

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra biotechnických úprav krajiny



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta životního
prostředí**

**Vliv jistoty půdní držby na vybrané ukazatele kvality
půdy**

Effect of land tenure security on selected parameters of
soil

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Autor práce: Bc. Kateřina Tomečková
Vedoucí práce: prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Obor studia: Aplikovaná ekologie**

© 2017 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Kateřina Tomečková

Aplikovaná ekologie

Název práce

Vliv jistoty půdní držby na vybrané ukazatele kvality půdy

Název anglicky

Effect of land tenure security on selected parameters of soil

Cíle práce

Cílem diplomové práce je zjistit vliv jistoty půdní držby na vybrané ukazatele kvality půdy, zejména zhutnění půdy, zastoupení C, půdní agregáty.

Metodika

- rešerše
- výběr pozemků pro odběr půdních vzorků
- odběr vzorků
- laboratorní analýzy
- rozbory vlastnictví, resp. nájmu, jeho délky a výpovědní doby
- statistické analýzy
- interpretace výsledků a diskuse
- závěry

Doporučený rozsah práce

40 stran + přílohy

Klíčová slova

kvalita půdy, land tenure, vlastnictví, nájem, orná půda

Doporučené zdroje informací

BEDRNA, Z. – ŠARAPATKA, B. – DLAPA, P. *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2002. ISBN 80-244-0584-9.

BRONICK, C., J. – LAL, R. Soil structure and management: a review. *Geoderma* (2005) 124: 3-22.

HAMZA, M., A. – ANDERSON, W., K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research* (2005) 82: 121-145.

POŠMOURNÝ, K. – BIČÍK, I. – KUKAL, Z. – CIBULKA, J. – ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, – ČESKO. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, – HAUPTMAN, I. *Půda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2009. ISBN 978-80-903482-4-0.

SKLENIČKA, P. – JANEČKOVÁ MOLNÁROVÁ, K. – ŠÁLEK, M. – ŠÍMOVÁ, P. – VLASÁK, J. – SEKÁČ, P. – JANOVSÁ, V. Owner or tenant: Who adopts better soil conservation practices? *Land use policy* (2015) 47: 253-261.

SKLENIČKA, P. – ŠÁLEK, M. Ownership and soil quality as sources of agricultural land fragmentation in highly fragmented ownership patterns. *Landscape Ecol* (2008) 23: 299-311.

SKLENIČKA, P. *Základy krajinného plánování*. Praha: Naděжда Skleničková, 2003. ISBN 80-903206-1-9.

ŠARAPATKA, B. *Agroekologie : východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc: Bioinstitut, 2010. ISBN 978-80-87371-10-7.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Konzultant

Mgr. Alena Walmsley, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 20. 3. 2017

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 11. 04. 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv jistoty půdní držby na vybrané ukazatele kvality půdy" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury.

V Praze, dne 13. 4. 2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu práce Prof. Ing. Petru Skleničkovi, CSc. za odborné rady, kontakty a začlenění do výzkumu a stejné poděkování patří i Mgr. Aleně Walmsley Ph.D. za zaučení v terénu, v laboratoři, pomoc s vyhledáváním odborné literatury a za včasné připomínky a rady ohledně psaní této diplomové práce. Poděkování též patří Tereze Březinové za zaučení s Primacs^{SNC-100} Analyzátořem uhlíku a dusíku v našich laboratořích. Za podporu a neustálé dodávání energie děkuji mé rodině a všem blízkým, kteří mi pomáhali při realizaci terénního výzkumu.

V Mělníku, dne 13. 4. 2017

Abstrakt

Vlivu jistoty půdní držby na kvalitu půdy se v poslední době začíná věnovat velká pozornost a začínají se na toto téma provádět četné studie. Bylo potvrzeno, že vlastníci zemědělské půdy hospodaří na své půdě šetrněji a více investují do půdoochranných opatření než nájemníci zemědělské půdy. V České republice, a i v dalších zemích střední a východní Evropy (např. Slovensko, Rumunsko, Bulharsko) nastal velký problém v extrémní vlastnické fragmentaci půd, která přispívá i k degradaci půd. Vedle vlastníků hospodaří na půdě tedy i nájemníci zemědělských půd. Půdy jsou zemědělcům pronajímány nejčastěji na 5 – 15 let nebo na dobu neurčitou, ale obsahují 1 – 3letou výpovědní lhůtu, která nezaručuje nájemníkům garanci dlouhodobě stabilních podmínek nájemních smluv a demotivuje je vůči dlouhodobým investicím do ochrany půd. Některé výzkumy ovšem potvrdily, že pokud jsou půdoochranná opatření podporována dotacemi ze strany státu, tak rozdíly v přístupu k půdě mezi vlastníky a uživateli půdy byly minimalizovány nebo úplně eliminovány.

Kvalita půdy se měří různými indikátory. V mé diplomové práci jsem hodnotila kvalitu půdy na základě obsahu organického uhlíku v půdách, stability půdních agregátů a zhutnění půd. Výsledky měření přinesly zajímavé zjištění, a sice že prvotním důležitým faktorem je typ půdy, na kterém se zemědělství provádí. Půdy přirozeně méně úrodné – v mém výzkumu zastoupené hnědými půdami, více odráží vliv půdní držby než půdy přirozeně úrodnější – hnědozemě. Hnědozemě, jakožto úrodnější půdy, měly vyšší hodnoty obsahu uhlíku i stability půdních agregátů a měření byla podobná pro vlastníky i nájemníky půd. Oproti tomu u hnědých půd, které měly nižší hodnoty měření, byl navíc znatelný rozdíl mezi vlastníky a nájemníky půd. Zhutnění půd vykazovalo opačný trend pro hnědé půdy a hnědozemě. U hnědých půd se opět projevil vliv půdní držby, vlastníci půdy měli nižší utužení půd oproti nájemníkům půd. U hnědozemí vyšla měření poměrně vysoká a přesně naopak, to může být důsledek různé náchylnosti typu půd ke zhutnění v souvislosti s tím, že drobní vlastníci nemají dostatek financí ke koupi nejmodernějších strojů na obdělávání půd, které jsou účelně vyvinuté tak, aby se zabraňovalo nadbytečnému zhutňování půd (např. vlivem co největšího rozložení jejich hmotnosti, atd.).

Klíčová slova: držba půdy, kvalita půdy, orná půda, vlastnictví, nájem

Abstract

Scientists have been recently pursuing the fact that land tenure security has an impact on soil quality and they are making a lot of studies on this topic. It was found that owners of agricultural land manage their land more considerably and they invest more in soil conservation measures than the tenants. In Czech Republic and in other countries of Central and Eastern Europe (e.g. Slovakia, Romania, Bulgaria), there was a big problem in the extreme fragmentation of land ownership, which contributes to the degradation of soils. Both owners and tenants manage the soil. Soils are mostly leased to tenants for 5-15 years or for an indefinite period, but with only a 1 – 3 year notice period, which does not guarantee long-term stable conditions of lease agreements to tenants and discourages them from soil conservation measures. Some studies have confirmed that subsidies from the government on soil conservation measures change the attitudes of tenants. In this case, differences between owners and tenants are minimalized or completely eliminated.

Soil quality is measured by various indicators. In my thesis I rated soil quality based on the content of organic carbon in soils, soil aggregate stability and soil compaction. Results of my measurements detected interesting fact, that the primary important factor is the type of soil on which the agricultural practice takes place. Soils naturally less fertile - in my research represented by cambisols, reflect the influence of land tenure more than naturally fertile soils - luvisols. Luvisols, as more fertile soils, had higher carbon content and soil aggregate stability and measurements were similar for owners and tenants. In contrast we could find a noticeable difference between owners and tenants, which manage their land on the cambisols that had lower values of the soil indicators than the luvisols. Soil compaction showed the opposite trend for cambisols and luvisols. In cambisols, land tenure security was reflected, as owners had lower soil compaction compared to tenants soils. In cambisols, measurements were higher and with adverse results. Owners had higher value of soil compaction than tenants. It could be because the small owners did not have enough money for buying modern agricultural machineries which could better distribute their weight on soils. The second factor was the ability of soils to resist compaction. These two factors could be in mutual context.

Key words: land tenure, soil quality, fertile ground, ownership, lease

OBSAH

1. ÚVOD.....	10
2. CÍLE PRÁCE	12
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	13
3.1 Definice krajiny.....	13
3.2 Problematika fragmentace krajiny ve světě.....	13
3.2.1 Specifika fragmentace krajiny ve východní Africe	14
3.3 Problematika fragmentace krajiny v České republice.....	15
3.3.1 Vlastnická fragmentace vs. uživatelská fragmentace pozemků v krajině	15
3.4 Způsoby provozování zemědělství v České republice	17
3.4.1 Intenzivní zemědělství	17
3.4.2 Ekologické zemědělství	19
3.5 Půda a její důležitost.....	19
3.5.1 Složení půdy	20
3.5.2 Půdní typy	21
3.5.3 Vnější negativní vlivy na vlastnosti půd	21
3.5.4 Degradace půdy a její úbytek	22
3.5.5 Ochrana půdy.....	22
3.6 Vliv držby půdy na kvalitu půdy	24
3.7 Indikátory kvality půdy	29
3.7.1 Přítomnost organického uhlíku v půdě.....	29
3.7.2 Stabilita půdních agregátů	30
3.7.3 Zhutnění půd.....	31
4 METODIKA	33
4.1 Popis zkoumané oblasti	33
4.2 Výběr půdních bloků pro výzkum	34
4.3 Terénní výzkum	34
4.2.1 Měření zhutnění půd a odběr Kopeckého válečků	35
4.4 Analyzování půdních vzorků v laboratoři.....	35
4.4.1 Vlhkost půdy	35
4.4.2 Zastoupení organického uhlíku.....	35
4.4.3 Měření stability půdních agregátů	36
5 VÝSLEDKY.....	38
6 DISKUZE	46
7 ZÁVĚR	51
8. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	53

8.1 Seznam internetových zdrojů.....	61
9 SEZNAM PŘÍLOH.....	62

1. ÚVOD

Národ, který ničí půdu, ničí sebe.

Franklin D. Roosevelt, 1937

Půda představuje živý organismus, jedná se o obdivuhodný uzavřený koloběh vzniku a zániku látek. Půda, spolu s vodou a vzduchem tvoří základní přírodní zdroje, na kterých je závislý život - člověk je od nepaměti závislý na půdě a kvalita půdy je zase závislá na činnosti člověka. Půda zajišťuje živiny nutné pro život – vytváří prostředí pro růst rostlin, které jsou základem pro výživu živočichů včetně člověka. „Zdravá“ půda je základním předpokladem pro růst a vývoj kvalitních potravin, zdravých živočichů i člověka. Půda slouží ale i opačně jako prostředí pro recyklaci organických materiálů a figuruje v kolobězích mnoha prvků (Šarapatka et al., 2002).

Vývoj půdy je velmi pomalý proces, 1 cm půdy se vytvoří za desítky až stovky let (MZe, 2010) a záleží na mnoha faktorech. V raných stádiích na mateřské hornině a reliéfu, později se uplatňují faktory klimatické, biotické, popř. vliv člověka (Sklenička, 2003). Naopak odnos 1 cm půdy může být několikaminutový úkaz způsobený vodní či větrnou erozí. Půda je označována za neobnovitelnou v dimenzích lidského života (Šarapatka et al., 2002). Toto by měli mít na paměti všichni lidé, kteří hospodaří s půdou.

V České republice i v řadě dalších Evropských zemí se v posledních letech stala problémem velká fragmentace pozemků, která má za následek komplikaci vztahů mezi vlastníky pozemků a jejich uživateli. V mé práci popisuji nejdřív obecně problém fragmentace krajiny a poté se blíže dostávám k vlastnické fragmentaci a užitelné fragmentaci krajiny. Mnoho studií přineslo výsledky, že jsou znatelné rozdíly v hospodaření s půdou mezi vlastníky a nájemníky půd (např. studie Skleničky & Šálka, 2008; Skleničky et al., 2015). Vlastníci půd hospodaří na svých půdách šetrněji a mívají více kvalitní půdu než nájemníci půd, kteří hospodaří na pronajatém a na pouze omezený čas. Zároveň vlastníci půd častěji přechází k ekologickému zemědělství, které je šetrnější vůči ŽP a jedná se o trvale udržitelný způsob hospodaření s půdou, než nájemníci půd. Opakem ekologického zemědělství je intenzivní zemědělství, které je zaměřeno na maximalizaci výnosů a vykazuje řadu

nevhodných zemědělských návyků vzhledem k ŽP (např. scelování pozemků do velkých půdních bloků, pěstování monokultur, používání těžké techniky, atd.) a urychluje proces degradace půd.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je přiblížit problematiku fragmentace půdy v ČR, intenzivního zemědělství, degradace půdy, a zamyslet se nad zvyšujícími se dopady tohoto chování lidské populace na naši krajině. Terénní výzkum přinesl nová data z oblasti Středočeského kraje a byl řešen vliv jistoty půdní držby na vybrané ukazatele kvality půdy. Měřila jsem zastoupení organického uhlíku v půdách, stabilitu půdních agregátů a zhutnění půd na půdních blocích obhospodařovaných jak vlastníky půd, tak nájemníky půd. Po odebrání půdních vzorků v terénu jsem vzorky zanalyzovala v laboratoři, výsledky statisticky vyhodnotila a interpretovala. Diskuze měla obsahovat srovnání mých výsledků s jinými studiemi. V závěru mělo být konečně zhodnocení celé problematiky.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Definice krajiny

Krajina je systém přírodních a člověkem ovlivněných prvků, jejichž vztahy mohou být v souladu či naprosto nevyvážené. Podle Formana a Godrona (1986) je krajina heterogenní část zemského povrchu, který se skládá ze souboru vzájemně se ovlivňujících ekosystémů, které se v dané části povrchu v podobných formách opakují.

Krajina má polyfunkční charakter a pro její celistvé pochopení musíme znát skladebné prvky a charakter vazeb a toků mezi těmito prvky (Lipský, 1999; Sklenička, 2003). Celkový pohled na krajinu je značně ovlivňován jejím využíváním, především zemědělstvím. Do heterogenní krajiny s různorodým zastoupením „políček“, s rozptýlenou zelení se rozhlíží mnohem příjemněji než do unimodální krajiny scelené do velkých bloků podle jejího využívání. V krajině plné života, prozpěvujících ptáků, bujné vegetace, tekoucích potoků a řek vyhledávají lidé už od nepaměti místa k odpočinku a k rekreaci. Zdravá a pestrá krajina ovlivňuje psychickou stránku lidí a působí jako důležitý faktor pohody. Proto bychom měli chránit toto bohatství Země nejen pro nás, ale i pro naše budoucí generace.

3.2 Problematika fragmentace krajiny ve světě

S lidskou činností se krajina neustále mění. Od nejdivočejších pralesovitých forem po formy antropogenně ovlivněné. Problémem je, že člověk svou neustále se rozšiřující zástavbou, doplňováním dopravní infrastruktury, výstavbou umělých vodních koryt a vodních děl zabírá volnou krajinu a dělí ji do menších a ještě menších celků, čímž zvyšuje její fragmentaci. Fragmentace nebo-li roztržitost krajiny izoluje jednotlivé populace, ekosystémy, společenstva a krajina se stává méně prostupnou, což může být osudné pro mnoho živočišných druhů (Sklenička, 2003).

Ztráta přírodních stanovišť pro organismy a fragmentace krajiny jsou považovány za jedny z hlavních příčin ohrožení biodiverzity po celém světě (Wilcove et al., 1998; Fahrig, 2003). Druhy organismů izolované v jednotlivých fragmentech ztrácí genetickou variabilitu a na základě rozdílné zranitelnosti druhů

může docházet k jejich postupnému vymírání (Feeley et al., 2007; Meyer et al., 2008; Wang et al., 2009). Je důležité identifikovat ekologické a historické životní rysy jednotlivých druhů, abychom určili, které druhy jsou náchylné k fragmentaci a stanovili účinné strategie pro jejich ochranu a zachování biologické rozmanitosti krajiny (Laurance, 1991; Henle et al., 2004; Meyer et al., 2008). Více citlivé k fragmentaci krajiny jsou druhy o malých velikostech populací, vysoké stanovištní specifikaci, málo geograficky rozložené (Rabinowitz et al., 1986; Gaston, 1994; Purvis et al., 2000), druhy, které se vyznačují velkou velikostí těla, vysokou trofickou úrovní, nízkou mobilitou a nízkou plodností (Bennett & Owens, 1997; Purvis et al., 2000; Henle et al., 2004; Van Houtan et al., 2007). Z ptačí říše jsou více ohroženi ptáci, kteří staví hnízda na místech, kde nejsou zakrytá, nebo kteří hnízdí přímo na zemi, z důvodu vyšší možnosti predace hnízda (Terborgh, 1974; Wilcove, 1985).

3.2.1 Specifika fragmentace krajiny ve východní Africe

Fragmentace a s tím spojená ztráta přírodních stanovišť je hlavní hrozba pro volně žijící živočichy též v Africe. Problém je v zakonzervovaných územích a v mobilním pastevectví, hlavně ve východních savanách Afriky. Fragmentace krajiny je především poháněna držbou půdy, politikou, rostoucí lidskou populací, rozšiřováním osad a zemědělských farem, silničními sítěmi, rozvojem měst a oplocením. Existují biofyzikální faktory, které zhoršují prostupnost krajiny (půda, sklon, srážky, řeky) a člověkem vytvořené bariéry (silnice, města, parky, lomy). Významným problémem je oplocování pozemků. Např. V Africe, v Keni, v oblasti Athi-Kaputiei se ukázaly oplocené pozemky velkým problémem pro volně žijící zvěř. Ploty situované podél hlavních silnic a kolem velkých městských center brání migraci pakoňů a zeber mezi Národním parkem Nairobi a na jihu s ním sousedícím národním parkem Kitengela Plains. Výstavba plotů, zmenšování možností migrace mezi národními parky a ničení jejich přírodních stanovišť výrazně snížily počty v populacích pakoňů a dalších býložravců. Další vývoj v oblasti Athi-Kaputiei Plains rozhoduje o početnosti jednotlivých druhů a rozhoduje o životaschopnosti ve volné přírodě do budoucna. Již bylo vyvinuto několik iniciativ, ale bylo by potřeba více uvolnit prostorové limity jak pro hospodářská zvířata, tak i pro volně žijící zvěř (Said et al., 2016).

