

Vyhodnocení zásoby uhlíku v půdách agrolesnických systémů na kávovníkových plantážích oblasti Villa Rica (Peru)

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Aleš Kučera, Ph.D.

Vypracovala: Lenka Grosová

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu Ing. Aleši Kučerovi PhD. za pomoc, rady a připomínky. Dále poděkování patří Ing. Lence Grosové za úpravu stylistiky a následnou korekci textu.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci Vyhodnocení zásoby uhlíku v půdách agrolesnických systémů na kávovníkových plantážích oblasti Villa Rica (Peru) vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

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

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

V Brně dne

Abstrakt

Grosová, L. Vyhodnocení zásoby uhlíku v půdách agrolesnických systémů na kávovníkových planážích oblasti Villa Rica (Peru) Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015.

Tato bakalářská práce je zaměřena na vyhodnocení zásob uhlíku v půdách agrolesnických systémů v oblasti Villa Rica (Peru). Materiálem práce jsou čtyři plantáže s kávovníkem jako zemědělskou plodinou; na třech plantážích jsou přítomny zástinné dřeviny (dominující *Inga* spp., *Eucalyptus* spp. a *Pinus* spp.), čtvrtá plantáž je bez zástinu. Prověřována je hypotéza, zda jsou jednotlivé plantáže specifické z hlediska obsahu uhlíku v půdě. Jako podpůrné informace jsou hodnocena data o objemové hmotnosti redukované, pH aktivní a pH potenciální výměnné. Data jsou zpracována standardními statistickými metodami: průzkumová analýza dat a jednofaktorová a dvoufaktorová analýza rozptylu. Výsledky prokázaly, že se C_{oxcm} (oxidovatelný uhlík vázaný na 1 cm v t/ha) se zvyšující se hloubkou zvětšuje a nejvíce je C_{oxhm} (oxidovatelný uhlík v hmotnostních procentech) v nejsvrchnější vrstvě půdy. Prokázalo se, že tyto plantáže obsahují velmi vysoký obsah C_{ox} (oxidovatelný uhlík). Plantáž Ave Fenix 1 se zastíněním *Ingou* spp. zachytila nejméně C_{ox} , nejvíce oxidovatelného uhlíku zachytila plantáž Gabriela se zastíněním *Eucalyptus* spp.

Klíčová slova

Agrolesnictví, zásoba půdního uhlíku, Peru

Abstract

Grosová, L. Assessment of soil carbon stocks in agro forestry systems on coffee plantations Villa Rica (Peru) Bachelor thesis. Brno: Mendel University, 2015.

The bachelor thesis is focused on evaluation of soil carbon stock in agroforestry systems in Villa Rica district (Peru). Four plantations are taken into account, with *Coffea arabica* as an agronomical commodity, with different dominant shading trees (*Inga* spp., *Pinus* spp., *Eucalypts* spp.); the fourth plantation is with no shading cover. In the work, hypothesis that the plantations are specific in the soil carbon stock is verified. In addition, additive soil parameters such as bulk density, pH active and pH potentiel are evaluated. The data are processed using standard statistical methods as one-way and two-way analysis of variance. The results shown that $C_{ox}cm$ (oxidaze carbon bonded per 1 cm in t/ha) to is growing with depth increases and is most $C_{ox}hm$ (oxidaze carbon in weight percent) the uppermost soil layer. It was demonstrated that these plantations contain a very high content of C_{ox} (oxidaze carbon). Plantation Ave Fenix 1 shade by *Inga* spp. C_{ox} caught least, the most oxidative carbon captured plantation Gabrielle shade by *Eucalyptus* spp.

Keywords

Agroforestry, soil carbon stock, Peru

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| 1. ÚVOD | 11 |
| 2. CÍL PRÁCE | 12 |
| 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE..... | 13 |
| 3.1 Seznámení s agrolesnickými systémy pěstování plodin | 13 |
| 3.1.1 Historie používání agrolesnických systémů | 13 |
| 3.1.2 Výhody a nevýhody používání agrolesnických systémů se zaměřením na ochranu půdy | 14 |
| 3.1.3 Problematika uhlíku v půdách s důrazem na půdy tropických oblastí | 15 |
| 3.1.3.1 Princip ukládání uhlíku | 15 |
| 3.1.4 Seznámení se s ekologií kávy | 16 |
| 3.1.5 Seznámení se s zástinnými dřevinami | 17 |
| 3.2 Seznámení se s jednotlivými vlastnostmi, podle kterých se půdní vzorky vyhodnocovaly..... | 18 |
| 3.2.1 Objemová hmotnost redukovaná v g/cm^3 | 18 |
| 3.2.2 pH aktivní (pH/H ₂ O) | 19 |
| 3.2.3 pH potenciální (pH/KCl)..... | 19 |
| 3.2.4 Oxidovatelný uhlík v hmotnostních procentech | 20 |
| 3.2.5 Oxidovatelný uhlík v odběrných hloubkách váž. na 1 cm t/ha | 21 |
| 3.2.6 Oxidovatelný uhlík kumulativní v t/ha | 21 |
| 3.3 Základní seznámení s charakteristikou jednotlivých aspektů v popisné statistice | 21 |
| 4. MATERIÁL | 24 |
| 4.1 Seznámení s přírodními podmínkami zájmové oblasti s důrazem na geologické a půdní podmínky..... | 24 |
| 4.1.1 Klimatické podmínky Villa Rica v Peru | 24 |
| 4.1.2 Pedologické podmínky zájmového území | 25 |
| 4.1.3 Geologické podmínky oblasti Villa Rica v Peru | 25 |
| 5. METODIKA | 27 |
| 5.1 Postup a výpočet objemové hmotnosti redukované ρ_d v g/cm^3 | 27 |
| 5.2 Postup při určení pH výměnného a aktivního | 28 |
| 5.3 Pracovní postup pro zjištění C_{oxhm} v % | 29 |
| 5.4 Postup vypočítání $C_{oxkum.}$ v t/ha..... | 30 |
| 5.5 Postup vypočítání C_{oxcm} v t/ha | 30 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 5.6 | Statistická analýza dat | 31 |
| 6. | VÝSLEDKY | 32 |
| 6.1 | Průzkumná analýza dat jednotlivých odběrných hloubek..... | 32 |
| 6.2 | Analýza dat pomocí dvojfaktorové Anovy a Fisherova testu pro půdní charakteristiky..... | 36 |
| 6.2.1. | Vyhodnocení pH/H ₂ O pro jednotlivé plantáže | 37 |
| 6.2.2 | Vyhodnocení pH/KCl pro jednotlivé plantáže | 39 |
| 6.2.3 | Vyhodnocení C_{oxhm} v % _{hm} pro jednotlivé plantáže..... | 42 |
| 6.2.4 | Vyhodnocení C_{oxcm} v t/ha pro jednotlivé plantáže | 45 |
| 6.2.5 | Vyhodnocení C_{oxkum} v t/ha pro jednotlivé plantáže..... | 48 |
| 6.2.6 | Vyhodnocení ρ_d v g/cm ³ pro jednotlivé plantáže | 51 |
| 7. | DISKUZE..... | 54 |
| 8. | ZÁVĚR | 56 |
| 9. | SUMMARY..... | 57 |
| 10. | SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY | 58 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Schematické znázornění principu aktivní půdní reakce (Jandák et al., 2003)

Obr. 2: Schematické znázornění principu výměnné půdní reakce (Jandák et al., 2003).

Obr. 3: Grafické znázornění pro pH/H₂O

Obr. 4: Grafické znázornění pro pH/KCl

Obr. 5: Grafické znázornění pro C_{oxhm} v %_{hm} v jednotlivých hloubkách

Obr. 6: Grafické znázornění pro C_{oxcm} v t/ha v jednotlivých hloubkách

Obr. 7: Grafické znázornění pro C_{oxkum} v t/ha v jednotlivých hloubkách

Obr. 8: Grafické znázornění pro ρ_d v g/cm³ v jednotlivých hloubkách

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Stav humusového horizontu dle objemové hmotnosti redukované a pórovitosti (Zbiral, 2004)

Tab. 2: Hodnocení aktivní a výměnné půdní reakce (Jandák et al, 2003)

Tab. 3: Hodnocení potenciální půdní reakce (Jandák et al, 2003)

Tab. 4: Hodnocení obsahu C_{oxcm} v půdě (Horáček et al, 1994)

Tab. 5: Tabulka popisné statistiky celkově pro jednotlivé půdní charakteristiky

Tab. 6: Tabulka jednosměrného testu významnosti pro pH/H₂O

Tab. 7: Tabulka LSD testu pro pH/H₂O

Tab. 8: Tabulka jednosměrného testu významnosti pro pH/KCl

Tab. 9: Tabulka LSD testu pro pH/KCl

Tab. 10: Tabulka jednosměrného testu významnosti pro C_{oxcm} v %_{hm}

Tab. 11: Tabulka LSD testu pro C_{oxcm} v %_{hm}

Tab. 12: Tabulka jednosměrného testu významnosti v C_{oxcm} v t/ha

Tab. 13: Tabulka LSD testu pro C_{oxcm} v t/ha

Tab. 14: Tabulka jednosměrného testu významnosti pro C_{oxkum} v t/ha

Tab. 15: Tabulka LSD testu pro C_{oxkum} v t/ha.

Tab. 16: Tabulka jednosměrného testu významnosti pro ρ_d v g/cm³

Tab. 17: Tabulka LSD testu pro ρ_d v g/cm³

1. ÚVOD

Deštné lesy v tropických oblastech jsou velkou zásobárnou uhlíku, ale jejich intenzivním kácením a spalováním se do okolí uvolňuje značné množství uhlíku zpět do ovzduší ve formě CO₂. Agrolesnické systémy často představují jediný trvale udržitelný systém, jak zajistit produkci na obdělávaných pozemcích, protože omezují erozi půdy. Agrolesnické systémy jsou již několik desetiletí předmětem výzkumu; mimo jiné také z toho důvodu, že nejsou tak výrazným zdrojem CO₂ uvolňovaného do atmosféry ve srovnání s klasickými agronomickými systémy.

Hlavní příčinou odlesňování je poptávka po dřevě a zemědělské půdě. V roce 2005 podle údajů FAO (Organizace pro výživu a zemědělství) činila rozloha lesů 4 miliardy hektarů, tedy 30 % rozlohy všech kontinentů. 3 % z celkové rozlohy lesů se ztratilo v letech 1990 – 2005, což ročně činí 0,20 %. Celkově se za rok odlesní 7,3 milionů hektarů, tedy 200 km² denně [URL 8].

Emise způsobené zemědělstvím představují ročně 10 – 12 % všech emisí Green House Gases (skleníkové plyny), což je 5,10 až 6,10 miliardy tun ekvivalentu CO₂ ročně. („Tunou ekvivalentu CO₂“ je množství skleníkových plynů vyjádřené jako součin hmotnosti skleníkových plynů v metrických tunách a jejich potenciálu globálního oteplování). Jako jedno z řešení navrhuje Smith, et al., (2007) zmírnění těchto problémů např. větší rozšíření agrolesnictví.

Oxid uhličitý je nejdůležitějším skleníkovým plynem, díky kterému naše planeta dosahuje průměrné teploty 15°C – bez skleníkového efektu by tu bylo -18°C (Garrity, 2006).

Uhlík je většinou uložen v buněčných stěnách sekundárních pletiv dřevin. Vazba tohoto prvku umožňuje zachycení po dlouhou dobu v ekosystému, a tím zpožďuje návrat do ovzduší (Nátr, 2000).

Použitím agrolesnických systémů získáme širokospektrální využití pokrývající více možností výroby, jak na produkčních, tak na neprodukčních plochách. Tento efekt lze dosáhnout s ohledem na zachování biodiverzity. Tento současný trend FAO je doporučován státům v tropických a subtropických oblastech důvodu prevence vzhledem k půdní erozi a k ochraně vodních zdrojů. Hlavně je důležité podpořit použití agrolesnických systémů v oblastech, kde hrozí např. záplavy, různá meteorologická nebezpečí (tajfuny, hurikány a cyklóny) a sesuvy půd.

2. CÍL PRÁCE

Cílem práce je vyhodnocení dat zaměřených na sběr zásob uhlíku v půdě. Jako podpůrná data pro doplnění problematiky jsou vyhodnoceny i data pro objemovou hmotnost redukovanou, pH potenciální výměnné a aktivní. Data pro uhlík budou vyhodnocena třemi různými ukazateli. První z nich je oxidovatelný uhlík v hmotnostních procentech, další pak C_{ox} kumulovaný v t/ha a nakonec zásoba uhlíku pro jednotlivé odběrné hloubky vázáno na 1 cm hloubky půdy v jednotlivých odběrných hloubkách v t/ha.

Provede se průzkumná analýza dat pro jednotlivé hloubky odběru půdních vzorků, které jsou 3,5 cm, 12,5 cm, 21,5 cm a 30 cm. Rozbor dat se bude skládat z analýzy dat jednak pro celkovou hloubku šetřené části půdního profilu, jednak pro jednotlivé odběrné hloubky.

Hlavním cílem je následné vyhodnocení různých parcel a vliv zástinných dřevin na velikost uhlíkového sinku. Dále tyto výstupy budou v rámci diskuse porovnány s podobnými studiemi z různých částí světa. Následně posledním cílem bude v závěru zformulovat doporučení místním autoritám a farmářům.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Seznámení s agrolesnickými systémy pěstování plodin

Agrolesnické systémy jsou antropogenního charakteru a slouží především potřebám lidí, a to ať už zahrnují prvek stromů, které jsou začleněny do zemědělského systému nebo zemědělského prvku začleněného do lesnického systému (Ashton a Montagnini, 2000).

Definice agrolesnictví: je to společné jméno pro systémy, které využívají půdu, kde víceleté dřeviny (stromy, keře, atd.) jsou pěstovány ve společnosti dužnatých rostlin (plodin, travin) anebo hospodářských zvířat. Také zde existují ekologické a ekonomické interakce mezi stromovými a nestromovými komponenty v systému (Young, 1989).

Buck (1999) definuje agrolesnictví jako dynamický ekologicky orientovaný systém řízení přírodních zdrojů, který pomocí integrace pěstování stromů na zemědělských půdách a pastvinách rozšiřuje a zajišťuje produkci pro sociální, ekonomický a environmentální užitek.

Agrolesnictví je jakýkoliv zemědělský systém (agro-ekosystém), v kterém rostou stromy a jsou ekonomicky, sociálně, nebo ekologicky integrovány do systému (Clarke et al, 1993).

Podle Elevitch a Wilkinson (2001) všechny definice agrolesnictví mají společné:

- Pole mají dva nebo více výstupů
- Produkční cyklus je delší než jeden rok
- Důležitá interakce (ekonomická a/nebo environmentální) mezi stromy a jinými komponenty.

3.1.1 Historie používání agrolesnických systémů

Existují nesčetné příklady v období historie naší civilizace použití pěstování stromů a zemědělských plodin ve vzájemné kombinaci. Byl to obecný zvyk v Evropě, alespoň ve středověku, vytěžit původní les, spálit klestí, pěstovat plodiny po různou dobu na vyčištěných územích a vysadit nebo zasít druhy stromů. Ovšem tento „farmářský systém“ už není populární. Byl široce rozšířen ve Finsku až do konce minulého století, a byl praktikován na několika územích v Německu na konci 20. let dvacátého století (Steppeler et al, 1987).

Mnoho farmářských komunit v tropické Americe bylo přizpůsobeno lesním podmínkám. Zemědělský systém je zde charakterizován otevřeným koloběhem živin s velkou

ztrátou, zatímco v přirozeném uspořádání je to naopak. Stabilita koloběhu živin je klíčová hlavně v tropech, kde se rychle vymývají živiny po prudkým deštích, a po několika letech se oblast stává neúrodnou ([URL 6]).

3.1.2 Výhody a nevýhody používání agrolesnických systémů se zaměřením na ochranu půdy

Populační růst, vzrůstající ekonomické potřeby, environmentální degradace a úbytek orné půdy je důvodem pro zvýšení snahy o vytvoření udržitelného a efektivního zemědělského systému. Praktikování agrolesnictví může zlepšit produktivitu a snížit vstupy, zatímco tlumí některé environmentální škody způsobené minulými procesy odlesnění a odstranění stromů z krajiny (Elevitch a Wikinson, 2001). Také se zde používají dřeviny v ochraně půdy a zachování půdní úrodnosti.

Mezi hlavní prioritu agrolesnictví patří omezení půdní eroze, protože se snižují ztráty vody, půdního materiálu, organických látek a živin. Také napomáhá k omezení hmyzích škůdců a doprovodných chorob. Agrolesnictví může poskytnout různorodé ekonomii farem a stimulovat celou venkovskou ekonomiku, vede ke stabilitě farem a komunit. Ekonomická rizika jsou zredukována, když systémy vytvářejí rozmanité produkty (např. pěstování kávovníku zároveň s produkcí dřeva). Mezi ekologické výhody patří zvýšení biologické diverzity než u klasického zemědělství ([URL 1]).

Agrolesnické systémy podporují zachování půdní organické hmoty a koloběh živin. Toto hromadění těchto procesů je ovlivňováno vstupy uhlíku přes opad (Chander et al., 1998).

Např. agrolesnický systém může akumulovat mezi 109,4 Mg C ha⁻¹ (taungya¹) a 177.6 Mg C ha⁻¹ (přirozeně ladem), zatímco pro kávovníkové systémy smíchané s *Eucalyptus* spp. a *Acacia* sp. bylo uváděno mezi 0,4 a 2,2 Mg C ha⁻¹rok⁻¹, a v půdě by uhlík mohl dokonce se dostat přes 89 % z toho uloženého v systému. Když se kávovník zastíní *Ingou* sp *jinicul.*, ukládání uhlíku může být 198 Mg C ha⁻¹. Místo pěstování kávy ve spojení s *Ingou* sp, a některé druhy Musaceae, zvýší zachycení na 115,5 Mg C ha⁻¹ a po stranách s *Ingou* sp. se údaje dostanou k hodnotě 91,64 Mg C ha⁻¹ (Angeles, 2012).

Dřeviny na zemědělské půdě odebírají nadbytečné živiny z hnojení plodin. Výsledkem je snížení eutrofizace a znečištění povrchových vod. Agrolesnictví se dá také využívat v souvislosti s agroturistikou a rekreačním využitím krajiny. (Riguerio – Rodríguez et al. 2009).

¹ Taungya (shifting cultivation) - „posouvání obdělávání“, Systém, který předcházela agrolesnictví ([URL 2]).

Mezi kritéria výběru cílových stínících dřevin patří slučitelnost s porostem, pro vytvoření minimální konkurence. Vzhledem k usnadnění práce s plodinami by kmen i větve měli být bez trnů. Stínící dřeviny mají mít deštníkový tvar se širokou a rozvolněnou korunou.

3.1.3 Problematika uhlíku v půdách s důrazem na půdy tropických oblastí.

3.1.3.1 Princip ukládání uhlíku

Rostliny ukládají uhlík přes fotosyntézu, zachycují atmosférický CO₂, a výměnou vrátí kyslík. Část syntetizovaných uhlohydrátů je oxidována během dýchání k výrobě energie pro metabolické procesy. Další je použita k produkci různorodých organických komponentů, jeden z nich je celulóza, která se akumuluje v buňkách stěn

Albrecht a Kandji (2003) ve svém článku uvádí, že koncentrace CO₂ a jiných skleníkových plynů v atmosféře znatelně roste. Uhlík se v ovzduší ukládá spalováním fosilních paliv a změnou tropických lesů na zemědělskou půdu. Mezi pozitivní efekt zvýšené koncentrace CO₂ patří nárůst rostlinné produkce, ale dochází k negativním změnám v globálním klimatu (zvyšování teploty, zvýšená frekvence sucha a povodní).

