu půdních částic	27
6.2	Modelování posunu půdních částic	28
6.3	Důsledky eroze půdy	29
7	Metodika práce	30
7.1.1	Použité stroje	30
7.1.2	Metody hodnocení posunu půdních částic.....	32
8	Výsledky měření	34
8.1	Radličkový kypřič	35
8.1.1	Metoda hliníkových značkovacích tělísek.....	35
8.1.2	Metoda značkovacích tělísek drtě bílého vápence.....	37
8.1.3	Shrnutí dat o zpracování půdy radličkovým kypřičem	39
8.2	Talířový kypřič	41
8.2.1	Metoda hliníkových značkovacích tělísek.....	41
8.2.2	Metoda značkovacích tělísek drtě bílého vápence.....	43
8.2.1	Shrnutí dat o zpracování půdy talířovým kypřičem	45
9	Diskuse.....	47
9.1	Metody hodnocení posunu půdních částic	47
9.2	Posun půdních částic způsobený jednotlivými stroji.....	48
10	Závěr.....	50
	Seznam použité literatury	51
	Seznam internetových odkazů	54
	Seznam obrázků	56
	Seznam grafů	57
	Seznam příloh.....	58

1 Úvod

Půda je nezbytnou a nenahraditelnou podmínkou nejen pro zemědělskou produkci, ale pro veškerý život na Zemi, protože tvoří prostředí pro uchycení, vyklíčení a růst rostlin, které dokáže vyživovat a zásobovat vodou. V první kapitole teoretické části je popsána půda jako celek, a také rozdělena do jednotlivých částí. Složena je z organické a anorganické složky, dále pak půdní vody a půdního vzduchu, které vyplňují volné prostory. Pomocí půdních znaků je možné vyhodnotit, o jaký druh půdy se jedná a v jaké je kondici, tedy zda je schopna vyživovat rostliny v dostatečné míře tak, aby následně měly požadované výnosy pro zemědělce.

V současné době ovšem dochází intenzivní zemědělskou činností k degradaci půd a jejich ztrátě z nejrůznějších důvodů. V oblasti České republiky jsou nejvýznamnější ohrožujícími faktory tři druhy eroze, jimiž jsou vodní, větrná a eroze zpracováním půdy. Větrná eroze na našem území způsobuje nejnižší ztráty ze třech výše zmíněných druhů. Na druhé straně jsou vodní eroze a eroze zpracováním půdy, kvůli kterým dochází ke ztrátám řádově v jednotkách až desítkách tun zeminy z každého hektaru každý rok.

Vodní eroze byla již po řadu let předmětem mnoha zkoumání a v současné době se pozornost upírá také na erozi zpracováním půdy, která je zařazena do antropogenní eroze, tedy do eroze vzniklé činností člověka. Proto i tato diplomová práce je zaměřena na erozi zpracováním půdy a transport půdních částic, který vzniká jejím působením. Posun půdních částic hrozí zejména ve svažitém terénu, kdy dojde zpracovávajícími operacemi k posunu částic směrem ze svahu v různé míře podle zvoleného směru zpracování a použitého nářadí. Také dojde k narušení celistvosti půdy, která je poté náchylnější k působení vodní eroze.

2 Cíl práce

Cílem první části diplomové práce je vytvořit literární rešerši z odborné literatury o půdě, jejích vlastnostech, erozi a základním přehledu technologií a strojů na zpracování půdy. Dále také o působení pracovních nástrojů na půdu při jejím zpracování, zejména z pohledu půdní eroze vlivem posunu půdních částic.

Cílem v praktické části bude zpracovat a analyzovat data naměřená při polním pokusu a bude posouzena závislost směru jízdy při zpracování půdy zvoleného pozemku na posunu půdních částic vzniklém zpracováním půdy pomocí různých technologií a intenzity zpracování půdy. K měření bude použita metoda značkovačů.

3 Půda a její vlastnosti

Nejsvrchnější část zemské kůry se nazývá půda. Využívají ji rostliny k uchycení, následné výživě a zásobení vodou. Na půdě a její kvalitě je závislý veškerý život na Zemi, protože faktory kvality určují množství potravin, které je půda schopna vyprodukovat. (Pánek et al., 2002)

Definice půdy podle Bičíka et al. (2009): „Půda je nejsvrchnější částí zemské kůry, tvořená směsí minerálních součástí, odumřelé organické hmoty a živých organismů. Je vertikálně členěná, propojená se svým podložím a vzniká ze zvětralin nebo nezápevných minerálních a organických segmentů.“ Definic popisujících půdu existují desítky a nelze říci, která z nich je zcela správná a úplná, protože pedologie je velmi obsáhlé vědní odvětví.

Jak bylo zmíněno výše, půda je jedním ze základních prvků, které umožňují život na Zemi, a proto si také vysloužila vlastní vědní obor, kterým je pedologie. Půdní prostředí umožňuje zakořeňování rostlin, příjem a zadržování dešťové vody pro sušší období, ale také poskytuje domov mikroorganismům a organismům, které vážou vzdušný dusík, rozkládají a přeměňují rostlinné zbytky a plní mnoho dalších nepostradatelných funkcí. (Kutílek, 2012)

3.1 Pedologie

Slovo pedologie vzniklo spojením řeckých slov *pedon* – země a *logos* – věda. Pedologie je nauka, která se snaží vysvětlit vývoj půd, charakterizovat jejich vlastnosti a procesy odehrávající se v půdě. Dále si také bere za cíl rozřadit půdy podle klasifikačního systému, určit hospodářské využití a řeší mnohé další problematiky spojené s půdou.

Přestože o pedologii jako o vědě začínáme mluvit až někdy z počátku 18. století, zemědělci se o půdu, její kvalitu a úrodnost zajímají už od nepaměti. V prvopočátku zemědělství si farmáři vybírali pozemky blízko vodních toků kvůli jejich úrodnosti, postupem času s přicházejícím vědeckým pokrokem lidé začali provádět experimenty, z nichž vyvozovali důležité závěry. Příkladem může být pětiletý experiment chemika Jana Baptisty von Helmota ze 17. století, který došel k závěru, že přírůstek suché hmoty je způsobován zejména zásobováním vodou, protože půda téměř neztrácela hmotnost. O století

později A. D. Thear ze svého experimentu vyvodil, že úrodnost plně závisí na množství humusu obsaženého v půdě. (Šarapatka, 2014)

3.2 Vznik půd

Půda vzniká pozvolnou a dlouhodobou přeměnou hornin a dalších původních látek. Horniny zvětrávají a rozpadají se na menší sedimenty, které může z místa na místo unášet voda či vítr. K těmto rozpadlým horninám různých velikostí se přidávají organické látky a navzájem spolu reagují, spojují se a znovu se rozpojují. Procesy, které mají za důsledek vznik půdy můžeme rozdělit do několika kategorií, ovšem i tyto kategorie mohou působit na podmět ve stejný okamžik a navzájem se ovlivňovat. Tvorba půdy je tedy velmi složitý proces, který je uskutečňován ve velmi dlouhém časovém intervalu. Proces vzniku půd se řadí mezi otevřené procesy, protože látky do něj mohou, jak vstupovat, tak z něj i vystupovat. (Kutílek et al., 2015)

3.2.1 Půdotvorné faktory a podmínky

Půdotvorným procesům jsou podřazené půdotvorné faktory, které působí přímo při vzniku půd a dále můžeme také uvést půdotvorné podmínky, které působí nepřímo a ovlivňují půdotvorné faktory. Do půdotvorných faktorů můžeme zařadit mateřskou horninu, klimatické podmínky, podzemní vodu a biologický faktor, do kterého může nebo nemusí být zařazen vliv člověka. V dnešní době se vliv člověka bere převážně jako samostatný půdotvorný faktor, čemuž se věnuje tato diplomová práce, která se snaží přiblížit vliv člověka na vzniku eroze, konkrétně dopad lidské činnosti při zpracování půdy na posun půdních částic. Do půdotvorných podmínek patří reliéf terénu a čas. (Šarapatka, 2014)

3.2.2 Půdotvorné procesy

Zvětrávání můžeme rozdělit do dvou kategorií: fyzikální a chemické. Fyzikální zvětrávání je zapříčiněno například teplotou. Po zahřátí horniny od slunečního záření dojde k roztažení minerálů a postupem času při opakování dějů (zahřívání a ochlazování) k narušení celistvosti hornin vlivem vnitřního pnutí. Dále do této kategorie můžeme zařadit působení rostlin, které při růstu vytvářejí svými kořeny, kořínky a vlásečnicemi tlak

uvnitř půdy a tím ji také rozrušují. Působení rostlin ovšem patří jak do fyzikálního zvětrávání, tak i do chemického.

Dalším velmi důležitým procesem je humifikace, při které se z organických zbytků, které se dostanou do půdy stává humus za působení mikrobiálních a chemických procesů. (Kutílek et al., 2015)

3.3 Složení půd

Půda je složená ze tří základních složek, jimiž jsou pevná část, kapalná část a plynná část. Pevnou část můžeme dále rozdělit na organickou a anorganickou.

3.3.1 Pevná organická složka půdy

Organická složka půdy vzniká zejména přeměnou těl rostlin a za působení živé složky půdy, tzv. edafonu, vzniká humus. Humus je organická hmota, v níž dochází k neustálým reakcím rozkladů a syntéz závislých na okolním prostředí. Obsah humusu v půdě má přímý dopad na úrodnost, protože zlepšuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, zejména zvyšuje přístup některých živin, ovlivňuje vodní a vzdušný režim a půdní reakci. Do edafonu patří bakterie, aktinomycety, houby, fytoedafon (bakterie, houby, řasy) a zoedafon, který můžeme dále rozdělit do dvou skupin: mikroformy (např. půdní prvoci, nálevníci, někteří červi atd.) a makroformy (např. členovci, žížaly, drobní savci atd.).

3.3.2 Pevná anorganická složka půdy

Pevná část půdy vzniká procesem zvětrávání hornin v litosféře a tvoří ji úlomky různých rozměrů od kamenů přes štěrkové částice, písek až po jemný prach. Významnou část tvoří křemenná zrna, to je zapříčiněno tím, že křemen (SiO_2) má vysokou odolnost vůči zvětrávání. Rozpadem litosférických desek vznikají primární minerály do nichž patří oxidy, křemičitany, uhličitany, fosforečnany a sírany. Ty se dále přeměňují na sekundární minerály, zejména jílové, které hrají významnou roli ve vázání vody v půdě.

3.3.3 Půdní voda

Do půdní vody se zařazují veškerá skupenství vody, která můžeme v půdě nalézt, tedy vodu ve skupenství kapalném, plynném i pevném. Půdní voda společně s povrchovou vodou ovlivňuje vláhové poměry půd.

3.3.4 Půdní vzduch

Půdní vzduch je součástí půdy a vyplňuje volné prostory, které nevyplňuje voda. Na jeho přítomnosti v půdě jsou závislé kořeny rostlin, které díky němu mohou dýchat. Na rozdíl od atmosféry je v půdním vzduchu vyšší podíl CO_2 a nižší podíl O_2 , podíl N_2 je srovnatelný. (Birkeland, 1999; Tomášek, 2007)

3.4 Půdní znaky

Pomocí půdních znaků můžeme kvalifikovat půdu a předpovědět její vhodnost pro účely zemědělské produkce. Mezi půdní znaky můžeme zařadit barvu, strukturu, vlhkostní poměry, obsah humusu v půdě, prokořenění atd. Tyto znaky jsou dobře klasifikovatelné a zemědělci díky nim mají rychlý a dobrý přehled o své půdě. (Hillel, 2004)

3.4.1 Barva

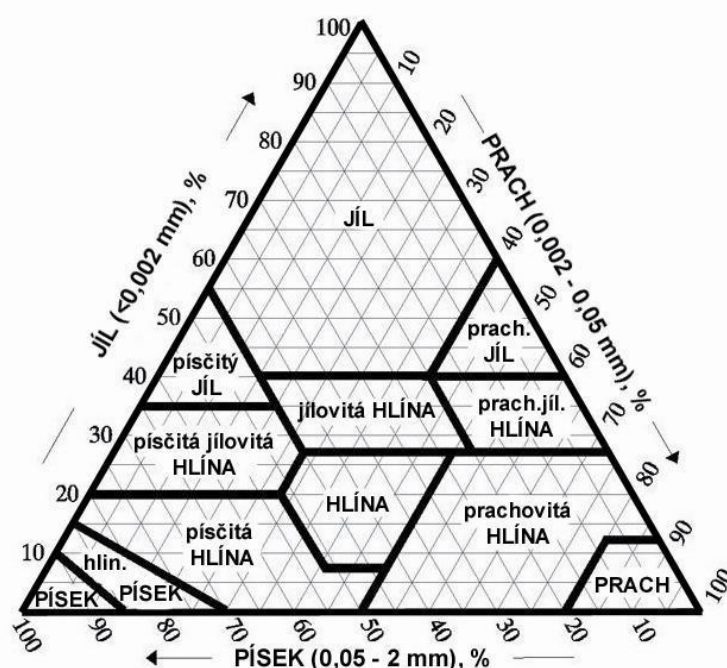
Barva půdy je jedním z nejdůležitějších půdních znaků. Podle intenzity tmavohnědých až černých odstínů můžeme usuzovat například obsah a složení humusu. Pokud se po orbě objeví na povrchové části barvy světlých odstínů, můžeme usoudit, že byl pluh příliš zahluubený a došlo k přiorání spodní části půdy. Vodní erozi můžeme odhalit, pokud dojde k zesvětlení ornice a tmavší barva povrchu nás upozorní na místa s vyšší vlhkostí. Ovšem určit přesnou barvu zeminy může být značně subjektivní, a proto co může první člověk označit za hnědočervenou, druhý může označit za červenohnědou. Z tohoto důvodu se barvy udávají podle tzv. Munsellova atlasu barev. Tento systém označování odstínů barev se skládá ze tří základních parametrů: odstínu (H – hue), světlosti (V – value) a čistoty (C – Chroma), zaznamenáváno v pořadí H V/C. (Tomášek, 2007; Schaeztl et al., 2015)

3.4.2 Struktura

Spojování půdních částic do větších celků určuje strukturu půdy. Půdní částice, které stmelují půdu do strukturních jednotek, tzv. agregátů, jsou jílovité substance, organické látky, sloučeniny železa atd. Struktura je také závislá na vlhkosti a objemu vody obsažené v půdě. V případě lehkých a extrémně lehkých půd se netvoří téměř žádné agregáty a jedná se spíše o směs volných půdních částic. Naopak extrémně těžké půdy tvoří až slitou půdní hmotu.

Zrnitostní složení je dáno zastoupením jednotlivých velikostně rozdílných minerálních částic a je znázorněno na obrázku 1. Na tomto diagramu můžeme vidět, že půda se skládá z kombinací třech základních částic, jimiž jsou jíl, písek a prach, v různém procentuálním složení. Nejmenší částice půdy jsou jílovité, které jsou menší než 0,002 mm a naopak největší jsou pískové částice, které se svou velikostí 0,05 až 2 mm můžeme vidět pouhým okem. Prachové částice mají velikost od 0,002 až 0,05 mm. (Hillel, 2004)

Obrázek 1: Trojúhelníkový diagram zrnitostního složení půd



Zdroj: <https://docplayer.cz/46379149-4-cviceni-metody-stanoveni-zrnitosti.html>

Podle trojúhelníkového diagramu můžeme rozdělit půdy do pěti kategorií od lehkých až po těžké. Do lehkých půd patří písek (P) a hlinitý písek (hP), druhou skupinou jsou středně lehké půdy, kam řadíme písčitou hlínu (pH), do středních půd hlínu (H), prachovitou hlínu (rH) a prach (R), do středně těžkých půd patří písčité jílovité

hlína (pjH), jílovitá hlína (jH) a prachovitá jílová hlína (rjH) a do poslední skupiny, jimiž jsou těžké půdy, řadíme písčité jíly (pJ), jíly (J) a prachovité jíly (rJ). (Schaetzl et al., 2015)

3.4.3 Pórovitost

Pórovitost je dalším důležitým půdním znakem a udává množství prázdného prostoru v objemu zeminy. Jinou pórovitost samozřejmě budou mít zeminy utužené po přejezdech sklízecích strojů a jinou budou mít zeminy po provedené předseťové přípravě. U dobře provzdušněných půd mohou až dvě třetiny objemu tvořit póry, které jsou následně vyplněny vzduchem nebo vodou. S měnící se pórovitostí se zákonitě mění i objemová hmotnost půdy. Objemová hmotnost je ovšem nestálá a mění se v průběhu roku v závislosti na vlhkostních poměrech panujících v půdě, proto se vždy měří půda ve vysušeném stavu. Pokud bychom změřili objemovou hmotnost půdních částic bez pórů, získali bychom hodnotu $2,65 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, což můžeme považovat za horní mez objemové hmotnosti půdy. Na druhé straně jsou některé půdy schopny vznášet se na vodní hladině, jejich objemová hmotnost je tedy nižší než $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Tyto dvě hranice udávají maximální rozmezí objemové hmotnosti půd, to ovšem upřesňuje Manrique et al. (1991), který vyvodil ze svých měření závěry, že hustota většiny minerálních zemín ve vysušeném stavu se pohybuje v rozmezí $1,1 - 1,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. (Schaetzl et al., 2015)

3.4.4 Konzistence

Konzistence je fyzikální stav půdy, který má velký význam nejen při zemědělském zpracování. Konzistence v sobě zahrnuje odpor zeminy proti praskání, vnikání cizích těles, plasticitu a také například houževnatost a přilnavost půdních částic. Stejně jako u pórovitosti, také konzistence je velmi ovlivňovaná vlhkostí. Hodnocení konzistence může být subjektivně ovlivněno a k docílení jednoznačnějšího popisu musí být vždy zaznamenány vlhkostní podmínky, při kterých je půda hodnocena, může to být v mokré, vlhké nebo suché stavu. Například u vlhkého stavu půdy můžeme dále určit vzájemné vztahy mezi částicemi jako: volné, velmi drobné, drobné, pevné, velmi pevné a extrémně pevné. (Schaetzl et al., 2015)

3.5 Půdy v České republice

Česká republika se svou rozlohou 78 867 km² patří k menším zemím v evropském i světovém měřítku. (ČSÚ, 2003) I přes tento fakt se na našem území vyskytuje velké množství půdních typů (26 půdních typů). Ze všech popsaných půdních typů jsou nejzastoupenějšími v České republice tyto čtyři: kambizemě, hnědozemě, černozemě, pseodogleje.