Vedle fragmentace, která zabírá volnou krajinu a ohrožuje místní populace zvěře i rostlin, je zde vyvinutý vysoký tlak i na okolní zemědělské půdy, což má v některých oblastech důsledek ve zhoršení kvality životního prostředí (Amissah-Arthur & Miller, 2002; Sigwela et al., 2009). Přijetí udržitelného obhospodařování půdy konkrétně na tomto kontinentě hraje rozhodující roli pro schopnost lidí se uživit do budoucna (Teshome et al., 2016).

3.3 Problematika fragmentace krajiny v České republice

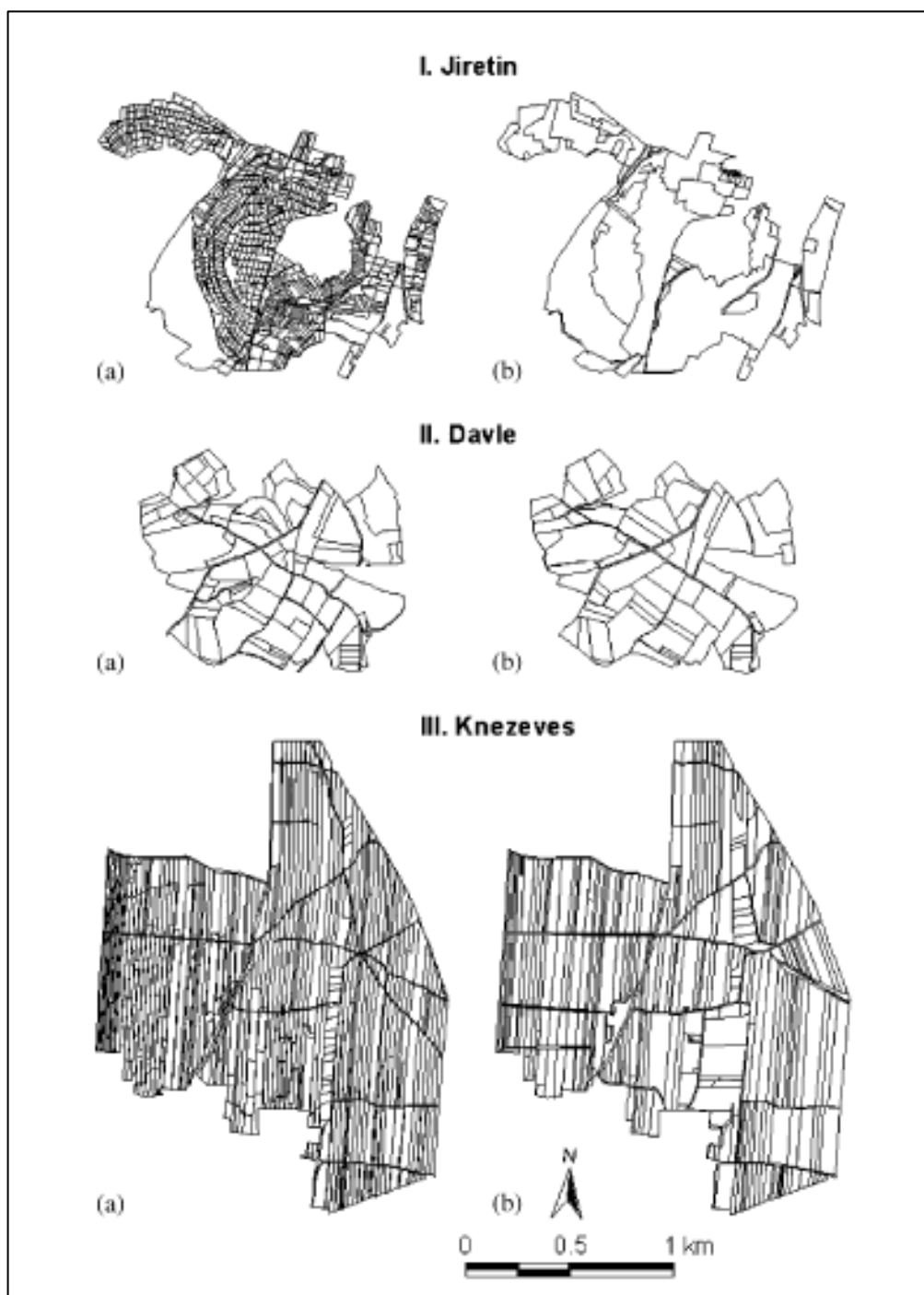
Podle Anděla et al. (2005) je nejzávažnější fragmentační prvek v naší krajině stále se rozšiřující dopravní infrastruktura. Už při výstavbě silničních i železničních sítí dochází k mortalitě živočichů i rostlin, rušení živočichů hlukem a světlem a k záboru půdy za účelem trvalé výstavby. Sklenička (2006) navíc upozorňuje na fragmentaci v užším slova smyslu - na fragmentaci pozemků v rámci držby půdy a využívání půdy.

3.3.1 Vlastnická fragmentace vs. uživatelská fragmentace pozemků v krajině

V České republice, v dnešní době, jsou setřené charakteristické znaky krajiny a půda reflektuje pouze její využívání. Mluvíme o tzv. uživatelské fragmentaci, která je vidět pouhým okem a představuje rozsáhlé zemědělské plochy v jednotlivých katastrálních územích České republiky. Skrytá pod uživatelskou fragmentací je vlastnická fragmentace, která má mnohem rozmanitější strukturu a není v krajině vidět pouhým okem. Jedná se o důsledek předchozího komunistického režimu, kdy se přes 40 let nevedly záznamy o vlastnictví (Sklenička, 2006). Problém se dotkl zemí střední a východní Evropy (Swinnen, 1999; Vranken et al., 2004; Sklenička, 2006) - mimo České republiky se jedná dále o státy např. Slovensko, Rumunsko, Bulharsko (Sklenička & Šálek, 2008) Po pádu komunistického režimu se pozemky navracely původním majitelům, jejich dědicům (Kopeva, 2003) a vzniklo mnoho nových vlastníků půdy. Průměrná výměra parcely jednoho vlastníka je 0,66 ha, což představuje extrémní fragmentaci vlastnické půdy v České republice a přispívá i k její degradaci. Takto malá výměra pozemku má i nízkou tržní hodnotu (Sklenička, 2003; Sklenička & Šálek, 2008). Nástrojem pro zajištění rozvoje venkova, pro rostoucí účinné využívání půdy a zmenšení vlastnické fragmentace jsou komplexní

pozemkové úpravy v jednotlivých katastrálních územích, které do budoucna proběhnou v celé České republice (Mihara, 1996; Sklenička, 2003).

Srovnání vlastnické fragmentace na 3 lokalitách v České republice před a) a po b) pozemkových úpravách můžeme vidět na obr. 1. Sklenička (2006) ve své studii popisuje, že po pozemkových úpravách byly výrazně zjednodušené vlastnické vztahy a velikost pozemků se zvětšila.



Obr. 1: Srovnání vlastnické fragmentace na 3 lokalitách v ČR před a po pozemkových úpravách

V ČR jsou v dnešní době asi 3 miliony vlastníků půdy, ale pouze 70 000 uživatelů půdy (údaje z Ústředního pozemkového úřadu ministerstva ČR Zemědělství a od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, Mapování a katastrální). Dle Skleničky a Šálka (2008) je průměrná velikost zemědělského pozemku v ČR 26,67 ha, jedná se o přibližně čtyřicetkrát větší velikost než je velikost vlastnického pozemku v ČR (0,66 ha). To znamená, že pouze málo vlastníků půdy hospodaří na svých pozemcích. Většina vlastníků své pozemky pronajímá. Ale prodávat je ve většině případů nechtějí, což značně komplikuje udržitelné využívání půdy do budoucna

Ze strany České republiky by měl být více podpořen trh s prodejem půdy a urychlen a zefektivněn proces pozemkových úprav. Ze strany Evropské unie by měla být více podpořena individualizace zemědělství prostřednictvím dotací. Pouze touto cestou můžeme v České republice dosáhnout toho, že se více vlastníků půdy stane též uživateli půdy (Sklenička & Šálek, 2008).

3.4 Způsoby provozování zemědělství v České republice

3.4.1 Intenzivní zemědělství

V dnešní době je zaznamenáván obrovský tlak na půdu a životní prostředí v důsledku intenzivního rozvoje zemědělství a průmyslu zejména v posledních desetiletích (Šarapatka et al., 2002). Intenzivní (konvenční) zemědělství je zaměřeno na maximalizaci produkce a tedy na maximalizaci zisků v oboru zemědělství. Tohoto výsledku je možno dosáhnout vyššími dávkami chemikálií – průmyslově vyráběnými hnojivy, přípravky na ochranu rostlin před škodlivými organismy (např. pesticidy, insekticidy, herbicidy, fungicidy), regulátory růstu (zkrácení stébla, zvětšený klas u obilovin – např. u pšenice ozimé a jarní), pěstováním geneticky modifikovaných organismů (GMO) apod. (Šarapatka et al., 2010).

Další nevhodné zemědělské návyky, spojené s intenzivním zemědělstvím, ve vztahu ke krajině, jsou např.:

- scelování pozemků do velkých půdních bloků - vede k rozorávání mezí a remízků, které vedou k úbytku živočichů, ke zvýšené erozi, zanášení a znečišťování vodních toků a nádrží, ovlivnění krajinného rázu z pestré mozaiky biotopů na uniformní rozsáhlé zemědělské plochy

- pěstování monokultur - vede k snížení biodiverzity v krajině. Na každé plodině se živí jen omezený počet živočichů, kteří jsou navíc dále eliminováni pesticidy, insekticidy a dalšími chemickými látkami určenými k hubení rostlinných a živočišných škůdců vzhledem k pěstované plodině. Monokultury jsou více náchylné na působení škůdců, na choroby, zvyšují riziko eroze, vyčerpávají živiny z půdního horizontu a snižují propustnost půdy pro vodu
- nešetrné obhospodařování bez ohledu na sklonitost a svažitost pozemků – umocnění procesu vodní i větrné eroze a s tím spojené problémy, jako je zanášení vodních koryt a nádrží, ničení cest či zaplavení sklepů
- používání těžké techniky - zapříčiňuje zhutňování půd, což je další ekologický problém v krajině snižující pórovitost půdy, a tím ovlivňující propustnost půdy pro vodu, podporující rozpad půdních agregátů a zvyšující riziko eroze (CAST, 1992; Rolston et al., 1993; Hůla et al., 2008; Mze, 2010; Šmajš, 2012)

Negativních důsledků tohoto způsobu hospodaření na naší krajině je mnoho, např.:

- zatěžování životního prostředí chemickými látkami – celkovou chemizací zemědělství je ohrožena kvalita půdy, ale i okolí zemědělských ploch
- znečištění půd – vlivem nadměrného používání průmyslových hnojiv a pesticidů
- znečištění vodních zdrojů – vlivem smyvu průmyslových hnojiv a pesticidů do vodních toků a vodních zdrojů, zanášením sedimentem, který je uvolněn z polí vlivem eroze
- ovlivňování atmosféry produkcí plynů (např. CO₂, NO_x, CH₄) - z nadměrného průmyslového hnojení
- urychlení procesu degradace půd – vlivem nešetrného obhospodařování půd, chemizací zemědělství
- snižování biologické rozmanitosti na zemědělské půdě – neponecháním strnišť na polích, travinných pásů a celkovou chemizací zemědělství se snižují počty populací původních druhů volně žijících živočichů např. koroptví, bažantů, syslů, zajíců

(Šarapatka et al., 2002; Sklenička, 2006; Mze, 2010)

3.4.2 Ekologické zemědělství

Reakcí na rozsáhlou degradaci půd a celkový negativní vliv intenzivního zemědělství na životní prostředí jsou různé alternativní způsoby hospodaření, mezi něž patří například ekologické (organické) zemědělství, někdy označované jako biozemědělství, které je v posledních letech velmi podporované a dotované ze Společné zemědělské politiky EU (Cenia, 2017). Jedná se o způsob hospodaření, který bere ohled na přirozené koloběhy v přírodě a na interakce mezi živočišnou a rostlinnou výrobou. Ekologické zemědělství je založené čistě na používání organických hnojiv (hnůj, kejda, kompost, atd.) a nepřipouští používání hnojiv průmyslových. Zemědělci sice nesklízejí kvanta plodin, ale za to je jejich produkce kvalitní. V České republice jsou tyto produkty uváděny na trh s označením „produkt ekologického zemědělství“ a před název výrobku se uvádí předpona BIO.

Výhodou tohoto způsobu zemědělství je obhospodařování půdy bez používání chemických vstupů, čímž není ohroženo okolní životní prostředí, zdraví lidí, zdraví hospodářských zvířat i zdraví volně žijící zvěře. Nedochozí ke snižování biodiverzity a je to způsob trvale udržitelného využívání půd (eAGRI, 2017). Dle studie provedené Walmsley & Skleničkou (zatím v procesu revize) vykazují ekologické zemědělství vyšší obsah organického uhlíku v půdě a vyšší celkovou aktivitu půdních enzymů oproti intenzivnímu zemědělství. Vyšší aktivita půdních enzymů je vysvětlena na základě používání organických hnojiv na místo používání minerálních hnojiv zvláště v nadměrném množství nebo časově dlouhodobě užívaných a na omezení aplikace pesticidů na půdu. Ekologické zemědělství vytváří půdu kvalitnější, a tím předchází zrychlené degradaci půd.

Finanční obrat není v prvních letech vysoký, ale zavedením své environmentální „image“ zemědělského podniku do tržních procesů jsou lidé schopni si připlatit za kvalitu těchto produktů. Nutno ovšem podotknout, že se zavedením ekologického (organického) zemědělství probíhají změny v biologické aktivitě a kvalitě půdy pomalu a jsou znatelné až po cca 10 letech (ZERA, 2007).

3.5 Půda a její důležitost

Půdu lze definovat jako samostatný přírodní útvar, který vzniká z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků za působení

půdotvorných faktorů. Jedná se o dynamický živý systém, který se neustále vyvíjí. Půda je přirozenou součástí národního bohatství každého státu a je nutné ji chránit pro naše současné potřeby i pro potřeby budoucích generací (MZe, 2010).

Půda vykazuje řadu důležitých funkcí – ve vztahu k vodnímu režimu v krajině vytváří důležité prostředí pro filtraci, akumulaci a retenci vody, ve vztahu k biotě poskytuje substrát pro růst rostlin, včetně jejich přichycení a následné zásobování vodou a živinami, je prostředím, kde probíhají koloběhy látek. Má významnou pufrací schopnost – odolává změnám pH v půdě. Tyto všechny funkce napomáhají k udržení stability krajiny (Bičík et al., 2009). V neposlední řadě poskytuje prostředí pro život terestrických organismů, je genetickou bankou mikroorganismů, stavebním materiálem a zároveň prostorem pro stavební činnost, prostředím k rekreaci a archeologickým nalezištům (Janeček et al., 2008).

V poslední době se zdůrazňuje také vliv půdy na globální klima prostřednictvím její role v cyklu uhlíku. Půda představuje důležitou zásobárnu uhlíku, který je tzv. „zakonzervován“ v složitých organických molekulách – humusových látkách, které spolu s minerálními částicemi formují půdní agregáty. Humusové látky vznikají z jednodušších organických sloučenin (z mrtvé organické hmoty) působením půdních organismů, zejména bakterií a hub, ale i samovolně působením volně se vyskytujících půdních enzymů. Tyto látky vznikají zejména za nižších teplot a anaerobních podmínek; za vysokých teplot a přístupu vzduchu se mrtvá organická hmota přeměňuje na jednoduché látky a postupně až na CO₂ a další plyny, které se uvolní do atmosféry a přispívají ke zvýšenému skleníkovému efektu. Navíc se za vysokých teplot a za přístupu kyslíku pomalu rozkládají i humusové látky, čímž dochází k dalšímu uvolňování CO₂, k rozpadu půdních agregátů a tím i k degradaci struktury půdy (Killham, 1994; Kononova 2013)

3.5.1 Složení půdy

Půda je tvořena: minerální složkou (anorganické sloučeniny a různě velké částice – kameny, koloidní částice, atd.), organickou hmotou (rostlinné i živočišné organismy či jejich části, včetně humusu). Se zmenšující se velikostí částic minerálního podílu půdy se zvětšuje jejich specifická povrchová plocha a vzájemné přitažlivé síly mezi částicemi. Vzdůstá koheze (soudržnost) a adheze (přilnavost) půdy. To pak ovlivňuje téměř všechny půdní vlastnosti. Organický podíl půdy je

obsahově podstatně menší než podíl minerální, má rozhodující vliv na vývoj půd a její úrodnost. V této dynamické složce dochází k rychlým tokům látek a energie, které určují charakter vývoje půd. Půdní profil se skládá z několika vrstev – půdních horizontů (Sklenička, 2003).

3.5.2 Půdní typy

Podle složení půdních horizontů se určují jednotlivé půdní typy (Šimek, 2007). Na území České republiky lze klasifikovat 26 půdních typů, dle rozdělení uvedeného v publikaci *Základy krajinného plánování* od Prof. Skleničky. Mezi hlavní půdní typy řadíme: kambizemě (KA), hnědozemě (HN), černozemě (CE), černice (CC), regozemě (RG), pseudogleje (PG), luvizemě (LU), fluvizemě (FL), rendziny (RZ), pararendziny (PR), atd. Jinou důležitou klasifikační jednotkou je půdní druh, který se určuje na základě zrnitostního složení půdy. Mezi další charakteristiky patří např. zrnitost nebo skeletovitost půdy.

3.5.3 Vnější negativní vlivy na vlastnosti půd

Vlastnosti půd se zhoršují fyzikálními, chemickými, biologickými, kombinovanými a jinými vlivy – jednoduché rozdělení podle Praxe & Pokorného (1996).

Mezi negativní vlivy fyzikální řadíme vodní a větrnou erozi. Problém se nachází v odnosu svrchní části půdy (humusu), transportu a následné sedimentaci v jiných oblastech, kde dochází k dalším škodám (Buzek, 1995) V České republice je vodní erozi ohrožena zhruba polovina orných ploch (Šarapatka et al., 2010).

Negativní vlivy chemické ovlivňují některou z chemických vlastností půd – pH půdy, koncentraci solí v půdě, nadbytek nebo nedostatek některých iontů (živin). Chemické znečištění půd je důsledkem imisí, dopravy a využívání některých chemických látek - minerálních hnojiv a pesticidů (Buzek, 1995).

