

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny

**Posouzení rozdílů ve vnější stavbě půdních agregátů na
lesních půdách v ČR vzhledem k jejich stabilitě ve
vodním prostředí**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci *Posouzení rozdílů ve vnější stavbě půdních agregátů na lesních půdách v ČR vzhledem k jejich stabilitě ve vodním prostředí* vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, 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, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladu spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne: 14. 4. 2017

Vlastnoruční podpis.....

Poděkování

Upřímně děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu Dr. Ing. et Ing. Miroslavu Kravkovi za ochotu, trpělivost a pomoc při řešení problémů v této práci. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu.

ABSTRAKT

Autor: Bc. Vlastimil Macháček

Název práce: Posouzení rozdílů ve vnější stavbě půdních agregátů na lesních půdách v ČR vzhledem k jejich stabilitě ve vodním prostředí

Tato diplomová práce se zabývá vnější stavbou vodostabilních agregátů na rozdílných půdních typech. Výběr lokalit pro odběr půdních vzorků byl podmíněn rozdílnými půdními typy, hospodářskými zásahy a stářím lesních porostů. Z pěti lokalit bylo odebráno celkem dvacet půdních vzorků ze svrchní minerální vrstvy půdy. Sebrané vzorky byly podrobeny testům stability vodostabilních agregátů, následné digitální analýze a zrnitostnímu rozboru. Na základě těchto testů byly zjištěny rozdílné hodnoty ve velikosti povrchu, objemu agregátů a obsahu jílu v půdě. Vodostabilní agregáty na stejném půdním typu vykazovaly podobný velikostní trend povrchu a objemu podle stáří porostů.

Klíčová slova: analýza, porost, půda, vodostabilní agregáty, VHX-5000

ABSTRACT

Author: Bc. Vlastimil Macháček

Title: Assessment of the differences in the external layers of soil aggregates of woodlands in the Czech Republic considering the water stability of soil aggregates

This diploma thesis studies the external layers of water-stable aggregates found in different soil types. The selection of locations in which the soil samples were taken was dependent upon different soil types, economic interventions, and the age of forest vegetation. A total of twenty soil samples from the top mineral layer of soil were collected from five locations. The soil samples were subsequently tested for the stability of water-stable aggregates, and sent for a digital as well as grain size analysis. The tests revealed different values in the amount of surface area, aggregates' volume, and contents of clay in soil. Water-stable aggregates found in the same soil type showed a similar trend in the amount of surface area and aggregates' volume depending on the age of forest vegetation.

Key words: analysis, forest vegetation, soil, water-stable aggregates, VHX-5000

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	CÍL PRÁCE	10
2.1	Návaznost na bakalářskou práci	10
2.2	Souběžná spolupráce	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1	Půda.....	11
3.2	Legislativní zajištění ochrany půd	11
3.2.1	Ochrana půdy v praxi.....	12
3.3	Změny kvality půd	13
3.4	Vodostabilní agregáty	13
3.4.1	Funkce půdních agregátů	15
3.5	Role agregátů ve struktuře půdy	15
3.5.1	Faktory ovlivňující tvorbu struktury lesní půdy	16
3.6	Hospodaření	17
3.6.1	Hlavní principy hospodaření v lese	17
3.6.2	Principy hospodářských způsobů.....	19
3.6.3	Vliv odlesnění na půdu	20
3.6.4	Infiltrace a odtok vody	20
4	METODIKA	21
4.1	Lokality	21
4.1.1	Charakteristika přírodních podmínek	21
4.1.2	Výběr lokality	22
4.2	Popis lokalit.....	23
4.2.1	Luvizem (lokalita č. 1).....	23
4.2.2	Kambizem (lokalita č. 2)	25
4.2.3	Hnědozem (lokalita č. 3).....	27

4.2.4	Ranker (lokalita č. 4)	29
4.2.5	Rendzina (lokalita č. 5).....	31
4.3	Odběr vzorků.....	33
4.3.1	Technika odběru, popis a transport vzorků.....	33
4.3.2	Shrnutá hlavní kritéria zkoumaných lokalit.....	34
4.4	Popis práce se vzorky v laboratoři mechaniky zemin LDF	35
4.4.1	Uložení vzorků v laboratoři	35
4.4.2	Příprava vzorků.....	35
4.4.3	Testování stability půdních agregátů	36
4.4.4	Práce s agregáty po vysušení	38
4.4.5	Stanovení zrnitosti zemin.....	39
4.5	Laboratorní měření vnější stavby půdních agregátů	42
4.5.1	Popis mikroskopu	42
4.5.2	Popis práce s mikroskopem	43
4.5.3	Popis zpracování dat	43
5	VÝSLEDKY	44
5.1	Výsledky z digitální analýzy půdních agregátů	44
5.1.1	Luvizem (lokalita č. 1).....	44
5.1.2	Kambizem (lokalita č. 2)	45
5.1.3	Hnědozem (lokalita č. 3).....	46
5.1.4	Ranker (lokalita č. 4)	47
5.1.5	Rendzina (lokalita č. 5).....	48
5.1.6	Celkové srovnání výsledků digitální analýzy půdních vzorků	49
5.2	Výsledné porovnání povrchu a objemu.....	50
5.3	Výsledné hodnoty z měření obsahu jílu	51
6	DISKUZE	52
7	ZÁVĚR.....	55

8	SUMMARY	56
9	LITERATURA	57
10	PŘÍLOHY	63
10.1	Seznam obrázků	63
10.2	Seznam tabulek	64
10.3	Ostatní zkratky	64

1 ÚVOD

Půda a její složky kladou na člověka veliké nároky na podporu a udržení jejich vlastností (Saňka a Materna (2004)). Kvalitní vodostabilní agregáty jsou základem pro strukturu půdy. Odpovídající struktura půdy má vliv na produkční schopnost půdy, na to úzce navazuje ochrana půdy.

Lidská činnost by měla akceptovat přirozeně probíhající proces eroze, který je za normálních podmínek vyrovnáván zvětráváním substrátu a tvorbou nové půdy (Kalinová, 2012). Eroze je ovlivňována kombinací faktorů, jako je charakter klimatu, délka a sklon svahu, využití půdy, vegetační kryt a půdní vlastnosti (textura, struktura, velikost a tvar půdních agregátů apod.). Vlivem eroze se omezuje ekologická a produkční funkce půdy. To může být důsledek snižování zadržování vody v půdě (Debano, 1971).

Nevhodné hospodaření s sebou přináší problémy s půdní degradací, ničení důležitých půdních organizmů a odplavování živin z půdy. Zcela se mění na mnoha místech struktura půdy a její složky. Ovšem od kvality půdy se odráží i její produkce a veškeré složky s tím spojené. Celý půdní ekosystém je tedy nutné chránit stejně jako nadzemní složky (Wall a kol., 2012).

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je za pomoci digitální analýzy dat z vlastních půdních vzorků posoudit rozdíly ve vnější stavbě půdních agregátů na lesních půdách a posoudit míru závislosti na intenzitě hospodářského využití půdy, zejména na pěstebních postupech a zohlednit k tomu další vlastnosti půdy, např. obsah jílu. Literatura uvádí, že změny v hospodaření s půdou mohou mít vliv na půdní strukturu. Na případech několika půdních typů dojde k posouzení patrných změn vlivem provedené předchozí obnovy porostů. Můžeme očekávat, zda a jak se tato změna projeví na vodostabilních agregátech.

2.1 Návaznost na bakalářskou práci

Diplomová práce v některých řešených tématech navazuje na autorovu bakalářskou práci, která se zabývala problematikou porovnání stability půdních agregátů na stejném půdním typu s rozdílnou intenzitou obhospodařování. Porovnávání proběhlo mezi různými lokalitami s různou intenzitou obdělávání, tj. lesní půda a půda zemědělská. Platí, že půdy, které jsou trvale zalesněné, mají převažující procentuální zastoupení velkých vodostabilních agregátů, naproti tomu zemědělsky obdělávaná půda obsahuje převahu malých až nejmenších agregátů.

Práce byla zaměřena na zemědělskou a lesní půdu, kde se rozdíly ve stavbě vodostabilních agregátů potvrdily. Autor se proto rozhodl blíže prozkoumat problematiku vodostabilních agregátů v lesních půdách.

2.2 Souběžná spolupráce

Tato diplomová práce použila pro získání vstupních dat společně vyvinutou metodiku měření digitální analýzy vodostabilních agregátů.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Rozdělení České republiky do jednotlivých sektorů je velice rozrůzněné. Celková rozloha půdního fondu k 31. 12. 2014 v ČR činila 7 886 779 ha. V roce 2014 zemědělská půda zaujímá 4 215 621 ha, tj. 53 % rozlohy ČR. Lesní pozemky zabírají území o rozloze 2 666 376 ha, tj. 34 % státu. Podíl zastavěné plochy tvoří 839 947 ha, tj. 11 %. Vodní plocha zaujímá 154 835 ha, tj. 2 % z rozlohy ČR (MZe, 2015).

3.1 Půda

Půdu je možné definovat jako samostatný přírodní útvar vzniklý z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků pomocí působení půdotvorných faktorů. Je životním prostředím půdních organizmů, stanovištěm planě rostoucí vegetace, slouží k pěstování kulturních rostlin (Franzluebbers, 2002). Půda je regulátorem koloběhu látek. Také je dynamický, stále se vyvíjející živý systém. Přežití a priorita všech suchozemských společenstev žijících na zemi, a to přirozených i umělých, závisí na tenké vrchní vrstvě země. Půda je přirozenou součástí národního bohatství každého státu. Proto je nutné ji chránit, nejen pro současnou dobu, ale se značným výhledem do budoucna (Němec a kol., 2009). Sánka a Materna (2004) uvádějí, že tyto charakteristiky činí půdu jakožto velmi variabilní složkou životního prostředí. Složitost systému je umocňována variabilitou v závislosti na lokalitách, tj. na vlivu geologického podloží, reliéfu terénu, antropogenní činnosti apod. (Vlček, 2015).

3.2 Legislativní zajištění ochrany půd

Zemědělské pozemky jsou přímo chráněny zákonem o ochraně zemědělského půdního fondu, číslo 334/1992 Sb., naopak lesní pozemky zvláštní zákon na ochranu půdy nemají. Jejich ochrana je zakotvena v lesním zákoně, číslo 289/1995 Sb. (Fialová, 2016).

U pozemků, které se stávají lesními pozemky ze zákona, musí být splněna vždy podmínka, že jde o pozemky trvale určené k plnění funkce lesa. Aby pozemek (a půda) mohl být považován za součást lesního půdního fondu, nestačí, že pozemek je porostlý lesními dřevinami. Například stromořadí u dálnic a silnic slouží ke zpevnění náspů a nepatří mezi pozemky PUPFL. Na druhé straně však tzv. lesy zvláštního určení, jako jsou parkové lesy, jsou součástí lesního půdního fondu (EAGRI, 2017). Uživatelé

lesních pozemků jsou povinni lesní pozemky a lesní porosty chránit a racionálně je využívat pro plnění funkce lesa (Buzek, 1995).

3.2.1 Ochrana půdy v praxi

Mezi články, které napomáhají podpoře udržování stability půd ze strany státu, patří takzvaná podpora investic do infrastruktury související s rozvojem, modernizací nebo přizpůsobením se zemědělství a lesnictví. Umožňuje svým efektem budovat společná zařízení s cílem chránit půdu před erozí. Nejčastěji se sem řadí trvalé terénní úpravy v krajině chránící vodu i půdu. Příkladem může být protierozní ochrana a opatření zabraňující odtoku vody z krajiny (Dotační-novinky, 2017).

Podpora zalesňování a zakládání lesů je převážně zaměřena na zemědělskou půdu, která je mnohem více ohrožena erozí. Dochází k vytváření opatření přispívající k snižování eroze, například zabránění smyvu půdy do vodních toků a snižování kvality půdy (CYRR ADVIS, 2017).

Opatření související s podporou půd patří spíše do zemědělství, řadí se mezi ně opatření agroenvironmentálně-klimatické, část podpor tohoto opatření je vhodná k prevenci proti degradaci půd, protože zajišťuje ochranu půd proti erozi, například zatravňováním (CYRR ADVIS, 2017).

Důvodem proč hlavně chránit lesní půdu je nutnost zachování její produkční schopnosti a hledisko propojení s vodním hospodářstvím. Produkční schopnost lesních půd je podmíněná stavbou celého půdního profilu. Porušení či ztráta svrchních půdních vrstev vlivem vodní nebo větrné eroze může mít za důsledek porušení půdních vlastností v celém půdním profilu. To vše může mít za následek větší či menší snížení půdní úrodnosti (Pelíšek, 1964). Ochrana lesní půdy musí proto mít jako hlavní úkol zachování celého půdního profilu se všemi jeho vrstvami, protože jen taková půda může poskytnout maximální produkci dřevní hmoty. Jedná se především o zachování povrchové vrstvy humusového krytu jako důležitého regulátoru půdních poměrů vodních, teplotních a biologických (Bronick a Lal, 2004).

Ochrana lesních půd z hlediska vodohospodářského má jako hlavní úkoly zachování humózních vrstev, charakterizovaných příznivou vodní jímavostí pro zadržení srážek propuštěných korunami lesních porostů (Wall a kol., 2012).

V zemědělství patří mezi opatření na ochranu půdy například situování pozemků ve směru vrstevnic, vhodně zvolené velikosti a tvary pozemků, vymezení parcel vhodných ke změně druhů pozemků (Franzluebbers, 2002). Zásady ochrany vycházejí ze znalostí a příčin vzniku erozních jevů a zákonitostí jejich rozvoje, důležitou roli hraje v ochraně půdy vegetační pokryv, který chrání půdu před přímým dopadem kapek, podporuje vsak vody a kořenový systém zvyšuje soudržnost půdy. Těchto vlastností, které se různě kombinují, se využívá podle typu plodiny při výběru organizačních opatření s protierozním účinkem (Janeček, 2012).

3.3 Změny kvality půd

Zachování kvality půd je jednou z podmínek k dosažení udržitelných a konkurenceschopných systémů hospodaření na půdě. Funkce půdy patří mezi procesy, které navíc ovlivňují složky v ekosystému (Eagleman a Jamison, 1962). Jednou z důležitých funkcí je funkce produkční, kterou je možné označit jako půdní úrodnost (Mikanová, 2010).

Podle Kovaříčka (2012) patří k zásadním vlivům, které působí negativně v půdě, působení lidské aktivity. Mezi nejhorší negativní vlivy patří degradace půdní struktury, ztráta půdní organické hmoty, zhutňování a eroze půd. Kvalita půdy je také dosti zásadně ovlivněna, ať už pozitivně či negativně, způsoby hospodaření.

V posledních uplynulých letech tvoří ztráty půdy dle údajů ČÚZK (2017) zhruba 5000 ha za rok. Jedná se o negativní činitele, a to hlavně zastavování plochy, erozi, kontaminaci půdy škodlivými látkami. V České republice se zaznamenávají některé látky, jako například průmyslová hnojiva, přípravky na ochranu rostlin, kaly z čističek odpadních vod, vytěžené sedimenty z vodních nádrží, rybníků a vodních toků. Tyto látky je třeba regulovat a následně sledovat tak, aby v důsledku jejich působení na půdu nedocházelo k poškozování půdy a jejích vlastností. A aby nedocházelo k narušení zadržování vody v půdě (MŽP, 2016).

