

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Zahradnická fakulta v Lednici

**Sledování retenční schopnosti půdy po aplikaci
kompostů**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Pavel Zemánek, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Lenka Hanáková

Lednice 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci:

„Sledování retenční schopnosti půdy po aplikaci kompostů“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 ., Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

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

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

V Lednici dne: 9. května 2016

.....

podpis

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Lenka Hanáková**
Studijní program: Zahradnické inženýrství
Obor: Zahradnictví
Název tématu: **Sledování retenční schopnosti půdy po aplikaci kompostů**
Rozsah práce: 45 – 50 stran

Zásady pro vypracování:

1. V literární části zpracujte problematiku půdní retence a infiltrace s ohledem na obsah organické hmoty v půdě.
2. Založte experiment na vybraných stanovištích vinohradnických tratí s aplikací 2 dávek kompostů. Podle vypracované metodiky (využití infiltrometrů) proveďte sledování retenčních vlastností půdy na stanovištích. Výsledky zpracujte statisticky.
3. Na základě výsledků vypracujte soubor zásad a doporučení pro aplikaci kompostů ve vinicích s cílem zvýšení retenční schopnosti půdy.

Seznam odborné literatury:

1. ZEMÁNEK, P. – BURG, P. *Technologie a nákladovost při aplikaci vyšších dávek kompostů : metodika pro praxi*. 1. vyd. V Brně: Mendelova univerzita, 2012. 24 s. ISBN 978-80-7375-675-8.
2. ALTMANN, V. a kol. *Využití kompostu pro optimalizaci vodního režimu v krajině*. 1. vyd. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2013. 101 s. ISBN 978-80-87226-26-1.
3. BADALÍKOVÁ, B. – BARTLOVÁ, J. Dopad různého zpracování půdy na její úrodnost. *Úroda*. 2010. sv. LVIII, č. 8, s. 49–50. ISSN 0139-6013.
4. BADALÍKOVÁ, B. – BARTLOVÁ, J. – KRÁTKÁ, L. Fyzikální vlastnosti půdy a výnosy plodin. *Farmář*. 2009. sv. 15, č. 9, s. 20–23. ISSN 1210-9789.
5. BADALÍKOVÁ, B. – HRUBÝ, J. – POKORNÝ, E. Rychlost infiltrace vody do půdy indikuje stav půdního profilu. *Úroda*. 2007. č. 4, s. 56–57. ISSN 0139-6013.
6. KOVÁŘ, P. *Nové poznatky ve výzkumu eroze, retence vody v krajině a rekultivací : sborník abstraktů ze semináře, ČZU v Praze, 14.1.2010*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. 80 s. ISBN 978-80-213-2083-3.
7. PODHRÁZSKÁ, J. – DUFKOVÁ, J. *Protierozní ochrana půdy*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005. 95 s. ISBN 80-7157-856-8.

Datum zadání diplomové práce: prosinec 2013

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2015

L. S.


Bc. Lenka Hanáková
Autorka práce


doc. Ing. Pavel Zemánek, Ph.D.
Vedoucí ústavu




doc. Ing. Pavel Zemánek, Ph.D.
Vedoucí práce


doc. Ing. Robert Pokluda, Ph.D.
Děkan ZF MENDELU

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Pavlu Zemánkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a profesní přístup při psaní této práce. Dále mému manželovi a rodině za poskytnutou podporu.

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	CÍL PRÁCE	9
3	LITERÁRNÍ ČÁST	10
3.1	DEFICITNÍ PŮDY, DEGRADOVANÉ PŮDY	10
3.1.1	<i>DEGRADACE PŮD</i>	11
3.2	ORGANICKÁ HMOTA V PŮDĚ.....	12
3.2.1	<i>ORGANICKÁ HNOJIVA</i>	14
3.3	APLIKACE KOMPOSTŮ	15
3.3.1	<i>ZPŮSOBY APLIKACE KOMPOSTU</i>	15
3.3.2	<i>MECHANIZACE PRO APLIKACI KOMPOSTŮ</i>	16
3.3.3	<i>MECHANIZACE URČENÁ PRO ZAPRAVENÍ KOMPOSTŮ</i>	18
3.3.4	<i>EKONOMICKÉ ASPEKTY APLIKACE KOMPOSTŮ</i>	19
3.4	RETENCE VODY V PŮDĚ.....	20
3.4.1	<i>ZVÝŠENÍ RETENČNÍ SCHOPNOSTI PŮDY UPLATNĚNÍM ORG. HNOJIV (kompostů)</i>	21
3.5	INFILTRACE VODY V PŮDĚ.....	22
3.5.1	<i>METODY HODNOCENÍ INFILTRACE</i>	23
3.6	UTUŽENOST PŮDY	26
3.6.1	<i>Metody hodnocení utuženosti (zhutnění) půdy</i>	28
3.6.2	<i>VYBRANÉ VLASTNOSTI PŮDY</i>	30
4	METODIKA	32
4.1	POPIS A CHARAKTERISTIKA STANOVIŠTĚ	32
4.2	VARIANTY ZAPRAVENÍ DÁVEK KOMPOSTU	33
4.3	APLIKACE KOMPOSTU	35
4.4	SLEDOVÁNÍ PENETROMETRICKÉHO ODPORU PŮDY	36
4.5	SLEDOVÁNÍ INFILTRACE PŮDY.....	37
4.6	VYHODNOCENÍ VÝSLEDNÝCH HODNOT PŘI MĚŘENÍ INFILTRACE 38	
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	40
5.1	PENETROMETRICKÝ ODPOR	40
5.2	HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PENETROMETRICKÉHO MĚŘENÍ.....	47
5.3	SLEDOVÁNÍ INFILTRACE.....	50

5.3.1	<i>SOUHRNNÉ VÝSLEDKY STANOVIŠTĚ ZÍMARKY</i>	50
5.3.2	<i>SOUHRNNÉ VÝSLEDKY STANOVIŠTĚ ÚLEHLE</i>	54
5.3.3	<i>SOUHRNNÉ POROVNÁNÍ HODNOT PENETROMETRICKÉHO ODPORU A HODNOT KUMULATIVNÍ INFILTRACE I HYDRAULICKÉ VODIVOSTI</i>	59
6	ZÁVĚR	64
7	SOUHRN	65
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	66
9	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	74
10	PŘÍLOHY	77

1 ÚVOD

Půda je nenahraditelným bohatstvím naší země. Vzájemná spojitost mezi půdou a zemědělstvím se odráží především na výsledném stavu půdního prostředí, ať už pozitivním, či negativním způsobem. Půda je velmi významnou součástí hydrologického cyklu v krajině. Pro zvládnutí a zachování celého tohoto cyklu jsou pohyb půdní vody i její vlastnosti důležitým a často i rozhodujícím činitelem.

Velmi důležitou vlastností půdy je její úrodnost, která tvoří základ pro veškerou zemědělskou činnost, podmiňuje růst a vývoj rostlin i jejich potenciální výnos. Její pokles je způsoben mnohými faktory, ovšem mezi nejdůležitější faktory, jež způsobující pokles půdní úrodnosti patří úbytek i kvalita půdní organické hmoty. V současnosti se tak děje především v důsledku poklesu živočišné výroby, zintenzivnění zemědělství i změnami v hospodaření na zemědělské půdě. To se ukazuje být velkým problémem, a pokud připočteme vliv těžké mechanizace na půdu, tento fakt v konečném důsledku zapříčiňuje degradaci půdy. Degradaci půdy lze definovat jako proces, při kterém je půda poškozena do takové míry, že ztrácí své produkční a mimoprodukční funkce. Díky tomu je narušen vodní režim půdy, jež vede ke zhoršení půdní retenční schopnosti.

Kompost respektive jeho aplikace do půdy je jednou z možností doplnění organické hmoty v půdě, ta prokazatelně pozitivně působí na základní fyzikální půdní vlastnosti, ke kterým řadíme i onu už zmiňovanou retenční schopnost. Pokud se totiž půda nachází v optimálním (dobrém) stavu, může pak dostatečně regulovat odtok vody v krajině, tím je velmi omezen stav, kdy se vyskytují (střídají) povodně a sucho. S ohledem na zvyšování retenční schopnosti půdy se ukazují významné dávky nad 50 tun na hektar, ovšem v praxi se obvykle používají dávky nižší. Do jisté míry je to dáno velkou finanční zátěží.

Tato diplomová práce se zaměřila na sledování vlivu zapravení kompostu na hodnoty retenční schopnosti půdy.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo zpracování problematiky infiltrace vody v půdě ve vztahu k zapravení různých dávek kompostu. V experimentální části práce bylo cílem sledování a vyhodnocení retenčních vlastností půdy ve vinici na dvou stanovištích s rozdílnou dávkou aplikovaného kompostu.

3 LITERÁRNÍ ČÁST

3.1 DEFICITNÍ PŮDY, DEGRADOVANÉ PŮDY

Význam půdy pro člověka je značný, nejdůležitější vlastností je nepochybně její úrodnost. Úrodností půdy rozumíme její schopnost poskytnout rostlinám podmínky pro jejich růst a vývoj a uspokojení jejich požadavků na vodu a živiny po celé vegetační období (KALINOVÁ, 2007). Deficitní půdy jsou specifické svoji nízkou úrodností, schopnost produkce úrody na těchto půdách je velmi nízká až druhotná (ŠIMON, LHOTSKÝ, 1989) Jejich vznik byl podmíněn vznikem z méně kvalitního horninového substrátu, nebo byl ovlivněn působením určitých nevhodných půdotvorných činitelů, ať už se jedná o činitele antropogenní či biogenní. Deficitní půdy se mimo jiné vyznačují především extrémními fyzikálními a mechanickými vlastnostmi, tyto negativní aspekty se poté odráží v nedostatku jejich chemických a biologických vlastností.

K deficitním půdám patří půdy chemicky poškozené (kyselé a zasolené půdy) těžké, půdy poškozené lidskou činností (zhutnělé půdy), půdy ohrožené větrnou a vodní erozí. Za deficitní půdy jsou rovněž považovány lehké půdy, jejich půdní úrodnost je snížena extrémním zrnitostním složením. Mezi limitující vlastnosti těchto půd patří velká propustnost pro vodu, s tím související nízká vododržnost, přirozená zásoba živin v půdě je nízká. Lehké půdy se vyznačují náchylností k velkým teplotním výkyvům i k větrné erozi. (POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001)

Za deficitní půdy jsou považovány i ty půdy, u kterých je absence některého ze stopových prvků, taková půda nemůže zcela efektivně poskytnout potřebnou výživu pro dostatečný (plnohodnotný) růst a vývoj rostlin i živočichů. Což v zemědělství způsobuje nemalé problémy. Považuje se za jeden z důležitých faktorů, jenž do velké míry ovlivňuje pěstební produkci v zemědělství takřka po celém světě. Z obecného hlediska lze říct, že příčina nedostatku některého stopového prvku v půdě, spočívá jen v jeho minimalizaci biologické dostupnosti (PETER S. HOODA, 2010). V odborné literatuře jsou zmiňovány případy deficitu téměř všech stopových prvků, které jsou z hlediska vývoje a pěstování pro rostliny důležité, výjimku zde tvoří pouze chlor. Všechny rostliny pro plnohodnotný růst potřebují dostatečnou výživu, ta zahrnuje i stopové prvky, v důsledku tohoto nedostatku schází stopové prvky i v samotných

plodinách. S postupným navýšením poptávky produktů v zemědělství se zvyšuje i samotný nedostatek důležitých stopových prvků.

3.1.1 DEGRADACE PŮD

Degradace půd se stává být celosvětovým problémem. V současnosti nabývá pojem degradace půdy širší význam, zahrnuje veškeré procesy vedoucí ke znehodnocení funkčnosti půdy, ať už se jedná o vodní či větrnou erozi, kontaminaci nebo zhoršení fyzikálních vlastností. Z hlediska zemědělského lze degradaci půdy definovat jako ztrátu její produkční schopnosti, z ekologického hlediska považujeme již zmiňovanou degradaci půdy jako ztrátu, kdy degradovaná půda pozbyla schopnost plnit svou přírodní funkci. Obecně lze říct, že příčiny degradace způsobené člověkem jsou důsledkem jeho necitlivého a nesprávného způsobu, jakým na dané půdě hospodařil. (Kolektiv autorů, Výhledová a situační zpráva MZe o půdě z roku 2006).

Za běžných podmínek v České republice ohrožuje zemědělsky i lesnický využívané půdy šest základních typů degradace:

- fyzikální degradace
- vodní a větrná eroze
- acidifikace a debazifikace
- degradace znečištěním a kontaminací
- biologická degradace
- úbytek organické hmoty (humusu)

(Kolektiv autorů, Výhledová a situační zpráva MZe o půdě z roku 2006).

Za jednu z nejzávažnějších degradací půdy je považována půdní eroze, jejím důsledkem půda přichází o velmi cennou (nejúrodnější) část jako je ornice. V minulosti byla degradace půdy vlivem zrychlené eroze do jisté míry podceňována, velkou měrou byla ovlivněna velkovýrobním způsobem hospodaření. A to mělo na půdní úrodnost jako takovou ohrožující vliv. Díky ní je měněna půdní struktura i její vodní kapacita, což ve svém konečném důsledku vede až ke snížení půdní úrodnosti. V současnosti by se měla ochraně půdy před degradací (zejména před vodní a větrnou erozí) věnovat náležitá pozornost, mít větší snahu o napravení škod způsobenou dřívějším hospodařením na zemědělských půdách.(PODHRÁZSKÁ,2005).

3.2 ORGANICKÁ HMOTA V PŮDĚ

LEDVINA a kol. (1999) charakterizuje půdní organickou hmotu jako soubor veškerých neživých org. látek, jenž se nachází v půdě nebo na jejím povrchu.

MIKULA, (1998) dělí organickou hmotu půdy takto: organickou hmotu v půdě tvoří primární organická hmota (dosud nerozloženými nehumusovými látkami) rostlinná složka, která zahrnuje i (řasy, sinice, houby, mechy), složka živočišná (včetně bakterií, mikroorganismů, obratlovců i bezobratlých) dohromady s jejich exkrekty (rostlinné kořenové exsudáty, živočišnými exkrekty, enzymy mikroorganismů) i humusem (jež je výsledkem rozkladných procesů s následnými syntetickými reakcemi, kondenzačními i polymeračními).

Organická hmota v půdě plní nezaměnitelnou úlohu v utváření a zlepšování fyzikální vlastnosti půdy (retenční schopnost půdy, objemovou hmotnost, schopnost tvoření půdních agregátů, vodní režim půdy). Významným způsobem ovlivňuje rozvoj půdního edafonu (organismů žijících v půdě) biologické, chemické procesy, podílejících se na kvalitě půdy. Řadíme ji k základním činitelům půdní úrodnosti, nedostatek půdní organické hmoty v půdě je v dnešní době závažným problémem, který se netýká jen ČR. Do jisté míry souvisí s poklesem chovu hospodářských zvířat, který se snížil takřka o polovinu (statistika z let 1980 - 2015, ČSÚ, 2015). Důsledkem toho se velmi omezila aplikace organických hnojiv na ornou půdu. Pokud není dostatečně zajištěna pravidelná aplikace organické hmoty do půdy, dochází tak k poklesu její úrodnosti a je následně více ohrožena větrnou i vodní erozí (FIALOVÁ, 2011). Jejím poklesem dochází k degradaci půdy. Půdy, které mají dostatečnou zásobu organické hmoty, mohou lépe odolávat výkyvům počasí i abiotickým a biotickým faktorům.

Půdní organická hmota je zastoupena pouze 2-5 % v půdě, její zastoupení je podstatně nižší než je minerální podíl půdy (ten tvoří 95-98 %), její vliv v půdě je však rozhodující u procesů vývoje půdy a půdní úrodnosti. Významným způsobem ovlivňuje řadu půdních vlastností (VANĚK a kol, 2009). Organická hmota sestává ze dvou složek, ze složky živé a neživé. Obě tyto části organické hmoty půdy jsou důležité, navzájem se ovlivňují a v konečném důsledku působí na celkovou biologii půdy. Část organické hmoty v půdě, je přeměněna pomocí rozkladných a syntetických procesů na humus.(mineralizace, humifikace, karbonizace a ulmifikace).

MEIER, PLOEGER, VOGTMANN (2003) popisují, že pokud je zvýšen obsahu humusu o 0,2 % způsobí zvýšení využitelné vodní kapacity v průměru o 0,5 % a objem

pórů o 1 %. Humusové látky jsou součástí tvorby půdních agregátů, jsou zdrojem energie pro rostliny (i mikroorganismy), slouží jako zásobárna živin. Velký význam hrají v ovlivňování vodního režimu půdy.

Obsah organické hmoty v půdě se stanovuje podle oxidovatelného uhlíku, stanovené množství je nutné vynásobí koeficientem 1,724. Obsah organické hmoty se v našich zemědělských půdách pohybuje mezi 1,5 – 7 %, nejčastěji však v rozmezí 2 – 3 %. JANDÁK, POKORNÝ, PRAX, 2010). Půdní organická hmota je největším světovým terestrickým zdrojem uhlíku. Samotný proces tvorby humusu nazýváme humifikace. ŘÍMANOVSKÝ, (1994) uvádí huminové kyseliny nejdůležitějším výsledným produktem humifikace, obsahujícím vysoký obsah uhlíku.

funkce organické hmoty můžeme shrnout v následujících bodech:

- slouží jako zdroj živin pro pěstování rostlin
- dodává potřebnou energii půdním organismům
- zkvalitňuje vodní režim v půdě (zlepšuje schopnost zadržovat vodu u lehčích půd u půd těžkých zlepšuje její propustnost)
- dokáže zvyšovat puřovací schopnost půdy i její asanační schopnost
- posiluje odolnost rostlin
- omezuje vyplavování živin z půdy
- agregačně působí jako tmelivo půdních částic, čímž je pozitivně ovlivněna tvorba drobtovité struktury (JANDÁK, POKORNÝ, PRAX, 2010).

Podle BRADY a WEIL, (2002) půdní organická hmota dodává potřebný uhlík i energii půdním mikroorganismům, slouží tedy pro ně jako zdroj potravy, mikroorganismy jsou důležité z hlediska biochemické aktivity, jejich absence v půdě by vedla až k zastavení funkce téměř celého ekosystému. CISAR a SNYDER, (1995) uvádí, že povrchová organická hmota je hlavním prostředkem při ochraně půdy před erozí a pozitivně ovlivňuje infiltraci vody i zadržování živin v půdě, její celkový podíl může být označován jako indikátor půdní kvality. Odborná literatura se mimo jiné zmiňuje i o příznivých účincích půdní organické hmoty v souvislosti s výnosy plodin, respektive stabilitou výnosů. REICOSKY, (2001) uvádí, že půdní organická hmota má schopnost adsorbovat rozpustné chemikálie, tím dochází k poklesu toxicity některých prvků. Organická hmota svými rozkladnými procesy přispívá ke vzniku pórů a mikropórů, v nichž je voda zadržována, půda tímto způsobem získává svou retenční schopnost.

Organickou hmotu řadíme k nejdůležitějším strukturotvorným látkám, podmínkou vyhovující půdní struktury je její dostatečné doplňování do půdy. (POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001). V současné době obsah organické hmoty v půdě klesá, do jisté míry je to důsledek způsobu hospodaření. Poklesem organické hmoty v půdě je snižována její infiltrační vodní kapacita, což vede k většímu odtoku vody a erozi půdy. Její deficit se mimo jiné odráží ve snížené schopnosti půdy zadržovat vodu, celková půdní úrodnost je snížena (MIKULA, 1998). Rizikovými faktory zapříčiňující její úbytek je celá řada, ovlivňuje jej snížený obsah rozkládajících se organismů, ale i jejich zvýšená rychlost rozkladu, následkem antropogenních nebo přírodních činitelů. Zásadním se jeví způsob hospodaření, jenž bere příliš (zrno, slámu) a dává málo (hnojení minimem organických hnojiv) dále pak eroze půdy, intenzivní vápnění, aplikování vyšších dávek dusíkatých hnojiv, minimální zastoupení jetelotravních směsí v osevním sledu.

Důležitost organické hmoty v půdě spočívá i v její schopnosti zadržovat vodu, má schopnost zadržet až dvacetinásobek své vlastní hmotnosti. (REICOSKY, 2001) Což je hlavně u písčítých a suchých půd velice žádoucí pro udržení vegetace. Ideálním prostředkem k doplnění, či zvýšení organické půdní hmoty je zcela jistě kompost, Kvalitní kompost s sebou přináší do půdy již organické látky, které jsou stabilizované (působí v půdě pomaleji..), ty pak významným způsobem v půdě ovlivňují obsah organických látek, (VANĚK et. al., 2009). Důležitost problematiky úbytku organické hmoty v půdě, by neměla být podceňována, péče o její udržení v půdě, by měla být pojata jako celek v rámci systému hospodaření v zemědělství. (MIKULA, 1998).

3.2.1 ORGANICKÁ HNOJIVA

Organickým hnojivem je dle zákona č.156/1998 Sb. (zákon o hnojivech) hnojivo, v němž jsou deklarované živiny obsaženy v organické formě. Organická hnojiva jsou prostředkem, kterým lze zabezpečit přísun organických látek do půdy. Plní celou řadu dalších pozitivních funkcí. Obsahují všechny potřebné živiny pro rostliny, slouží jako zdroj energie a uhlíku pro půdní mikroorganismy, mají pozitivní vliv na fyzikální a chemické půdní vlastnosti (drobtovitou strukturu půdy, poutání živin, poměr vody a vzduchu v půdě). Zvyšují však dešťové vody i samotnou půdní vododržnost, umožňují pohyb gravitační a kapilární vodě a tím zlepšují hospodaření s vodou v půdním profilu. Mimo jiné mají pozitivní vliv na vododržnost půdy. Organická hnojiva do půdy dodávají primární organickou hmotu, pomocí ní je chráněn

tzv. trvalý humus proti rozkladu, tím do jisté míry přispívá k eliminaci možné degradace půdy. Z části omezují působení větrné i vodní eroze půdy. Mezi organická hnojiva řadíme: chlévský hnůj, kejdu, zelené hnojení, slámu, kompost. (RICHTER, KUBÁT, 2003)

3.3 APLIKACE KOMPOSTŮ

V současnosti je ohroženo více než 60 % orné půdy vodní erozí, Na těchto půdách je nutností zabránit povrchovému smyvu půdy při intenzivních, či déle trvajících dešťových srážkách. Aplikace kompostů je jednou z možností jak dobře zásobit půdu organickou hmotou, což je důležitý faktor při protierozní ochraně půdy. OUATTARAA a kol., (2007) uvádí, že dodáme-li do půdy kompost, zlepšujeme tím hydraulické vlastnosti i samotnou infiltraci. Zapravením kompostů do půdy jsou vytvářeny příznivé podmínky pro rozvoj mikroorganismů, taktéž je velmi pozitivně ovlivněna fyzikální vlastnost půdy (BURG,2012).

Vyzrálé komposty mají stabilní, vysoký podíl organické hmoty, která spolehlivě přispívá k tvorbě půdního humusu (BADALÍKOVÁ, 2008). Z vyzrálého kompostu se živiny uvolňují pozvolně, tím pádem je prodlouženo jeho působení v následujících letech.

ŠREFL,(2011) uvádí jako základní funkce kompostu tyto pozitivní aspekty:

- schopnost stabilizace kyselosti půdy, jejího ph.
- snížení spotřeby závlivky minimalizací vysychání půdy
- zvýšení vodní kapacity i její vodní jímavost
- zlepšení nakypřenosti utužených a těžkých půd
- snížení vodní eroze na svazích
- schopnost regenerace narušených půd
- podpora života v půdě

PLOŠEK, ZÁHORA, (2015) uvádí, jako pozitivní vliv kompostu na půdu zvýšení půdní úrodnosti.