Více uhlíku se ukládá na agrolesnických kávovníkových plantážích se zástínem rostlin., proto se snažíme o změnu z bez zástinného k zástínému pěstování kávy (Castellanos et al, 2012).

Agrolesnické systémy mohou mít prospěšný vliv na globální klima. Půda a vegetace hraje velkou roli jako uložisko uhlíku, tím redukuje množství oxidu uhličitého v atmosféře. Sázením stromů dochází ke zvýšení vegetace, která zároveň slouží jako větrolam, zde nejenom chrání půdu, hospodářství, cesty, ale i lidi a plodiny. V některých zemích jsou smlouvy mezi korporacemi a farmáři, které slouží k vyrovnání jejich emisí skleníkových plynů kupováním kreditů o ukládání uhlíku v půdě a ve stromech. Potenciální trh by mohl být výhodný pro zemědělce (Garrity, 2006).

Intenzita sinku uhlíku v určitém porostu je ovlivněna stářím porostu. Carey et al. (2001) a Luyssaert et al. (2008) udávají ve svých pracích, že porosty starší než sto let jsou uhlíkově neutrální. Pokládaly se za uložisko uhlíku bez dalšího absorbování nebo jen s mizivým. Důvodem pro toto stanovisko byly růstové tendence. Lesní porost v mládí prudce roste až do dospělosti, načež nárůst náhle klesá až k téměř nule. Majorita autorů vyvodila závěr, že starý les váže méně uhlíku v porovnání s mladším lesem (Hlaváčová, 2011).

3.1.4 Seznámení se s ekologií kávy

Coffea arabica je stálezelený keř, který se pěstuje kvůli produkci semen. Tato semena se melou a praží, aby se vytvořil povzbuzující nápoj – káva. Z listů a plodů se dá také připravit další nápoj, který připomíná meltu. Květy rostou ve svazečcích v úžlabí listu, s trubkovitým kalichem a pětičetnou bělavou korunou. Až 15 mm dlouhá elipsoidní peckovice je plodem této rostliny, která většinou obsahuje 2 semena, z jedné strany jsou plochá se známou rýhou ([URL 20]).

Odrůdy kávovníku *Coffea arabica* pěstované na plantážích jsou následující:

Typica je varianta, ze které byly vyšlechtěny mnohé další kávovníky. Rostliny mají kuželový tvar s hlavním vertikálním kmenem, z něho vyrůstajícími lehce skloněné větve. Dosahuje velikosti 3,5 až 4 m, boční větve svírají se stonkem úhel 50° až 70°. *Typica* má obvykle velmi malou produkci kávy, ale zato v excelentní kvalitě ([URL 19]).

Caturra je mutací kávy Bourbon, která byla objevena v Brazílii. Vyznačuje se vysokou produkcí a dobrou kvalitou, ale vyžaduje velkou péči a hnojení. Dobře se adaptuje na životní prostředí, ale optimálně roste v nadmořské výšce mezi 1500 až 5500 stop, s roční srážkou mezi 2500 až 3500 mm. Při vyšších výškách roste kvalita, ale produkce klesá ([URL 19]).

Catuai je vysoce produktivní odrůda kávovníku, která byla vyšlechtěna křížením *Mundo Novo* a *Caturra*. Tato rostlina je relativně nízká a boční větve tvoří těsný úhel s primárními větvemi. Ovoce z větví nepadá snadno, a proto se *Catuai* preferuje v místech se silným deštěm nebo větrem. Tato odrůda také potřebuje dostatečnou péči a hnojení ([URL 19]).

Cantimor je kříženec mezi *Timor* a *Caturra* kávovníkem, byl vyšlechtěn v Portugalsku v roce 1959. Zraje brzy a produkuje s velmi vysokým výnosem, pro tento důvod musí být metody hnojení a zástinu pozorně sledovány. V nižších nadmořských výškách rozdíl v kvalitě mezi *Cantimor* a ostatními komerčními odrůdami není skoro žádný, ale při zvýšení více než o 4000 stop odlišnost v kvalitě je vidět ([URL 19]).

3.1.5 Seznámení se s zástinnými dřevinami

Inga spp.

Tento tropický strom je beztrnný s velkými sudozpeřenými listy. Květy mají bělavou barvu a většinou mají obojí pohlaví. Plody jsou ploché lusky, který mají kožovitý obal. Existuje asi 350 druhů v střední a Jižní Americe ([URL 15]).

Přirozeně se vyskytuje v okolí velkých řek a vodních ploch, ale také v roklích, v lesích vysočin při okraji řek a sousedních deštných lesích. Potřebuje roční teploty v rozsahu od 21,3 °C do 27,3°C a nadmořskou výšku pohybující se do 2200 m n m., kde nemrzne. ([URL 14]).

Tento strom je využíván v agrolesnictví z různých důvodů. Jedním z nejdůležitějších je fixace dusíku v půdě (patří do čeledi *Fabaceae*), proto má *Inga spp.* velký potenciál při používání na degradovaných půdách. Rychle roste a snadno se adaptuje do skoro každého agrolesnického systému. Mlázi tohoto stromu se dobře regeneruje, a proto se obtížněji odstraňuje z některých polí. Jako původní druh Jižní Ameriky je vhodný pro udržení biodiverzity. Plody tohoto stromu přitahují zvěř. Dokáže vyrůst v statný strom ([URL 14]).

Pinus spp.

Mezi nejčastější druhy patří *Pinus radiata* z Kalifornie, *Pinus patula* a *Pinus muricata* z Mexika. Obecně *Pinus r.* dorůstá výšky až 30 m, roste v kuželovitém tvaru. Borka je šedá, brázditá a jehlice vyrůstají v 2 – 3 četných svazečcích vytrvávají 3 až 4 roky. Semena jsou zmáčkne eliptická, dlouhá 6mm tmavohnědá.

Tyto nepůvodní druhy pro Jižní Ameriku se zde pěstují jako zástinná dřevina kvůli rychlému růstu a pevnému dřevu. Jenomže negativně ovlivňují přirozenou biodiverzitu okolního prostředí ([URL 16]).

V agrolesnických systémech tento invazní druh okyseluje půdu, a zabírá místo původním druhům a organismům na ně vázaných.

***Eucalyptus* spp.**

Dorůstají při správných podmínkách až 100 m (*Eucalyptus globulus*) a vyznačují se rozmanitostí listů. Zatímco na mladých větvích vyrůstají oválné střídavě přisedlé nearomatické listy, na starších jsou podlouhlé, úzké a aromatické. Blahovičník má drobné květy bez korunních lístků. Plodem tohoto stromu je tobolka, kvete od května do června ([URL 18]).

Tento druh z čeledi myrtovitých pochází z Austrálie. Nyní se roste ve všech tropických a subtropických oblastech a byl kultivován i do ostatních podnebí. V agrolesnických systémech může být vítaný stejně jako u nás *Robinia pseudoacacia*, ale dřevařským průmyslem je velmi vyhledávaným zdrojem pevného dřeva. Roste rychleji než borovice ([URL 17]).

Mezi další stinnou stránku patří přílišné odebírání živin a vody, a proto se musí více na plantážích hnojit, jinak by tyto živiny a voda chyběly kávovníkům. *Eucalyptus* spp. patří mezi rostliny, které mají alelopatické účinky na své okolí (konkrétně fenolické kyseliny a těkavé oleje).

3.2 Seznámení se s jednotlivými vlastnostmi, podle kterých se půdní vzorky vyhodnocovaly

3.2.1 Objemová hmotnost redukováná v g/cm³

Je to hmotnost 1 cm³ půdy vysušené do konstantní hmotnosti a je vstupní veličinou pro výpočet procenta půdní pórovitosti. Vlastní číselné hodnoty objemové hmotnosti ρ_w a objemové hmotnosti redukováné ρ_d jsou podmíněny především čtyřmi parametry:

Prvním z nich je tvar a způsob uložení primárních (částic jednotlivých zrnitostních frakcí) i sekundárních (půdních agregátů) strukturních prvků. Další je podíl kapilárních pórů na dané půdní pórovitosti, obsah humusu. A poslední je měrná hmotnost jednotlivých horninotvorných minerálů, tvořících minerální podíl daného půdního horizontu.

Stanovení objemových hmotností se standardně provádí ve fyzikálních válečcích, teplota vysoušení je 105 °C a charakterizují kyprost nebo ulehlost půdy.

Rozdíl v přístupu k oběma těmto objemovým hmotnostem spočívá obecně v tom, že objemovou hmotnost měříme u vzorku ve fyzikálním válečku přímo po odebrání z terénu, zatímco objemovou hmotnost redukovanou u vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti.

Hodnoty objemové hmotnosti půdy vykazují výraznou sezónní dynamiku a to především v závislosti na vlhkostních poměrech dané lesní půdy, přesto je mnohem stálější než

objemová hmotnost půdy. Vzhledem k obsahu půdní vody je objemová hmotnost půdy v přirozeném stavu obecně vyšší než objemová hmotnost redukována.

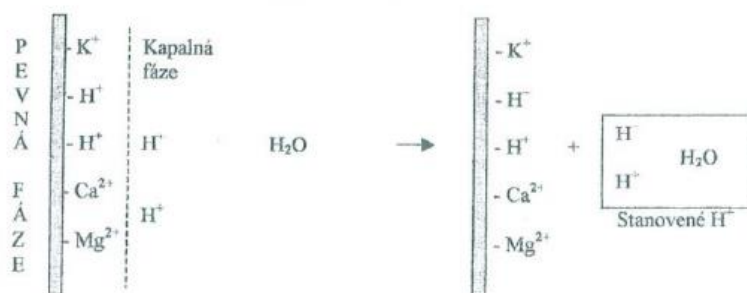
Hodnota objemové hmotnosti půdy se pohybuje v rozmezí 1,10 – 1,60 g/cm³, u písčitéch půd hodnoty se šplhají až k 1,80 g/cm³. Objemová hmotnost klesá s přibývajícím obsahem humusových látek. Hodnoty ρ_d u A- horizont se pohybují okolo 1 g/cm³, u čistě organogenního horizontu dosahuje méně než 0,50 g/cm³ (Ledvina et al, 2000).

3.2.2 pH aktivní (pH/H₂O)

Hodnota pH se vyjadřuje zápornou hodnotou dekadického logaritmu aktivity (koncentrace) vodíkových iontů, je to půdní reakce roztoku je určena aktivitou iontů H⁺ a OH⁻.

Aktuální reakce charakterizuje okamžitý stav volných vodíkových iontů v půdním roztoku. Je způsobena nejčastěji disociovanými volnými kyselinami nebo disociovanými kyselými solemi, které se vyskytují v půdě. pH se stanoví ve vodném výluhu nebo v suspenzi půdy a označuje se jako pH/HO. Hodnota pH/H₂O se pohybuje v rozmezí od 4 do 8.5 (Jandák et al., 2003).

Principy adsorpce vodíkových iontů nedovolují, aby volné H⁺ ionty existovaly dále rozpuštěné v půdním roztoku, pokud je půda sorpčně nasycená bazickými kationty. Proto se aktivní kyselost vyskytuje u půd odvápněných a silně sorpčně nenasycených, s vysokým podílem adsorbovaných iontů H a Al.



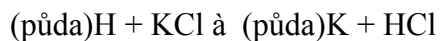
Obr. 1: Schematické znázornění principu aktivní půdní reakce (Jandák et al., 2003)

3.2.3 pH potenciální (pH /KCl)

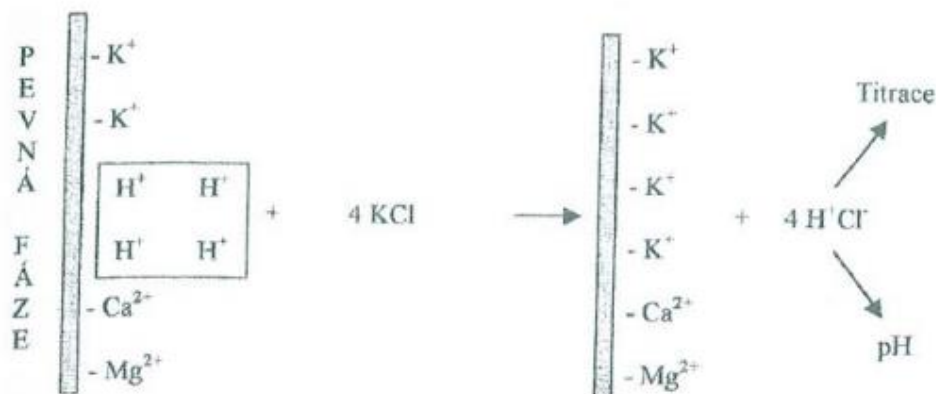
Potenciální kyselost je způsobena ionty vodíku, které jsou sorbovány půdními koloidy a mohou se za určitých podmínek z půdního komplexu uvolňovat do půdního roztoku, čímž dochází ke zvýšení aktivní kyselosti půdy.

pH výměnné vyjadřuje obsah veškerých vodíkových iontů, vyskytujících se v půdním roztoku, dále absorbovaných na povrchu koloidů, nebo uvolněných při vzniku solí.

pH/KCl je tvořeno absorbovanými ionty H^+ a Al^{3+} (Fe^{3+}), které mohou přejít do roztoku výměnou za bazické kationty neutrální soli roztoku. Disociovaný kationt draslíku vytěšňuje ze sorpčního komplexu výměnný vodík, který přispívá ke zvýšení celkové koncentrace H^+ . (Jandák et al., 2003).



To znamená, že výměnnou reakcí se stanoví hodnota pH dosažená sčítáním dvou faktorů: aktivní reakce půdního roztoku + extrémní zvýšení koncentrace H^+ iontů vlivem výměny. Proto je hodnota pH/KCl obvykle o 0,50 až 1 pH menší. Protože hodnota pH/KCl umožní posoudit i stav sorpčního komplexu, používá se spíše pro hodnocení acidity, neboť se pravděpodobně více blíží skutečnému pH v půdě za přirozených podmínek.



Obr. 2: Schematické znázornění principu výměnné půdní reakce (Jandák et al., 2003).

3.2.4 Oxidovatelný uhlík v hmotnostních procentech

C_{ox} je obsažen v organických látkách, které jsou součástí půdy. Organická hmota napomáhá zvyšování ionto-výměnné kapacity půdy. V poslední době se význam půdní organické hmoty oceňuje jeho důležitost pro životní prostředí, zejména akumulace C_{ox} a také z hlediska zachování ekologických funkcí půdy (Kubát et al., 2008).

Půdní organická hmota váže minerální částice a pomáhá vytvářet drobtovitou půdní strukturu. Také vylepšuje schopnost půdy zadržovat vodu a zvyšuje obsah vody přístupné pro rostliny (Brandy a Weil, 2002).

Organický uhlík v půdě se stanovuje metodami, založenými na spalování (oxidaci) organické hmoty. Stanovení veškeré organické hmoty v půdě spalováním na suché cestě. Zjištění a vyhodnocení tohoto kritéria je popsáno v kapitole metodika.

3.2.5 Oxidovatelný uhlík v odběrných hloubkách vázáno na 1 cm v t/ha

Toto velice důležité kritérium se získává výpočtem, který má významnou úlohu při rozhodnutí o organické hmotě v půdě, protože zabraňuje zkreslení. Tento problém může vzniknout, jelikož svrchní odběrná hloubka má sice největší množství organické hmoty, ale další hloubky jsou hlubší, proto mají více oxidovatelného uhlíku. Výpočet pro něj je popsán v kapitole metodika.

3.2.6 Oxidovatelný uhlík kumulativní v t/ha

Tento údaj se také získá výpočtem a to tak, že se předcházející vzorec vydělí jednotlivými odběrnými hloubkami. Následně po vypočítání názorně ukazuje, jak s přibývajícím hloubkou vzrůstá organická hmota v půdě. Postup zjištění je popsán v metodice.

3.3 Základní seznámení s charakteristikou jednotlivých aspektů v popisné statistice

Průměr datového souboru ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) je definován vztahem

$$x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$$

Medián je průměr datového souboru, který je citlivý na hrubé chyby. A proto se používá, kdy soubor obsahuje extrémní data. V hodnotě mediánu se to výrazně neprojeví a medián lépe vystihuje „průměr“ souboru ([URL 9]).

$$\tilde{x} = \begin{cases} x_{(m)}, & \text{pro } n = 2m - 1, \\ \frac{1}{2} (x_{(m)} + x_{(m+1)}), & \text{pro } n = 2m. \end{cases}$$

Modus je definován jako hodnota souboru s největší četností, nemusí být jednoznačně určen. Zajímá nás pouze v případech, kdy sledujeme „špičkové“ hodnoty souboru.

$$\hat{x} = z_j, n_j \geq n_i, 1 \leq i \leq m.$$

Směrodatná odchylka je definována jako odmocninou rozptylu., která je definována vzorcem: Počítá se pomocí čtverců odchylek dat od průměru, nemá stejný rozměr jako původní data. Do měřítka původních dat se vrací jako odmocnina rozptylu ([URL 9]).

$$S^2 = \frac{n}{n-1} MSD = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Pro **koeficient šikmosti** platí tato rovnice

$$A_3 = \frac{1}{nS^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

Naopak pro **koeficient špičatosti** platí

$$A_4 = \frac{1}{nS^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 - 3$$

Datové rozdělení se blíží symetrickému, pokud jsou hodnoty A_3 blízké nule. Pokud je $A_3 > 0$, pak jsou data zešikmené vpravo, menší hodnotu než průměr jsou k němu nahuštěny více než hodnoty větší. Pro $A_3 < 0$ je situace opačná ([URL 9]).

Je-li A_4 blízké nule, jedná se o datový soubor s normální špičatostí. Při $A_4 < 0$ mluvíme o souborech plochých, zatímco při opačné situaci se jedná o soubory špičaté.

P-hodnota je pravděpodobnost, že při H_0 by testová statistika T nabyla hodnoty, jaká vyšla z dat, nebo hodnoty ještě extrémnější (mimo interval $\langle -T, T \rangle$) ([URL 9]).

ANOVA (analýza rozptylu) se zabývá vyšetřováním vztahů mezi spojitou závislou proměnnou a jednou nebo více nezávislých kategorickými proměnnými, tedy ověřuje shodu středních hodnot sledovaných veličin mezi nezávislými soubory ([URL 10]).

$$Y_{jgp} = \mu + \alpha_j + \beta_g + \lambda_{jg} + e_{jgp}$$

Kde člen λ_{jg} , ukazuje celkový vliv prvního a druhého faktoru, a proto kombinace hladin může mít unikátní vliv ([URL 10]).

Fisherův test (nebo také LSD text) testuje nulovou hypotézu (H_0) proti alternativní (H_1), zda hodnota vysvětlované proměnné na lineární kombinaci vysvětlujících proměnných. (Provádí se po zamítnutí nulové hypotézy), ([URL 11]).