Negativní vlivy biologické se vyznačují zejména úbytkem půdního humusu (Prax & Pokorný, 1996).

Závažné jsou též negativní vlivy kombinované, které představují v dnešní době asi největší hrozbu pro zánik půdy. Jedná se o:

- neúměrné zábory půdy jako nový prostor pro rozšiřování sídel
- vznik satelitních měst, nákupních, zábavních a obchodních center, komunikací, dálnic atd.
- mění se využití pozemků z orných půd na trvalé travní porosty a lesní půdu, což je změna přípustná, protože se půda pokryje vegetačním krytem (v mnoha případech vhodná změna zabraňující erozi půd), ale nezanikne zástavbou a kdykoliv se využití na ornou půdu může změnit zpátky (Sklenička, 2003). Problémem jsou změny využití pozemků zemědělského půdního fondu na ostatní plochy a zastavěné plochy a nádvoří, tyto změny jsou nevratné (Bičík et al., 2009) a trvale mění charakter krajinného rázu (Maier et al., 2012).

3.5.4 Degradace půdy a její úbytek

Podle Lal (1998) je degradovaná půda taková půda, která ztratila některou ze svých základních funkcí v krajině. Degradace půd se děje přirozenými mechanismy, souvisejícími s půdotvornými procesy a s vlivem nejrůznějších faktorů prostředí na půdy a jejich vývoj (eroze, zamokření půd, vysychání půd, zasolení půd). Degradáční procesy půdy se umocňují antropogenními vlivy.

Lal (1995) uvádí, že každoročně ubyde cca 10 miliónů hektarů půdy díky různým formám degradace v kombinaci s převodem na nezemědělskou půdu. Podle hodnocení OSN je ¼ světového zemědělského půdního fondu ohrožena určitým stupněm degradace. Je žádoucí udržet produkční schopnost půdy a minimalizovat negativní vlivy na půdu a procesy v ní probíhající, určením a udržením nebo zlepšením kvality půdy (Šarapatka et al., 2002). Zemědělské návyky by měly více přihlížet k ekologické stabilitě krajiny, být šetrnější vůči životnímu prostředí a dbát na trvale udržitelné hospodaření.

3.5.5 Ochrana půdy

Ochrana půdy vůči odnosu se provádí zaváděním protierozních opatření proti vodní a větrné erozi. Proti vodní erozi se používají opatření organizačního (např.:

ochranné zatravnění, zalesnění), agrotechnického (např.: vrstevnicové obdělávání) nebo technického charakteru (protierozní meze, příkopy, průlehy). Cílem těchto protierozních opatření je ochrana půdy před účinky dopadajících kapek deště, podpora vsaku vody do půdy, zlepšení soudržnosti půdy, omezení unášecí síly vody, neškodné odvedení povrchové odtékající vody a zachycení smyté zeminy. Proti větrné erozi se budují organizační (pásové střídání plodin, vhodné uspořádání pozemků), agrotechnická (závlahy pozemků, vnášení organických látek) a biotechnická opatření (větrolamy, ploty) (Janeček et al., 2008).

Ochrana půdy a její strategie udržitelného rozvoje je zajištěna též legislativně. V roce 1972 proběhlo zasedání výboru ministrů k přijetí Evropské charty o půdě (byla zmíněna vážnost situace zacházení s půdním fondem, především v rozvojových zemích) a v roce 1981 k přijetí Světové charty o půdě (konference FAO). Významná mezinárodní konference „Environment and Development“ v Rio de Janeiru proběhla v roce 1992, zúčastnilo se jí 178 států a zde se sestavovaly zavazující se dokumenty, stanovující základní principy zacházení s půdním fondem a vládám členských států OSN je doporučeno jednat v souladu s těmito principy. Příklady principů:

- Mezi hlavní, pro člověka dostupné zdroje patří povrch země, který se skládá z půdy, vody a na ně vázaných rostlin a živočichů. Využívání těchto zdrojů nesmí zapříčinit jejich znehodnocení, ani zničení, protože na jejich nepřetržitou produkci je závislá existence lidstva.
- Degradací půdy se rozumí částečná nebo úplná ztráta úrodnosti půdy a to jak její kvality nebo množství v důsledku procesů jako je vodní a větrná eroze, salinizace, zamokření, odčerpání živin, rozpad půdní struktury, dezertifikace a znečištění.
- Degradace půdy ovlivňuje nejen přímo zemědělství a lesnictví snižováním její úrodnosti a zhoršováním vodního režimu, ale nepřímo i jiné sektory národního hospodářství.
- Hlavní úlohou a zodpovědností vlád je, aby nedopustily takové hospodaření na půdě, které nebude klást důraz na dlouhodobé udržování a zlepšování její úrodnosti a omezení ztrát úrodné půdy. Uživatelé půdy musí vláda ekonomicky zainteresovat na racionálním využívání všech půdních zdrojů, s přihlédnutím na dlouhodobou strategii hospodaření s půdou.
- Opatření na ochranu půdy jsou vlády povinny zahrnout do plánů regionálního rozvoje území a náklady zabezpečit v příslušné kapitole státního rozpočtu.

V dokumentech jsou popsány i postupy pro dosažení zmíněných principů, vše v souladu s trvale udržitelným rozvojem. Postupně je nutné tyto principy zabudovávat do národních legislativ, dodržovat je, a jen takovýmto chováním se zabezpečí plnění funkcí půdy i pro další generace (MŽP, 2017).

Zákony dotýkající se ochrany půdy jsou Zákon č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu a pro celé životní prostředí je klíčový Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny.

3.6 Vliv držby půdy na kvalitu půdy

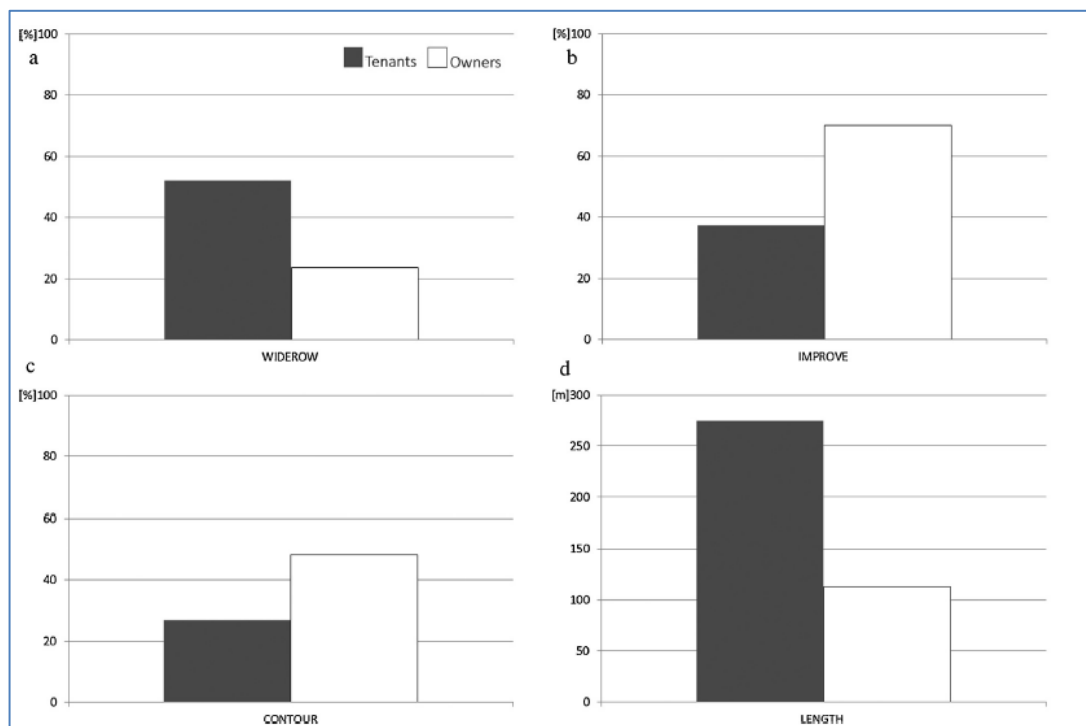
Zemědělci se mohou dobrovolně rozhodnout, zda budou praktikovat metody vedoucí k ochraně půdy nebo k degradaci půdy. Motivace zemědělců lze rozdělit do 3 kategorií:

- dobrovolné rozhodnutí založené na jejich hodnotě půdy jako přírodní bohatství, které je nutné chránit do budoucna
- rozhodnutí motivované ekonomickými stimulatory
- rozhodnutí, které je určeno právním omezením (Sklenička et al., 2015).

Vlastnictví pozemků hraje důležitou roli vzhledem k úrodnosti a kvalitě půdy (Sklenička & Šálek, 2008, Sklenička et al., 2015). Známé pořekadlo praví „nikdo nemyje pronajaté auto“, tento výrok může v některých případech připomínat i hospodaření s půdou. Je nutné provádět studie, jak se liší ochrana půdy mezi uživateli - vlastníky a uživateli - nájemníky, zvláště v zemích, kde na půdě hospodaří převážně nájemníci (11 z 28 zemí EU).

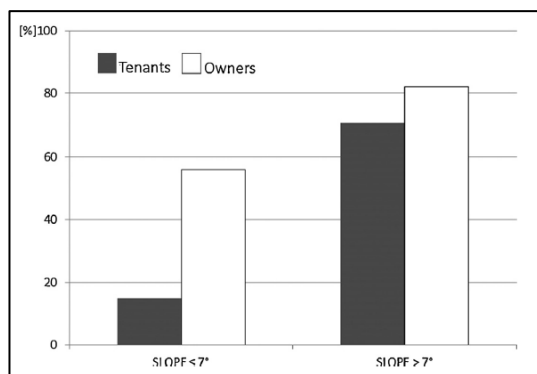
Dle studie provedené Skleničkou et al. (2015) hospodaří s půdou šetrněji její vlastníci než její nájemníci. Ze zkoumaných 263 bloků orné půdy ohrožené vodní erozí na území České republiky se ukázalo, že všechna ochranná opatření k regulaci eroze byla přijata výrazně častěji vlastníky než nájemníky. Vlastníci půdy hospodařící na své půdě vypěstovali 2,4krát méně širokořádkových plodin v systému střídání plodin za posledních 5 let (širokořádkové plodiny zvyšují erozi půdy, ale jsou ekonomicky výhodnější – např. kukuřice) a aplikovali výsev nebo výsadbu ochranné plodiny 1,9krát častěji. Hospodaření po vrstevnicích bylo přijato 1,8krát častěji a délka svahu polí obhospodařovaných vlastníky byla průměrně 2,4krát kratší než délka svahů polí nájemníků (kratší svahy zmírňují projevy eroze půdy, ale

dochází k častějším odbočkám strojního zařízení, což znamená vyšší podíl nepracujících jízd a zvýšené náklady na pěstování plodin) (obr.2).

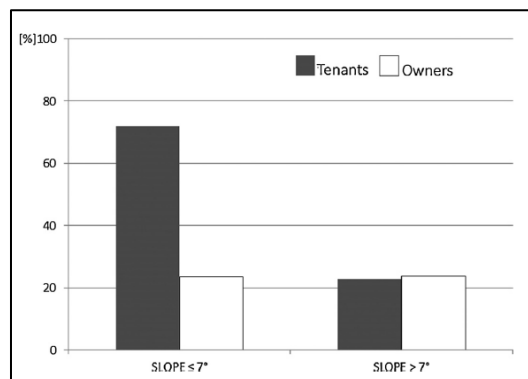


Obr. 2: Výrazné rozdíly mezi vlastníky (owners) a nájemníky (tenants) v přístupu k 4 půdoochranným opatřením: a) uplatňování širokořádkových plodin (%), b) zastoupení půdoochranných plodin (%), c) obdělávání po vrstevnicích (%), d) délka svahů (m)

Studie také přinesla zajímavé zjištění, že pokud jsou půdoochranná opatření podporovaná pobídkou na základě standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC), tak jsou rozdíly v přístupu k ochraně půdy mezi vlastníky a uživateli minimalizovány nebo úplně eliminovány. Příklad je uveden na obr. 3 a obr. 4, kde je rozdíl v zavádění půdoochranných opatření na pozemcích do sklonu 7°, ale půdoochranná opatření pro pozemky se sklonem nad 7°, pro které platí ekonomické zemědělské dotace, již nevykazují velké rozdíly. Nájemníci se díky dobré motivaci stávají zodpovědnější k využívání a ochraně půd. Dobře nastavený systém v České republice ve formě dotací do ochrany půd může kompenzovat jinak podstatné rozdíly v přístupu vlastníků a nájemníků k ochraně půd.



Obr. 3: Procentuální zastoupení širokořádkových plodin do systému střídání plodin u vlastníků a nájemníků na pozemcích se sklonem do 7° a na pozemcích se sklonem nad 7°, kde jsou uplatňované zemědělské dotace



Obr. 4: Procentuální zastoupení půdoochranných plodin u vlastníků a nájemníků na pozemcích se sklonem do 7° a na pozemcích se sklonem nad 7°, kde jsou uplatňované zemědělské dotace

Problémem současnosti je celá řada metod, která je k dispozici pro krátkodobé zvýšení zemědělské produkce, bez ohledu na možné dlouhodobé účinky na kvalitu půdy. Rozhodnutí o využití postupů pro zachování kvality půd, na úkor okamžitého finančního zisku je složité rozhodnutí, ovlivněné mnoha faktory. Někteří autoři (např. Stocking & Murnaghan, 2001; Löw & Míchal, 2003) tvrdí, že „vazby k půdě“ jsou klíčové pro rozhodnutí zemědělců investovat do ochrany půd. Rodiny, které vlastní a obhospodařují půdu po několik generací, budou pravděpodobně šetrnější k využívání půdy a budou zohledňovat i přístupy k ochraně půd, na rozdíl od nájemníků, kteří mají půdu pouze „vypůjčenou“ a navíc nemají garanci dlouhodobě stabilních podmínek nájemních smluv. Nájemní smlouvy bývají na různá časová období, někdy i na dobu neurčitou, ale obsahují 1 – 3letou výpovědní lhůtu. Toto demotivuje nájemce vůči dlouhodobým investicím do ochrany půd. Navíc rostou ceny pronájmů zemědělské půdy (i ceny prodeje zemědělské půdy) až o desítky procent ročně, toto se děje ve snaze dosáhnout tržních hodnot shodných se západní Evropou (Sklenička et al., 2015). Naopak Boardman et al. (2003) uvádí, že ve vyspělých zemích není rozdíl v hospodaření s půdou mezi vlastníky a nájemníky. Své tvrzení vysvětluje na základě předpokladu vysoké úrovně spolehlivosti držby půdy pro nájemníky a pozitivním ovlivněním ekonomickými dotacemi pro uživatele půdy bez ohledu na to, zda se jedná o vlastníka nebo nájemníka.

V praxi se tedy setkáváme s vlastníky, kteří hospodaří na svých polích, s vlastníky, kteří hospodaří na svých polích a ještě si pronajímají okolní pole a s nájemníky, kteří hospodaří vyloženě na pronajatých polích. Předmětem diskuze jsou návyky zemědělců a přístup ke hnojení, orbě, mechanizaci a celé ochraně jejich ať vlastní či „vypůjčené“ půdy. Dalším předmětem k diskusi by mohl být problém, opět přenesený z dob socialismu, a sice scelování polí, které je u nás stále často patrné v krajině (rozdíl ve využívání krajiny znázorněný na obr. 5). Na takto scelených plochách hospodaří vlastníci i nájemníci. Z hlediska pojezdu techniky a obhospodařování pozemků se jedná o výhodu, ale z ekologického hlediska je to jev negativní, protože se ztrácí přirozená ekologická hodnota krajiny, splachy z pole není možno zachytit v dříve častých remízcích a mezích a ubývají i úkryty pro zvěř a místa k odpočinku lidí.



Obr. 5: Znárodnění změn využívání krajiny během 50 let z leteckých snímků obce Suchá na Ústecku
(Zdroj: Vliv zemědělství, 2017)

3.7 Indikátory kvality půdy

Odborníci se dnes začínají věnovat kvalitě půdy neboli „zdraví“ půdy (Šarapatka et al., 2002). K monitorování zdraví půdy se používají tzv. indikátory kvality půdy. Ty se dělí na:

- fyzikální – např. textura půdy, hloubka půdy, objemová hmotnost, pórovitost, pevnost a vodostálost agregátů
- chemické (popř. fyzikálně-chemické) – např. obsah a kvalita humusu, obsah živin, pH, hygienické parametry s ohledem na rizikové prvky a organické kontaminanty
- biologické – např. zastoupení uhlíku, zastoupení dusíku biomasy mikroorganismů, aktivita půdních enzymů

Odběry půdních vzorků dělají zemědělci, najatá pracovní síla nebo výzkumný tým, který chce půdu analyzovat. Na kvalitě odebraného vzorku půdy závisí správnost výsledků analýzy. Rozbor půdních vzorků se provádí ve specializovaných laboratořích. Existuje mnoho typů analýz a mnoho metodik pro provedení analýzy. Ze základních vlastností půdního vzorku by mělo být známo, o jaký půdní druh se jedná, a následně se stanovují požadované indikátory kvality půdy (ZERA, 2007).

3.7.1 Přítomnost organického uhlíku v půdě

Velmi diskutovaný chemický indikátor kvality půdy je množství organického uhlíku v půdě. Obsah organického uhlíku v půdě je dán obsahem heterogenních směsí jednoduchých i složitých látek obsahujících uhlík. Zdroji organické hmoty jsou posklizňové zbytky, hnůj, zelené hnojivo, kompost atd. Úbytek organické hmoty je způsobován sníženým obsahem rozkládajících se organismů a humusu nebo zvýšenou rychlostí jejich rozkladu (to může být způsobeno klimatem – v oblastech s teplejším podnebím se organická hmota rozkládá rychleji než v oblastech s chladnějším podnebím, půdními hydrologickými poměry – čím vlhčí půda, tím méně kyslíku, který způsobuje rychlejší rozklad organické hmoty, využitím půdy – obděláváním půdy je vmícháván kyslík a zvyšuje se průměrná teplota půdy, což opět urychluje rozklad organické hmoty, k dalším ztrátám může dojít v důsledku eroze – splachy ornice, humusu a pěstováním zemědělských plodin se vrací do půdy celkově méně organické hmoty než přirozenou vegetací).