3.3.1 ZPŮSOBY APLIKACE KOMPOSTU

Pro samotnou aplikaci kompostů platí určité zásady, týkající se především půdních nároků na živiny s přihlédnutím k ekologickým faktorům ovlivňující danou půdu. Nejprve je nutné stanovení vhodné dávky hnojiva (kompostu), ta je volena

většinou podle půdního rozboru. Způsoby aplikace kompostu v zemědělství jsou různé, dělíme je na aplikaci **plošnou, řádkovou, hloubkovou a hnízdovou**(BURG, 2012).

- Plošná aplikace se vyznačuje rozvrstvením kompostu po celé ploše, tento způsob převládá.
- Řádkovou aplikací rozumíme aplikaci kompostu do brázdy v kořenové zóně, provádí se zaoráním.
- Hloubkovou aplikaci provádíme pomocí hloubkového kypřiče, jemný kompost je do profilu kořenové zóny aplikován kanálem, který je umístěn ve slupici do hloubky 50-60 cm.
- Hnízdová aplikace, její princip spočívá v dávkování kompostu k přímo k jednotlivým rostlinám za pomoci traktorového vrtáku, výhodou je přisun hnojiva přímo ke kořenům rostlin se současným prokypřením a provzdušněním v půdním profilu.

Aplikaci kompostů je možné rozdělit i z organizačního hlediska, kdy je dodání hnojiva podmíněno místem uložení na přímou a dělenou aplikaci. (ALTMAN a kol, 2013).

3.3.2 MECHANIZACE PRO APLIKACI KOMPOSTŮ

V současnosti se ukazuje hned několik problémů při aplikaci vyšších dávek organických hnojiv (kompostů), zejména pokud jde o technickou stránku samotné aplikace. Jedná se hlavně o časovou náročnost, volbu správného způsobu a termínu zapravení. Stroje určené pro aplikaci kompostů je možné rozdělit do níže popsaných skupin:

- **Traktorových rozmetadel pro plošnou aplikaci:** Z hlediska zastoupení patří mezi nejrozšířenější skupinu rozmetadel, určená jak pro plošnou, tak i pro aplikaci na povrch v meziřadí v trvalých porostech. Konstrukčně jsou koncipována jako návěsná, výjimečně pak jako přívěsná či nesená. Jednonápravový podvozek tvoří hlavní část rozmetadla, při vyšší nosnosti ji tvoří podvozek dvounápravový, spolu s korbou tvoří ložný prostor, jenž nese podávací a rozmetací ústrojí s pohony včetně ovládacího zařízení. Ložný prostor, respektive jeho objem činí 5 -20 m³. Nastavením vhodné pojezdové rychlosti a rychlosti dopravníku nastavíme vhodnou velikost aplikační dávky. Dávkování u současných rozmetadel se pohybuje v rozmezí 10 -150 t/ha. Nejčastěji se uplatňují rozmetadla s bubnovým rozmetacím

ústrojím, která jsou tvořena 2 – 4 válcovými rotory na kterých jsou rozmístěny prsty nebo lopatky. Trendy v konstrukčním řešení rozmetadel pro aplikaci jemných kompostů či granulátů směřují k vývoji talířových rozmetacích ústrojí. Rozmetadla jsou vybavena ložnou korbou s objemem 2,0- 6,0 m³, která se vyprazdňuje pomocí vyhrnovacího šneku, pohyblivého dna či jiným mechanismem kterým je hnojivo přiváděno na talířové rozmetací ústrojí (BURG, 2012).

- **Traktorových rozmetadel, kdy se provádí aplikace do strany:** Využívají se k aplikaci hnojiva, kdy je hnojivo rozhazováno po straně jedoucí soupravy plošně, nebo do předem vyorané brázdy. Konstruována jsou jako návěsná s dopravníkovým nebo kotoučovým rozmetacím ústrojí, s užitečnou nosností 3-8 t. Dopravníkové rozmetací ústrojí je tvořeno dvojicí horizontálních frézovacích válců, dopravník přivádí kompost do strany k příkmenému pásu nebo do předem vyorané brázdy. Kotoučové rozmetací ústrojí tvoří rozmetací kotouč s frézovacími lopatkami. Pomocí polohovatelného krytu je možné upravení dávky a částečné usměrnění pohybu kompostu, ten je posuvným dnem přisouván k rozmetacímu ústrojí. Materiál je posouván do strany k příkmenému pásu nebo do předem vyorané brázdy. Nejnovější rozmetadla pro aplikaci do strany jsou konstruována s příčně uloženým šnekovým dopravníkem. (BURG, 2012).
- **Hlubkových kypřičů se zásobníkem,** kdy je možnost dávkovat hnojivo přímo do zvolené hloubky v půdním profilu. Z hlediska aplikace organické hmoty do půdy představují hlubkové kypřiče samostatnou skupinu, které umožňují aplikaci granulátu nebo jemného kompostu. Pro aplikaci tuhých organických hnojiv jsou kypřiče opatřeny 1 - 3 radlicemi s pevnou čepelí (některé mají pohyblivou čepel, a mohou lépe pronikat do půdy). Zásobník dávkuje hnojivo mechanicky pomocí vyhrnovacího šneku, nebo pneumaticky. Nevýhodou se z provozního hlediska ukazuje nízká výkonost a potřeba výkonnějších traktorů pro jejich agregaci. (BURG, 2012).
- **Traktorových nesených aplikátorů pro hnojení do hnízd do předvrtaných otvorů** Zařízení tvoří čelně nesený traktorový vrták na polohovatelném rameni, nesený zásobník hnojiva a dávkovací ústrojí. Pomocí dávkovače je přiváděno hnojivo do předvrtaného otvoru o průměru 100-150 mm a 0,6-0, hlubokého. Výhodou je aplikace hnojiva přímo do kořenové zóny za současného prokypření a provzdušnění půdního profilu. (BURG, 2012).

- **Adaptérů pro hnojení na multifunkčních nosičích, nákladních automobilech** (plošná, stranová, hnízdová aplikace). Běžně jsou využívány pro plošnou aplikaci kompostů adaptéry umístěné na nákladních automobilech. Tyto adaptéry představují ve vinohradnictví nové systémy umožňující víceřádkovou aplikaci, dají se uzpůsobit pro plošnou, hnízdovou nebo stranovou aplikaci. (BURG, 2012).

3.3.3 *MECHANIZACE URČENÁ PRO ZAPRAVENÍ KOMPOSTŮ*

- **Radličné pluh** Při respektování určitých podmínek (půdní vlastnosti, dávka a druh hnojiva, vlhkost) jsou radličné pluh všeobecně vhodné k zapravení organické hmoty. Na geometrii orebního tělesa (odhrnovačky, přídatného zařízení pluhu) závisí schopnost pluhu, kdy povrchovou vrstvu půdy odřízne, promísí a obrátí. Pluh, které jsou opatřeny odhrnovačkou šroubovitého tvaru, půdní skývu dobře obrací, avšak drobení a promíchání půdní skývy je horší. Povrchová vrstva je ale spolehlivě uložena na dno brázdy s minimálním promícháním vrstvy ornice. Jsou vhodné k zapravení hrubších posklizňových zbytků. Pluh s odhrnovačkou válcovitého tvaru hůře obračejí povrchovou vrstvu půdy, drobení a promíchání půdní skývy umí velmi dobře. Jsou vhodné k zapravení aplikované vrstvy kompostu a drobných posklizňových zbytků. Přídatné vybavení pluhu (předradlička, odhrnovač) také ovlivňuje zapravení organické hmoty do půdního horizontu. Předradlička zajistí, že povrchová část skývy je odříznuta a spolehlivě uložena na dno brázdy, min. hloubka vhodná pro orbu je 0,2m. Pomocí zahrnovače je vedena obracená půdní skýva a je zajištěno její dokonalé obrácení. Používá se u pluhů, které jsou vybaveny orebními tělesy (válcovitými odhrnovačkami) z důvodu horší schopnosti obracet půdní skývu. (ALTMAN a kol, 2013).
- **Radličkové kypřiče (talířové pluh, kypřiče a brány)** Pro zapravení kompostu je lze využít. V celé pracovní hloubce prokypří a provzdušní půdu bez toho, aby byla půda obracena. V současnosti jsou využívány pro kypření trvalých travních porostů v meziřadí v celé jejich šířce, do hloubky 0,15-0,20m. Základ je tvořen masivním rámem do kterého jsou uchyceny křídlové radlice široké 300-500 mm, ty jsou osazeny částí, která lze měnit tj. hřbetem radlice a vyměnitelnými břity. (BURG, 2012).
- **Rotační nářadí (rotační pluh, kypřiče, kypřiče se svislou osou rotace)** Pracovním orgánem jsou nože různého tvaru horizontálně upevněny k rotující hřídeli (rotavátory), nebo uchyceny na rotoru vertikálně (rotační kypřiče,

rotační brány). Pohon je zajištěn vývodovým hřídelem, nebo hydraulickým okruhem traktoru. Rotační nářadí velmi dobře drobí půdu. K této skupině patří rotační pluhy, kypřiče a brány. Rotační kypřiče (rotavátory) umožní dokonalé promísení půdy se zapravovanou hmotou díky několikanásobně vyšší rychlosti rotace než je rychlost pojezdu. Je nutné ale počítat nižší výkoností a s vyšší spotřebou pohonných hmot. Rotační pluhy, jejich konstrukční řešení umožňuje dostatečné promísení a drobení skývy s nevýrazným obraccím efektem. Rotační kypřiče se svislou osou rotace, rotační brány lze využít k zapravení organické hmoty jen minimálně, hodí se spíše pro menší dávky kompostu. Prokypří a promísí půdu do hloubky maximálně 0,1 m. Pracovní orgán zde tvoří ocelové prsty, jež jsou uchyceny na rotoru s vertikální osou rotace. (ALTMAN a kol, 2013).

- **Talířové nářadí** Talíře tvarované do kulového vrchlíku zde tvoří hlavní pracovní orgán, vlivem tření o půdu se otáčí. Průměr, zakřivení pracovní plochy spolu s nastavitelným úhlem určuje jejich funkci. Hlavní funkce spočívá v odřezávání skývy, která je intenzivně rozdrobena a promíchána. Avšak obracení skývy je nedokonalé. K této skupině patří talířové pluhy (používané zřídka), kypřiče a brány. Talířové nářadí je velmi vhodné k zapravení organické hmoty, jež má formu malých částic, dochází tak k výbornému rozdrobení půdy. (BURG, 2012).

V běžné praxi se používají pro hnojení dávky kompostu v rozmezí 25 – 30 t. ha⁻¹, ovšem pro zvýšení půdní retenční schopnosti jsou významné dávky pohybující se nad 60 t.ha⁻¹(BADALÍKOVÁ,2008).

Srovnáme-li hnojení kompostem (organickými hnojivy) s hnojením průmyslovými hnojivy, ukazuje se jednoznačně hnojení kompostem finančně i technicky mnohem náročnější. Z obecného hlediska lze říci, že se zvyšující se dávkou kompostu porostou i náklady na samotnou aplikaci (KASPEROVÁ, JANDOVÁ a kol, 2006).

3.3.4 EKONOMICKÉ ASPEKTY APLIKACE KOMPOSTŮ

Aplikace kompostů zlepšuje fyzikální půdní vlastnosti, ale aplikace kompostu vyžaduje poměrně velké náklady.

Celkové náklady (Nc) spojené s aplikací kompostů lze stanovit pomocí následného vztahu:

$$N_c = S \cdot N \text{ ha} \quad (\text{Kč})$$

kde:

S – je plocha pro aplikaci (ha)

N ha – jsou jednotkové náklady (Kč.ha⁻¹)

Jednotkové náklady tvoří 3 nákladové položky(náklady na dopravu, náklady na rozvoz a rozmetání, náklady na zapravení)

$$N_{ha} = N_d \cdot Q + N_a + N_z \quad (\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1})$$

kde :

N_d- jsou náklady na dopravu kompostu k okraji pozemku (Kč.t⁻¹)

Q – aplikační dávka kompostu (t.ha⁻¹)

N_a – jsou náklad na rozvoz a aplikaci na pozemek (Kč.ha⁻¹)

N_z – náklady na zapravení (Kč.ha⁻¹)

Např. pro dávku 40 t kompostu a rozmetadle o nosnosti 5 t uvádí (ZEMÁNEK, BURG, 2012) částku 1400 – 3500 Kč, v závislosti na velikosti pozemku.

3.4 RETENCE VODY V PŮDĚ

V hydrologickém cyklu krajiny má půda dominantní postavení (KUTÍLEK, 1978). Vodní režim půd je významným faktorem, který ovlivňuje všechny procesy v půdě včetně jejího zpracování. Půdní prostředí hraje klíčovou roli v koloběhu vody v přírodě. Na jednu stranu akumuluje vodu a tím přispívá k rovnoměrnému využívání srážek, které jsou mnohdy nerovnoměrně rozděleny, na stranu druhou mohou zhoršené povrchové vlastnosti půdního profilu velmi ohrozit odtoky z přívalových srážek. (KUTÍLEK, 1978)

Důležitost zde hraje objem vody protékající půdou a objem vody, jenž půda v sobě dokáže zadržet. Celý tento složitý proces bezprostředně ovlivňuje celou řadu životně důležitých pochodů v půdě (zásobuje zdroje podzemní vody, slouží jako zdroj vody pro rostliny, apod.). Pokud je koloběh vody narušený (nevyrovnaný), zapříčiňuje tak střídání sucha a povodní, což v důsledku způsobuje degradaci půdy (BADALÍKOVÁ, MAREŠOVÁ, 2009).

Retencí vody v krajině můžeme charakterizovat jako maximální množství vody, jež je půda po nadměrném zavlažení schopna pohltit (zadržet) v pórech, z nichž je voda

dále uvolňována pro potřeby rostlin, jde o tzv. vodní retenční kapacitu (VOPRAVIL a kol, 2011). Zbytková voda, která se nestačila během srážek vsáknout do půdy (infiltrací), přičemž překročila půdní retenční kapacitu, odtéká povrchovým odtokem. Retenční kapacitu půdy ovlivňují mnohé faktory, mezi hlavní řadíme zrnitost a strukturu půdy, půdní typ, obsah skeletu a humusu v půdě.

Retence vody v půdě je jednou z důležitých vlastností půdy pro zachování trvale udržitelného rozvoje krajiny. Neboť dostatek vody v půdě zajistí dobré podmínky pro pěstování rostlin. Voda v půdě, respektive její pohyb v ní, se mění podle typu půdy, jejího zpracování a klimatických podmínek.(BADALÍKOVÁ,BÁRTLOVÁ, 2010). Retenční schopnost půdy lze hodnotit pomocí různých metod (vlhkost půdy, infiltrace).

3.4.1 ZVÝŠENÍ RETENČNÍ SCHOPNOSTI PŮDY UPLATNĚNÍM ORG.

HNOJIV (KOMPOSTŮ)

Půdy v ČR, respektive jejich velká část, je řazena do kategorie půd s velmi nízkou a nízkou retenční vodní kapacitou (Situační a výhledová zpráva MZe, 1999; Národní strategický plán rozvoje venkova ČR za období 2007–2013). Je tedy potřebné retenční kapacitu půdy zlepšovat. Pro zajištění vysoké retenční schopnosti půd je důležité, aby byla udržována dobrá struktura půdy a zároveň i zásoba její organické hmoty, to lze dosáhnout pomocí aplikace organických hnojiv (např. kompostů). CÍLEK (2010) považuje úbytek organické hmoty v půdě spolu s úbytkem půdní fauny a flory, s nízkou retenční schopností půdy jedním z hlavních evropských problémů, týkající se půdní politiky.

ALTMAN a kol.,(2013) uvádí, že množství a především kvalita zapraveného kompostu do půdy ovlivňuje vlastnosti půdy, vlastnosti chemické, fyzikální, ale i biologické, což v samotném důsledku ovlivní i retenční schopnost půdy. BADALÍKOVÁ,ČERVINKA, (2007) uvádějí pozitivní vliv zapraveného kompostu nejen na zlepšení nárůstu obsahu organické půdní hmoty, která je přetvářena na humus, což je podmínka půdní úrodnosti, ale zvláště na významný pozitivní vliv kompostu na retenční schopnost půdy. Retenční schopnost půdy pozitivně koreluje s obsahem organické hmoty. Například HEJDUK, (2009) uvádí zjištění, že vyšší retence je na obhospodařovaných půdách, zatím co na trvalých travních porostech je retence nižší. Působení kompostu z hlediska života v půdě je mnohostranné, svými schopnostmi tvorby humusu zcela převyšuje ostatní formy organického hnojení. Použitím kompostů je v půdě zvyšována koncentrace organické hmoty s tím souvisí nárůst obsahu středních

pórů, což vede ke zlepšování retenční schopnosti půdy. (PLÍVA, KOVAŘÍČEK. VLÁŠKOVÁ, 2012).

Řešeno bylo nesčetně studií, kdy bylo sledováno zlepšení schopnosti půdy lépe zadržet vodu po aplikaci různých dávek kompostů. Například PANDEY , SHUKLA,(2006) prováděli pokus, kdy do půdy zapravili kompost v dávce 100 t /ha, z jejich dvouletých výsledků vyplynulo razantní zlepšení retenční schopnosti půdy.

Naopak EVANYLO, SCHERONY,(2002) ve svém pokusu, kdy taktéž aplikovali kompost do půdy, nezjistili během dvou let zlepšení retenční schopnosti půdy žádné. To ukazuje, že aplikace kompostu se pravděpodobně pozitivně projeví v delším časovém horizontu.

3.5 INFILTRACE VODY V PŮDĚ

Infiltrace představuje součást koloběhu vody v krajině, plní v ní významnou úlohu. Radíme ji k základním činitelům půdní úrodnosti. Zjednodušeně řečeno jde vlastně o proces, při kterém má půda schopnost přijímat a zadržovat vodu a uvolňovat ji pro potřeby rostlin. Infiltrace je významným ukazatelem při hodnocení zdraví a kvality půdního prostředí (ZÁHORA, 2012). Definovat ji můžeme jako proces, při kterém se dostane vsakem vody do půdního profilu většina vodních srážek, kde se následně vytváří zásoby půdní a podzemní vody. Jde o zvláštní případ, kdy se voda pohybuje v nenasyčeném vodním prostředí. Infiltrace je velmi důležitá, jakožto proces, kterým je ovlivněno celé vodní hospodářství půdního profilu. (BADALÍKOVÁ, HRUBÝ, 2007). Infiltrační potenciál půdy je významným faktorem při ochraně půdy před vodní erozí. Pokud je infiltrační schopnost půdy nedostatečná, pak je velmi omezeno vsakování vody do půdy, Přičemž v kombinaci s vydatnými dešti leckdy způsobí povrchový odtok a následnou půdní erozi. Velký význam má snaha člověka o zvýšení infiltrace vody do půdy, kdy je omezena samotná vodní eroze, jakožto jeden z nástrojů protipovodňových opatření. (VOPRAVIL a kol, 2011). Přítomnost vody v půdě je zásadní pro všechny procesy, které se v půdě odehrávají, v součinnosti se vzduchem, teplem a živinami tvoří hlavní podmínku půdní úrodnosti.

Její průběh je závislý na množství vody, i jakým způsobem se voda na povrch půdy dostane (závlaha, postřik, srážky apod.). Ovlivněna je také vlastnostmi dané půdy, její strukturou, zrnitostí, pórovitostí, objemovou hmotností, obsahem a kvalitou organické hmoty, množství vzduchu v půdě, stavbou jejího půdního profilu i na rozprostření kořenů v půdním profilu aj. Je-li schopnost vsakování vody do půdy narušena, dochází

snadněji k vodní erozi.(BADALÍKOVÁ,HRUBÝ, 2007). Velký význam při intenzivních srážkách je poměr mezi půdní infiltrací a povrchovým odtokem vody, pokud je povrchový odtok velký a infiltrace nízká, dochází zde k vysokému riziku lokálních povodní a vodní eroze při přívalových deštích (HŮLA, KOVAŘÍČEK, KROULÍK, 2010). Rychlost jakou je voda půdou vsakována charakterizujeme jako intenzitu infiltrace.(LHOTSKÝ, 2000). Množství celkové vody, která se půdy vsákla, charakterizujeme jako kumulativní infiltraci.

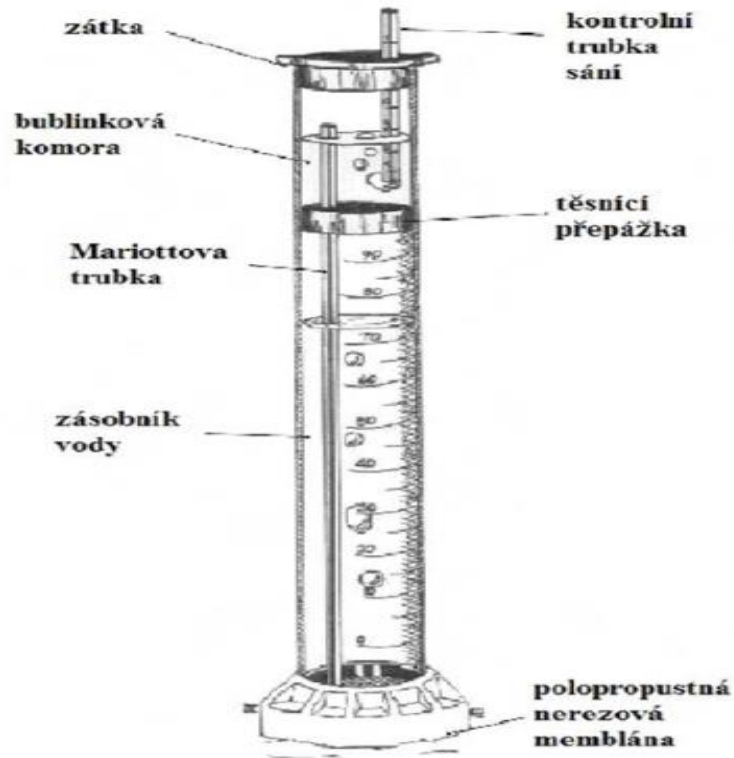
3.5.1 METODY HODNOCENÍ INFILTRACE

Metod pro hodnocení infiltrace vody do půdy existuje mnoho, používány jsou různé infiltrometry, nejčastěji používané jsou tlakový infiltrometr a dvouválcový kruhový infiltrometr. Velmi často je také používána metoda, kdy je infiltrace vody do půdy měřena pomocí simulátoru deště. Jejich konstrukce umožňuje přivádět vodu na sledovanou půdu ve formě, která je podobná dešti přírodnímu. Podle MEYERA, (1994) jsou hlavními výhodami používání simulátorů deště rychlost, účinnost, kontrolovatelnost a přizpůsobivost. Využívána je i metoda, kdy je infiltrace hodnocena pomocí kruhového infiltrometru. Obě tyto metody hodnotí vododržnost a hydraulickou vodivost půdy, hydraulická vodivost určuje, jakou rychlostí proniká voda do půdy, přičemž je ovlivňována kontaktem s danou půdou. Hydraulická vodivost půdy je jedna z nejdůležitějších vlastností, která ovlivňuje pohyb vody v půdě (ŠINDELÁŘ a kol.2008). Je závislá na půdních vlastnostech a obsahu vody v půdě, nejvyšších hodnot dosahuje při úplném nasycení půdy vodou (JANDÁK, POKORNÝ,PRAX,2010)

Tlakový infiltrometr MINI DISK

Tento minidiskový infiltrometr se vyznačuje jednoduchou manuální obsluhou, je lehce přenosný, spotřeba vody při samotném měření je malá (135 ml u jednoho měření). Což je jeho velkou výhodou. Měření pomocí tohoto minidisku je poslední době poměrně novou metodou. Přístroj je složen dvěma komorami umístěnými nad sebou (viz. Obr. 1) Tyto komory se naplní na počátku měření vodou. Pomocí trubičky umístěné v horní (proublávací) komoře lze nastavit požadovanou tenzi (sání), tím je docíleno, že se voda nebude pronikat do trhlinek a chodbiček v půdě, její pohyb bude ovlivněn pouze hydraulickými silami. Intenzita sání se určuje podle druhu půdy, kterou chceme „ měřit „. Dolní komora de facto odměrným válcem, jeho spodní část tvoří porézní disk ze spékané oceli, který umožňuje průtok vody s následným vsakem

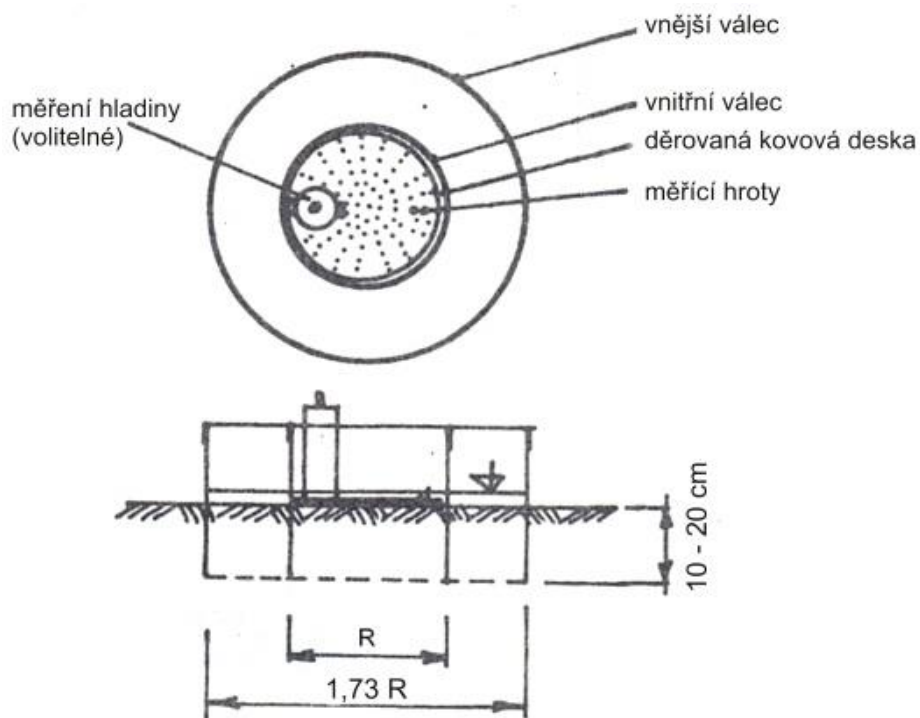
do půdy. Disk je relativně malého průměru (4,5 cm), díky tomu nám umožňuje snadné umístění na povrch půdy, jenž má být pokud možno urovnaný.