4. MATERIÁL

Pro tento výzkum byly vybrány tři plantáže, které dříve bývaly pastvinami (kromě Ave Fenix 2). První z nich se nazývá Ave Fenix a je rozdělena na dvě části. Umístěna je v Alto Palomar v blízkosti města Villa Rica, region Pasco, která spadá do tropického horského lesa. Nair (1993) ve své knize uvádí, že produkce systémů zahrnuje plantáže plodin jako je káva a čaj komerčně stejně jako malozemědělské systémy. Tato plantáž má rozlohu 7,5 ha a leží v nadmořské výšce 1500 m n. m. Svrchních 30 cm půdy se podle textury dá zařadit jako hlinitá půda. Topografie plantáže je nerovná se sklonem okolo 18°. Ave Fenix 1 je agrolesnická plantáž, kde zástinnou dřevinu tvoří *Inga* spp., což je původní druh s ideálním zástinným pokryvem. Pěstují se zde tyto kávovníkové poddruhy *Typica*, *Cantimor*, *Caturra* a *Catuai*. V druhé části plantáže se pěstuje samostatně *Coffea arabica* s velmi řídkým zástinnem dřevin.

Další z plantáží je Santa Rosa, která se nachází v lokalitě Oconal asi 4 km severně od města Villa Rica. Zástinnou dřevinou je tu *Pinus* spp., který je zde první generaci od založení plantáže. Na této parcele se nachází tři kávovníkové poddruhy: *Typica*, *Cantimor* a *Caturra*. Není tu tam svažité terén jako na Ave Fenix a texturou je tu půda opět hlinitá.

Poslední plantáž je Gabriela, která je nejmenší ze vše plantáží. Jako zástinnou dřevinou je zde používán první generace *Eucalyptus* spp., který je nepůvodním druhem z Austrálie. Terén na této plantáži má stejnorodější charakter s průměrnou strmostí 18°. Půdní textura se dá opět označit jako hlinitá. Vyskytují se zde stejné kávovníkové poddruhy jako v předcházející plantáži.

4.1 Seznámení s přírodními podmínkami zájmové oblasti s důrazem na geologické a půdní podmínky v širším měřítku

4.1.1 Klimatické podmínky Villa Rica v Peru

V zájmovém území Villa Rica je průměrná roční teplota 17,7 °C a průměrná vlhkost vzduchu pro danou oblast dosahuje až k 89 %. V tomto tropickém vlhkém horském lese se roční srážky dosahují 1529 mm, které nárazově překonávají 5000 mm ([URL 4]). Období dešťů je od listopadu do května a období sucha v červenci a srpnu. Hlavním důvodem je geografické zvednutí shromážděné vlhkosti z nížinných lesů (Hamling a Salick, 2003).

4.1.2 Pedologické podmínky zájmového území

Dle členění FAO se v této oblasti nachází kambizem dystrická. Obecně se dá prohlásit, že tyto půdy mají kambický B horizont (změněnou jílovitou vrstvu) a ochuzený (světlejší barvy) nebo umbrický (bohatší na organickou hmotu, ale s nižší obsah bází (bazických kationtů) A horizont (Juo, 2003). Kambisoly jsou půdy, které se nacházejí na zalesněných svazích členitějšího reliéfu, kde hlavním půdotvorným procesem je zajílení. Tyto půdy mohou podléhat intenzivnímu zvětrávání za vzniku sekundárních minerálů, čímž se zvýší v půdě obsah jílu (Espinoza, 2013).

Kambisoly se méně vyskytují v tropických oblastech, kde zvětrávání a vznik půdy pokračuje mnohem rychleji než v temperátním klimatu. Nejvíce jsou umístěny napříč západní Evropou a střední částí Severní Ameriky. Zároveň jsou také běžné v územích s geologickou aktivitou, kde mohou vzniknout v asociaci se zralostí tropických půd (Juo a Franzluebbbers, 2003).

Dystrické kambizemě jsou prokořeněné a dobře provzdušněné. Jsou živinami středně satureované, ale na suchých až velmi suchých místech jsou velmi chudé na živiny ([URL 7]).

Obecně tato oblast v regionu Pasco má vyšší obsah výměnných bází jako je Ca, Mg, a K než ve vlhčích oblastech. Avšak vyskytují se zde silně vyluhované, kyselé půdy, které jsou také široce rozšířeny. Stále více těchto půd, i když jsou méně úrodné, je používána jako orná půda, pastviny nebo lesní půda. Kambisoly na strmých svazích je vhodné udržovat pod lesem, a to zejména v horských oblastech (Juo a Franzluebbbers, 2003; Michéli et al, 2006).

4.1.3 Geologické podmínky oblasti Villa Rica v Peru

V této oblasti se nacházejí kvartérní materiály, které se fluviálně a aluviálně usazovaly, a proto zde jsou na povrch. Nejdříve se vytvořila formace Chonta ze spodní křídly, potom formace Chambira, z miocénu, pak se tvořila formace Merced z pleistocénního období.

Zůstává konstantní přes proniknutí batolinitu a v San Ramon se objevuje podél pravých břehů řek Chandigarh a Tulumayo s délkou téměř 90 km a šířkou 45 km. Tento masiv je tvořen zrny amfibolů a biotitů, tudíž vytváří odlišnou horninovou jednotku (facie) z „granite red“ a „granite gray“ ([URL 5]).

Aluviální usazeniny jsou složeny z materiálů zpevněných jílu tónovaných od světle hnědé ke tmavě hnědé, občas se zde objevuje šedá barva. Fluviální usazeniny jsou tvořené hrubými a jemnými materiály, které utvářejí zpevněné terasy. Mohou být jasně viditelné

v řečišti řek Paucartambo a Chachamayo. Také se zde vyskytují koluviální usazeniny, které se skládají z nezpevněných materiálů jílu s úlomky stabilních hornin. Mají heterogenní původ a většinou hranatý tvar, který vznikl přemístěním ze svahu ve směru gravitace.

Kvartérní sedimenty

Kvartérní sedimenty formované během čtvrtohor odpovídají glaciálním a aluviálním procesům. Na ploše v Sogorno (Oxapampa) byly zmapovány naplavené usazeniny, které mají obecný vliv na zvýšení možnosti sesuvu půdy.

Jezerní sedimenty jsou rozeznatelné v okolí města Villa Rica (laguna Oconal), jsou utvářeny z naplavených jílu s bohatým obsahem organické hmoty (Higley, 2004).

Skupina Chambira

Skupina Chambira je popisována jako řada rudých pelitických a nesourodých pokryvů mezi skupinou Chonta a seskupením Huaybamba. Podobné skupiny, které vystupují na povrch, byli poprvé popsány Kummel v roce 1946 v rokli Chambira, která se nachází v provincii Ucayali.

Skupina Chambira se objevuje často v okolí měst Villa Rica, Eneñas, v soutěsce Sal, v rozlehlých pláních řeky Palcazu (Iscozasín, Chuchurras), Qda.

Tyto informace byly zjištěny v průběhu geologického mapování, jako součást posudku EIA, pro posouzení záměru postavení silnice v provincii Oxapampa ([URL 3]).

5. METODIKA

Vlastnímu zpracování dat předcházela jejich sběr. Půdní vzorky byly odebírány na čtvercových plochách (6 čtverců na každé plantáži). V rámci každého čtverce byla vybrána tři odběrná místa, na kterých se půda vzorkovala do hloubky 30 cm ve čtyřech odběrných hloubkách (3,5 cm, 12,5 cm, 21,5 cm a 30 cm). Půdní rozbor se zaměřuje na oxidovatelný uhlík (C_{ox}) v různých variantách interpretace: (1) $C_{ox}hm$ v hmotnostních procentech $\%_{ohm.}$, který vypovídá o koncentraci uhlíku v dané hloubce půdy; (2) $C_{ox}kum$ v t/ha, který vyjadřuje kumulativní obsah uhlíku do dané hloubky půdy; (3) $C_{ox}cm$, v t/ha, který vyjadřuje množství uhlíku v jednom cm dané hloubky půdy. Dále byly ze stanovovaných parametrů vyhodnocovány objemová hmotnost redukovaná (ρ_d) a půdní reakce ve dvou formách: aktivní (pH/H₂O) a potenciální výměnná (pH/KCl).

Z podpůrných dat se hodnotí objemová redukovaná hmotnost, která je potřebná pro zjištění pórovitosti.

5.1 Postup a výpočet objemové hmotnosti redukované v $g.cm^{-3}$

Postup získání fyzikálního válečku vysušeného do konstantní hmotnosti

Nejdříve se číslované fyzikální válečky i s oběma číslovanými víčky si předem zvážím, následně se v rámci terénního šetření do fyzikálního válečku odebereme půdní vzorek daného horizontu. Váleček s neporušeným půdním vzorkem o objemu 100 cm³ se uzavře víčky z obou stran, fixuje dvěma do kříže orientovaným i gumičkami a převeze do laboratoře. V laboratoři se váleček se vzorkem pečlivě očistí a s víčky (bez gumiček) zváží. Z válečku se sejme horní víčko a tento se vysouší do konstantní hmotnosti. Po vysušování se váleček se vzorkem přikryje druhým původním víčkem a vloží na vychladnutí do exsikátoru. po vychladnutí se váleček zváží (Zbiral et al, 2004).

$$\rho_d = (c-a)/V [g.cm^{-3}]$$

kde c – hmotnost válečku s víčky se vzorkem vysušeným do konstantní hmotnosti,

a – hmotnost válečku s víčky

V – objem vzorku.

Pro vyhodnocení výsledků bude použita tato tabulka, která názorně ukazuje stav humusového horizontu.

Tab. 1: Stav humusového horizontu dle objemové hmotnosti redukované a pórovitosti (Zbiral et al, 2004)

| Strukturní stav humusového horizontu | Objemová hmotnost redukovaná [g/cm ³] | Pórovitost [% objemová] |
|--------------------------------------|---|-------------------------|
| výborný | < 1,2 | >54 |
| dobrý | 1,2-1,4 | 46-54 |
| nevyhovující | 1,4-1,6 | 39-46 |
| nestrukturní | 1,6-1,8 | 31-39 |

5.2 Postup při určení pH výměnného a aktivního

pH metr s kombinovanou skleněnou a kalomelovou (tj. náplní chloridu rtuťného) elektrodou se nastaví na příslušnou venkovní teplotu. Poté se provede kalibrace s použitím alespoň dvou tlumivých roztoků přesného pH.

pH bylo stanoveno pomocí kalomelové elektrody, a to ze vzorku smíchaného s reakčním činidlem v poměru 1:1.

Tab. 2: Hodnocení aktivní a výměnné půdní reakce (Jandák et al, 2003)

| pH/H ₂ O | Hodnocení zeminy |
|---------------------|------------------|
| < 4,9 | Silně kyselá |
| 5,0 – 5,9 | Kyselá |
| 6,0 – 6,9 | Slabě kyselá |
| 7,0 | Neutrální |
| 7,1 – 8,0 | Slabě alkalická |
| 8,1 – 9,4 | Alkalická |
| > 9,5 | Silně alkalická |

Tab. 3: Hodnocení potenciální půdní reakce (Jandák et al 2003)

| pH/KCl | Hodnocení zeminy |
|-----------|------------------|
| < 4,5 | Silně kyselá |
| 4,6 – 5,5 | Kyselá |
| 5,6 – 6,5 | Slabě kyselá |
| 6,6 – 7,2 | Neutrální |
| > 7,3 | Alkalická |

5.3 Pracovní postup pro zjištění C_{ox} procentech v %_{hm}

Stanovení veškeré organické hmoty v půdě můžeme zhruba provést vyžháním navážky při teplotě 400-500 °C, tj. stanovením ztráty žháním a následně se odečte hygroskopická voda, čímž dostaneme tzv. spalitelný podíl. Tento nález je nutno brát jako informativní, poněvadž spalitelný podíl nám udává nejen obsah organických látek humifikovaných a nehumifikovaných, které žháním byly spáleny, ale také obsah krystalické vody, tj. chemicky vázané, která se žháním uvolnila a rovněž unikla a jejíž obsah závisí od druhu půdy. Dále musíme rovněž počítat s určitým množstvím oxidu uhličitého – CO₂, který se uvolňuje žháním z uhličitánů v půdě obsažených a také uniká do vzduchu.

Pro zjištění C_{ox} v hmotnostních procentech se použije rovnice:

$$\% = (a \cdot 100) / b$$

a ... hmotnost zeminy v gramech po vyžhání,

b ... navážka na vzduchu vyschlé zeminy v gramech, před žháním

Tab. 4: Hodnocení obsahu C_{ox} v půdě (Horáček et al, 1994)

| Označení obsahu | C_{ox} [%] |
|-----------------|--------------|
| velmi nízký | < 0,6 |
| nízký | 0,6-1,1 |
| střední | 1,2-1,7 |
| vysoký | 1,8-2,9 |
| velmi vysoký | > 2,9 |

5.4 Postup vypočítání C_{ox} kumulovaného v t/ha

Hodnoty se získají z této rovnice, výsledek je velmi důležitý pro porovnání, kolik skutečně v dané odběrné hloubce je oxidovatelného uhlíku. Protože výsledek chceme dostat v tunách na hektar, musíme převést centimetry čtvereční na požadovanou jednotku, a gramy na tuny. Nakonec, jelikož potřebujeme reálné hodnoty, celý výpočet vydělíme 100.

$$C_{oxkum} = \frac{\rho_d \times hl. odb. \times 100000000 \times C_{oxcm}}{1000000 \times 100}$$

kde

C_{oxkum} je obsah oxidovatelného uhlíku v půdě v t/ha;

ρ_d je objemová hmotnost redukována v g/cm^3 nebo také v t/ha;

odb.hl. je odběrná hloubka v cm;

100000000 je počet cm^2 na ploše 1 ha;

C_{oxcm} je obsah oxidovatelného uhlíku v hmotnostních %;

1000000 je přepočtená hmotnost g na t;

100 je přepočtená z relativních procentických hodnot na absolutní.

zkráceně lze vzorec napsat takto:

$$C_{oxkum} = \rho_d \times hl. odb. \times C_{oxcm}$$

(ρ_d = objemová hmotnost redukována; odb. hl. = odběrná hloubka)

5.5 Postup vypočítání C_{ox} váženo na 1 cm v t/ha

Tento výpočet vychází z předcházejícího vzorce, ale celý vzorec se podělí jednotlivými hloubkami. Bez tohoto kritéria by mohlo dojít ke špatné interpretaci výsledků, protože i když svrchní vrstva má největší obsah oxidovatelného uhlíku, druhá odběrná hloubka je hlubší.

5.6 Statistická analýza dat

Nejprve tyto vlastnosti půd budou vyhodnoceny pomocí popisné statistiky, následně se budou analyzovat pomocí dvoufaktorové ANOVA, pokud bude zamítnuta nulová hypotéza (H_0), bude následně proveden post-hoc LSD Fisherův test. Veškerá statistická analýza byla provedena a potom vyhodnocena pomocí programu Statistica 12.

Mezi charakteristiky popisné statistiky, které se budou používat, patří: průměr, medián, modus, četnost modu, rozptyl, směrodatná odchylka, šikmost, špičatost a p-hodnota.

V popisné statistice se charakterizuje poloha podle rozdílu aritmetického průměru a mediánu, při velkém rozdílu se v souboru nacházejí extrémní hodnoty. Variabilita se určuje pomocí tzv. „variačního koeficientu“ (neboli relativní míra variability), která se získá, pokud vydělíme směrodatnou odchylku aritmetickým průměrem a následně výsledek vynásobíme hodnotou 100. Takto můžeme srovnávat variabilitu souborů i s různými jednotkami.

Pokud je koeficient špičatosti větší než 0, znamená to, že jsou data špičatá. V opačném případě dochází k plochosti dat v souboru. Když je hodnota koeficientu šikmosti větší než 0, jsou data levostranná, ale v záporných hodnotách jsou pravostranná [URL 12].

p-hodnota je nejmenší hladina, na které zamítáme nulovou hypotézu. Obvykle máme zvolenou hladinu alfa (chybu prvního druhu) 0,05 tedy interval spolehlivosti je 95. Tedy slouží k rozhodnutí, zda test vyšel statisticky významně, nezávisle na tom, jaká je stanovená hladina alfa [URL 13]

Pokud tedy p je menší, než 0,05 nastává tzv. „statisticky významný rozdíl“ nebo v případě, že p-hodnota menší než 0,01, znamená to, že v souboru je „statisticky vysoce významný rozdíl“. Při vyšší hladině významnosti nastává statisticky nevýznamný rozdíl [URL 13].

6 Výsledky

6.1 Průzkumná analýza dat jednotlivých odběrných hloubek

V pro každou odběrnou hloubku je získáno osmnáct vzorků, tedy velikost výběru je vždy stejná.

V příloze č. 3 při srovnání aritmetického průměru a mediánu vidíme, že se hodnoty příliš neliší, a proto lze předpokládat, že se v základním souboru nebudou vyskytovat žádné extrémní hodnoty. Když se charakterizuje variabilita daného souboru, je použita tzv. relativní míra variability neboli „variační koeficient“. Toto kritérium se zde pohybuje od 10,15 % pro pH/H₂O po 39,26 % pro C_{ox} kumulovaný (39,30 % pro C_{oxcm} v t/ha, 40 % pro C_{oxhm} v %_{hm}). Tyto hodnoty relativní míry variability byly dosaženy, protože soubor neobsahuje extrémní hodnoty. Výška koeficientů šikmosti pro tuto odběrnou hloubku je větší než 0, proto jsou data levostranná (jenomže v tomto případě pouze velmi mírně), ale hodnoty se velice přibližují 0, a proto se dají označit za souměrná. Koeficient špičatosti je menší než 0, proto jsou data plochá (jenom objemová hmotnost redukována je v kladné hodnotě, protože je mírně špičatá). p-hodnoty pro tuto odběrnou hloubku poukazují na normální rozdělení dat v daném souboru, a proto jsme oprávněni použít je v dvoufaktorové ANOVA.

Pro odběrovou hloubku 12,5 cm Ave Fenix 1 (příloha č. 4) je zřejmé, že neobsahuje žádné extrémní hodnoty. Variační koeficient se pohybuje v této odběrné hloubce od 9,75 % pro pH/H₂O, 8,85% pro pH/KCl, 9,10 % pro objemovou redukovanou hmotnost, C_{oxcm} v t/ha je 57 %, C_{oxhm} v hmotnostních procentech je 59,02 %, C_{ox} kumulovaná je 47,65%. Odlišnější hodnoty u C_{ox} jsou způsobeny sešikmenějším rozdělením a má tedy větší variabilitu. Koeficient špičatosti napovídá, že jsou získaná data plochá (hodnoty se vyskytují kolem 0). Data podle koeficientu šikmosti jsou v kladných hodnotách, což vypovídá o slabé levostrannosti údajů. Při pohledu na příloze 4 je vidět, soubor má opět normální rozdělení.

V příloze č. 5 se nevyskytují žádné extrémní hodnoty, zde je větší rozdíl mezi mediánem a aritmetickým průměrem než u ostatních údajů této odběrné hloubky. Variační koeficient je u pH/H₂O 8,75 %, 7,81 % u pH/KCl, 11,6 % u objemové redukované hmotnosti. Hodnota pro C_{ox} v procentech je 78,86 %, pro C_{ox} váženou na 1 cm v t/ha je 74,27 % a C_{oxkum.} je 51,03 %. Opět se zde ukazuje trend sešikmenějšiho rozdělení, ale na rozdíl od příloze 4 jsou zde více levostranné data, protože jsou zde větší hodnoty. Data i zde vykazují koeficientem šikmosti mírnou levostrannost kromě redukované hmotnosti, ta má opačný charakter. Shapiro-Wilkův test zde odhalil menší porušení normality u třech kritérií.