Jak můžeme vidět v příloze č. 1 na obrázku půdních typů České republiky, téměř na 55 % rozlohy našeho území se rozkládají kambizemě (světle hnědá barva na obrázku přílohy č. 1). Tento typ půd můžeme nalézt po celé České republice a jejich původci jsou listnaté a smíšené lesy. Další tři uvedené jsou zastoupeny v rozmezí pět až patnáct procent. Hnědozemě se vyskytují v nížinách a rovinatějších polohách pahorkatin a jsou vhodné pro pěstování obilovin a řepy. Černozemě se řadí mezi nejúrodnější zeminy na našem území, protože obsahují největší podíl humusu. Jsou typické svým tmavým zbarvením a můžeme je nalézt v teplejších oblastech s nižšími ročními srážkami. Zatímco předešlé půdy se používají pro pěstování rostlin, pseodogleje mají největší využití jako trvalé travní porosty, důvodem je i to, že se u nich střídají stavy zamokřování a vysušování. (Kozák, 2010)

4 Eroze (degradace půd)

Původ slova eroze pochází, podobně jako většina pojmů, z latiny. Latinské slovo „erodere“ je možné přeložit jako „rozhlodávání“. Postupem času došlo k rozšiřování významu pojmu a v dnešní době je pod pojmem eroze vnímán komplexní proces, který zahrnuje rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením erozních činitelů, jako jsou např. voda, vítr, led atd. (Janeček, 2008)

Dopad eroze na zemědělskou půdu má mnoho nežádoucích dopadů:

1. smyv ornice, která je neúrodnější částí půdy,
2. zhoršení fyzikálně-chemických vlastností půd,
3. zhoršení mocnosti půdního profilu,
4. zvýšení podílu štěrku v půdním profilu,
5. snížení obsahu živin a humusu v půdě,
6. poškození vzrostlých plodin a kultur,
7. znesnadnění pohybu strojů po pozemcích,
8. ztráty osiv, sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin.

Pokud se zaměříme na půdní částice, které jsou transportovány z důvodu působení eroze, ty poté mají za následek:

1. znečištění vodních zdrojů,
2. zanášení vodních nádrží a snížení jejich objemu,
3. snížení průtočné kapacity vodních toků,
4. zakalení povrchových vod,
5. zhoršení životního prostředí pro vodní organismy,
6. zvýšení nákladů na úpravu vody a těžbu usazenin. (Janeček, 2008)

4.1 Rozdělení eroze

Rozlišujeme několik druhů eroze:

1. vodní eroze,
2. větrná eroze,
3. ledovcová a sněhová eroze,

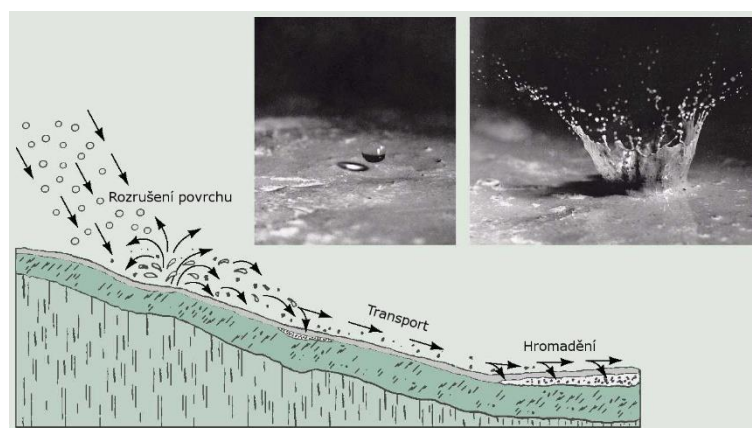
4. zemní eroze,
5. antropogenní eroze. (Holý, 1994)

Tyto uvedené druhy eroze se mohou vyskytovat nezávisle jeden na druhém, nebo může docházet k jejich vzájemné kombinaci a ovlivňování, čímž vzniká různá intenzita erozních procesů. V České republice nejvíce škod působí vodní a větrná eroze. Janeček (2012) uvádí, že na území České republiky je až 50 % orné půdy ohroženo vodní erozí a 10 % větrnou. Se zvyšující se intenzitou zemědělské výroby nejen u nás, ale i v celosvětovém měřítku se do popředí dostává také antropogenní eroze, jak je uvedeno v kapitole 6.

4.1.1 Vodní eroze

Podstatou vodní eroze je vyvolání kinetické energie dopadajícími dešťovými kapkami na povrch půdy a mechanické síly při odtoku vody po povrchu. Princip je zobrazen na obrázku 2: dopadající dešťové kapky rozruší povrch půdy a následně dochází k transportu půdních částic směrem po spádnicí až na místo hromadění těchto smytých částic.

Obrázek 2: Princip vodní eroze



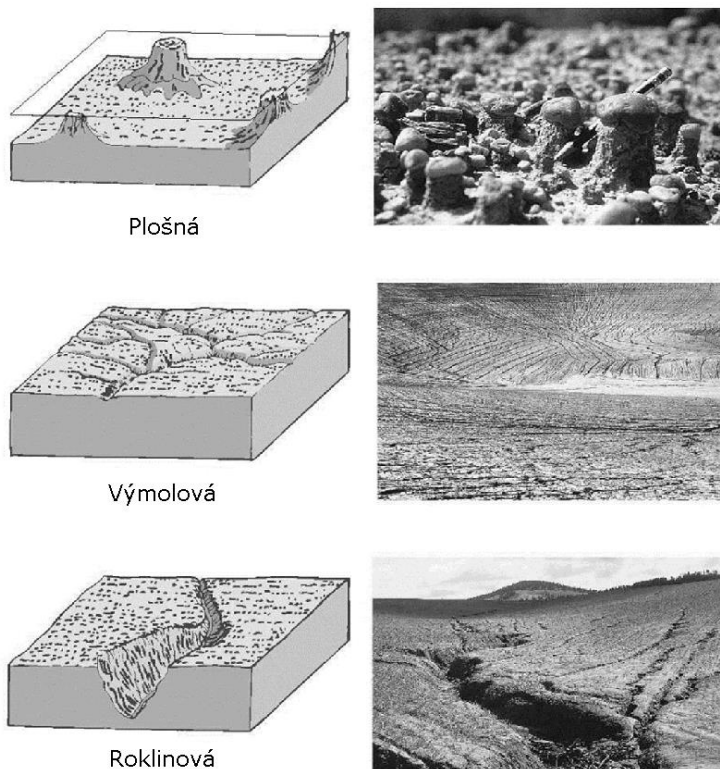
Zdroj: upraveno z <https://www.slideshare.net/jbgruver/soil-erosion-11826291>

Vodní eroze je bezpochyby jednou z nejvýznamnějších a nejvíce ohrožujících erozí zemědělské půdy, a proto je také často předmětem zkoumání. Kovář (2010) se v experimentu provedeném v České republice zabýval závislostí ztráty a velikosti povrchových odtoků na úhrnech a intenzitách srážek. V průběhu let 2000 až 2009 zjistil, že k nejvyšším ztrátám dochází při srážkových úhrnech nad 10 mm a při 15minutové intenzitě deště nad 6 mm. Hranice pro povolený smyv byla stanovena $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a tuto hranici

přesáhlo 22 ze 100 změřených přirozených dešťů. Další zajímavou věcí, která byla zjištěna, je, že rozdíl účinků mezi 15 a 30minutovým deštěm stejné intenzity je zanedbatelný. Tyto výsledky byly zjištěny na experimentálních odtokových parcelách u Třebšína (okr. Benešov).

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) rozdělila vodní erozi do čtyř kategorií, kterými jsou plošná (sheet), výmolová (rill), roklinová (gully) znázorněné na obrázku 3 a tunelová (tunnel). Povrchový typ eroze má nejslabší intenzitu a dochází k nejmenšímu posunu a ztrátám půdy. Dochází ovšem ke ztrátám vody, která nemůže být absorbována do půdy z důvodu, že malé částice půdy zanesou póry, které následně nepropustí povrchovou vodu. Často tento typ není na povrchu pozemku patrný, protože nezanechává žádné viditelné poškození, avšak při periodickém výskytu tohoto děje může docházet k výraznému nebezpečí ztráty úrodné zeminy. Výmolová eroze tvoří na povrchu kanálky, které mohou být do hloubky až 30 cm. Nad 30 cm hloubky se eroze již označuje jako roklinová, u té dochází k velkým ztrátám půdy, jak svrchní části se všemi vyživujícími látkami, tak té spodní podorniční a takto hluboké trhliny se již nedají zpracovat klasickými zemědělskými operacemi. K tunelové erozi může dojít v případě,

Obrázek 3: Kategorie vodní eroze

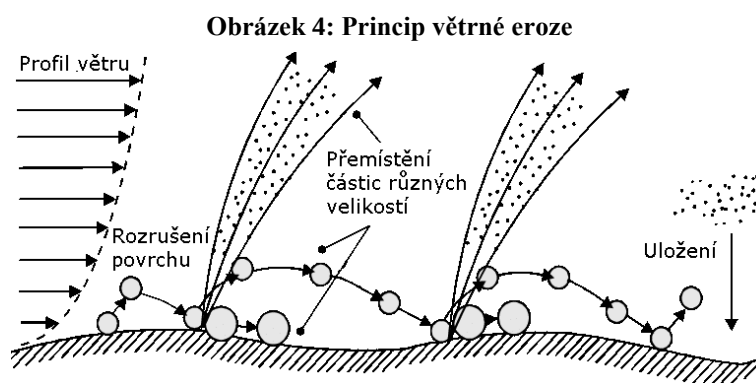


Zdroj: upraveno z https://www.researchgate.net/figure/Types-of-water-erosion-a-Sheet-erosion-b-Rill-erosion-c-gully-erosion-Modified-from_fig3_320729156

pokud je orniční vrstva velice stabilní na rozdíl od spodnější, kterou může podzemní voda vymlít a tím vzniknou podzemní tunely z povrchu neviditelné. K tomuto ději může docházet v oblastech s vyšším výskytem srážek a zamrzlou půdou. (Strohbach, 2000)

4.1.2 Větrná eroze

Obdobně jako u vodní eroze vzniká kinetická energie, v tomto případě ovšem při působení větru. Pokud proud větru vyvine dostatečnou kinetickou energii, dojde k vznosu a přemístění uvolněných částic různých velikostí z původního místa na místo, kde dojde k poklesu energie viz obrázku 4. Tento druh eroze je typický pro sušší oblasti Země, ale vyskytuje se i v České republice, a to zejména v místech rozsáhlých ploch pozemků v otevřené krajině s chybějícími větrolamy. (Holý, 1994)



Zdroj: upraveno z https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-main-phases-involved-in-the-wind-erosion-process_fig1_226336093

4.1.3 Ledovcová a sněhová eroze

Ledovcovou erozi způsobují ledovce při svém pohybu směrem z vyšších nadmořských výšek do údolí. V ledovcích jsou zamrzlé valouny různých velikostí a tvarů, které rýhují povrch půdy, obrušují a vyhlazují skalnaté povrchy nacházející se pod ledovci. Po ledovcové erozi vznikají tzv. morény, což jsou zvětralé horniny ve velkém množství dopravené do nižších poloh působením tíhy a erozí ledovců.

Sněhová eroze je způsobená pomalým nebo rychlým pohybem sněhové vrstvy. Pomalý pohyb vzniká převážně při jarním tání sněhu a není člověku téměř nebezpečný. Rychlý pohyb (označovaný jako lavina) vzniká při posunu velkého množství sněhu, zvýšeném napětí a snížené pevnosti pokrývky, což má za následek rychlý pohyb určité vrstvy sněhu, který je typický velkým tlakem a vysokou rychlostí.

Tyto typy eroze nejsou pro zemědělství natolik důležité, protože vznikají převážně ve vysokých nadmořských výškách a neovlivňují zemědělskou půdu. (Holý, 1994)

4.1.4 Zemní eroze

Pod pojem zemní eroze řadíme působení suťových proudů, které tvoří suťový materiál prosycený vodou. Suťové proudy rozrušují půdu při svém pohybu, který je většinou po příkrých svazích a zanechává za sebou hluboké rýhy. Tento druh eroze se v České republice, podobně jako ledovcová a sněhová eroze, téměř nevyskytuje a není příliš podstatný pro zemědělskou produkci. Jeho nebezpečí spočívá spíše s ohrožení obydlí, komunikací, dalších staveb a lidských životů v blízkosti příkrých svahů. (Holý, 1994)

4.1.5 Antropogenní eroze

Člověk působí na přírodu už od nepaměti, takže i jemu jsou připisovány vlivy na erozi půdy. Ovšem se současným stylem a nastaveným trendem soudobého zemědělství se jeho vlivy a dopady zvyšují. Nepřímo například působí na půdu tím, že mění původní vegetační pokryv a nahrazuje ho vegetací s nízkým půdoochranným účinkem před erozí, dále pak mění fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy, upravuje povrch tak, že dochází k soustředování odtoku povrchové a podpovrchové vody atd. Přímý vliv má na erozi výstavbou staveb pro nejrůznější účely a urbanizací. Mezi nejdůležitější vlivy člověka se řadí intenzifikace zemědělské produkce, výstavba komunikací a urbanizace. (Holý, 1994)

Do této kategorie patří eroze zpracováním půdy, které se věnuje tato diplomová práce. Většina zemědělců si je již v dnešní době vědoma, že přicházejí o půdu špatně zvolenými metodami zpracování. Někteří se tomu dokázali rychle přizpůsobit a vybrali půdopracující metody a mechanizaci šetrnější k jejich obhospodařovaným pozemkům, ovšem někteří se drží svých tradičních postupů a je pro ně nesnadné změnit celkový pohled na zemědělství.

4.2 Protierozní opatření

Základním principem protierozního opatření (může zahrnovat i protipovodňové opatření) je maximální zadržení povrchové vody a její infiltrace do půdy, dále pak zmírnění sklonu pozemků, zmenšení rozloh pozemků, a to zejména u pozemků ve svažitém terénu atd.

V letech 1948 až 1960 v tehdejší Československu probíhala tzv. kolektivizace zemědělství, která měla za následek vyvlastňování zemědělské výroby a sjednocování zemědělských pozemků do velkých plošných celků. Odhaduje se, že tímto způsobem hospodaření, tedy využíváním a obhospodařováním velkoplošných výměr, se erozní procesy zvětšily více než desetkrát. Bohužel v současné době je tento trend stále aktuální a zemědělské podniky stále hospodaří na velkých půdních celcích, a nejen z ekonomických důvodů nerespektují základní principy ochrany půdy. (Janeček, 1999)

4.2.1 Rozdělení půd podle erozního ohrožení

Ministerstvo zemědělství (MZe) rozdělilo ve standardu DZES 5 (dobrý zemědělský a environmentální stav) půdy do třech kategorií dle erozního ohrožení na:

1. neohrožené půdy (NEO),
2. mírně erozně ohrožené půdy (MEO),
3. silně erozně ohrožené půdy (SEO).