Obr 1. Infiltrometr Mini Disk (foto: Decagon Devices-manuál)

Dvouválcový infiltrometr

V současnosti je tato metoda měření nenasycené hydraulické vodivosti, klasickou používanou metodou. Infiltrometr je složen ze dvou soustředěných válců, které se zarazí do půdy a z vnitřní desky, která je opatřena měřicími hroty. Měření probíhá ve vnitřním válci, úkolem vnějšího válce je zachování svislou polohu proudnic při infiltraci, které se nachází pod vnitřním válcem. Kruhová děrovaná deska se dvěma hroty umístěná uvnitř válce slouží ke čtení poklesu hladiny.(viz Obr. 2)

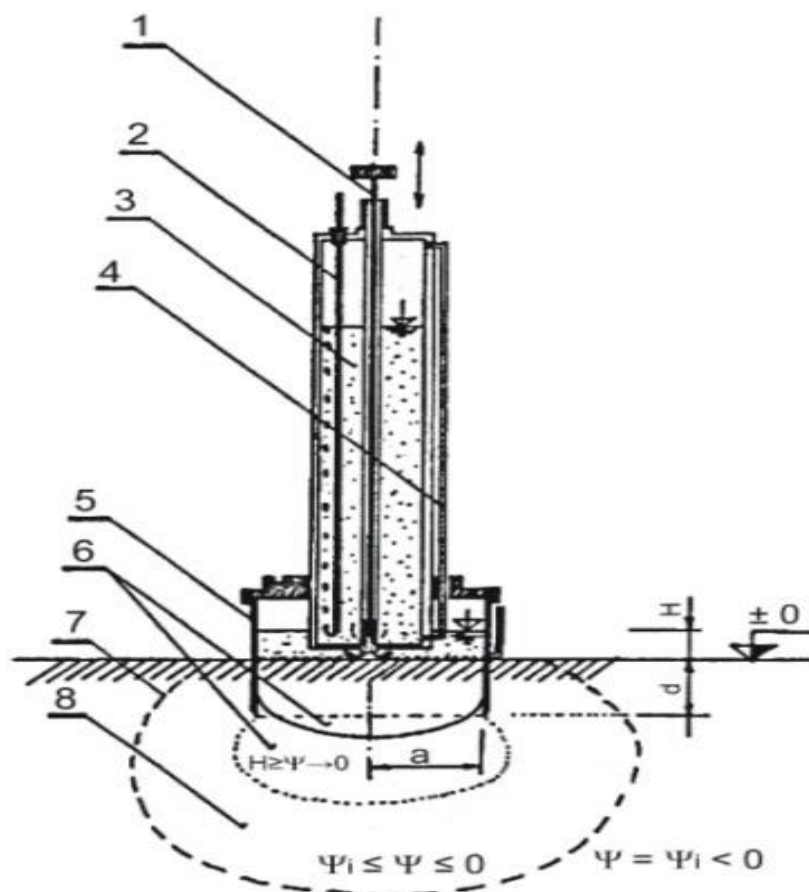


Obr. 2 Schéma dvouválcového infiltrometru

(převzato z <http://hydropedologie.agrobiologie.cz>)

Tlakový infiltrometr

Jedná se o jednoduchý tlakový infiltrometr Mariottova typu, který popisují (MATULA, KOZÁKOVÁ, 1997). Infiltrometr nevyžaduje žádný zdroj energie, princip měření spočívá na mechanicko – hydraulickém základě. Pomocí tohoto infiltrometru je měřena kumulativní infiltrace do půdy z výtopu v malém infiltračním válci o průměru 15 cm, a to z dostačující přesností. Je přenosný a je možné ho obsluhovat jedním či dvěma pracovníky.



Obr 3. Schéma tlakového infiltrometru (MATULA A KOZÁKOVÁ, 1997).

Popis infiltrometru

1- pístový ventil sloužící k otevření a zavření výtoku vody, 2- nastavitelná trubice pro nastavení tlakové výšky vzhledem k infiltračnímu povrchu, 3- vodní zásobník, 5 - kovový válec, 6- saturovaná zóna, 7- čelo zvlhčení, 8- zóna zvlhčení

3.6 UTUŽENOST PŮDY

Utžení půdy lze definovat jako půdní fyzikální degradaci, v jejím důsledku je utženo podorničí, na povrchu půdy se tvoří krusty, tím pádem jsou negativně ovlivněny veškeré funkce půdy. Zhutňování (utužení) půd je ovlivněno dvěma faktory, přirozeným faktorem (přírodním) a umělým (antropogenní činností), mezi hlavní přirozené faktory řadíme mechanicko- fyzikální stav půdy, tento stav vyplývá ze složení organického a anorganického půdního podílu, dalším přirozeným faktorem je kořenový

tlak při prorůstání kořenů rostlin do půdy. Umělé faktory především souvisejí s mechanizovanými agrochemickými zásahy (ŠAŘEC, HUDÍK, PROŠEK, 1998).

Utúžením je v ČR ohroženo kolem 49 % zemědělských půd. Z toho přibližně 30 % je zranitelných tzv. genetickým (přírodním) utúžením a více než 70 % je vystaveno tzv. technogennímu utúžení (Situační a výhledová zpráva o půdě MZe, 2015). Nadměrné utúžení (zhutnění) půd negativně působí na veškeré aspekty potřebné k využívání půdy (agronomické i ekologické), jsou narušeny základní funkce půdy. V důsledku je pak problém v omezení samotné schopnosti obnovy půdní úrodnosti. (POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001).

Utúženost (zhutnění) půdy je způsobena především jako následek nevhodného způsobu obhospodařování půdy, používáním mnohdy nevhodné těžké mechanizace, která na půdu při pojezdech působí značným měrným tlakem. Pokud tlaky mechanizace působící na půdu překročí určitou mez (tzv. okamžitou půdní únosnost) dochází následně k deformaci, v horším případě až k destrukci půdy. Limit kontaktního tlaku na půdu se pohybuje v rozmezí 50 – 150 kPa. (LHOTSKÝ, 2000). K dalším faktorům, které negativním způsobem ovlivňují (násobí) technogenní utúžení půd, řadíme používání nevhodné mechanizace, změny pH spolu s úbytkem organické hmoty v půdě. Negativním způsobem může utúžení půdy ovlivnit nevyvážený osevní sled. Jako následek utúžení půdy je zvýšena její objemová hmotnost, která patří spolu s půdní pórovitostí mezi důležité indikátory stavu půdního zhutnění. Utúžení půdy zapříčiňuje omezení růstu kořenů rostlin v půdním profilu, čímž se vytváří nepříznivé podmínky pro rostliny, výnos se tím snižuje o 10 – 20 %. Negativně se vliv utúžení na půdu projevuje na vodním půdním režimu, důsledkem utúžení půdy se nedostatečně vsakuje voda, která následně odtéká, a podílí se tak na půdní erozi. Přičemž zemní podloží zůstane suché, následkem toho kořeny rostlin obtížně pronikají do půdy, úroda je pak odkázána při nedostatku deště na umělé zavlažování. (ELZAKKER, 1994). HAMZA, ANDERSON, (2005) uvádí nežádoucí půdní zhutnění mezi hlavní problémy moderního zemědělství.

Pokud je míra utúžení (zhutnění) půdy vysoká, zapříčiňuje tyto negativní jevy:

- Půdní prostředí je narušeno, dochází k jeho celkovému zhoršení
- Energetická náročnost při zpracování půdy se zvyšuje
- Výnos a samotná produkce rostlin i jejich jakost je negativně ovlivněna

- Klesá retenční schopnost půdy
- Půdní infiltrace je zpomalena
- Je omezen vzdušný režim půdy

Nežádoucí zhutnění půdy způsobené zemědělskou mechanizací lze minimalizovat následujícími opatřeními (je nutností dodržování těchto pravidel, aby k minimalizaci nežádoucího zhutnění půdy docházelo):

- Provádění zpracování půdy a pojíždění po ní jen za optimálních vlhkostních podmínek
- Opakované ježdění v téže kolejevé stopě je vhodnější z hlediska snižování nárůstu půdního zhutnění
- Je žádoucí na jaře omezení přejezdů na minimum
- Při zpracování půdy je vhodné využívání možnosti agregace operací

(POKORNÝ,FILIP,LÁZNIČKA,2001).

3.6.1 METODY HODNOCENÍ UTUŽENOSTI (ZHUTNĚNÍ) PŮDY

V dnešní době jsou pro praktické účely používány tyto metody:

- Empirické pozorování projevů vnějšího zhutnění
- Z odebraných vzorků půdy se v laboratoři stanoví fyzikální vlastnosti půdy, její objemová hmotnost
- Měření penetrometrický odporu půdy pomocí penetrometru.

(ŠAŘEC,HUDÍK,PROŠEK, 1998).

Penetrometrie je metodou, která stanovuje tzv. penetrometrický odpor půdy. Penetrometrický odpor vyjadřuje odpor půdy proti vnikání sondovací jehly. Výhodou měření penetrometru jsou aktuální výsledky, které se mohou (dají) takřka okamžitě vyhodnotit, a vyvodit z nich patřičné závěry o sledovaném půdním profilu. Na jednom stanovišti by mělo být prováděno 3 – 10 vpichů jednou osobou, rychlost samotného vpichu by se měla pohybovat cca 30 mm/s. Penetrometrické měření je méně vhodné provádět na půdách s větším výskytem štěrku a na půdách, jež mají v půdním profilu nerovnoměrnou vlhkost. Na kamenitých půdách měření provádět nelze.(POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001).

Tabulka č. 1 a 2 uvádí hodnoty třídy a kritické hodnoty penetrometrického odporu půdy.

Tab. 1.: Třídy penetrometrického odporu (ARSHAD et al., 1996)

Třída	Penetrační odpor [MPa]
Extrémně nízký	<0,01
Velmi nízký	0,01 - 0,1
Nízký	0,1 – 1
Střední	1 – 2
Vysoký	2 – 4
Velmi vysoký	4 – 8
Extrémně vysoký	>8

Tab. 2. Kritické hodnoty penetrometrického odporu (LHOTSKÝ, 1983)

PŮDNÍ DRUH-PŮDA	PENETRAČNÍ ODPOR	VLHKOST PŮDY
Jíl	2,8-3,2 (MPa)	28-24 (% hmot.)
Jílovitá jílovitohlinitá	3,2-3,7 (MPa)	24-20 (% hmot.)
Hlinitá	3,7-4,2 (MPa)	18-16 (% hmot.)
Písčitohlinitá	4,5-5,5 (MPa)	15-13 (% hmot.)
Hlinitopísčítá	5,5 (MPa)	12 (% hmot.)
Písčítá	6,0 (MPa)	10 (% hmot.)

Tabulka č. 3 uvádí vybrané hodnoty dle LHOTSKÉHO (2000) fyzikálních vlastností zhutnělé půdy, které jsou kritické a vztažené k půdnímu druhu.

Tab. 3 Kritické hodnoty vybraných fyzikálních vlastností zhutnělé půdy (LHOTSKÝ 2000)

Vlastnost půdy	Půdní druh (obsah částic pod 0,01 mm v % hm.)					
	J > 75	JV-JH 75-45	H 45-30	PH 30-20	HP 20-10	P < 10
Objemová hmotnost po vysoušení (g.cm-3)	> 1,35	> 1,40	> 1,45	> 1,55	> 1,60	> 1,70
Pórovitost (% objemu)	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38
Penetrační odpor půdy (MPa)	2,8-3,2	3,3-3,7	3,8-4,2	4,5-5,0	5,5	> 6,0
při vlhkosti (% hm.)	28-24	24-20	18-16	15-13	12	10

J – jíl, JV –jílovitá půda, JH – jílovitohlinitá půda, H – hlinitá půda, PH – písčitohlinitá půda, HP –hlinitopísčítá půda, P –písčítá půda

3.6.2 VYBRANÉ VLASTNOSTI PŮDY

Půda jakožto heterogenní trojrozměrný útvar, je složena ze tří částí, části pevné, kapalné a plynné. Pevná část je tvořena minerálními a organickými látkami, kapalná část je tvořena půdním roztokem, třetí část tvoří půdní vzduch. Mezi těmito částmi panuje úzký vztah, jejich vzájemné ovlivňování a působení mezi sebou včetně probíhajících procesů mezi nimi tak v konečném důsledku určuje různé půdní vlastnosti (fyzikální, chemické, biologické).

Pórovitost

V části objemu půdy se vyskytují prostory, které nejsou zaplněny tuhou fází půdy, vzniklé prostory nazýváme půdními póry. Pórovitost lze charakterizovat jako celkový objem pórů různého tvaru a velikosti, jež jsou navzájem různým způsobem propojeny. Jsou významné pro růst rostlin, migraci a využití látek. Podle velikosti rozlišujeme jemné (**kapilární**) póry – (průměr do 2 mm) voda v nich je ovlivněna kapilárními silami, ty vodu zadržují a zároveň jí umožní pohyb proti působení gravitace. Je v nich omezen pohyb vzduchu, uvnitř pórů se uskutečňují fyzikálně chemické a biologické děje. **Hrubé (nekapilární) póry** – voda se v pórech volně pohybuje do spodních vrstev a na její místo se dostává vzduch, významným způsobem se podílí na výměně plynné fáze mezi půdou a ovzduším. **Střední (semikapilární) póry** – jsou přechodem mezi póry kapilárními a nekapilárními. Celkový poměr kapilárních a nekapilárních pórů se odráží ve vzdušném a vodním režimu půd, ovlivňuje zejména rychlost, jakou se voda pohybuje v půdě. (JANDÁK, POKORNÝ, PRAX, 2010).
Výpočet stanovení pórovitosti: Pórovitost v % = $(p_s - p_d) \cdot 100 / p_s$

Kde: p_s – měrná hmotnost vzorku z daného analyzovaného horizontu a p_d – objemová hmotnost redukováná tohoto horizontu.

Struktura

Vyjadřuje prostorové uspořádání půdních agregátů, jejich velikost a tvar. Strukturu půdy lze podle tvaru a velikosti agregátů rozdělit na hrudovitou, práškovou, drobtovitou, prizmatickou, sloupkovitou. Půdní struktura je velmi důležitá u zemědělských půd, protože ovlivňuje vzdušný režim v půdě, její kapilaritu. Velkou měrou se tak podílí na vodním režimu půdy. Půdní strukturu lze považovat za jednu z důležitých vlastností, která se podílí na půdní úrodnosti. Za optimální lze považovat strukturu půdy se stabilními drobtovitými agregáty (o průměru 1 – 10 mm),

jde o důležitý ukazatel tzv. zralosti půdy, jež představuje ideální stav fyzikálních i biologických půdních vlastností (JANDÁK, POKORNÝ, PRAX, 2010).

Stupeň jakým je půdní struktura narušena udává (vyjadřuje) koeficient strukturnosti. Vyjadřuje poměr mezi strukturními elementy, přijatelné hodnoty jsou v rozmezí (0,25-10 mm) méně vhodné pak (>10 a <0,25 mm). Čím vyšší je hodnota koeficientu strukturnosti, tím je struktura půdy lepší (to platí samozřejmě i naopak). Struktura 0,25.0,5,2,5,10 mm půdy se stanovuje proséváním suché zeminy přes síta s otvory o velikosti 0,25.0,5,2,5,10 mm. Pro udržení příznivé struktury půdy je důležitým aspektem dodávání organické hmoty do půdy. Například ve formě zeleného hnojení, posklizňových zbytků kompostu apod. (HŮLA a kol., 2010).

Objemová hmotnost

Obecně lze objemovou hmotnost půdy charakterizovat jako hmotnost určitého objemu půdy (1 cm³) v neporušeném stavu, s přirozenou strukturou. Objemová hmotnost půdy je závislá na obsahu vody a vzduchu v půdě, měrné hmotnosti i na podílu půdních pórů s ohledem jakou měrou jsou zaplněné vodou. Hodnota objemové hmotnosti půdy je nestálá, v závislosti na půdní vlhkosti se mění během celého roku. Při hodnocení do jaké míry je půda zhutnělá je objemová hmotnost důležitým sledovaným parametrem (SÁŇKA, MATERNA, 2004).

Měrná hmotnost neboli hustota půdy objemu pevné fáze půdy (bez pórů), za předpokladu, že je dokonale vyplněn daný prostor pevnými půdními částicemi. Můžeme ji také definovat poměrným číslem, které udává kolikrát je vysušené určité množství zeminy při 105°C těžší než je shodný objem vody při 4°C. Její hodnota závisí především na podílu minerálů a organických látek. Stanovení hodnot objemové hmotnosti lze pyknometricky. Nebo gravimetrickou metodou z Kopeckého válečku. (JANDÁK, POKORNÝ, PRAX, 2010).

Vlhkost

Půdní vlhkost lze definovat jako množství vody, které daná půda obsahuje. Její hodnota se v půdním profilu v průběhu roku pohybuje v širokém rozmezí, závisí na srážkách, výparu, odtoku atp. Je základním kvantitativním parametrem udávající vztah mezi půdou a vodou. Vyjadřuje se jako poměr hmotnosti nebo objemu vody v půdě k objemu nebo hmotnosti půdy suché. Tudíž máme dvojí vyjádření půdní vlhkosti, a to objemové a hmotnostní. (KUTÍLEK, 1978).

Metody stanovení půdní vlhkosti lze rozlišovat dle různých kritérií, pokud je například rozlišujeme s hlediska využití, pak metody dělíme na terénní a laboratorní. Pakliže odbíráme půdní vzorek, hovoříme o metodě destruktivní, pokud půdní vzorek odebírat nemusíme, jedná se o metodu nedestruktivní. Vlhkost půdy můžeme zjišťovat pomocí tzv. přímých metod, kdy je zjišťováno skutečné množství vody v půdě obsažené (gravimetrická metoda), nepřímé metody, kdy je půdní vlhkost odvozena z vlastností (čidel), které jsou umístěny v půdě.(odporová metoda, kapacitní metoda, TDR , neutronová metoda, gamaskopická metoda).(JANDÁK, POKORNÝ,PRAX,2010)

4 METODIKA

4.1 POPIS A CHARAKTERISTIKA STANOVIŠTĚ

Pokusná měření byla prováděna na dvou vybraných stanovištích ve viničních tratích. V katastrálním území Velké Bílovice okr. Břeclav. Na začátku a na konci vegetačního období v roce 2015.

Obě stanoviště jsou řazena do kukuřičné výrobní oblasti s nadmořskou výškou do 200 m, podle **BPEJ** (bonitovaná půdně ekologická jednotka) jsou charakterizována takto:

Klimatický region: velmi teplý a suchý

- půdy zde jsou černozemě typu na spraši
- s průměrnou roční teplotou 9 -10 °C
- sumou teplot nad 10°C - 2800-3100
- s průměrným úhrnem srážek 500-600 (mm)
- s pravděpodobností suchých vegetačních období, která činí 30-50 %
- s vláhovou jistotou 0-3

HPJ (hlavní půdní jednotka) černozem modální, černozem luvická, černozem modální karbonátová. Půdní vláhové poměry jsou v kategorii středně vysušné půdy se závislostí na srážkách ve vegetačním období.

- se středně těžkou až lehkou zrnitostí
- se středně vysokým až velmi vysokým obsahem humusu (2-3 %)
- se stupněm sorpčního nasycení 60 -80% (slabě nasycená až nasycená)

- půdní pH. 6,6-7,2 (neutrální)
- s pórovitostí 42-46 % (středně pórovitá)

Stanoviště 1 – ÚLEHLE

Pozemek viniční tratě se nachází v rovinném terénu. Půda je zde černozem, půdní druh - Hlinitá (obsah částic menších než 0,01m je 30-45%).