3.4 Vodostabilní agregáty

Dle Franzluchera (2002) je agregát jednotka půdního seskupení vznikající shluky základních zrn. Na vznik půdních agregátů mají vliv procesy chemické, fyzikální a biologické. Koloidizace (shlukování jednotlivých zrn) je nejčastějším důvodem vzniku

půdních agregátů v půdě. Vodostabilní agregáty mohou vznikat důsledkem lidské činnosti a to například válením či orbou. Agregáty jsou velice významným výsledkem působení půdní organické hmoty na ostatní složky půdy (Garate a kol., 2011). Franzluebbbers (2002) shrnul roli agregátů tak, že usnadňují infiltraci vody do půdy, mohou poskytnout vhodný prostor pro přežití půdních organismů, poskytují vhodný prostor pro zásoby kyslíku určeného kořenům a půdním organismům. Napomáhají též zamezení vzniku eroze půdy.

Vodostabilní agregáty vznikají slepováním jednotlivých bakterií a jílových částic s pomocí houbových vláken. Tvorba půdních agregátů závisí na textuře půdy a je řízena přirozenými procesy v půdním prostředí. Hlavní vlivy na strukturu půdních agregátů má změna střídání vlhkosti, aktivita kořenů, půdních živočichů apod. (Hůla, 2010).

Tvorba půdních agregátů, jak potvrzuje i Šantrůčková (2014) je podmíněna přítomností koloidních částic, tj. jílu, organická hmota a stmelující látky, jako jsou například uhličitany, které obalují pevné částice a spojují je ve vodostabilní agregáty. Vytvoření koloidů s sebou přináší další tvorbu částic, které se shlukují ve větší celky. Ty jsou nejdůležitější v prvotních fázích tvorby agregátů. V pozdních fázích, při zvětšování a stabilizaci půdních agregátů, se zvyšuje význam organických látek a biologické aktivity. Slepené koloidní částice se nalepují na povrch bakterií, které jsou po odumření rozloženy a z agregátu vznikají první mikropóry (Rowell, 1994).

Bakterie obalené pouzdrem ze stmelěných koloidů se dále slepují mezi sebou, nalepují na vlákna hub a agregát se postupně zvětšuje. Vlákna hub zanechávají po jejich odumření v půdních agregátech tunýlky, kterými mohou dále prorůst jemné kořeny rostlin. V těchto prostorách po odumření kořenů a houbových vláken vznikají postupně větší a větší póry, do kterých může pronikat voda i vzduch. Důležitou roli v tvorbě půdních agregátů hrají mikroorganismy s bohatou tvorbou slizových látek. Příkladem mohou být žížaly. Exkrementy těchto živočichů tvoří důležitý podíl těch nejstabilnějších agregátů v povrchových vrstvách půdy (Wood, 1995). Kvalitní vodostabilní agregáty umožňují pronikání kořenů rostlin i edafonu do půdního profilu a jeho další rozvoj (Šimek, 2003). Nestabilní agregáty se ve vodě rychle rozplaví na jednotlivé částičky a půda má špatnou strukturu. Snadno se slévá, utužuje a vytváří se škraloupky nepropustné pro vodu a vzduch (Rowell, 1994).

3.4.1 Funkce půdních agregátů

Stabilita půdních agregátů zlepšuje půdní pórovitost, provzdušněnost, vododržnost a kationovou výměnnou kapacitu. Vytváří vhodné podmínky pro rozvoj života v půdě a tím i tvorbu kvalitních půd. Póry mezi a uvnitř agregátů zajišťují tok vody, výměnu plynů a živin, prorůstání kořenů a houbových hyf, pohyb půdních organismů, které nejsou schopny vytvářet vlastní cesty. Póry jsou životním prostorem pro veškerý edafon (Šantrůčková, 2014).

Lesní půdy bývají často velmi kypré, mají vysokou pórovitost a obsahují mnoho kyslíku. Tento kyslík má však za následek změnu přirozené struktury. Agregáty mohou být v některých místech rozdrobeny na malé částičky. To může mít za následek slehnutí půd. Tím se značně zvýší výpar a sníží zadržení vody v půdním povrchu. Jelikož nedochází k zasakování, voda povrchově odtéká či na místě stagnuje (Pelíšek, 1957).

Odstraněním nebo zničením opadu a povrchového humusu se ochuzují lesní půdy. Ztrátou humusu se zhoršují i příznivé vlastnosti fyzikální, chemické, biologické (Whalen a Sampedro, 2010). Bylo zjištěno, že velké holosečné hospodaření má za následek ztrátu humusu a zhoršování fyzikálních vlastností, tj. rozpad agregátů. Vytrhávání pařezů nebo udržování porostů bez nárostu či bez spodní etáže krycích dřevin způsobuje značné poruchy ve fyzikálních půdních vlastnostech (Franzluebbers, 2002).

3.5 Role agregátů ve struktuře půdy

Půdní strukturou se rozumí soubor všech vodostabilních agregátů, které vytvářejí strukturní stav nebo strukturnost půd. Jednotlivé lesní půdy mají různý stav strukturnosti a různou schopnost tvořit strukturu. Strukturní agregáty čili strukturní prvky jsou různých velikostí, různého tvaru, mají různou stálost a jsou vzájemně rozmanitě seskupovány a uspořádávány (Pospíšilová a Vlček, 2015). Vznik a tvorba struktury je ovlivňována mnoha faktory. Struktura podléhá také určitým změnám, a to vlivy vnitřními a vnějšími. Je to důležitá půdní vlastnost, ovlivňující výrazně zejména půdní režim vzdušný i vodní, a tím zároveň veškeré procesy s tím související. Těž produkční schopnost lesních půd je výrazně ovlivňována strukturním stavem (Pelíšek, 1964).

V tvorbě struktury se uplatňují zejména síly molekulární, adhezní a též tmelové účinky koloidních částic (Amézqueta, 1999). Vodostabilní agregáty také ovlivňují pohyb vody v půdě, který je závislý na prostorech mezi půdními částicemi, tzv. póry (Sáňka a Materna 2004).

Podle tvaru a velikosti agregátů lze strukturu dělit na agregáty rovnoměrně vyvinuté do tří os, vytvářejících struktury kolovité se zaoblenými shluky, tj. hroudovitou, drobtovitou a práškovitou. Další je struktura polyedrická, tedy ostrohranné agregáty v těsném uspořádání (Hillel, 2004).

3.5.1 Faktory ovlivňující tvorbu struktury lesní půdy

Lichner a kol. (2002) říkají, že vznik a tvorba struktury lesních půd je ovlivňována především různými přírodními činiteli. Z nichž nejvýznamnější je nemechanická skladba půdy zrnitost, obsah humusu, nasycenost sorpčního komplexu, množství dešťových srážek, obsah vody v půdě, kořeny stromů i nedřevnaté vegetace a vlivy půdního edafonu. Největším a nejvýznamnějším rušivým elementem půdní struktury je dešťová voda, která může mechanicky rozbít agregáty.

Z umělých činitelů je to zejména obdělávání půdy a umělé hnojení minerální i organické, což přichází v úvahu hlavně v lesních školkách a při melioračních opatřeních. Též časté pojíždění těžké mechanizace může narušit půdní strukturu (Rampazzo a kol., 1998). Struktura půdy je velice důležitá, její poškození způsobuje, že půdy s nevhodným prostorovým uspořádáním agregátů způsobují špatné zasakování srážkové vody a silný povrchový odtok, ten může způsobovat degradaci půdy. Takovéto půdy vykazují omezenou biologickou aktivitu. Nepříznivý je také vzdušný, tepelný a vodní režim (Pardo a kol., 2000, Rampazzo a kol., 1998).

Humus je velice důležitým tmelidlem strukturních agregátů, proto má veliký význam v lesních půdách. Kyselý humus strukturní agregáty rozrušuje, naopak nasycený humus tvoří agregáty stálé (Enev a kol., 2014).

Chemismus půdy a obsah půdních bází, jak uvedli Doran a Parkin (1996) působí výrazně na tvorbu agregátů. Působením účinku silných elektrolytů vápníku a hořčíku na koloidy vznikají strukturní agregáty hrubší a pevnější. Naproti tomu působením sodíku dochází k desintegraci a tvorbě agregátů jemných, až do úplného rozrušení struktury.

Obsah vody v půdě působí vlivem zvýšeného množství vodíkových iontů na rozrušování půdní struktury a tvoří se tak struktura slitá. Mráz působí svým trhacím účinkem na zjemňování půdní struktury v lesních půdách při používání těžkých mechanizačních prostředků při přibližování (De Jonge a kol, 1999).

Z biologických vlivů působí na vznik a tvorbu struktury lesních půd kořeny rostlin, dřevin a půdní živočichové. Ti působí jednak mechanicky kypřícími vlivy, jednak myceliem plísní a hub, jehož vlákna prorůstají půdní hmotou a spojují ji. Podobně působí i makroedafon (hmyz, stonožky). Biologickým tmelidlem je i humus, který má značný vliv na tvorbu vodostabilních agregátů. Samotné dřeviny a rostliny svými kořeny působí rovněž na tvorbu struktury tím, že rozpojují hrubší půdní hmotu na drobnější shluky, drobty aj. Příkladem toho je drnovina na zatravněných lesních plochách, kde se drží mezi hrubším i jemným kořenovým vlášením různě velké vodostabilní agregáty (Pelíšek, 1964). Pelíšek (1957) říká, že zrnitost je velmi důležitým činitelem pro tvorbu struktury v našich lesních půdách, a to zejména obsahem jílu a půdních koloidů. Půdy hlinité a jílovité s vyšším obsahem koloidů mají zpravidla strukturu hrubší, kdežto půdy lehčí jsou charakteristické strukturami jemnými až prašnými.

3.6 Hospodaření

3.6.1 Hlavní principy hospodaření v lese

Dle Polena a kol. (2007b) hospodářské zásahy člověka ve vyspělé lidské společnosti se stávají velmi důležitými činiteli, které mají vliv na vodostabilní agregáty. Tímto je možno regulovat průběh tvorby vodostabilních agregátů i produkční schopnost lesních půd. Správnými hospodářskými zásahy a zejména správnou volbou dřevin má člověk možnost nejen udržet produkční schopnost lesních půd, ale může ji ještě značně zvýšit.

Nevhodnými hospodářskými opatřeními může člověk naopak způsobit degradaci lesních půd, snížení jejich produkční schopnosti a tím i snížení přírůstu dřevní hmoty. Hospodářské zásahy člověka se mohou rozdělit do dvou skupin: hospodářské zásahy přímé, jimiž člověk zasahuje bezprostředně do půdotvorných procesů a tvorby půdy a hospodářské zásahy nepřímé, jimiž člověk zasahuje nepřímo do tvorby půdních agregátů a tvorby půdy (Poleno a kol., 2007a).

Do skupiny hospodářských zásahů přímých patří zejména agrotechnické obdělávání půdy, dobývání pařezů a hrabání povrchového humusu. Do skupiny hospodářských zásahů nepřímých patří působení porostů s různou dřevinnou skladbou, vyžínání trávy, odlesňování apod. Hlavní škodlivé zásahy v hospodaření s lesní půdou, způsobující zmenšení její produkční schopnosti, jsou obvykle tyto: odlesnění a zejména holosečné hospodaření s krátkou obmýtní dobou (výmladkové hospodaření), kopání pařezů, nesprávná volba porostních směsí apod. (Pelíšek, 1964).

Člověk patří do těchto skupin, jelikož zasahuje do tvorby lesních půd hlavně jejich strukturní úpravou. Například se lesní půdy zpracují agrotechnicky pro zalesňovací práce. Takovými zásahy se lesní půda především zbavuje své nejdůležitější složky, lesního humusu, který rychle oxiduje a tím se prakticky z půdy ztrácí (Vlček, 2015).

3.6.2 Principy hospodářských způsobů

Hospodářský způsob lesa charakterizuje způsob obhospodařování lesů a zejména způsob jejich obnovy (Kantor, 2005).

Tab. 1 Obecné shrnutí hospodářských způsobů (Poleno a kol., 2007b; Korpel, 1991)

Hospodářský způsob	Popis	Hypotéza míry ovlivnění struktury půdy
Holosečný	Při něm následuje obnova lesa po jednorázovém smýcení porostu či jeho části. Při takto provedené těžbě nejsou vůbec uplatňovány principy výběru a také ekologický vliv mýceného porostu na převážné části obnovované plochy je minimální. Výsledkem této formy jsou jednoetážové porosty.	Velkoplošný-předpokládá se značné ovlivnění Maloplošný-předpokládá se poškození
Násečný	Představuje v zásadě kombinaci obou základních forem, obnovovaná plocha je zčásti holá (tzv. vnější obruba) a zčásti zacloněná (vnitřní obruba). Principy výběru při mýtní těžbě jsou uplatňovány jen zčásti, ekologický vliv mýceného porostu se projevuje na převážné části plochy. Výsledkem hospodaření je způsob obnovy s velmi krátkodobě podsunutou obnovou pod neustále postupujícími porostními okraji.	Předpokládá se poškození.
Podrostní	Při něm se obnova lesa uskutečňuje na zacloněné ploše, před úplným zmýcením porostu na obnovní ploše, ekologický vliv mýceného porostu se na obnovní ploše projevuje v plném rozsahu. Výsledkem hospodaření je hospodářský les s porosty dočasně (po dobu obnovy) etážovitě uspořádanými.	Může se objevit poškození.
Výběrný	Uplatňují se dvě formy, stromová a skupinová. Při stromové formě se hospodářská opatření nesoustřeďují na žádnou plochu, ale objektem hospodaření je důsledně strom. Při skupinové formě se základní hospodářská opatření uskutečňují v malých skupinkách	Poškození se může objevit, ale nepředpokládá se.

Po provedení jednotlivých hospodářských způsobů se hypoteticky předpokládá, že nastane různá míra poškození půdní struktury.

3.6.3 Vliv odlesnění na půdu

V důsledku odstranění porostu dochází k zvýšení množství vody v půdě. Vykácením dochází k přesunu evapotranspirace z korunové vrstvy stromů do přízemní vrstvy. Jelikož evapotranspirace stromů je vyšší než u přízemní vegetace (zejména v prvních letech po holoseči), dochází k celkovému snížení vlhkosti vzduchu zejména v letních měsících (Poleno a kol., 2007b).

Odlesněním dojde k odstranění rostlinné vrstvy, ze které dochází k intercepci srážek a k transpiraci. To se výrazně projevuje ve vodním režimu holin i v případě holin většího rozsahu. Vyloučením intercepce i transpirace vytěženého lesního porostu dochází k výraznému zvýšení obsahu vody v půdě, například na půdách s vyšším obsahem jílu (Poleno a kol., 2007a). Na svazích zase absence porostu narušuje vsak vody a voda působí rozrušování půdního povrchu a odnos půdních částic (Poleno a kol., 2007a; Vacek, 2006). U vodostabilních agregátů poměrně během krátké doby po odstranění porostů dochází k poničení přirozených tmelících složek (kořínky, hyfy hub apod.) a dochází k jejich postupnému rozpadu (Šantrůčková, 2014).

3.6.4 Infiltrace a odtok vody

Vyskytují se látky, které odpuzují vodu a zabraňují infiltraci vody (Debano, 1971), proto je možné za deště s vydatnou intenzitou pozorovat povrchové proudění vody. Toto nastane, jakmile intenzita deště překročí rychlost infiltrace do půdy (Hlavčová a kol., 2001). Platí, že vodoodpudivost půdy klesá s obsahem organické hmoty a se snižováním obsahu jemnozrné frakce minerálního podílu (McKissock a kol., 2000).

Na infiltraci vody má i vliv vegetace. Valdetlinden a kol. (1998) uvádějí, že porovnávali fyzikální parametry půd na zalesněných plochách pod korunami stromů a mimo ně. Pod stromy byla zjištěna mnohem větší infiltrace vody než na ploše holé (Pelíšek, 1964; Poleno a kol., 2007).