Organická hmota je důležitá složka „zdravé“ půdy, přispívá k její úrodnosti, protože má velkou sorpční schopnost (zadržovat živiny), zadržuje vodu zhruba o šestinásobku své vlastní hmotnosti (tím snižuje náchylnost půd ke zhutnění, erozi, sesuvům) a její úbytek vede k degradaci půdy (Evropská společnost, 2009).

Obsah organického uhlíku v půdě se stanovuje laboratorně v různých přístrojích na stanovení prvků v půdách, např. v Primacs^{SNC-100} Analyzátoru uhlíku a dusíku. Tento flexibilní analyzátor pevných vzorků s integrovaným dávkovačem pro 100 vzorků se používá ke stanovení dusíku (N), celkového uhlíku (TC), celkového elementárního uhlíku (TEC), celkového anorganického uhlíku (TIC) a celkového organického uhlíku (TOC).

3.7.2 Stabilita půdních agregátů

Půdní organická hmota, zejména humusové látky, ale i hyfy hub a polysacharidy vyměšované bakteriemi a půdními živočichy, má významný vliv i na strukturu půdy, protože se spojují s jílovými částicemi a vytváří tak půdní agregáty, které potom utváří půdní strukturu (Pagliai et al., 2004; Bronick & Lal, 2005). Navíc organické látky v půdě brání vzniku půdní krusty (Pagliai et al., 2004). K narušování půdních agregátů dochází deštěm (Le Bissonnais, 2016), častou orbou, hutněním vozidly a zvířaty (Oades, 1993). Narušováním stability půdních agregátů dochází k ovlivnění infiltrace vody do půdy, půda se stává méně hydrofobní a rychleji se smáčí, zvyšuje se riziko eroze a urychlení celého procesu degradace půd (Bryan, 1968; De Ploey & Poesen, 1985).

Od konce roku 1930 již bylo vystřídáno mnoho metod na měření stability půdních agregátů (Yoder, 1936; Hénin et al., 1958, Emerson, 1967). To odráží trvalý zájem o tento způsob měření půdy a stále nenalezení optimálního způsobu měření a sestavení kvalitní metodiky pro toto měření. Různými typy provedení stanovení stability půdních agregátů se zabývají studie provedené např. Le Bissonnais (2016) nebo Rohoškovou a Vallou (2004), provedená na ČZU, na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů.

3.7.3 Zhutnění půd

Dalším velmi diskutovaným problémem v zemědělství je zhutnění půd. Ke zhutňování půd dochází samovolně vlivem těžkých a velmi těžkých půd, ale i u lehčích půd se setkáváme s procesem zhutňování půd antropogenní činností. Pokud jsou půdní agregáty málo stabilní, snadno se zhroutí a rychleji půda podléhá procesu zhutnění půd. Indikátory kvality půd jsou mezi sebou velmi úzce provázané, snížené množství organické hmoty, spolu se zaváděním nevhodných osevních postupů (vysoký podíl obilovin a malý podíl víceletých píceňin), používáním vysokých dávek minerálních hnojiv (zvláště draselných), nevhodných agrotechnických zásahů (především stejně hluboká orba bez podrývání) nebo pastvou dobytka, a vyšším obsahem vody v horizontálním profilu půd zapříčiňuje zhutnění půd (Prax & Pokorný, 1996; Hamza & Anderson, 2005). Hlavní příčinou zhutnění ale zůstává pojezd těžké techniky v zemědělství se značným měrným tlakem na půdu (Horn et al., 1995).

Zhutnění půd zvyšuje pevnost půd a snižuje fyzickou úrodnost půdy, kvůli klesající možnosti příjmu živin a vody. Rostliny následně přirůstají pomaleji, je narušen vývoj kořenů a zpomaluje se proces celé recyklace živin a mineralizace (Hamza & Anderson, 2005). Výnosy plodin se snižují (v závislosti ještě na dalších faktorech – průběhu počasí, vlhkosti půdy), v rozmezí u obilnin o 10 – 20%, u kukuřice o 10 – 15%, u luskovin o 15 – 20%, u brambor o 20 – 25%, u cukrovky o 20 – 30%. Utužení půd nejenom snižuje výši výnosu, ale také nepříznivě ovlivňuje jakost produkce. Např. u cukrové řepy se cukernatost bulev snižuje v průměru o 15%, olejnatost semen řepky olejky až o 8 % (Javůrek & Vach, 2008).

V tabulce č. 1 jsou vyneseny mezní kritické vlastnosti zhutněných půd v závislosti na půdním druhu.

Fyzikální vlastnosti půdy	Půdní druh (obsah částic pod 0,01 mm v %)					
	J > 75	JV – JH 75 - 46	H 45 - 39	PH 38 - 21	HP 20 - 11	P < 10
Objemová hmotnost po vysušení (g.cm ⁻³)	> 1,35	> 1,40	> 1,45	> 1,55	> 1,60	> 1,70
Pórovitost (% objemová)	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38
Minimální vzdušná kapacita (% objemová)	10	10	10	10	10	10
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 % hmotnostních	28 - 24	24 – 20	18 - 16	15 -13	12	10

Tabulka č. 1: Mezní hodnoty kritických vlastností zhutnění půd u různých půdních druhů: J – jíl, JV – půda jílovitá, JH – půda jílovitohlinitá, H – půda hlinitá, PH – půda písčitohlinitá, HP – půda hlinitopísčitá, P – půda písčitá (Zdroj: Lhotský, 2000)

Měření zhutnění půdy, jakožto fyzikálního indikátoru kvality půd se provádí půdními penetrometry. Penetrometr je přenosný přístroj jehož funkce spočívá v zapíchnutí ocelového hrotu do půdy, který je součástí penetrometické sondy, přičemž nás zajímá tlak a odpor, jaký půda vytváří proti pronikání hrotu (Lhotský et al., 1984). Konstrukční řešení penetrometrů je v různém vybavení. Závislost mezi odporem půdy a stupněm zhutnění je přímá, ale důležitá je i vlhkost půdy, která musí být zohledněna. Penetrometrie se nedá měřit na kamenitých, rašeliništních a silně zavodněných půdách, hrozí zde neprůkaznost výsledků (Lhotský, 2000).

Stojí za zmínku, že zhutnění půd se pozorovatelné i pouhým okem, většinou jsou utužená místa v půdních blocích, kde stagnuje voda po deštích nebo při jarním tání sněhu. Je pozorovatelné špatné vzcházení plodin, deficitní růst porostu, deformace kořenů, případně též zažloutlá barva listů. Povrch půdy mívá za sucha škráloupy a trhliny (Lukas et al., 2011).

4 METODIKA

V mém výzkumu jsem zvolila 2 fyzikální a 1 chemický indikátor kvality půd. Měřila jsem zhutnění půd ručním půdním penetrometrem a ve výsledcích jsem se zaměřila hlavně na zhutnění ve 20-25cm pod povrchem půdy, což bývá většinou hloubka orby a hloubka těsně pod orbou. Dále jsem měřila stabilitu půdních agregátů rychlým a pomalým smáčením vodou (nasimulovaný velmi intenzivní a málo intenzivní déšť) a následným vysušením a prosíváním přes síta. A z chemických indikátorů jsem měřila zastoupení organického uhlíku pomocí Primacs^{SNC-100} C a N analyzátoru v laboratoři.

4.1 Popis zkoumané oblasti

Terénní výzkum probíhal ve Středočeském kraji, konkrétně na Mělnicku, Mladoboleslavsku, Praha – východ, Praha – západ, Kladensku a Benešovsku (viz příloha 1). Podnební poměry středních Čech jsou závislé na nadmořské výšce a utváření terénu. Námi zkoumané oblasti se vyznačují převážně teplým klimatem s ročním průměrem teplot mezi 8 – 9°C. Vegetační období zde trvá 6 měsíců, od dubna do září, s průměrem teplot nad 14°C. Srážky vzrůstají ve směru od severozápadu k jihovýchodu a pohybují se mezi 500 – 600 mm za rok.

Nachází se zde černozemě, černice, šedozemě, hnědozemě, fluvizemě, které jsou po stránce agronomické našimi nejlepšími půdami (Střední Čechy, 2017). Jsou zde nejvhodnější podmínky pro rozvoj obilnářství, dále se zde pěstuje cukrová řepa a významně roste úloha technických a energetických plodin, které jsou současným trendem a perspektivou zemědělství. Setkáme se zde i s hnědými půdami, leptosoly, glejsoly a stagnosoly, které již nepatří mezi tolik úrodné půdy, vyznačují se nízkou produkční schopností či až jako druhy půd pro zemědělské účely zcela vyloučené.

Ekologické zemědělství je v tomto kraji na vzestupu. Stavby skotu mají v posledních letech spíše klesající tendenci, na 100 ha zemědělské půdy připadá přibližně 10 kusů krav. Pokles stavů zaznamenává rovněž chov prasat, naopak narůstají stáda ovcí a zvyšují se také stavy koní (Středočeský kraj, 2017).

4.2 Výběr půdních bloků pro výzkum

Za použití informačního serveru Ministerstva zemědělství, z veřejného registru půdy (LPIS) a půdních map ČR (WMS mapy České geologické služby) jsem v softwaru GIS vybrala 90 půdních bloků s rozlohou 1 – 30ha na půdním typu hnědozem a hnědá půda (lokalizace zájmových půdních bloků na určených typech půd - viz příloha 2, upřesnění lokalizace zájmových půdních bloků včetně zanesení správného členění pro lepší nalezení v terénu – viz příloha 3). 1/3 vybraných půdních bloků byla obhospodařována vlastníkem a 2/3 nájemci (údaje jsem si zapisovala do atributové tabulky v softwaru GIS – viz příloha 4). Zemědělci hospodařící na těchto blocích byli zkontaktováni a u nájemců byla dotazováním zjištěna délka nájmu, půdní bloky byly rozděleny na bloky s krátkodobým nájmem (do 5ti let), s dlouhodobým nájmem (nad 5 let, nejčastěji 10-ti leté nájemní smlouvy a jedna 15-ti letá) a na bloky obhospodařované vlastníkem. V terénu jsem následně vybírala půdní bloky, na kterých byly pěstované obilniny - pšenice nebo ječmen a odebrala jsem vzorky ze 48 půdních bloků.

4.3 Terénní výzkum

Měření a odběr vzorků v terénu probíhalo 1 měsíc – cca od půlky června do půlky července roku 2016, v době krátce před sklizní plodiny. Na každém poli (půdním bloku) jsem měřila zhutnění ručním penetrometrem (viz příloha 5), vždy 5krát po pěti metrech od začátku pole směrem do středu pole, první měření ve vzdálenosti 10 m od kraje pole, aby výsledky nebyly ovlivněny okrajovým efektem. Snažila jsem se vyhýbat značně zvlněnému terénu, aby výsledky měření nebyly nijak ovlivněny, a zároveň jsem na každém místě měření ručním penetrometrem odebrala vzorek půdy Kopeckého válečkem (viz příloha 6). Tudíž jsem z každého pole měla 5 měření zhutnění půdy ručním penetrometrem a 5 vzorků půdy odebraných Kopeckého válečkem (5 opakování jsem prováděla kvůli přesnosti a eliminaci chyb). Celkem jsem měla ze 48 polí 240 měření zhutnění půdy a 240 odebraných vzorků půdy.

4.2.1 Měření zhutnění půd a odběr Kopeckého válečků

Provádění penetrometrie v terénu zahrnovalo zatlačování ručního penetrometru po 5-ti cm do půdy a zapisování odporu půdy v MPa. Penetrometr byl dlouhý 1 metr a odpor byl měřen do 10 MPa. Na neutužených půdních blocích probíhalo měření snadno, na některých lokalitách až do hloubky 85 cm. Naopak na utužených půdních blocích jsem na nějakých lokalitách dosáhla hloubky pouze 10 cm (při maximálním vynaložením tlaku na půdu 1000 kPa). Ve výsledcích jsem se zaměřila na utužení půdy ve 20 cm pod povrchem půdy, což je nejčastěji hloubka orby, a na utužení půdy ve 25 cm pod povrchem půdy, což je těsně pod hloubkou orby. Odběry vzorků půdy pomocí Kopeckého válečků jsem prakticovala poblíž každého měření penetrometrem. Kopeckého váleček jsem zatloukla do půdy dřevěnou tyčí a pomocí lopatky vyndala, očistila půdu okolo válečku a seřízla půdu rovnoměrně s válečkem. Každý odebraný vzorek jsem vložila do igelitového sáčku a popsala, o které pole se jedná a o kolikátý odběr vzorku půdy z daného pole jde. Všechny odebrané vzorky půdy jsem měla uschované u sebe doma, ve sklepě, kde bylo relativně chladno, a poté jsem je všechny převezla do laboratoře na ČZU.

4.4 Analyzování půdních vzorků v laboratoři

4.4.1 Vlhkost půdy

U vzorků půd odebraných Kopeckého válečky se následně měří půdní vlhkost (množství vody v půdě). My jsme stanovovali vlhkost půdních vzorků gravimetricky – usušením a zvážením půdy. Vlhkost závisí hlavně na výskytu a intenzitě dešťů na zájmových lokalitách odběru vzorků. Vzorky se musí odebírat za podobných klimatických podmínek, jinak se musí provádět přepočet výsledků. Vlhkost půdy je vyjádřena v procentech a v mém výzkumu se jedná pouze o doplňkový údaj o půdních vzorcích, který byl použit pro korekci dat o utužení půdy.

4.4.2 Zastoupení organického uhlíku

Zastoupení organického uhlíku v jednotlivých vzorcích půdy jsme analyzovali pomocí Primacs^{SNC-100} Analyzátoru uhlíku a dusíku (viz příloha 7) v nově vybavené laboratoři v Mezifakultním centru environmentálních věd II na ČZU.

Správná příprava vzorků je nezbytná pro analýzu obsahu uhlíku. Všechny vzorky půdy z odebraných polí (240 vzorků) jsme nejdříve usušili, odebrali malé množství, které jsme nadrtili, přeseli na 1mm sítu a odvážili přibližně 2g (přesná váha byla zaznamenána do počítačového programu) do cínových kalíšků (cín je důležitý pro správné spalování v elementárním analyzátoru), které jsme postupně vkládali do automatického vzorkovače PrimacsSNC-100 Analyzátoru uhlíku a dusíku (viz příloha 8). Každý vzorek v cínovém kalíšku se vertikálně přemístí do spalovací pece, kde při teplotě 1 800°C dojde ke spalování kyslíku, změření zastoupeného uhlíku, dusíku (zjednodušeně vysvětlený proces - plynné spaliny v analyzátoru N₂, NO_x, H₂O, O₂, CO₂, v našem případě důležitý CO₂ vstupuje do plynového chromatografu (pec), kde se oddělí od ostatních plynných spalin, protéká tepelně vodivostním detektorem (TCD), a zde se vytváří elektrický signál, přiměřený koncentraci uhlíku ve vzorku – zjednodušené schéma viz příloha 9) a popel po spálení vzorků v kalíškách zůstane, nezůstává ve spalovací zóně, čímž se zjednodušuje údržba celého analyzátoru. Data z měření procentuálního zastoupení organického uhlíku ve vzorkách půd se automaticky hned přenáší do počítače (viz příloha 10).

4.4.3 Měření stability půdních agregátů

Stabilitu půdních agregátů jsme měřili dvěma metodami – pomalým a rychlým smáčením vodou, dle metodiky stanovování MWD (Mean weight diameter) podle Le Bissonais (1996). Všechny vzorky půdy jsme usušili, 5 vzorků z každého pole jsme sesypali do jednoho vzorku, protože jsme analyzovali stabilitu půdních agregátů jako celku z každého pole. Tudíž jsme měli 48 vzorků půd. Vzorky půdy jsme proseli přes síta 2 a 5 mm a odebrali agregáty, které zůstaly uprostřed sít, tedy menší než 5 mm, ale větší než 2 mm. Následně jsme odvážili z každého vzorku 6 x 10 g půdy a 3x opakovali rychlou metodu smáčení vodou a 3x opakovali pomalou metodu smáčení vodou. Opakování měření mělo význam v průměrování výsledků a eliminaci chyb.

1. metoda rychlého smáčení vodou spočívala v rychlém namočení všech 3 opakování vzorků půd v kádince s destilovanou vodou o cca 100 ml (viz příloha 11), po dobu 10 minut. Následně jsme slili vodu z kádinky a namočené vzorky půdy prosívali přes síto 0,05 mm v lihu. Líh stabilizuje půdní agregáty, tudíž půdní

agregáty, které přes rychlé namočení vydržely, se měly na sítu stabilizovat. Půdní agregáty, které přes síto neprošly, jsme opatrně vyklepli do mističek a nechali usušit v sušičce při 50°C. Tato metoda má simulovat vliv přívalového deště a je to nejdestruktivnější metoda testování stability agregátů.

2. metoda pomalého smáčení vodou spočívala v pomalém postupném namočení všech 3 opakování vzorků půd ve velké plastové krabici na filtračních papírcích, které byly položeny na houbách nasáklých vodou (3x3 v krabici – viz příloha 12). Vzorky půd jsme opatrně vysypali na filtrační papírky na houby a nechali půl hodiny namáčet. Tato metoda má simulovat lehký déšť až mženi, nejedná se o tak rychlý proces narušení půdní struktury jako při rychlém namáčení. Po půl hodinách jsme vzorky i s filtračními papírky vyndávali a opět prosívali přes síta za přítomnosti lihu. Půdní agregáty, které se zachytily na sítu, jsme vyklepli do mističek a také nechali usušit v sušičce při 50°C (viz příloha 13).

Po vysušení vzniklých půdních vzorků s agregáty, jsme půdní vzorky prosívali přes síta 1mm, 0,62 mm, 0,2 mm, 0,1 mm a < 0,1 mm a měřili hmotnosti jednotlivých velikostí půdních agregátů vzniklých na každém sítu. Data jsme zapisovali do počítače.

5 VÝSLEDKY

Výsledky měření jsou znázorněné v tabulce č. 2. První sloupec popisuje, zda na půdním bloku hospodařil vlastník (V), nájemce krátkodobý (K) nebo nájemce dlouhodobý (D). Druhý sloupec vykazuje zastoupení organického uhlíku na jednotlivých půdních blocích (v %). Třetí sloupec hodnoty MWD-P (pomalé smáčení), čtvrtý sloupec hodnoty MWD_R (rychlé smáčení). V pátém sloupci jsou zaznamenána měření utužení půdy v hloubce orby 20 cm (v MPa), v šestém sloupci měření utužení půdy pod hloubkou orby 25 cm (v MPa). Sedmý sloupec vykazuje hodnoty půdní vlhkosti (v %) a osmý sloupec určuje typ půdy, který se na daném půdním bloku nacházel.