Podmínky standardu DZES 5 se vztahují na veškerou zemědělskou půdu a mají za úkol ochránit půdu před vodní erozí a předcházet důsledkům eroze, jako jsou například zaplavení a zanesení komunikací, popřípadě jiných staveb splavenou zemědělskou půdou. Tento standard stanovuje požadavky na způsob pěstování vybraných hlavních plodin, jako jsou kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok na mírně a silně erozně ohrožených půdách, které jsou evidované v systému LPIS (Land Parcel Identification System). (Novotný a kol., 2017)

5 Zpracování půdy

Zpracování půdy je operace, při které dochází k záměrnému promíchávání půdních částic za účelem zlepšení vlastností půdy pro pěstování rostlin. Zpracováním půdy se snažíme docílit vhodného prostředí pro klíčení semen a růstu kořenů vysetých nebo zasázených plodin, dále je cílem potlačení růstu plevelů, vznikající eroze atd. Pro docílení námi požadovaných vlastností půdy je důležité zvolit správný technologický postup. (El Titi, 2003)

5.1 Rozdělení zpracování půd

5.1.1 Konvenční zpracování

Jako konvenční zpracování, které je také nazýváno intenzivním zpracováním, je označováno zpracování půdy, po kterém na povrchu zůstane méně než 15 %, nebo hmotnostně vyjádřeno méně než $1\ 100\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ rostlinných zbytků předcházející plodiny. Nejběžnějším případem patřícím do této skupiny je orba, která je i v současnosti stále velice hojně využívána. Výhody orby spočívají v zaklopení rostlinných zbytků včetně plevelů, díky čemuž dochází k snížení potřeby následného chemického ošetřování porostu, dále zajištění stabilních výnosů, přípravě kvalitního setového lůžka atd. Na druhou stranu používání konvenčních technologií s sebou nese mnoho nevýhod, kterými jsou zhutnění půdy, eroze půdy, zhoršení filtrace vody atd. V neposlední řadě je intenzivní zpracování půdy energeticky a také časově náročné, a i to mělo zapříčinění ve výzkumu a vývoji alternativních cest pro zpracování půd, tak aby se ušetřily finanční prostředky, snížila se časová náročnost a zlepšily se i další faktory, které mluví v neprospěch konvenčního zpracování půd. (Birkas et al., 2014; El Titi, 2003)

5.1.2 Půdoochranné zpracování

Půdoochranné technologie zpracování půdy byly vyvinuty zejména za cílem snížení půdní eroze, dále také za účelem snížení energetické náročnosti a zvýšení plošných výkonností pracovních souprav. Po zpracování půdy zůstává na povrchu minimálně 30 % posklizňových zbytků nebo více než $1\ 100\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ této hmoty v suchém stavu.

a) přímé setí do nezpracované půdy (no-tillage)

Na pozemku se od sklizně až po zasetí neprovádí žádné zpracovávající operace. Při setí se pomocí speciálně upraveného secího stroje seje do nezpracované půdy, kdy otevírací kotouče rozevírají půdu pro uložení osiva a následně se půda opět uzavírá. Celistvost půdy je narušena pouze v úzkých řádcích, kde dochází k ukládání osiva. U této technologie se pro ošetřování před plevely používají výhradně chemické přípravky.

b) hrůbkové zpracování půdy (ridge-tillage)

Podobně jako u přímého setí do nezpracované půdy zůstává pozemek po sklizni nezpracován a následuje setí nové plodiny. Na rozdíl od přímého setí vytváří v tomto případě secí stroj pomocí svých nástrojů tzv. hrůbky. Zasetá plodina se nachází na vrcholu každého hrůbku a nezpracovaná půda s posklizňovými zbytky, která brání erozi se nachází v mezihrůbkovém prostoru. Tento způsob se využívá u širokořádkových plodin, jako je například kukuřice. K ošetřování před plevely se používají chemické prostředky nebo kultivační nářadí.

c) minimalizační zpracování půdy (mulch-tillage)

Při použití této technologie dochází ke zpracování celého povrchu pozemku, půda se ovšem promíchá s rostlinnými zbytky pouze v nízkých hloubkách s cílem, aby zůstalo na povrchu po zpracování a následném zasetí minimálně 30 % rostlinných zbytků. K ošetřování před plevely se používají chemické prostředky nebo kultivační nářadí.

d) pásové zpracování půdy (strip-tillage)

Pásové zpracování půdy je obdobou a kombinací přímého setí do nezpracované půdy a minimalizačního zpracování půdy, protože dochází ke zpracování úzkých pruhů půdy, do kterých je v následující operaci zaseto osivo, u této technologie ovšem neprobíhá vše v jednom kroku. K ošetřování před plevely se používají chemické prostředky nebo kultivační nářadí. (Vladut et al., 2015; El Titi, 2003)

V této kapitole je uvedeno rozdělení zpracování půd, jak ho ve své knize popsal El Titi (2003). Toto rozdělení se ovšem může u různých autorů terminologicky lišit. Například autoři Hůla et al. (2008) ve své knize rozdělují zpracování do dvou kategorií,

kterými jsou technologie s orbou neboli konvenční a technologie bez orby neboli minimalizační. Podstatou ovšem vždy je, že při konvenčním zpracování dochází k plošnému zpracování půdy, po kterém na povrchu nezůstávají téměř žádné rostlinné zbytky na rozdíl od půdoochranného (minimalizačního) zpracování, u kterého je cílem zanechat, popřípadě rovnoměrně po povrchu rozprostřít, rostlinné zbytky tak, aby chránily půdu před erozí.

5.2 Vybrané stroje pro zpracování půdy

Stroje používané pro zpracování půdy jsou většinou soupravy, které se skládají z tažného prostředku – nejčastěji traktoru a připojeného zařízení, které může být buď nesené na tříbodovém závěsu traktoru nebo mohou být tažené. Nesené stroje se vyznačují nižší hmotností, menším záběrem a rozměry, zatímco tažené stroje jsou připojeny pomocí dvou bodů do spodních ramen a mají vlastní pojezdová kola.

Při vytváření souprav je třeba dbát na to, aby byl vhodně zvolen tažný prostředek pro stroj zpracovávající půdu, tedy aby měl vhodné výkonnostní parametry a mohl tak pracovat hospodárně, tak aby byl současně využit jeho potenciál. Při zvolení vhodného traktoru je možné dosáhnout ideálního využití stroje a docílit požadovaných plošných výkonností, a to vše při optimální spotřebě paliva. (Hůla et al, 2008)

5.2.1 Stroje pro konvenční zpracování půdy

a) pluhy

Vynález pluhu byl jedním z největších převratů v celé historii zemědělství. Jako první byly zmínky o jeho používání zaznamenány v Egyptě, kdy místo ručních nástrojů a namáhavé práce byl využit předchůdce dnešních pluhů tažený zvířecí silou, což výrazně zvýšilo výkonnost a snížilo pracnost. Princip práce pluhu je ovšem stále totožný. Při zpracování půdy pluhem dojde k odříznutí, nadzvednutí a překlopení skývy každým orebním tělesem. Přestože je tento způsob zpracování půdy omezován, a to do značné míry i Ministerstvem zemědělství a Ministerstvem životního prostředí, je stále hojně využíván. Z výrobních portfolií některých firem pluhy ubývají, ale u mnohých výrobců je stále můžeme nalézt a také dochází k jejich neustálému vývoji. (Barratt, 2017)

V soudobém zemědělství se nejčastěji využívají tzv. oboustranné vario pluhy. Oboustranné pluhy mají vyšší nároky na konstrukci a mají vyšší hmotnost, ale nedochází k rozoru a skladu a může tak být použit člunkový způsob pro práci na pozemku. Vario pluhy mají nespornou výhodu v tom, že může obsluha z pohodlí kabiny pomocí hydraulického systému traktoru měnit plynule záběr orebních těles pod zatížením, díky čemuž je tyto stroje možné využít pro mělkou, střední i hlubokou orbu. Dále díky správnému využití tohoto systému může dojít k ulehčení práce při orbě pozemků nepravidelných tvarů a vyhýbání překážek, jako jsou sloupy elektrického vedení atd. Obsluha stroje musí však mít stále na paměti, aby byl dodržen orební poměr k , který udává poměr mezi šířkou (b) a výškou (a) odříznuté skývy každým orebním tělesem a docházelo tak ke správnému překlápění skýv:

$$k = \frac{b}{a} \geq 1,27$$

- k ...orební poměr,
- b ...šířka skývy,
- a ...výška skývy. (Kumhála et al., 2007)

Pokud jsou orební tělesa pluhu vybavena předradličkou, strana a se zkrátí a může tedy dojít ke snadnějšímu překlápění skývy. Pro urovnání povrchu po orbě může být k pluhu připojen tzv. půdní pěch, který nejen urovnává povrch, ale také drobí převrácenou skývu a hroudy. Připojením těchto pěchů docílíme úspory energie na další přejezd techniky a také úspory času, což je vhodné zejména mezi podzimní orbou a zakládáním ozimých porostů. (Hůla, 2001)

b) stroje s poháněnými rotačními pracovními nástroji

Tyto stroje se mohou používat pro orbu, přípravu půdy, meziřádkovou kultivaci, ale jsou také často integrovány do secích strojů, kdy první sekce s aktivním kypřičem připraví set'ové lůžko a v další sekci stroje může docházet k zasetí plodiny. Nevýhodou ovšem je, že tyto stroje mívají malý záběr, nižší pojezdovou rychlost a z toho vyplývající nižší plošnou výkonnost oproti nepoháněným strojům. V této práci jsou aktivní kypřiče zařazeny do kategorie strojů pro konvenční zpracování půdy, protože dochází ke zpracování celého povrchu pozemku a na povrchu zůstává malé množství rostlinných zbytků, ovšem v některé literatuře mohou být zařazeny do jiné kategorie.

Rotační a vířivé kypřiče jsou nástroje, které jsou aktivně poháněny vývodovou hřídelí traktoru s podmínkou, že obvodová rychlost pracovních nástrojů musí být vyšší než pojezdová rychlost pracovní soupravy. Matematicky můžeme vyjádřit kinematický režim λ (λ), který musí být větší než 1, aby stroj pracoval správně. Tento kinematický režim lze vyjádřit jako poměr obvodové rychlosti pracovní části stroje (v_0) a pojezdové rychlosti soupravy (v_p):

$$\lambda = \frac{v_0}{v_p} > 1$$

- λ ...kinematický režim,
- v_0 ...obvodový rychlost pracovní části stroje,
- v_p ...pojezdová rychlost pracovní soupravy.

V České republice se využívají dva typy strojů s aktivním pohonem, a to stroje s horizontální osou rotace kolmo na směr jízdy a stroje s vertikální osou rotace. Stroje s horizontální osou rotace kolmo na směr jízdy jsou konstruovány z dlouhé průběžné hřídele, na kterou jsou upevněny pracovní nástroje tvaru písmena L, případně šípových radliček, motyček, klínových hřebů, úzkých dlát atd. Otočná hřídel je opatřena krytem, protože v pracovním prostoru stroje dochází k aktivnímu mísení zeminy s rostlinnými zbytky a následně bývá na stroji pomocná urovnávací lišta nebo válec, který finálně upravuje povrch pozemku.

Stroje s vertikální osou rotace pracují na podobném principu, ovšem pracovní části stroje jsou pootočené o 90°. Zejména u menších zemědělských podniků je velmi oblíbená kombinace vířivého kypřiče se secím stojem, díky čemuž stačí pouze jeden přejezd na předseťovou přípravu půdy a současné založení nového porostu. (Kumhála et al., 2007)

5.2.2 Stroje pro půdoochranné zpracování půdy

V současnosti se stroje, které podporují půdoochranné technologie, těší stále větší oblibě u zemědělských podniků všech velikostí, a to nejen z důvodu tlaku na ochranu životního prostředí, protierozní opatření atd., ale také proto, že strojní soupravy jsou schopny zpracovat větší plošné výměry za kratší časový interval a s nižší spotřebou pohonných hmot. (Birkas et al., 2014; Hůla et al., 2008)

a) kypřiče pro mělké a střední zpracování půdy

Kypřiče mohou být použity jak při konvenčním, tak i půdoochranném zpracování půdy. Na trhu řada výrobců prezentuje své kypřiče různých konstrukcí. Důraz je kladen zejména na vysokou plošnou výkonnost soupravy a včasné dokončení předseťové přípravy, aby mohlo dojít k založení nového porostu ve stanovených agrotechnických lhůtách. U kypřičů pro pasivní zpracování půdy mají největší zastoupení talířová a radličková konstrukční řešení.

i. radličkové kypřiče

U těchto kypřičů je možné vybrat a měnit pracovní nástroje, jako jsou různé typy dlát nebo šípových radliček, které jsou vhodné pro mělkou podmítku a kvalitní podřezávání půdy. Dláta či radličky jsou upevněny na tuhém rámu v několika řadách a jsou opatřeny pojistnými spojkami proti přetížení, v případě, že dojde k nárazu na pevný předmět. Výměnou pracovních nástrojů a nastavením pracovní hloubky a rychlosti stroje můžeme regulovat intenzitu kypření, promísení zeminy s rostlinnými zbytky a rozprostření rostlinných zbytků po povrchu pozemku. Za sekci radliček se obvykle u strojů přidává další sekce, jako například prutové a utužovací válce, které mají za úkol rozdrobit hroudy, urovnat a v požadované míře utužit povrch pozemku.

ii. talířové kypřiče

Talířové kypřiče mohou být dvou základních konstrukcí, první možností je, že je několik talířů uloženo na jedné společné hřídeli do sekcí a ty jsou odkloněny pod určitým úhlem od směru jízdy tak, aby docházelo k požadovanému zpracování půdy. Tyto sekce je také možné přenastavovat a měnit úhel odklonění. Nevýhodou tohoto konceptu pro půdoochranné zpracování je, že dochází k zapravení rostlinných zbytků ve větší míře, než je žádoucí. Ve druhé variantě je každý talíř uložen na samostatné slupici. Na strojích se sekce s talíři nacházejí v sudých násobcích, a to z důvodu, že jsou talíře vždy odkloněny o stejný úhel na obě strany od směru jízdy a tím tedy nedochází k žádným bočním silám působícím na tažný prostředek. Dále jsou stroje také vhodně doplňovány o přídatná zařízení, jako jsou drobicí válce apod.

iii. kombinátory

Jak již vyplývá z názvu, tyto stroje pro zpracování půdy kombinují v různých sekcích několik strojů a využívají jejich výhody v jednom přejezdu, kdy dojde k prokypření do zvolené hloubky, utužení seťového lůžka, rozdrobení hrud a urovnání povrchu. Kombinátory se mohou skládat z radličkových, talířových sekcí, dále pak z válců různých druhů, smykových lišt a dalších pracovních nástrojů, které se liší podle jednotlivých výrobců. (Kumhála et al., 2007; Birkas et al., 2014; Hůla et al., 2008)

b) kypřiče pro hluboké zpracování půdy

Tyto stroje se nepoužívají při každoročním zpracování půdy, ale jsou spíše použity na rozrušení utuženého dna po určitém časovém intervalu, a to nejen z důvodu vysokých nároků na tahovou sílu, ale i vysoké spotřeby a malé plošné výkonnosti. Pokud zpracování půdy probíhá v podniku pouze minimalizačními technologiemi a použité stroje zpracovávají půdu každý rok do hloubky maximálně 20 cm, může dojít po určitém čase k nežádoucímu utužení orničního dna. Poté je vhodné použít hloubkový kyprič, který naruší toto utužené dno a zároveň nedochází k velkému promísení rostlinných zbytků se zeminou v povrchové části pozemku. (Hůla et al., 2008)

5.3 Secí stoje

Secí stroje nepatří přímo do kategorie strojů pro zpracování půdy. Ovšem v dnešní době při snaze snížit počet přejezdů po pozemku a tím zmírnit utužování půdy, stihnout krátké se agrotechnické lhůty atd. mnoho secích strojů obsahuje některé sekce, které slouží ke zpracování půdy a přípravě seťového lůžka. Jak již bylo zmíněno, menší zemědělci mají v oblibě secí stroje kombinující aktivní zpracování půdy pro připravení seťového lůžka s následným zasetím plodiny. U zemědělských podniků s větší výměrou jsou spíše používány pasivní stroje pro zpracování půdy v několika sekcích. Mohou kombinovat například sekce s talíři, smykové sekce, pneumatické válce apod. s výsevním ústrojím.

Úkolem secích strojů je uložení osiva do půdy a jeho následné zapravení tak, aby pro něj byly připraveny co nejkvalitnější podmínky pro jeho správné klíčení a růst. Exis-

tuje mnoho různých konstrukčních řešení secích strojů a jejich využití se liší podle podmínek zakládání porostů, zda jde o setí do konvenčně připravené půdy nebo naopak například půdoochranné setí do nezpracované půdy.

Hůla et al. (2008) uvádí, že problém při vybírání vhodného secího stroje může být zejména u půdoochranných technologií. U těchto technologií zůstávají na povrchu pozemku rostlinné zbytky v různém množství a důležité je, aby byly tyto zbytky rovnoměrně rozprostřeny, a aby se při následném zakládání porostu nedostaly do blízkosti nebo přímého kontaktu s osivem. To by mohlo mít za následek zpomalení růstu rostlin a mohly by tak tedy vzniknout nepravidelné porosty s nižšími výnosy.