4 METODIKA

4.1 Lokality

Vybrané zkoumané půdní typy se nacházejí na Školním lesním podniku Masarykův les Křtiny. Lokality byly vybrány na základě předem stanovených kritérií. Hlavními kritérii byly: půdní typ, stáří porostu, zda v porostu proběhla těžba v minulých letech a co nejkratší uplynulá doba od zalesnění.

4.1.1 Charakteristika přírodních podmínek

Školní lesní podnik Masarykův les Křtiny má rozlohu cca 10 265 ha. Vytváří komplex, který navazuje na severní okraj města Brna. ŠLP je rozdělený do tří polesí, a to polesí Vranov, Bílovice a polesí Habrůvka. Polesí se nacházejí v nadmořské výšce 201 až 575 m a vyznačují se značnou rozmanitostí přírodních podmínek (Kolektiv, 2013).

Školní lesní podnik Masarykův les Křtiny spadá do přírodní lesní oblasti 30-Drahanská vrchovina a 35-Jihomoravské úvaly (Culek, 1995). Území se spadá do čtyř vegetačních stupňů. Je to území, kde převládají smíšené porosty. Převažují zde listnaté dřeviny a to z 54 % oproti 46 % dřevin jehličnatých. Mezi hlavní dřeviny patří smrk ztepilý (*Picea abies* L.), borovice (*Pinus sylvestris* L.), modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.), z listnatých buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) a dub zimní (*Quercus petraea* Matt.) (ŠLP KŘTINY, 2017).

Brněnský masív je tvořen hlavně amfibolickými granodiority, místy diority a diabasy. Jedná se o brněnský pluton, který se rozkládá na západní části a převládá v jihovýchodní části ŠLP. V okrajové části orientované severozápadně vystupují i devonské křemité slepence a jílovce. Jižní část je typická výskytem pleistocenních spraší a sprašových hlín, eluviálních a deluviálních sedimentů a holocenních nivních uloženin na šterkopískových terasách (Kolektiv, 2013). Značnou část zaujímá vápencová oblast spadající do střední části Moravského krasu (Zapletal, 1992).

Hlavními půdními typy vyskytující se na ŠLP Masarykův les Křtiny jsou: kambizem, na překryvech sprašových hlín se vyskytuje luvizem. Na vápencích jsou zastoupeny rendziny. Mezi dalšími půdními typy, které se zde vyskytují, jsou hnědozem a ranker (Truhlář, 1996).

Dle Quitta (1971) leží území v mírně teplé oblasti, konkrétně v podoblasti M11. Tato oblast je charakteristická dlouhým, teplým a suchým létem, přechodné období je krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem. Zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky. Největší sluneční aktivita je nejvyšší v červenci, slunce svítí průměrně 8,5–8,9 hodin denně. Nejkratší sluneční svit je v prosinci, v průměru 1,4–1,6 hodiny. Podnebí je poměrně teplé a suché, což způsobuje poloha v mírném srážkovém stínu Českomoravské vrchoviny. Průměrné teplotní hodnoty v okolních místech jsou okolo 7,5 °C a hodnoty srážkové 610 mm (Musil, 2011).

4.1.2 Výběr lokality

Při výběru lokalit bylo nejprve nutné se zaměřit na plochy na celém Školním lesním podniku Masarykův les Křtiny. Výzkum byl zařazen na podnik vzhledem k tomu, že je to lokalita velice rozmanitá, jak z pohledu půdních typů, tak i věku a skladby porostů. Navíc je to lokalita snadno dostupná. Podle pedologických map bylo vytipováno 5 lokalit s rozdílným půdním typem. Poté dle lesního hospodářského plánu byl zjištěn stav a stáří 32 porostů, které se vyskytují na těchto půdních typech. Tyto porosty byly vybrány pro užší terénní průzkum, jelikož se zdály vhodné pro odběr půdních vzorků. Nicméně po terénním průzkumu a zjištění stavu a vhodnosti porostu bylo vybráno 10 vhodných porostů, z toho na každém půdním typu dva porosty. Věk mladých porostů se pohybuje v rozmezí 6–20 let a věk porostů starých mezi 92–125 lety. Na těchto lokalitách následoval odběr půdních vzorků určených pro analýzu ve školních laboratořích.

Při výběru lokalit byly použity mapové podklady půdních typů, porostní mapy a lesní hospodářská kniha ŠLP Křtiny.

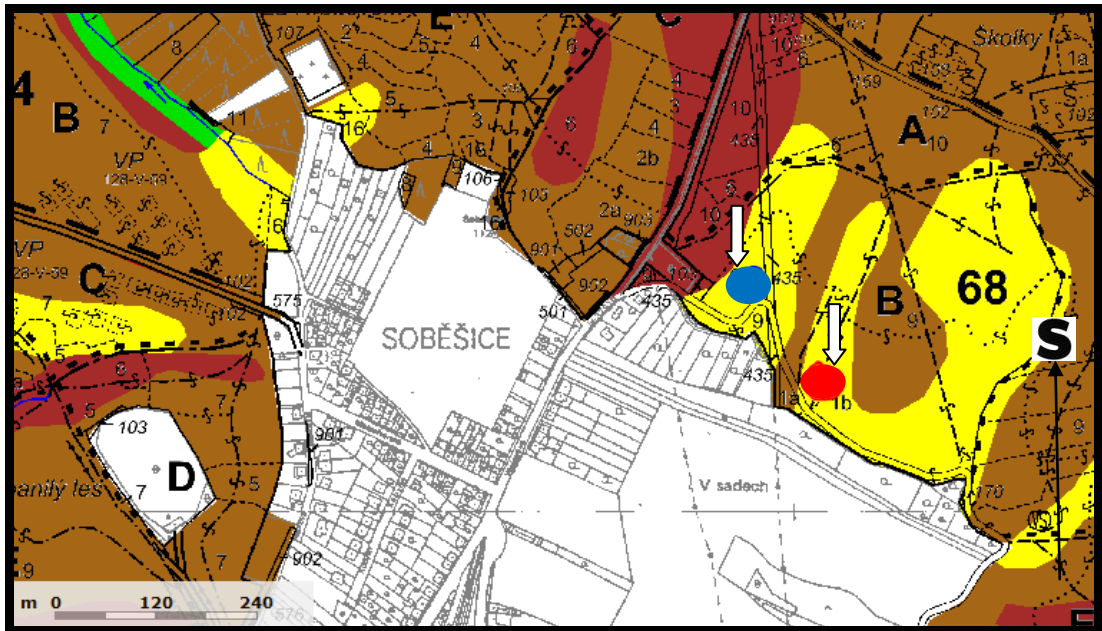
4.2 Popis lokalit

4.2.1 Luvizem (lokalita č. 1)

První lokalita je zjednodušeně popsána v tab. 2. Nachází se severně od obce Soběšice. Plochy leží téměř vedle sebe. Plocha spadá pod polesí Vranov. Dle souřadnic se plochy vyskytují přibližně 49.2599122 severní šířky, 16.6265836 východní délky (Mapy ČR, 2017). Půdotvorný materiál jsou zde smíšené sedimenty a půdním typem na této ploše je luvizem (Mapy ŠLP, 2017). První místo odběru vzorku leží v porostu číslo 68 B 1b. Je to zhruba 5 let stará kultura se zastoupením BK 95, HB 3 a LP 2. Celková výměra je 0,11 ha. Druhé místo pro odběr vzorku leží v porostu číslo 68 B 9. Věk porostu je dle hospodářské knihy 92 let, dřeviny jsou zde zastoupeny BO 37, DBZ 26, MD 18, SM 10, HB, BK, LP vtroušené. Výměra této porostní skupiny je 10,90 ha.

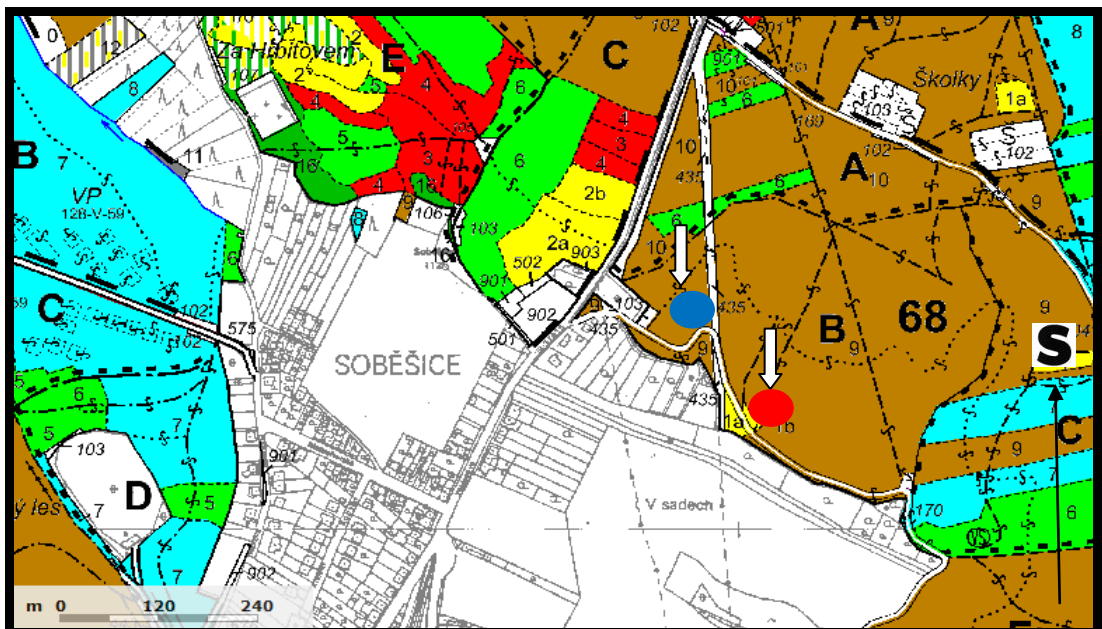
Tab. 2 Popis lokality č. 1 (Kolektiv, 2013)

Půda	Luvizem	Porost	mladý	68 B 1b
			starý	68 B 9
Dřevinná skladba	BK 95, HB 3, LP 2	Věk porostu	5	
	BO 37, DBZ 26, MD 18, SM 10, HB 5, BK 2, LP 2		92	
Geologické podloží	Smíšené sedimenty	Výměra (ha)	mladý	0,11
			starý	10,9
Nadmořská výška (m n. m.)	385	Sklon	Mírný svah	



Obr. 1 Půdní mapa místa odběru vzorků půdního typu luvizem (Mapy ŠLP, 2017).

Červeně je označená oblast místa odběru půdních vzorků v mladém porostu. Modrý kruh označuje místo odběru půdních vzorků ve starém porostu. Žlutá barva vymezuje výskyt půdního typu luvizem.



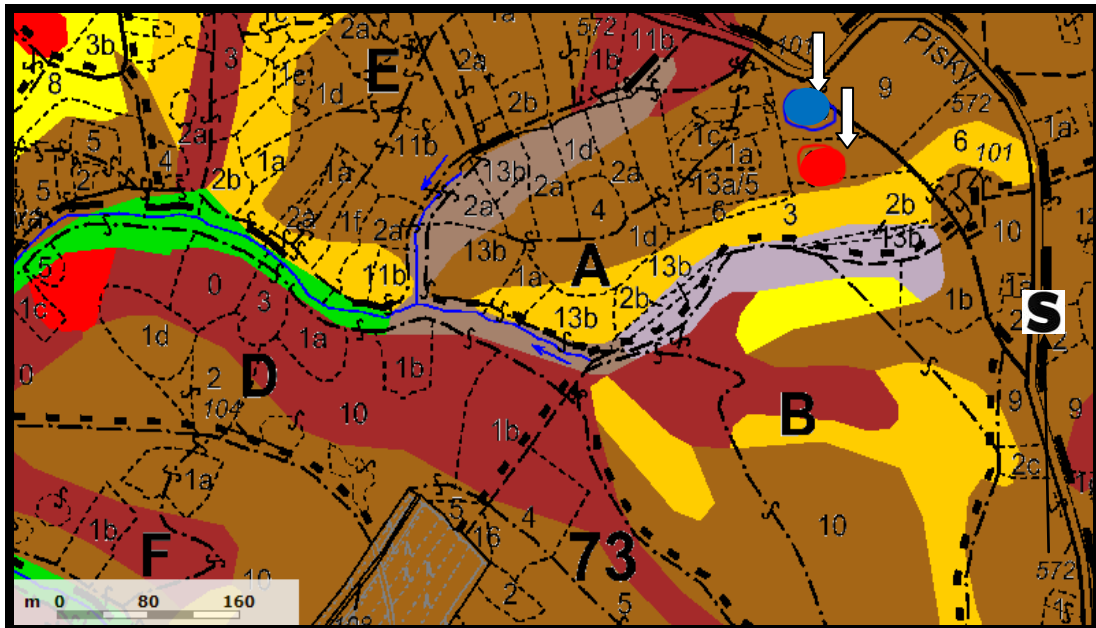
Obr. 2 Porostní mapa půdního typu luvizemě (Mapy ŠLP, 2017). Vyznačená místa ukazují na odběr vzorků.

4.2.2 Kambizem (lokalita č. 2)

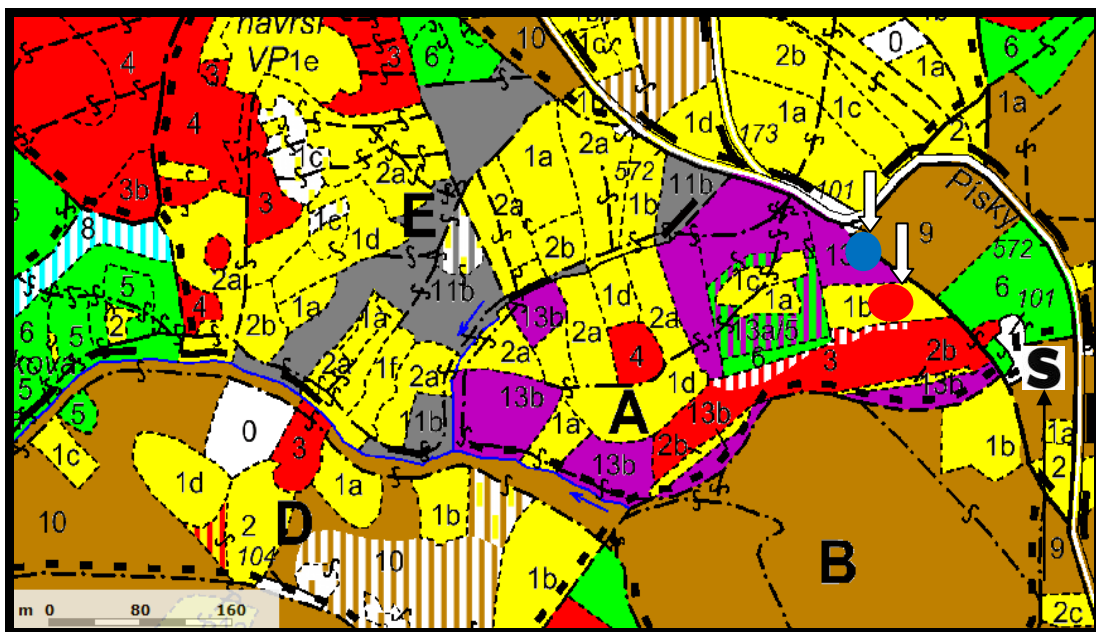
Lokalita č. 2 je zjednodušeně popsána v tab. 3 a leží opět severně nedaleko od obce Soběšice. Plochy se nacházejí v porostních skupinách, které se vyskytují bezprostředně vedle sebe. Geologickým podložím je granodiorit (Mapy ŠLP, 2017). Místa, kde se vzorky odebíraly, spadají pod polesí Vranov. Podle souřadnic se plochy nacházejí na přibližně 49.2671083 severní šířky a 16.6219017 východní délky (Mapy ČR, 2017). Půdním typem na této ploše je kambizem typická (Mapy ŠLP, 2017). Místo odběru leží v porostu 73 A 1b. Jedná se o kulturu ve věku 6 let. Její výměra činí 0,33 ha. Dřevina, která se zde vyskytuje, je JD 100. Druhou plochou v této lokalitě je porost číslo 73 A 13b. Věk porostu je 125 let. Jedná se o smíšený porost, dominuje zde BO 83, dále se zde vyskytuje MD, DBZ, SM, HB, BK, BR. Výměra porostní skupiny je 2,43 ha (Kolektiv, 2013).