Při porovnání aritmetického průměru a mediánu v příloze č. 6 se dají zpozorovat žádné extrémní hodnoty. Relativní míra variability se u jednotlivých proměnných je 9,95 % u pH/H₂O, 10,15 % u pH/KCl, ρ_d je 10,81 % a u C_{ox} v procentech je 57,45%, v C_{oxcm} je 54,25 % a C_{ox} kumulovaná je 47,86 %. Variabilita pro odběrnou hloubku 21 cm je pro organickou hmotu větší než v této 30 cm hloubce. I tady lze vysledovat trend sešikmenějšího rozdělení kromě objemové hmotnosti redukované a koeficient špičatosti vypovídá o mírné levostrannosti jako u předchozích tabulek. V této odběrné hloubce p-hodnota poukazuje na mírné porušení normality. Při použití Shapiro-Wilkova testu se neobjevilo mírné porušení dat u dvou kritérií (C_{oxhm} a C_{oxcm}).

V příloze č. 7 je i tady vidět nepřítomnost extrémních hodnot, které by zkreslovaly měření. Variační koeficient je pro pH/H₂O 9,60%, pro pH/KCl je 11,26% a pro redukovanou hmotnost je 12,47. Pro C_{ox} v procentech je 28,55%, C_{oxcm} je 28,51% a C_{ox} kumulovaná je 28,51%. Z těchto dat je zřetelně viditelná menší variabilita organické hmoty než na předchozí plantáži. Naměřené parametry pro organickou hmotu se vyznačují mírnou pravostranností, zatímco ostatní mají kladné hodnoty. Koeficient špičatosti je kromě redukované hmotnosti v kladných hodnotách, což poukazuje na nepatrné špičatění. P-hodnota opět poukazuje na malé porušení normality dat v souboru

V příloze č. 8 je při pohledu rozdíl mezi mediánem a aritmetickým průměrem vidět absence extrémních hodnot. Variační koeficient je pro pH/H₂O 10,18 % pro pH/KCl je 10,71 % a u objemové hmotnosti je 15,75 %, u C_{ox} v procentech je 52,97 %, pro C_{oxcm} je 44,86% a pro C_{ox} kumulovanou je 30,59 %. Tyto data kopírují trend z předchozí tabulky, protože vykazují menší variabilitu. Podle koeficientu šikmosti jsou data v kladných číslech (vyjma redukované hmotnosti), a proto je zde menší šikmost dat. Podle koeficientu špičatosti se dá o datech zjistit, že první část údajů, která se týká uhlíku má plochý charakter zatímco druhá část špičatý. Normalita dat byla mírně porušena u dvou proměnných.

V příloze č. 9 se opět nevyskytují extrémní hodnoty, ale trochu se zvětšuje rozdíl mezi aritmetickým průměrem a mediánem (u proměnných týkajících se organické hmoty). Relativní míra variability se pohybuje od 12,57 % pro pH/H₂O, 12,64 % pro pH/KCl a 10,36 % u objemové redukované hmotnosti. Hodnoty u proměnných pro C_{ox} v procentech 62,57 %, v C_{oxcm} je 64,72 %. Kumulovaná C_{ox} je 30,59 %, což znamená, že tato proměnná má mnohem menší variabilitu než předcházející hodnoty v ostatních hloubkách. Koeficient šikmosti je u všech veličin větší než 0, a proto jsou data mírně levostranná. Naopak podle špičatosti jsou údaje špičatá kromě objemové redukované hmotnosti a C_{ox} kumulované,

kteře jsou plochá. I v této odběrné hloubce nastalo mírné porušení dat při použití Shapiro-Wilkova testu.

V příloze č. 10 se při srovnání aritmetického průměru a mediánu je zřetelné, že daný úsek dat neobsahuje žádné extrémní hodnoty. Variační koeficient je u jednotlivých proměnných následující 13,62 % pro pH/H₂O, u pH/KCl je 12,49 % a u objemové redukované hmotnosti je 11,02 %. Pro C_{ox} v procentech je 68,32 %, a pro C_{ox} odběrnou hloubku váženo 1 cm v /ha je 72,28 % a nakonec pro kumulovanou C_{ox} je 35,76 %. U poslední hodnoty je očividný trend z předcházející tabulky, což poukazuje na menší variabilitu. Soubor je trochu levostranný, kromě redukované hmotnosti, která je v záporných číslech. Také soubor vykazuje špičatost dat (největší u obou pH hodnot) mimo organická hmoty kumulované, která má plochý charakter. Při pohledu na p-hodnoty je vidět mírné porušení normality u proměnných.

U příloze č. 11 se daný soubor neobsahuje extrémní hodnoty, ale u některých se projevují menší, nepatrnější rozdíly mezi průměrem a mediánem. Relativní míra variability je pro jednotlivé proměnné následující je 6,62 % pro pH/H₂O, u pH/KCl je 6,90 % a u redukované hmotnosti je 7,80 %, což svědčí o velmi nízké míře variability než proměnný v předcházejících tabulkách. Pro C_{ox} jsou hodnoty následující: 34,99 % pro procentuální, 35,85 % u odběrných hloubek váženo na 1 cm v t/ha a 35,85 % ke kumulované. Všechna data jsou mírně pravostranná, jelikož jsou v záporných hodnotách. Podle koeficientu špičatosti jsou data plochá, mimo objemovou hmotnost redukovanou. Normalita rozdělení dat v tomto souboru byla nepatrně porušena.

Tento segment dat neobsahuje při porovnání aritmetického průměru a mediánu žádné extrémní hodnoty. Koeficient variability v příloze č. 12 je pro pH/H₂O 8,30 % a u pH/KCl je také 8,30 % a pro objemovou redukovanou hmotnost 6,40 %. Opět tyto hodnoty značí velmi nízkou variabilitu. Pro C_{ox} v procentech je hodnota 37,12 %, u C_{ox}cm je hodnota 35,55 % a nakonec u C_{ox} kumulované je 29,02 %. Koeficient špičatosti naznačuje plochý charakter dat u pH hodnot, zatímco zbytek souboru má mírnou zašpičatěnost. Na základě koeficientu šikmosti je pH/H₂O, objemová hmotnost redukovaná a C_{ox} kumulovaná mírně pravostranná, ale ostatní proměnné mají opačný směr. Při použití Shapiro-Wilkova testu bylo prokázáno normální rozdělení dat v této odběrné hloubce.

V příloze č. 13 tato odběrná hloubka také nemá extrémní hodnoty jako předcházející. Relativní míra variability je pro pH/H₂O 9,20 % u pH/KCl je 9,68 % a redukovaná hmotnost je 5,69 %. Zase se zde prokazuje malá variabilita v porovnáním s předcházejícími tabulkami. 38,39 % je vypočtená velikost pro C_{ox} v procentech, pro C_{ox}cm v t/ha je 38,02 % a nakonec pro kumulovanou je 27,73 %. Dle koeficientu šikmosti mají data mírný levostranný charakter

kromě C_{ox} kumulované a také vykazují mírnou špičatost. V této odběrné hloubce p-hodnoty poukazují na normální rozdělení dat až na jednu výjimku.

V příloze č. 14 se o extrémních hodnotách v tomto segmentu dá usoudit, že kopíruje trend z předchozích tabulek. Koeficient variability je pro pH/H₂O 7,65 %, u pH/KCl je 7,78 % a k objemové redukované hmotnosti se vztahuje 7,28 %, což znamená stejný směr souboru. C_{ox} v procentech má 42,84 %, hodnota u C_{oxcm} v t/ha je 45,53 %, a u kumulované je 26,95 %. Podle koeficientu šikmosti jsou data mírně levostranná kromě redukované hmotnosti a kumulované organické hmoty. Údaje týkajících se C_{ox} jsou plochá, zatímco zbytek proměnných je v kladných číslech (mírně špičatý charakter). V tabulce se nachází dvě proměnné, které nemají normální rozdělení dat.

Při srovnání mediánu s aritmetickým průměrem lze vidět v příloze č. 15 nepřítomnost extrémních hodnot. Relativní míra variability pro jednotlivé proměnné jsou 9,75 % pro pH/H₂O, 9,91 % k pH/KCl, 11,58 % u objemové hmotnosti redukované. Pro C_{ox} procentuální 37,97 %, v C_{oxcm} v t/ha je 36,37 % a ke C_{ox} kumulované je 36,37 %. Tato skupina dat má velmi mírné levostranný charakter, kromě pH/KCl. Naopak dle koeficientu špičatosti nabývají kladných hodnot pouze v objemové redukované hmotnosti a C_{ox} v procentech, zde také mají špičatý průběh (na ostatních místech je plochý). Data jsou také levostranná (mimo pH/KCl), protože jsou větší než 0. p-hodnoty v této odběrné hloubce ukazují na normální rozdělení dat, a proto může být použita dvoufaktorová ANOVA.

Příloha č. 16 neukazuje na rozdíl mezi aritmetickým průměrem a mediánem u souboru, a proto neobsahuje extrémní hodnoty. Relativní míra variability je u pH H₂O 12,27 %, u pH/KCl je 12,81 % zatímco u redukované hmotnosti je 8,06 %. U C_{ox} v procentech je 38,63 %, pro C_{oxcm} v t/ha je 39,63 % a nakonec pro C_{ox} kumulovanou je 33,88 %. Velice mírnou levostrannost vykazují data týkající se C_{ox} naopak zbytek malou pravostrannost. Většina proměnných v dané hloubce má plochý charakter (mimo redukované hmotnosti). Shapiro-Wilkův test, který zde byl použit ke zjištění p-hodnot našel normální rozdělení dat.

Příloha č. 17 znovu opakuje trend s C_{ox} kumulovanou, která neobsahuje extrémní hodnoty. Koeficient variability je zde pro pH/H₂O 12,88 %, zatímco pro pH/KCl je hodnota 13,19 % a u objemové hmotnosti redukované je číslo 6,16 %. Pro C_{ox} v procentech je 55,05 % pro C_{oxcm} v t/ha je 56,46 % a nakonec u kumulované je 38,23%. Dle čísel pro šikmost mají data levostranný průběh kromě redukované hmotnosti a jsou špičatá v organické hmotě v procentech i v odběrných hloubkách vázáno na 1 cm na t/ha (ostatní mají plochý charakter). Při pohledu na p-hodnoty lze upozorovat dvě proměnné, které nemají normální rozdělení dat v souboru.

Další příloha č. 18 neobsahuje extrémní hodnoty. Koeficienty variability jsou tyto: pro pH/H₂O je 13,24 %, u pH/KCl je 54,45 % a k objemové redukované hmotnosti patří hodnota 8,63 %. Pro C_{ox} v procentech 55,39 %, k C_{ox}cm v t/ha je 55,19 % a pro C_{ox}kum. je 38,14 %. Data jsou levostranná kromě redukované hmotnosti a jsou špičaté pouze v pH hodnotách (jinde jsou plochá). Dvě proměnné nemají normální rozdělení podle Shapiro-Wilkova testu.

Z dosavadních analýz plyne, že většina statistických výběrů pochází ze souboru s normálním rozdělením a tudíž lze použít parametrickou statistiku.

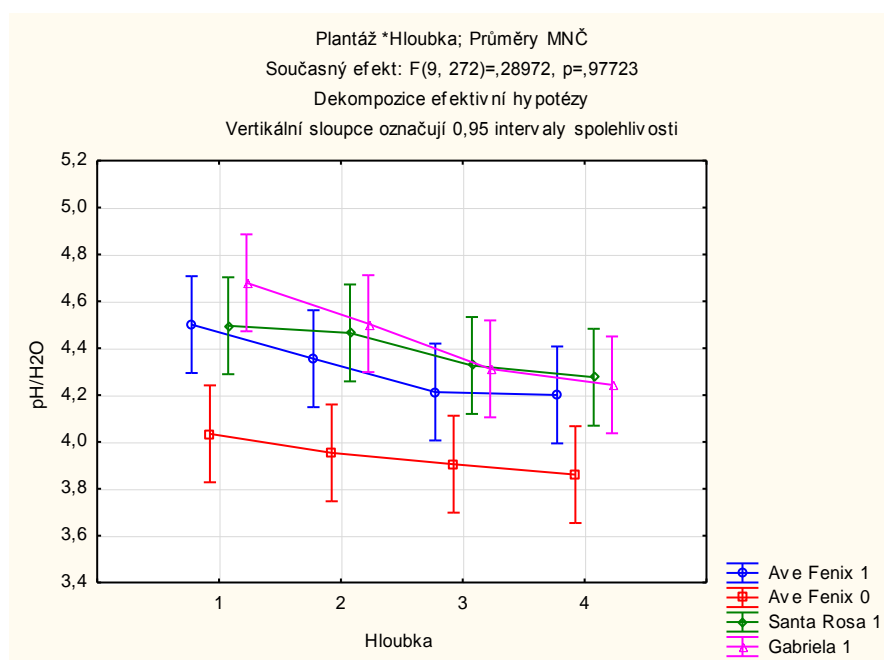
6.2 Analýza dat dle pomoci dvoufaktorové ANOVA a Fisherova testu pro jednotlivé půdní charakteristiky

Tab. 5: Tabulka popisné statistiky celkově pro jednotlivé půdní charakteristiky

| Proměnná | Popisné statistiky | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|----------|--------|----------|---------|-----------|----------|---------|-----------|
| | N platných | Průměr r | Medián | Modus | Četnost | Rozptyl | Sm.odch. | Šikmost | Špičatost |
| pH H ₂ O 1:1 | 288 | 4,27 | 4,20 | 4,100000 | 7,0000 | 0,2408 | 0,4908 | 0,4609 | -0,2427 |
| pH KCl 1:1 | 288 | 4,02 | 3,95 | 3,550000 | 7,0000 | 0,2408 | 0,4907 | 0,4045 | -0,6506 |
| rd g/cm ³ | 288 | 1,34 | 1,34 | 1,336800 | 3,0000 | 0,0306 | 0,1748 | -0,0999 | -0,2128 |
| C _{ox} % | 288 | 2,75 | 2,56 | 1,280000 | 38,0000 | 3,3521 | 1,8309 | 0,6800 | -0,5025 |
| C _{ox} v odb. hl. v | 288 | 3,49 | 3,05 | 3,315712 | 2,0000 | 4,6002 | 2,1448 | 0,6788 | -0,3355 |
| C _{ox} kum. t/ha | 288 | 62,49 | 59,83 | vícenás. | 1,0000 | 1473,8710 | 38,3910 | 0,6435 | -0,0247 |

Tato data popisné statistiky se týkají nejenom všech odběrných hloubek, ale zároveň i všech plantáží. Je zde hodnoceno celkem 288 vzorků. Při srovnání aritmetického průměru a mediánu je zřetelné, že daný soubor neobsahuje extrémní hodnoty (největší rozdíl je u kumulované C_{ox}, protože se z logiky věci s přibývajícím hloubkou zvyšuje). Variační koeficient u pH/H₂O je 11,49 %, u pH/KCl je hodnota 12,19 % a u objemové hmotnosti redukované je 13,08 %. Údaje pro C_{ox} v procentech 66,55 %, v odběrných hloubkách vázaných na 1 cm na t/ha je 61,45 % a nakonec u kumulovaného uhlíku je 61,43 %. Při porovnání s jednotlivými hloubkami se dají snadno sledovat, jak rozdílná variabilita souboru je v různých odběrných hloubkách a parcel v porovnání s celkovým průměrem. Při pohledu na koeficient šikmosti je patrné, že jsou data mírně levostranná. (Mimo redukovanou hmotnost, která je pravostranná). Koeficienty špičatosti jsou v záporných hodnotách, a proto mají data plochý charakter.

6.2.1 Vyhodnocení pH/H₂O pro jednotlivé plantáže



Obr. 3: Grafické znázornění pro pH/H₂O v jednotlivých hloubkách

(hloubka 1- 3,5 cm, hloubka 2- 12,5 cm; hloubka 3 - 21,5 cm a hloubka - 30 cm)

Pokud srovnáme grafické znázornění pH/H₂O s pH/KCl je vidět značná podobnost nejenom u jednotlivých křivek plantáží, ale i u hloubek odběru. Je tu i stejná interakce mezi jednotlivými plantážemi, kromě třetí a čtvrté hloubky u plantáže Gabriela. Což je logické, protože jsou obě půdní charakteristiky posbírány ze stejných plantáží, a proto musí korespondovat.

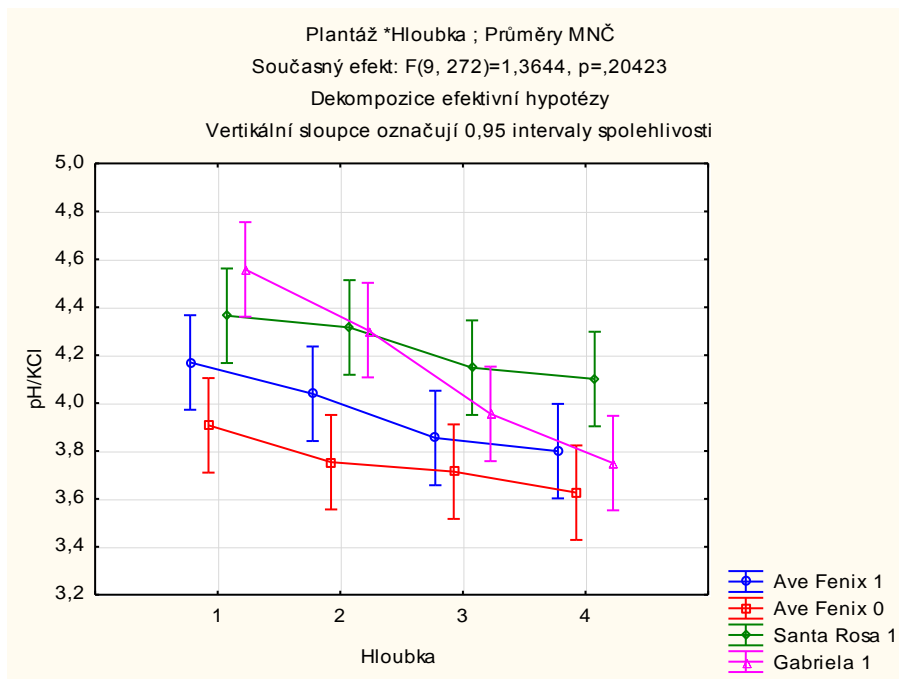
Tab. 6: Tabulka jednorozměrného testu významnosti pro pH/H₂O

| Efekt | Jednorozměrné testy významnosti, velik efektů a síly pro pH/H ₂ O Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy | | | | | | | |
|------------------|---|-----------------|----------|----------|----------|---------------------|-------------|-------------------------|
| | SČ | Stupně volnosti | PČ | F | p | Parciál. éta-kvadr. | Výstřednost | Pozor. síla (alfa=0,05) |
| Abs. člen | 5251,588 | 1 | 5251,588 | 26466,75 | 0,000000 | 0,989827 | 26466,75 | 1,000000 |
| Plantáž | 11,080 | 3 | 3,693 | 18,61 | 0,000000 | 0,170327 | 55,84 | 0,999999 |
| Hloubka | 3,555 | 3 | 1,185 | 5,97 | 0,000589 | 0,061800 | 17,92 | 0,955565 |
| Plantáž *Hloubka | 0,517 | 9 | 0,057 | 0,29 | 0,977231 | 0,009495 | 2,61 | 0,149924 |
| Chyba | 53,971 | 272 | 0,198 | | | | | |