Secí stroje do nezpracované, případně do půdoochranně zpracované půdy využívají nejčastěji kotoučové secí botky, které mohou být buď jednokotoučové nebo dvoukotoučové. Jejich výhodou je, že nekypří půdu tolik jako například radličkové či dlátové botky, ovšem může se stát, že prořezávací kotouč, který bývá představen, nemusí správně rozříznout či vyčistit povrch řádku před botkou a může poté dojít k zatlačení rostlinného zbytku do půdy a uložení osiva na něj, čímž se zhorší jeho růst. Radličkové či dlátové secí botky mají výhodu snadnějšího vnikání do půdy a používají se proto pro setí do nezpracované půdy, ovšem na povrchu dochází k většímu mísení rostlinných zbytků se zemí a snižuje se tak protierozní ochrana.

5.3.1 Rozdělení secích strojů

Secí stroje se dělí do dvou základních kategorií, kterými jsou stroje s plynulým výsevem, které se používají při zakládání porostů obilovin, řepky olejné, či máku. Druhou kategorií jsou stroje s přesným výsevem, kterými se zakládají tzv. širokořádkové plodiny, jako jsou u nás hodně pěstovaná kukuřice, ale také slunečnice nebo řepa.

a) secí stroje s plynulým výsevem

Secí stroje pro plynulý výsev se používají pro setí plodin, u kterých není požadavek na přesný výsev, jako jsou obilniny, luskoviny, některé olejniny a další plodiny a požadovaný výsevek se tedy udává v $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. U těchto strojů kladou v dnešní době zákazníci požadavky na vysokou plošnou výkonnost, které se docílí vysokou pojezdovou rychlostí přesahující $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a velkou šířkou záběru.

V dnešní době jsou secí stroje ve většině případů konstruovány s centrálním zásobníkem osiva, který má mnoho výhod, jako jsou snadnější plnění i případného vyprazdňování a jednodušší kontrola měrného výsevu. Centrální zásobník také může být dělen do několika sekcí a secí stroj může v jednom přejezdu ukládat do země hlavní plodinu a zároveň k ní cíleně ukládat hnojivo, případně může být k hlavní plodině vyseta vedlejší plodina.

b) secí stroje pro přesný výsev

U secích strojů pro přesný výsev je žádoucí, aby se osivo ukládalo v řádcích o určité rozteči (například 75 cm pro kukuřici a slunečnici, 45 cm pro řepu, rozteče se ovšem mohou lišit podle použité technologie), a také do požadovaných vzdáleností od sebe a do požadované hloubky. Na rozdíl od strojů s plynulým výsevem se výsek u strojů pro přesný výsev udává v počtu vysetých jedinců na hektar. (Kumhála et al., 2007)

6 Posun půdních částic vlivem zpracování půdy

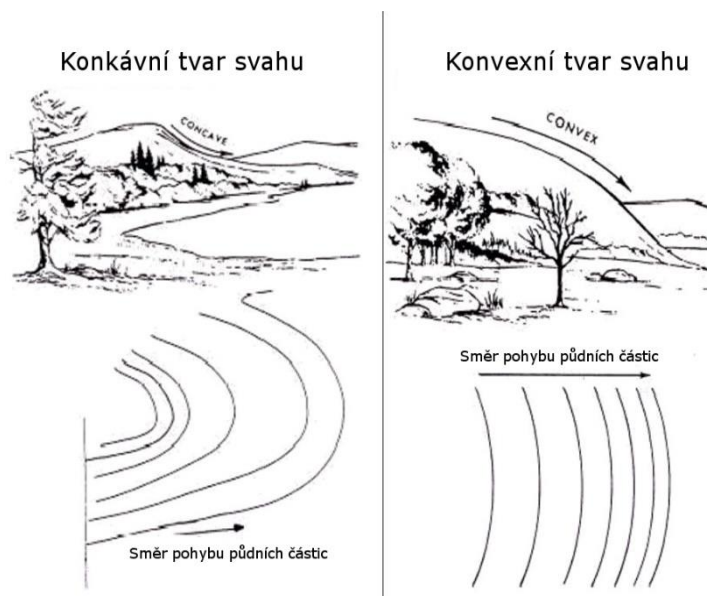
Eroze, její druhy, příčiny vzniku a další faktory působící a degradující půdu byly popsány již v kapitole 4, ale tato práce je zaměřena na erozi zpracováním půdy a posun půdních částic, a proto jí zde bude vyčleněna samostatná kapitola, ve které bude podrobněji rozebrána a vysvětlena.

Eroze zpracováním půdy neboli v anglickém originále „tillage erosion“, nemá příliš dlouhou historii a její podrobnější výzkum začíná až někdy na přelomu druhého tisíciletí. Blanco et al. (2008), kteří prováděli výzkum na území západní Evropy, uvádí, že ztráta půdy vlivem špatného zpracování se může pohybovat mezi 15 až 60 t·ha⁻¹·rok⁻¹. Pokud tuto hodnotu porovnáme s povolenou hranicí ztráty půdy při vodní erozi, která je uvedena v kapitole 4.1.1., zjistíme, že ztráta zeminy vlivem zpracování půdy je mnohonásobně vyšší a měla by se jí tedy věnovat patřičná pozornost.

Posun půdních částic vlivem zpracování půdy nezanechává znatelnou stopu po svém účinku jako například vodní eroze, po které zůstává rozrušená povrchová vrstva půdy, a proto nemusí být snadné jí odhalit. Blanco et al. (2008) dále uvádí, že eroze zpracováním půdy má specifika zejména v tom, že má pomalý proces, kdy se uvolněné částice vlivem zpracování posouvají gravitační silou směrem ze svahu, ovšem pouze na malé vzdálenosti a nepřesouvají se mimo pozemek. Shodné znaky s vodní erozí mají v tom, že jsou značně závislé na sklonu pozemku.

Ke ztrátě půdy dochází ve většině případů ve svažitých terénech (s výjimkou větrné eroze), kdy se půda postupně pohybuje z horní části svahu do níže položeného místa, kde dochází ke hromadění. Dále také záleží na tvaru svahu v řezu, jak uvádí ve své práci Govers a kol. (1999). Pokud je tvar svahu konvexní, poté posouvající se půda tvoří stále strmější svah a tím zrychluje posun půdních částic směrem dolů. Naopak je tomu, pokud má svah tvar konkávní, v tomto případě se půda zachytává a nedochází k velkému posunu směrem ze svahu. Tvar konkávního a konvexního svahu je zobrazen na obrázku 5 společně s tvarem pohybu půdních částic pro oba případy.

Obrázek 5: Konkávní a konvexní tvar svahu



Zdroj: upraveno z <http://slideplayer.com/slide/6229022/20/images/65/Concave%20Slope%20Convex%20Slope.jpg>

Lobb et al. (1999) popsal proces eroze půdy jako funkci danou zpracovávající operací (T_e – erosivity of a given tillage operation) a erozivitou zpracovávané půdy (L_e – erodibility of the cultivated landscape):

$$E_t \approx f(T_e, L_e),$$

kde E_t je míra eroze zpracování půdy. Zpracovávající operace (T_e) je závislá na několika faktorech, které se dají rozdělit do třech skupin: parametry nástroje (do této skupiny můžeme zařadit například tvar zpracovávajícího nástroje, šířku a délku), pracovní parametry (hloubku zpracování půdy, pojezdovou rychlost a směr zpracování půdy na pozemku) a třetí skupinou je práce obsluhy stroje (ta udává, zda obsluha reaguje na změnu kvality a stavu půdy a mění nastavení parametrů stroje, jako jsou pojezdová rychlost, hloubka zpracování atd.). Podobně tak i erozivita zpracovávané půdy (L_e) je závislá na několika faktorech. Těmi faktory jsou topografické parametry (např. sklon svahu, zakřivení pozemku), parametry pozemku (plošná výměra pozemku a tvar) a fyzikální vlastnosti půdy (struktura, vlhkost půdy, odpor proti zpracování atd.).

Je zřejmé, že mnoho těchto parametrů spolu souvisí a navzájem se také ovlivňují. Nejen z tohoto důvodu má každý stroj doporučenou pracovní hloubku a s ní i pojezdovou rychlost tak, aby docházelo ke správnému zpracování půdy. Pokud tyto parametry nejsou

dodrženy, nejen že stroj nepracuje správně, ale také se zvyšuje pravděpodobnost nežádoucího posunu půdních částic na svažitých pozemcích.

6.1 Metody vyhodnocování posunu půdních částic

V současnosti je možné si vybrat z mnoha možností, jak zkoumat a hodnotit posun půdních částic. Metody můžeme rozdělit do dvou kategorií. První z nich je metoda použití tzv. značkovačů, které bylo využito i v této diplomové práci. Druhou metodou je pak použití chemických látek.

Značkovacích tělísek je možné použít hned několik druhů, při polním měření této diplomové práce byla použita drť bílého vápence a hliníkové krychličky o straně délky 10 mm. Obdobnou metodu použili Barneveld a kol. (2009) v severovýchodní Sýrii, kteří použili také krychličky vyrobené z hliníku, ovšem se stranou o délce 15 mm.

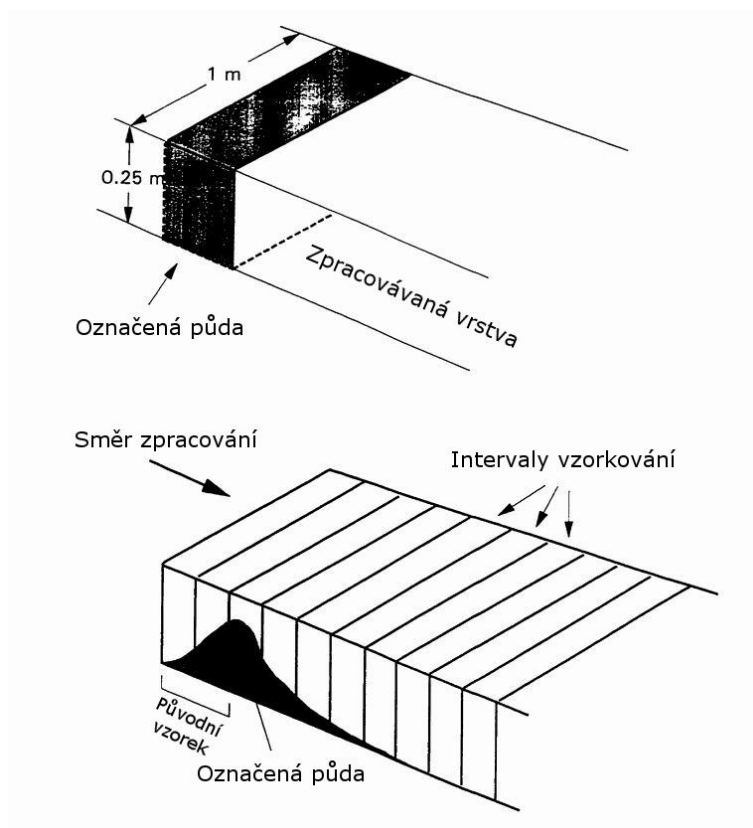
Vyhledávání hliníkových značkovacích tělísek v půdě probíhalo pomocí detektoru kovu stejně jako v našem případě. Při jejich polním měření na olivové plantáži probíhalo porovnání metod hliníkových značkovačů (lépe simulují pohyb hrubé frakce zeminy) a použití chemické látky chloridu sodného (lépe simuluje pohyb jemné frakce zeminy). Bylo zjištěno, že tyto dvě metody nevykazují žádné výrazné vzájemné odchylky v posunu půdních částic.

Mnoho další autorů provádí zkoumání posunu půdních částic s různými druhy značkovačů, jako jsou kamínky vápence, břidlice nebo křemene (Logsdon, 2013; Poesen a kol., 1997), dále to mohou být například korálky vyrobené z keramických nebo plastových materiálů (Spokas a kol., 2007) atd. Základním požadavkem na značkovače je, že jejich hustota musí být co možná nejbližší objemové hmotnosti půdy, jak bylo již zmíněno v kapitole 2.1.2. Spokas a kol. (2007) dále uvádí, že při porovnání různých typů značkovačů nebyly prokázány žádné výraznější rozdíly.

Použití chemických látek pro zkoumání posunu půdy není tak obvyklé, jako je tomu při použití značkovačů, ovšem také je možné jej využít. Barneveld a kol. (2009) použili chlorid sodný, který nalili na vyznačený obdélník povrchové části půdy, poté došlo k vsáknutí do půdy a zpracovávající operaci. Po zpracování půdy došlo k odebrání

vzorků půdy a v laboratorních prostorách k vysušení vzorků a zjištění elektrické vodivosti. Je možné použít i další chemické látky, například chlorid draselný, který využil Lobb (1998). Postup měření je částečně obdobný, ovšem v tomto případě dojde k vyjmutí určitého objemu půdy, promíchání půdy s chemickou látkou a zpětnému vložení a utužení na počáteční stav, jak je možné vidět v horní části obrázku 6. Po zpracování půdy jsou z jednotlivých intervalů opět odebrány vzorky, které se vyhodnotí na obsah chloru (spodní část obrázku 6).

Obrázek 6: Použití chloridu draselného pro zjištění posunu půdních částic



Zdroj: upraveno z <http://www.collection-scanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk2/ftp02/NQ31887.pdf>

6.2 Modelování posunu půdních částic

S vývojem výpočetní techniky je možné dnes využít počítače a speciální programy k simulování eroze zpracováním půdy. Toto odvětví ovšem nemá dlouhou historii, protože tyto počítačové programy mají značný nárok na výkon výpočetní techniky. Již v roce 1990 uvedli Lindstrom et. al. jeden z prvních modelů, který popisoval vztah mezi pohybem půdních částic a sklonem pozemku.

Govers et. al. (1994) publikovali průlomovou práci s matematickým předpisem simulujícím erozi zpracováním půdy, podle kterého se stále řídí mnoho současných erozních modelů. I přes rychlý vývoj moderní výpočetní techniky je stále velmi hardwarově i časově náročné nasimulovat posun půdních částic, a proto dochází k zjednodušování simulací tím, že jsou například místo částic o velikosti 1 mm použity částice násobně větší.

6.3 Důsledky eroze půdy

Pokud půda podléhá erozním procesům ve svažitém terénu, má to za následek, že dochází ke ztrátě organické hmoty, ale i ztrátě orniční vrstvy, která se posouvá níže po svahu a pěstované plodiny mají pomalejší vývoj a nižší výnosy. Lobb et al. (1995) uvádějí, že minimálně 70% podíl na celkové ztrátě zeminy z horních částí svahů má eroze zpracováním půdy. Tato eroze naruší povrch půdy a ta je následně také náchylnější k dalším druhům eroze, jako jsou například vodní nebo větrná.

Balasubramanian (2017) ve své práci uvádí čtyři hlavní faktory působící erozi zpracováním půdy, a to jsou směr zpracování půdy, rychlost a hloubku, které jsou již zmíněny výše, ale také dodává, že důležitým faktorem je počet zpracovávajících operací v osevním postupu. Je zřejmé, že snížením počtu zpracovávajících operací dojde ke snížení posunu půdních částic, ale také zanechání více rostlinných zbytků na povrchu pozemku při použití půdoochranné technologie a tím zvýší odolnost půdy vůči vodní a větrné erozi.

7 Metodika práce

Polní měření bylo prováděno dne 13. 9. 2018 radličkovým kypřičem a dne 20. 9. 2018 talířovým kypřičem. Pokusný pozemek se nacházel v blízkosti obce Nesperská Lhota u Vlašimi (okr. Benešov). Střední nadmořská výška pozemku je 420 m. n. m. a půdní typ je písčitohlinitá kambizem.

Měření bylo prováděno jako předseťová příprava do hloubky 0,10 m, tři až čtyři týdny po provedené orbě pozemku. Přejezdy byly na pozemku prováděny ve třech směrech: proti svahu, ze svahu a po vrstevnici. Měření předcházelo zvolení vhodného místa na pozemku. Následně byl sklon pozemku v místech přejezdů vždy pětkrát změřen a byla stanovena průměrná hodnota svažitosti pro jednotlivé přejezdy. Naměřené hodnoty svažitosti a výsledný průměr těchto měření jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: sklon pozemku

Směr zpracování	do svahu	ze svahu	po vrstevnici
Naměřená svažitost [°]	9,7	7,5	2,1
	9,6	9,8	1,7
	10,7	10,2	2,2
	7,9	9,6	0,5
	9,8	9,5	0,9
Průměrná svažitost [°]	9,54	9,32	1,48

7.1.1 Použité stroje

Jako tažný prostředek byl použit traktor Zetor Forterra 130 HSX se čtyřválcovým motorem o zdvihovém objemu 4 156 cm³ a jmenovitým výkonem 93,2 kW. Obrázek 7 ukazuje traktor použitý při polním měření.