Stanoviště 2 – ZÍMARKY

Pozemek se nachází v terasovaném vinohradu, na mírně sklonitém terénu do 3 °. Půda je zde Černozem modální, půdní druh - Písčitohlinitá (obsah částic menších než 0,01m je 10-30%),

4.2 VARIANTY ZAPRAVENÍ DÁVEK KOMPOSTU

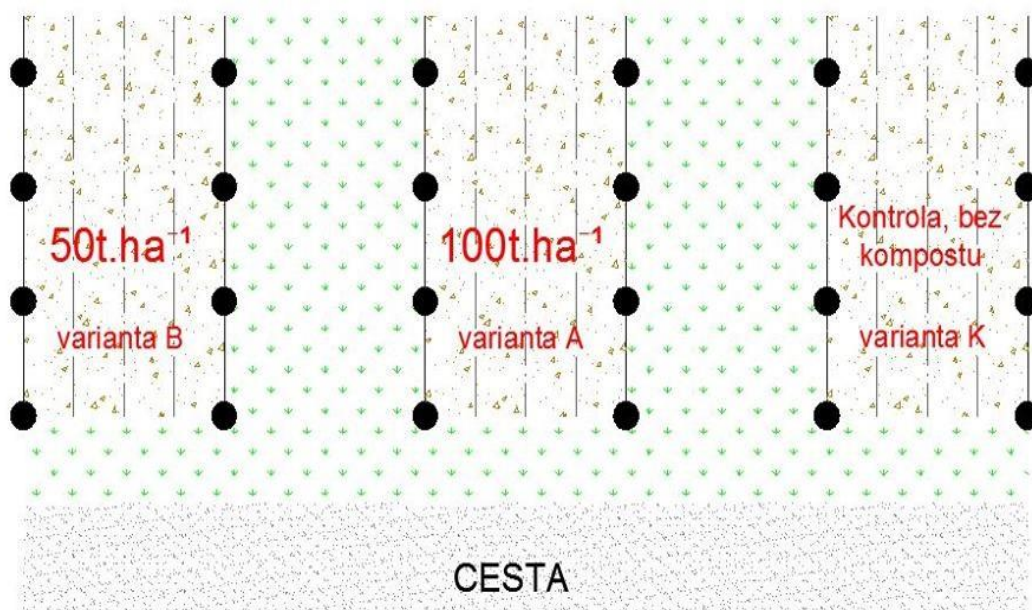
Pro experiment sledování retenční schopnosti půdy, byly použity dvě varianty aplikace dávek kompostu. A to 50 t.ha⁻¹a 100 t. ha⁻¹, třetí varianta byla kontrolní, bez aplikovaného kompostu viz.(Tab. 4)

Tab. 4 Přehled aplikovaných dávek kompostu

Varianta A	100 t. ha ⁻¹
Varianta B	50 t. ha ⁻¹
Varianta K	Kontrola, bez kompostu

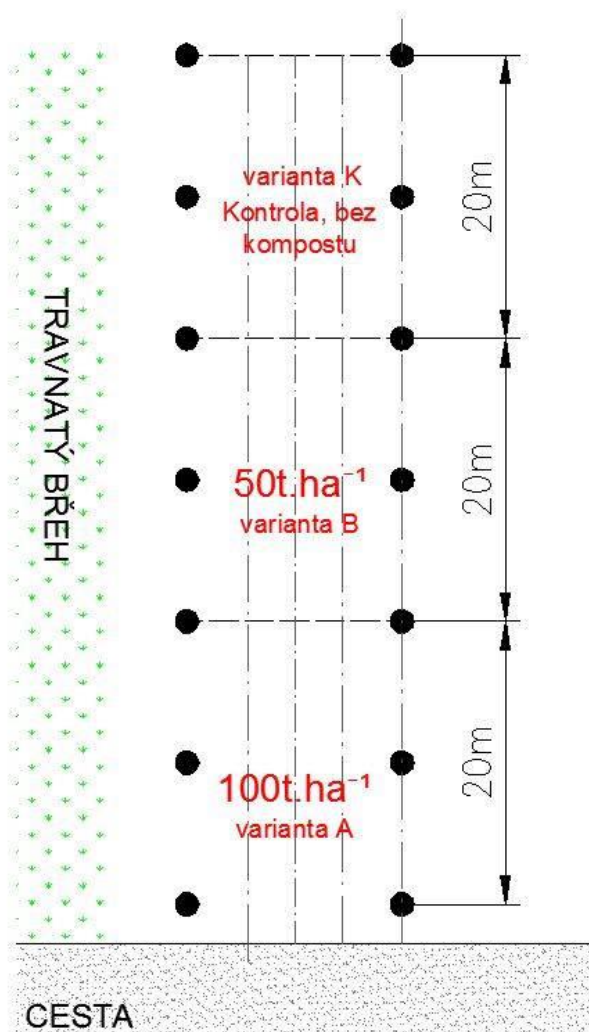
Schéma uspořádání jednotlivých variant experimentu dávek sledování kompostu pro obě stanoviště je uvedeno na Obr. 4. a 5.

STANOVIŠTĚ - ÚLEHLE



Obr. 4 : Schéma uspořádání jednotlivých variant aplikace kompostu na stanovišti Úlehle

STANOVIŠTĚ ZÍMARKY



Obr. 5 :Schéma uspořádání jednotlivých variant aplikace kompostu na stanovišti z

4.3 APLIKACE KOMPOSTU

V roce 2014 na podzim byl na experimentální stanoviště aplikován kompost v dávkách uvedených v tab. 4. Aplikace byla provedena ručně s pomocí jednonápravného návěsu. Dávky kompostu byly propočteny na délku řádku podle sponu vinice. K následnému zapravení kompostu byl použit talířový kypřič. (viz. foto v příloze).

4.4 SLEDOVÁNÍ PENETROMETRICKÉHO ODPORU PŮDY

Samotné měření zhutnění půdy se uskutečnilo dvakrát ročně, a to na jaře a na podzim roku 2015. Míra zhutnění půdy byla zjišťována za pomoci kuželového penetrometru. Měření bylo vyhodnocováno dle metodiky, kterou popisuje ŠAŘEC(1997).

Schéma měření – kolejový řádek, střed řádku, osa řádku(kontrola), pro lepší průkaznost bylo provedeno u každé varianty měření vždy po pěti opakování.

Měření bylo prováděno pomocí kuželového penetrometru (typ P -70), hloubka měření se pohybuje v rozmezí 40 -720 mm, přesnost měření je v řádu 1,4%, počet měření je omezen kapacitou paměti, která umožňuje 998 měření, o maximální tlaku 9,9 MPa, napojení 10,5 V(7 ks 1,5 V-AA minigon), přičemž doba po kterou se nabíjí, je 20 hodin maximálně.

Penetrometr se skládá:

1. měřicí jehly, jejíž hrot je definovaného tvaru
2. tenzometrického dynamometrického čidla
3. snímače hloubky (optického) s měřícím pravítkem
4. vyhodnocovací elektroniky s mikroprocesorem (ŠAŘEC.1997).

1) Měřicí jehlou je tyč kruhového průřezu, která je zakončená měřícím hrotem, jenž je z tvrdé ocele, hrot je definovaného průřezu a tvaru a na jeho opačném konci je spojen s tenzometrickým dynamickým čidlem.

2) Po vtlačení jehly do sledovaného materiálu je potřebná síla snímána tenzometrickým dynamometrickým čidlem. Na ohybovém nosníku obdélníkového tvaru jsou nalepeny jednotlivé tenzometry, což umožňuje snímání pouze síly v ose jehly. Tenzometrický můstek je zapojen tak, že je napájen stabilizovaným proudem, aby byl eliminován vliv teploty. Elektronika, která je obsažena v čidla zesiluje napětí z tenzometrického můstku je následně v převodníku napětí - frekvence převedena na impulsy, počet za časovou jednotku a to v lineární závislosti k síle, jenž působí na jehlu.

3) Optický snímač hloubky obsahující i měřicí pravítko obsahuje vysílač světla se dvěma infasenzory. Měřicí pravítko má 37 otvorů, které jsou od sebe vzdáleny 20 mm. Při měření je jehla vtlačována do sledovaného materiálu za současného posouvání snímače polohy po pravítku.

4) Vyhodnocovací elektronika využívá vlastnosti jednočipového procesoru firmy ATMEL, signály a čidla síly a snímače tlaku se zpracovávají tak, že údaj hloubky jehly ve sledovaném materiálu v cm se zobrazí na čtyřmístném displeji na levém dvojčíslí, na pravém dvojčíslí se pak zobrazí údaj síly potřebné k vtlačení jehly. Hodnoty jsou uvedeny v MPa. Během jednotlivého měření se tyto údaje zobrazovány, po skončení měření je možnost dané údaje číst za pomoci tlačítka READ z paměti RAM. Inicializaci přístroje je zajištěno pomocí tlačítka MEASUR. Zařízení je také vybaveno LED-diodami, které pokud se rozsvítí, upozorňují na nízký stav baterie a zvukovým signálem, který slouží pro kontrolu maximální rychlosti vtlačování jehly do sledovaného materiálu.(ŠAŘEC,1997).

Naměřená data z penetrometru jsou následně exportována do počítače, pro samotné zpracování výsledků použijeme program Microsoft Excel, ve kterém je vytvořena tabulka, která nám udává výsledné hodnoty měření.

4.5 SLEDOVÁNÍ INFILTRACE PŮDY

Sledování infiltrace vody do půdy se uskutečnilo dvakrát ročně, na jaře a na podzim roku 2015 (na začátku a na konci vegetačního období).

Vyhodnocení a stanovení infiltrační schopnosti půdy v závislosti na zapravené dávce kompostu, bylo prováděno pomocí tlakového infiltrometru Mini Disk. Měřena byla hydraulická vodivost půdy $K(h)$. Časový úsek jednoho měření byl 30 minut, odečtení bylo provedeno v intervalu každých 30 vteřin, kdy byla zapsána výška vodní hladiny infiltrometru. Pro lepší průkaznost výsledků bylo u každé sledované dávky kompostu (50,100, kontrola) prováděna tři měření, která byla následně zprůměrována. Postup měření infiltrometrem Mini Disk

Před samotným začátkem měření je nutné si infiltrometr připravit a zkontrolovat. Nejprve si odstraníme vrchní zátku ze sací trubice, kterou následně naplníme vodou (ne destilovanou). Po naplnění vrchní komory sací trubici zasuneme dolů, infiltrometr poté obrátíme a odstraníme spodní polopropustnou membránu (porézní disk) a zásobník naplníme vodou. Poté musíme spodní membránu zpět nasadit a provést kontrolu jeho správného nasazení. Posledním krokem je nastavení úrovně sání, jež nastavíme pomocí sací trubice pohybem nahoru nebo dolů. Do připravené tabulky na počátku každého měření zaznamenáme počáteční stav objemu vody, infiltrometr pak umístíme v čase t , který je roven 0 na povrch půdy a zkontrolujeme kontakt mezi ním a půdou, ten musí

být dostatečně pevný. Dále už jen zaznamenáváme objem vody, který pronikl do půdy v pravidelných časových intervalech.



Obr 6: Infiltrometr Mini Disk (vlastní foto)

Naměřené hodnoty byly vyhodnoceny podle zjednodušeného postupu výpočtu doporučeného výrobcem, kdy je nenasycená hydraulická vodivost půdy vyhodnocována metodou dle ZHANGA (1997).

4.6 VYHODNOCENÍ VÝSLEDNÝCH HODNOT PŘI MĚŘENÍ INFILTRACE

Hydraulická vodivost $K(h)$ je vypočítána následujícím postupem:

- Stanovení průměru hodnot poklesu vodního sloupce v infiltrometru ze tří měření u každé varianty
- výpočet kumulativní infiltrace v [cm] a druhé odmocniny času t [\sqrt{s}].
- Sestavení bodového grafu závislosti kumulativní infiltrace na druhé odmocnině času
- regrese polynomické funkce druhého stupně, $y = a \cdot x^2 + b \cdot x$
- Hodnota infiltrace (hydraulické vodivosti) $K(h) = \frac{C_1}{A}$, kde parametr A je odečten z tabulky 5 podle textury a zvolené tenze. Koeficient C_1 je roven koeficientu a polynomické funkce.

Tab. 5: Van Genuchtenovy parametry a hodnoty parametru A pro Minidisk Infiltrometer (Decagon Devices, Inc., 2005); pro 12 půdních druhů dle texturního trojúhelníku USDA

Texture	α	$n(h)$	A						
			-0.5	-1	-2	-3	-4	-5	-6
Sand	0.145	2.68	2.9	2.5	1.8	3	0.9	0.7	0.5
Loamy sand	0.124	2.28	3.0	2.8	2.5	2.2	1.9	1.6	1.4
Sandy loam	0.075	1.89	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1
Loam	0.036	1.56	5.6	5.8	6.4	7.0	7.7	8.4	9.2
Silt	0.016	1.37	8.1	8.3	8.9	9.5	10.1	10.8	11.5
Silt loam	0.020	1.41	7.2	7.5	8.1	8.7	9.4	10.1	10.9
Sandy clay loam	0.059	1.48	3.3	3.6	4.3	5.2	6.3	7.6	9.1
Clay loam	0.019	1.31	6.0	6.2	6.8	7.4	8.0	8.7	9.5
Silty clay loam	0.010	1.23	8.1	8.3	8.7	9.1	9.6	10.1	10.6
Sandy clay	0.027	1.23	3.4	3.6	4.2	4.8	5.5	6.3	7.2
Silty clay	0.005	1.09	6.2	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.3
Clay	0.008	1.09	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.1	5.3

Výsledkem bude porovnání jednotlivých hydraulických vodivostí K (h) na začátku a na konci vegetačního období a variantách.

Současně u každého měření půdní infiltrace byly odebírány neporušené půdní vzorky pomocí Kopeckého válečků, v hloubce 15 cm, z nichž byla vyhodnocena momentní (okamžitá) vlhkost půdy, viz tabulka 6. Stanovení vlhkosti bylo prováděno gravimetrickou metodou podle JANDÁKA a kol.(2003).

Tab:6 výsledné hodnoty půdní vlhkosti % hm.

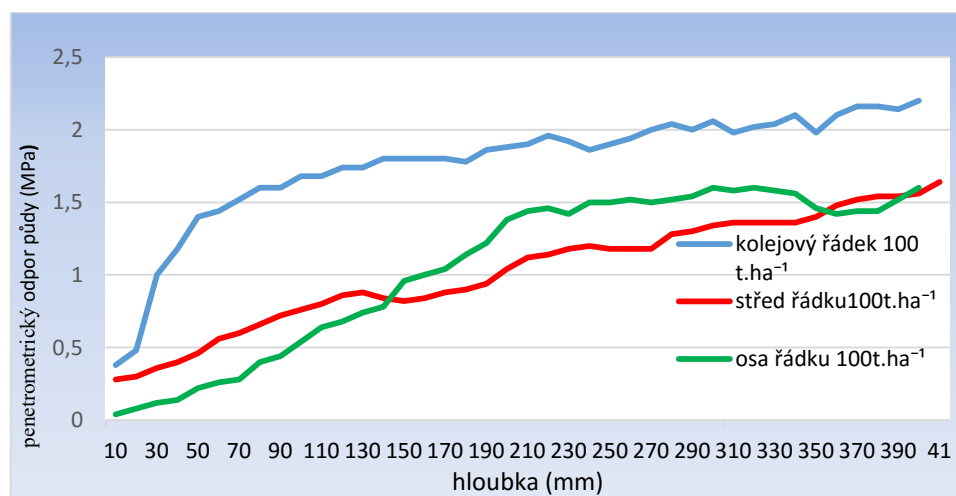
Vlhkost %	Varianta A 100t.ha ⁻¹	Varianta B 50t.ha ⁻¹	Varianta k kontrola (bez kompostu)
Úlehle podzim	19,54%	19,85%	20,48%
Úlehle jaro	18,38%	18,89%	17,26%
Zímarky podzim	18,63%	17,26%	18,71%
Zímarky jaro	18,38%	15,09%	15,20%

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

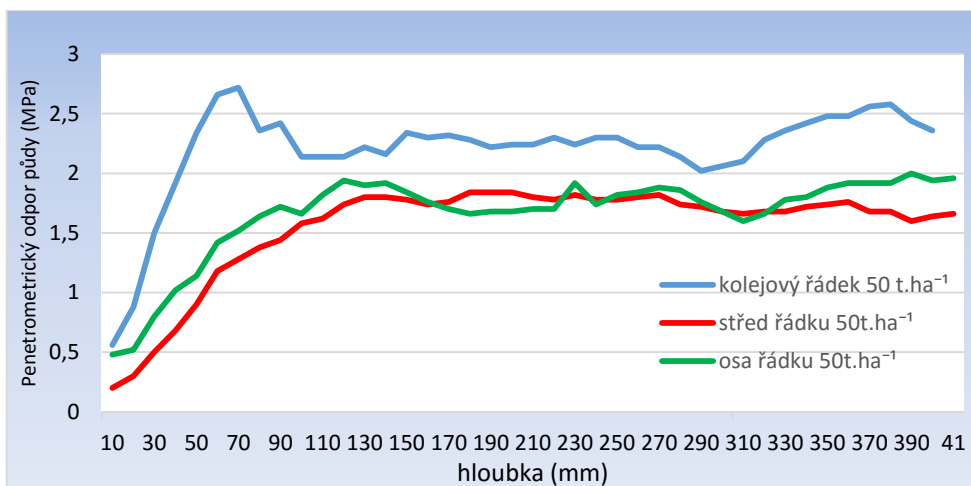
5.1 PENETROMETRICKÝ ODPOR

Hodnoty penetrometrického odporu je nutné konfrontovat s aktuální vlhkostí půdy. Pro půdu hlinitou uvádí LHOTSKÝ (2000) rozsah penetrometrického odporu pro zhutnělé půdy 3,7 – 4,2 MPa, hodnoty jsou platné pro rozsah vlhkosti 18 – 16 % hm. Na stanovišti Úlehle (hlinitá půda) byla v obou termínech naměřena vlhkost 19-16%. U stanoviště Zímarky (písčito hlinitá půda) je rozsah hodnot penetrometrického odporu 4,5-5,0 MPa pro zhutnělé půdy, hodnoty jsou platné pro rozsah vlhkosti 13-15% hm. V termínech měření byla naměřena vlhkost 15-18 %. Z tohoto důvodu, je nutné hodnoty penetrometrického odporu redukovat tak, že za každé procento vlhkosti nad uvedený rozsah se odečte 0,25 MPa. Naměřené hodnoty ze stanoviště Zímarky byly tedy sníženy o 0,5 MPa

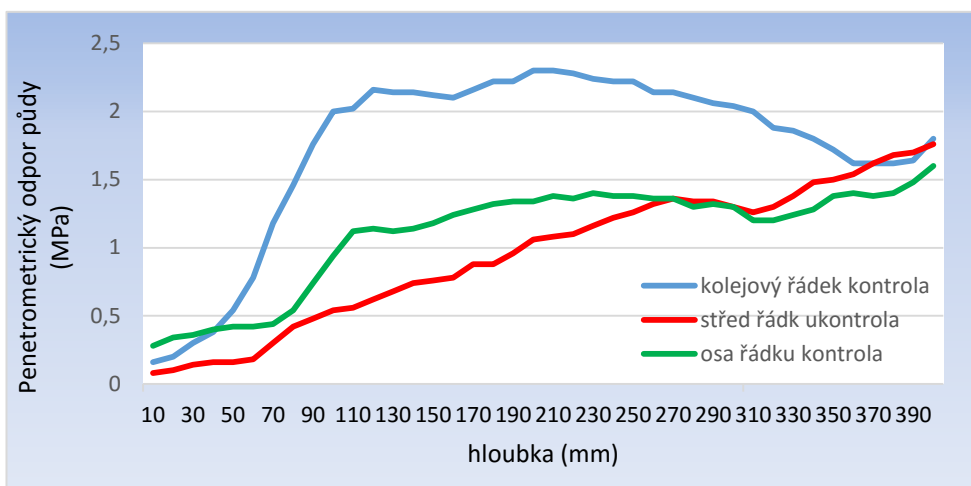
Souhrnné výsledky hodnot po ze stanoviště **Úlehle jaro** pro sledované varianty jsou uvedeny v grafu 1 až grafu 4.



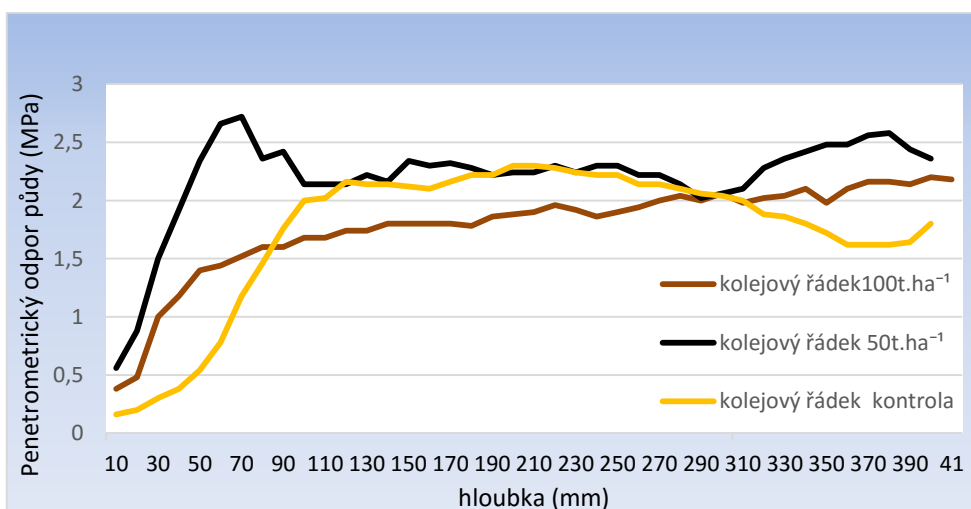
Graf 1: Penetrometrický odpor půdy – Varianta A -100 t. ha⁻¹ kompostu



Graf 2: Penetrometrický odpor půdy – Varianta B - 50 t. ha⁻¹ kompostu

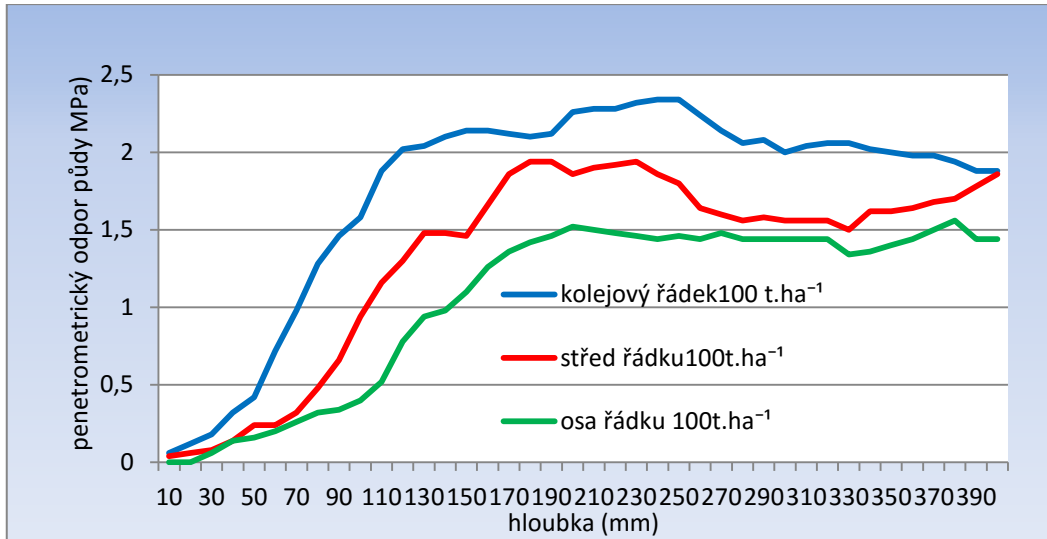


Graf 3: Penetrometrický odpor půdy – Varianta K - kontrola (bez kompostu)

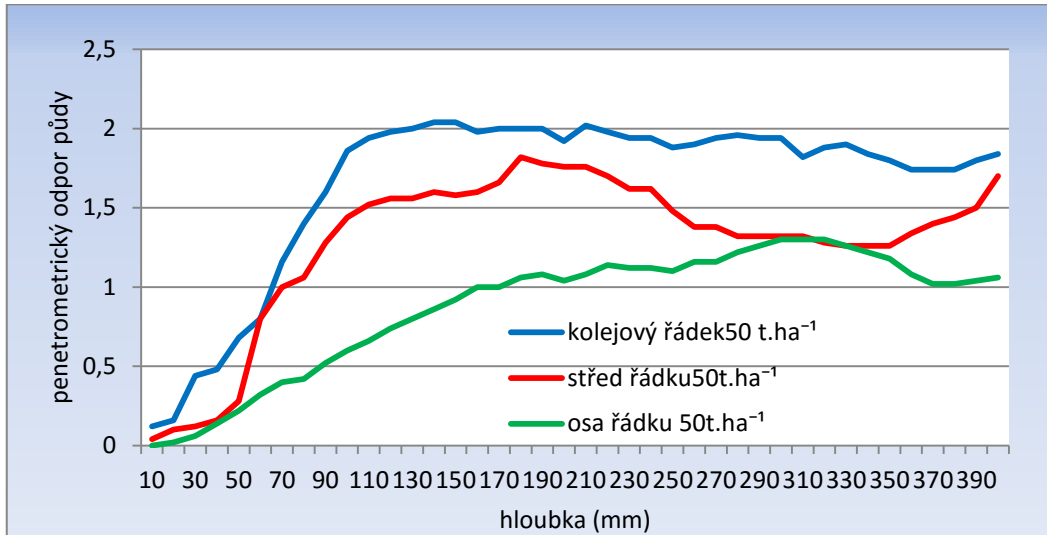


Graf 4: Penetrometrický odpor půdy – srovnání kolejového řádku u všech variant

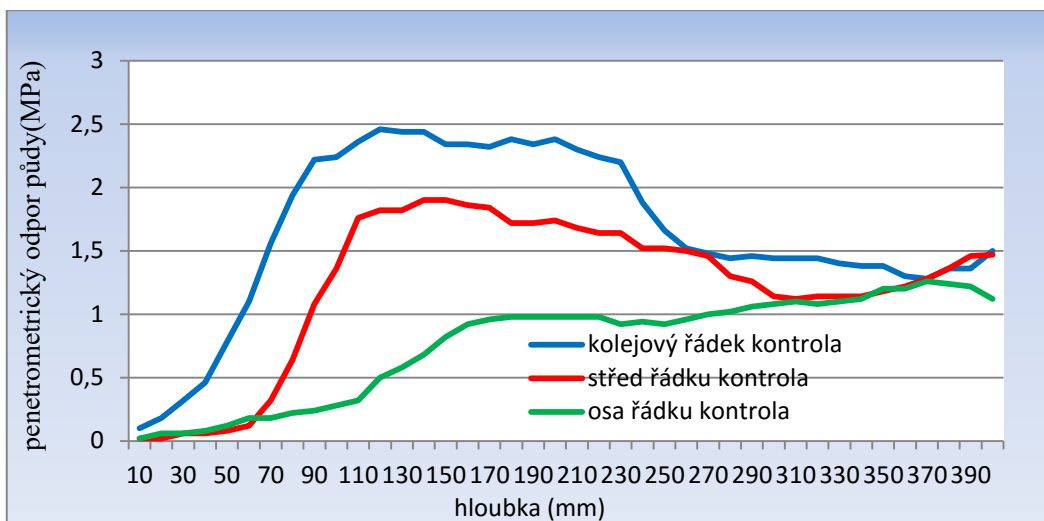
Souhrnné výsledky hodnot po ze stanoviště **Zímanky jaro** pro sledované varianty jsou uvedeny v grafu 5 až grafu 8.