Tab. 3 Popis lokality č. 2 (Kolektiv, 2013)

Půda		Kambizem	Porost	mladý	73 A1b
				starý	73 A 13b
Dřevinná skladba	mladý	JD 100	Věk porostu	6	
	starý	BO 83, MD 7, DBZ 3, SM 2, HB 2, BK 2, BR 1		125	
Geologické podloží		Granodiorit	Výměra (ha)	mladý	0,33
				starý	2,43
Nadmořská výška (m n. m.)		390	Sklon	Mírný zvlněný svah	



Obr. 3 Půdní mapa půdního typu kambizemě (Mapy ŠLP, 2017). Červený kruh ukazuje vyznačená místa odběru vzorku v mladém porostu. Modrý kruh vytyčuje oblast odběru vzorku ve starém porostu. Hnědá barva značí výskyt půdního typu kambizem.



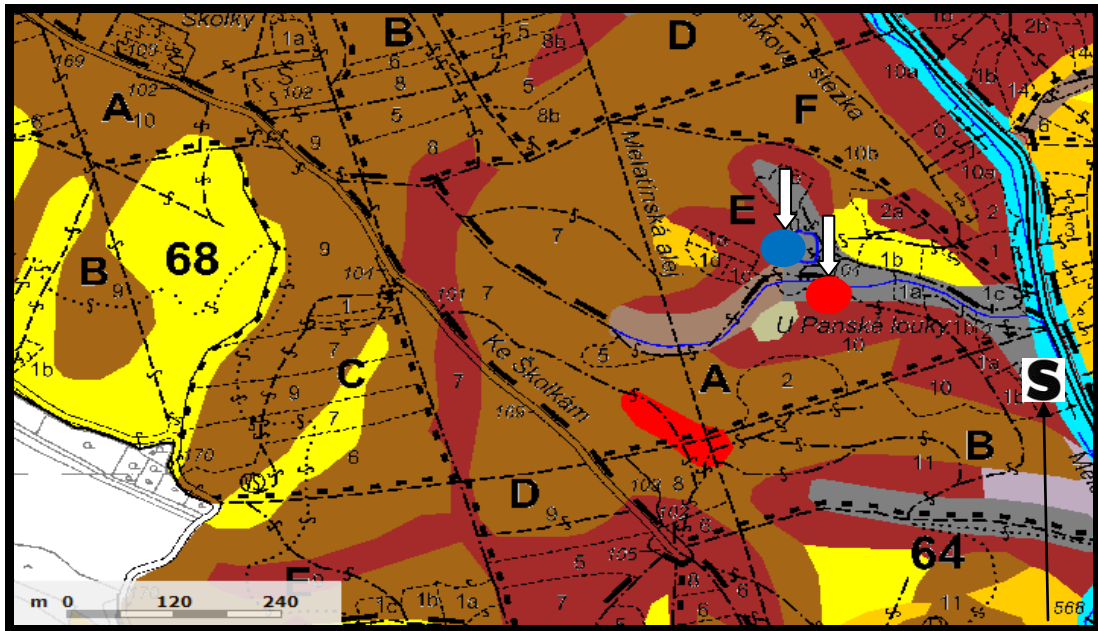
Obr. 4 Porostní mapa půdního typu kambizemě (Mapy ŠLP, 2017). Šipkami jsou vyznačena místa odběru půdních vzorků.

4.2.3 Hnědozem (lokalita č. 3)

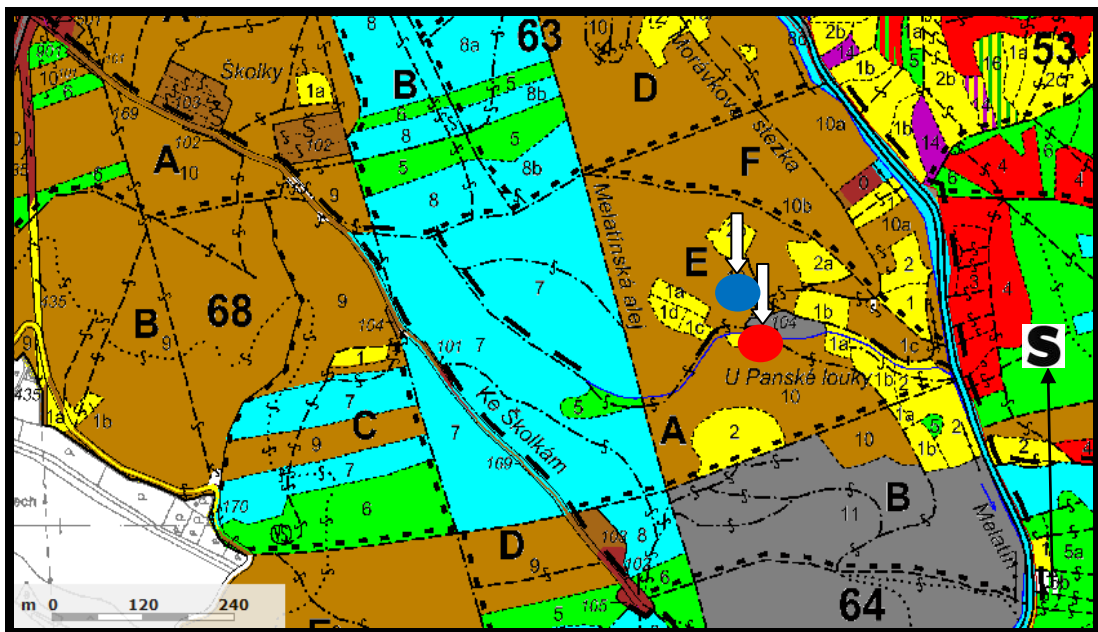
Tab. 3 zkráceně popisuje lokalitu číslo 4. Lokalita spadá pod polesí Vranov. Geologickým podložím jsou kvartérní sedimenty. Plochy, kde se odebíraly vzorky, se nacházejí na půdním typu hnědozem (Mapy ŠLP, 2017). Porosty se nacházejí ve svahu a plochy leží nedaleko od sebe. Podle souřadnic odběr proběhl na těchto souřadnicích: 49.2608353 severní šířky a 16.6395558 východní délky (Mapy ČR, 2017). První porostní skupina je 63 E 10. V tomto porostu je dominantní dřevinou SM 55, následuje BO 22, MD 12 a dále BK, DBZ, HB. Jedná se o 104 let starý porost. Plocha tohoto porostu měří 5,07 ha (Kolektiv, 2013). Druhá plocha je mladý porost ve věku 7 let. V dřevinné skladbě dominuje BK 75, druhou nejzastoupenější dřevinou je KL 20 a vtroušené dřeviny DBZ a HB. Jedná se o zvlněný svah. Číslo porostní skupiny je 64 A 1b. Velikost porostu je 0,38 ha (Kolektiv, 2013).

Tab. 4 Popis lokality č. 3 (Kolektiv, 2013)

Půda		Hnědozem	Porost	mladý	64 A 1b
				starý	63 E 10
Dřevinná skladba	mladý	BK 75, KL 20, DBZ 3, HB 2	Věk porostu		7
	starý	SM 55, BO 22, MD 12, BK 6, DBZ 4, HB 1			104
Geologické podloží		Kvarterní sedimenty	Výměra (ha)	mladý	0,38
				starý	5,07
Nadmořská výška (m n. m.)		345	Sklon		Prudký svah



Obr. 5 Půdní mapa půdního typu hnědozemě (Mapy ŠLP, 2017). Na obrázku jsou vyznačena místa odběru vzorků. Fialovou barvou je vyznačena oblast výskytu půdního typu. Červený kroužek značí oblast, ve které proběhl odběr v mladém porostu. Modrý kroužek znázorňuje oblast odběru ve starém porostu.



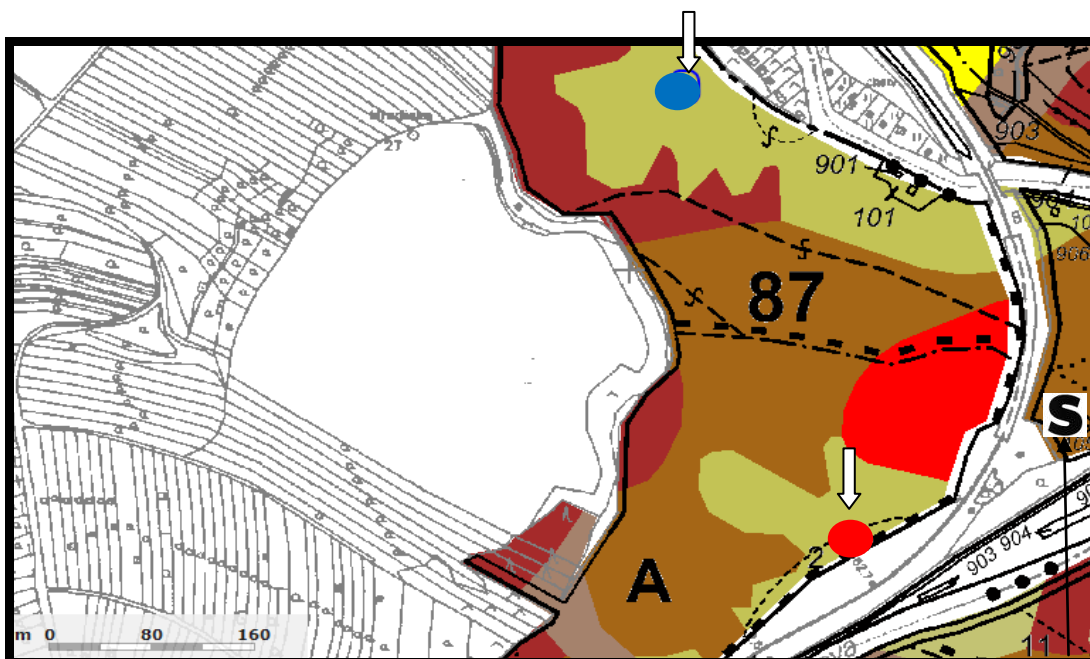
Obr. 6 Porostní mapa půdního typu hnědozemě (Mapy ŠLP, 2017). Na mapě jsou vyznačena místa odběru vzorků.

4.2.4 Ranker (lokalita č. 4)

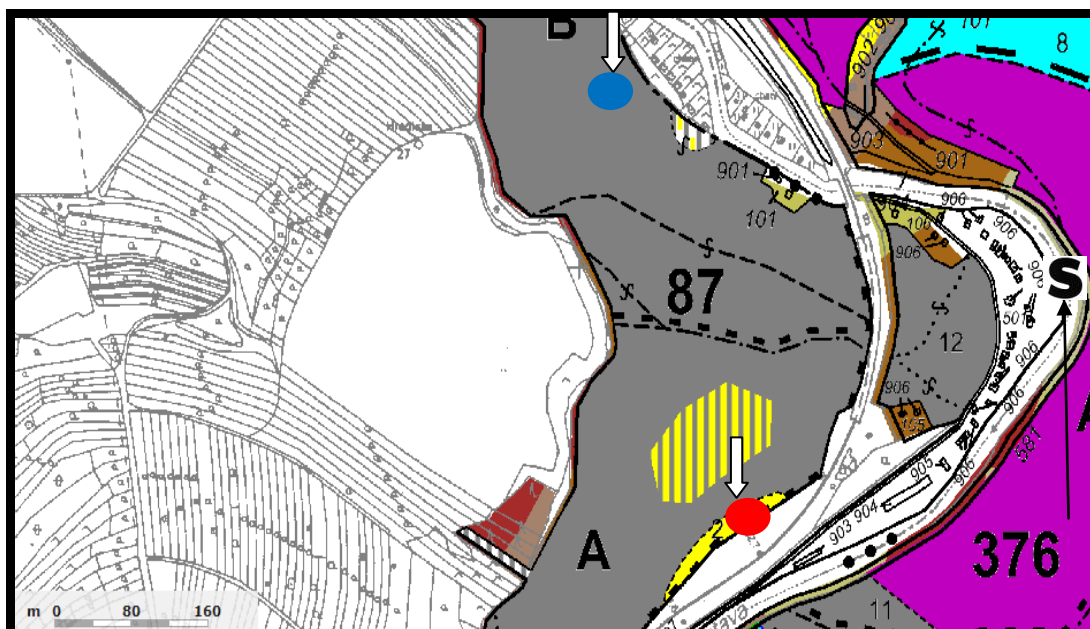
Čtvrtou lokalitu a její poměry popisuje tab. 5. První plocha leží východně od brněnské městské části Obřany. Druhá plocha se nachází v jižní části obce Bílovice nad Svitavou, vedle místní chatové oblasti. Spadají hraničně pod polesí Vranov. Plochy tvoří na této lokalitě výjimku a jsou od sebe vzdáleny cca 200 metrů. Porosty se nacházejí v prudkém svahu orientovaném k východu. První místo odběru se nachází 49.2347467 severní šířky a 16.6664744 východní délky, místo druhé na souřadnicích 49.2310056 severní šířky a 16.6687061 východní délky (Mapy ČR, 2017). Geologickým podložím na této lokalitě je granodiorit. Půdním typem je ranker (Mapy ŠLP, 2017). První porostní skupina má číselné označení 87 B 12. Jedná se o smíšený porost 124 let starý. Dřevinná skladba je smíšená, převažují zde listnaté dřeviny jako LP 35, DBZ 33, HB 23 a také dřeviny vtroušené, BO, BK a JV. Tato porostní skupina zaujímá 11,81 ha. Druhé místo odběru půdních vzorků leží v porostní skupině 87 A 2. Je to mladý porost ve věku 20 let. Dřevinná skladba je opět pestrá, dominantní dřevinou je AK 70, následován HB 10, JV 10 a méně zastoupenými dřevinami jako je JVJ a KR. Je to porostní skupina jejíž výměra činí 0,24 ha (Kolektiv, 2013).

Tab. 5 Popis lokality č. 4 (Kolektiv, 2013)

Půda		Ranker	Porost	mladý	87 A 2
				starý	87 B 12
Dřevinná skladba	mladý	AK 70, HB 10, JV 10, KR 8, JVJ 2	Věk porostu		20
	starý	LP 35, DBZ 33, HB 23, BO 7, BK 1, JV 1			124
Geologické podloží		Granodiorit	Výměra (ha)	mladý	0,24
				starý	11,81
Nadmořská výška (m n. m.)		230	Sklon		Prudký svah



Obr. 7 Půdní mapa půdního typu ranker (Mapy ŠLP, 2017). Obrázek ukazuje na místa odběru půdních vzorků rankeru. Zelená barva značí místo výskytu rankeru. Červený kroužek značí oblast, ve které proběhl odběr v mladém porostu. Modrý kroužek znázorňuje oblast odběru ve starém porostu.