Obrázek 7: Zetor Forterra 130 HSX



Zdroj: vlastní fotografie

Nesený radličkový kypřič Kromexim se záběrem 3 m byl připojen k traktoru pomocí tříbodového závěsu. Rovnoměrná hloubka zpracování v přední a zadní části stroje byla nastavena seřízením délky třetího bodu. Námi zvolená hloubka zpracování půdy pro předseťovou přípravu byla u obou strojů nastavena na 0,1 m. Na obrázku 8 je zobrazen radličkový podmítač při práci, v jeho zadní části je přidána sekce s prutovým válcem pro drcení hrud.

Obrázek 8: Radličkový podmítač Kromexim



Zdroj: fotografie z polního měření 13.9.2018

Nesený talířový kypřič Akpil V4 se záběrem 3 m byl také připojen pomocí tříbodového závěsu traktoru. Použitý talířový kypřič je zobrazen na obrázku 9. Stroj má čtyři sekce talířů uložených na společných hřídelích a u jednotlivých sekcí je možné měnit úhel odklonění od směru jízdy a upravovat tak intenzitu mísení a promíchávání zeminy.

Obrázek 9: Talířový kypřič Akpil V4



Zdroj: 1: vlastní fotografie

Pracovní soupravy traktoru s radličkovým kypřičem a talířovým kypřičem při práci jsou zobrazeny na obrázcích v příloze 2 a 3.

7.1.2 Metody hodnocení posunu půdních částic

Nejčastějším a zřejmě i nejjednodušším způsobem, jak zkoumat posun půdních částic, je umístit do půdy tzv. stopovače (v anglickém originále „tracers“) a po přejezdu stroje, kdy dojde při zpracovávající operaci k promíchání a posunu půdy, zjistit rozptýlení těchto značkovacích tělísek. Při měření dat pro tuto diplomovou práci byly použity dva druhy stopovačů: krychličky s hranou délky 10 mm vyrobené z hliníku a drť bílého vápence.

a) hliníková značkovací tělíska s hranou délky 10 mm

Při použití této metody jsou do půdy vloženy stopovače, které mají funkci napodobovat velikost a chování půdních částic, u kterých dojde při zpracování půdy k podélnému a popřípadě i příčnému posunu.

Při tomto polním měření byly použity krychličky o straně délky 10 mm vyrobené z hliníku, a to z důvodu, že hustota hliníku ($2\,700\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) se blíží objemové hmotnosti minerálních půd ($2\,600\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

20 značkovacích tělísek bylo při pokusu rozprostřeno kolmo k záběru stroje se vzájemnou vzdáleností 5 cm, jak je možné vidět na obrázku 10. Obdobně jako v předchozím případě bylo třeba zaznamenat vzdálenost značkovačů po projetí pracovní soupravy od výchozí linie, ovšem v této metodě zkoumání byl pro identifikování konečného místa posunu použit detektor kovu, což značně zrychlilo hledání

Obrázek 10: Rozmístění hliníkových značkovacích tělísek



Zdroj: vlastní fotografie

b) drť bílého vápence

Při této metodě se do půdy umístily tři skupiny vzorků, které měly rozměry 0,33 m (D) (délka kolmá na směr jízdy), 0,20 m šířka ($\check{S}$) a 0,10 m hloubka (H), jak můžeme vidět na obrázku 11. Vzorky byly vyplněny drtí bílého vápence o velikosti 10 mm – 16 mm a byly rovnoměrně rozmístěny po celé šířce záběru stroje. Červeně zvýrazněná čára je výchozí linie, od které probíhalo měření vzdálenosti posunutí stopovačů.

Obrázek 11: Vzorky drtě bílého vápence



Zdroj: upravená vlastní fotografie

Po zpracování půdy vybraným strojem byl nalezen nejvzdálenější kamínek drtě a vzdálenost byla rozdělena do intervalů (u radličkového kypřiče byl zvolen interval o délce 0,60 m a u talířového kypřiče interval o délce 0,20 m). Následně se v každém intervalu musela drť nalézt, ručně vysbírat, spočítat a zaznamenat. Při zpracování dat došlo k přepočítání počtu kamínků drtě na hmotnost v gramech.

Nevýhodou této metody zkoumání posunu půdních částic je, že vysbírání drtě je velmi časově náročné a vlivem případného příčného posunu částic může dojít k vzájemnému promíchání mezi třemi skupinami vzorků. Nepřesnost také může vzniknout tím, že kamínky drtě nejsou homogenní a mají tedy různou velikost a hmotnost. Při měření radličkového kypřiče dne 13. 9. 2018 byla stanovena průměrná hmotnost jednoho kamínku na 4,92 g, ale při měření talířového kypřiče 20. 9. 2018 byla použita jiná šarže drtě a průměrná hmotnost jednoho kamínku byla stanovena na 6,40 g.

8 Výsledky měření

Výsledky byly vyvozeny z naměřených dat z polního měření, které proběhlo 13. 9. 2018 a 20. 9. 2018 na zemědělském pozemku v blízkosti obce Nesperská Lhota (okr. Benešov).

Ke zpracování naměřených hodnot byl použit program STATISTICA. Výsledky jsou prezentovány v pořadí, v jakém byl naměřeny. Nejprve tedy posun půdních částic radličkovým kypřičem za použití hliníkových značkovacích tělísek o straně délky 10 mm a poté značkovací tělíska z drtě bílého vápence. Poté byl změřen talířový kypřič se stejným pořadím značkovacích tělísek. Přejezdy v obou případech probíhaly a jsou prezentovány v pořadí: do svahu, ze svahu a po vrstevnici.

Metoda hliníkových značkovacích tělísek je vyhodnocena do grafů, kde na svislé ose je vynesena relativní četnost tělísek v procentech a na vodorovné vzdálenostní intervaly v metrech. Druhá metoda, při které bylo použito drtě bílého vápence je zobrazena v grafech se závislostí hmotnosti v kilogramech na vzdálenostních intervalech v metrech. Vzdálenostní intervaly jsou u radličkového kypřiče rozděleny po 0,60 m a u talířového kypřiče po 0,20 m z důvodu menšího rozptýlení značkovačů.

V tabulce 2 jsou uvedené zjištěné vlastnosti půdy ze dne 13. 9. 2018. Měření probíhalo ve třech hloubkových intervalech: 0,05 m – 0,10 m, 0,10 m – 0,15 m a 0,15 – 0,20 m. Pro zjištění uvedených fyzikálních vlastností půdy byla použita metoda odběru neporušených půdních vzorků do Kopeckého fyzikálních válečků o objemu 100 cm³. Tyto vzorky byly odebrány pomocí přístroje Eijkelkamp, který pro měření poskytly laboratoře ČZU. Při následných laboratorních rozborech byla po vysušení zeminy stanovena redukováná objemová hmotnost a celková pórovitost Jak je možné vidět v tabulce, výsledky objemové hmotnosti i pórovitosti se nijak výrazně neliší v závislosti na hloubce měření. (Valla et al., 2000)

Tabulka 2: vlastnosti půdy dle hloubky

Hloubka [m]	Obj. hmotnost red. [g·cm ⁻³]	Pórovitost [%]
0,05 – 0,10	1,49	43,8
0,10 – 0,15	1,52	43,3
0,15 – 0,20	1,51	43,2

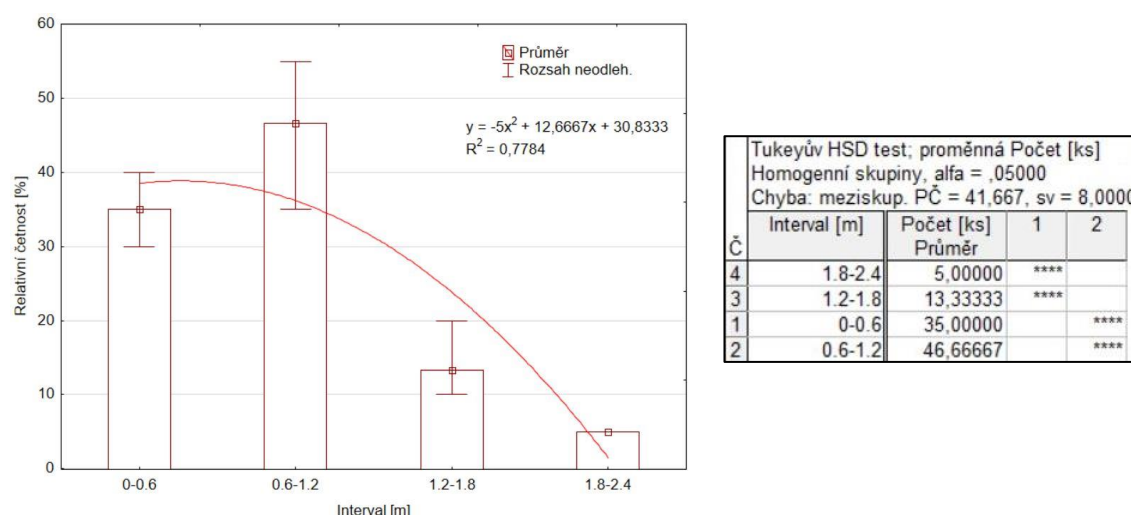
8.1 Radličkový kypřič

8.1.1 Metoda hliníkových značkovacích tělísek

a) zpracování půdy směrem do svahu

Na grafu 1 můžeme vidět procentuální rozptýlení značkovačů při přejezdu radličkového kypřiče směrem do svahu. Je zde vidět, že k největšímu posunu došlo do prvních dvou intervalů, tedy do vzdálenosti 1,20 m. U radličkového kypřiče dochází k výraznému promíslení zeminy, což je patrné z posunutí největšího množství značkovacích tělísek až do druhého intervalu do vzdálenosti 0,60 až 1,20 metru. Na vzdálenost větší než 1,20 m bylo posunuto méně než 20 % značkovačů. To je potvrzeno i v Tukeyově HSD testu, ze kterého je patrné, že není významný statistický rozdíl mezi prvními dvěma a třetím a čtvrtým intervalem.

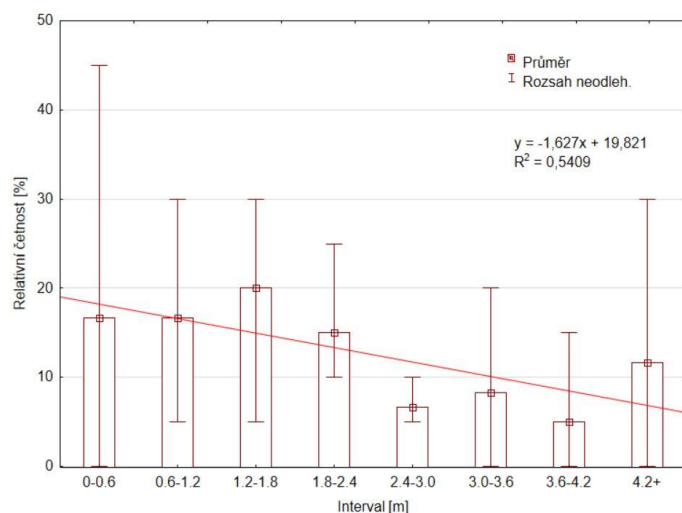
Graf 1: posun hliníkových značkovačů pomocí radličkového kypřiče do svahu



b) zpracování půdy směrem ze svahu

Při použití radličkového kypřiče ke zpracování půdy ve směru ze svahu je na první pohled z grafu 2 patrné, že dojde k přemístění půdních částic na výrazně větší vzdálenost než v případě do svahu. Tukeyův HSD test uvádí, že mezi jednotlivými intervaly nejsou statisticky významné rozdíly. Z grafu můžeme vidět, že při zkoumaných přejezdech docházelo k velkým rozdílům v posunu značkovačů a rozsah naměřených hodnot je proto vysoký. Tomuto rozdělení nejlépe odpovídá lineární funkce, která udává mírný pokles se zvětšující se vzdáleností od počáteční linie měření.

Graf 2: posun hliníkových značkovačů pomocí radličkového kypřiče ze svahu

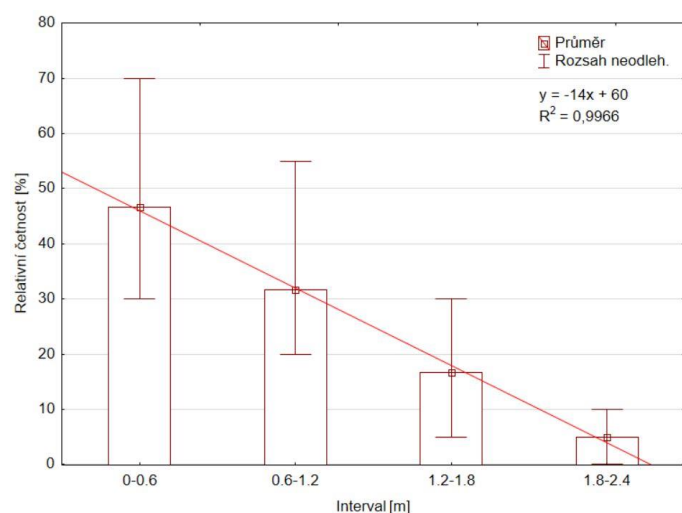


Tukeyův HSD test; proměnná Počet [ks]			
Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Chyba: meziskup. PČ = 183,33, sv = 16,000			
Č	Interval [m]	Počet [ks] Průměr	1
7	3.6-4.2	5,00000	*****
5	2.4-3.0	6,66667	*****
6	3.0-3.6	8,33333	*****
8	4.2+	11,66667	*****
4	1.8-2.4	15,00000	*****
1	0-0.6	16,66667	*****
2	0.6-1.2	16,66667	*****
3	1.2-1.8	20,00000	*****

c) zpracování půdy ve směru vrstevnice

Lineární křivka ideálně popisuje posun hliníkových značkovačů při přejezdu ve směru vrstevnice (graf 3), což potvrzuje i koeficient determinace, který je téměř rovný jedné. Více než 46 % tělísek bylo posunuto do vzdálenosti nepřesahující 0,60 m a dále se posun lineárně snižoval až do vzdálenosti 2,40 m, kde byla nalezena zbývající nejvzdálenější značkovací tělíska. Tukeyův HSD test obdobně jako v případě přejezdu ze svahu uvádí, že mezi jednotlivými intervaly není větší významný statistický rozdíl.

Graf 3: posun hliníkových značkovačů pomocí radličkového kypřiče ve směru vrstevnice



Tukeyův HSD test; proměnná Počet [ks]
Homogenní skupiny, alfa = ,05000
Chyba: meziskup. PČ = 256,25, sv = 8,0000

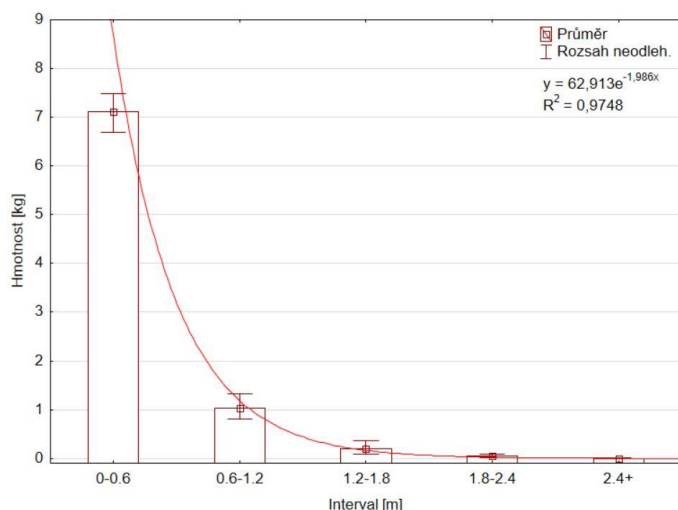
Č.	Interval [m]	Počet [ks] Průměr	1
4	1.8-2.4	5,00000	*****
3	1.2-1.8	16,66667	*****
2	0.6-1.2	31,66667	*****
1	0-0.6	46,66667	*****

8.1.2 Metoda značkovacích tělísek drtě bílého vápence

a) zpracování půdy směrem do svahu

Na grafu 4 je zobrazeno hmotnostní rozložení posunu značkovacích drtě bílého vápence při zpracování půdy radličkovým kypřičem směrem do svahu. V prvním intervalu, tedy do vzdálenosti 0 – 0,60 m, bylo nalezeno největší množství značkovacích, více než 7 kg. Od dalších intervalů docházelo k exponenciálnímu poklesu a ve vzdálenosti přesahující 2,40 m bylo nalezeno průměrně pouze 0,001640 kg, jak je vidět v Tukeyově HSD testu který dále udává, že ve třech nejvzdálenějších intervalech, tedy od 1,20 do více než 2,40 m, není žádný významný statistický rozdíl.