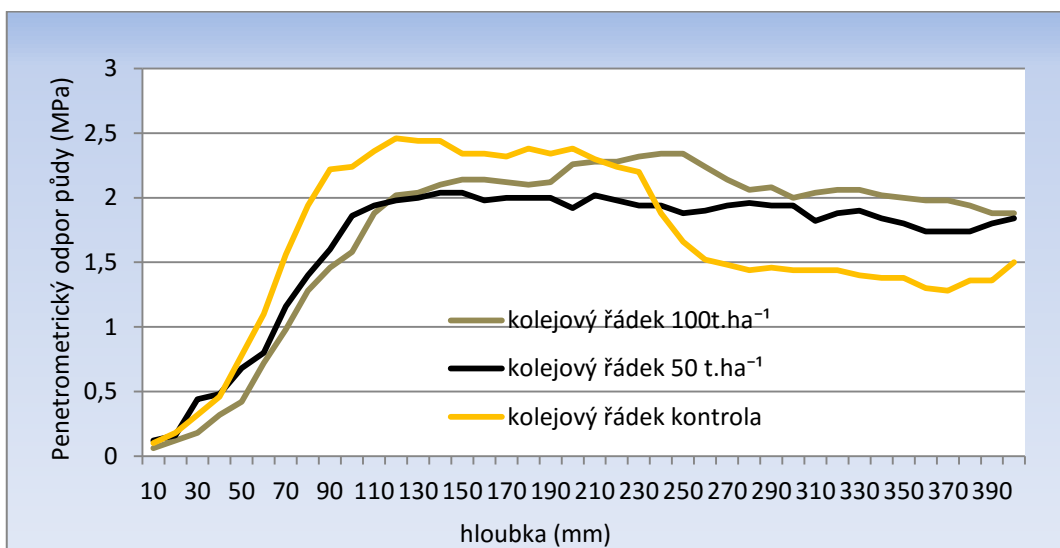
Graf 5: Penetrometrický odpor půdy – Varianta A - 100 t. ha⁻¹ kompostu



Graf 6: Penetrometrický odpor půdy – Varianta B- 50 t. ha⁻¹ kompostu

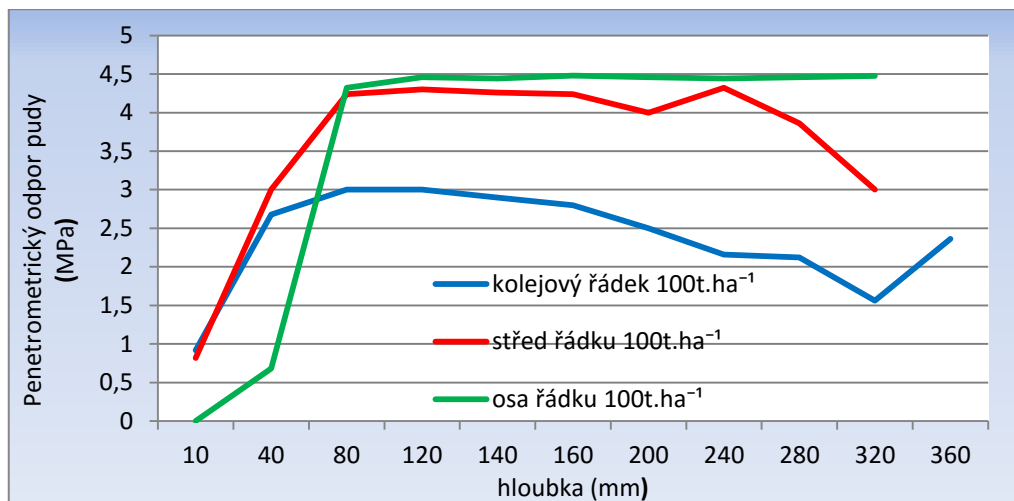


Graf 7: Penetrometrický odpor půdy – Varianta K- kontrola (bez kompostu)

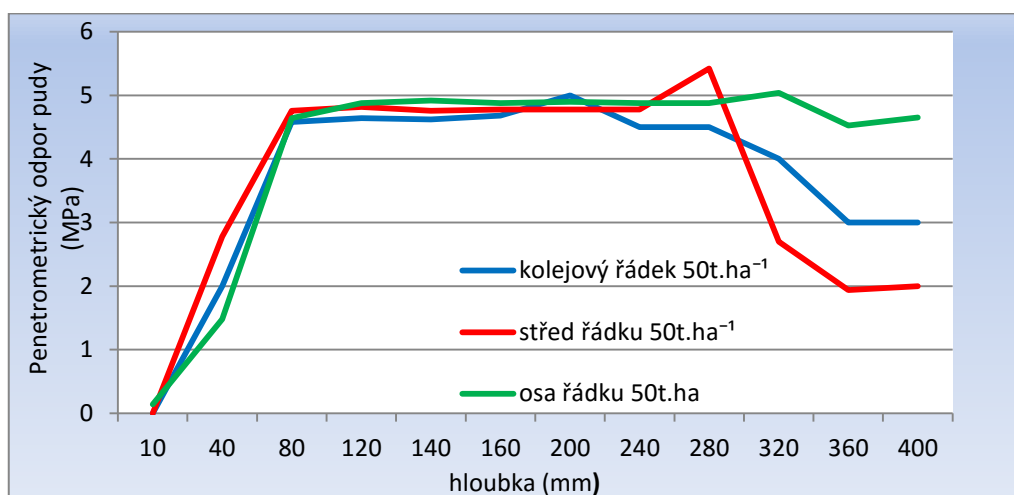


Graf 8: Penetrometrický odpor půdy – srovnání kolejového řádku u všech variant

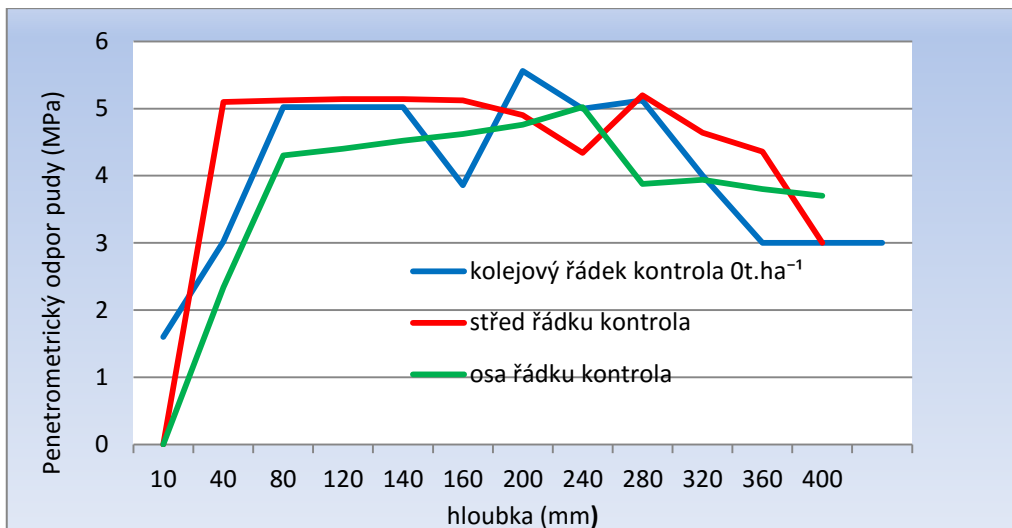
Souhrnné výsledky hodnot po ze stanoviště **Úlehle podzim** pro sledované varianty jsou uvedeny v grafu 9 až grafu 12



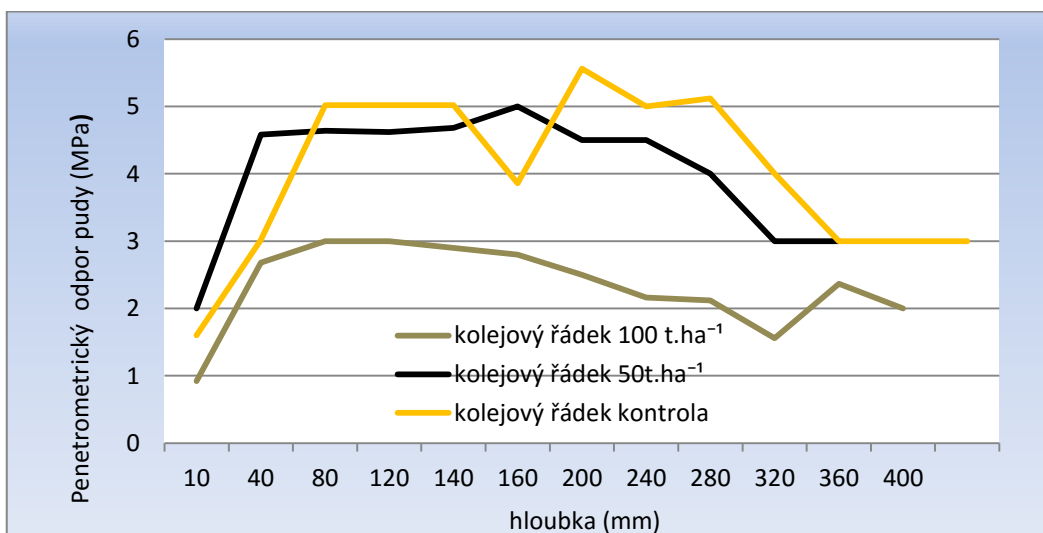
Graf 9: Penetrometrický odpor půdy – Varianta A- 100t. ha⁻¹ kompostu



Graf 10: Penetrometrický odpor půdy – Varianta B- 50 t. ha⁻¹ kompostu

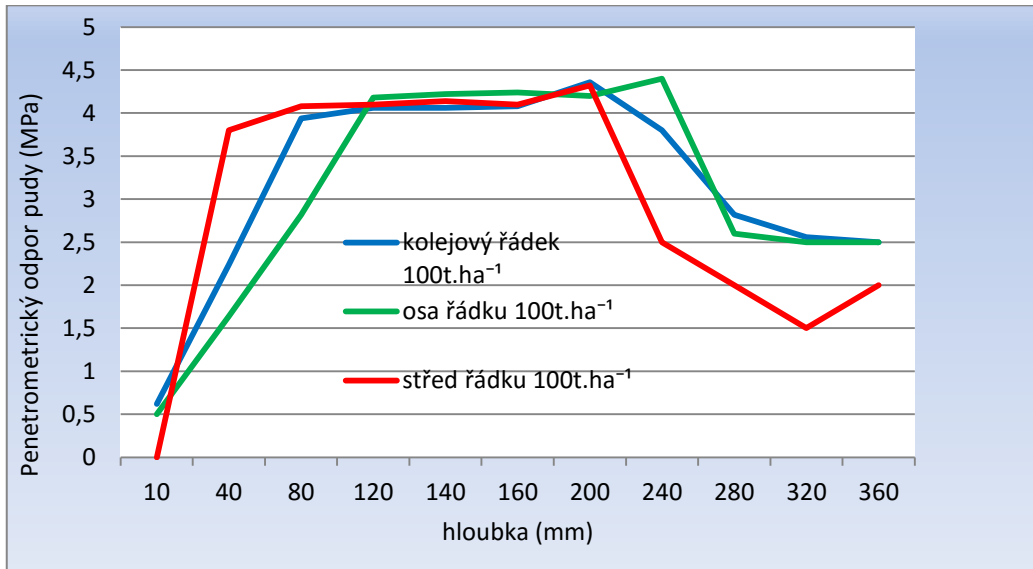


Graf 11: Penetrometrický odpor půdy – Varianta K - kontrola (bez kompostu)

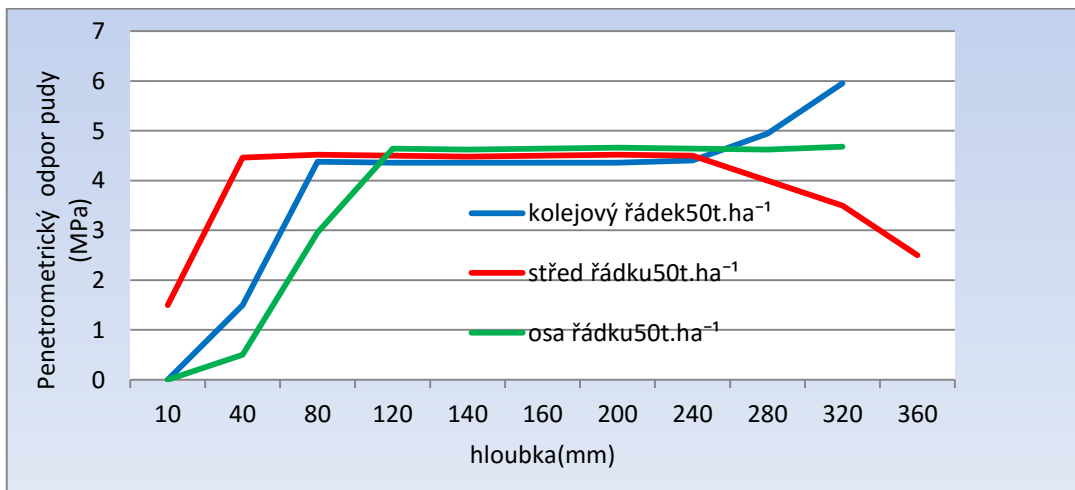


Graf 12: Penetrometrický odpor půdy – srovnání kolejového řádku u všech variant

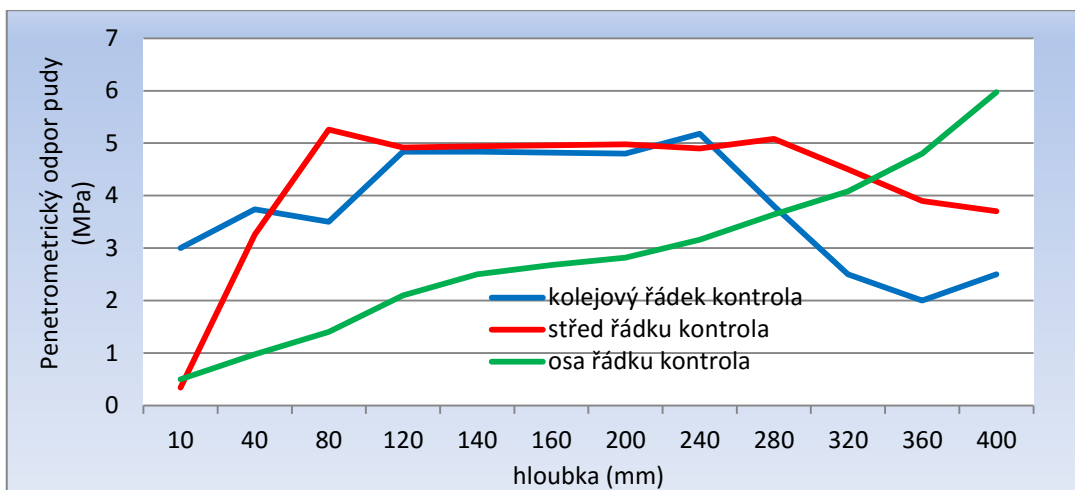
Souhrnné výsledky hodnot po ze stanoviště **Zímarky- podzim** pro sledované varianty jsou uvedeny v grafu 13 až grafu 16.



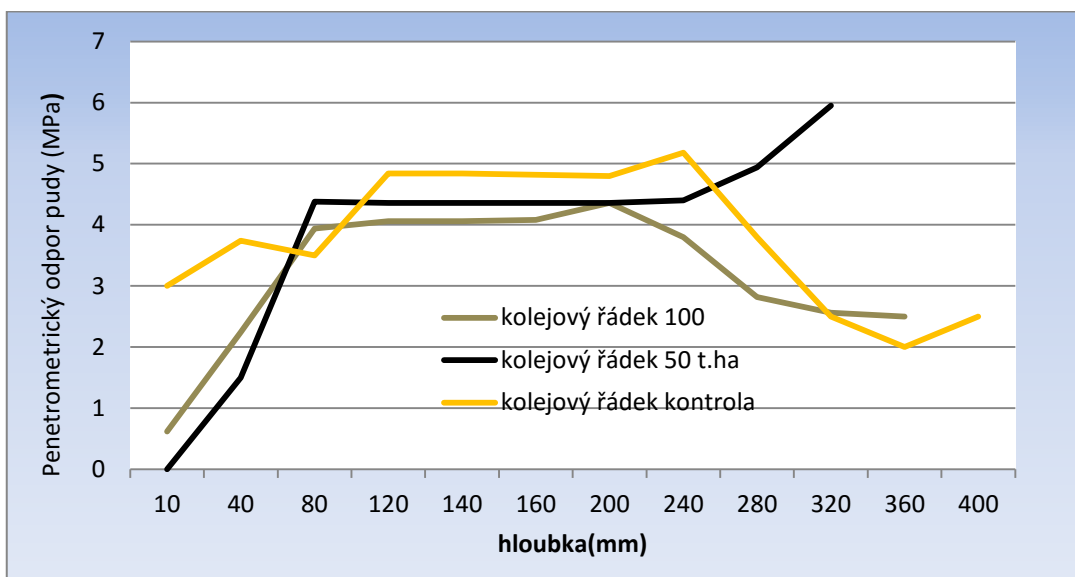
Graf 13: Penetrometrický odpor půdy – Varianta A - 100t. ha⁻¹ kompostu



Graf 14: Penetrometrický odpor půdy – Varianta B - 50 t. ha⁻¹ kompost



Graf 15: Penetrometrický odpor půdy – Varianta K - kontrola (bez kompostu)



Graf 16: Penetrometrický odpor půdy - srovnání kolejového řádku u všech variant

5.2 HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PENETROMETRICKÉHO MĚŘENÍ

Vědecká hypotéza předpokládá nalezení příznivého vlivu zapraveného kompostu na hodnoty penetrometrického odporu.

Z hlediska absolutních hodnot byly na stanovišti Úlehle byly na jaře 2015 naměřeny hodnoty, které se pohybovaly u varianty kontrola a u varianty s aplikovaným kompostem v dávce 50 t. ha⁻¹ v rozmezí 2,3-2,7 MPa. U varianty s aplikovanou dávkou 100 t. ha⁻¹ dosahovaly hodnot do 2,0 MPa. Na podzim na témže stanovišti byly naměřeny výsledné hodnoty, které dosahovaly u varianty kontrola a u varianty 50 t. ha⁻¹

5,5 MPa. U varianty s aplikovanou dávkou kompostu 100 t. ha⁻¹ byla naměřena absolutní hodnota 4,5 MPa.

Na stanovišti Zímarmy byly na jaře 2015 naměřeny absolutní hodnoty, jež u varianty kontrola a u varianty s aplikovanou dávkou kompostu 100 t. ha⁻¹ dosahovaly hodnot 2,3- 2,5 MPa. U varianty s dávkou kompostu 50 t. ha⁻¹ dosahovaly 2,0 MPa. Na podzim byly naměřeny absolutní hodnoty, které u varianty 100 t. ha⁻¹ a varianty kontrola dosahovaly 4,3 – 4,5 MPa. Varianta s dávkou 50 t. ha⁻¹ dosahovala absolutních hodnot v rozmezí 2,0 -2,4 MPa.

Porovnáme-li výsledné absolutní hodnoty penetrometrického odporu, ukazují se zde rozdíly na stanovištích naměřených na jaře 2015 a na podzim 2015, kdy na podzim byly naměřené absolutní hodnoty penetrometrického odporu výrazně vyšší, patrně se zde projevilo ovlivnění utužení půdy v důsledku pojezdů mechanizačních prostředků, a výrazně suchý rok 2015.

Při hodnocení rozdílů ve variantách u aplikovaných dávek kompostu, lze konstatovat, že nejnižší hodnoty byly naměřeny v ose řádku u všech variant, pohybovali se v rozmezí 1,0-1,5 MPa do hloubky 200 mm. Nejdůležitější naměřené rozdíly se ukazují být v kolejovém řádku (viz. Graf 4) Na stanovišti Úlehle na jaře u varianty 100 t. ha⁻¹ dosahuje penetrometrický odpor hodnot 2,0 MPa až v hloubce 300 mm. Přičemž u varianty Kontrola této hodnoty (2,0 MPa) dosahuje už v hloubce 100 mm. To poukazuje na pozitivní vliv aplikace kompostu.