Půdních bloků se zastoupeným půdním typem hnědé půdy, v našem případě kambizemě modální (Kam), bylo celkem 25. Jednalo se o 9 půdních bloků využívaných dlouhodobými nájemníky půd, 9 půdních bloků využívaných krátkodobými nájemníky půd a 7 půdních bloků využívaných vlastníky půd.

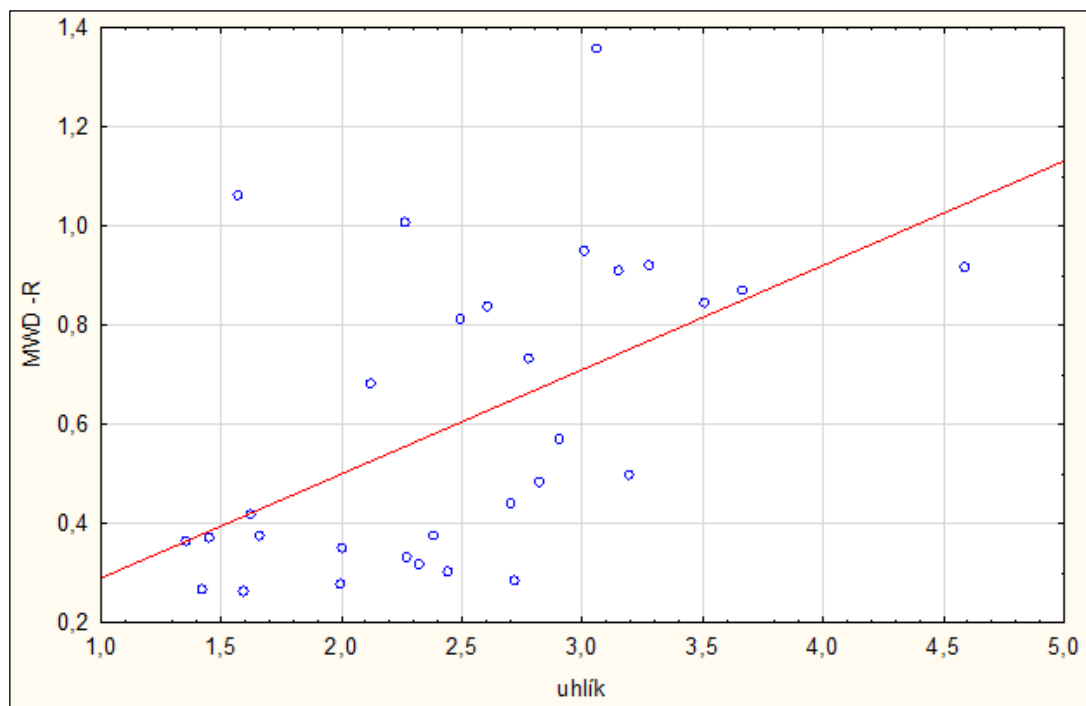
Půdních bloků s půdním typem hnědozemě, v našem případě hnědozemě modální (HNm) bylo 23. Na 8 půdních blocích hospodařili dlouhodobí nájemníci půdy, na 7 půdních blocích krátkodobí nájemníci půdy a na 8 půdních blocích vlastníci půdy.

Hodnoty vlhkostí se v průměru pohybovaly okolo 20%, což je optimální hodnota. U půdních bloků na hnědých půdách byla průměrná vlhkost půdních vzorků u dlouhodobých nájemníků 23%, u krátkodobých nájemníků 19,4% a u vlastníků 20%. U půdních bloků na hnědozemích byly průměrné hodnoty půdní vlhkosti 17,8% u dlouhodobých nájemníků půdy, 17,2% u krátkodobých nájemníků půdy a 20,9% u vlastníků půdy.

V/K/D	Uhlík	MWD-P	MWD -R	Utužení 20 cm	Utužení 25 cm	Vlhkost	Půda
D	2,1	0,6	0,5	3,70	7,40	13,5	Kam
D	2,1	1,1	1,0	1,00	1,60	14,1	Kam
D	2,1	0,4	0,3	1,60	2,90	20,1	Kam
D	2,2	0,6	0,4	1,50	2,30	19,2	Kam
D	1,6	1,3	1,1	0,00	1,82	9,5	Kam
D	1,4	0,3	0,4	1,00	1,60	19,9	Kam
D	1,6	0,4	0,3	3,68	3,36	21,1	Kam
D	2,4	0,4	0,3	3,52	4,96	21,1	Kam
D	1,4	0,3	0,3	3,28	5,36	21,9	Kam
K	1,9	0,7	0,7	1,80	1,50	21,2	Kam
K	1,9	0,8	0,7	5,10	6,50	19,6	Kam
K	1,4	0,6	0,5	3,00	10,00	18,6	Kam
K	2,1	1,1	1,0	2,70	6,40	16,3	Kam
K	2,5	0,5	0,4	2,60	5,90	15,3	Kam
K	2,0	0,5	0,4	3,00	9,00	18,2	Kam
K	2,0	0,5	0,4	5,10	6,50	19,0	Kam
K	1,9	1,6	1,5	1,70	2,60	8,4	Kam
K	1,7	0,4	0,4	4,26	8,04	17,4	Kam
V	2,1	0,6	0,5	6,00	5,84	22,1	Kam
V	2,7	0,5	0,5	5,76	5,96	25,5	Kam
V	2,9	1,0	0,8	2,30	4,00	17,9	Kam
V	2,7	1,4	1,2	1,30	2,60	18,5	Kam
V	2,3	0,7	1,1	1,20	2,00	15,2	Kam
V	2,5	0,7	0,5	4,20	4,64	28,0	Kam
V	1,5	0,5	0,4	0,05	0,69	19,4	Kam
D	3,2	0,7	0,5	5,96	7,68	22,4	HNm
D	2,3	0,4	0,3	0,82	1,26	21,2	HNm
D	2,7	0,6	0,4	7,32	10,00	19,6	HNm
D	2,3	1,0	1,0	2,76	6,28	26,0	HNm
D	3,3	1,0	0,9	7,56	10,76	44,5	HNm
D	2,0	0,3	0,3	2,92	5,64	10,1	HNm
D	2,1	1,0	0,7	4,91	2,83	19,9	HNm
D	2,8	0,7	0,5	7,64	8,36	20,5	HNm
K	2,8	0,9	0,7	2,88	4,00	19,7	HNm
K	3,2	1,0	0,9	2,80	3,34	18,6	HNm
K	4,6	1,1	0,9	4,94	7,70	14,3	HNm
K	2,0	0,4	0,3	0,30	0,64	19,0	HNm
K	2,7	0,6	0,3	2,37	4,85	18,4	HNm
K	2,4	0,5	0,4	4,70	6,22	25,6	HNm
K	3,1	1,7	1,4	8,36	7,44	20,6	HNm
V	2,6	0,9	0,8	1,09	4,23	14,4	HNm
V	3,0	1,1	0,9	5,13	7,29	18,2	HNm
V	1,6	0,5	0,4	4,82	7,34	15,0	HNm
V	2,5	0,8	0,8	7,00	7,16	18,6	HNm
V	2,3	0,4	0,3	6,04	9,60	20,8	HNm
V	3,5	0,9	0,8	4,76	8,24	15,9	HNm
V	3,7	1,1	0,9	8,68	10,24	36,1	HNm
V	2,9	0,7	0,6	4,61	6,80	21,8	HNm

Tabulka č. 2: Výsledky měření na jednotlivých půdních blocích: V/K/D, zastoupení organického uhlíku, MWD-P, MWD-R, utužení ve 20 cm, utužení ve 25 cm, hodnoty vlhkosti a půdní typy na půdních blocích

Z provedených měření jsem zpracovávala statistiku v programu Statistica. Použitím regrese jsem vyjádřila závislost MWD-R na obsahu organického uhlíku u hnědozemí. Z grafu č. 1 je patrné, že existuje korelace mezi hodnotou MWD-R a obsahem organického uhlíku v půdě. Výsledek vyšel statisticky signifikantní na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, $p = 0,001$. Stejně tak byla zjištěná korelace mezi hodnotou MWD-P a obsahem organického uhlíku v půdě. Zde vyšlo $p = 0,005$, což je také statisticky signifikantní výsledek. Tudiž v obou případech zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . U hnědozemí tedy vyšlo, že hodnoty MWD-R i MWD-P jsou závislé na obsahu organického uhlíku v půdě. Čím vyšší hodnota MWD-R nebo MWD-P (v mm), tedy větší průměrný hmotnostní průměr částic, tím větší zastoupení organického uhlíku v půdě. U hnědých půd byla provedená také regrese závislosti MWD-R i MWD-P na obsahu organického C, ale výsledky nevyšly statisticky signifikantní.

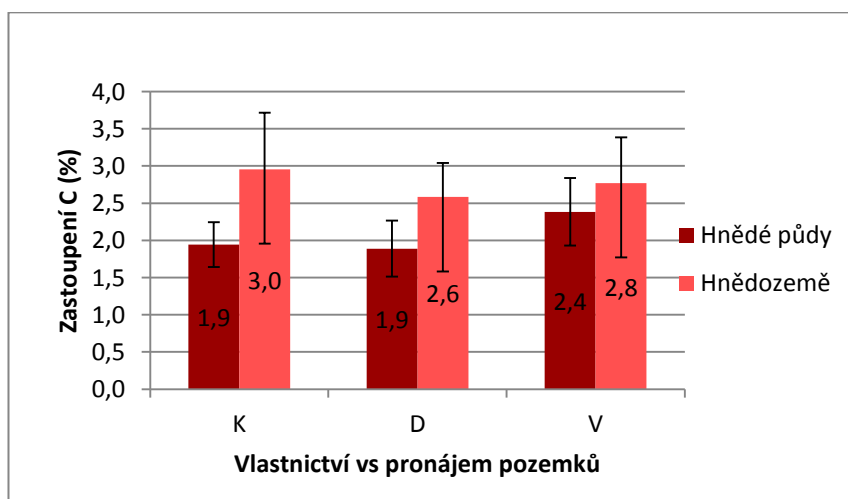


Graf č. 1: Korelace mezi MWD-R a obsahem organického uhlíku v hnědozemích

Všechny následné výsledky jsem vyhodnocovala statistickou analýzou jednocestná ANOVA (analysis of variance), kde závislé proměnné vždy byly jednotlivé zkoumané faktory (obsah C v půdě, MWD-R, MWD-P, utužení v hloubce orby, utužení pod hloubkou orby) a nezávislá proměnná byla vlastnictví či nájem půdy – V, K, D, v programu Statistica. Pro větší přehlednost jsem průměrné výsledky zpracovala do grafů a porovnávala jsem mezi sebou výsledky měření na hnědých půdách (hnědý sloupeček) a na hnědozemích (růžový sloupeček).

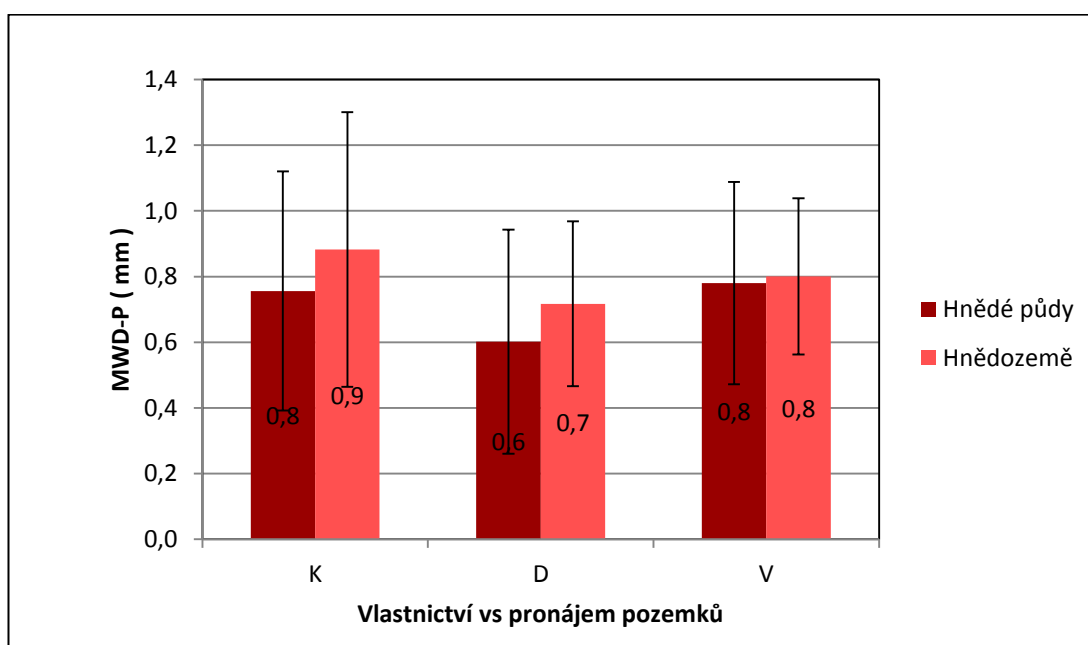
V grafu č. 2 je vidět u hnědých půd větší obsah organického uhlíku v půdách obhospodařovaných vlastníkem oproti nájemníkům. Nájemci s krátkodobými nájemy měli v půdách stejné zastoupení organického uhlíku jako nájemci s dlouhodobými nájemy, a sice 1,9 %, vlastníci pozemků měli zastoupení organického uhlíku 2,4%. Výsledky vyšly statisticky signifikantní na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, $p = 003$. $F > F_{1-\alpha}(m, n)$, $F = (2, 18) = 8,0624 > F_{0,95} 3,555$, na hladině významnosti α byla zamítnuta H_0 a přijata H_1 , existuje zde významná závislost mezi obsahem organického uhlíku v půdě a vlastnictví či pronájmu půdy.

Naopak u hnědozemí nebyly žádné tendence ve vztahu těchto dvou ukazatelů vypořádané. Nejméně organického uhlíku v půdě měli nájemci s dlouhodobým nájemem 2,6%, vyšší zastoupení měli vlastníci pozemků 2,8% a nejvyšší zastoupení měli nájemci s krátkodobými nájemy 3%. Tyto výsledky nevyšly statisticky signifikantní, tudíž není prokazatelná závislost mezi obsahem organického uhlíku v půdách a vlastnictví či pronájmu půd. Směrodatné odchylky znázorňují kvadratické průměry odchylek hodnot měření od jejich aritmetických průměrů. U hnědozemí jsou směrodatné odchylky vyšší než u hnědých půd, to znamená, že u hnědozemí byla vyšší variabilita měření.



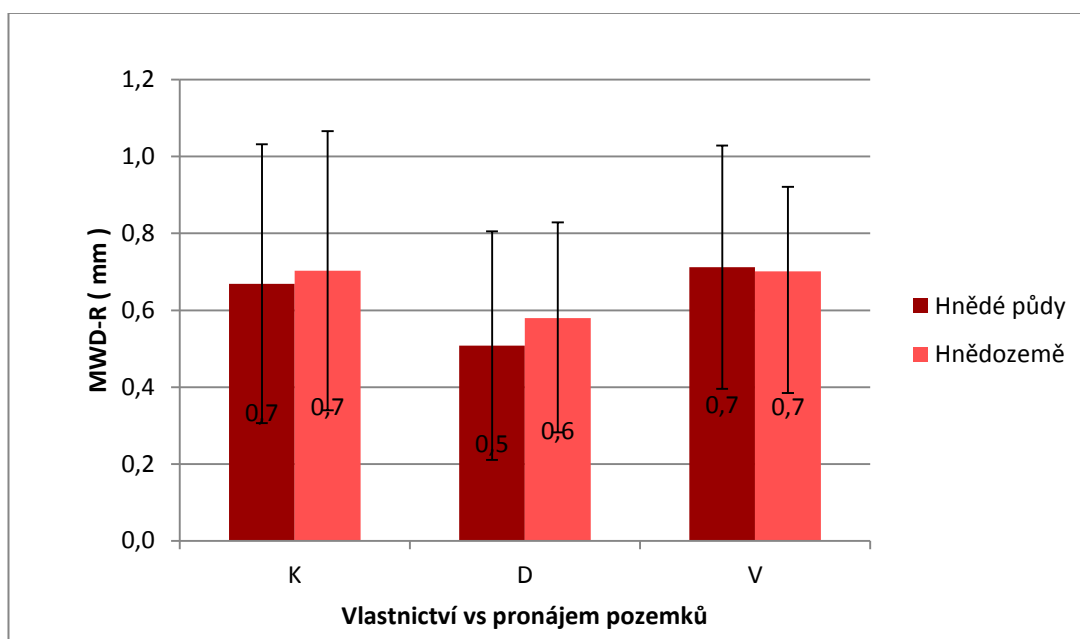
Graf č. 2: Obsah organického uhlíku na půdních blocích u vlastníků a nájemníků půd

Graf č. 3 ukazuje výsledky hodnot MWD-P u vlastníků, dlouhodobých nájemníků a u krátkodobých nájemníků půd. Tyto výsledky nenaznačují žádné pozorovatelné trendy ani u hnědých půd ani u hnědozemí. Nájemci s dlouhodobými nájmy měli vždy nejmenší průměrný hmotnostní průměr částic, u hnědých půd 0,6 mm, u hnědozemí 0,7 mm. U hnědých půd byli nájemci s krátkodobými nájmy i vlastníci pozemků na stejných výsledcích s průměrným hmotnostním průměrem částic 0,8 mm. U hnědozemí měli nájemci s krátkodobými nájmy větší průměrné hmotnostní průměry částic 0,9 mm oproti vlastníkům pozemků, kteří měli 0,8 mm. Statistické výsledky pro oba typy půd nevyšly statisticky signifikantní. Hodnoty směrodatných odchylek jsou podobné pro hnědé půdy i hnědozemě, pro hnědé půdy jsou nepatrně vyšší, což značí větší variabilitu měření.