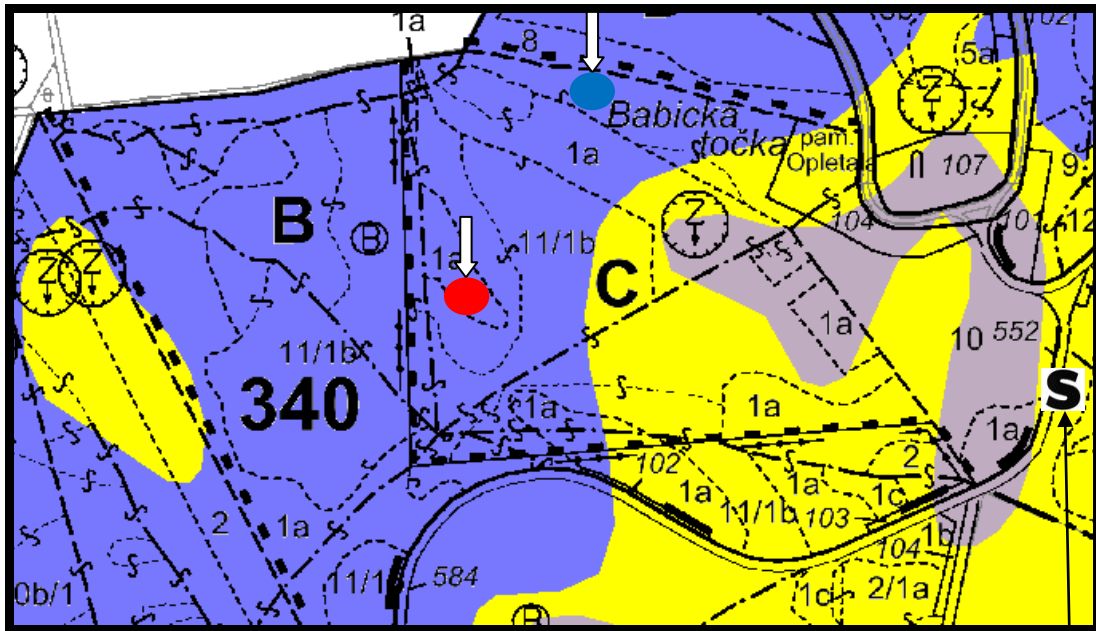
Obr. 8 Porostní mapa půdního typu ranker (Mapy ŠLP, 2017). Vyznačená místa odběru půdních vzorků v porostní mapě.

4.2.5 Rendzina (lokalita č. 5)

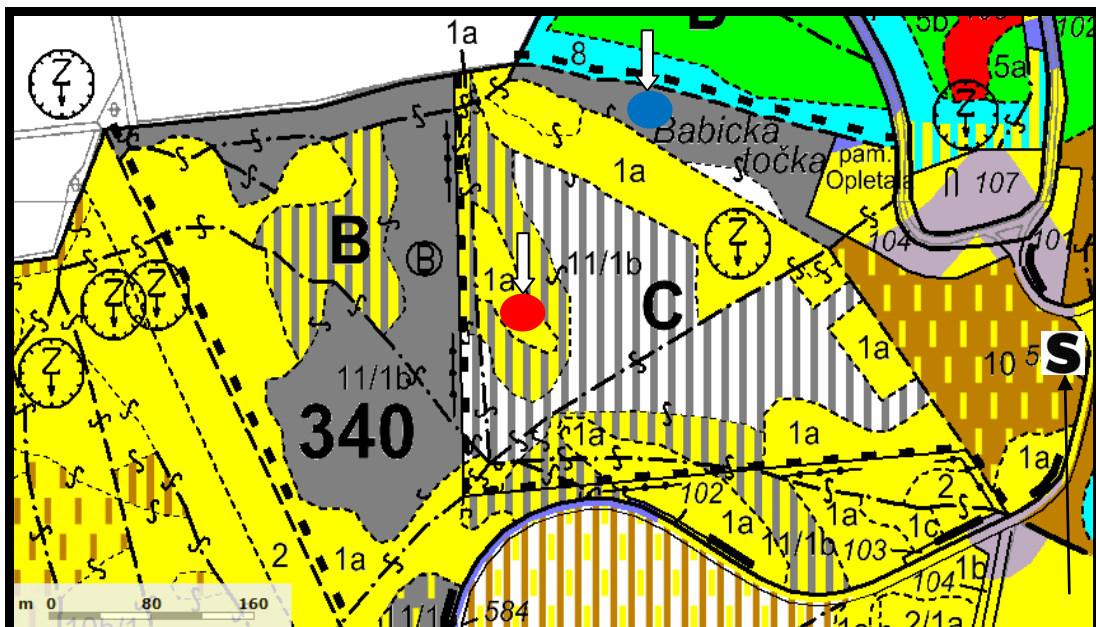
Pátá vybraná lokalita (tab. 6) určená k odběru půdních vzorků. Místa odběru půdních vzorků leží v místě tzv. Babické točky, tj. mezi obcemi Babice nad Svitavou a Křtiny, nedaleko od silnice číslo 3831 (Mapy ČR, 2017). Nachází se u těchto souřadnic: 49.2829375 severní šířky a 16.7248178 východní délky. Lokalita jako jediná spadá pod polesí Bílovice. Geologickým podložím je zde devonský vápenec a půdním typem rendzina (Mapy ŠLP, 2017). První porostní skupina nese označení 340 C 1a. Nejvýznamnější dřevinou porostní skupiny je BK 78, další významnou je KL 10 a méně významné dřeviny jsou SM, HB, MD, JV a BR. Jedná se o porostní skupinu o velikosti 0,74 ha. Porostní skupina je stará 12 let. Druhá porostní skupina má číslo 340 C 11 její dřevinná skladba je méně rozmanitá oproti předchozí porostní skupině. Z dominantních dřevin je zde BK 92 a dřeviny JD, JL, SM, BO. Věk porostu je 106 let. Tato porostní skupina zaujímá 6,11 ha (Kolektiv, 2013).

Tab. 6 Popis lokality č. 5 (Kolektiv, 2013)

Půda		Rendzina	Porost	mladý	340 C 1a
				starý	340 C 11
Dřevinná skladba	mladý	BK 78, KL 10, SM 5, HB 3, MD 1, JV 1, BR 1, JIV 1	Věk porostu	12	
	starý	BK 92, JD 4, JL 2, SM, 1, BO 1		106	
Geologické podloží		Devonský vápenec	Výměra (ha)	mladý	0,74
				starý	6,11
Nadmořská výška (m n. m.)		460	Sklon		Zvlněná rovina



Obr. 9 Půdní mapa půdního typu rendzina (Mapy ŠLP, 2017). Na obrázku jsou znázorněna odběrová místa vzorků půdního typu rendzina. Modrou barvou je vytyčeno území zahrnující daný půdní typ. Červené ohraničení znázorňuje místa odběrů půdních vzorků v mladém porostu. Tmavě modrou barvou je znázorněno místo odběru půdy ve starém porostu (Mapy ŠLP, 2017).



Obr. 10 Porostní mapa odběru půdního typu rendzina (Mapy ŠLP, 2017). Vyznačená místa odběru v porostní mapě.

4.3 Odběr vzorků

Celkem bylo prozkoumáno pět různých lokalit. Na každé lokalitě byly vybrány dvě plochy. Odběr vzorků proběhl na každé ploše na dvou místech různě vzdálených od sebe z toho důvodu, aby byl získán co nejreprezentativnější materiál určený pro rozbor. Z každé lokality se tedy získaly čtyři vzorky. Celkově bylo v laboratoři analyzováno dvacet půdních vzorků.

4.3.1 Technika odběru, popis a transport vzorků

Tab. 7 přehledně shrnuje hlavní kritéria, podle kterých byly vybrány lokality pro odběr půdních vzorků určených k analýze v laboratoři. Po nalezení vhodného místa k odběru byla odstraněna z povrchu půdy organická hmota, a to až na minerální půdu. Samotný odběr byl proveden z malé plošky cca 20x30 cm. Za pomoci lopatky byla odebrána do zipem uzavíratelného sáčku o velikosti 31x24 cm (vhodná je tužší fólie a možnost sáčků snadno popisovat) půda o hmotnosti 1–2 kg. Sáček byl uzavřen a následně pomocí lihového fixu popsán číslem vzorku, číslem porostní skupiny a případně i půdním typem, aby bylo co nejvíce zamezeno záměně vzorků. Vzorky byly následně pro jednodušší transport uloženy do tašek a převezeny do laboratoře mechaniky zemin LDF.

4.3.2 Shrnutá hlavní kritéria zkoumaných lokalit

Tab. 7 Souhrnný popis míst odběru půdních vzorků (Kolektiv, 2013)

Půdní typ	Porost	Výměra (ha)	Popis
Luvizem	68 B 1b 6 let	0,11	Vznik porostní skupiny po nahodilé těžbě v roce 2012. Maloplošná holá seč. Zalesněno uměle BK.
	68 B 9 92 let	10,9	Složení porostu: BO 37, DBZ 26, MD 18, SM 10, HB 5, BK 2, LP 2.
Kambizem	73 A1b 6 let	0,33	Těžba maloplošnou holou sečí 2010 v rámci náseku. Uměle zalesněno JD 100 v roce 2011.
	73 A 13b 125 let	1,96	Smíšený porost: BO 83, MD 7, DBZ 3, SM 2, HB 2, BK 2, BR 1.
Hnědozem	64 A 1b 7 let	0,38	Těžba maloplošnou holou sečí 2009 v rámci náseku. Uměle zalesněno BK 75, KL 20 v roce 2010.
	63 E 10 104 let	5,07	Smíšený porost složený z SM 55, BO 22, MD 12, BK 6, DBZ 4, HB 1.
Ranker	87 A 2 20 let	0,24	V předminulém a minulém decenniu se zde vyskytovala skládka dříví a v současnosti je to přirozeně obnoveno AK 70, HB 10, JV 10, KR 8, JVJ 2.
	87 B 12 124 let	11,81	Skladba porostu LP 35, DBZ 33, HB 23, BO 7, BK 1, JV 1.
Rendzina	340 C 1a 12 let	0,74	Těžba maloplošnou holou sečí v roce 2004 v rámci náseku. Následně porost vznikl přirozenou obnovou BK a dalších dřevin.
	340 C 11 106 let	6,11	Složení porostu: BK 92, JD 4, JL 2, SM, 1, BO 1.

4.4 Popis práce se vzorky v laboratoři mechaniky zemin LDF

4.4.1 Uložení vzorků v laboratoři

Jakmile byly převezeny půdní vzorky do laboratoře, bylo nutné, aby sáčky ve kterých byla uložena půda byly rozprostřeny na tácy (obr. 11) tak, aby bylo možné jejich přirozené proschnutí a zároveň aby se ve vzorcích dalo dobře orientovat. Proschnutí bylo zabezpečeno tím, že sáčky byly perforovány, tj. například příčně rozříznuty na více místech. Rovnoměrně rozložené vzorky v tenké vrstvě ve stálých podmínkách laboratoře proschly za necelý týden.



Obr. 11 Uložení vzorků při uskladnění (Macháček, 2017).

4.4.2 Příprava vzorků

Z igelitového sáčku, ve kterém byly vzorky uloženy se přemístilo 350 g zeminy do odměrné nádoby, na které byl předem připraven popisek (obr. 12). Tato hmotnost byla vyhovující, protože zemina byla různě znečištěna (organická hmota, skelet), i když bylo uděláno vše proto, aby při odběru nedošlo k znečištění jiným materiálem. Proto byla zvolena taková hmotnost, aby bylo zaručeno, že ve výsledku bude získán dostatek vodostabilních agregátů.

Do nádoby následně byla nalita opatrně voda tak, aby půda byla úplně zatopena. Při zaplavování zeminy bylo třeba vodu napouštět do nádoby po její stěně kvůli tomu, aby se zamezilo narušení vzorku prudkým proudem vody. To by mohlo mít za následek neobjektivní výsledky. Vzorek se nechal před další manipulací namočený 24 hodin (obr. 13).



Obr. 12 Navážení vzorku v laboratoři mechaniky zemin (Macháček, 2017).



Obr. 13 Připravený vzorek půdy před zaplavením (Macháček, 2017).

4.4.3 Testování stability půdních agregátů

Po uplynutí doby namočení vzorku se pokračovalo v analýze. Připravila se sada sít o velikostech ok 8 mm a 4 mm. Vzhledem k tomu, že není laboratoř mechaniky zemin LDF dostatečně vybavena, muselo se provést promílání vzorku ručně. Síta byla umístěna na sebe tak, že síto s rozměrem ok 8 mm bylo nahoře. Sada sít byla pevně spojena pomocí drátu (obr. 14). Samotné propírání se provádělo v kbelíku, který byl naplněn vodou tak, aby voda zasahovala zhruba 1 až 2 cm pod horní okraj vrchního síta.



Obr. 14 Soustava sít připravená k prosívání (Macháček, 2017).

Namočený vzorek se poté přemístil na síto a začal se propírat (obr. 15). Po dobu 2 minut byla ručně vytahována a opět ponořována sada sít do kbelíku. Přitom docházelo k postupnému rozplavování vzorku a pozvolnému přemísťování jednotlivých agregátů na síto spodní. Horní síto sloužilo k zachycení hrubých nečistot, na spodním sítě se zachycovaly vodostabilní agregáty a skelet, který prošel i přes oka horního 8 mm síta. S obsahem horního síta se již poté dále nepracovalo. Jemné jílové částice, které se skrz spodní síto proplavily, zůstaly zachyceny v kbelíku. S těmi se již dále nepracovalo.



Obr. 15 Propírání vzorků ve kbelíku. Vlevo ponoření vzorku a vpravo vytažení vzorku z vody (Macháček, 2017).

Po uběhnutí 2 minut byla vytažena sada sít z vody a po okapání byla předána na plochu, kde došlo k rozebrání sady (obr. 16). Obsah síta s menšími oky byl přemístěn pomocí stříčky do porcelánové odpařovací misky, která byla předem označena druhem

vzorku a místem odběru. Miska, případně misky pokud se práce prováděla s více vzorky najednou, byly přemístěny do sušičky (obr. 16). Sušení bylo nastaveno na dobu 24 hodin při teplotě 105 °C.



Obr. 16 Propírání vzorků. Vlevo obsah vodostabilních agregátů na síti. Vpravo zařízení pro vysoušení půdních vzorků (Macháček, 2017).

4.4.4 Práce s agregáty po vysušení

Po 24 hodinách byly misky vyndány ze sušičky a jejich obsah vysypán na papír. Vodostabilní agregáty byly ručně odděleny od skeletu, který byl zachycen společně s agregáty na síti. Vzhledem k tomu, že byl vzorek vysušený, bylo snadné separovat skelet od agregátů (obr. 17). Separované agregáty poté byly uloženy do papírových sáčků, které byly předem označeny, stejně jako porcelánové misky (obr. 17). Získané agregáty se poté podrobily digitální analýze pomocí mikroskopu VHX-5000, viz další podkapitola.



Obr. 17 Třídění vzorků. Vlevo třídění půdních agregátů ze vzorku. Vpravo uložení vytříděných vzorků. (Macháček, 2017).

4.4.5 Stanovení zrnitosti zemin

Proto, aby byly získány celkové výsledky, bylo nutné provést tři dílčí měření, ze kterých byl získán konečný výsledek. Ten objasnil procentuální podíl jednotlivých složek v zemině.

4.4.5.1 Výpočet průměrné vlhkosti zeminy

Nejprve bylo nutné zjistit, kolik procent vody zemina obsahovala. Dle Zoubkové (2014) bylo k tomu nutné použít zeminu, která byla v čerstvém stavu. Tento test byl proveden po bezprostředním převozu vzorků do laboratoře. Zjišťování vlhkosti bylo provedeno tak, že byly použity dvě hliníkové misky, pro každý půdní typ, které byly pro lepší orientaci předem označeny a jejichž váha byla předem zaznamenána. Do misky byla vložena zemina (obr. 18) a opět byla již s obsahem zvážena a váha byla zaznamenána.