Na podzim na stanovišti Úlehle varianta s aplikovanou dávkou kompostu 100 t. ha⁻¹ vykazuje mezi všemi měřenými variantami kolejového řádku i meziřadí výrazně nejnižší hodnoty. I zde je patrný pozitivní vliv aplikace kompostu.

Na jaře na stanovišti Zímarmy se tento vliv neprojevil, zde jsou rozdíly v penetrometrickém odporu mezi všemi variantami velmi malé, pravděpodobně je to způsobeno vlivem těžší půdy. I na podzim jsou mezi naměřenými hodnotami velmi malé rozdíly ve variantách pro kolejový řádek. Pravděpodobně se zde projevila nízká vlhkost půdy (vlivem velkého sucha), která působila na zvýšení penetrometrického odporu půdy u všech variant.

Z hlediska rozdílů na stanovišti jsou u stanoviště Zímarmy patrné mírně vyšší hodnoty penetrometrického odporu v jarním i podzimním termínu měření, patrně se tak děje vlivem půdních podmínek.

Z porovnání vlivu různých variant hnojení vyplývá , že Nejvýznamnější rozdíly 0,5- 1,0 MPa vykazuje především varianta aplikace 100 t.ha⁻¹. Na stanovišti Úlehle –

jaro je ale obdobná jako u varianty kontrola, s největší pravděpodobností se zde projevuje vliv půdních podmínek. Stanoviště Úlehle podzim vykazuje v kolejovém řádku u var. 100 t. ha⁻¹ velmi výrazné snížení penetrometrického odporu (až o 2,0-2,5 MPa)

Stanoviště Zímaruky – jaro vykazuje u var. 50 a100 t. ha⁻¹ v kolejovém řádku poněkud nižší hodnoty penetrometrického odporu (0,5 MPa). U stanoviště Zímaruky podzim byly naměřeny nejnižší hodnoty penetrometrického odporu u varianty 100 t. ha⁻¹ a to asi o 1,0 MPa ve srovnání s kontrolou tato skutečnost naznačuje příznivý vliv aplikace dávky kompostu na půdní vlastnosti.

Z grafů je patné , že pokud jde o kolejové řádky, kde byla zapravena nevyšší dávka kompostu, vykazují nejmenší zatížení půdy z hlediska jejího zhutnění. Ovšem závisí také na tlaku pneumatik, na zvolené technologii zpracování půdy i za jakých vláhových podmínek se po poli (pozemku, vinici) pojíždí.

Ve svém důsledku se zhutnění projevuje zvýšením redukované objemové hmotnosti a tím je zvýšen penetrometrický odpor půdy. Rozhodující pro zhutnění půdy jsou limitní (kritické) hodnoty penetrometrického odporu a kontaktní tlaky. Tyto hodnoty penetrometrického odporu půdy jsou závislé na druhu půdy a na použité mechanizaci. Kromě penetrometrického odporu půdy je nutno sledovat obsah vody, a to vše konfrontovat s výnosy plodiny. Důležité je organickou hmotu do půdy dodávat pravidelně, působí pozitivně na půdní vlhkost a na zmírnění utuženosti půdy. Zapravením organické hmoty se zlepšují fyzikální vlastnosti půdy, tím se snižuje penetrometrický odpor půdy a zvyšuje se vsak vody do půdy – infiltrace (BADALÍKOVÁ, BARTLOVÁ, 2015).

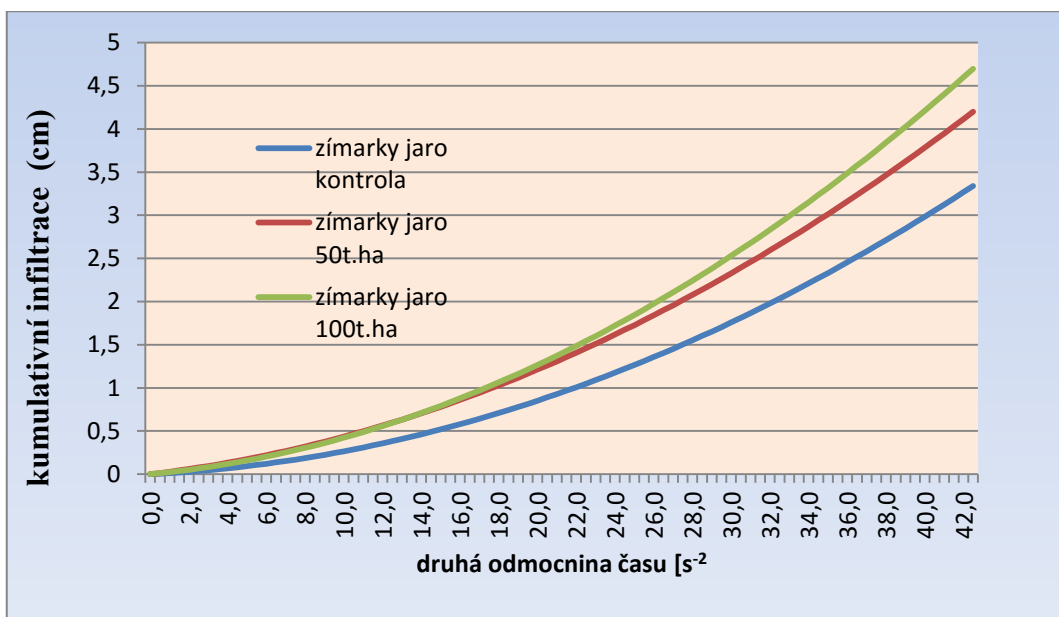
Utužení půdy se vyskytuje tam, kde půda podléhá mechanickému tlaku používání těžké mechanizace (techniky) hlavně ve vlhkých podmínkách. V důsledku utužení půdy je redukován hrubý prostor pórů mezi půdními částicemi, přičemž se zvyšuje objemová hmotnost, a tím půdy částečně nebo úplně ztrácejí schopnost absorbovat vodu. Výskyt utužení je nejčastější v povrchovém horizontu, ale postihuje i podpovrchové vrstvy (SOBOCKÁ, 2007).

Pro omezení nežádoucího zhutnění půdy lze použít kromě technologických postupů i technická řešení např. snížení tlaku v pneumatice, snížení zatížení přenášené kolem, dvoumontáž obou náprav, používání flotačních či nízkotlakých pneumatik,

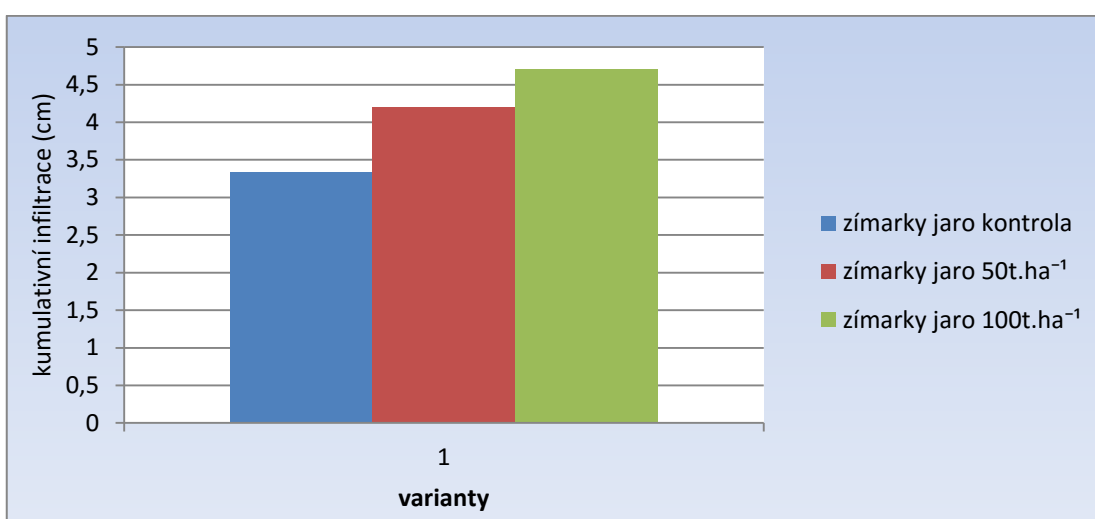
zvýšení šířky a vnějšího průměru pneumatik, zvolení pásového podvozku (BAUER 2011).

5.3 SLEDOVÁNÍ INFILTRACE

5.3.1 SOUHRNNÉ VÝSLEDKY STANOVIŠTĚ ZÍMARKY



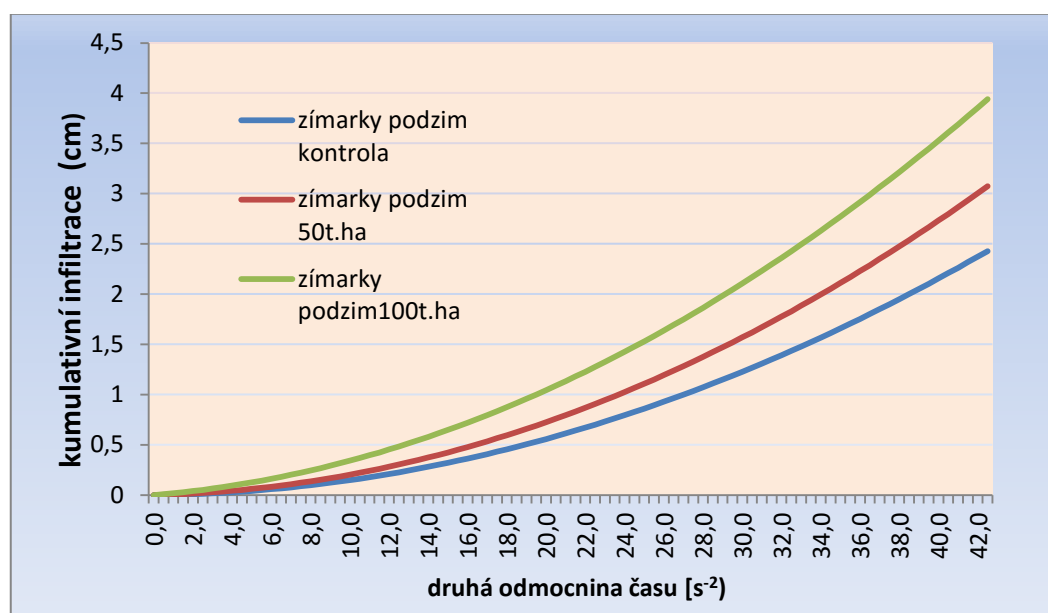
Graf 17 : Stanoviště Zímarmy jaro Regresivní křivky vypočítané ze závislosti kumulativní infiltrace na druhé odmocnině času.



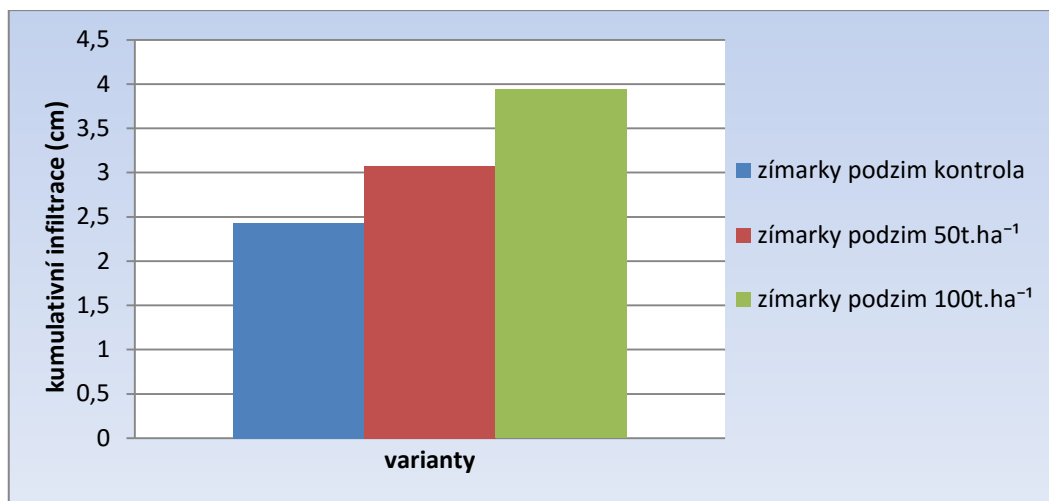
Graf 18 Kumulativní infiltrace na stanovišti Zímarmy jaro 2015 pro všechny varianty

Tab. 7 :Výsledné hodnoty nenasyčené hydraulické vodivosti K (h), rovnice regresních křivek včetně míry spolehlivosti a parametr C1- stanoviště Zímariky jaro 2015

ZÍMARKY JARO	kontrola- bez kompostu	50 t.ha ⁻¹ kompostu	100 t.ha ⁻¹ kompostu
regresní křivka	$y = 0,0016x^2 + 0,0106x$	$y = 0,0017x^2 + 0,0266x$	$y = 0,0021x^2 + 0,0213x$
parametr hodnoty spolehlivosti	0,9983	0,9952	0,9982
parametr C ₁ (cm.s ⁻¹)	0,0016	0,0017	0,0021
K(h) (cm.s ⁻¹)	0,0004	0,000425	0,000525



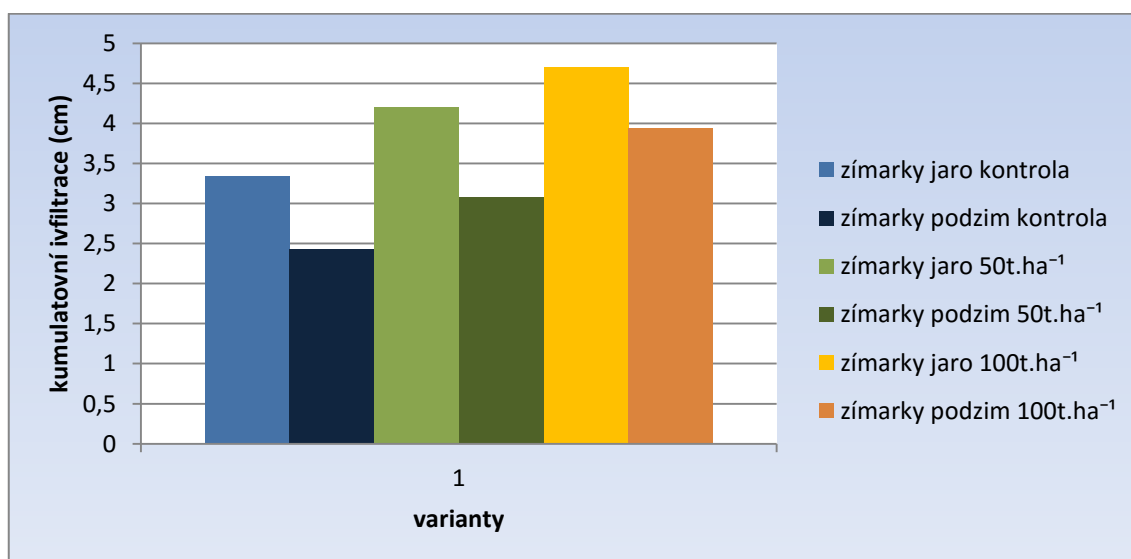
Graf 19 : Stanoviště Zímariky podzim - Regresivní křivky vypočítané ze závislosti kumulativní infiltrace na druhé odmocnině času.



Graf 20 Kumulativní infiltrace na stanovišti Zímarmy podzim 2015, pro všechny varianty

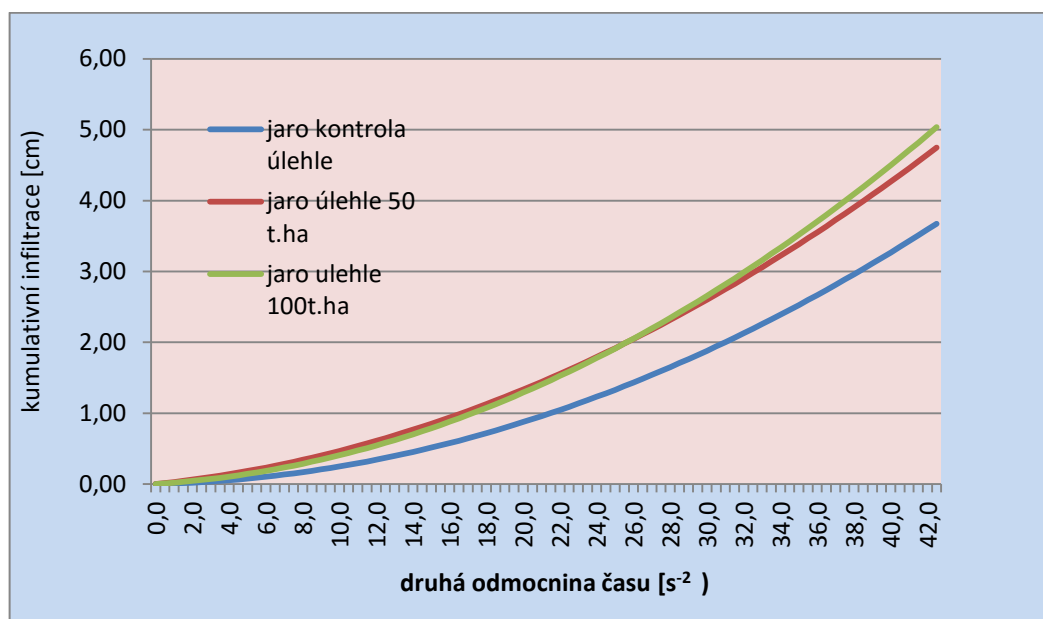
Tab. 8 :Výsledné hodnoty nenasyčené hydraulické vodivosti K (h), rovnice regresních křivek včetně míry spolehlivosti a parametr C1- stanoviště Zímarcky podzim 2015

ZÍMARKY PODZIM	kontrola- bez kompostu	50 t.ha ⁻¹ kompostu	100 t.ha ⁻¹ kompostu
regresní křivka	$y = 0,0013x^2 + 0,0019x$	$y = 0,0016x^2 + 0,0043x$	$y = 0,0018x^2 + 0,0162x$
parametr hodnoty spolehlivosti	0,9992	0,9997	0,9988
parametr C ₁ (cm.s ⁻¹)	0,0013	0,0016	0,0018
K(h) (cm.s ⁻¹)	0,000325	0,0004	0,00045



Graf 21 Kumulativní infiltrace na stanovišti Zímarcky 2015 (porovnání variant dávek kompostu za období jaro a podzim)

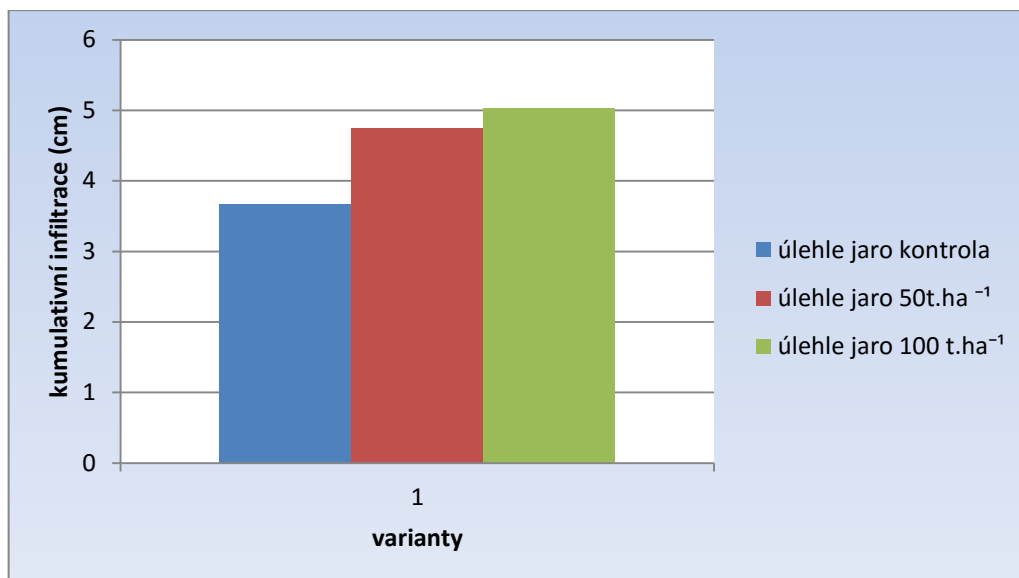
5.3.2 SOUHRNNÉ VÝSLEDKY STANOVIŠTĚ ÚLEHLE



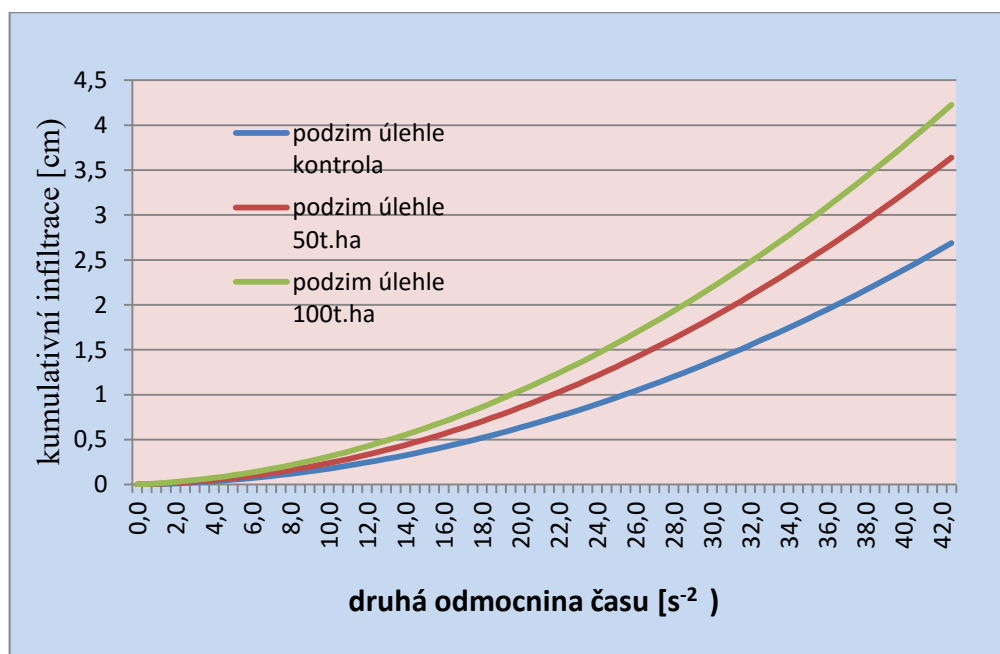
Graf 22 : Stanoviště Úlehle jaro - Regresivní křivky vypočítané ze závislosti kumulativní infiltrace na druhé odmocnině času.