Graf 4: posun značkovacích drtě bílého vápence pomocí radličkového kypřiče do svahu

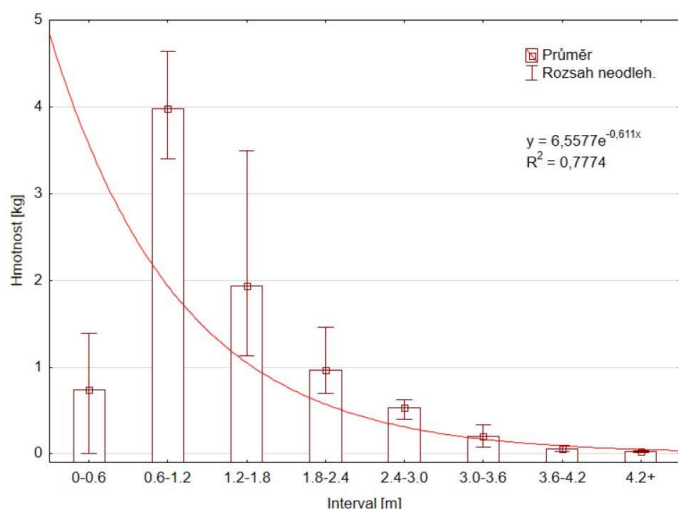


Tukeyův HSD test; proměnná Hmotnost [kg]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = ,05097, sv = 10,000				
Č.	Interval [m]	Hmotnost [kg] Průměr	1	2
4	2.4+	0,001640	****	
3	1.8-2.4	0,045920	****	
2	1.2-1.8	0,205000	****	
1	0.6-1.2	1,031560		****
5	0-0.6	7,115880		****

b) zpracování půdy směrem ze svahu

V tomto případě dochází k většímu posunu částic, což můžeme vidět na grafu 5, protože nejvyšší hmotnost drtě byla nalezena v druhém intervalu, tedy ve vzdálenosti 0,60 – 1,20 m. Koeficient determinace exponenciální funkce vychází 0,7774. Ovšem jak je vidět na obrázku, proložení touto křivkou neodpovídá reálnému průběhu. Od vzdálenosti 1,20 m opět hmotnost exponenciálně klesala jako v předchozím případě, ovšem značkovací byly posunuty do větší vzdálenosti (více než 4,20 m) obdobně, jako tomu bylo u hliníkových značkovacích při stejném směru jízdy.

Graf 5: posun značkovačů drtě bílého vápence pomocí radličkového kypříče ze svahu

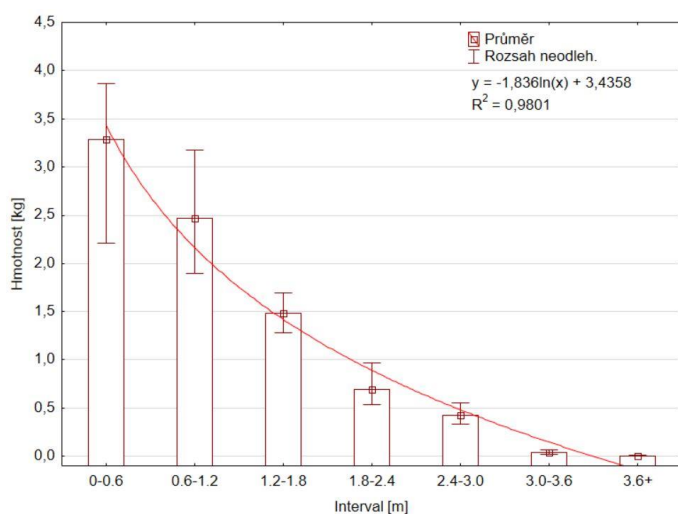


Tukeyův HSD test; proměnná Hmotnost [kg]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = ,36445, sv = 16,000					
Č	Interval [m]	Hmotnost [kg] Průměr	1	2	3
8	4.2+	0,027880	****		
7	3.6-4.2	0,060680	****		
6	3.0-3.6	0,195160	****		
5	2.4-3.0	0,534640	****	****	
1	0.0-0.6	0,734640	****	****	
4	1.8-2.4	0,965960	****	****	
3	1.2-1.8	1,938480		****	
2	0.6-1.2	3,983560			****

c) zpracování půdy ve směru vrstevnice

Při použití radličkového kypříče na zpracování půdy ve směru vrstevnice bylo zjištěno, že posun drtě má tvar křivky přirozeného logaritmu. Jak je vidět na grafu 6, k největšímu posunu došlo v prvním intervalu, tedy do 0,60 m, poté se počet značkovačů postupně snižoval, ale v tomto případě byl úbytek pozvolnější než u ostatních. Délka posunutí při zpracování po vrstevnici se pohybovala mezi krajními hodnotami délky posunutí u přejezdů do svahu a ze svahu, což odpovídá naklonění terénu. Tukeyův HSD test rozdělil intervaly do čtyř skupin, které mezi sebou mají statisticky významné rozdíly.

Graf 6: posun značkovačů drtě bílého vápence pomocí radličkového kypříče ve směru vrstevnice

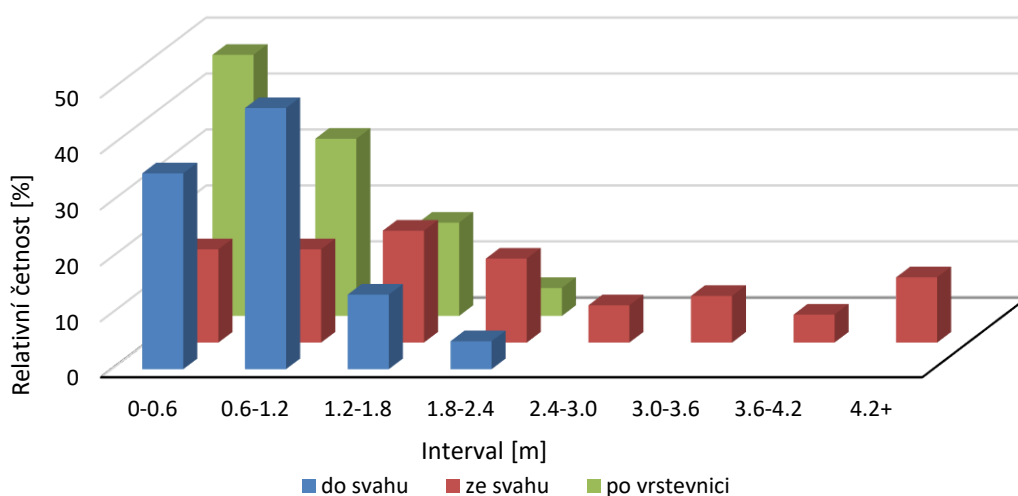


Tukeyův HSD test; proměnná Hmotnost [kg]						
Homogenní skupiny, alfa = ,05000						
Chyba: meziskup. PC = ,20319, sv = 14,000						
Č.	Interval [m]	Hmotnost [kg] Průměr	1	2	3	4
7	3.6+	0.004920	****			
6	3.0-3.6	0.041000	****			
5	2.4-3.0	0.426400	****	****		
4	1.8-2.4	0.688800	****	****		
3	1.2-1.8	1.484200		****	****	
2	0.6-1.2	2.466560			****	****
1	0.0-0.6	3.288120				***

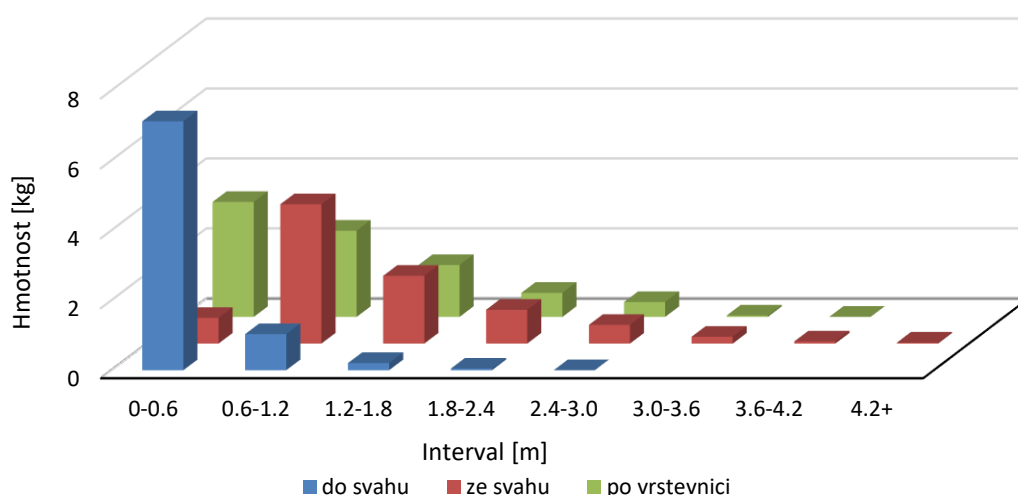
8.1.3 Shrnutí dat o zpracování půdy radličkovým kypřičem

Pokud bychom porovnávali stopovací tělíska pro zjištění posunu půdních částic v jednotlivých směrech zpracování půdy pro námi použitý radličkový kypřič, zjistili bychom, že průběhy posunu nejsou zcela podobné. Sloupcový graf 7 zobrazuje rozdíly jednotlivých přejezdů a přemístění hliníkových značkových tělísek ve všech třech směrech zpracování půdy. Obdobně tak souhrnný graf 8, který zobrazuje posun značkových tělísek drtě bílého vápence.

Graf 7: souhrnný graf posunu hliníkových značkovacích radličkovým kypřičem



Graf 8: souhrnný graf posunu značkovacích drtě bílého vápence radličkovým kypřičem



Směrem zpracování do svahu se v obou případech stopovače posunou do vzdálenosti maximálně 2,40 m, ovšem v případě hliníkových stopovačů je největší míra posunutí do druhého intervalu a o něco nižší do prvního intervalu. V případě drtě bílého vápence je jednoznačně nejvyšší výskyt v prvním intervalu a v ostatních pouze minimální.

Ve druhém směru zpracování (ze svahu) je u hliníkových značkovacích tělísek mírný lineární pokles do vzdálenosti přesahující 4,20 m. Do stejné vzdálenosti jsou značkovače posunuty i při použití druhé metody, ovšem průběh se značně liší. Při použití drtě je výrazně nejvíce tělísek posunuto do druhého intervalu (0,60 – 1,20 m) a poté dochází k exponenciálnímu úbytku.

V případě přejezdů ve směru vrstevnice byl průběh rozmístění značkovacích tělísek obdobný u obou metod, tedy téměř lineární úbytek, ale v tomto porovnání se neshodovala vzdálenost rozmístění značkovacích tělísek. Hliníkové značkovače se pohybovaly do vzdálenosti 2,40 m, ale drť bílého vápence přesahovala vzdálenost 3,60 m.

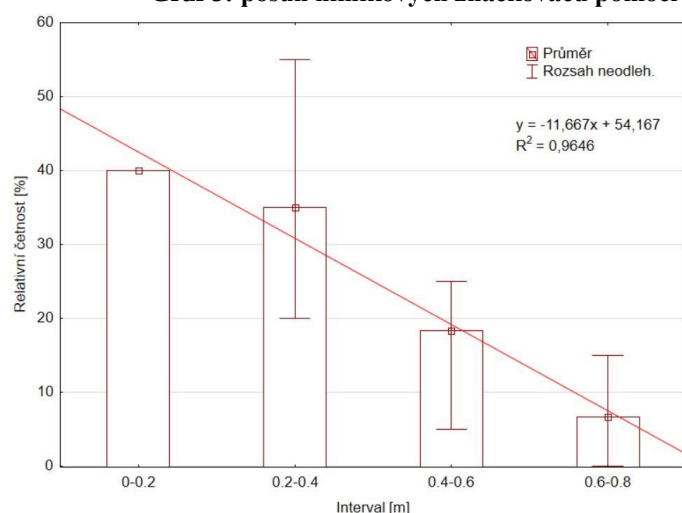
8.2 Talířový kypřič

8.2.1 Metoda hliníkových značkovacích tělísek

a) zpracování půdy směrem do svahu

Na grafu 9 můžeme vidět rozmístění hliníkových značkovacích tělísek po zpracování půdy směrem do svahu pomocí talířového kypřiče. Pokles s rostoucí vzdáleností má lineární charakter a značkovací jsou rozmístěny až do vzdálenosti 0,80 m. Tukeyův HSD test rozděluje intervaly do dvou kategorií po třech, které mezi sebou nemají statisticky významný rozdíl.

Graf 9: posun hliníkových značkovacích tělísek pomocí talířového kypřiče do svahu

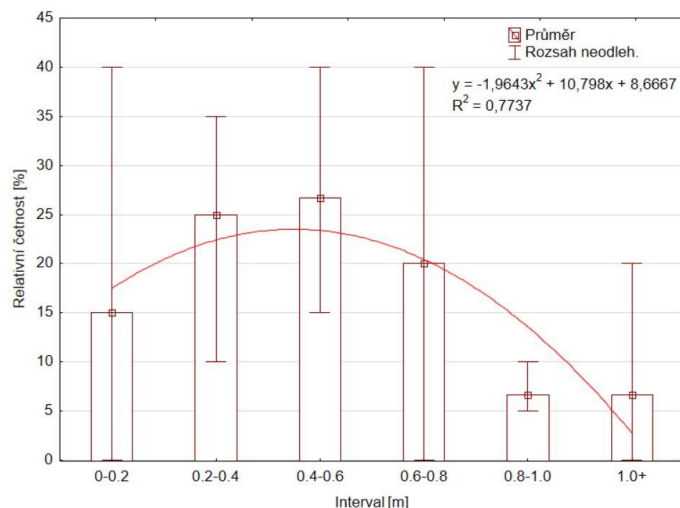


Tukeyův HSD test; proměnná Relativní četnost [%]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 129,17, sv = 8,0000				
Č.	Interval [m]	Relativní četnost [%] Průměr	1	2
4	0.6-0.8	6,66667	****	
3	0.4-0.6	18,33333	****	****
2	0.2-0.4	35,00000	****	****
1	0-0.2	40,00000		****

b) zpracování půdy směrem ze svahu

Při směru zpracování ze svahu mají hliníková značkovací tělíska jiné rozmístění než v předchozím případě. To můžeme vidět na procentuálním zastoupení jednotlivých intervalů i uvedené funkci s proloženou křivkou na grafu 10. Dále je také znatelný delší posun značkovacích, konkrétně do délky přesahující 1 m. V tomto případě je největší zastoupení ve třetím intervalu (0,40 – 0,60 m) a velmi významné je i v okolních intervalech (0,20 – 0,40 a 0,40 – 0,60 m). Na základě Tukeyova HSD testu nebyly vyhodnoceny žádné statisticky významné rozdíly mezi intervaly z důvodu velkého rozsahu krajních hodnot při měření.

Graf 10: posun hliníkových značkovaců pomocí talířového kypřiče ze svahu

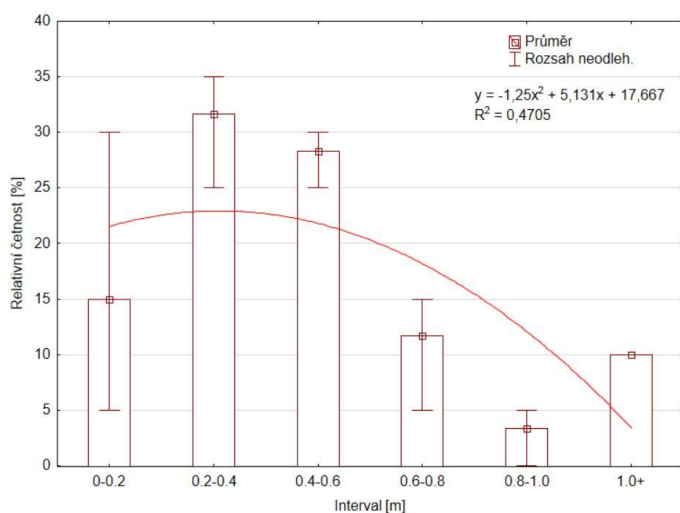


Tukeyův HSD test; proměnná Relativní četnost [%]			
Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Chyba: meziskup. PČ = 225,00, sv = 12,000			
Č.	Interval [m]	Relativní četnost [%] Průměr	1
6	1.0+	6,66667	****
5	0.8-1.0	6,66667	****
1	0-0.2	15,00000	****
4	0.6-0.8	20,00000	****
2	0.2-0.4	25,00000	****
3	0.4-0.6	26,66667	****

c) zpracování půdy ve směru vrstevnice

Na grafu 11 si můžeme všimnout jisté podoby s grafem 10. V obou případech se značkovací pohybuji od 0 až do vzdálenosti přesahující 1 m, a také se nejvyšší podíl značkovacích tělísek nenachází v prvním intervalu. V tomto případě zpracování ve směru vrstevnice je posun nejvýznamnější do vzdálenosti 0,20 až 0,40 m a také 0,40 až 0,60 m. V prvním intervalu se nachází přibližně poloviční množství značkovaců, než je tomu ve dvou významnějších a vzdálenějších skupinách. Tukeyův HSD test rozdělil intervaly na tři statisticky významně rozdílné skupiny.