Tab. 7: Tabulka LSD testu pro pH/H₂O

| LSD test; proměnná pH/H ₂ O | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = ,19842, sv = 272,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Č. b | Plantáž | Hloubka | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} |
| | | | 4,5006 | 4,3550 | 4,2128 | 4,2006 | 4,0344 | 3,9533 | 3,9050 | 3,8606 | 4,4956 | 4,4650 | 4,3261 | 4,2761 | 4,6789 | 4,5044 | 4,3117 | 4,2433 |
| 1 | 1 | 1 | | 0,327814 | 0,053642 | 0,044317 | 0,001881 | 0,000276 | 0,000078 | 0,000023 | 0,973162 | 0,810929 | 0,241081 | 0,131798 | 0,230779 | 0,979124 | 0,204412 | 0,084345 |
| 2 | 1 | 2 | 0,327814 | | 0,338993 | 0,299191 | 0,031734 | 0,007258 | 0,002675 | 0,000989 | 0,344674 | 0,459435 | 0,845881 | 0,595643 | 0,030015 | 0,315078 | 0,770630 | 0,452668 |
| 3 | 1 | 3 | 0,053642 | 0,338993 | | 0,934457 | 0,230779 | 0,081712 | 0,039130 | 0,018381 | 0,057905 | 0,090524 | 0,445958 | 0,670053 | 0,001881 | 0,050511 | 0,505976 | 0,837112 |
| 4 | 1 | 4 | 0,044317 | 0,299191 | 0,934457 | | 0,264243 | 0,097065 | 0,047535 | 0,022796 | 0,047951 | 0,076030 | 0,398522 | 0,611268 | 0,001430 | 0,041655 | 0,454917 | 0,773489 |
| 5 | 2 | 1 | 0,001881 | 0,031734 | 0,230779 | 0,264243 | | 0,585329 | 0,384094 | 0,242579 | 0,002100 | 0,004040 | 0,050511 | 0,104771 | 0,000020 | 0,001725 | 0,062971 | 0,160619 |
| 6 | 2 | 2 | 0,000276 | 0,007258 | 0,081712 | 0,097065 | 0,585329 | | 0,745040 | 0,532599 | 0,000312 | 0,000659 | 0,012633 | 0,030579 | 0,000002 | 0,000250 | 0,016470 | 0,051833 |
| 7 | 2 | 3 | 0,000078 | 0,002675 | 0,039130 | 0,047535 | 0,384094 | 0,745040 | | 0,764920 | 0,000089 | 0,000199 | 0,004910 | 0,013031 | 0,000000 | 0,000070 | 0,006573 | 0,023465 |
| 8 | 2 | 4 | 0,000023 | 0,000989 | 0,018381 | 0,022796 | 0,242579 | 0,532599 | 0,764920 | | 0,000026 | 0,000061 | 0,001904 | 0,005498 | 0,000000 | 0,000020 | 0,002612 | 0,010466 |
| 9 | 3 | 1 | 0,973162 | 0,344674 | 0,057905 | 0,047951 | 0,002100 | 0,000312 | 0,000089 | 0,000026 | | 0,837112 | 0,254799 | 0,140586 | 0,218001 | 0,952307 | 0,216614 | 0,090524 |
| 10 | 3 | 2 | 0,810929 | 0,459435 | 0,090524 | 0,076030 | 0,004040 | 0,000659 | 0,000199 | 0,000061 | 0,837112 | | 0,350416 | 0,204412 | 0,150875 | 0,790709 | 0,302674 | 0,136626 |
| 11 | 3 | 3 | 0,241081 | 0,845881 | 0,445958 | 0,398522 | 0,050511 | 0,012633 | 0,004910 | 0,001904 | 0,254799 | 0,350416 | | 0,736572 | 0,018199 | 0,230779 | 0,922575 | 0,577649 |
| 12 | 3 | 4 | 0,131798 | 0,595643 | 0,670053 | 0,611268 | 0,104771 | 0,030579 | 0,013031 | 0,005498 | 0,140586 | 0,204412 | 0,736572 | | 0,007101 | 0,125264 | 0,810929 | 0,825451 |
| 13 | 4 | 1 | 0,230779 | 0,030015 | 0,001881 | 0,001430 | 0,000020 | 0,000002 | 0,000000 | 0,000000 | 0,218001 | 0,150875 | 0,018199 | 0,007101 | | 0,241081 | 0,014003 | 0,003639 |
| 14 | 4 | 2 | 0,979124 | 0,315078 | 0,050511 | 0,041655 | 0,001725 | 0,000250 | 0,000070 | 0,000020 | 0,952307 | 0,790709 | 0,230779 | 0,125264 | 0,241081 | | 0,195276 | 0,079781 |
| 15 | 4 | 3 | 0,204412 | 0,770630 | 0,505976 | 0,454917 | 0,062971 | 0,016470 | 0,006573 | 0,002612 | 0,216614 | 0,302674 | 0,922575 | 0,810929 | 0,014003 | 0,195276 | | 0,645731 |
| 16 | 4 | 4 | 0,084345 | 0,452668 | 0,837112 | 0,773489 | 0,160619 | 0,051833 | 0,023465 | 0,010466 | 0,090524 | 0,136626 | 0,577649 | 0,825451 | 0,003639 | 0,079781 | 0,645731 | |

6.2.2 Vyhodnocení pH/KCl pro jednotlivé plantáže



Obr. 4: Grafické znázornění pro pH/KCl v jednotlivých hloubkách (hloubka 1- 3,5cm, hloubka 2- 12,5cm; hloubka 3 - 21,5 cm a hloubka - 30 cm)

Na plantáži Ave Fenix 1 bylo v první hloubce naměřeno pH/KCl okolo 4,19, největší rozdíl je vidět ve srovnání s Gabrielou, jak je vidět i ve Fisherově testu (tab. 9). Tady byla zamítnuta nulová hypotéza o shodě středních hodnot a jejich variability. Mezi první a druhou odběrnou hloubkou je menší rozdíl jenom asi desetina pH/KCl. Daleko větší je potom vidět při srovnání s druhou hloubkou u plantáže Gabriela. PH ve třetí hloubce dosahuje hodnoty kolem 3,9 pH, a proto jsou zde silně kyselé půdy, největší rozdíl lze pozorovat mezi touto a Santa Rosa ve 21,5 cm, jak poukazuje i Fisherův test (tab. 9). V poslední čtvrté hloubce se pH hodnota téměř nezměnila.

Všechny hodnoty pro Ave Fenix 0 jsou v jednotlivých hloubkách nejnižší ze všech odběrů. V první hloubce dosahuje pH hodnoty 3,9 a proto lze zde pozorovat výrazný statistický rozdíl mezi touto hloubkou a Gabrielou, také je tu zamítnuta nulová hypotéza o shodě středních hodnot a jejich variability. Ve druhé odběrné hloubce Fisherův test zamítl shodu nejenom u Gabriely ale i u Santa Rosa, což je zřetelně vidět z grafického znázornění. Ve třetí hloubce je největší rozdíl mezi tímto odběrem a Santa Rosa, prakticky stejně velká odlišnost je i u čtvrté hloubky mezi těmito parcelami.

Santa Rosa se celkově vyznačuje svým kyselým prostředím. Téměř žádný rozdíl není patrný mezi první a druhou hloubkou. Největší rozdíl mezi hloubkami se nachází mezi druhou a třetí, ale i tak to není to žádná dramatická odlišnost v porovnání s ostatními plantážemi. Opět následuje minimální rozdíl u třetí a poslední, jehož hodnota činí 4,1 pH/KCl.

Na plantáži Gabriela je v první hloubce nejvyšší naměřené pH a také jsou zde jedny z největších rozdílů mezi plantážemi v tomto souboru dat. (Tento poznatek je i dobře vidět v tab. 9).

Při pohledu na grafické znázornění je vidět, že všechny odběrné hloubky jsou hodnoceny jako silně kyselé půdy. Nejvíce kyselá půda je na plantáži Ave Fenix 0, protože v 3,5 cm hloubky má 3,9 pH/KCl a v poslední hloubce má 3,6, což je nejnižší naměřená hodnota v celém souboru dat. Zatímco nejméně kyselá půda má Gabriela, ale také je zde nejprudší trend. Při pohledu na celou křivku Santa Rosa je vidět, že je nejméně kyselá ze všech plantáží.

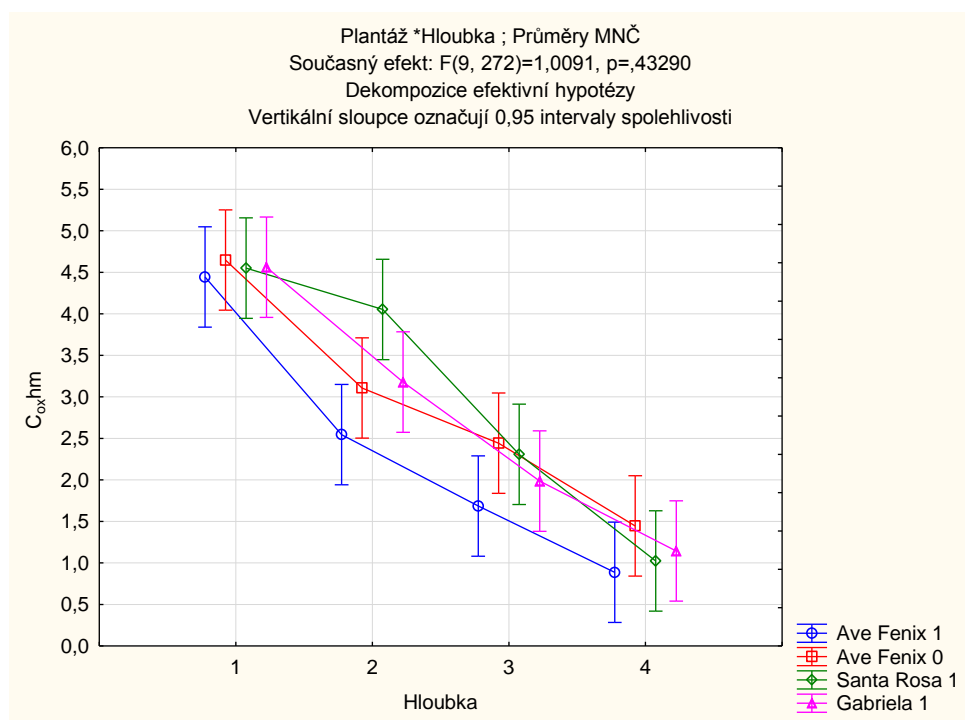
Tab. 8: Tabulka jednosměrného testu významnosti pro pH/KCl

| Efekt | Jednorozměrné testy významnosti, velik. efektů a síly pro pH/KCl Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy | | | | | | | |
|------------------|---|----------------|----------|----------|----------|--------------------|-------------|-------------------------|
| | SČ | Stupně volnost | PČ | F | p | Parciál. éta-kvadr | Výstřednost | Pozor. síla (alfa=0,05) |
| Abs. člen | 4659,664 | 1 | 4659,664 | 25777,29 | 0,000000 | 0,989558 | 25777,29 | 1,000000 |
| Plantáž | 9,760 | 3 | 3,253 | 18,00 | 0,000000 | 0,165618 | 53,99 | 0,999999 |
| Hloubka | 7,959 | 3 | 2,653 | 14,68 | 0,000000 | 0,139322 | 44,03 | 0,999971 |
| Plantáž *Hloubka | 2,220 | 9 | 0,247 | 1,36 | 0,204227 | 0,043195 | 12,28 | 0,657100 |
| Chyba | 49,168 | 272 | 0,181 | | | | | |

Tab. 9: Tabulka LSD testu pro pH/KCl

| LSD test; proměnná pH KCl | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = ,18077, sv = 272,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Č. b | Plantáž | Hloubka | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} |
| | | | 4,1694 | 4,0389 | 3,8544 | 3,7994 | 3,9072 | 3,7533 | 3,7139 | 3,6261 | 4,3644 | 4,3156 | 4,1478 | 4,1006 | 4,5578 | 4,3044 | 3,9550 | 3,7494 |
| 1 | 1 | 1 | | 0,357758 | 0,027061 | 0,009536 | 0,065361 | 0,003608 | 0,001465 | 0,000157 | 0,169974 | 0,303471 | 0,878605 | 0,627299 | 0,006548 | 0,341654 | 0,131407 | 0,003310 |
| 2 | 1 | 2 | 0,357758 | | 0,194205 | 0,092263 | 0,353688 | 0,044899 | 0,022598 | 0,003882 | 0,022370 | 0,051943 | 0,442959 | 0,663817 | 0,000301 | 0,062033 | 0,554392 | 0,042082 |
| 3 | 1 | 3 | 0,027061 | 0,194205 | | 0,698258 | 0,709882 | 0,476181 | 0,322192 | 0,108310 | 0,000380 | 0,001283 | 0,039417 | 0,083594 | 0,000001 | 0,001669 | 0,478606 | 0,459401 |
| 4 | 1 | 4 | 0,009536 | 0,092263 | 0,698258 | | 0,447622 | 0,745156 | 0,546556 | 0,222369 | 0,000086 | 0,000324 | 0,014601 | 0,034517 | 0,000000 | 0,000432 | 0,273345 | 0,724509 |
| 5 | 2 | 1 | 0,065361 | 0,353688 | 0,709882 | 0,447622 | | 0,278507 | 0,173641 | 0,048313 | 0,001408 | 0,004277 | 0,090769 | 0,173641 | 0,000007 | 0,005430 | 0,736284 | 0,266567 |
| 6 | 2 | 2 | 0,003608 | 0,044899 | 0,476181 | 0,745156 | 0,278507 | | 0,780976 | 0,370146 | 0,000023 | 0,000093 | 0,005759 | 0,014915 | 0,000000 | 0,000127 | 0,155890 | 0,978129 |
| 7 | 2 | 3 | 0,001465 | 0,022598 | 0,322192 | 0,546556 | 0,173641 | 0,780976 | | 0,536194 | 0,000007 | 0,000030 | 0,002422 | 0,006780 | 0,000000 | 0,000042 | 0,090030 | 0,802095 |
| 8 | 2 | 4 | 0,000157 | 0,003882 | 0,108310 | 0,222369 | 0,048313 | 0,370146 | 0,536194 | | 0,000000 | 0,000002 | 0,000280 | 0,000930 | 0,000000 | 0,000003 | 0,021045 | 0,384932 |
| 9 | 3 | 1 | 0,169974 | 0,022370 | 0,000380 | 0,000086 | 0,001408 | 0,000023 | 0,000007 | 0,000000 | | 0,730389 | 0,127473 | 0,063679 | 0,173641 | 0,672364 | 0,004175 | 0,000020 |
| 10 | 3 | 2 | 0,303471 | 0,051943 | 0,001283 | 0,000324 | 0,004277 | 0,000093 | 0,000030 | 0,000002 | 0,730389 | | 0,237506 | 0,130414 | 0,088566 | 0,937567 | 0,011509 | 0,000084 |
| 11 | 3 | 3 | 0,878605 | 0,442959 | 0,039417 | 0,014601 | 0,090769 | 0,005759 | 0,002422 | 0,000280 | 0,127473 | 0,237506 | | 0,739238 | 0,004125 | 0,269941 | 0,174876 | 0,005303 |
| 12 | 3 | 4 | 0,627299 | 0,663817 | 0,083594 | 0,034517 | 0,173641 | 0,014915 | 0,006780 | 0,000930 | 0,063679 | 0,130414 | 0,739238 | | 0,001408 | 0,151398 | 0,305310 | 0,013840 |
| 13 | 4 | 1 | 0,006548 | 0,000301 | 0,000001 | 0,000000 | 0,000007 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,173641 | 0,088566 | 0,004125 | 0,001408 | | 0,074964 | 0,000029 | 0,000000 |
| 14 | 4 | 2 | 0,341654 | 0,062033 | 0,001669 | 0,000432 | 0,005430 | 0,000127 | 0,000042 | 0,000003 | 0,672364 | 0,937567 | 0,269941 | 0,151398 | 0,074964 | | 0,014292 | 0,000114 |
| 15 | 4 | 3 | 0,131407 | 0,554392 | 0,478606 | 0,273345 | 0,736284 | 0,155890 | 0,090030 | 0,021045 | 0,004175 | 0,011509 | 0,174876 | 0,305310 | 0,000029 | 0,014292 | | 0,148095 |
| 16 | 4 | 4 | 0,003310 | 0,042082 | 0,459401 | 0,724509 | 0,266567 | 0,978129 | 0,802095 | 0,384932 | 0,000020 | 0,000084 | 0,005303 | 0,013840 | 0,000000 | 0,000114 | 0,148095 | |

6.2.3 Vyhodnocení $C_{ox}hm$ v $\%_{hm}$ pro jednotlivé plantáže



Obr. 5: Grafické znázornění pro $C_{ox}hm$ v $\%_{hm}$ v jednotlivých hloubkách (hloubka 1- 3,5cm, hloubka 2- 12,5 cm; hloubka 3 - 21,5cm a hloubka - 30 cm)

U plantáže Ave Fenix 1 v první odběrné hloubce je hodnota 4,5 % $C_{ox}hm$, což je téměř stejná hodnota jako u ostatních plantáží v této hloubce. Velký rozdíl ale nastává u druhé plantáže, kde Fisherův test zamítl nulovou hypotézu o středních hodnotách a jejich variabilitě (viz tab. 11). Je tady také nejmenší množství $C_{ox}hm$ v porovnání se všemi plantážemi v této odběrné hloubce. Stejná situace nastává i u třetí hloubky, kde tato plantáž vybočuje v porovnání s zbytkem souboru dat (také je to patrné i v tab. 11). Ve čtvrté hloubce má tato plantáž nejméně $C_{ox}hm$ než všechny ostatní.

Plantáž Ave Fenix 0 má nepatrně více oxidovatelného uhlíku v první odběrné hloubce než všechny ostatní, jak prokázal i Fisherův test. Největší rozdíl nastává u druhé hloubky, kde je 3,10 $\%_{hm} C_{ox}hm$ v půdě, což je méně než např. Santa Rosa ve stejné hloubce. Hodnota u třetí odběrné hloubky se velice málo liší v porovnání se Santa Rosa ale velice, pokud se srovná s Ave Fenix 1, jak prokázal LSD test (tab. 11). Podobná situace je i u čtvrté hloubky, rozdíl ale je větší Santa Rosa a Gabriely.

Při pohledu na druhou hloubku plantáže Santa Rosa je vidět největší množství $C_{ox}hm$, tento rozdíl je hodně vidět u srovnání se stejnou hloubkou Ave Fenix 1, jak také prokázal

Fisherův test (tab. 9). Také největší rozdíl u třetí hloubky se dá najít mezi těmito plantážemi, zatímco nejmenší u Ave Fenix 0. Ve čtvrté odběrné hloubce je 1 %_{hm} C_{oxhm} v půdě, je zde tedy největší rozdíl v porovnání s Ave Fenix 0 a menší odlišnost se nachází u ostatních plantáží.

Plantáž Gabriela dosahuje průměrné hodnoty ve druhé odběrné hloubce v porovnání s ostatními plantážemi v tomto odběru. A tedy největší rozdíl se nachází mezi Santa Rosa a Ave Fenix 1 v 12,5 cm, jak je vidět i z Fisherova testu. Ve třetí hloubce jsou 2 %_{hm} C_{oxhm} , tedy největší rozdíl je ve srovnání s plantáží Ave Fenix 0 kde je 2,5 %_{hm} C_{oxhm} . Toto je také vidět při pohledu na tab. 11. Naopak ve čtvrté odběrné hloubce je v daném souboru průměrná hodnota, největší odlišnost je při srovnání s Ave Fenix 0.