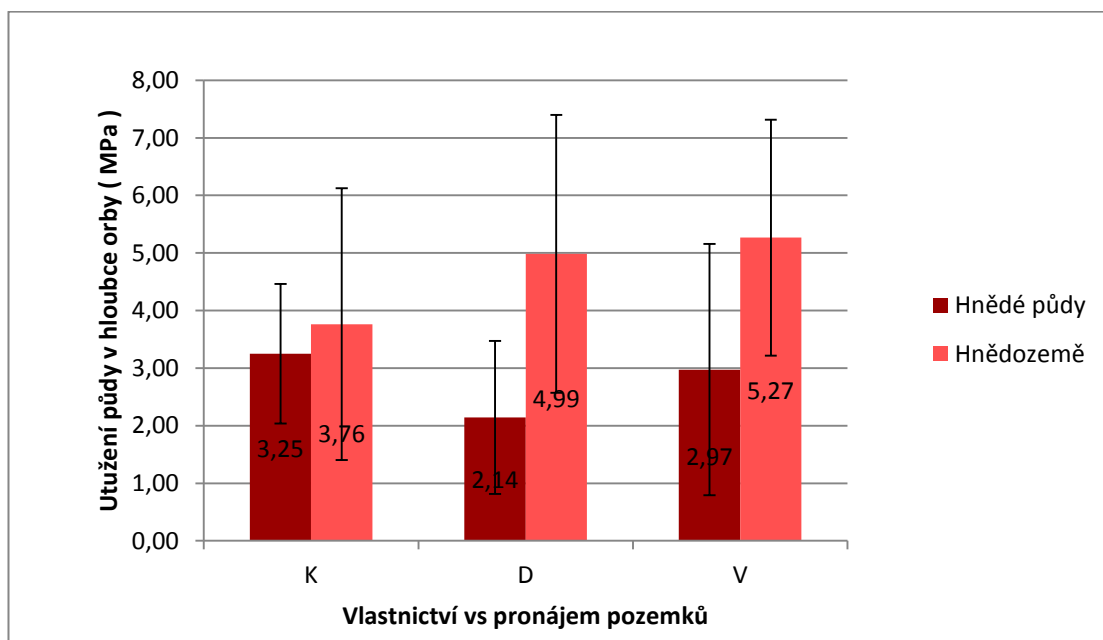
Graf č. 3: Hodnoty MWD-P na půdních blocích u vlastníků a nájemníků půd

V grafu č. 4 jsou vidět hodnoty MWD-R u vlastníků, dlouhodobých nájemníků a u krátkodobých nájemníků půd. Výsledky měření jsou téměř shodné pro hnědé půdy i hnědozemě. Nájemci s dlouhodobými nájmy měli nejmenší průměrné hmotnostní průměry částic, u hnědých půd 0,5 mm, u hnědozemí 0,6 mm. Následné výsledky jsou shodné pro hnědé půdy i hnědozemě, nájemci s krátkodobými nájmy měli stejné průměrné hmotnostní průměry částic jako vlastníci půd, a to 0,7 mm. Výsledky nevyšly statisticky signifikantní. Směrodatné odchylky u obou typů půd mají velké rozpětí.



Graf č. 4: Hodnoty MWD-R na půdních blocích u vlastníků a nájemníků půd

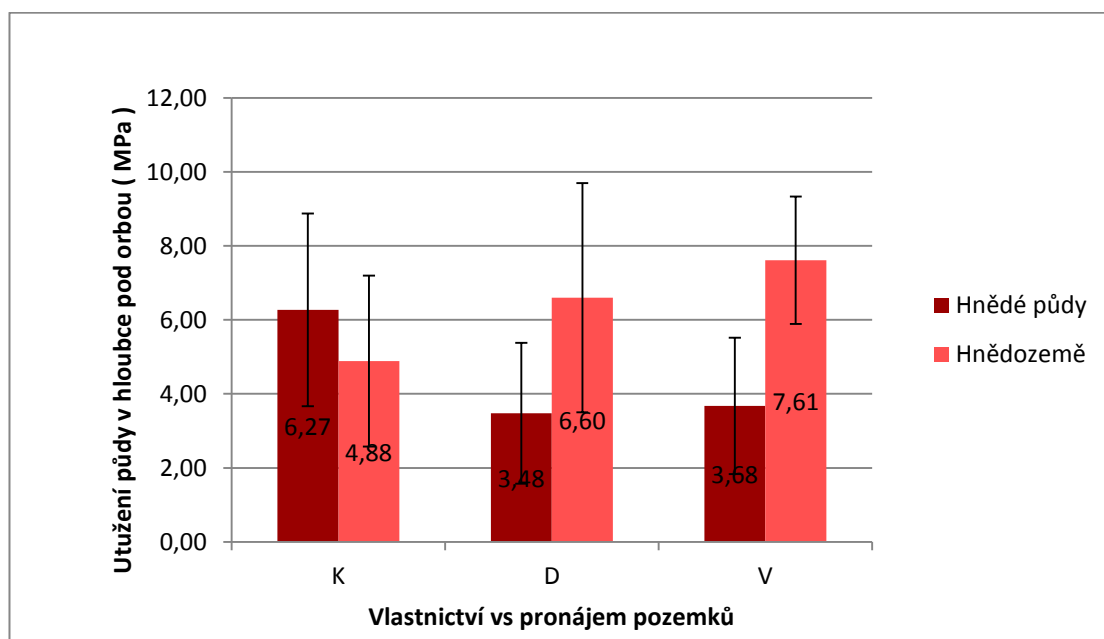
Graf č. 5 znázorňuje utužení půdy ve 20 cm pod povrchem půdy, což bývá nejčastěji hloubka orby, u vlastníků, dlouhodobých nájemníků a u krátkodobých nájemníků půd. U hnědých půd vyšlo utužení půdy v hloubce 20 cm nejnižší u nájemníků s dlouhodobými nájmy 2,14 MPa, vyšší utužení půd měli vlastníci pozemků 2,97 MPa a nejvyšší utužení půd měli nájemníci s dlouhodobými nájmy 3,25 MPa. U hnědozemí je viditelný stoupající trend utužení půdy ve 20 cm v závislosti na pronájmu či vlastnictví, nájemníci s krátkodobými nájmy měli nejmenší utužení půd 3,25 MPa, nájemníci s dlouhodobými nájmy měli vyšší utužení půd s hodnotou 4,99 MPa a vlastníci pozemků měli nejvyšší utužení půd 5,27 MPa. Výsledky nevyšly statisticky signifikantní. Směrodatné odchylky u obou typů půd jsou poměrně vysoké hodnoty, to značí vysokou variabilitu měření.



Graf č. 5: Utužení půdy ve 20 cm pod povrchem půdy na půdních blocích vlastníků a nájemníků půd

V grafu č. 6 jsou vyobrazené výsledky utužení půdy ve 25 cm pod povrchem půdy, což bývá nejčastěji těsná hloubka pod hloubkou orby, u vlastníků, dlouhodobých nájemníků a u krátkodobých nájemníků půd. U hnědých půd měli nejmenší utužení půdy ve 25 cm nájemníci s dlouhodobými nájmy 3,48 MPa, o 2 desetiny vyšší hodnotu utužení půdy měli vlastníci pozemků 3,68 MPa a nejvyšší utužení půd měli nájemníci s krátkodobými nájmy 6,27 MPa. Výsledky vyšly téměř statisticky signifikantní na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, p hodnota vyšla pouze o 2 setiny vyšší, $p = 0,07$. $F(2, 17) = 3,0070$ také nevyšlo jednoznačně statisticky signifikantní na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, ale dá se předpokládat určitá závislost mezi oběma proměnnými.

U hnědozemí byl opět vyzorován stoupající trend, kdy nejnižší utužení půdy ve 25 cm pod povrchem půdy měli nájemníci s krátkodobými nájmy 4,88 MPa, vyšší utužení půdy měli nájemníci s dlouhodobými nájmy 6,60 MPa a nejvyšší utužení půdy měli vlastníci pozemků 7,61 MPa. Statistické výsledky ale opět nevyšly statisticky signifikantní. Hodnoty směrodatných odchylek jsou pro hnědé půdy i hnědozemě podobné, pro hnědé půdy nepatrně vyšší.



Graf č. 6: Utužení půdy ve 25 cm pod povrchem půdy na půdních blocích u vlastníků a nájemníků půd

6 DISKUZE

V mém výzkumu byly zjištěny znatelné rozdíly mezi typy půd – hnědými půdami a hnědozeměmi. Měření probíhalo na půdních blocích, kde se nacházely kambizemě modální (Kam), které se řadí do kambisolů, do půdního typu hnědé půdy, které jsou nejrozšířenějším půdním typem na území ČR. Kambizemě vznikají se středně těžkých a lehčích středních substrátů (z přemístěných zvětralin rul, břidlic, opuk, atd.), hlavním půdotvorným procesem je tzv. zajílení – intenzivní zvětrávání primárních minerálů ze silikátových substrátů, které vede k tvorbě minerálů sekundárních, a tím k obohacení půdní hmoty o jílu. Námi zkoumané kambizemě modální byly převážně jílovitohlinité půdy. Úrodnost kambizemí je různá, jejich úspěšné zemědělské využití je do značné míry závislé na člověku, na uplatňování základních i speciálních agrotechnických opatřeních (osevní postupy, zpracování půdy, výživa a hnojení, ochrana půd) (Střední Čechy, 2017; Taxonomický klasifikační systém půd ČR, 2017). Pro srovnání probíhalo měření i na půdních blocích, kde se vyskytovaly hnědozemě modální (HNm), které se řadí do hnědozemí. Hnědozemě vznikají ze spraší, prachovic, polygenetických hlín a hlavním půdotvorným procesem je ilimerizace. Hnědozemě byly převážně hlinité až jílovitohlinité půdy. Řadí se ke středně úrodným půdám a v současnosti se široce využívají k zemědělským účelům, hlavně pro pěstování obilovin (pšenice, ječmen), cukrovky a vojtěšky (Taxonomický klasifikační systém půd ČR, 2017).

Rozdíl je v přirozené úrodnosti půd, hnědozemě jsou středně úrodné půdy, využívají se k zemědělství. Hnědé půdy jsou méně úrodné, ale vzhledem k tomu, že to jsou naše nejrozšířenější typy půd, tak se provozuje zemědělství i na těchto půdách. Všechny zkoumané půdní bloky byly o výměře 1-30 ha a vybírala jsem půdní bloky, na kterých byly pěstované obilniny – pšenice a ječmen, toto byly limitující faktory pro můj výzkum.

Předpokládali jsme, že vlastníci zemědělských ploch budou mít vyšší kvalitu neboli „zdraví“ půdy než dlouhodobí nájemníci zemědělských ploch a než krátkodobí nájemníci zemědělských ploch. Tyto předpoklady byly podloženy studií např. Stocking & Murnaghan, 2001; Löw & Míchal, 2003, kteří zdůrazňují, že „vazby k půdě“ jsou klíčové pro její způsob obhospodařování zemědělci. Stejného názoru je i Sklenička et al. (2015), který ve své studii upozorňuje na špatně nastavený systém pronájmu zemědělských ploch v České republice, kdy nájemníci

zemědělské půdy nemají garanci dlouhodobě stabilních podmínek nájemních smluv, s 1 – 3letou výpovědní lhůtou. V terénu jsme se navíc setkali s dalším poznatkem, že častokrát jsme byli v kontaktu s nájemníky zemědělských půd a odebírali vzorky na jejich půdních blocích, ale oni nám sdělili, že jsou též vlastníky zemědělských půd a své zemědělství chtějí provádět ve větším měřítku, proto jsou současně i nájemníky okolních zemědělských půd, které jim již nepatří. A v tomto případě jak obhospodařují své půdní bloky, obhospodařují i pronajaté půdní bloky, stejnými způsoby bez ohledu na vlastnictví či pronájem.

Nicméně očekávané předpoklady se potvrdily, ale pouze u typu hnědých půd, které nejsou přirozeně tolik úrodné. Statisticky signifikantní závislost byla prokázána mezi obsahem organického uhlíku v půdách a vlastnictvím či pronájmu půd. Vlastníci půd měli vyšší zastoupení organického uhlíku v půdách (2,4%) než nájemníci půd (1,9%). Téměř statisticky signifikantní vyšla i závislost mezi utužením půdy pod hloubkou orby (25 cm) a vlastnictvím či pronájmem půd. Zde měli vlastníci pozemků menší utužení půd (3,68 MPa) než krátkodobí nájemníci půd (6,27 MPa). Utužení půdy v hloubce orby (20 cm) měli vlastníci půdy také menší (2,97 MPa) než krátkodobí nájemníci půd (3,25 MPa), avšak rozdíl mezi těmito hodnotami není tak velký. Utužení půd v hloubce orby bylo znatelně nižší než utužení půdy pod hloubkou orby. Výsledky přinesly poznatky, že způsoby hospodaření na zemědělských plochách se projevují hlavně na půdách méně přirozeně úrodných, v našem případě na hnědých půdách, kde jsou viditelné rozdíly v kvalitě půdy mezi vlastníky a nájemníky půd.

Naopak u hnědozemí, které již přirozeně patří mezi středně úrodné půdy, se nám tyto předpoklady nepotvrdily. Např. u obsahu organického uhlíku v půdě měli nejvyšší zastoupení nájemníci s krátkodobými nájmy půd (3%). Což je vyšší hodnota i než co měli zastoupení, organického uhlíku v půdách, vlastníci pozemků na hnědých půdách (2,4%). Nižší hodnotu organického uhlíku měli vlastníci půd (2,8%) a nejnižší hodnotu měli nájemníci s dlouhodobými nájmy půd (2,6%). Utužení půd v hloubce orby (20 cm) vykazovalo znatelné rozdíly mezi nájemníky s krátkodobými nájmy půd, kteří měli utužení 3,76 MPa a vlastníky půd, kteří měli 5,57 MPa. Stejně pozorovatelný trend je vidět i u utužení půd v hloubce pod orbou (25 cm). Zde měli opět nejnižší utužení půd nájemníci s krátkodobými nájmy 4,88 MPa a nejvyšší utužení půd měli vlastníci půd 7,61 MPa, což je i vyšší utužení půd než nejvyšší utužení půd u hnědých půd (6,27 MPa), které měli nájemníci s krátkodobými nájmy.

Opět utužení půd v hloubce orby bylo znatelně nižší než utužení půd v hloubce pod orbou. Naprosto rozdílné hodnoty a trendy obsahu organického uhlíku v půdách (podobné hodnoty pro vlastníky i nájemníky půd) a zhutněním půd u hnědozemí (značně odlišné hodnoty s nižším utužením u nájemníků než u vlastníků) vyvrací studie provedené Prax & Pokorný (1996), Hamza & Anderson (2005) o korelaci obsahu organického uhlíku s utužením půd. Nutno ovšem podotknout, že u hnědozemí nevyšly žádné výsledky statisticky signifikantní. Tyto výsledky vyvrací tvrzení, že vlastnictví zemědělských ploch hraje důležitou roli vzhledem k úrodnosti a kvalitě půdy, což bylo řečeno i ve studii Skleničky & Šálka (2008). V našem výzkumu bylo zjištěno, že limitujícím faktorem pro kvalitu zemědělských ploch není vlastnictví zemědělských ploch, ale přirozená úrodnost půd, na kterých se hospodáří.

Vysvětlení rozdílného utužení půd mezi vlastníky půd a nájemníky půd u různých typů půd můžeme vysvětlit podle Lhotského et al. (1984), který tvrdí, že každý půdní typ reaguje na přejezdy zemědělské techniky jinak. Některé typy půd snáší přejezdy lépe, mají vyšší odolnost vůči technogenní (sekundární utužení způsobené tlakem pojezdové mechaniky na půdu) degradaci. A některé typy půd tomuto ohrožení podléhají mnohem rychleji. V následné publikaci Lhotského (2000) je uvedeno, že při zanedbání druhu substrátu bylo postupem času zjištěno, že k největšímu zhutnění dochází u hnědozemí a dále u ilimerizovaných půd. Tato teorie odpovídá našim výsledkům. U hnědozemí vyšly znatelně vyšší hodnoty utužení půd ve 20 i 25 cm pod povrchem půd téměř o dvojnásobek vzhledem k utužení půd ve stejných hloubkách u hnědých půd. Pouze u krátkodobých nájemníků půd bylo zhutnění půd, v obou hloubkách, na obou typech půd, srovnatelné, ale s tím rozdílem, že u hnědých půd, se změnou nájmu ve vlastnictví půdy, utužení půd kleslo, oproti tomu u hnědozemí, se změnou nájmu ve vlastnictví půdy, stoupl. Když zohledníme mezní kritické hodnoty penetračního odporu půdy dle Lhotského (2000) pro hnědé půdy, jakožto jílovitohlinité půdy (3,3 – 3,7 MPa), tak až na utužení v hloubce pod orbou (6,27 MPa) u krátkodobých nájemníků půd byly výsledky měření v přijatelné normě, často i nižší. Mezní kritické hodnoty penetračního odporu půdy pro hnědozemě, jakožto hlinité až jílovitohlinité půdy (3,3 – 4,2 MPa), tak většina měření byla značně vyšších než tyto přijatelné hodnoty. Jako možné vysvětlení lze uvést předpoklad, že drobní soukromí zemědělci (vlastníci půd) nevlastní nejmodernější stroje k obdělávání půdy, což může ovlivnit zhutnění půd a u hnědozemí, které jsou více náchylné ke zhutnění, je to více pozorovatelné než u typu

hnědých půd. Odolnost půd ke ztuhnutí se dále snižuje s narůstající půdní vlhkostí, která v našem případě byla u obou typů půd podobná (okolo 20%), tudíž by výsledky měření neměly být ovlivněny tímto faktorem.

Stabilita půdních agregátů vyšla podobně pro hnědé půdy i hnědozemě. Metoda měření stability půdních agregátů rychlou metodou smáčení vodou měla simulovat přívalové deště a strukturu půdy více narušit než metoda pomalého smáčení vodou, která měla simulovat lehký déšť až mženi. Le Bissonnais (1996) ve své studii tvrdí, že existuje úzký vztah mezi stabilitou půdních agregátů a obsahem organického uhlíku v půdě. Novodobější studie provedená Pagliai et al. (2004) potvrzuje předešlé teze a doplňuje je výrokem, že aplikace kompostu a živočišného hnoje zlepšuje pórovitost půdy a agregaci půdy.