Graf 11: posun hliníkových značkovaců pomocí talířového kypřiče ve směru vrstevnice



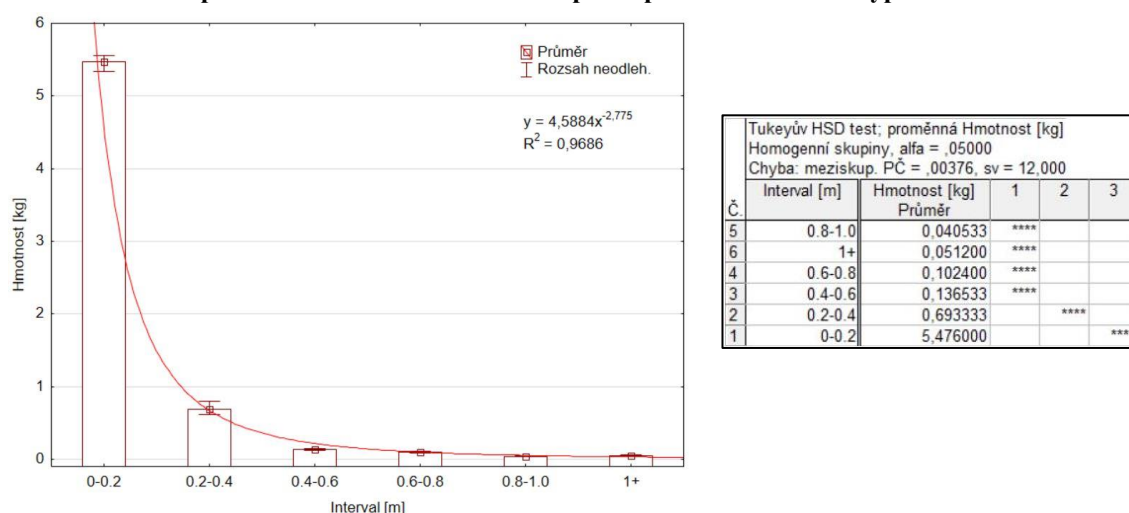
Tukeyův HSD test; proměnná Relativní četnost [%]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 43,056, sv = 12,000					
	Interval [m]	Relativní četnost [%] Průměr	1	2	3
5	0.8-1.0	3.33333	****		
6	1.0+	10.00000	****		
4	0.6-0.8	11.66667	****	****	
1	0-0.2	15.00000	****	****	****
3	0.4-0.6	28.33333		****	****
2	0.2-0.4	31.66667			****

8.2.2 Metoda značkovacích tělísek drtě bílého vápence

a) zpracování půdy směrem do svahu

Na grafu 12 je zobrazeno hmotnostní rozložení posunu značkovacích drtě bílého vápence při zpracování půdy talířovým kypřičem směrem do svahu. Největší množství značkovacích bylo v prvním intervalu, tedy v intervalu od 0 do 0,20 m. V dalších intervalech, tedy od 0,20 m došlo k exponenciálnímu poklesu, který se blížil 0. Jak je vidět v Tukeyově HSD testu, ve čtyřech nejvzdálenějších intervalech, tedy od 0,40 do více než 1 m, není žádný významný statistický rozdíl.

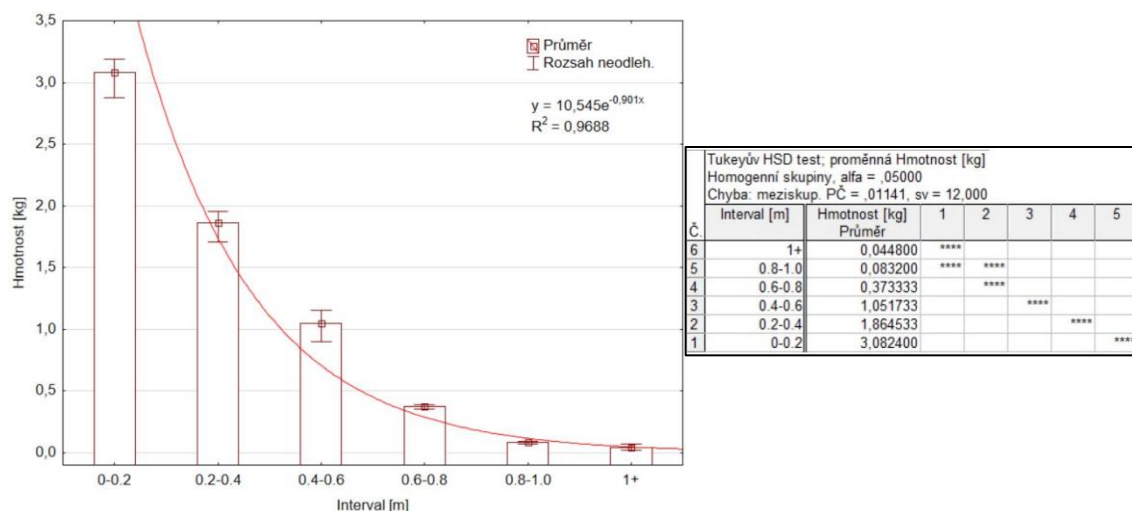
Graf 12: posun značkovacích drtě bílého vápence pomocí talířového kypřiče do svahu



b) zpracování půdy směrem ze svahu

Při tomto směru zpracování půdy můžeme na grafu 13 vidět, že se značkovací tělíska posunula do stejné vzdálenosti, jako tomu bylo ve směru ze svahu, ovšem v tomto případě je průběh poklesu při zvětšující se vzdálenosti jiný. Největší množství značkovacích tělísek se nachází v prvním intervalu, který je do 0,20 m. V dalších intervalech hmotnost drtě bílého vápence exponenciálně klesá. Pokles tedy není tak strmý v porovnání s přejezdem směrem do svahu. Z důvodu malého rozsahu naměřených hodnot vyšlo v Tukeyově HSD testu 5 skupin statisticky významně rozdílných hodnot.

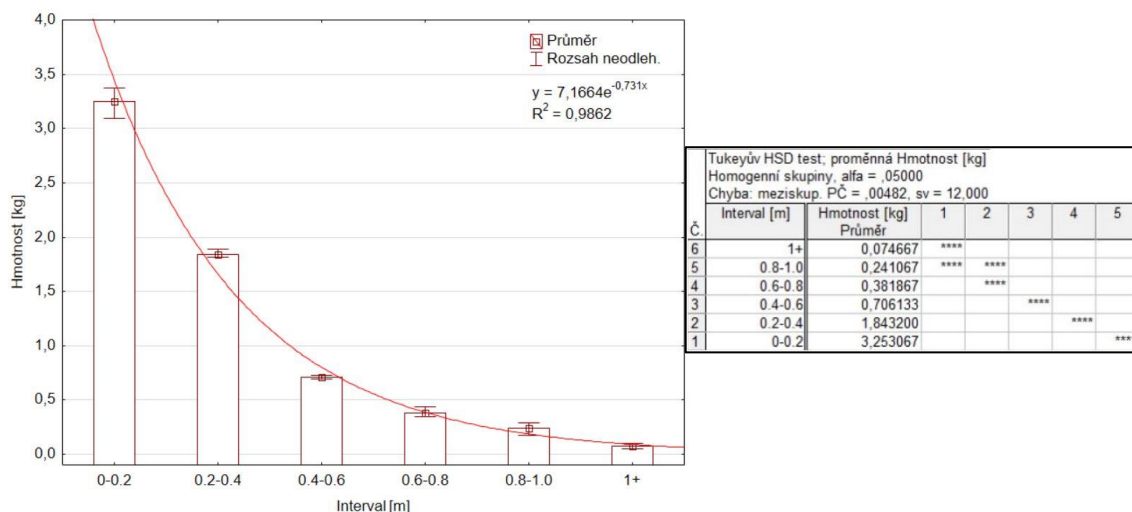
Graf 13: posun značkovačů drtě bílého vápence pomocí talířového kypříče ze svahu



c) zpracování půdy ve směru vrstevnice

Při použití radličkového kypříče na zpracování půdy ve směru vrstevnice bylo zjištěno, že posun drtě má obdobný průběh jako směr přejezdu ze svahu. Jak je vidět na grafu 14, k největšímu posunu došlo z počáteční nulové čáry do prvního intervalu, tedy do 0,20 m, poté se počet značkovačů postupně snižoval a v tomto případě, stejně jako v předchozím, byl úbytek pozvolnější. Délka posunutí při zpracování po vrstevnici se pohybovala do vzdálenosti mírně přesahující 1 m, stejně, jako u všech směrů přejezdů radličkovým kypříčem při použití drtě bílého vápence jako značkovacích tělísek. Tukeyův HSD test rozdělil intervaly do pěti skupin, které mezi sebou mají statisticky významné rozdíly.

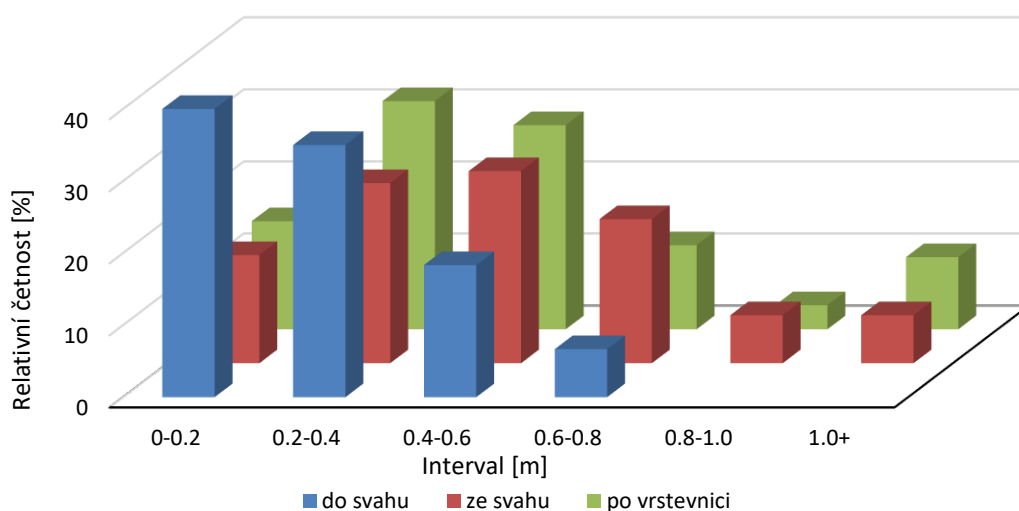
Graf 14: posun značkovačů drtě bílého vápence pomocí talířového kypříče ve směru vrstevnice



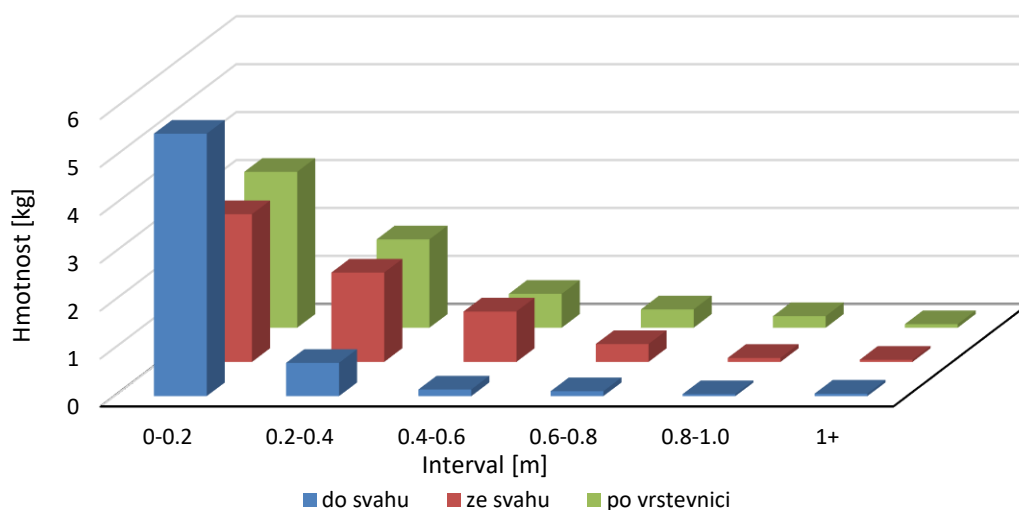
8.2.1 Shrnutí dat o zpracování půdy talířovým kypříčem

Pokud bychom i při zpracování půdy talířovým kypříčem porovnávali obě metody značkovacích tělísek, i zde zjistíme, že také při použití tohoto stroje se metody ne zcela shodují. Grafy 15 a 16 zobrazují souhrnný posun značkovacích tělísek pro jednotlivé metody a směry přejezdů.

Graf 15: souhrnný graf posunu hliníkových značkovačů talířovým kypříčem



Graf 16: souhrnný graf posunu značkovačů drtě bílého vápence talířovým kypříčem



Při zpracování půdy směrem do svahu u hliníkových značkovačů vidíme lineární úbytek se zvětšující se vzdáleností až do vzdálenosti 0,80 m, kde byla nalezena poslední tělíska, zatímco při použití drtě jednoznačně převládá první interval (od 0 do vzdálenosti 0,20 m) a poté následuje strmý pokles.

Při opačném směru zpracování, tedy ze svahu, se metody shodují ve vzdálenosti posunutých částic, který byl do více než 1 m. Průběh přemístění je ale značně odlišný, u hliníkových značkovacích tělísek je posunutí nejvýznamnější do druhého a třetího intervalu (od 0,20 do 0,60 m), kdy první a další následující intervaly mají nižší zastoupení. U drtě bílého vápence je nejvýznamnější zastoupení v prvním intervalu a poté následuje exponenciální pokles.

Obdobné výsledky jako ve směru zpracování ze svahu můžeme vidět i při zpracování ve směru vrstevnice. Obě metody značkovacích tělísek tedy prokázali, že při použití talířového kypřiče není velký rozdíl v posunutí půdních částic ve směru zpracování půdy ze svahu a po vrstevnici.

9 Diskuse

9.1 Metody hodnocení posunu půdních částic

Při polních pokusech bylo zjištěno, do jaké vzdálenosti a v jakém množství jsou posouvány půdní částice při zpracování půdy radličkovým a talířovým kypřičem.

Pro vyhodnocování posunu půdních částic byly v našem případě použity dva druhy značkovacích tělísek. Hliníkové krychličky se stranou délky 10 mm a kamínky drtě bílého vápence. Dalšími možnostmi pevných značkovačů jsou například kamínky břidlice nebo křemene, které pro své pokusy použili Longsdon (2013) a Poesen a kol. (1997). Spokas a kol. (2007) použili pro svá měření kuličky vyrobené z keramických a plastových materiálů. Druhou možností jak označit půdu je použít kapalně chemické látky, jako jsou například chlorid sodný (Barneveld a kol., 2009) nebo chlorid draselný (Lobb, 1998).

Při porovnání výsledků námi zvolených značkovačů bylo zjištěno, že nevykazují shodné výsledky. V našem případě vzdálenost posunu značkovacích tělísek přibližně odpovídala při použití obou metod, ovšem průběhy posunů značkovačů se výrazně lišily.

Podle závěrů, které vyvodili Barneveld a kol. (2009) se dá usoudit, že při použití značkovacích tělísek z drtě bílého vápence nebylo měření zcela přesné, protože při jejich polních měřeních nebyly nalezeny žádné výraznější odchylky při použití hliníkových značkovacích tělísek o straně délky 15 mm a roztoku chloridu sodného.

Pokud se zaměříme na parametry našeho polního pokusu, můžeme vyvodit důvod, proč použití značkovačů z bílého vápence nedosahuje takové přesnosti výsledků při měření posunu půdních částic. Při použití hliníkových značkovačů bylo do půdy vloženo 20 krychliček s roztečí 50 mm a pokus byl opakován třikrát pro každý sklon svahu. Při druhé metodě, tedy při použití kamínků z drtě bílého vápence, byly do půdy umístěny tři vzorky o rozměrech 0,33 x 0,20 x 0,10 m, které byly následně vyplněny kamínky drtě. V tomto případě byl počet značkovačů mnohonásobně vyšší, což by mělo zpřesňovat výsledné hodnoty, ovšem jejich rozmístění nebylo tak rovnoměrné po celém záběru stroje, jako tomu bylo při použití první metody. K posunu značkovačů tedy nedocházelo v celém záběru stroje, ale pouze v určité části, kde pouze malá část stroje nebyla schopna tak velké

množství značkovačů na tak malém prostoru při jednom přejezdu zpracovat, promísit a posunout.

U hliníkových značkovačů tedy bylo méně značkovačů, ovšem byly rovnoměrně rozprostřeny po ploše přejezdu stroje a mohlo tedy dojít k přesnějšímu napodobení posunu půdních částic.

Pomocí využití značkovačů z drtě bílého vápence je tato metoda nejen pracnější a časově náročnější, ale pravděpodobně je i méně přesná. Důvodem je použití velkých vzorků drtě, které jsou sice zapuštěny do orné půdy, ale nachází se pouze na malé části záběru stroje, který je nedokáže jedním přejezdem řádně zpracovat a posunout, jako je tomu u ostatních jemnějších částic půdy.