Pokud porovnáme toto grafické znázornění se obr. č. 6 pro C_{oxhm} v jednotlivých odběrných hloubkách, je zřetelně patrná podobnost, protože je tu stejný trend C_{oxhm} nejenom celkově ale i mezi jednotlivými vrstvami. Velmi vysoký obsah oxidovatelného uhlíku je také v prvních odběrných hloubkách u všech plantáží, ale i u třech parcel v druhých (výjimkou je Ave Fenix 1 je obsah pouze vysoký). Prakticky všechny plantáže opět kromě Ave Fenix 1 má v třetí hloubce vysoký obsah C_{ox} v půdě. Pouze Ave Fenix 1 ve 21,5 cm a Ave Fenix 0 ve 30 cm má střední obsah oxidovatelného uhlíku. Ve čtvrté hloubce ostatní plantáže mají nízký obsah C_{oxhm} .

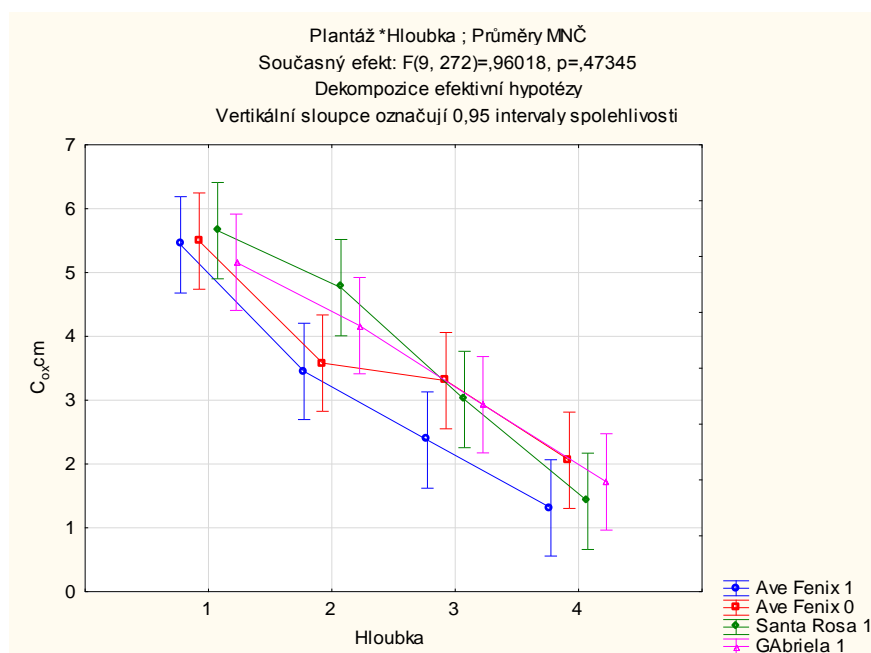
Tab. 10: Tabulka jednorozměrného testu významnosti pro C_{oxhm} v %_{hm}

| Efekt | Jednorozměrné testy významnosti, velik. efektů a síly pro C_{oxhm} Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy | | | | | | | |
|-------------------|---|-----------------|----------|----------|----------|---------------------|-------------|-------------------------|
| | SČ | Stupně volnosti | PČ | F | p | Parciál. éta-kvadr. | Výstřednost | Pozor. síla (alfa=0,05) |
| Abs. člen | 2179,430 | 1 | 2179,430 | 1283,451 | 0,000000 | 0,825131 | 1283,451 | 1,000000 |
| Plantáž | 15,182 | 3 | 5,061 | 2,980 | 0,031885 | 0,031824 | 8,941 | 0,701135 |
| Hloubka | 469,559 | 3 | 156,520 | 92,173 | 0,000000 | 0,504120 | 276,520 | 1,000000 |
| Plantáž * Hloubka | 15,421 | 9 | 1,713 | 1,009 | 0,432897 | 0,032310 | 9,082 | 0,499783 |
| Chyba | 461,884 | 272 | 1,698 | | | | | |

Tab. 11: Tabulka LSD testu pro $C_{ox}hm$ v %_{hm}

| LSD test; proměnná Coxhm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = 1,6981, sv = 272,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Č. b | Plantáž | Hloubka | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} |
| | | | 4,4444 | 2,5456 | 1,6856 | ,88722 | 4,6483 | 3,1072 | 2,4428 | 1,4461 | 4,5511 | 4,0533 | 2,3078 | 1,0239 | 4,5617 | 3,1789 | 1,9861 | 1,1444 |
| 1 | 1 | 1 | | 0,00018 | 0,00000 | 0,00000 | 0,639168 | 0,02293 | 0,00006 | 0,00000 | 0,806203 | 0,368699 | 0,00002 | 0,00000 | 0,787467 | 0,003870 | 0,00000 | 0,00000 |
| 2 | 1 | 2 | 0,000018 | | 0,048725 | 0,000167 | 0,000002 | 0,197088 | 0,813135 | 0,011934 | 0,000006 | 0,000602 | 0,584548 | 0,000537 | 0,000005 | 0,145981 | 0,198861 | 0,001411 |
| 3 | 1 | 3 | 0,000000 | 0,048725 | | 0,067166 | 0,000000 | 0,001202 | 0,082418 | 0,581919 | 0,000000 | 0,000000 | 0,153158 | 0,128851 | 0,000000 | 0,000678 | 0,489569 | 0,213933 |
| 4 | 1 | 4 | 0,000000 | 0,000167 | 0,067166 | | 0,000000 | 0,000001 | 0,000405 | 0,199306 | 0,000000 | 0,000000 | 0,001212 | 0,753283 | 0,000000 | 0,000000 | 0,011976 | 0,554227 |
| 5 | 2 | 1 | 0,639168 | 0,000002 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000457 | 0,000001 | 0,000000 | 0,823063 | 0,171880 | 0,000000 | 0,000000 | 0,842003 | 0,000823 | 0,000000 | 0,000000 |
| 6 | 2 | 2 | 0,002293 | 0,197088 | 0,001202 | 0,000001 | 0,000457 | | 0,127260 | 0,000163 | 0,001009 | 0,030256 | 0,066789 | 0,000003 | 0,000928 | 0,869075 | 0,010376 | 0,000009 |
| 7 | 2 | 3 | 0,000006 | 0,813135 | 0,082418 | 0,000405 | 0,000001 | 0,127260 | | 0,022523 | 0,000002 | 0,000253 | 0,756195 | 0,001228 | 0,000002 | 0,091284 | 0,294040 | 0,003055 |
| 8 | 2 | 4 | 0,000000 | 0,011934 | 0,581919 | 0,199306 | 0,000000 | 0,000163 | 0,022523 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,048293 | 0,331898 | 0,000000 | 0,000085 | 0,214873 | 0,487967 |
| 9 | 3 | 1 | 0,806203 | 0,000006 | 0,000000 | 0,000000 | 0,823063 | 0,001009 | 0,000002 | 0,000000 | | 0,252813 | 0,000000 | 0,000000 | 0,980630 | 0,001761 | 0,000000 | 0,000000 |
| 10 | 3 | 2 | 0,368699 | 0,000602 | 0,000000 | 0,000000 | 0,171880 | 0,030256 | 0,000253 | 0,000000 | 0,252813 | | 0,000076 | 0,000000 | 0,242915 | 0,045086 | 0,000003 | 0,000000 |
| 11 | 3 | 3 | 0,000002 | 0,584548 | 0,153158 | 0,001212 | 0,000000 | 0,066789 | 0,756195 | 0,048293 | 0,000000 | 0,000076 | | 0,003393 | 0,000000 | 0,045905 | 0,459614 | 0,007852 |
| 12 | 3 | 4 | 0,000000 | 0,000537 | 0,128851 | 0,753283 | 0,000000 | 0,000003 | 0,001228 | 0,331898 | 0,000000 | 0,000000 | 0,003393 | | 0,000000 | 0,000001 | 0,027574 | 0,781576 |
| 13 | 4 | 1 | 0,787467 | 0,000005 | 0,000000 | 0,000000 | 0,842003 | 0,000928 | 0,000002 | 0,000000 | 0,980630 | 0,242915 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,001625 | 0,000000 | 0,000000 |
| 14 | 4 | 2 | 0,003870 | 0,145981 | 0,000678 | 0,000000 | 0,000823 | 0,869075 | 0,091284 | 0,000085 | 0,001761 | 0,045086 | 0,045905 | 0,000001 | 0,001625 | | 0,006435 | 0,000004 |
| 15 | 4 | 3 | 0,000000 | 0,198861 | 0,489569 | 0,011976 | 0,000000 | 0,010376 | 0,294040 | 0,214873 | 0,000000 | 0,000003 | 0,459614 | 0,027574 | 0,000000 | 0,006435 | | 0,053699 |
| 16 | 4 | 4 | 0,000000 | 0,001411 | 0,213933 | 0,554227 | 0,000000 | 0,000009 | 0,003055 | 0,487967 | 0,000000 | 0,000000 | 0,007852 | 0,781576 | 0,000000 | 0,000004 | 0,053699 | |

6.2.4 Vyhodnocení C_{oxcm} v t/ha pro jednotlivé plantáže



Obr. 6: Grafické znázornění pro C_{oxcm} v t/ha v jednotlivých hloubkách (hloubka 1- 3,5 cm, hloubka 2- 12,5 cm; hloubka 3 - 21,5 cm a hloubka - 30 cm)

Při bližším pohledu na grafické znázornění je přesně vidět, že plantáž Ave Fenix 1 má v první odběrné hloubce 5,30 cm na t/ha. Následně v porovnání se druhou hloubkou dochází k velkému rozdílu na 3,50 cm na t/ha, a proto je zde zamítnuta hypotéza o shodě středních hodnot a jejich variability, viz tabulka 13 LSD testu. Tento trend pokračuje i ve třetí hloubce, kde je menší pokles C_{oxcm} než v předešlé. V poslední odběrné hloubce se hodnota proměnné pohybuje okolo 1,4 cm t/ha.

Plantáž Ave Fenix 0 v odběrné hloubce 3,5 a 12,5 cm má přibližně stejnou hodnotu jako předešlá plantáž se zástiněm *Ingy* spp. Rozdíl najednou nacházíme ve 21,5 cm hloubce, kde je menší propad C_{oxcm} než u Ave Fenix 1, konkrétně 3,25 cm na t/ha. Nejmenší hodnota je u čtvrté odběrné hloubky, která se pohybuje okolo 1,3 cm na t/ha.

Hodnota u první odběrné hloubky plantáže Santa Rosa je těsně u hranice 5,8 cm na t/ha, což je největší hodnota pro všechny plantáže v tomto souboru dat. Je zde menší rozdíl v poklesu mezi první a druhou hloubkou než u ostatních plantáží, viz tabulka č. 13. Hodnota pro hloubku 21,5 cm se pohybuje u 3 cm na t/ha, je tu více C_{oxcm} než na plantáži Ave Fenix 1. Za povšimnutí stojí, že hodnoty u posledních hloubek mezi již zmíněnou parcelou se téměř vůbec neliší.

Poslední plantáž Gabriela má nejméně C_{oxcm} v první odběrné hloubce, než všechny ostatní. V následující rozdíl mezi první a druhou se pohybuje okolo 1 cm na t/ha. V třetí hloubce je kolem 3 cm na t/ha, což je průměrná velikost C_{oxcm} pro tuto odběrnou hloubku. Tabulka č. 13 potom dokládá další pokles, protože zamítla nulovou hypotézu.

Z přehledného grafického znázornění je patrný pokles C_{ox} s přibývajícím hloubkou navzdory zvětšující se velikosti odběrných vzorků. Rozdíly u velikosti v prvních hloubkách nejsou takové jako ve druhých, kde se data souboru začínají lišit. Nejvíce vybočuje v třetí hloubce plantáž Ave Fenix 1, zatímco mezi ostatními hodnotami není taková odlišnost, viz tab. 13. U čtvrtých hloubek jsou větší rozdíly mezi nimi než v prvních hloubkách. Rozdíl skoro 0,8 cm na t/ha je mezi Ave Fenix 1 a 0, jak lze vysledovat i z tabulky 13, která zde zamítla schodu středních hodnot a jejich variabilitu.

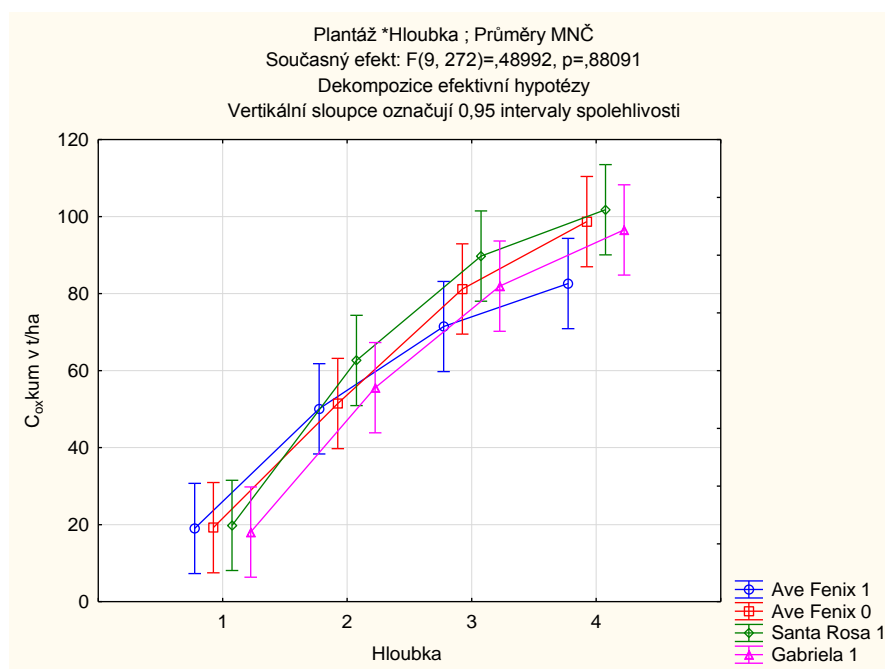
Tab. 12: Tabulka jednorozměrného testu významnosti C_{oxcm} v t/ha

| Efekt | Jednorozměrné testy významnosti, velik. efektů a síly pro C_{oxcm} v t/ha Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy | | | | | | | |
|------------------|--|-----------------|----------|----------|----------|---------------------|-------------|-------------------------|
| | SČ | Stupně volnosti | PČ | F | p | Parciál. éta-kvadr. | Výstřednost | Pozor. síla (alfa=0,05) |
| Abs. člen | 3507,368 | 1 | 3507,368 | 1326,877 | 0,000000 | 0,829881 | 1326,877 | 1,000000 |
| Plantáž | 13,209 | 3 | 4,403 | 1,666 | 0,174693 | 0,018040 | 4,997 | 0,434557 |
| Hloubka | 565,232 | 3 | 188,411 | 71,278 | 0,000000 | 0,440138 | 213,834 | 1,000000 |
| Plantáž *Hloubka | 22,843 | 9 | 2,538 | 0,960 | 0,473452 | 0,030792 | 8,642 | 0,475981 |
| Chyba | 718,984 | 272 | 2,643 | | | | | |

Tab. 13: Tabulka LSD testu pro C_{oxcm} . v t/ha

| LSD test; proměnná C_{oxcm} v t/ha | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = 2,6433, sv = 272,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Č. b | Plantáž | Hloubka | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} |
| | | | 5,4339 | 3,4514 | 2,3758 | 1,3122 | 5,4930 | 3,5812 | 3,3058 | 2,0596 | 5,6552 | 4,7618 | 3,0113 | 1,4160 | 5,1619 | 4,1680 | 2,9296 | 1,7193 |
| 1 | 1 | 1 | | 0,000305 | 0,000000 | 0,000000 | 0,913136 | 0,000726 | 0,000109 | 0,000000 | 0,683301 | 0,215994 | 0,000011 | 0,000000 | 0,616142 | 0,020233 | 0,000006 | 0,000000 |
| 2 | 1 | 2 | 0,000305 | | 0,048181 | 0,000101 | 0,000202 | 0,810923 | 0,788378 | 0,010760 | 0,000063 | 0,016268 | 0,417451 | 0,000211 | 0,001778 | 0,187174 | 0,336456 | 0,001557 |
| 3 | 1 | 3 | 0,000000 | 0,048181 | | 0,050725 | 0,000000 | 0,026957 | 0,087295 | 0,560110 | 0,000000 | 0,000015 | 0,241974 | 0,077686 | 0,000001 | 0,001070 | 0,307775 | 0,226796 |
| 4 | 1 | 4 | 0,000000 | 0,000101 | 0,050725 | | 0,000000 | 0,000038 | 0,000283 | 0,168999 | 0,000000 | 0,000000 | 0,001906 | 0,848262 | 0,000000 | 0,000000 | 0,003101 | 0,453246 |
| 5 | 2 | 1 | 0,913136 | 0,000202 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000492 | 0,000071 | 0,000000 | 0,765005 | 0,178356 | 0,000007 | 0,000000 | 0,541652 | 0,015124 | 0,000004 | 0,000000 |
| 6 | 2 | 2 | 0,000726 | 0,810923 | 0,026957 | 0,000038 | 0,000492 | | 0,611760 | 0,005353 | 0,000161 | 0,030232 | 0,293936 | 0,000083 | 0,003833 | 0,279835 | 0,230269 | 0,000684 |
| 7 | 2 | 3 | 0,000109 | 0,788378 | 0,087295 | 0,000283 | 0,000071 | 0,611760 | | 0,022239 | 0,000021 | 0,007663 | 0,587294 | 0,000569 | 0,000710 | 0,112772 | 0,488142 | 0,003707 |
| 8 | 2 | 4 | 0,000000 | 0,010760 | 0,560110 | 0,168999 | 0,000000 | 0,005353 | 0,022239 | | 0,000000 | 0,000001 | 0,080211 | 0,236038 | 0,000000 | 0,000126 | 0,109607 | 0,530532 |
| 9 | 3 | 1 | 0,683301 | 0,000063 | 0,000000 | 0,000000 | 0,765005 | 0,000161 | 0,000021 | 0,000000 | | 0,100397 | 0,000002 | 0,000000 | 0,363469 | 0,006471 | 0,000001 | 0,000000 |
| 10 | 3 | 2 | 0,215994 | 0,016268 | 0,000015 | 0,000000 | 0,178356 | 0,030232 | 0,007663 | 0,000001 | 0,100397 | | 0,001390 | 0,000000 | 0,461009 | 0,274227 | 0,000829 | 0,000000 |
| 11 | 3 | 3 | 0,000011 | 0,417451 | 0,241974 | 0,001906 | 0,000007 | 0,293936 | 0,587294 | 0,080211 | 0,000002 | 0,001390 | | 0,003524 | 0,000093 | 0,033704 | 0,880242 | 0,017811 |
| 12 | 3 | 4 | 0,000000 | 0,000211 | 0,077686 | 0,848262 | 0,000000 | 0,000083 | 0,000569 | 0,236038 | 0,000000 | 0,000000 | 0,003524 | | 0,000000 | 0,000001 | 0,005597 | 0,576230 |
| 13 | 4 | 1 | 0,616142 | 0,001778 | 0,000001 | 0,000000 | 0,541652 | 0,003833 | 0,000710 | 0,000000 | 0,363469 | 0,461009 | 0,000093 | 0,000000 | | 0,067773 | 0,000051 | 0,000000 |
| 14 | 4 | 2 | 0,020233 | 0,187174 | 0,001070 | 0,000000 | 0,015124 | 0,279835 | 0,112772 | 0,000126 | 0,006471 | 0,274227 | 0,033704 | 0,000001 | 0,067773 | | 0,023070 | 0,000009 |
| 15 | 4 | 3 | 0,000006 | 0,336456 | 0,307775 | 0,003101 | 0,000004 | 0,230269 | 0,488142 | 0,109607 | 0,000001 | 0,000829 | 0,880242 | 0,005597 | 0,000051 | 0,023070 | | 0,026349 |
| 16 | 4 | 4 | 0,000000 | 0,001557 | 0,226796 | 0,453246 | 0,000000 | 0,000684 | 0,003707 | 0,530532 | 0,000000 | 0,000000 | 0,017811 | 0,576230 | 0,000000 | 0,000009 | 0,026349 | |

6.2.5 Vyhodnocení C_{oxkum} v t/ha pro jednotlivé plantáže



Obr. 7: Grafické znázornění pro C_{oxkum} v t/ha v jednotlivých hloubkách (hloubka 1- 3,5 cm, hloubka 2- 12,5 cm; hloubka 3 - 21,5 cm a hloubka - 30 cm)

Z grafického znázornění je patrné, že se C_{ox} kumulativní se zvyšuje s narůstající hloubkou. V prvních odběrných hloubkách se všechny plantáže pohybují okolo 20 t/ha, rozdíly se následně začínají objevovat v druhé odběrné hloubce. Ty se celkově zvětšují, až u poslední hloubky dosahují největší odlišnosti.