Tato tvrzení byla v našem výzkumu potvrzena u obou metod stanovení stability půdních agregátů, ale ne až tak průkazně. U hnědých půd bylo zastoupení organického uhlíku v půdách menší u nájemníků půd (1,9%), větší u vlastníků půd (2,4%), hodnota MWD-P u nájemníků po zprůměrování nájemníků krátkodobých i dlouhodobých půd byla nižší (0,7 mm) než u vlastníků půd (0,8 mm) a hodnota MWD-R byla také nižší u nájemníků půd (0,6 mm) než u vlastníků půd (0,7 mm). V obou případech se jednalo o rozdíl pouze 1 desetiny v měření. U hnědozemí hodnota MWD-P kopírovala hodnoty zastoupení organického uhlíku v půdách, nejnižší hodnotu měli nájemníci s dlouhodobými nájmy půdy (0,7 mm, zastoupení organického uhlíku bylo 2,6%), vyšší hodnotu měli vlastníci půd (0,8 mm, zastoupení organického uhlíku bylo 2,8%) a nejvyšší hodnotu měli dlouhodobý nájemníci půd (0,9 mm, zastoupení organického uhlíku 3%). Hodnoty organického uhlíku v půdách se zvyšovaly vždy o 2 desetiny mezi měřeními, u hodnot MWD-P o 1 desetinu mezi měřeními. Navíc u hodnot MWD-P byla potvrzena korelace mezi touto hodnotou a obsahem organického uhlíku v půdě ještě jednou statistickou metodou a výsledky vyšly statisticky signifikantní. Hodnota MWD-R vyšla vyšší u nájemníků s krátkodobými nájmy půd a vlastníků půd (0,7 mm) a nižší byla u nájemníků s dlouhodobými nájmy půd (0,6 mm). Po zprůměrování obou měření u nájemníků půd vyšel stejný trend, jako u hnědých půd, a sice že nájemníci obecně měli nižší hodnoty MWD-R (0,65 mm) než vlastníci půd (0,7 mm), rozdíl mezi měřeními je ovšem téměř nepatrný. Výsledky ani u jedné metody smáčení vodou nevyšly statisticky signifikantní.

Srovnáním různých typů půd a kvality jistoty půdní držby se zatím moc studií neprovádělo, proto širší srovnání celého výzkumu není možné. Jedná se pouze o nástin a zjištění dalších faktů, na které se může v budoucích studiích navázat.

Nutno ještě podotknout, že jsme se blíže nezabývali, kolikátým rokem na těchto půdních blocích vlastníci ani nájemníci půd hospodaří. U vlastníků předpokládáme, že půdu zdědí po předchozí generaci, která již zemědělství provozovala a pokračují ve stejném způsobu hospodaření. U nájemníků může být ještě zbytkový vliv předešlého způsobu hospodaření s půdou ať kladný nebo záporný, neboť procesy v půdě probíhají velmi pomalu a zlepšení kvality půdy se změnou provozování zemědělství je pozorovatelné za cca 10 let a více. Zatím je potvrzeno, že méně úrodné půdy rychleji odráží způsob hospodaření a to je následně viditelné v kvalitě půd. U úrodnějších půd tento jen nebyl zatím zpozorovatelný, ale může se jednat o dlouhodobější proces, než se přirozená úrodnost půdy „odčerpá“. Výzkum by byl vhodný vždy po pár letech opakovat a zjišťovat, zda i úrodnější půdy postupem času neztrácí svou úrodnost vzhledem k držbě půdy.

7 ZÁVĚR

V mém výzkumu jsme došli k závěru, že půdní držba není nejdůležitější faktor ovlivňující kvalitu půdy. V první fázi záleží na typu půdy, na kterém se hospodaří. Na typech půd, které nejsou přirozeně tolik úrodné, v naší studii potvrzený typ hnědé půdy, je faktor držby půdy znatelný. Vlastníci půd mají kvalitnější půdy, větší obsah organického uhlíku v půdách, vyšší stabilitu půdních agregátů i menší utužení v hloubce orby, i pod orbou. Zhutnění půd je navíc v přijatelných hodnotách vzhledem k půdnímu druhu. Předpokládáme, že hospodaří s půdou šetrněji, více dbají i na ochranu půdy. S několika vlastníky zemědělských půdních bloků jsme byli v přímém kontaktu a snaží se hospodařit s půdou ekologičtěji. Obnovili chovy skotu a hnojí pole živočišným hnojem, snaží se snižovat celkovou chemizaci zemědělství, což je dobře, jak pro spotřebitele, tak pro okolní krajinu. I když s chovem skotu prý také přicházejí určité problémy ze stran okolních sousedů, kteří si stěžují na zápach, atd. Pro zemědělce, kteří projeví zájem o náš výzkum a mají zájem o zpětnou vazbu, bude v rámci výzkumu zpracovaná analýza na jejich vybrané půdní bloky a vyhodnocená kvalita jejich půdy. Nejdůležitější faktor kvality půd je tedy typ půdy, na kterém se hospodaří a dále, na méně úrodných půdách je hned druhý nejdůležitější faktor držba půdy, neboť způsob hospodaření s půdou, na těchto typech půd, se rychleji odráží na kvalitě půdy než u přirozeně úrodnějších půd.

Na středně úrodných půdách, v naší studii provedeno na hnědozemích, trend jistoty půdní držby ve vztahu ke kvalitě půdy nebyl pozorován. Obsah organického uhlíku v půdě měli jak vlastníci, tak nájemníci půd podobný, okolo 2,8%. Stabilita půdních agregátů vyšla také téměř stejná pro vlastníky i nájemníky půd (drobné rozdíly, ale v korelaci s obsahem organického uhlíku v půdách). Jen utužení půd v hloubce orby a pod hloubkou orby přineslo přesně opačné výsledky než u hnědých půd. Vlastníci pozemků měli vždy vyšší utužení půd než nájemníci půd. Což odporuje tvrzením, že utužení půd je závislé na obsahu organického uhlíku v půdách. Zhutnění půd bylo znatelně vyšší než přijatelné hodnoty vzhledem k půdnímu druhu, to může být následek vyšší náchylnosti tohoto půdní typu ke zhutnění. Nicméně u hnědozemí nebyl zjištěn zásadní vztah mezi držbou půdy a kvalitou půdy. Naopak indikátor utužení půdy naznačuje, že vlastníci půdy hospodaří na tomto typu půd hůře než nájemníci půdy.

Ukazatele kvality půdy jsou mezi sebou úzce provázané. Byla zjištěná závislost průměrných hmotnostních průměrů částic v půdě (agregátů v půdních vzorcích) na obsahu organického uhlíku v půdě u hnědozemí. Indikátor kvality půdy, utužení půdy, mělo být také závislé na ostatních indikátorech, ale to naše studie neprokázala. Částečně pozorovatelné to může být u hnědých půd, ale statisticky to nebylo potvrzeno.

Pro pokračování těchto výzkumů do budoucna by mělo být zohledněno, co jsme zjistili v terénu, že nějací vlastníci půdy si ještě pronajímají okolní půdní bloky a na vlastní i pronajaté půdě hospodaří stejně, to by mělo být zohledněno, aby výsledky nemohly být jakkoliv ovlivněny.

8. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

ANDĚL P., GORČICOVÁ I., HLAVÁČ V., MIKO L., ANDĚLOVÁ H., 2005: Hodnocení fragmentace krajiny dopravou. Evenia, Praha, 67 s.

AMISSAH – ARTHUR A. & MILLER R. B., 2002: Remote sensing applications in African agriculture and natural resources: Highlighting and managing the stress of increasing population pressure. *Advances in Space Research* 30: 2411 - 2421.

BENNETT P. M., OWENS I. P. F., 1997: Variation in extinction risk among birds: chance or evolutionary predisposition? *Proc. R. Soc. B: Biol. Sci.* 264: 401–408.

BIČÍK I., BUDŇÁKOVÁ M., ČERMÁK P., ČTYROKÁ J., DRESLEROVÁ D., FIALA P., HAUPTMAN I., JANDERKOVÁ J., JECH K. et al., 2009: Půda v České republice. Praha. 255 str. ISBN 80-903482-4-6.

BOARDMAN J., POESEN J., EVANS R., 2003: Socio-economic factors in soil erosion and conservation. *Environ. Sci. & Policy* 6: 1–6.

BRANDT J., PRIMDAHL J., REENBERG A., 1999: Rural land-use and dynamic forces - analysis of “driving forces” in space and time. In: Krönert R., Baudry J., Bowler I. R., Reenberg A. (eds): Land-use changes and their environmental impact in rural areas in Europe. UNESCO, Paris, France, pp 81–102.

BRONICK C. J. & LAL R., 2005: Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124: 3-22.

BRYAN R. B., 1968: The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. *Geoderma* 2: 5-26.

BUDŇÁKOVÁ M., 2010: Situační a výhledová zpráva PŮDA. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. 91 str. ISBN: 80-7084-800-5.

- BÜRGI M. & TURNER M. G., 2002:** Factors and processes shaping land cover and land cover changes along the Wisconsin River. *Ecosystems* 5:184–201.
- BUZEK L., 1995:** Půdní fond a jeho ochrana. Ostravská univerzita. ISBN: 80-7042-728-0.
- CAST 1992:** Water quality: Agricultural's role. Tasks Force Report N°. 120 str. Council for Agricultural Science and Technology. Ames, IA.
- De PLOEY J. & POESEN J., 1985:** Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion. In: *Geomorphology and Soils* (eds K. S. Richards, R. R. Arnett & S. Ellis), pp. 99-120. Allen and Unwin, London.
- EMERSON W.W., 1967:** A classification of soil aggregates based on their coherence in water. *Australian Journal of Soil Research* 5: 47–57.
- EVROPSKÉ SPOLEČENSTVÍ, 2009:** Udržitelné zemědělství a ochrana půdy (SoCo). Procesy degradace půdy. Informační list č. 3. Úbytek organické hmoty.
- FAHRIG L., 2003:** Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34: 487–515.
- FEELEY K. J., GILLESPIE T. W., LEBBIN D. J., WALTER H. S., 2007:** Species characteristics associated with extinction vulnerability and nestedness rankings of birds in tropical forest fragments. *Anim. Conserv.* 10: 493–501.
- FORMAN R. T. T. & GODRON M., 1986:** Landscape Ecology. J. Wiley and Sons, New York.
- FORMAN R. T. T., 1995:** Land mosaics: the ecology of landscape and regions. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- GASTON K. J., 1994:** Rarity. Chapman & Hall, London.

HAMZA M. A. & ANDERSON W.K., 2005: Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research* 82: 121-145.

HÉNIN S., MONNIER G., COMBEAU A., 1958: Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols. *Annales Agronomiques* 9: 73–92.

HENLE K., DAVIES K., KLEYER M., MARGULES C., SETTELE J., 2004: Predictors of species sensitivity to fragmentation. *Biodivers. Conserv.* 13: 207–251.

HORN R., DOMZAL H., SLOWINSKA-JURKIEWICZ A., VAN OUWERKERK C., 1995: Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil & Tillage Research* 35: 23-36.

HŮLA J., PROCHÁZKOVÁ B. et al., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Praha. 248 str. ISBN 978-80-86726-28-1.

JANEČEK M. et al., 2008: Základy erodologie. Praha. 180 str. ISBN 978-80-213-1842-7.

JAVŮREK M. & VACH M., 2008: Negativní vlivy zhutnění půdy a soustava opatření k jejich odstranění. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. 24 s. ISBN 978-80-87011-57-7.

KILLHAM K., 1994: Soil ecology, Cambridge University Press. Cambridge. 231 str. ISBN 0 521 43517.

KONONOVA M. M., 2013: Soil organic matter: Its nature, its role in soil formation and in soil fertility, Elsevier. 523 str. ISBN 9781483185682.

KOPEVA D., 2003: Land markets in Bulgaria. In: Groppo P. (ed): Land reform 2003/3. FAO, Rome, pp 41–58.

LAL R., 1995: Trends in world agricultural use: potential and constraints. In: Lal R. et Stewart B. A. (Eds): Soil management, experimental basis for sustainability and environmental quality. CRC Press, Boca Raton, F1.

LAL R., 1998: Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical Review in Plant Sciences* 17: 319-464.

LAURANCE W. F., 1991: Ecological correlates of extinction proneness in Australian tropical rain forest mammals. *Conserv. Biol.* 5: 79–89.

Le BISSONNAIS Y., 1996: Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science* 67: 11-21.

LHOTSKÝ J., VÁCHAL J., EHRLICH P., 1984: Soustava opatření k zúrodnění zhutnělých půd. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha, 35s.

LHOTSKÝ J., 2000: Zhutňování půd a opatření proti němu (Studijní zpráva). Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. 63 s. ISBN 80-7271-067-2.

LIPSKÝ Z., 1999: Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů. Karolinum. Praha.

LOVETT-DOUST J., BIEMACKI M., PAGE R., CHAN M., NATGUNARAJAH R., TIMIS G., 2003: Effects of land ownership and other landscape-level factors on rare-species richness. *Landscape Ecol* 18:621–633.

LÖW J. & MÍČHAL I., 2003: Krajinný ráz. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.

LUKAS V., NEUDERT L., KŘEN J., 2011: Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství. Mendelova univerzita v Brně. 34 str. ISBN 978-80-7375-562-1.

- MAIER K., 2012:** Udržitelný rozvoj území. Praha. ISBN: 978-80-247-4198-7.
- MEYER C.F.J., FRÜND J., LIZANO W.P., KALKO E.K.V., 2008:** Ecological correlates of vulnerability to fragmentation on neotropical bats. *J. Appl. Ecol.* 45: 381–391.
- MIHARA M., 1996:** Effect of agricultural land consolidation on erosion processes in semi-mountainous paddy fields of Japan. *Journal of Agricultural Engineering Research* 64: 237–247.
- OADES J. M., 1993:** The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma* 56: 377–400.
- PAGLIAI M., VIGNOZZI N., PELLEGRINI S., 2004:** Soil structure and effect of management practices. *Soil & Tillage Research* 79: 131–143.
- PRAX A. & POKORNÝ E., 1996:** Klasifikace a ochrana půd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. ISBN: 80-7157-186-5.
- PURVIS A., GITTLEMAN J. L., COWLISHAW G., MACE G. M., 2000:** Predicting extinction risk in declining species. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 267: 1947–1952.
- RABINOWITZ D., CAIRNS S., DILLON T., 1986:** Seven form of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. In: Soulé M. E. (Ed.): Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, pp. 182–204.
- ROHOŠKOVÁ M. & VALLA M., 2004:** Comparison of two methods for aggregate stability measurement – a review. *Plant soil environ.*, 50, 8: 379–382.
- ROLSTON D. E., HARPER L. A., MOSIER A. R., DUXBURY J. M., 1993:** Agricultural ekosystém effects on trace gases and global climate change. American Society of Agronomy. Madison, WI, 206 str.

SAID M. Y., OGUTU J. O., KIFUGO S. C., MAKUI O., REID R. S., LEEUW DE J., 2016: Effects of extreme land fragmentation on wildlife and livestock population abundance and distribution. *Journal for Nature Conservation* 34: 151–164.

SIGWELA A. M., KERLEY G. I. H., MILLS A. J., COWLING R. M., 2009: The impacts of browsing-induced degradation on the reproduction of subtropical thicket canopy shrubs and trees. *South Africa Journal of Botany* 75: 262-267.

SKLENIČKA P., 2003: Základy krajinného plánování. Praha. 321 str. ISBN 80-903206-1-9.

SKLENIČKA P., 2006: Applying evaluation criteria for the land consolidation effect to three contrasting study areas in the Czech Republic. *Land use policy* 23: 502 – 510.

SKLENIČKA P. & ŠÁLEK M., 2008: Ownership and soil quality as sources of agricultural land fragmentation in highly fragmented ownership patterns. *Landscape Ecol* 23: 299-311.

SKLENIČKA P., JANEČKOVÁ MOLNÁROVÁ K., ŠÁLEK M., ŠÍMOVÁ P., VLASÁK J., SEKÁČ P., JANOVSÁ V., 2015: Owner or tenant: Who adopts better soil conservation practices? *Land use policy* 47: 253-261.

STOCKING M. & MURNAGHAN N., 2001: Handbook for the Field Assessment of Land Degradation. Earthscan, London.

SWINNEN JFM, 1999: The political economy of land reform choices in Central and Eastern Europe. *Econ Transit* 7: 637–664.

ŠARAPATKA B., DLAPA P., BEDRNA Z., 2002: Kvalita a degradace půdy. Vydala Univerzita Palackého v Olomouci ve spolupráci s MŽP ČR. 246 str. ISBN 80-244-0594-9.

ŠARAPATKA B. et al., 2010: Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Olomouc. 440 str. ISBN 978-80-87371-10-7.

ŠIMEK M., 2007: Základy nauky o půdě, 1. Neživé složky půdy. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. 102 str.

ŠMAJS J., BINKA B., ROLNÝ I., 2012: Etika, ekonomika, příroda. Praha. ISBN: 978-80-247-4293-9.

TERBORGH J., 1974: Preservation of natural diversity: the problem of extinction prone species. *Bioscience* 24: 715–722.

TESHOME A., GRAAFF DE J., RITSEMA C., KASSIE M., 2016: Farmers' perceptions about the influence of land quality, land fragmentation and tenure systems on sustainable land management in the north western ethiopian highlands. *Land Degrad. Develop.* 27: 884-898.

VAN HOUTAN K. S., PIMM S. L., HALLEY J. M., BIERREGAARD JR. R. O., LOVEJOY T. E., 2007: Dispersal of Amazonian birds in continuous and fragmented forest. *Ecol. Lett.* 1: 219–229.

VRANKEN L., NOEV N., SWINNEN JFM, 2004: Fragmentation, abandonment and co-ownership: Transition problems of the Bulgarian market. *Q J Int Agric* 43:391–408.

WALMSLEY A. & SKLENIČKA P.,: v procesu revize

WANG Y., ZHANG J., FEELEY K. J., JIANG P., DING P., 2009: Life-history traits associated with fragmentation vulnerability of lizards in the Thousand Island Lake, China. *Anim. Conserv.* 12: 329–337.

WILCOVE D.S., 1985: Nest predation in forest tracts and the decline of migratory songbirds. *Ecology* 66: 1211–1214.

WILCOVE D.S., ROTHSTEIN D., DUBOW J., PHILLIPS A., LOSOS E., 1998: Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience* 48: 607–615.

YODER R. E., 1936: A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal of American Society of Agronomy* 28: 337–351.

ZERA –ZEMĚDĚLSKÁ A EKOLOGICKÁ REGIONÁLNÍ AGENTURA, O.S., 2007: Metodická pomůcka Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku. Náměšť nad Oslavou. 28 str. ISBN 80-903548-5-8.

8.1 Seznam internetových zdrojů

CENIA, 2017:

http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=intenzifikace_zemedelstvi&site=puda [cit. 20. 2. 2017].

eAGRI, 2017:

<http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi> [cit. 30. 3. 2017].