9.2 Posun půdních částic způsobený jednotlivými stroji

Tato diplomová práce je zaměřená na porovnání posunu půdních částic, který vzniká při předseťové přípravě půdy pomocí radličkového a talířového kypřiče. Oba stroje byly podrobeny pokusu ve stejný čas na stejném pozemku a v místech se stejným sklonem. Bylo zjištěno, že posun částic při použití jednotlivých strojů se podstatně liší.

O posunu a ztrátě půdy vlivem zpracování zemědělskými stroji se již delší dobu vedou diskuse, ovšem až v nedávné době začaly probíhat polní pokusy pro jednotlivé zpracovávající operace, při kterých se zkoumá, k jakým posunům půdy dochází při použití různých typů strojů.

Touto problematikou se intenzivně zabývají členové Katedry zemědělských strojů na České zemědělské univerzitě v Praze v čele s profesorem Josefem Hůlou. Ti již provedli několik polních měření s různými stroji pro zpracování půdy v různých půdních podmínkách.

Obdobný pokus jako při této diplomové práci, provedli na stejném pozemku Hůla et. al. (2016), kteří zkoumali posun půdních částic při primárním zpracování půdy. Porovnávali posun půdních částic při použití pluhu, talířového a radličkového kypřiče.

Dalším předmětem jejich zkoumání bylo vyhodnotit posun půdních částic ve svažitém terénu při použití aktivního pracovního nástroje pro zpracování půdy (Novák et al., 2017), a také jeho vliv na posun půdních částic při různé pracovní rychlosti (Hůla et al., 2018).

Porovnání výsledků s jinými autory, kteří by se zabývali posunem půdních částic při použití stejných strojů a při podobných podmínkách, tedy není možný, protože toto bylo jedno z prvních měření, které proběhlo.

Naše výsledky ukazují, že při použití radličkového a talířového podmiťáče dochází k odlišné vzdálenosti posunu značkovačů. Pokud se zaměříme na směr zpracování do svahu, ten podle očekávání dopadl z pohledu vzdálenosti posunu nejlépe. U radličkového kypřiče byly značkovače rozmístěny v půdě do vzdálenosti 2,4 m a největší podíl byl do poloviny této vzdálenosti, tedy 1,2 m. Při použití talířového kypřiče byla tato vzdálenost nižší. Tento stroj posouval značkovače do maximální vzdálenosti okolo 1 m a nejvíce jich bylo zastoupeno do 0,4 m.

Zajímavé zjištění vyčteme z grafů, které ukazují pouze nevýznamný rozdíl v posunu částic při směru ze svahu a při zpracování ve směru vrstevnice, a to i přesto, že se obě metody zcela shodují, jak již bylo zmíněno výše. Radličkový kypřič vykázal ve třech ze čtyř měření posun značkovačů do vzdálenosti více než 4 m, což je při zpracování směrem ze svahu alarmující číslo a zemědělci by měli být velmi opatrní při volení směru zpracování pozemku. U talířového kypřiče bylo posunutí značkovačů do vzdálenosti okolo 1 m. To je při porovnání s radličkovým kypřičem několikanásobně méně.

10 Závěr

Eroze zpracováním půdy by se dala označit za moderní předmět zkoumání, protože například na rozdíl od vodní eroze se jí vědci začali zabývat až v devadesátých letech dvacátého století. Za tuto dobu ale došlo k významným zjištěním a mnoho vědeckých pracovníků přispělo k objasnění posunu půdních částic, které nemá na svědomí pouze příroda, ale při dnešním stylu hospodaření se na tomto procesu ve velké míře podílí zejména člověk.

V této práci byl zkoumán a porovnáván posun půdních částic při zpracování půdy radličkovým a talířovým kypřičem. Posun částic byl zjišťován ve třech směrech přejezdů a to ze svahu, do svahu a ve směru vrstevnice.

Pro zjištění posunu půdních částic byly použity dva druhy značkovačů a jejich výsledky byly také vzájemně porovnány. Prvním typem značkovačů byly hliníkové krychličky se stranou délky 10 mm, ty byly rozmístěny kolmo na směr jízdy s roztečí 50 mm. Druhým typem značkovačů byly kamínky drtě bílého vápence. V tomto případě byly kolmo na směr jízdy umístěny 3 vzorky s touto drtí.

Při porovnání radličkového kypřiče a talířového kypřiče bylo zjištěno, že radličkový kypřič mnohem více mísí a posouvá půdu a značkovače byly nalezeny ve výrazně větší vzdálenosti než při použití kypřiče talířového. Zajímavým zjištěním také bylo, že není velký rozdíl v posunu značkovačů při přejezdech ze svahu a po vrstevnici. Při přejezdu do svahu byl posun nejmenší, jak bylo předpokládáno.

Zemědělci se v dnešní době podílí velkou mírou na erozi půdy. Při zpracování dochází k posunu půdních částic v různé intenzitě. Důležité je, že půda je vždy posouvána, čemuž se nedá zabránit, ale lze to do určité míry omezit při zvolení správné technologie hospodaření. Pokud je zemědělská půda značně narušena od zpracování stroji, je poté také náchylnější k působení dalších druhů eroze, jako jsou vodní a větrná.

Zemědělci by měli myslet na to, aby nepřicházeli o svou úrodnou půdu a zvolit tak tedy správnou technologii hospodaření a k ní vhodné zemědělské stroje. Ale zapomínat by neměli ani na správnou práci se stroji a pečlivě volit například směr zpracování půdy, pojezdovou rychlost strojní soupravy atd.

Seznam použité literatury

BALASUBRAMANIAN, A. *Soil Erosion – Causes and Effects*. Centre for Advanced Studies in earth Sciences. University of Mysore. 2017. 7 s.

BIČÍK, I. a L. BUZEK. *Půda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Konzult. 2009. 255 s. ISBN 978-80-903482-4-0.

BIRKAS, M. a D. JUG. *Book of Soil Tillage*. Szent Istvan University Press. 2014. 322 s. ISBN 978-963-269-447-4.

BIRKELAND, P. W. *Soils and geomorphology*. 3. vyd. New York: OXFORD UNIVERSITY PRESS, 1999. 448 s. ISBN 0-19-507886-1.

BLANCO, H. a R. LAL. *Principles of Soil Conservation and Management*. Dordrecht: Springer Science+Business Media. 2008. 617 s. ISBN 978-1-4020-8708-0.

EL TITI, A. *Soil tillage in agroecosystems*. Boca Raton. FL: CRC Press. 2003. 384 s. ISBN 0-8493-1228-0.

GOVERS, G., LOBB, D.A. a T. A. QUINE. *Preface-Tillage erosion and translocation: emergence of a new paradigm in soil erosion research*. 1999. Soil & tillage research. 51(3-4), s. 167-174.

HILLEL, D. *Introduction to environmental soil physics*. Boston: Elsevier Academic Press. 2004. 494 s. ISBN 978-0-12-348655-4.

HOLÝ, M. *Eroze a životní prostředí*. Praha: České vysoké učení technické. 1994. 383 s. ISBN 80-01-01078-3.

HŮLA, J a P. NOVÁK. *Impact of working speed on soil particles transfer during second soil tillage*. 2018. Rural development. Conference paper. DOI: 10.15544/RD.2017.206.

HŮLA, J. a B. PROCHÁZKOVÁ. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press. 2008. 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1.

HŮLA, J a P. NOVÁK. *Translocation of soil particles during primary soil tillage*. 2016. *Agronomy research*. 14. s. 392-399.

JANEČEK, M. *Nové směry v protierozní ochraně půdy*. (studijní zpráva). Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. c1999. 55 s. ISBN 80-86153-93-2.

JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. 1. vyd. Praha: Powerprint. 2012. 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.

JANEČEK, M. *Základy erodologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 2008. 172 s. ISBN 978-80-213-1842-7.

KOVÁŘ, P. *Nové poznatky ve výzkumu eroze, retence vody v krajině a rekultivací: sborník abstraktů ze semináře : 14.1.2010*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 2010. 83 s. ISBN 978-80-213-2083-3.

KOZÁK, J. *Soil atlas of the Czech Republic*. Prague: Czech University of Life Sciences, 2010. 150 s. ISBN 978-80-213-2028-4.

KUMHÁLA, F., HEŘMÁNEK, P., MAŠEK, J., KVÍZ, Z. a I. HONZÍK. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. 1. vyd. Praha. Česká zemědělská univerzita. 2007. 426 s. ISBN 978-80-213-1701-7.

KUTÍLEK, M. *Půda planety Země*. Praha. Dokořán. 2012. 200 s. ISBN 978-80-7363-212-0.

KUTÍLEK, M. a D. R. NIELSEN. *Soil: the skin of the planet earth*. Dordrecht: Springer, 2015. 239 s. ISBN 978-9401797887.

LOBB, D. A. a R. G. KACHANOSKI. *Modelling tillage erosion in the topographically complex land-scapes of southwestern Ontario, Canada*. 1999. *Soil and Tillage Research* 51. s. 261–77.

LOBB, D. A., KACHANOSKI, R.G. a M. H. MILLER. *Tillage translocation and tillage erosion on shoulder slope landscape positions measured using ¹³⁷Cs as a tracer*. *Canadian Journal of Soil Science* 75. 1995. s. 211–218.

MANRIQUE, L. A. a C. A. JONES. *Bulk density of soils in relation to soil physical and chemical properties*. Soil Science Society of America Journal. 1991. roč. 55: s. 476–481.

NOVÁK, P. a J. HŮLA. *The influence of sloping land on soil particle translocation during secondary tillage*. 2017. Agronomy Research. 15. s. 799-805.

PÁNEK, T. a L. BUZEK, *Základy pedologie a pedogeografie*. Ostrava. 2002. 149 s. Ostravská univerzita. ISBN 80-704-2827-9.

SCHAETZL, R. J. a Michael L. THOMPSON. *Soils: genesis and geomorphology*. Second edition. New York. NY: Cambridge University Press. 2015. ISBN 9781107016934.

STROHBACH, B. J. *Soil erosion – causative factors, extent and prevention*. Agri-Info. 2000. roč. 6. vyd. 1. s. 8–14.

ŠARAPATKA, B. *Pedologie a ochrana půdy*. 4. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 240 s. ISBN 978-80-244-3736-1.

TOMÁŠEK, M. *Půdy České republiky*. 4. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2007. 68 s. ISBN 978-80-7075-688-1.

VALLA, M., KOZÁK, J. a V. ONDRÁČEK. *Vulnerability of aggregates separated from selected anthrosols developed on reclaimed dumpsites*. 2000. Rostlinná Výroba. 46(12). s. 563-568

VLADUT, I. D. a E. MARIN. *Conservative soil tillage technologies*. 4th International Conference of Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development TE-RE-RD 2015. ISSN 2359-7941. s. 393-398.

Seznam internetových odkazů

BARNEVELD, R.J., BRUGGEMAN, A., STERK, G. a TURKELBOOM, F. *Comparison of two methods for quantification of tillage erosion rates in olive orchards of north-west Syria*. – Soil and Tillage Research. In: [online]. s. 105-110. 2009. ISSN 01671987. [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198708001785?via%3Dihub>.

BARRATT, S. *Short history of ploughing*. In: [online]. [cit. 2019-01-21] Dostupné z: <https://www.countryliving.com/uk/wildlife/farming/a2535/short-history-of-ploughing/>.

ČSÚ. *Rozloha*. In: [online]. [cit. 2018-11-12] Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/25215661/roz01.pdf/9bfae015-660b-4ee5-86d5-f4d3dc6937b5>.

GOVERS, G., VANDAELE, K., DESMET, P., POESEN, J. a K. BUNTE. *The role of tillage in soil redistribution on hillslopes*. In: [online]. European Journal of Soil Science, 45. s. 469–478. 1994. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2389.1994.tb00532.x>.

HŮLA, J. *Zpracování půdy* In: [online]. 2001 [cit. 2019-01-15]. Dostupné z: <http://mechanizaceweb.cz/zpracovani-pudy/>.

LINDSTROM, M. J., NELSON, W. W., SCHUMACHER, T. E., a G. D. LEMME. *Soil movement by tillage as affected by slope*. In: [online]. Soil and Tillage Research, 17(3–4), s. 255–264. 1990 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016719879090040K?via%3Dihub>.

LOBB, D. *Tillage translocation and tillage erosion in the complex upland landscapes of southwestern Ontario*. In: [online]. Doktorská práce. The University of Guelph. 1998. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk2/ftp02/NQ31887.pdf>.

LOGSDON, S. D. *Depth dependence of chisel plow tillage erosion*. Soil and Tillage Research In: [online]. s. 119-124. 2013. ISSN 01671987. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198712001390?via%3Dihub>.

NOVOTNÝ, I. a kol. *Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy*. In: [online]. [cit. 2018-11-28] 2017. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/293635/MZE_prirucka_ochrany_proti_erozi_zemedelske_pudy_2017.pdf.

POESEN, J., WESEMAEL, B., GOVERS, G., MARTINEZ-FERNANDEZ, J., DESMET, P., VANDAELE, K., QUINE, T. a G. DEGRAER. *Patterns of rock fragment cover generated by tillage erosion*. In: [online]. Geomorphology. 18(3-4). s. 183-197. 1997. [cit. 2019-02-24]. ISSN 0169555x. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X96000256?via%3Dihub>.

SPOKAS, K., FORCELLA, F., ARCHER, D. a D. REICOSKY. *SeedChaser: Vertical soil tillage distribution model*. In: [online]. Computers and Electronics in Agriculture. s. 62-73. 2007. [cit. 2019-02-24]. ISSN 01681699. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169907000373?via%3Dihub>.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Trojúhelníkový diagram zrnitostního složení půd.....	7
Obrázek 2: Princip vodní eroze.....	11
Obrázek 3: Kategorie vodní eroze	12
Obrázek 4: Princip větrné eroze.....	13
Obrázek 5: Konkávní a konvexní tvar svahu	26
Obrázek 6: Použití chloridu draselného pro zjištění posunu půdních částic.....	28
Obrázek 7: Zetor Forterra 130 HSX	30
Obrázek 8: Radličkový podmítač Kromexim	31
Obrázek 9: Talířový kypřič Akpil V4	31
Obrázek 10: Rozmístění hliníkových značkovacích tělísek	32
Obrázek 11: Vzorky drtě bílého vápence.....	33

Seznam grafů

Graf 1: posun hliníkových značkovačů pomocí radličkového kypříče do svahu	35
Graf 2: posun hliníkových značkovačů pomocí radličkového kypříče ze svahu	36
Graf 3: posun hliníkových značkovačů pomocí radličkového kypříče ve směru vrstevnice	36
Graf 4: posun značkovačů drtě bílého vápence pomocí radličkového kypříče do svahu	37
Graf 5: posun značkovačů drtě bílého vápence pomocí radličkového kypříče ze svahu	38
Graf 6: posun značkovačů drtě bílého vápence pomocí radličkového kypříče ve směru vrstevnice	38
Graf 7: souhrnný graf posunu hliníkových značkovačů radličkovým kypříčem	39
Graf 8: souhrnný graf posunu značkovačů drtě bílého vápence radličkovým kypříčem	39
Graf 9: posun hliníkových značkovačů pomocí talířového kypříče do svahu	41
Graf 10: posun hliníkových značkovačů pomocí talířového kypříče ze svahu...	42
Graf 11: posun hliníkových značkovačů pomocí talířového kypříče ve směru vrstevnice	42
Graf 12: posun značkovačů drtě bílého vápence pomocí talířového kypříče do svahu	43
Graf 13: posun značkovačů drtě bílého vápence pomocí talířového kypříče ze svahu	44
Graf 14: posun značkovačů drtě bílého vápence pomocí talířového kypříče ve směru vrstevnice	44
Graf 15: souhrnný graf posunu hliníkových značkovačů talířovým kypříčem...	45
Graf 16: souhrnný graf posunu značkovačů drtě bílého vápence talířovým kypříčem	45

Seznam příloh

Příloha 1: Mapa půdních typů České republiky	1
Příloha 2: Pracovní souprava Zetor Forterra 130 HSX + radličkový podmítač Kromexim	1
Příloha 3: Pracovní souprava Zetor Forterra 130 HSX + talířový podmítač Akpil V4.....	1

The map displays the geological structure of the Czech Republic, with different colors representing various geological units. The legend on the right side of the map identifies the following units:

- terrány
- permidiální
- iluvizní
- amozní
- demozní
- černice
- šedozemě
- tržezemě
- uvázemě
- karbozemě
- pečozemě
- kypkopodolky
- podolky
- pseudoglybo
- glybo
- organozemě
- amozemě

The map also includes a scale bar at the bottom left, indicating distances from 0 to 100 km, and a north arrow at the top left.

1

Příloha 2: Pracovní souprava Zetor Forterra 130 HSX + radličkový podmítač Kromexim



Zdroj: fotografie z polního měření 13.9.2018

Příloha 3: Pracovní souprava Zetor Forterra 130 HSX + talířový podmítač Akpil V4



Zdroj: vlastní fotografie