Tab. 9 : Výsledné hodnoty nenasycené hydraulické vodivosti K (h), rovnice regresních křivek včetně míry spolehlivosti a parametr C₁- stanoviště Úlehle jaro 2015

ÚLEHLE JARO	kontrola- bez kompostu	50 t.ha ⁻¹ kompostu	100 t.ha ⁻¹ kompostu
regresní křivka	$y = 0,0019x^2 + 0,0057x$	$y = 0,002x^2 + 0,0267x$	$y = 0,0024x^2 + 0,0165x$
parametr hodnoty spolehlivosti	0,9991	0,9953	0,9993
parametr C ₁ (cm.s ⁻¹)	0,0019	0,002	0,0024
K(h) (cm.s ⁻¹)	0,000296875	0,0003125	0,000375



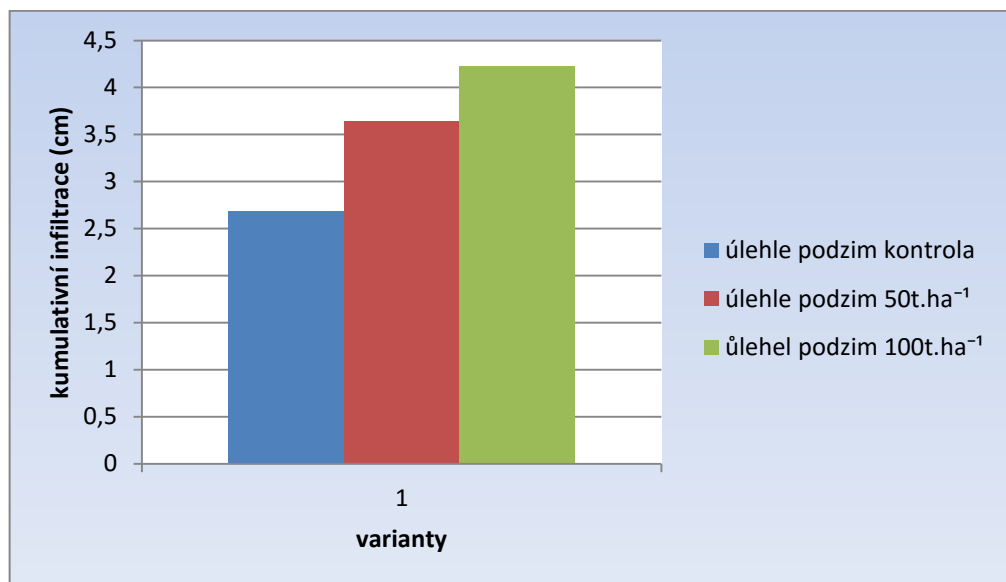
Graf. 23 :Kumulativní infiltrace na stanovišti Úlehle jaro 2015 pro všechny varianty



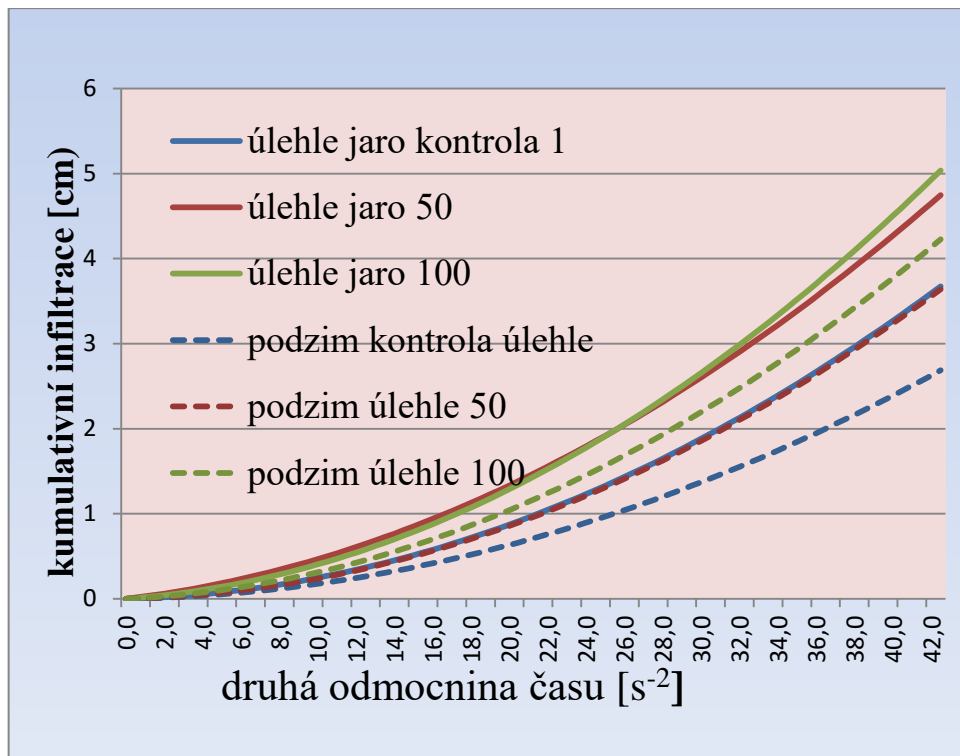
Graf 24 : Stanoviště Úlehle podzim- Regresivní křivky vypočítané ze závislosti kumulativní infiltrace na druhé odmocnině času.

Tab. 10 :Výsledné hodnoty nenasycené hydraulické vodivosti K (h), rovnice regresních křivek včetně míry spolehlivosti a parametr C1- stanoviště Úlehle podzim 2015

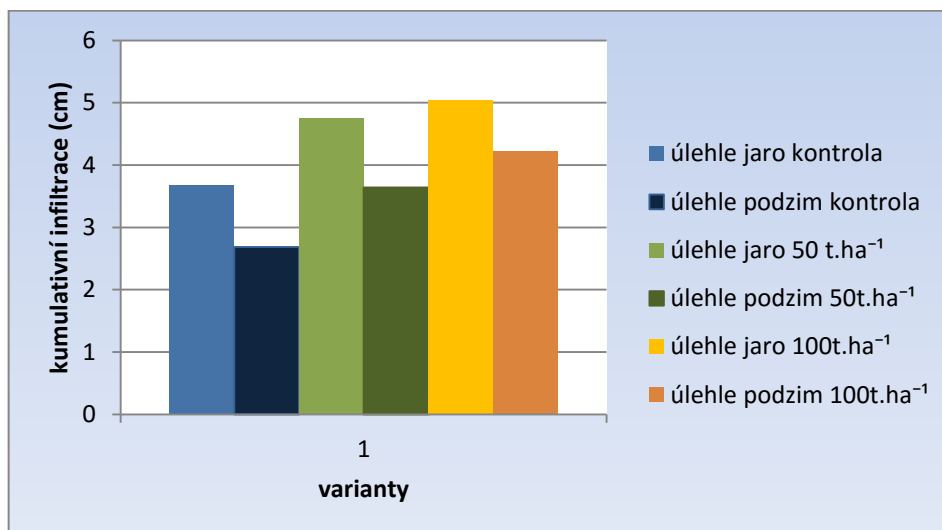
ÚLEHLE PODZIM	kontrola- bez kompostu	50 t.ha ⁻¹ kompostu	100 t.ha ⁻¹ kompostu
regresní křivka	$y = 0,0014x^2 + 0,0037x$	$y = 0,0019x^2 + 0,0049x$	$y = 0,0021x^2 + 0,0102x$
parametr hodnoty spolehlivosti	0,9986	0,9989	0,9996
parametr C ₁ (cm.s ⁻¹)	0,0014	0,0019	0,0021
K(h) (cm.s ⁻¹)	0,00021875	0,000296875	0,000328125



Graf 25 : Kumulativní infiltrace, stanoviště Úlehle podzim 2015 pro všechny varianty



Graf 26 : Stanoviště Úlehle - Regresivní křivky vypočítané ze závislosti kumulativní infiltrace na druhé odmocnině času.



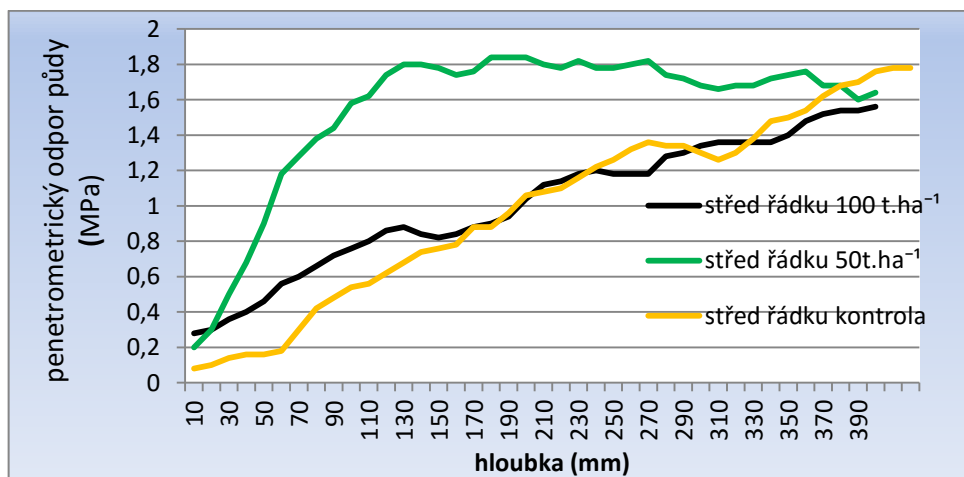
Graf 27: Kumulativní infiltrace – souhrnný graf stanoviště Úlehle 2015 (porovnání jaro – podzim)

V Tab. 11. jsou pro přehlednost uvedeny výsledné hodnoty nenasyčené hydraulické vodivosti $K(h)$, rovnice regresních křivek včetně míry spolehlivosti a parametr C pro všechny varianty na obou stanovištích

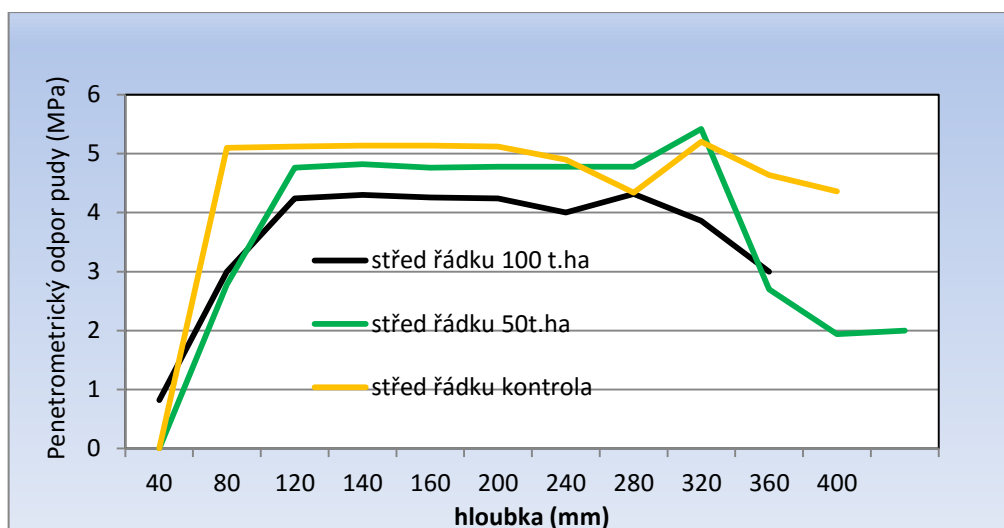
Tab. 11 Souhrnné hodnoty pro všechny varianty

ÚLEHLE JARO 2015	kontrola- bez kompostu	50 t.ha⁻¹kompostu	100 t.ha⁻¹kompostu
regresní křivka	$y = 0,0019x^2 + 0,0057x$	$y = 0,002x^2 + 0,0267x$	$y = 0,0024x^2 + 0,0165x$
parametr hodnoty spolehlivosti	0,9991	0,9953	0,9993
parametr C_1 (cm.s ⁻¹)	0,0019	0,002	0,0024
$K(h)$ (cm.s ⁻¹)	0,000296875	0,0003125	0,000375
ÚLEHLE PODZIM 2015	kontrola- bez kompostu	50 t.ha⁻¹kompostu	100 t.ha⁻¹kompostu
regresní křivka	$y = 0,0014x^2 + 0,0037x$	$y = 0,0019x^2 + 0,0049x$	$y = 0,0021x^2 + 0,0102x$
parametr hodnoty spolehlivosti	0,9986	0,9989	0,9996
parametr C_1 (cm.s ⁻¹)	0,0014	0,0019	0,0021
$K(h)$ (cm.s ⁻¹)	0,00021875	0,000296875	0,000328125
ZÍMARKY JARO 2015	kontrola- bez kompostu	50 t.ha⁻¹kompostu	100 t.ha⁻¹kompostu
regresní křivka	$y = 0,0016x^2 + 0,0106x$	$y = 0,0017x^2 + 0,0266x$	$y = 0,0021x^2 + 0,0213x$
parametr hodnoty spolehlivosti	0,9983	0,9952	0,9982
parametr C_1 (cm.s ⁻¹)	0,0016	0,0017	0,0021
$K(h)$ (cm.s ⁻¹)	0,0004	0,000425	0,000525
ZÍMARKY PODZIM 2015	kontrola- bez kompostu	50 t.ha⁻¹kompostu	100 t.ha⁻¹kompostu
regresní křivka	$y = 0,0013x^2 + 0,0019x$	$y = 0,0016x^2 + 0,0043x$	$y = 0,0018x^2 + 0,0162x$
parametr hodnoty spolehlivosti	0,9992	0,9997	0,9988
parametr C_1 (cm.s ⁻¹)	0,0013	0,0016	0,0018
$K(h)$ (cm.s ⁻¹)	0,000325	0,0004	0,00045

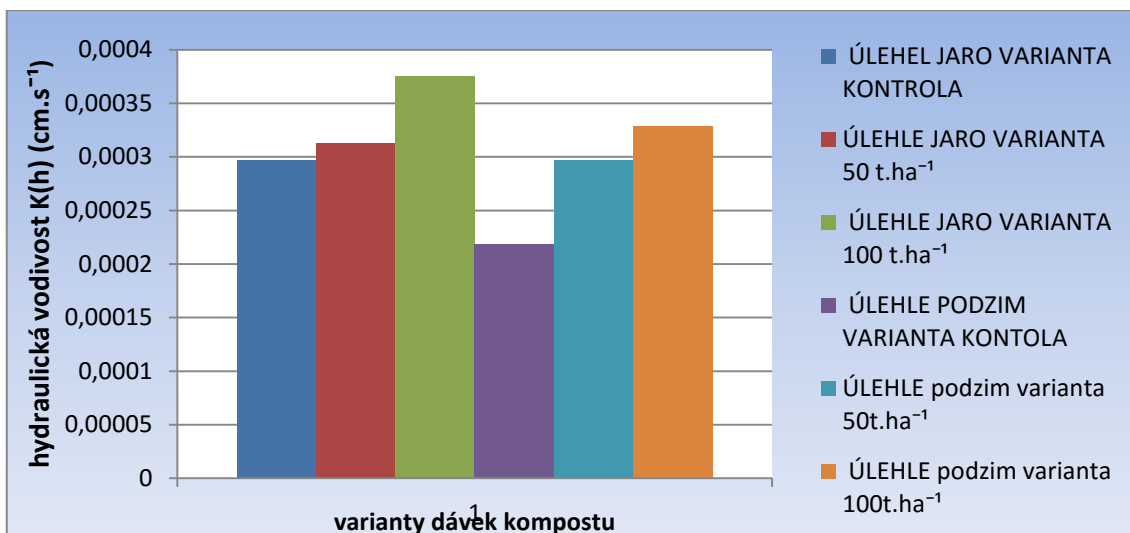
**5.3.3 SOUHRNNÉ POROVNÁNÍ HODNOT PENETROMETRICKÉHO
ODPORU A HODNOT KUMULATIVNÍ INFILTRACE I HYDRAULICKÉ
VODIVOSTI**



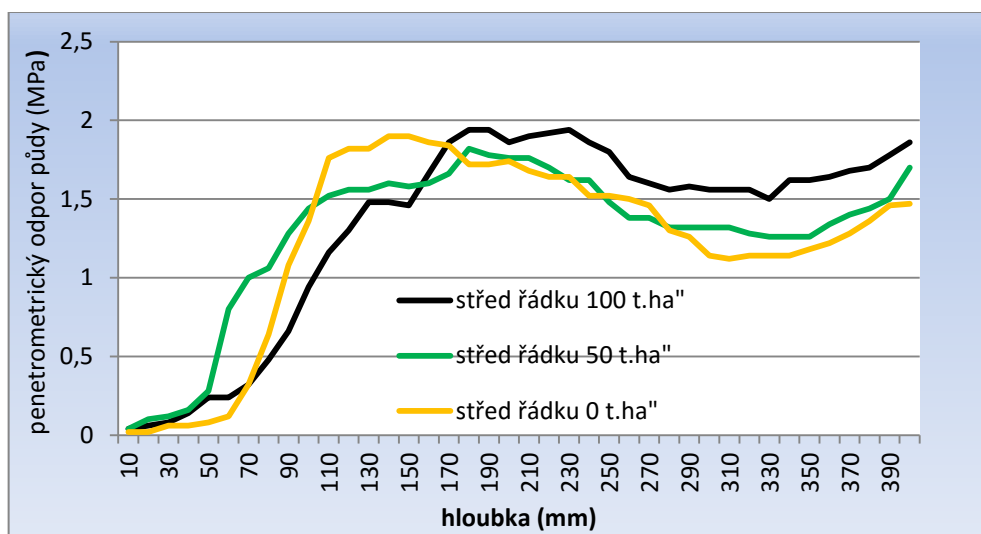
Graf 28 : Penetrometrický odpor půdy - Střed řádku stanoviště Úlehle jaro(všechny varianty)



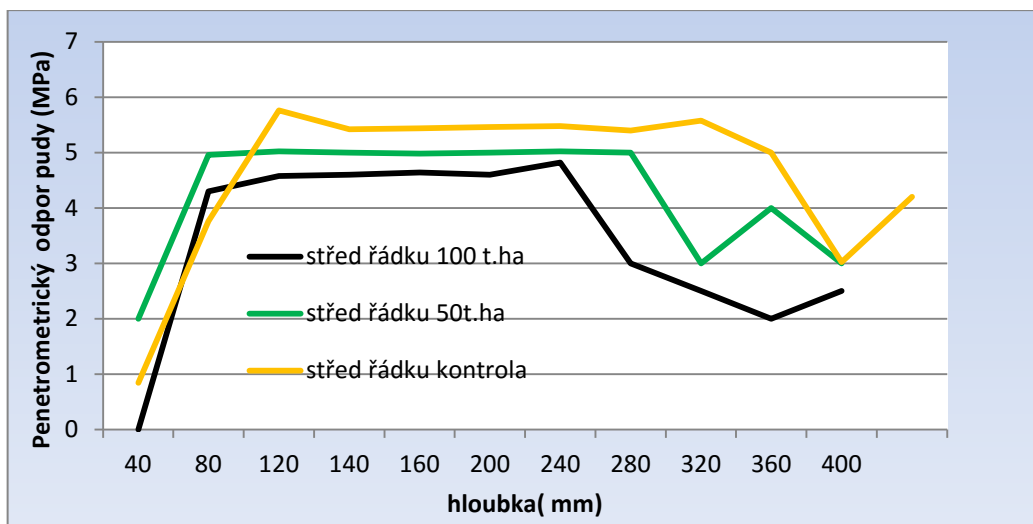
Graf 29: Penetrometrický odpor půdy - Střed řádku stanoviště Úlehle podzim (všechny varianty)



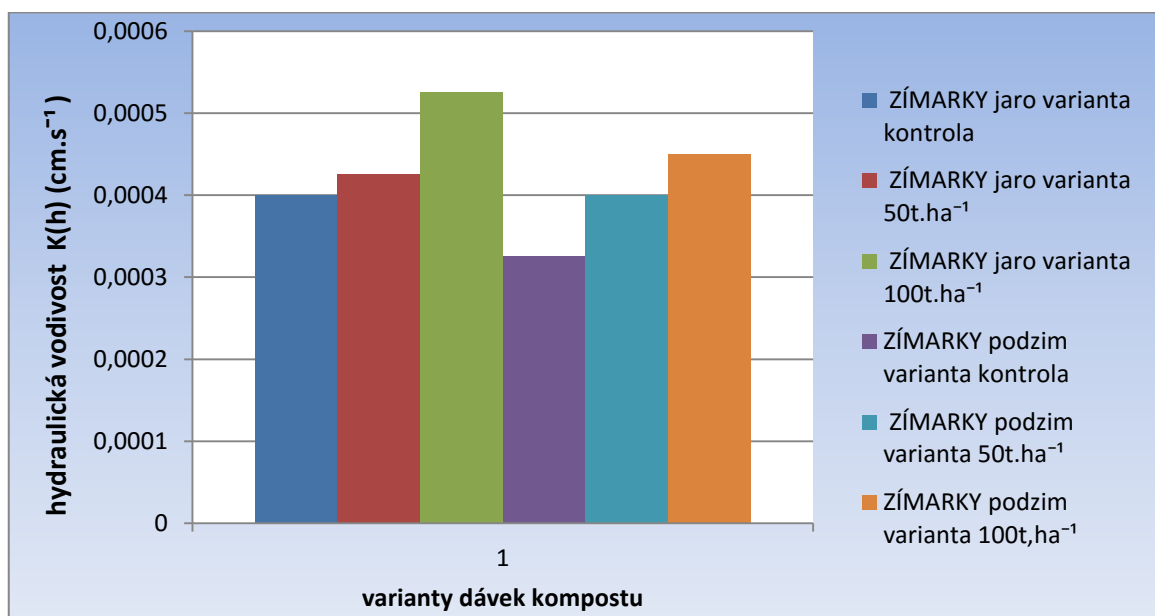
Graf 30: hodnoty hydraulické vodivosti- stanoviště Úlehle



Graf 31 : Penetrometrický odpor půdy - Střed řádků stanoviště Zimarky jaro (všechny varianty)



Graf 32 Penetrometrický odpor půdy - Střed řádku stanoviště Zímarčky podzim (všechny varianty)



Graf 33: Hodnoty hydraulické vodivosti- stanoviště Zímarčky

Ze srovnání hodnot penetrometrického odporu uvedených v grafech 28-29 a grafech 31 - 32 a hodnot hydraulické vodivosti v grafech 30 a 33 lze odvodit:

Varianta 50 t. ha⁻¹ i 100 t. ha⁻¹ vykazuje vyšší kumulativní infiltraci (asi o 30%) na stanovišti Úlehle jaro. Na stanovišti Úlehle podzim je penetrometrický odpor dvojnásobný (4,2-5,0 MPa) a také hodnota kumulativní infiltrace je snížena o 15-20%. Je tedy patrné, že zvýšený penetrometrický odpor znamená sníženou schopnost infiltrace u všech variant.

Na stanovišti Zimarky jaro jsou hodnoty penetrometrického odporu 1,8-2,0 MPa. Tyto nízké hodnoty korespondují s hodnotami kumulativní infiltrace 4,2-4,7cm, které jsou výrazně vyšší u variant s kompostem než u varianty kontrolní.(3,3 cm). Na stanovišti Zimarky podzim dosahují hodnoty penetrometrického odporu 4,7-5,0 MPa a současně odpovídají nižším hodnotám kumulativní infiltrace 3,0 – 3,9 cm. Tím se opět potvrzuje snížená schopnost infiltrace při zvýšeném penetrometrickém odporu.

Graf 30 a 33 znázorňuje hodnoty nenasycené hydraulické vodivosti K (h), které vyjadřují rychlost vsakování vody do půdního horizontu. Z Grafů je zřejmé, že varianty s aplikovaným kompostem vykazují vyšší hodnoty hydraulické vodivosti na obou stanovištích.

Při zobecnění výsledků lze konstatovat, že u většiny sledovaných variant je patrný vliv dávky kompostu na zvýšení kumulativní infiltrace i nenasycené hydraulické vodivosti. Výsledky také ukazují, že zejména v podzimních termínech je hodnota infiltrace nižší při vysokých hodnotách penetrometrického odporu, naopak vyšší hodnoty kumulativní infiltrace zpravidla korespondují s nízkou hodnotou penetrometrického odporu.