Miska byla vložena následně do sušičky a byla sušena na 105 °C po dobu 12 hodin. Po vysušení byla opět zvážena a výsledek zaznamenán. Poté bylo výpočtem zjištěno, jaká byla vlhkost zeminy. Znalost vlhkosti půdy byla nutná pro další výpočty (Zoubková, 2014).



Obr. 18 Naplněné hliníkové misky zeminou (Macháček, 2017).

4.4.5.2 Zrnitost-sítový rozbor

Nejprve bylo nutné navážit 0,5 kg až 1 kg zeminy a hmotnost zaznamenat do formuláře. Tu poté vložit na síto o velikosti ok 0,063 mm a zahájit promývání pod proudem tekoucí vody. Cílem bylo odstranit veškeré částice, které je možné takto odplavit přes toto síto, jelikož tyto částice na sítu není možné zachytit a zkreslovaly by výsledky. Promývání bylo prováděno tak dlouho, dokud ze síta odtékala voda

obsahující nejmenší částice, tedy dokud neodtékala voda naprosto čistá. Poté byl vložen obsah síta do označené keramické misky, dále byl umístěn do sušičky a vysoušen na 105 °C po dobu 12 hodin. Po vysušení bylo obsah nutné zvážit a hmotnost zaznamenat. Tento postup byl proveden pro každý půdní typ (Zoubková, 2014).

Aby bylo možné zjistit zastoupení jednotlivých frakcí, bylo nutné k tomu sestavit sadu sít o velikosti ok sestupně: 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,063 mm, k tomu ještě vložit do spodní části sady sběrný kryt. Sadu bylo potřebné umístit na třesačku (obr. 19). Poté byla nasypána vysušená zemina daného půdního typu na vrchní síto a sada byla uzavřena víkem. Frekvence třepání byla nastavena na 80 Hz po dobu 5 minut (Zoubková, 2014).



Obr. 19 Připravená sada sít na třesačce (Macháček, 2017).

Sada byla rozebrána a byly zváženy jednotlivé zachycené frakce. Jejich hmotnost byla zaznamenána do počítačového programu Microsoft Excel. Výsledné hodnoty byly použity pro vyhodnocení výsledku následující areometrické zkoušky.

4.4.5.3 Areometrická zkouška

Přes síto o velikosti ok 4 mm bylo prosáto 80 g zeminy. Zemina, která propadla, byla následně použita k testování. Hmotnost propadnuté zeminy byla zaznamenána (Zoubková, 2014).

V druhém kroku byla připravena v kádince suspenze z přesáté zeminy, 200 ml destilované vody a 20 ml metafosforečnanu sodného $(\text{NaPO}_3)_6$, který zabraňoval vločkování suspenze. Suspenzi bylo nutné dokonale promíchat a pak přelít na síto s rozměry ok 0,063 mm, pod kterým byl sběrný kryt. Pomocí stříčky s destilovanou vodou bylo zahájeno promílání zeminy (obr. 20). Promílání trvalo tak dlouho, dokud odtékající voda nebyla čistá, nebo nebyl naplněn sběrný kryt, který má objem 1 litr. Destilovaná voda s obsahem nejjemnějších částic byla přelita do odměrného 1 litrového válce. Pokud nebyl válec plný, byl dolit destilovanou vodou do objemu 1 litru (Zoubková, 2014).



Obr. 20 Promílání vzorku destilovanou vodou (Macháček, 2017)

Nakonec za pomoci míchací tyčinky byla po dobu 90 sekund promíchávána suspenze v odměrném válci. Po ukončení míchání bylo nutné počkat 2 minuty a začít měřit hustotu pomocí hustoměru a teplotu (obr. 21). Údaje byly zaznamenány do programu Microsoft Excel a byly přiřazeny k údajům z předcházejícího měření. Měření bylo opakováno v časových intervalech 5; 15; 30; 60; 120; 240 minut a poté 24 hodin od počátečního měření (Zoubková, 2014).



Obr. 21 Připravené roztoky. Vlevo rozmíchané roztoky jednotlivých půdních typů. Vpravo měření teploty a hustoty roztoku (Macháček, 2017).

4.5 Laboratorní měření vnější stavby půdních agregátů

4.5.1 Popis mikroskopu

Digitální mikroskop VHX-5000 je přístroj již čtvrté generace, který vyvinula firma Keyence (obr. 21). Za pomoci tohoto digitálního přístroje byly pořízeny digitální fotografie. Mikroskop je schopen spojovat 2D či 3D obraz. Jde o přístroj VHX s 23" palcovým monitorem. Mikroskop jako takový má k dispozici dva výměnné objektivy. Záznam probíhá za pomoci zabudovaného fotoaparátu s rozlišením 54 megapixelů. Zaostřování, pohyb a nastavení mikroskopu je zabezpečeno pomocí servopohonu (Keyence Corporation, 2014).



Obr. 21 Přístroj VHX-5000 (Macháček, 2017).

4.5.2 Popis práce s mikroskopem

Agregáty se umístí na pohyblivou plochu, jejíž pohyb je umožněn po osách X, Y a Z. Pohyb podložky zabezpečen pomocí joysticku. K nafocení agregátů byl využit objektiv, jehož název je VH-Z20R/RZx20-x200. Je to typ objektivu, jehož zoomovací objektiv má přiblížení 20-200x.

Pro naše účely se ukázalo nejvhodnější použití přiblížení 30x za pomoci panoramatického snímání ve spirále. Díky přístroji se jednotlivé snímky poté spojily v jeden celistvý obraz s kvalitním a vysokým rozlišením. Velikou výhodou panoramatické spirály je dosažení vyšší přesnosti tvaru zkoumaného agregátu. Snímání za pomoci skládání fotografií bylo nutné vzhledem k velikosti vzorků a jejich zvětšení.

4.5.3 Popis zpracování dat

Po opakovaném nafocení trojrozměrných snímků každého půdního typu s tím, že se rozlišovalo, zda šlo o půdní agregát z mladého či starého porostu, se snímky řadily chronologicky do databáze. Po nafocení agregátů se začal analyzovat jejich objem a povrch ze 3D snímků, za pomoci k tomu určenému počítačovému programu, s pomocí přístroje VHX-5000. Následně zjištěné hodnoty byly zapisovány do programu Microsoft Excel, kvůli vyhodnocování výsledků.

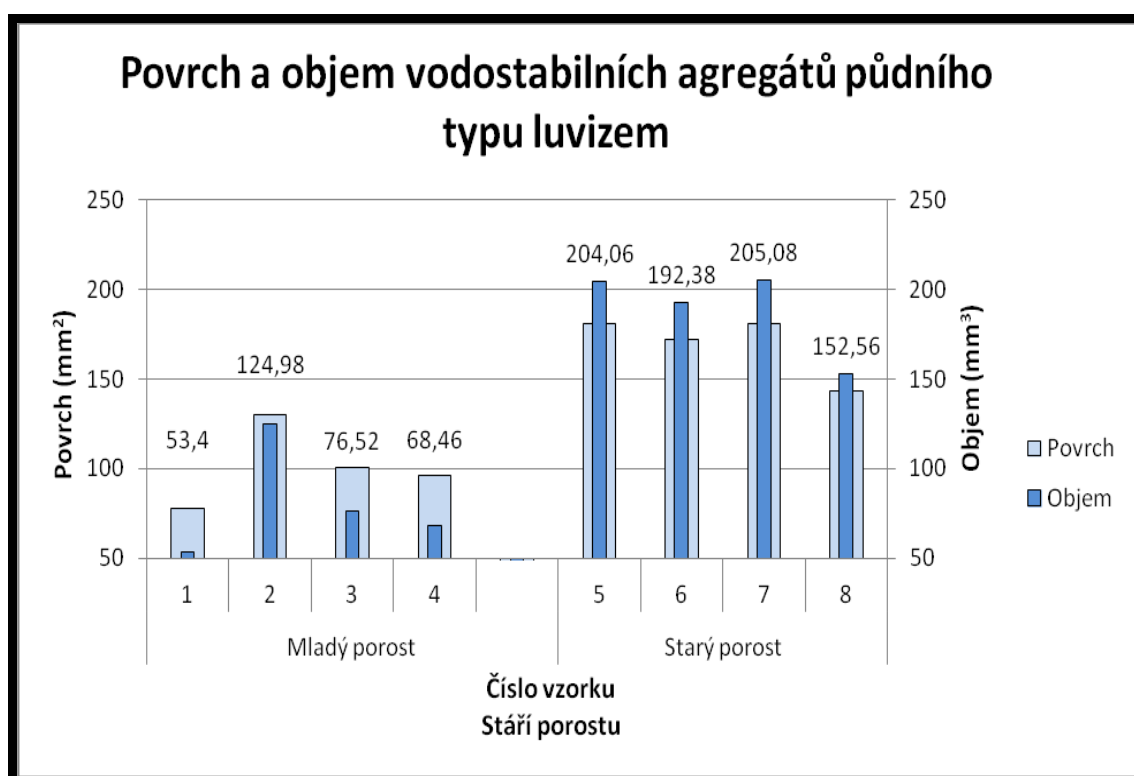
5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledky z digitální analýzy půdních agregátů

Tato kapitola popisuje výsledné hodnoty měření půdních agregátů na jednotlivých lokalitách. Byla provedena analýza na pěti lokalitách. Na každé lokalitě byly zkoumány dva porosty s rozdílným věkem, pro zjednodušení je ve výsledných grafech věk porostů rozdělen na starý a mladý, přesný věk je uveden v tabulce 7. Pro každý porost byla provedena digitální analýza čtyř půdních vzorků. Výsledné grafy s komentáři jsou pro přehlednost uvedeny na samostatných listech.

5.1.1 Luvizem (lokalita č. 1)

Z obr. 22 je patrné, že vzorky ze starého porostu dosáhly mnohem vyšších hodnot, než vzorky z porostů mladých. V tomto případě jsou rozdíly mezi vzorky mladý a starý porost nejvíce patrné ze všech posuzovaných lokalit. Ve starém porostu převládá značně objem vzorků nad povrchem.



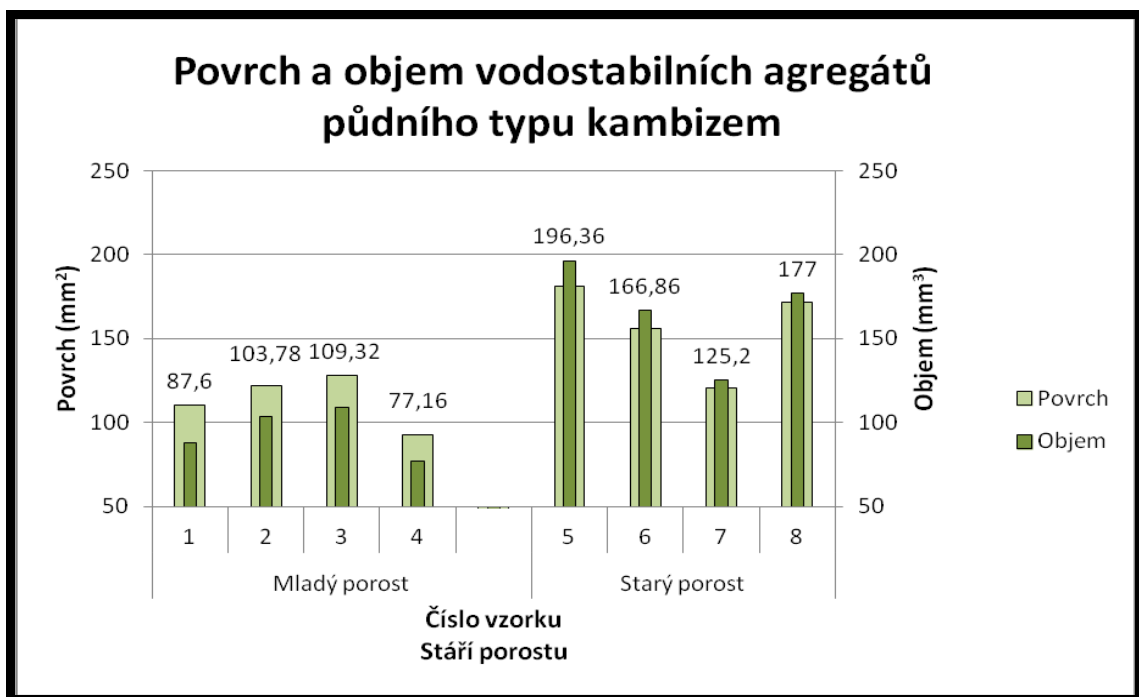
Obr. 22 Povrch a objem vodostabilních agregátů půdního typu luvizem.

Vzorky 5; 6; a 7 jsou hodnotově vyrovnané, pohybují se v hodnotách mezi 192,38 až 205,08 mm³. Vzorek číslo 8 dosáhl sice hodnot nižších, tj. 152,56 mm³, ale přesto se

zde drží trendu, že převyšuje hodnoty získané z porostu mladého. V mladém porostu jsou hodnoty rozmanitější než výsledky z předcházející lokality. Celkově nejnižší hodnoty dosáhl vzorek číslo 1, a to jak velikostí povrchu $77,5 \text{ mm}^2$, tak i objemu $53,4 \text{ mm}^3$. Mladý porost je 6 let stará kultura. Vznikla nahodilou těžbou, její výměra je 0,11 ha a je zalesněna BK. Starý porost je 92 let starý, jeho dřevinná skladba je smíšená.

5.1.2 Kambizem (lokality č. 2)

Obr. 23 uvádí naměřené hodnoty povrchu a objemu půdního typu kambizem. Zde jsou vidět značné velikostní rozdíly, a to jak mezi povrchy a objemy, tak i mezi vzorky z mladého porostu a starého porostu. Poměr velikostí hodnot oproti předcházejícímu vzorku je zcela odlišný.



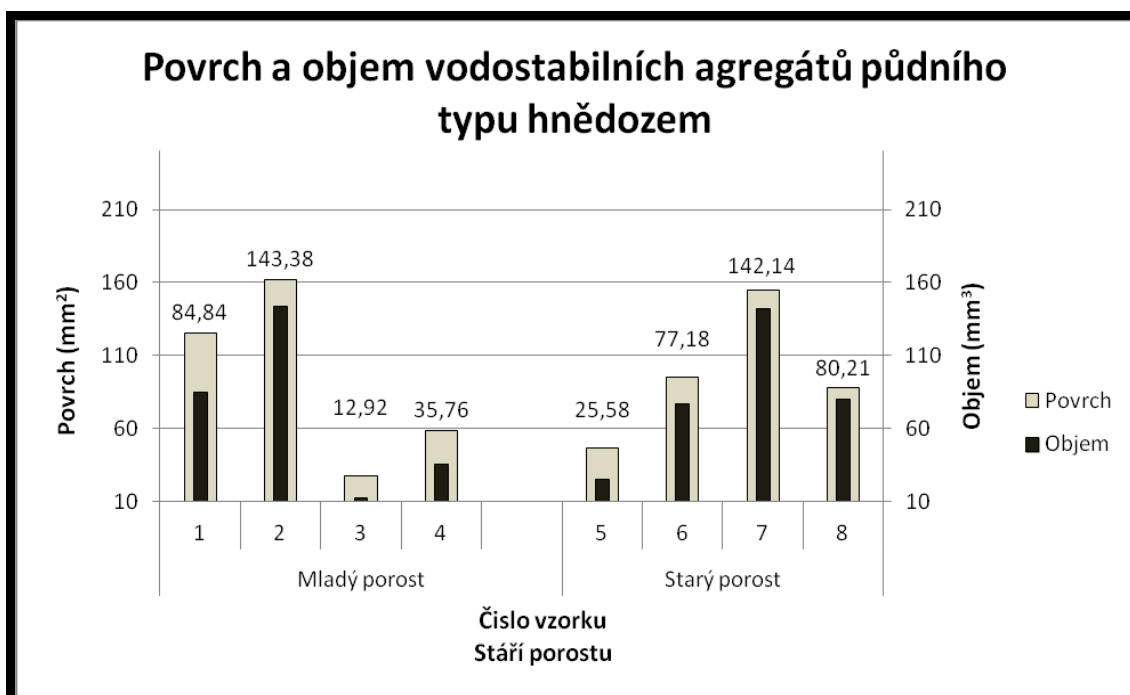
Obr. 23 Povrch a objem vodostabilních agregátů půdního typu kambizem.