Plantáž Ave Fenix 1 ve 3,5 cm hloubky má oxidovatelný uhlík kumulativní okolo 20 t/ha. Rozdíl mezi první a druhou plantáží je nejmenší ze všech parcel. Největší rozdíl se ve druhé hloubce nachází mezi tímto odběrem a hloubkou Santa Rosa, jak je patrné i z Fisherova testu. Naopak nejmenší hodnotu ze všech plantáží dosahuje Ave Fenix 1 ve třetí hloubce a také je zde největší rozdíl mezi Santa Rosa, který dosahuje 10 t/ha. Ve 30 cm hloubky je zde nejmenší hodnota ze všech plantáží. Také největší rozdíl mezi parcelami je tady a Santa Rosa.

Ave Fenix 0 má více C_{oxkum} než předchozí plantáž. Největší rozdíl mezi ni my je hlavně u čtvrté odběrné hloubky, což je jasně vidět i v následném Fisherově testu. Svoji křivkou nevybočuje z daného trendu, větší rozdíl mezi hodnotami je také u třetí hloubky. Tady je opět vidět odlišnost nejenom u Ave Fenix 1, ale i u Santa Rosa.

Santa Rosa dosahuje největších hodnot u oxidovatelného uhlíku kumulovaného než všechny ostatní plantáže. Rozdíl se začíná objevovat už u druhé odběrné hloubky, kde je zřejmé, že Fisherův test zamítl nulovou hypotézu. Nejenom v 12,5 cm, ale i u třetí hloubky byly naměřeny největší hodnoty (viz příslušné grafické znázornění).

Gabriela má v první odběrné hloubce nejméně ze všech plantáží, ale i v ostatních hloubkách dosahuje průměrných hodnot. Nejzajímavější stav nastává u třetí a čtvrté hloubky, kde se postupně stále více odlišuje od Ave Fenix 1.

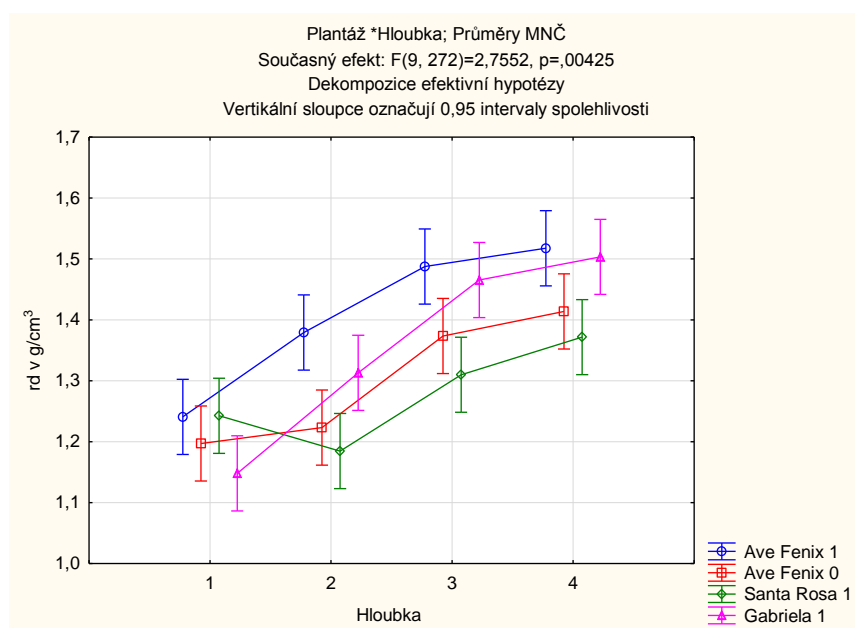
Tab. 14: Tabulka jednorozměrného testu významnosti pro C_{oxkum} v t/ha

| Efekt | Jednorozměrné testy významnosti, velik. efektů a síly pro C_{oxkum} v t/ha Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy | | | | | | | |
|------------------|---|-----------------|---------|----------|----------|---------------------|-------------|-------------------------|
| | SČ | Stupně volnosti | PČ | F | p | Parciál. éta-kvadr. | Výstřednost | Pozor. síla (alfa=0,05) |
| Abs. člen | 1124810 | 1 | 1124810 | 1762,529 | 0,000000 | 0,866308 | 1762,529 | 1,000000 |
| Plantáž | 5847 | 3 | 1949 | 3,054 | 0,028928 | 0,032586 | 9,162 | 0,712918 |
| Hloubka | 240755 | 3 | 80252 | 125,751 | 0,000000 | 0,581057 | 377,253 | 1,000000 |
| Plantáž +Hloubka | 2814 | 9 | 313 | 0,490 | 0,880908 | 0,015952 | 4,409 | 0,240460 |
| Chyba | 173585 | 272 | 638 | | | | | |

Tab. 15: Tabulka LSD testu pro C_{oxkum} v t/ha

| LSD test; proměnná C_{oxkum} v t/ha | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = 638,18, sv = 272,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Č. b | Plantáž | Hloubka | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} |
| | | | 19,019 | 50,081 | 71,463 | 82,618 | 19,226 | 51,456 | 81,208 | 98,715 | 19,793 | 62,649 | 89,751 | 101,79 | 18,066 | 55,579 | 81,945 | 96,559 |
| 1 | 1 | 1 | | 0,000272 | 0,000000 | 0,000000 | 0,980397 | 0,000146 | 0,000000 | 0,000000 | 0,926771 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,910070 | 0,000020 | 0,000000 | 0,000000 |
| 2 | 1 | 2 | 0,000272 | | 0,011667 | 0,000140 | 0,000298 | 0,870404 | 0,000264 | 0,000000 | 0,000382 | 0,136727 | 0,000004 | 0,000000 | 0,000177 | 0,514397 | 0,000190 | 0,000000 |
| 3 | 1 | 3 | 0,000000 | 0,011667 | | 0,186416 | 0,000000 | 0,018197 | 0,248180 | 0,001361 | 0,000000 | 0,296151 | 0,030742 | 0,000377 | 0,000000 | 0,060310 | 0,214305 | 0,003141 |
| 4 | 1 | 4 | 0,000000 | 0,000140 | 0,186416 | | 0,000000 | 0,000260 | 0,867231 | 0,056967 | 0,000000 | 0,018421 | 0,397677 | 0,023594 | 0,000000 | 0,001482 | 0,936393 | 0,098955 |
| 5 | 2 | 1 | 0,980397 | 0,000298 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000161 | 0,000000 | 0,000000 | 0,946313 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,890619 | 0,000022 | 0,000000 | 0,000000 |
| 6 | 2 | 2 | 0,000146 | 0,870404 | 0,018197 | 0,000260 | 0,000161 | | 0,000482 | 0,000000 | 0,000208 | 0,184895 | 0,000008 | 0,000000 | 0,000094 | 0,624839 | 0,000350 | 0,000000 |
| 7 | 2 | 3 | 0,000000 | 0,000264 | 0,248180 | 0,867231 | 0,000000 | 0,000482 | | 0,038552 | 0,000000 | 0,028362 | 0,311271 | 0,015169 | 0,000000 | 0,002566 | 0,930372 | 0,069410 |
| 8 | 2 | 4 | 0,000000 | 0,000000 | 0,001361 | 0,056967 | 0,000000 | 0,000000 | 0,038552 | | 0,000000 | 0,000026 | 0,288012 | 0,715550 | 0,000000 | 0,000001 | 0,047419 | 0,798078 |
| 9 | 3 | 1 | 0,926771 | 0,000382 | 0,000000 | 0,000000 | 0,946313 | 0,000208 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000001 | 0,000000 | 0,000000 | 0,837687 | 0,000029 | 0,000000 | 0,000000 |
| 10 | 3 | 2 | 0,000000 | 0,136727 | 0,296151 | 0,018421 | 0,000000 | 0,184895 | 0,028362 | 0,000026 | 0,000001 | | 0,001445 | 0,000005 | 0,000000 | 0,401847 | 0,022702 | 0,000073 |
| 11 | 3 | 3 | 0,000000 | 0,000004 | 0,030742 | 0,397677 | 0,000000 | 0,000008 | 0,311271 | 0,288012 | 0,000000 | 0,001445 | | 0,154046 | 0,000000 | 0,000065 | 0,354753 | 0,419515 |
| 12 | 3 | 4 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000377 | 0,023594 | 0,000000 | 0,000000 | 0,015169 | 0,715550 | 0,000000 | 0,000005 | 0,154046 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,019165 | 0,535200 |
| 13 | 4 | 1 | 0,910070 | 0,000177 | 0,000000 | 0,000000 | 0,890619 | 0,000094 | 0,000000 | 0,000000 | 0,837687 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000012 | 0,000000 | 0,000000 |
| 14 | 4 | 2 | 0,000020 | 0,514397 | 0,060310 | 0,001482 | 0,000022 | 0,624839 | 0,002566 | 0,000001 | 0,000029 | 0,401847 | 0,000065 | 0,000000 | 0,000012 | | 0,001931 | 0,000002 |
| 15 | 4 | 3 | 0,000000 | 0,000190 | 0,214305 | 0,936393 | 0,000000 | 0,000350 | 0,930372 | 0,047419 | 0,000000 | 0,022702 | 0,354753 | 0,019165 | 0,000000 | 0,001931 | | 0,083788 |
| 16 | 4 | 4 | 0,000000 | 0,000000 | 0,003141 | 0,098955 | 0,000000 | 0,000000 | 0,069410 | 0,798078 | 0,000000 | 0,000073 | 0,419515 | 0,535200 | 0,000000 | 0,000002 | 0,083788 | |

6.2.6 Vyhodnocení ρ_d v g/cm^3 pro jednotlivé plantáže



Obr. 8: Grafické znázornění pro ρ_d v g/cm^3 v jednotlivých hloubkách (hloubka 1- 3,5 cm, hloubka 2- 12,5 cm; hloubka 3 - 21,5 cm a hloubka - 30 cm)

U plantáže Ave Fenix 1 je nejnižší naměřená objemová hmotnost redukovaná v odběrné hloubce 3,5 cm $1,25 \text{ g/cm}^3$ což se dá interpretovat jako dobrý stav humusového horizontu. Mezi první a druhou hloubkou existuje rozdíl, protože hypotéza o shodě středních hodnot a jejich variability ANOVA zamítla, viz tabulka 17 LSD testu. Zde je naměřená hodnota 1,38, přesto je zde dobrý stav. V hloubce 21,5 cm je strukturální stav humusového horizontu v nevyhovujícím stavu, protože velikost pórovitosti je 42 % (viz tab. 1). Naopak menší rozdíl je mezi třetí a čtvrtou hloubkou, kde je $\rho_d 1,50 \text{ g/cm}^3$.

U bezzástinné plantáže Ave Fenix 0 je nepatrný rozdíl mezi první a druhou hloubkou. Zatímco u první hloubky je hodnota $1,20 \text{ g/cm}^3$ u té druhé je $1,22 \text{ g/cm}^3$. Velká odlišnost následuje třetí hloubku a to $1,38 \text{ g/cm}^3$, a proto je zde pouze dobrý stav humusového horizontu.

V třetí plantáži je $\rho_d 1,25 \text{ g/cm}^3$, ale překvapivě v druhé hloubce dosahuje výborného strukturálního stavu humusového horizontu, a to $1,98 \text{ g/cm}^3$. V 21,5 cm dosahuje $1,30 \text{ g/cm}^3$ a proto je zde dobrý stav, pouze čtvrtá hloubka se má nevyhovující stav. Tato plantáž má největší procento pórovitosti.

Čtvrtá plocha má ve 3,5 cm nejnižší hodnotu pro $\rho_d 1,15 \text{ g/cm}^3$, a proto se zde nachází výborný stav pórovitosti. Jenomže v 12,5 cm už dosahuje $1,31 \text{ g/cm}^3$, a proto je zde hypotéza o shodě středních hodnot zamítnutá, viz příslušná tabulka. Tento trend pokračuje i u třetí

hloubky, ale nadále je tady dobrý stav strukturního humusového horizontu, protože velikost ρ_d je $1,47 \text{ g/cm}^3$. Naopak rozdíl mezi poslední hloubkou a třetí je minimální, ρ_d dosahuje $1,50 \text{ g/cm}^3$. Celkově se dá vyvodit, že výborného stavu dosahují tři hloubky, ostatní se pohybují v kategorii hodnocené jako dobré a nevyhovující. Za tento výsledek může kombinace mnoha faktorů, jako např volba zástinné dřeviny, management jednotlivých plantáží a odlišná svažitost terénu.

Tab. 16: Tabulka jednorozměrného testu významnosti ρ_d v g/cm^3

| Efekt | Jednorozměrné testy významnosti, velik. efektů a síly pro ρ_d v g/cm^3 Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy | | | | | | | |
|------------------|---|-----------------|----------|----------|----------|---------------------|-------------|-------------------------|
| | SČ | Stupně volnosti | PČ | F | p | Parciál. éta-kvadr. | Výstřednost | Pozor. síla (alfa=0,05) |
| Abs. člen | 513,8214 | 1 | 513,8214 | 29101,45 | 0,000000 | 0,990740 | 29101,45 | 1,000000 |
| Plantáž | 0,7215 | 3 | 0,2405 | 13,62 | 0,000000 | 0,130617 | 40,87 | 0,999923 |
| Hloubka | 2,8101 | 3 | 0,9367 | 53,05 | 0,000000 | 0,369138 | 159,16 | 1,000000 |
| Plantáž *Hloubka | 0,4378 | 9 | 0,0486 | 2,76 | 0,004250 | 0,083548 | 24,80 | 0,954183 |
| Chyba | 4,8025 | 272 | 0,0177 | | | | | |

Tab. 17: Tabulka LSD testu pro ρ_d v g/cm^3

| LSD test; proměnná rd v g/cm^3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = ,01766, sv = 272,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Č. b | Plantáž | Hloubka | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} |
| | | | 1,2409 | 1,3792 | 1,4876 | 1,5175 | 1,1971 | 1,2232 | 1,3735 | 1,4138 | 1,2426 | 1,1846 | 1,3099 | 1,3717 | 1,1480 | 1,3130 | 1,4654 | 1,5034 |
| 1 | 1 | 1 | | 0,001981 | 0,000000 | 0,000000 | 0,323536 | 0,690397 | 0,003004 | 0,000120 | 0,969711 | 0,205268 | 0,120197 | 0,003415 | 0,036968 | 0,104613 | 0,000001 | 0,000000 |
| 2 | 1 | 2 | 0,001981 | | 0,015074 | 0,001984 | 0,000052 | 0,000502 | 0,897400 | 0,435894 | 0,002243 | 0,000016 | 0,118867 | 0,865367 | 0,000000 | 0,136075 | 0,052816 | 0,005428 |
| 3 | 1 | 3 | 0,000000 | 0,015074 | | 0,499097 | 0,000000 | 0,000000 | 0,010547 | 0,096898 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000078 | 0,009398 | 0,000000 | 0,000103 | 0,616624 | 0,721483 |
| 4 | 1 | 4 | 0,000000 | 0,001984 | 0,499097 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,001290 | 0,019869 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000004 | 0,001124 | 0,000000 | 0,000006 | 0,239812 | 0,749236 |
| 5 | 2 | 1 | 0,323536 | 0,000052 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,555499 | 0,000087 | 0,000002 | 0,305325 | 0,779145 | 0,011389 | 0,000103 | 0,269092 | 0,009358 | 0,000000 | 0,000000 |
| 6 | 2 | 2 | 0,690397 | 0,000502 | 0,000000 | 0,000000 | 0,555499 | | 0,000794 | 0,000024 | 0,662642 | 0,384531 | 0,051302 | 0,000915 | 0,090710 | 0,043631 | 0,000000 | 0,000000 |
| 7 | 2 | 3 | 0,003004 | 0,897400 | 0,010547 | 0,001290 | 0,000087 | 0,000794 | | 0,363963 | 0,003387 | 0,000028 | 0,152317 | 0,967613 | 0,000001 | 0,173090 | 0,039022 | 0,003654 |
| 8 | 2 | 4 | 0,000120 | 0,435894 | 0,096898 | 0,019869 | 0,000002 | 0,000024 | 0,363963 | | 0,000139 | 0,000000 | 0,019758 | 0,342954 | 0,000000 | 0,023667 | 0,245196 | 0,044085 |
| 9 | 3 | 1 | 0,969711 | 0,002243 | 0,000000 | 0,000000 | 0,305325 | 0,662642 | 0,003387 | 0,000139 | | 0,192069 | 0,129463 | 0,003846 | 0,033701 | 0,112924 | 0,000001 | 0,000000 |
| 10 | 3 | 2 | 0,205268 | 0,000016 | 0,000000 | 0,000000 | 0,779145 | 0,384531 | 0,000028 | 0,000000 | 0,192069 | | 0,005024 | 0,000033 | 0,409128 | 0,004061 | 0,000000 | 0,000000 |
| 11 | 3 | 3 | 0,120197 | 0,118867 | 0,000078 | 0,000004 | 0,011389 | 0,051302 | 0,152317 | 0,019758 | 0,129463 | 0,005024 | | 0,164221 | 0,000308 | 0,944652 | 0,000525 | 0,000018 |
| 12 | 3 | 4 | 0,003415 | 0,865367 | 0,009398 | 0,001124 | 0,000103 | 0,000915 | 0,967613 | 0,342954 | 0,003846 | 0,000033 | 0,164221 | | 0,000001 | 0,186187 | 0,035372 | 0,003217 |
| 13 | 4 | 1 | 0,036968 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,269092 | 0,090710 | 0,000001 | 0,000000 | 0,033701 | 0,409128 | 0,000308 | 0,000001 | | 0,000238 | 0,000000 | 0,000000 |
| 14 | 4 | 2 | 0,104613 | 0,136075 | 0,000103 | 0,000006 | 0,009358 | 0,043631 | 0,173090 | 0,023667 | 0,112924 | 0,004061 | 0,944652 | 0,186187 | 0,000238 | | 0,000673 | 0,000024 |
| 15 | 4 | 3 | 0,000001 | 0,052816 | 0,616624 | 0,239812 | 0,000000 | 0,000000 | 0,039022 | 0,245196 | 0,000001 | 0,000000 | 0,000525 | 0,035372 | 0,000000 | 0,000673 | | 0,391613 |
| 16 | 4 | 4 | 0,000000 | 0,005428 | 0,721483 | 0,749236 | 0,000000 | 0,000000 | 0,003654 | 0,044085 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000018 | 0,003217 | 0,000000 | 0,000024 | 0,391613 | |

7 Diskuze

V Peru stejně jako jiných zemích dochází k odlesňování, a to vede ke zvyšování emisí CO₂. Agrolesnictví může pomoci zvrátit tento trend.