Například CROHN, (2011) jež se zabýval ovlivnění retenční schopnosti půdy, prokázal, že různé druhy kompostů souvisí se zvýšením (zlepšením) retenční schopnosti půdy. Taktéž BADALÍKOVÁ in ALTMAN (2013) popisuje výsledky ze čtyřletého sledování vsaku vody do půdy na trvalém travním porostu i na orné půdě z výsledků vyplývá, že zapravením kompostu do půdy se prokazatelně zlepšila retenční schopnost půdy za současně se snížil penetrometrický odpor půdy. Jednalo se o dávky kompostu (80, 150 t. ha⁻¹), tedy dávky vyšší, ve srovnání s kontrolní variantou bez kompostu, půda s vyššími dávkami kompostu dokázala pojmout více vody, tudíž zde došlo ke zvýšení půdní retenční schopnosti. Retenční schopnosti půdy lze tedy pozitivně ovlivnit

aplikací vyšších dávek kompostů, tím zároveň můžeme zamezit dalšímu možnému poškození půdy jako je například půdní eroze. Dílčím pozitivním efektem je možnost dosáhnout na vyšší výnos, eventuálně vyšší kvalitu pěstební produkce

Z hlediska doporučení pro praxi je pozitivní vliv vyšších dávek kompostu na penetrometrického odporu a infiltraci zřejmý, problémem však zůstává vysoká nákladovost aplikace kompostů v uvedených vyšších dávkách. Tato problematika je ještě více patrná v oblasti trvalých porostů z důvodů průjezdnosti aplikační techniky s nižší nosností

6 ZÁVĚR

Diplomová práce zpracovává problematiku infiltrace vody v půdě ve vztahu k zapravení různých dávek kompostu do půdního prostředí. V literární části popisuje problematiku deficitních půd a degradaci půdy, zabývá se úlohou organické hmoty v půdě i používanými organickými hnojivy. V další části charakterizuje způsoby aplikace kompostů do půdy, používané mechanizační prostředky i ekonomické aspekty spojené s aplikací. Důležitou částí je také popis metod pro stanovení hodnot charakterizující infiltraci. V práci je také část týkající se utuženosti půdy a jejího hodnocení penetrometrického odporu pomocí penetrometrie.

Experimentální část práce je zaměřena na sledování penetrometrického odporu u variant 100 t ha^{-1} , 50 t ha^{-1} a nehnojené kontroly na dvou stanovištích. S různými půdními podmínkami. Na stejných stanovištích byla ve stejných termínech hodnocena také infiltrace. Z dosažených výsledků vyplývá, že lze nalézt příznivé korelace mezi hodnotami vyšších dávek zapraveného kompostu a snížením penetrometrického odporu, zejména v degradovaném půdním prostředí kolejových řádků. Obdobné výsledky ukazují příznivý vliv zapravení vyšších dávek kompostu na hodnoty infiltrace. Z hlediska doporučení pro provoz je jistě pozitivní vliv vyšších dávek zřejmý, problémem zůstává ekonomická stránka aplikace kompostů ve vysokých dávkách.

7 SOUHRN

Diplomová práce zpracovává infiltraci vody v půdě při různých dávkách zapraveného kompostu na dvou stanovištích s různými půdními vlastnostmi. Současně byl u variant 100 t. ha⁻¹ a 50 t. ha⁻¹ sledován penetrometrický odpor půdy. Z dosažených výsledků vyplývají příznivé korelace mezi hodnotami vyšších dávek zapraveného kompostu a snížením penetrometrického odporu. Obdobně jako korelace naznačují příznivý vliv zapravení vyšší dávky kompostu na hodnoty infiltrace.

Klíčová slova: kompost, infiltrace vody v půdě, retence vody v půdě, penetrometrický odpor půdy

SUMMARY

Thesis process water infiltration in the soil at different doses supplied compost at two sites with different soil properties. It was also a variant with 100 t.ha⁻¹ a 50 t. ha⁻¹ monitored penetrometric soil resistance. The obtained results suggest a favorable correlation between higher doses supplied compost and reducing penetrometric resistance. Like correlations suggest a beneficial effect of incorporation of higher doses of compost on the value of infiltration.

Key words: compost, soil water infiltration, water retention in the soil, soil resistance penetrometric

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ALTMANN, V. a kol. (2013): Využití kompostu pro optimalizaci vodního režimu v krajině. 1. vyd. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2013. 101 s. ISBN 978-80-87226-26-1
- ARZHAD, et al. (1997): Long-term tillage effect on soil structure. Kanada, *Fragmenta agronomica*, 14-th ISTRO konference Pulawy, Poland. s. 43-46
- BADALÍKOVÁ B., BARTLOVÁ J., (2015): Possibilities of elimination of water erosion on slopes. In Proc. 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2015, Albena 18-24 June, Bulgaria, pp. 255-262 ISBN 978-619-7105-37-7 ISSN 1314-2704
- BADALÍKOVÁ, B. -- BARTLOVÁ, J. (2010): Dopad různého zpracování půdy na její úrodnost. *Úroda*. 2010. sv. LVIII, č. 8, s. 49--50. ISSN 0139-6013.
- BADALÍKOVÁ B., ČERVINKA J. (2007) : Humus content and its quality under different soil tillage systems in sugar beet and their influence on the yield of this crop. *Humic Substances in Ecosystems*, Torun, Poland, 2007, p. 31-38
- BADALÍKOVÁ, B., HRUBÝ, J. (2008): Infiltrace vody do půdy vypovídá o stavu půdního prostředí. In: CD: Využití zemědělské techniky pro trvale udržitelný rozvoj. MZLU, ZF Lednice, VÚZT v.v.i. Praha 2008, s. 25-30 ISBN 978-80-7375-177-7
- BADALÍKOVÁ, B. -- BARTLOVÁ, J. -- KRÁTKÁ, L.(2009): Fyzikální vlastnosti půdy a výnosy plodin. *Farmář*. 2009. sv. 15, č. 9, s. 20--23. ISSN 1210-9789.7
- BADALÍKOVÁ, B., MAREŠOVÁ, K. (2009): Zlepšení infiltrace půdy po aplikaci kompostů z biologicky rozložitelných odpadů In *Využitie výsledkov výskumu k zlepšeniu vzťahu poľnohospodárskej činnosti a životného prostredia : mezinárodní*

- konference Mužla, 17. 3. 2009. SPU Nitra: Scientific Pedagogical Publishing, 2009, s. 1-9. ISBN 978-80-552-0191-7
- BAUER, F., SEDLÁK, P., ŠMERDA, T. (2011): Traktory. Knihu vydal Profi Press, 2011, Praha, 192 s. ISBN 80-86726-15-0
 - BRADY N.C., WEIL R.R.(2002) : The Nature and Properties of Soils. 13th edition. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 2002, 960 pp
 - CISAR, J. L.; SNYDER, G., H. (1995) : Amendity turfgrass sand soil to improve water retention and reduce agrochemical leaching. In: W.H. SMITH (ed.) Florida Water Conservation, Compost utilization Program Final report, University of Florida, Gainesville March 1995, p. 137 – 160. 4
 - ELSAKKER van, B. (1994): České zemědělství na křižovatce. Nadace pro občanskou společnost, New York, Praha, 1994, 85s.
 - EVANYLO, GSCHERONY, C, (2002): Agromical and enviromental effect of compost use for sustainable vegetabla production, Composting and Compost Utilization. Int Symposium 6. 8.5.2002, Columbus, Ohio, USA
 - HAMZA M. A., ANDERSON W. K., (2005): Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. Soil & Tillage Research, vol. 82 (2), p.121- 145.
 - HEJDUK, S., (2009). Comparison of sufrage runoffs from grasslands and arable land. Grassland Science in Europe, 15, 63-67.
 - JANDÁK, J. (2003): Cvičení z půdoznalství. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. ISBN 80-7157-733-2.
 - JANDÁK, J, POKORNÝ E., PRAX. A. (2010): Půdoznalství. 3. přeprac. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-445-7

- KALINOVÁ, J. (2007), Půdní úrodnost, výživa a hnojení rostlin v ekologickém zemědělství: odborná monografie 1. vyd, česky, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, V Českých Budějovicích, 41 stran, ISBN: 9788073940294
- KOVÁŘ, P. (2010): Nové poznatky ve výzkumu eroze, retence vody v krajině a rekultivaci: sborník abstraktů ze semináře, ČZU v Praze, 14. 1. 2010. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. 80 s. ISBN 978-80-213-2083-3.
- KUTÍLEK, M. (1978) : Vodohospodářská pedologie. SNTL/ALFA, Praha, Bratislava 1978, s. 296
- KUTÍLEK, KURÁŽ, CÍSLEROVÁ, (2000): Hydropedologie 10, Nakladatelství ČVUT, 2000
- LEDVINA R., HORÁČEK J., ŠINDELÁŘOVÁ M. (1999) : Geologie a půdoznalství. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 1999, 200 s.
- LHOTSKÝ, J. (2000) : Zhutňování půd a opatření proti němu. Praha, ÚZPI 2000, s. 61
- MATULA, S., KOZÁKOVÁ, H. (1997): A simple pressure infiltrometer for determination of soil hydraulic properties by in situ infiltration measurements. Rostlinná výroba, 43, 405-413.
- MEIER – PLOEGER, A., VOGTMANN, H., (2003) Qualitätsaspekte der Dungung mit Bioabfallkompost. In: 64. Informationsgespräch des ANS e. V. Die Zukunft der Getrennsammlung von Bioabfällen, 20 Jahren Biotonne Witzenhausenline Standortbestimmung. p. 225 – 238.
- MIKULA, P. (1998) :Organická hmota v půdě: (studijní zpráva) = Organic matter in soil : (review). Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací.

- OUATTARAA, K.; OUATTARAA, B.; NYBERGH, G.; SÉDOGOA, M. P.; MALMERB, A. (2007).: Ploughing frequency and compost application effects on soil infiltrability in a cotton– maize (*Gossypium hirsutum*–*Zea mays* L.) rotation system on a Ferric Luvisol and a Ferric Lixisol in Burkina Faso. *Soil & Tillage Research*, vol. 95, iss. 1 - 2, 2007, s. 288 – 297
- PANDEY,C,SHUKLA,S. (2006) :Effect of Composted Yard Waste On Water Movment in Sandy Soli.*Compost Science und Utilizacion*, vol. 14,no 4,p.252-259.
- PETER S. HOODA (2010).Trace Element in soils ISBN 978 – 1 – 405 – 16037 – 7.
- PLÍVA P. KOVAŘÍČEK, P. VLÁŠKOVÁ M. (2012): Význam organické hmoty (kompostu) pro půdní strukturu. [Importance of Organic Matter (Compost) for Soil Structure]. *Bioměsíčník*, 2012, roč. 16, č. 6, s. 19-20. ISSN 1805-3548.
- PODHRÁZSKÁ, J. -- DUFKOVÁ, J. (2005): Protierozní ochrana půdy. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005. 95 s. ISBN 80-7157-856-8.
- POKORNÝ, E., FILIP L. LÁZNIČKA V. (2001): Rekultivace. 1.vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-7157-489-9
- RICHTER, R. – KUBÁT, J. (2003): Organická hnojiva, jejich výroba a použití. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 56 s.
- ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. (ed) (1994) :: „Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině“, Mikulov 9. – 11.9.2008, ISBN 978-80-86690-55-1
ŘÍMOVSKÝ K. (1994): Organické hnojení a úrodnost půdy. *Úroda*, 8: 8-9.
- ŘÍMOVSKÝ K. (1994): Organické hnojení a úrodnost půdy. *Úroda*, 8: 8-9.

- SOBOCKÁ J., (2007): Citlivost' a zraniteľnosť poľnohospodárskych pôd SR vo vzťahu kuklimatickej zmene. VUPOP Bratislava, 28 s.
- SÁŇKA M., MATERNA J. (2004): Indikátory kvality zemědělských a lesních půd. MŤP Praha, Edice Planeta 2004, 84 stran
- ŠARAPATKA, B. DLAPA, P. BEDRNA, (2002): Z. Kvalita a degradace půdy Olomouc Univerzita Palackého 2002 80-244-0584-
- ŠAŘEC O, HUDÍK J, PORŠEK V, (1998): Vliv mechanizace na zhuťňování půd a měření zhuťnění půdy, Řepářství 1998: sborník z konference pořádané dne 10. února 1998 v Praze. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1998. ISBN 80-213-0374-3.
- ŠIMEK, M. (2003): Základy nauky o půdě 3 : biologické procesy a cykly prvků. Vyd. 1. - České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 2003. - 151 s.: il.; 30 cm - brož.
- ŠREFL,J, (2012) :Kompost je čistá energie vrácená do půdy. Energie 21,2012 roč.IV,č.3,str.10-13,ISSN 1803-0394
- ZÁHORA J, (2012): Interakce mezi půdou a organismy, In: VOPRAVIL J, Vzdělávací modul ochrana životního prostředí v oblasti půda, ZERA,
- ZEMÁNEK, P. a BURG. P. (2010): Vinohradnická mechanizace. 1. vyd. Olomouc: Petr Baštan, ISBN 978-80-87091-14-2.
- ZHANG, R. (1997): Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. Soil Science Society of America Journal, 61, 1024-1030.

Internetové zdroje

- BÁŤKOVÁ, K., MATULA, S., MIHÁLIKOVÁ, M.(2013). Multimediální učebnice hydroopedologických terénních měření. 2. doplněné vydání Česká verze.

Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN: 978-80-213-2434-3. [on-line] 2013 [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://hydropedologie.agrobiologie.cz>

- CÍLEK, V (2010): EKOLIST.CZ
- CROHN, D. M. 2011.: Compost Best Management Practices and Benefist(online), (cit. 2016- 15-04)
<http://www.calrecycle.ca.gov/Publications/Documents/1377/>
- ČSÚ-Český statistický úřad [online]. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z WWW <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-hospodarskych-zvirat-k-142015>
- FIALOVÁ. Z, (2011) : Kompost pomůže zkvalitnit půdy [on-line], 2011 [cit. 2016-03-02]. Dostupné z <http://zemedelec.cz/kompost-pomuze-zkvalitnit-pudy/>
- KASPEROVÁ, V., JANDOVÁ, L., TOLLRIANOVÁ, Z., ŠEVČÍKOVÁ, I., KONVIČKOVÁ, V, (2006): Využití kompostů a jiných organických přípravků v zemědělství. Biom.cz [online], 2006-08-24 [cit. 2016-11-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/index.shtml?x=1918409>>. ISSN: 1801-2655
- KOVAŘÍČEK, P., J. HŮLA a M. VLÁŠKOVÁ, (2013). Vliv zapravení kompostu na pórovitost a na vlhkost půdy. [Effect of compost application on porosity and soil moisture]. AgritechScience roč. 7, č. 2, s. 1-5. ISSN 1802-8942. [online] 2013, [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.agritech.cz/clanky2013-2-3.pdf>
- MAREŠOVÁ, K, KASPEROVÁ, V, JANDOVÁ, L, TOLLRIANOVÁ, Z, ŠEVČÍKOVÁ, I, (2006) : Využití kompostů a jiných organických přípravků v zemědělství. Biom.cz [online], 2006-08-24 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/czt/odborne-clanky/vyuziti-kompostu-a-jinych-organickych-pripravku-v-zemedelstvi>>. ISSN: 1801-2655

- Přílohy Národního Strategického Plánu rozvoje venkova České republiky za období 2007-2013[online] [cit. 2016-03-12]. Dostupné z [http://www.vpe.mze.cz/UserFiles/File/EAFRD/Priloha 1\(a\).doc](http://www.vpe.mze.cz/UserFiles/File/EAFRD/Priloha%201(a).doc)
- ŠINDELÁŘ, R., KOVAŘÍČEK, P., VLÁŠKOVÁ, M., HŮLA, J., KROULÍK, M. (2008), Měření infiltrace vody do půdy pomocí kruhového infiltrometru Mini Disk. [Measurement of water infiltration into soil using round infiltrometer Mini disk]. Agritech Science, roč. 2, č. 3, článek 4, s. 1-6. >. ISSN 1802-8942 [online], 2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupný z WWW: <www.agritech.cz>.
- Výhledová a situační zpráva MZe o půdě z roku 2006. eAgri.cz[online]. 2007-01-11 [cit. 2016-03-07].):
Dostupné z WWW: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/publikace-a-dokumenty/situacni-a-vyhledove-zpravy/puda/>
- Výhledová a situační zpráva MZe o půdě z roku 2015. eAgri.cz[online]. 2015-01-11 [cit. 2016-03-08].). Dostupné z WWW: http://eagri.cz/public/web/file/442693/S_VZ_Puda_2015.pdf
- VOPRAVIL J. a kol, (2011). Vliv činnosti člověka na krajinu českého venkova s důrazem na vodní režim a zadržování vody v krajině. Metodický postup. (VÚMOP, v.v.i 2011.) [online]. [cit. 2016-01-21]. Dostupné z <http://www.Kompostuj.cz/vime-proc/dokumenty-o-pude-a-krajine/>
- Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech). [online]. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-1998-156-hnojiva.html
- ZEMÁNEK, P., BURG, P. (2009) : Nákladovost aplikace kompostů do půdy. Biom.cz [online], 2009-11-09 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z WWW:

<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladovost-aplikace-kompostu-do-pudy>>.
ISSN: 1801-2655.

- ZEMÁNEK, P, BURG, P, (2010). Možnosti využití kompostů při optimalizaci hydrofyzikálních vlastností zemědělských půd. Biom.cz [online] 2010-03-17,[cit. 2016-01-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-kompostu-pri-optimalizaci-hydrofyzikalnich-vlastnosti-zemedelskych-pud>>. ISSN: 1801-2655

9 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obr 1. Infiltrometr Mini Disk

Obr. 2 Schéma dvouválcového infiltrometru

Obr 3. Schéma tlakového infiltrometru (MATULA A KOZÁKOVÁ, 1997).

Obr. 4 : Schéma uspořádání jednotlivých variant aplikace kompostu na stanovišti Úlehle

Obr. 5 :Schéma uspořádání jednotlivých variant aplikace kompostu na stanovišti Zímarky

Obr 6:Infiltrometr Mini Disk (vlastní foto)

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.: Třídy penetrometrického odporu (ARSHAD et al., 1996)

Tab. 2. Kritické hodnoty penetrometrického odporu (LHOTSKÝ, 1983)

Tab. 3 Kritické hodnoty vybraných fyzikálních vlastností zhutnělé půdy (LHOTSKÝ 2000)

Tab. 4 Přehled aplikovaných dávek kompostu

Tab. 5: Van Genuchtenovy parametry a hodnoty parametru A pro Minidisk Infiltrometer (Decagon Devices, Inc., 2005); pro 12 půdních druhů dle texturního trojúhelníku USDA

Tab. 6 výsledné hodnoty půdní vlhkosti % hm.

Tab. 7 :Výsledné hodnoty nenasycené hydraulické vodivosti K (h), rovnice regresních křivek včetně míry spolehlivosti a parametr C1- stanoviště Zímarky jaro 2015

Tab. 8 :Výsledné hodnoty nenasycené hydraulické vodivosti K (h), rovnice regresních křivek včetně míry spolehlivosti a parametr C1- stanoviště Zímarky podzim 2015

Tab. 9 :Výsledné hodnoty nenasycené hydraulické vodivosti K (h), rovnice regresních křivek včetně míry spolehlivosti a parametr C1- stanoviště Úlehle jaro 2015

Tab. 10 :Výsledné hodnoty nenasycené hydraulické vodivosti K (h), rovnice regresních křivek včetně míry spolehlivosti a parametr C1- stanoviště Úlehle podzim 2015

Tab. 11 Souhrnné hodnoty pro všechny varianty

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Penetrometrický odpor půdy – Varianta A -100 t. ha⁻¹ kompostu

Graf 2: Penetrometrický odpor půdy – Varianta B - 50 t. ha⁻¹ kompostu

Graf 3: Penetrometrický odpor půdy – Varianta K - kontrola (bez kompostu)

Graf 4: Penetrometrický odpor půdy – srovnání kolejového řádku u všech variant

Graf 5: Penetrometrický odpor půdy – Varianta A - 100 t. ha⁻¹ kompostu

Graf 6: Penetrometrický odpor půdy – Varianta B- 50 t. ha⁻¹ kompostu

Graf 7: Penetrometrický odpor půdy – Varianta K- kontrola (bez kompostu)

Graf 8: Penetrometrický odpor půdy – srovnání kolejového řádku u všech variant

Graf 9: Penetrometrický odpor půdy – Varianta A- 100t. ha⁻¹ kompostu

Graf 10: Penetrometrický odpor půdy – Varianta B- 50 t. ha⁻¹ kompostu

Graf 11: Penetrometrický odpor půdy – Varianta K - kontrola (bez kompostu)

Graf 12: Penetrometrický odpor půdy – srovnání kolejového řádku u všech variant

Graf 13: Penetrometrický odpor půdy – Varianta A - 100t. ha⁻¹ kompostu

Graf 14: Penetrometrický odpor půdy –Varianta B - 50 t. ha⁻¹ kompost

Graf 15: Penetrometrický odpor půdy – Varianta K - kontrola (bez kompostu)

Graf 16: Penetrometrický odpor půdy - srovnání kolejového řádku u všech variant

Graf 17 : Stanoviště Zímarý jaro Regresivní křivky vypočítané ze závislosti kumulativní infiltrace na druhé odmocnině času.

Graf 18: Kumulativní infiltrace na stanovišti Zímarý jaro 2015, (porovnání variant dávek kompostu)

Graf 19 : Stanoviště Zímarý podzim - Regresivní křivky vypočítané ze závislosti kumulativní infiltrace na druhé odmocnině času.

Graf 20 :Kumulativní infiltrace na stanovišti Zímarky podzim 2015, (porovnání variant dávek kompostu)

Graf 21 : Kumulativní infiltrace na stanovišti Zímarky 2015(porovnání variant dávek kompostu za období jaro a podzim)

Graf 22 : Stanoviště Úlehle jaro - Regresivní křivky vypočítané ze závislosti kumulativní infiltrace na druhé odmocnině času.

Graf. 23 :Kumulativní infiltrace na stanovišti Úlehle jaro 2015 (porovnání variant dávek kompostu)

Graf 24 : Stanoviště Úlehle podzim- Regresivní křivky vypočítané ze závislosti kumulativní infiltrace na druhé odmocnině času.

Graf 25 : Kumulativní infiltrace, stanoviště Úlehle podzim (porovnání variant dávek kompostu)

Graf 26 : Stanoviště Úlehle - Regresivní křivky vypočítané ze závislosti kumulativní infiltrace na druhé odmocnině času.

Graf 27: Kumulativní infiltrace – souhrnný graf stanoviště Úlehle (porovnání jaro – podzim)

Graf 28 : Penetrometrický odpor půdy - Střed řádku stanoviště Úlehle jaro (všechny varianty)

Graf 29: Penetrometrický odpor půdy - Střed řádku stanoviště Úlehle podzim (všechny varianty)

Graf 30:hodnoty hydraulické vodivosti- stanoviště Úlehle

Graf 31 : Penetrometrický odpor půdy - Střed řádků stanoviště Zímarky jaro (všechny varianty)

Graf 32 Penetrometrický odpor půdy - Střed řádku stanoviště Zímarky podzim (všechny varianty)

Graf 33: Hodnoty hydraulické vodivosti- stanoviště Zímarky

10 PŘÍLOHY

PŘÍLOHA I

Aplikace kompostu na sledovaných stanovištích

PŘÍLOHA II

Zapravení kompostu talířovým kypříčem

Měření penetrometrického odporu

Odběr vzorků pro stanovení vlhkosti půdy

PŘÍLOHA III

Znázornění měřících míst při měření penetrometrický odpor půdy

Znázornění měřících míst při měření infiltrace

PŘÍLOHA IV

Ukázka zpracování dat z měření kumulativní infiltrace včetně regresní křivky a výpočtu hodnot hydraulické vodivosti