V této skupině svojí velikostí, jak povrchu, tak i objemu, jednoznačně převládají všechny vzorky ze starého porostu. Nejvyšší hodnoty dosáhl vzorek číslo 5, tj. $180,98 \text{ mm}^2$ a $196,36 \text{ mm}^3$. Hodnoty nejnižší dosáhl vzorek číslo 7, tj. $120,66 \text{ mm}^2$ a $125,2 \text{ mm}^3$. V mladém porostu je nejvyšší hodnota u vzorku číslo 3, ovšem tyto vzorky se vyznačují spíše členitějším povrchem než velikostí objemu. Mladý porost je 6 let starý a jeho výměra je 0,33 ha. Byl zde proveden násek v roce 2010. Rok poté bylo provedeno

zalesnění jedlí. Starý porost je ve věku 125 let, jedná se o smíšený porost, ve kterém převažuje BO 83.

5.1.3 Hnědozem (lokality č. 3)

Obr. 24 zobrazuje povrch a objem půdních agregátů půdního typu hnědozem. Z grafu je patrné, že hodnoty vzorku číslo 1 až 4, i 5 až 8 jsou velice variabilní, nicméně může se říci, že celková velikost povrchu a objemu lehce převyšuje hodnoty v porostu starém, i když je tento rozdíl minimální.

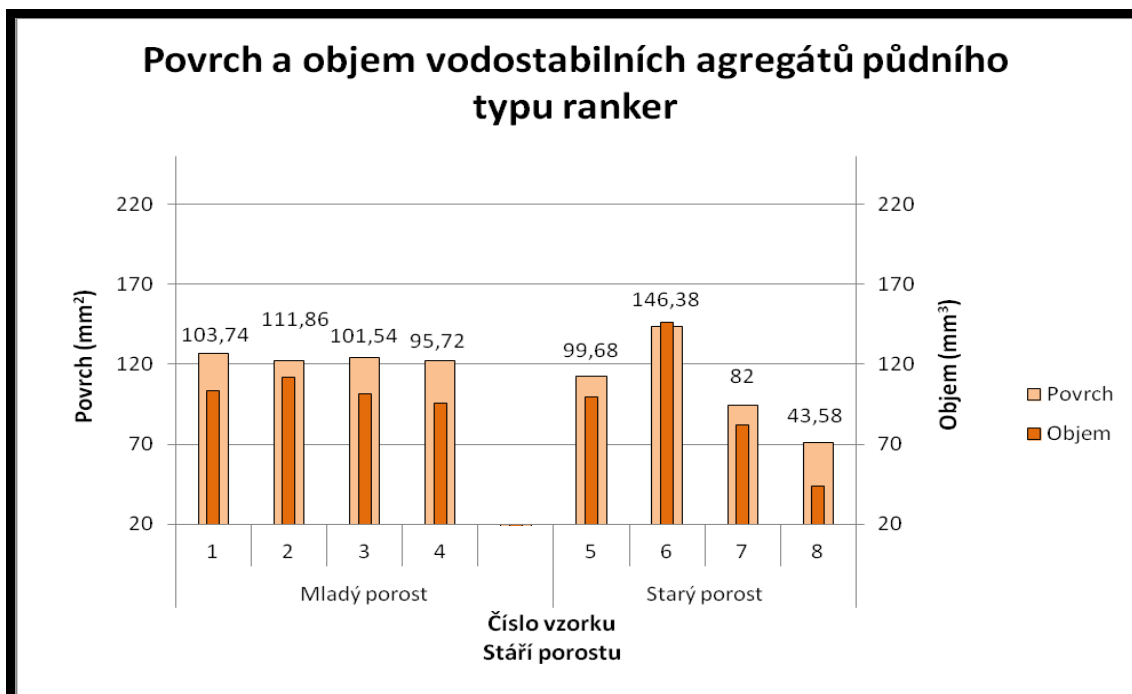


Obr. 24 Povrch a objem vodostabilních agregátů půdního typu hnědozem.

Nejvyšší celkové hodnoty dosahuje vzorek číslo 2, a to velikostí povrchu 161,98 mm² a objemem 143,38 mm³. Nejnižších hodnot dosáhl vzorek v datové řadě číslo 3, a to 27,46 mm² a 12,92 mm³. Jednoznačně lze říci, že v tomto případě převládá povrchové rozložení vzorků oproti jejich objemu v obou porostech. Mladý porost má věk 7 let, jeho výměra je 0,38 ha. Zalesňovalo se zde v roce 2010 převážně BK a KL. Starý porost je ve věku 104 let, z dřevin zde převažuje SM 55, následován je BO 22 a dalšími dřevinami.

5.1.4 Ranker (lokalita č. 4)

Obr. 25 znázorňuje výsledné hodnoty z analýzy půdního typu ranker. V tomto případě jsou naměřené hodnoty jak v mladém, tak i ve starém porostu velice podobné.

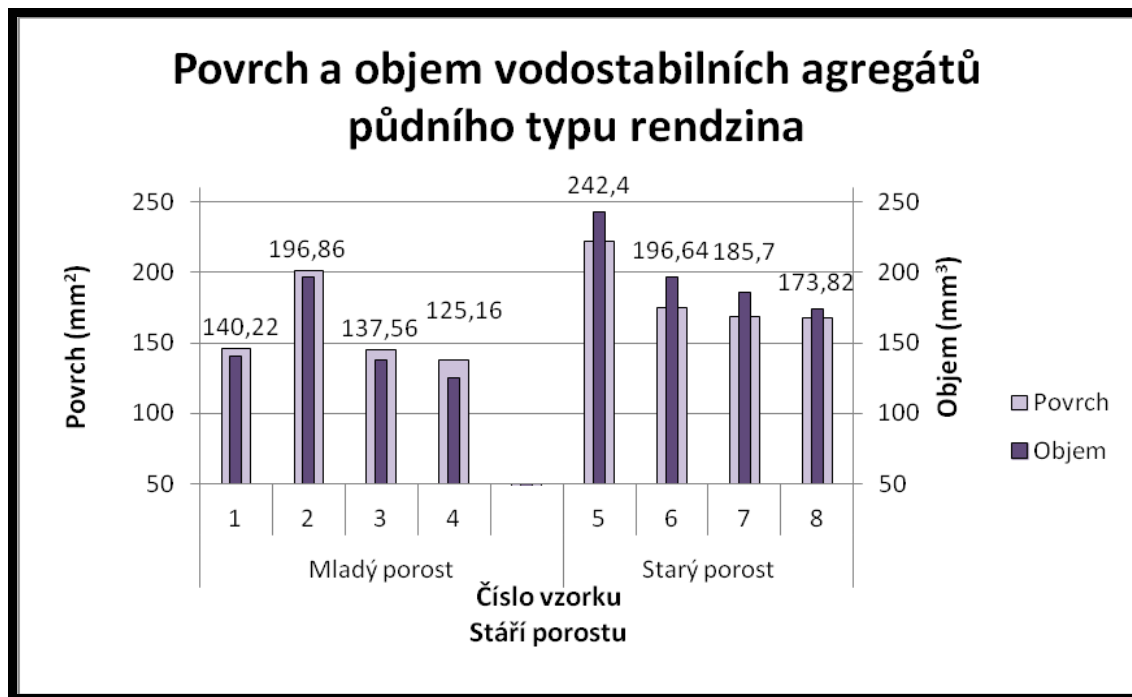


Obr. 25 Povrch a objem vodostabilních agregátů půdního typu ranker.

Ve všech případech je povrch větší než objem vzorků, s výjimkou vzorku číslo 6 zde mírně hodnota objemu převyšuje hodnotu povrchu. Dokonce i oproti ostatním případům hodnoty v starém porostu jsou celkově nižší, než hodnoty v porostu mladém. Výsledky z mladého porostu jsou jednotné ve velikosti jejich povrchů. V tomto případě byl mladý porost zalesněn přirozeně v minulém decenniu, věk porostu je 20 let a jeho výměra 0,24 ha. V předminulém decenniu tato plocha sloužila jako skládka dříví. Dřevinná skladba: převažuje zde AK 70, následovaný HB a JV a dalšími dřevinami. Starý porost, jehož věk je 124 let, je porost smíšený, vyskytují se zde listnaté dřeviny jako LP 35, DBZ 33, HB 23, BO 7, BK 1, JV 1.

5.1.5 Rendzina (lokalita č. 5)

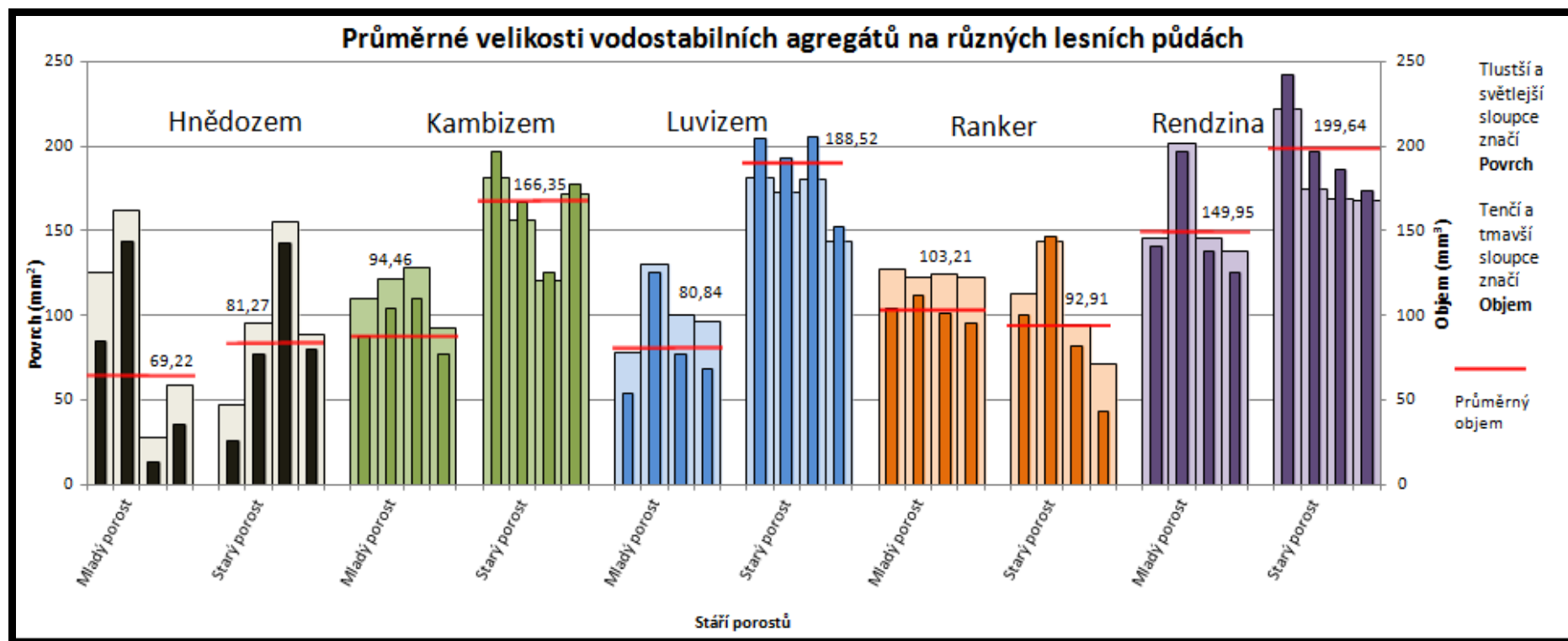
Z obr. 26 je zcela patrné, že v daném případě se opět velikost vzorků, a to jak povrchu i objemu, ve všech případech (kromě čísla vzorku 2) vyznačuje velikostní převahou ze vzorků získaných ve starém porostu.



Obr. 26 Naměřené hodnoty agregátů půdního typu rendzina.

Z obr. 25 naprosto jasně vidět, že ve starém porostu převládá objem vzorků nad jejich povrchem a naopak v porostu mladém je povrch agregátů větší než jejich objem. Nejvyšší hodnotu má vzorek číslo 5, jeho povrch je $222,22 \text{ mm}^2$ a objem $242,4 \text{ mm}^3$. Nejnižší hodnotu má vzorek číslo 4, jehož velikost povrchu je $138,06 \text{ mm}^2$ a objemu $125,16 \text{ mm}^3$. Mladý porost je 12 let starý, vznikl v rámci náseku porostní skupiny. Zalesnění proběhlo přirozenou obnovou zejména BK a dalších dřevin. Věk starého porostu je 106 let. Dřevinnou skladbu tvoří porost smíšený s převahou BK 92.

5.1.6 Celkové srovnání výsledků digitální analýzy půdních vzorků



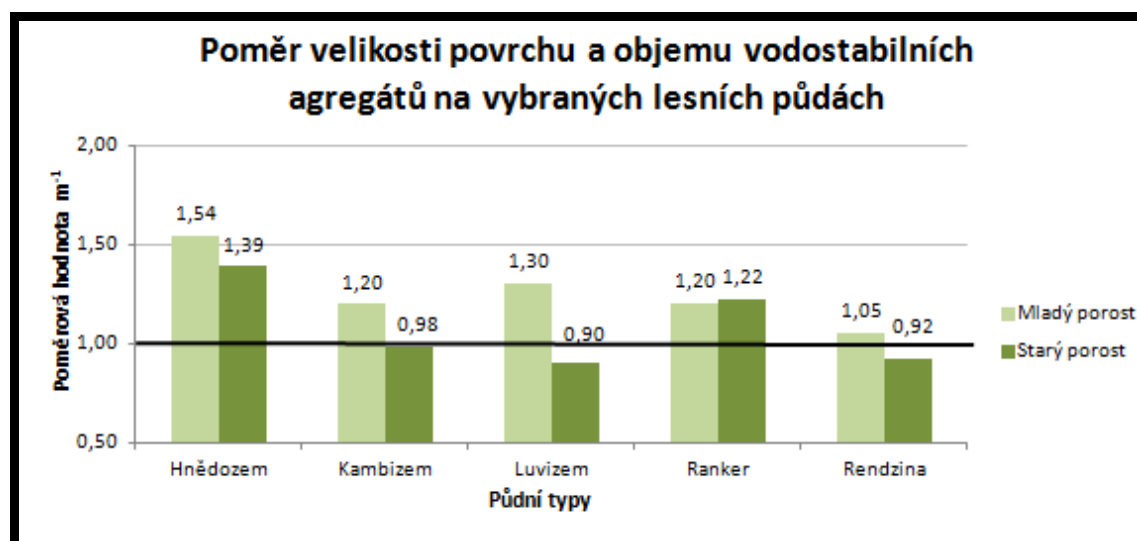
Obr. 27 Průměrné velikosti vodostabilních agregátů na různých lesních půdách. Číselná označení v grafu jsou průměrné objemové hodnoty.