V Oaxaca v Mexiku byla provedena podobná studie, kde bylo posuzováno ukládání uhlíku na kávovníkových plantážích se zástinem *Ingy* spp.. Dřevní biomasa *Ingy* byla 157,59 t ha⁻¹, což je 40 % C a 0,4873% N, který ročně zvýší o 64,30 t C ha⁻¹ a 759 kg N ha⁻¹. Čísla mohou být vyšší, pokud by se zbytek dřevní hmoty přičítel stejně jako půda v agrolesnickém systému. Rozhodující vliv na obsah uhlíku v dřevní hmotě *Ingy* měla svažítost, nadmořská výška místa, věk kávovníkové plantáže a půdní hloubka (Angeles a Enríquez del Vale, 2012).

Ukládání uhlíku v biomase *Eucalyptus* spp. v 2, 4, 6 a 8-letých stromcích bylo: 11,12; 18,55; 80,91 a 97,86 t ha⁻¹, v podrostu: 0,71; 0,54; 0,85 a 1,56 t ha⁻¹, v opadu: 1,65; 2,62; 4,78 a 5,50 t ha⁻¹ a v půdě: 86,45; 58,72; 95,30 a 72,09 t ha⁻¹. Blahovičnickové lesy mají skvělou schopnost produkovat biomasu, která excelentně odvádí atmosférický uhlík (Elevitch a Wilkinson, 2001).

V bakalářské práci se množství C_{ox} pohybuje okolo 27.5 ± 3.2 to 57.5 ± 4.5 t ha⁻¹, tedy daleko více než ve zmíněných studiích.

Tato studie z Peru zjistila důležitost agrolesnických systémů pro uhlíkový sink, také tyto výsledky demonstrovaly, že se oxidovatelný uhlík více ukládá na kávovníkových plantážích se zástinem. Porovnávání ukládání oxidovatelného uhlíku v půdě z dostupné literatury není snadné. Důvodů je hodně např. odlišná biologická aktivita, struktura a textura půdy, půdní mineralogie, klimatické podmínky a vlhkost, v neposlední řadě také rozdílné metodické přístupy. Kromě přírodních podmínek záleží také na typu a hustotě rozmístění zástinných dřevin, které produkují opad.

Fisherův test připouští drobné porušení normality dat, k čemuž došlo v několika odběrných hloubkách.

Předpokládala jsem, že jednotlivé zástinné dřeviny budou mít větší vliv na jednotlivé půdní charakteristiky. Očekávala jsem, že *Inga* spp. bude více zachycovat oxidovatelný uhlík, a také bude mít pozitivnější vliv na tuto plantáž. (Protože neokyseluje půdu jako borovice a také nemá žádné alelopatické účinky, jak je tomu u blahovičnicku).

Otázkou zůstává, zda tyto stromy (*Eucalyptus* spp. a *Pinus* spp.) patří do těchto systémů z hlediska zachování biodiverzity, půdní úrodnosti a vodního režimu, i když se agrolesnické systémy často řadí mezi ekologické způsoby obhospodařování krajiny.

Na plantáži Ave Fenix 1, kde roste jako zástinná dřevina *Inga* spp, je nejméně kumulativního oxidovatelného uhlíku. Má velice kyselou půdu, jak je vidět při pohledu na pH potenciální a aktivní. V jednotlivých hloubkách má nejméně C_{oxhm} největší rozdíl je u druhé hloubky. Stejný trend se ukazuje i u uhlíku v odběrných hloubkách váz na 1 cm půdy. Přesto tato plantáž vykazuje vysoké množství tohoto prvku. Strukturní stav humusového horizontu je zde v dobrém stavu v první a druhé odběrné hloubce a ve zbývajících je nevyhovující stav tj. půda je zde příliš zhutněná. Určitý podíl na výsledcích mé práce může mít nerovná topografie plantáže Ave Fenix 1 se sklone 18°.

Ave Fenix 0 nemá žádnou zástinnou dřevinu a kumulativního uhlíku má průměrné množství. Je to nejvíce kyselá plantáž ze všech. Grafické znázornění procentuálního a váženého oxidovatelného uhlíku v jednotlivých hloubkách na 1 cm má stejný trend jako většina plantáží. Na této plantáži se strukturní stav humusového horizontu pohybuje v dobrém stavu. Tato plantáž má stejný terén jako Ave Fenix 1

Santa Rosa má nejméně kyselou půdu, pokud se podíváme na průběh grafického znázornění. Při pohledu na křivky jednotlivých C_{ox} , je zřetelný nadprůměrný obsah uhlíku, hlavně v druhé odběrné hloubce. Tento výsledek mě překvapil, jelikož je tady jako zástinná dřevina borovice, která okyseluje svoje okolí. Santa Rosa má stav pórovitosti ve všech hloubkách, nejméně zhutněná je ve třetí a čtvrté hloubce ze všech plantáží. Výsledky mohl ovlivnit fakt, že tato parcela má méně svažité terén než plantáže Ave Fenix a je tu textura půdy hlinitá.

U plantáže Gabriela, kde je jako zástinná dřevina blahovičnick, se pH půdy jeví v první odběrné hloubce jako nejméně kyselé ze všech segmentů. Z hlediska obsahu oxidovatelného uhlíku je tato plantáž mírně nadprůměrná v porovnání se plantážemi Ave Fenix, tady jsem očekávala větší vliv zástinu. Strukturní stav humusového horizontu je zde ve výborném stavu v první hloubce, ale v posledních dvou je nevyhovující situace. Terén má stejnorodější charakter s průměrnou strmostí 18° a s hlinitou texturou půdy.

Takto silnou kyselost půd mohly způsobit nejenom přirozené podmínky této tropické oblasti, ale i lokální vlivy (např. klima, vodní režim, sklon svahu nebo složení půdy). Vyhodnocením oxidovatelného uhlíku v procentech se zjistil velmi vysoký obsah uhlíku v jednotlivých vrstvách půdy, nejméně ho bylo na plantážích Ave Fenix (zástinná dřevina *Inga* spp., a v bezzástinu).

Cíle mé bakalářské práce byly splněny, naměřené hodnoty oxidovatelného uhlíku jednoznačně prokázaly kladný vliv zastínění rostlin kávovníků. Také byla vyhodnocena

podpůrná data týkající se pH půdy a objemové redukované hmotnosti. Byla navržena doporučení (viz závěr) místním farmářům a autoritám.

8 Závěr

Studie prokázala významný vliv dřevního nadrostu na ukládání uhlíku v půdě. Stěžejním východiskem jsou doporučení adresovaná místním autoritám (správy obcí, majitelé plantáží, neziskové environmentální autority) jasně deklarující vhodnost konkrétních dřevin z hlediska uhlíkového sinku, a tím podílu na snižování koncentrace CO₂ v atmosféře. Také že agrolesnické systémy představují často jedinou cestu jak udržitelně obhospodařovat krajinu. A proto také doporučuji zajistit, aby farmáři měli dostatečné informace o výhodách agrolesnického systému při pěstování kávy.

V agrolesnických systémech hraje fixace uhlíku důležitou roli v zemědělské krajině, která ztratila svůj původní lesní pokryv. Hlavně jsou důležité v tropických oblastech, které trpí za poslední století velkou degradací lidskou činností.

Studie prokázala silně kyselé půdy a velice vysoký obsah oxidovatelného uhlíku v půdě. Také že ve většině odběrných hloubek byly naměřeny hodnoty ukazující dobrou pórovitost. Tato práce dokázala, že v agrolesnictví na těchto kávovníkových plantážích zástinné dřeviny introdukovaných druhů (*Pinus* spp, *Eucalyptus* spp.) vykonávají lepší funkci ukládání uhlíku než zástin poskytovaný lokálními stromy rodu *Inga* spp.

Tyto výsledky by mohly být obecně aplikovatelné do agrolesnických systémů, kde káva roste v podobné nadmořské výšce, klimatu a analogických půdních podmínkách. Tato práce může pomoci managementu při rozhodování výběru zástinné dřeviny v obdobných podmínkách.

Z uvedených zjištění lze odvodit hlavní závěry, které jsou zároveň předpoklady pro přijetí agrolesnických systémů farmáři v této oblasti.

Závěry bakalářské práce umožnily poznat velikost uhlíkového sinku v této oblasti. Byl splněn hlavní, stejně jako dílčí cíle, které jsem si stanovila.

9 Summary

This thesis aims to evaluate stocks oxidize carbon in the soil. Among the characteristics of the soil were examined active and potential pH reduced weight and bulk. C_{ox} was found out not only in percent but also cumulative and bound to 1 cm in t / ha.

Data of different depths were evaluated using Statistica 12, there was used two-way ANOVA and the Fisher test for the evaluation of individual soil properties.

The chapter the material describes climatic, geological conditions of the area and even natural conditions for a particular plantation. In this work, four plantations (Ave Fenix 1 and 0, Santa Rosa and Gabriela) Sampling samples were obtained from a depth of 3.5 cm, 12.5 cm, 21.5 cm and 30 cm.

Literal review focuses on agroforestry systems, the issue of carbon in tropical soils, familiarization with each soil characteristic which was evaluated. Also disclosed herein introduction to ecology and shade coffee trees that are here. Finally, there are explained the different variables descriptive statistics and subsequent ANOVA and Fisher's exact test.

The chapter method describes how to obtain the various soil characteristics, which are describe in this thesis. Cumulative and bound to 1 cm t / ha oxidize carbon is obtain by calculation to gain required values.

The results showed that these plantations have a very high content of oxidize carbon in the soil and that they are very acidic. Most C_{ox} was measured in the first sampling, with depth was decreasing. On the contrary, from the logic of things oxidize carbon cumulative increase with increasing depth.

In the discussion of this research was compared with other studies, which showed that, in this study is more than in other C_{ox} . It turned out that the plantation shaded by *Inga* spp. C_{ox} has less than plantations shaded by *Pinus* spp. and *Eucalyphus* spp.. This result surprised me, because *Pinus* spp. acidifies soil and *Eucalyphus* spp. has allelopathic effects on their surroundings.

The study have showed a significant effect of wood to the ground in case carbon storage in the soil. A key starting point for recommendations are intended for local authorities (municipal owners, plantation, non-profit environmental authority) clearly declared the suitability of specific tree species in terms of carbon storage, thereby increasing the share of removal CO_2 atmosphere.

10 Seznam citované literatury

- ASHTON, M., MONTAGNINI F., 2000. The silvicultural basis for agroforestry systems. Boca Raton, Fla.: CRC Press, c, 278 s.
- ALBRECHT, A., KANDJI. S., 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and environment* 7:15-27
- ANGELES, C., ENRÍQUEZ DEL VALE, R., 2012. Carbon sequestration by Inga in a shadow coffee agroforestry system, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(1-2), 9-12
- BRADY N. C., WEIL R. R., 2002. *The Nature and Properties of Soils*. 13th edition. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 960 s.
- BUCK, L., LASSOIE J., FERNANDES E., 1999. *Agroforestry in sustainable agricultural systems*. Boca Raton, Fl.: CRC Press, 416 s.
- CASTELLANOS, E., EVANS, T., RANDOLPH, C., 2012. Carbon stock in coffee agroforests and mixed dry tropical forest in western highlands of Guatemala, *Agroforest Syst* 7 (3), 141-150
- CAREY, E., V., SALA, A., KEANE R., CALLAWAY, R. M. 2001. Are old forests underestimated as global carbon sinks? *Global Change Biology*. 7. s. 339-344
- CLARKE, WILLAM, C a RANDOLPH, R THAMAN. 1993. *Agroforestry in the Pacific Islands: systems for sustainability*. New York: United Nations University Press, c, 297 s.
- ELEVITCH, C., R., WILKINSON K., M., 2001. *The overstory book: cultivating connections with trees*. 1st ed. Holualoa, HI: Permanent Agriculture Resources, xvi, 414 s.
- ESPINOZA, G. 2013. *Education and the state in modern Peru: primary schooling in Lima, 1821-c.1921*. xii, 283 s.
- GARRITY, P. 2006. *World agroforestry into the future*. Nairobi: World Agroforestry Centre, ix, 196 s.
- HAMLING, CH., SALICK, J., 2003. Yanesha Agriculture in the upper Peruvian Amazon: Persistence and Change Fifteen years down, *Economic Botany* 57, 163-165
- HIGLEY. K., 2004. The Progreso Basin Province of Northwestern Peru and Southwestern Ecuador: Neogene and Cretaceous-Paleogene Total Petroleum Systems, *Virginia, Bulletin* 2206-B, 10-20
- HLAVÁČOVÁ, L. 2011. *Sekvestrace uhlíku lesními ekosystémy v měnícím se klimatu*. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. 18 s
- HORÁČEK, J. a kol., 1994. *Geologie a půdoznalství, Cvičení pro I. ročník studia*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 114 s.

- CHANDLER, K., GOYAL, S., NANDAL, D., P., KAPOOR, K., 1998. Soil organic matter, microbial biomass and enzyme activities in a tropical agroforestry system. *Biol Fertl Soils*. 27. 168-172
- JANDÁK, J., POKORNÝ, E., HYBLER, V., POSPÍŠILOVÁ, L., 2003. Cvičení z půdoznalství. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. 92 s.
- JUO, A S R. -- FRANZLUEBBERS, K, 2003. Tropical soils : properties and management for sustainable agriculture. New York: Oxford University Press. 281 s.
- KUBÁT J., CERHANOVÁ D., MIKANOVA O., ŠIMON T. 2008 Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách. Metodika pro praxi. Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., , 34 s.
- LEDVINA, R. a kol., 2000. Geologie a půdoznalství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 200 s.
- LUYSSAERT, S., SCHULZE, E. D., BORNER, A., KNOHL, A., HESSENMOLLER, D., LAW, B. E., CIAIS, P., GRACE, J. 2008. Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature*. 455 s. 213-215
- MICHELI, E., NACHTERGALE, F. DENT, D., SCHAD, P., SPAARGAREN, O., 2006. World reference base for soils resources.. World Soil Resources .Report 103. Food and Agricultural Organization of United Nations, Rome
- NAIR, P. 1993. An introduction to agroforestry. Boston: Kluwer Academic Publishers in cooperation with International Centre for Research in Agroforestry, xiv, 499 s.
- NÁTR., L.. 2000. Koncentrace CO₂ a rostliny. ISV nakladatelství, Praha, 257 s.
- RIGUERIO-RODRÍGUEZ A., MCADAM J., MOSQUERA-LOSADA M., R., 2009. Agroforestry in Europe. Springer - science, 450 s.
- SMIHT, P., D., MARTINO, Z., CAI, D., GWARY, H., JANZEN, P., KUMAR, B., MCCARL, S., OGLE, F., O'MARA, C., RICE, B., SCHOLE, O., SIROTENKO 2007. Agriculture. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. DAVE, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [online] citováno 3. března 2014. Dostupné na World Wide Web : http://www.mnp.nl/ipcc/pages_media/FAR4docs/final_pdfs_ar4/Chapter08.pdf
- STEPPLER, HOWARD A, P. NAIR. 1987. Agroforestry, a decade of development. Nairobi: International Council for Research in Agroforestry, , xii, 335 s.
- YOUNG, A. 1989. Wallingford, Oxon, U. K.: International Council for Research in Agroforestry, vii, 276 s.

ZBÍRAL, J. a kol., 2004. Analýza půd III. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno 199 s.

[URL 1]. Agroforestry.co.uk [online] citováno 3. března 2014. Dostupné na World Wide Web <<http://www.agroforestry.co.uk/afbens.html>

[URL 2]. Word agroforestry.org [online] citováno 3. března 2014. Dostupné na World Wide Web

<http://www.worldagroforestry.org/units/Library/Books/Book%2032/an%20introduction%20to%20agroforestry/html/6_taungya.htm?n=29

[URL 3]. [online] citováno 3. března 2014. Dostupné na World Wide Web <https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/asuntos/proyectos/estudios/Estudio_RD.117-2009-MTC-16/5_linea_base.pdf

[URL 4]. Ofi.mef.gob.pe[online] citováno 3. března 2014. Dostupné na World Wide Web <http://ofi.mef.gob.pe/appFD/Hoja/VisorDocs.aspx?file_name=14228_OPIMDVILLARI_2013426_53913.pdf

[URL 5]. Publikationen.ub.uni-franfurt.de[online] citováno 3. března 2014. Dostupné na World Wide Web <file:///C:/Users/uzivatel/Videos/Downloads/A008584745_art.pdf; 5-10

[URL 6]. Martiník, A. a kol. 2014. Agrolesnictví [online] citováno 3. září 2014. Dostupné na World Wide Web: <<http://ldf.mendelu.cz/uzpl/index.php/ke-stazeni/category/18-vyukove-materialy>>.

[URL 7]. Stadtentw. Berlin.de [online] citováno 9. března 2014. Dostupné na World Wide Web <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/eda101_06.htm

[URL 8]. Česko proti chudobě [online] citováno 9. března 2014. Dostupné na World Wide Web <<http://www.ceskoprotichudobe.cz/?id=73-9.-ukol>

[URL 9]. Math.feld.cvut.cz [online] citováno 9. března 2014. Dostupné na World Wide Web <<http://math.feld.cvut.cz/prucha/mstp/7pu.pdf>

[URL 10]. Statsoft.cz [online] citováno 9. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web <http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2014_08_20_StatSoft_Jak_poznat_vliv_faktoru_vizualne.pdf

[URL 11]. Aistat.vse.cz [online] citováno 9. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web <<http://iastat.vse.cz/regrese/Regrese8.htm>

[URL 12] Popisná statistika [online] citováno 9. dubna 2015 Dostupné na World Wide Web <<https://math.feld.cvut.cz/prucha/mstp/7pu.pdf>

- [URL 13] Aistat.vse.cz [online] citováno 6. dubna 2015 Dostupné na World Wide Web < http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2014_06_26_StatSoft_Nebojte_se_p-hodnot.pdf
- [URL 14] Rain forest conservation. org [online] citováno 5. dubna 2015 Dostupné na World Wide Web < <http://www.rainforestconservation.org/agroforestry-ethnobotany/agroforestry-ethnobotany/inga-spp-shimbillo/>
- [URL 15] Databáze dendrologie.cz [online] citováno 9. dubna 2015 Dostupné na World Wide Web < <http://database.dendrologie.cz/index.php?menu=4&id=388>
- [URL 16] Rostliny.net [online] citováno 9. dubna 2015 Dostupné na World Wide Web < http://www.rostliny.net/rostlina/Pinus_radiata#.VTfYA9Ltmko
- [URL 17] Anci.Cornell.edu [online] citováno 2. dubna 2015 Dostupné na World Wide Web < <http://www.ansci.cornell.edu/plants/medicinal/eucalyp.html>
- [URL 18] Hobby.idnes.cz [online] citováno 9. dubna 2015 Dostupné na World Wide Web < http://hobby.idnes.cz/blahovicnik-kulatoplody-eucalyptus-globulus-fow-herbar.aspx?c=A110103_145117_herbar_kos
- [URL 19]. Cofee research org[online] citováno 17. dubna 2015 Dostupné na World Wide Web < <http://www.coffeeresearch.org/agriculture/varietals.htm>
- [URL 20]. Botany.cz [online] citováno 9. dubna 2015 Dostupné na World Wide Web < <http://botany.cz/cs/coffea-arabica/>