KRAJSKÁ SPRÁVA ČSU PRO ŠŘEDOČESKÝ KRAJ, 2017:

<https://www.czso.cz/csu/xs> [cit. 30. 3. 2016].

MŽP, 2017:

[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf) [cit. 20. 2. 2016].

STŘEDNÍ ČECHY, 2017:

<http://priroda.kr-stredocesky.cz/article.asp?id=81> [cit. 6. 4. 2016].

STŘEDOČESKÝ KRAJ, 2017:

<https://www.kr-stredocesky.cz/web/zivotniprostredi/zemedelstvi> [cit. 6. 4. 2016].

TAXONOMICKÝ KLASIFIKAČNÍ SYSTÉM PŮD ČR, 2017:

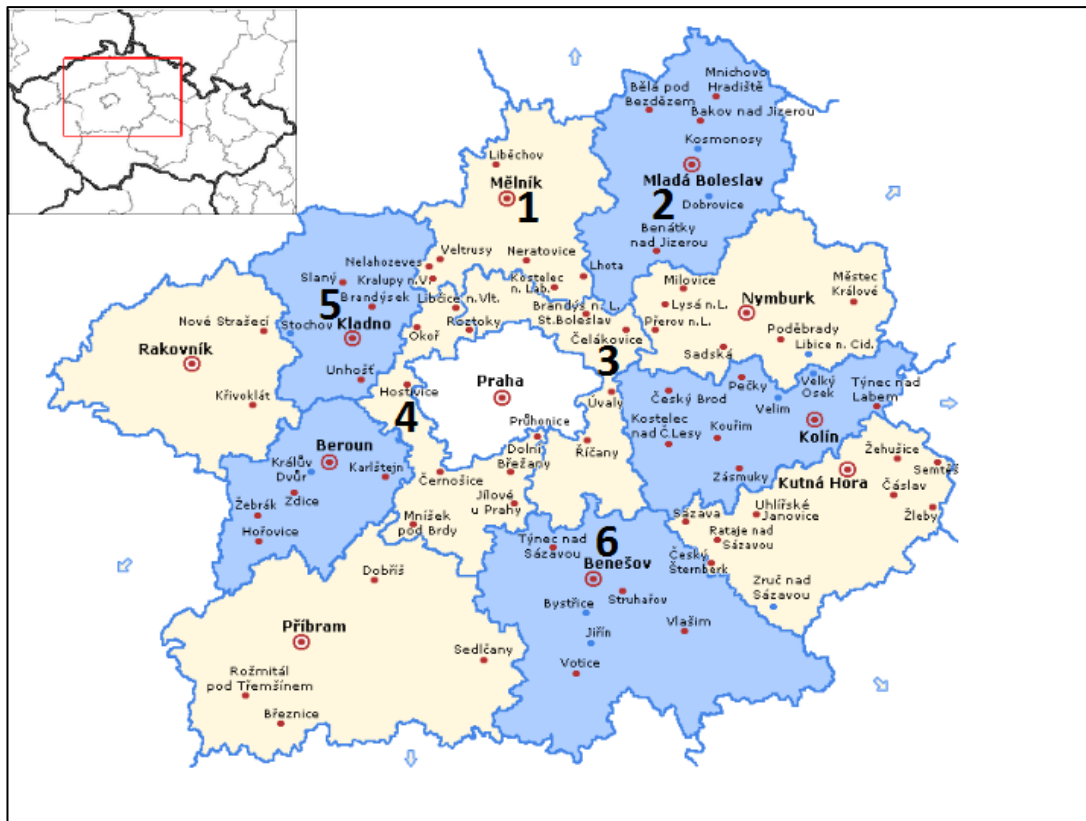
<http://klasifikace.pedologie.cz> [cit. 30. 3. 2016].

VLIV ZEMĚDĚLSTVÍ, 2017:

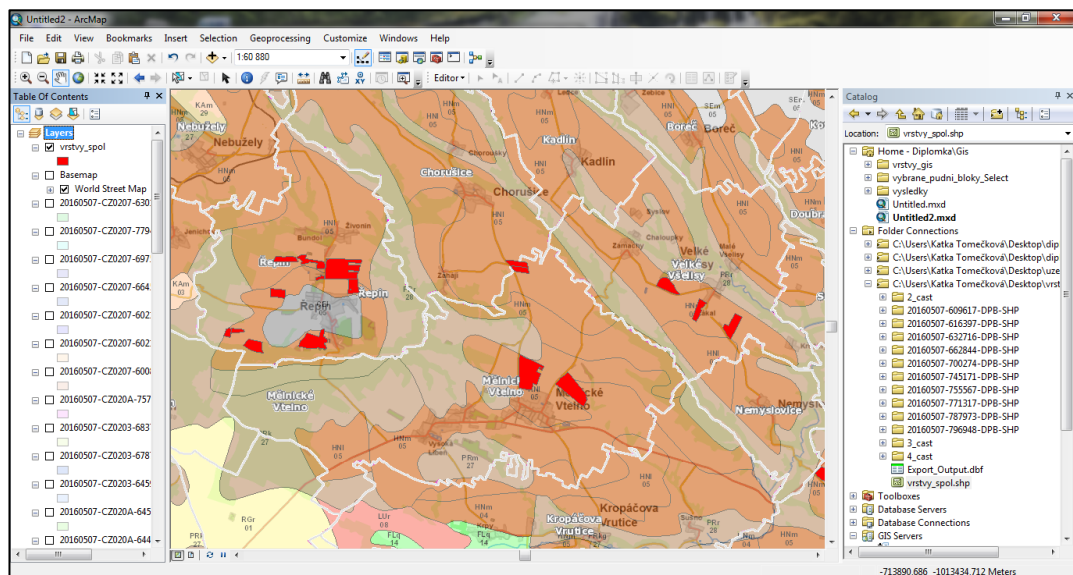
<http://ucebnice3.enviregion.cz/premena-krajiny-a-rekultivace/vliv-zemedelstvi> [cit. 20. 2. 2016].

9 SEZNAM PŘÍLOH

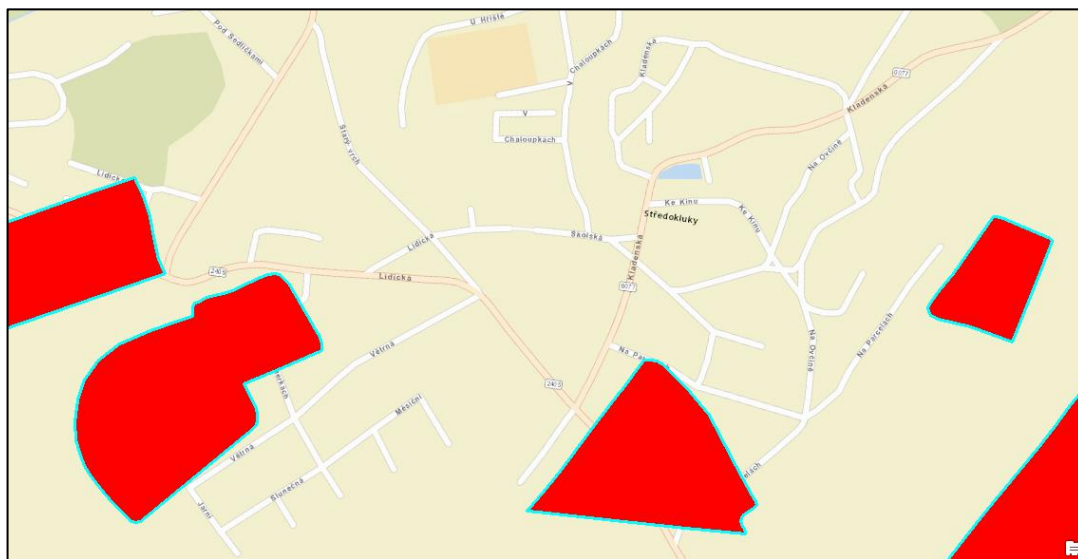
- Příloha 1:** Vyznačení oblastí odběrů půdních vzorků v mapě Středočeského kraje ČR
- Příloha 2:** Lokalizace zájmových půdních bloků na určených typech půd v ArcGIS
- Příloha 3:** Přesné určení lokalizace zájmových půdních bloků včetně zanesení správního členění do map v ArcGIS
- Příloha 4:** Určení vlastníků x nájemníků zájmových polí a zapisování dat do atributové tabulky do ArcGIS
- Příloha 5:** Měření v terénu ručním penetrometrem
- Příloha 6:** Odebírání půdních vzorků v terénu pomocí Kopeckého válečku
- Příloha 7:** Primacs^{SNC-100} Analyzátor uhlíku a dusíku
- Příloha 8:** Detail automatického vzorkovače Primacs^{SNC-100} Analyzátoru uhlíku a dusíku
- Příloha 9:** Schéma zjednodušeného procesu stanovení organického uhlíku v Primacs^{SNC-100} Analyzátoru uhlíku a dusíku
- Příloha 10:** Propojení Primacs^{SNC-100} Analyzátoru uhlíku a dusíku s počítačem – rychlý přenos dat
- Příloha 11:** Stanovení průměrných hmotnostních průměrů částic agregátů rychlou metodou smáčení vodou
- Příloha 12:** Stanovení průměrných hmotnostních průměrů částic agregátů pomalou metodou smáčení vodou
- Příloha 13:** Sušení vzorků v sušičce v laboratoři
- Příloha 14:** Měření hmotnosti prosetých stabilních půdních agregátů přes síta po provedení obou metod stanovení stability půdních agregátů (rychlé, pomalé) a následném vysušení vzorků



Příloha 1: Vyznačení oblastí odběrů půdních vzorků v mapě Středočeského kraje ČR: 1 – Mělnicko, 2 – Mladoboleslavsko, 3 – Praha – východ, 4 – Praha – západ, 5 – Kladensko, 6 – Benešovsko
(Zdroj: Krajská správa ČSU pro Středočeský kraj, 2017)



Příloha 2: Lokalizace zájmových půdních bloků na určených typech půd v ArcGIS
(Zdroj: GIS, 2016)



Příloha 3: Přesné určení lokalizace zájmových půdních bloků včetně zanesení správního členění do map (Zdroj: GIS, 2016)

VYMMZCHJ	VYMNAT	PTA	VYMNAT EVL	KU_KOD	UCOD AKTUA	PRISL_OPZL	OKRES_KOD	MAPOVYLST	MPVYVST5	VY ECP_ZME	FB STAV	VI naj	Jmeno
0	0	0	0	662844	15.3.2014	Kladno (PH)	3203	12-23-11	Kladno 8-7	0	4	naj	Agrodruzstvo_Kacice
0	0	0	0	662844	15.3.2014	Kladno (PH)	3203	12-23-11	Kladno 8-7	0	4	naj	Agrodruzstvo_Kacice
0	0	0	0	771317	15.5.2015	Kladno (PH)	3203	12-23-11	Kladno 8-6	0	4	naj	M_Michal
0	0	0	0	771317	27.9.2012	Kladno (PH)	3203	12-23-11	Kladno 9-6	0	4	naj	V_Stanek
0	0	0	0	771317	31.3.2012	Kladno (PH)	3203	12-23-11	Kladno 8-6	0	4	naj	V_Stanek
0	0	0	0	771317	15.3.2014	Kladno (PH)	3203	12-14-10	Kladno 9-5	0	4	naj	Agrodruzstvo_Kacice
0	0	0	0	771317	3.12.2015	Kladno (PH)	3203	12-23-11	Kladno 8-6	0	4	naj	I_Lukasova
0	0	0	0	771317	11.3.2014	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	I_Lukasova
0	0	0	0	771317	11.3.2014	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	V_Stanek
0	0	0	0	771317	28.3.2012	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	V_Stanek
0	0	0	0	771317	4.5.2016	Kladno (PH)	3203	12-23-11	Kladno 8-6	0	4	naj	M_Slavik
0	0	0	0	771317	28.3.2012	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	V_Stanek
0	0	0	0	771317	18.9.2014	Kladno (PH)	3203	12-23-11	Kladno 8-6	0	4	naj	V_Dvorak
0	0	0	0	771317	3.12.2015	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	vi	I_Lukasova
0	0	0	0	755567	6.11.2015	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	M_Drmlova
0	0	0	0	755567	5.11.2015	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	M_Drmlova
0	0	0	0	755567	6.11.2015	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	M_Drmlova
0	0	0	0	755567	17.3.2016	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	Agrodruzstvo_Kacice
0	0	0	0	755567	6.11.2015	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	M_Drmlova
0	0	0	0	755567	15.3.2014	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	Agrodruzstvo_Kacice
0	0	0	0	755567	17.3.2016	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	Agrodruzstvo_Kacice
0	0	0	0	755567	5.11.2015	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	vi	Agrodruzstvo_Kacice
0	0	0	0	755567	4.5.2016	Kladno (PH)	3203	12-14-15	Kladno 9-6	0	4	naj	CZU
0	0	0	0	700274	5.3.2015	Melník (PH)	3206	02-44-20	Mlada Boleslav 9-3	0	4	vi	J_Hanauer
0	0	0	0	700274	15.4.2014	Melník (PH)	3206	02-44-20	Mlada Boleslav 8-2	0	4	vi	M_Vobornik
0	0	0	0	700274	28.1.2016	Melník (PH)	3206	02-44-20	Mlada Boleslav 9-3	0	4	naj	V_Koci
0	0	0	0	700274	19.12.2014	Melník (PH)	3206	02-44-20	Mlada Boleslav 8-3	0	4	naj	Zem_as_spoli_Chorusice
0	0	0	0	700274	20.12.2014	Melník (PH)	3206	02-44-20	Mlada Boleslav 8-2	0	4	naj	P_Mikes
0	0	0	0	700274	28.1.2016	Melník (PH)	3206	02-44-20	Mlada Boleslav 9-3	0	4	naj	V_Koci
0	0	0	0	700274	19.2.2016	Melník (PH)	3206	02-44-20	Mlada Boleslav 8-2	0	4	naj	J_Simonek
0	0	0	0	745171	31.3.2012	Melník (PH)	3206	12-22-05	Melník 0-7	0	4	naj	A_Tomiga
0	0	0	0	745171	30.1.2015	Melník (PH)	3206	12-22-05	Mlada Boleslav 9-6	0	4	naj	M_Linhart
0	0	0	0	745171	12.1.2016	Melník (PH)	3206	12-22-05	Mlada Boleslav 9-6	0	4	naj	M_Stejskal
0	0	0	0	745171	18.2.2016	Melník (PH)	3206	12-22-05	Mlada Boleslav 9-6	0	4	naj	M_Linhart
0	0	0	0	745171	23.1.2016	Melník (PH)	3206	12-22-05	Mlada Boleslav 9-7	0	4	naj	Druzstvo_vl_Liben_Vleho
0	0	0	0	745171	24.11.2015	Melník (PH)	3206	12-22-05	Melník 0-7	0	4	naj	P_Mikes
0	0	0	0	745171	5.4.2014	Melník (PH)	3206	12-22-05	Mlada Boleslav 9-7	0	4	naj	M_Stejskal
0	0	0	0	745171	5.4.2014	Melník (PH)	3206	12-22-05	Mlada Boleslav 9-6	0	4	naj	Druzstvo_vl_Liben_Vleho
0	0	0	0	745171	13.4.2016	Melník (PH)	3206	12-22-05	Mlada Boleslav 9-6	0	4	naj	Druzstvo_vl_Liben_Vleho
0	0	0	0	745171	8.2.2012	Melník (PH)	3206	12-22-05	Melník 0-7	0	4	naj	M_Linhart

Příloha 4: Určení vlastníků x nájemníků zájmových polí a zapisování dat do atributové tabulky do softwaru GIS (Zdroj: GIS, 2016)



Příloha 5: Měření v terénu ručním penetrometrem – autorka v terénu
(Foto: Ondřej Tureček, 2016)



Příloha 6: Odebírání půdních vzorků v terénu pomocí Kopeckého válečků – autorka v terénu
(Foto: Ondřej Tureček, 2016)



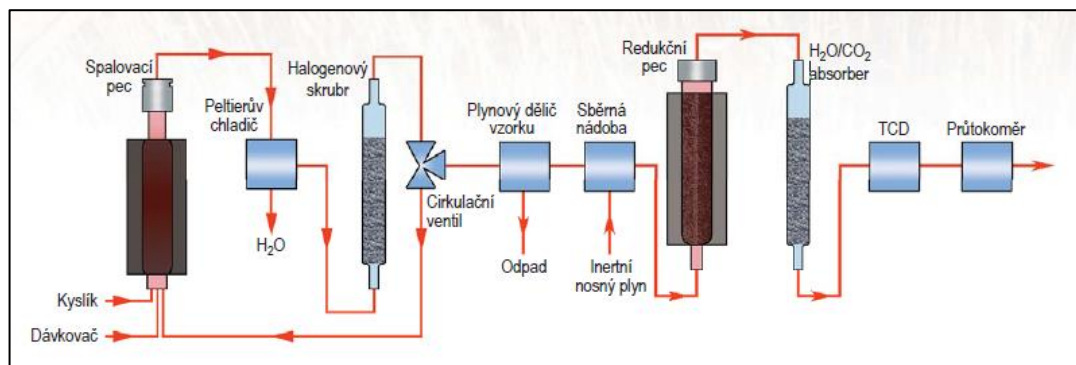
Příloha 7: Primacs^{SNC-100} Analyzátor uhlíku a dusíku

(Foto: Kateřina Tomečková, 2016)



Příloha 8: Detail automatického vzorkovače Primacs^{SNC-100} Analyzátoru uhlíku a dusíku

(Foto: Kateřina Tomečková, 2016)



Příloha 9: Schéma zjednodušeného procesu stanovení organického uhlíku v Primacs^{SNC-100}

Analyzátoru uhlíku a dusíku

(Zdroj: Příručka k Primacs^{SNC-100} Analyzátoru uhlíku a dusíku, 2016)



Příloha 10: Propojení Primacs^{SNC-100} Analyzátoru uhlíku a dusíku s počítačem – rychlý přenos dat

(Foto: Kateřina Tomečková, 2016)



Příloha 11: Stanovení průměrných hmotnostních průměrů částic agregátů rychlou metodou smáčení vodou (Foto: Kateřina Tomečková, 2016)



Příloha 12: Stanovení průměrných hmotnostních průměrů částic agregátů pomalou metodou smáčení vodou (Foto: Kateřina Tomečková, 2016)



Příloha 13: Sušení vzorků v sušičce v laboratoři

(Foto: Kateřina Tomečková, 2016)