Z obr. 27 je jasně vidět, že nejvyšších průměrných hodnot dosáhly vzorky získané ze starého porostu rostoucím na půdním typu rendzina. Průměrná hodnota objemu se pohybuje okolo 200 mm³. Nejnižší průměrné hodnoty mají vzorky z mladého porostu z půdního typu hnědozem, tj. 66,22 mm³. Vidíme zde jasné rozdíly mezi porosty, které se sice vyskytují na stejném půdním typu, nicméně jsou vidět odlišnosti mezi vzorky z mladých a starých porostů. Výrazně nižší průměrné hodnoty mají v mladém porostu z uvedených půdních typů půdní typy jako rendzina, luvizem a kambizem. Nižší průměrnou hodnotu má i hnědozem. Jedinou výjimkou je půdní typ ranker, který svým průměrným objemem převýšil hodnotu ve starém porostu.

5.2 Výsledné porovnání povrchu a objemu

Pro stanovení členitosti tvaru půdních agregátů byl použit výpočet podílu povrchu a objemu. Jedná se o porovnání hodnot mm² a mm³. Výsledkem je tedy poměrová hodnota vycházející v jednotkách mm⁻¹.

U obr. 28 je patrné, že hodnoty se drží podobného velikostního koeficientu, kromě vzorků rankeru. U půdního typu ranker jsou poměry rozdílné pouze o hodnotu 0,02. Ostatní vzorky jako hnědozem, kambizem, luvizem a rendzina se drží trendu takového, že převládá větší hodnota u vzorků mladých, než hodnota koeficientu vzorků v porostech starých.



Obr. 28 Poměr velikosti povrchu a objemu vodostabilních agregátů na vybraných lesních půdách.

5.3 Výsledné hodnoty z měření obsahu jílu

Tab. 8 zobrazuje výsledné hodnoty z měření obsahu jílu v půdách. Nejvíce jílu obsahoval vzorek odebraný z půdního typu hnědozem 18,6 %. Nejméně jílu obsahoval vzorek z půdního typu ranker, pouze 4,5 %.

Tab. 8 Obsah jílu v půdách

Půdní typ	Obsah jílu (%)	Označení půdního druhu
Hnědozem	18,6	Hlinitopísčítá
Kambizem	16,0	Hlinitopísčítá
Luvizem	13,1	Hlinitopísčítá
Rendzina	8,4	Písčítá
Ranker	4,5	Písčítá

6 DISKUZE

Poleno a kol. (2007b) poukazují na to, že hospodářské zásahy člověka jsou velmi důležitými činiteli, které mají vliv na velikost a tvorbu vodostabilních agregátů a strukturu půdy. Vliv klimatu na odlesněnou plochu má za následek narušování půdní struktury a s tím mohou být spojené následky s narušením objemu vodostabilních agregátů v povrchových vrstvách půdy (Šantrůčková, 2014).

S výše uvedeným tvrzením lze částečně souhlasit, protože dle výsledků analýz je patrné, že v mladých porostech všech půdních typů se vyskytovaly agregáty, které měly malý objem, ale jejich povrch byl kvůli značné členitosti větší, tj. vyskytují se různé povrchové nerovnosti a výstupky. Pospíšilová a Vlček (2015) uvádějí, že to značí středně dobrý stav půd.

Půda obsahující členité agregáty je s malým množstvím pórů nebo bez pórů. Zcela to není možné potvrdit z důvodu, že nebyly pro digitální analýzu použity půdní vzorky z velkoplošné holé seče, ale byly odebrány ze zalesněných ploch, kde před lety proběhla maloplošná holá seč, což může mít vliv na výsledky. Doran a Parkin (1996) zdůrazňují důležitý faktor, kterým je postupný rozvoj kořenového systému jako základní činitel pro tvorbu vodostabilních agregátů, a to nejen ve svrchních vrstvách půdy, ale i ve spodinách. Čím je kořenový systém řidší, tím bývají agregáty strukturně hrubší. K tomuto tvrzení je možné se dle výsledků přiklonit, protože mladé porosty mají povrch agregátů mnohem členitější.

U starých porostů bylo zjištěno, že hodnota objemu vodostabilních agregátů je větší než hodnota povrchu. Povrch těchto agregátů je méně členitý a zaoblený. Dle Pospíšilové a Vlčka (2015) jsou takové půdy s obsahem zaoblených vodostabilních agregátů velmi dobře drobné a jsou velmi pórovité. Z výše uvedeného lze říci, že staré porosty mají vlivem větších agregátů větší pórovitost, a proto mohou mnohem lépe oproti bezlesí vstřebávat srážkovou vodu a snižovat tak erozi půdy. To potvrzuje i Pardo a kol. (2000).

Výjimkou byl starý porost na půdním typu hnědozem a ranker, kdy výsledná hodnota objemu byla menší než hodnota povrchu agregátů. U půdního typu hnědozem nelze s určitostí říci, proč se výsledné hodnoty nedrží stejného trendu. Hodnoty objemu a povrchu půdního typu ranker byly nejspíše ovlivněny nízkým obsahem jílu v půdě, což je typické pro tento půdní typ. Pelíšek (1957) uvádí, že jíl je jednou z půdních složek, která se podílí na tvorbě a stálosti půdních agregátů.

Půdy hlinité a jílovité s vyšším obsahem jílu mají zpravidla strukturu hrubší, kdežto půdy lehčí jsou charakteristické jemnými strukturami vodostabilních agregátů (Pelíšek, 1957). Podle získaných výsledků obsahu jílu lze říci, že zkoumané půdy patří do kategorie půdních druhů lehkých. Půdní typy hnědozem, kambizem, luvizem patří do půdního druhu hlinitopísčité půda, protože hodnoty obsahu jílu se pohybovaly od 13,1 do 18,6 %. Rendzina a ranker byly zařazeny s hodnotami 8,4 a 4,5 % obsahu jílových částic do půd písčitých.

V tabulce číslo 1 jsou uvedeny autorovy hypotézy míry ovlivnění struktury půdy v závislosti na použitém hospodářském způsobu. Franzluebberr (2002) potvrzuje hypotézu, že velké holosečné hospodaření má za následek zhoršování fyzikálních vlastností půdy, tj. rozpad agregátů. Může to být způsobeno tím, že plocha není pokryta porostem a srážky dopadají přímo na povrch půdy. Damodhara a kol. (2012) zjistili, že vlivem dopadové síly dešťových kapek dochází k rozpadu půdních agregátů a k vymývání jemných půdních částic. Při dlouhotrvajících deštích dojde po několika hodinách k naplnění vodní kapacity lesních ekosystémů. Les, dle Krečmera a kol. (2003), působí ve srážkovém procesu výrazně lépe než bezlesí. Dalším faktorem, který může narušit půdní strukturu, je časté pojíždění těžké mechanizace (Rampazzo a kol., 1998).

Porosty byly obnoveny maloplošnou holou sečí, ale i tak je z výsledků zřejmé, že byla struktura půdy použitým hospodářským způsobem ovlivněna. Jiné hospodářské způsoby nebyly na zkoumaných plochách provedeny, proto nelze říci, jaký vliv mají na objem a povrch agregátů, a tím pádem na strukturu půdy. Lze však předpokládat, že i při podrobném a výběrném způsobu hospodaření mohou mít srážky vliv na stavbu půdních agregátů, ale nebudou působit tak destruktivní následky jako při velkoplošném hospodaření.

Při zkoumání daných půdních typů bylo vycházeno z předpokladu, že uvedené půdní typy budou svými vlastnostmi na celém území ČR shodné. Určování obsahu a objemu vodostabilních agregátů je také závislé na množství agregátů ve zkoumaném vzorku. Obsah agregátů se totiž v každém odebraném půdním vzorku může lišit.

Proto, aby bylo možné s určitostí potvrdit to, co uvádějí výše zmínění autoři, muselo by se metodické měření opakovat vícekrát. Pokud by se provedlo několik desítek stejných měření, mohlo by se s určitostí říci, jaké charakteristiky přesně agregáty v jednotlivých půdních typech vykazují. V této diplomové práci bylo ověřeno, zda by

bylo možné provést metodický postup a zda se výsledky budou pohybovat v rozmezí výsledků odborníků zabývajících se touto problematikou.

7 ZÁVĚR

Výsledky ukazují, že míra intenzity hospodaření v lese má vliv na vnější parametry půdních vodostabilních agregátů a jejich stabilitu ve vodním prostředí.

Z výsledků digitální analýzy vodostabilních agregátů bylo zjištěno, že existuje závislost mezi obsahem jílu, hodnotou objemu agregátů a stylem hospodaření v porostu. Výsledné průměrné objemové hodnoty v mladých porostech pro jednotlivé půdní typy byly: hnědozem-69,22 mm³, kambizem-94,46 mm³, luvizem-80,84 mm³, ranker-103,21 mm³, rendzina-149,95 mm³. Průměrné hodnoty ze starých porostů byly hnědozem-81,27 mm³, kambizem-166,35 mm³, luvizem-188,52 mm³, ranker-92,91 mm³, rendzina-199,64 mm³.

Nejvyšších hodnot objemu dosahovaly půdní typ rendzina a luvizem. Nejvíce vyrovnané průměrné objemové hodnoty měl ranker.

Lze říci, že plochy, na kterých proběhla v minulých letech maloplošná holá seč, měly vodostabilní agregáty objemově menší, ale jejich povrch byl za to více členitý. Vyskytují se na něm různé nerovnosti a výstupky. Porosty staré mají naopak agregáty objemnější, ale jejich povrch je hladký a rovnoměrně utvořený.

Velikost a tvar půdních agregátů může mít vliv na tvorbu půdní struktury. Kvalitní půdní struktura má vliv na zasakování a držení srážkové vody. Stává se tedy nenahraditelnou pro všechny organizmy žijící na půdě i vevnitř. Ve spojení s vegetací působí i protierozně. Struktura půdy je též důležitá pro udržení produkčního potenciálu lesních půd. Závěrem můžeme říci, že se jeví jako vhodnější pro vodostabilní agregáty postupovat s hospodářskými způsoby co nejšetrněji a vytvářet tak co možná nejmenší holé plochy.

8 SUMMARY

The results have shown that the level of forest management intensity affects the external parameters of water-stable aggregates and their water stability.

The results of the digital analysis of water-stable aggregates have also shown a correlation between clay content in soil, aggregates' volume, and the method of forest vegetation management. The resulting average values of aggregates' volume found in individual soil types in vegetation of young forests were as follows: brown soil-69.22 mm³, cambisol-94.46 mm³, luvisol-80.84 mm³, ranker-103.21 mm³, and rendzina-149.95 mm³. The average values found in old-growth forests were as follows: brown soil- 81.27 mm³, cambisol-166.35 mm³, luvisol-188.52 mm³, ranker-92.91 mm³, and rendzina-199.64 mm³.

The highest values of aggregates' volume were found in rendzina and luvisol. The most stable average values of aggregates' volume were found in ranker.

Based on the results, it can be concluded that water-stable aggregates found in the areas in which small-scale bare felling has been conducted in the past years had smaller volume but their surface was rough. On the surface of these aggregates various irregularities and protrusions were also found. On the other hand, aggregates found in old-growth forests had a larger volume but their surface was smooth and evenly formed.

The size and shape of soil aggregates may have an influence on the formation of soil structure. High-quality soil affects soil infiltration and holding rainwater in the soil. This soil therefore becomes essential for all organisms living around as well as in the soil. High-quality soil together with vegetation even acts as a protection against erosion. Soil structure is also important for maintaining forest soils production potential. In conclusion, research suggests that it seems more appropriate to use the most soil-friendly methods of soil management and create the smallest possible bare areas whenever water-stable aggregates are concerned.

9 LITERATURA

AMÉZKETA, A. 1999. Soil Aggregate Stabbility: A Review. Journal of Sustainable Agriculture. 101 s.

BADALÍKOVÁ B., PROCHÁZKOVÁ B., 2002. Degradace půdní hmoty vlivem různého hospodaření se slámou, Praha, Česká zemědělská univerzita. 149 s.

BARTLOVÁ, J., 2013. Makrostrukturní změny antropogenně zhutněných půd, Disertační práce, Brno Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. 105 s.

BRONICK, C. J., LAL, R. 2004. Soil structure and management, School of Natural Resoures, The Ohio State University, Columbus. 20 s.

BUZEK, L., 1995. Půdní fond a jeho ochrana, Ostrava, Ostravská univerzita. 138 s.

CULEK, M., 1996. Biogeografické členění České republiky, Praha: Enigma. 347 s.

CYRR ADVIS, Předcházení erozi půdy a lepší hospodaření s půdou [online] citováno 24. 3. 2017. Dostupné na World Wide Web <http://www.dotacni.info/predchazeni-erozi-pudy-a-lepsi-hospodareni-s-pudou/>

ČÚZK, 2017. Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky, Praha, Český úřad zeměměřičský a katastrální. 80 s.

DAMODHARA, M., RAGHUWANSHI, N. S., SINGH, R., 2012. Development of a physically based infiltration model for irrigated soils, Agricultural Water Management. 174 s.

DE JONGE, L. W., JACOBSEN, O. H., MOLDRUP, P., 1999. Soil water repellency: effects of watercontent, temperature, and particle size. Soil Sci. Soc. Am. J.. 442 s.

DEBANO, L. F., 1971. The effect of hydrophobic substances on water movement in soil during infiltration. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 343 s.

DORAN, J. W., PARKIN, T. B., 1996. Quantitative indicators of soil quality, *Methods for Assessing Soil Quality* Madison, Wisconsin. 48 s.

DOTAČNÍ-NOVINKY, Zemědělské a lesnické dotace půdy [online] citováno 28. 3. 2017. Dostupné na World Wide Web <http://dotacni-noviny.cz/zemedelske-a-lesni-dotace>.

EAGLEMAN, J. R., JAMISON, V. C., 1962. Soil Layering and Compaction Effects on Unsaturated Moisture Movement¹. *Soil Science Society of America Journal*. 522 s.

EAGRI. Ochrana půdy [online] citováno 18. 3. 2017. Dostupné na World Wide Web <http://www.ochrana-pudy.cz/nase-mise/>.

ENEV, V., a kol., 2014. Special characterization of selected humic substances. *Soil water research*. 37 s.

FIALOVÁ, Z., 2016. Úbytek půdy je stále alarmující [online] citováno 4. 4. 2017. Dostupné na World Wide Web http://www.mzp.cz/cz/articles_091123_Zemedelec

FRANZLUEBBERS, A. J., 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil Tillage*. 195 s.

HEGEROVÁ, M., 2009. Právní úprava ochrany lesa. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Právnická fakulta. 34 s.

HILLEL, D., 2004. Introduction to environmental soil physics. Boston, Elsevier Academic Press. 245 s.

HLAVČOVÁ, K., HOLKO, L., SZOLGAY, J., 2001. Tvorba a modelovanie odtoku na svahoch a z malých povodí, *Životné prostredie*. 132 s.

HŮLA, J., 2010. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. Praha. Výzkum ústav zemědělské techniky, v. v. i.. 60 s.

JANEČEK, M., 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí, Praha, Česká zemědělská univerzita Praha. 95 s.

KALINOVÁ, J., 2012. Půdní úrodnost, výživa a hnojení, Praha, SZN. 50 s.

KANTOR, P., 2005. Pěstování lesů skripta-učební text, Brno, Mendelova univerzita v Brně. 153 s.

KEYENCE CORPORATION, 2014. Digital Microscope VHX-5000 catalogue. Japan. 32 s.

KOLEKTIV, 2013. Lesní hospodářská kniha Školního lesního podniku Masarykův les Křtiny.

KORPEL, Š. a kol, 1991. Pestovanie lesa, Bratislava, Příroda. 464 s.

KOVAŘÍČEK, P. a kol., 2012. Zapravení organické hmoty do půdy s cílem omezit povrchový odtok vody při přivalových deštích, Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky. 86 s.

KREČMER, V. a kol., 2003. Lesy a povodně-souhrnná studie, Praha, Ministerstvo životního prostředí. 48 s.

LICHNER, Ľ., BABEJOVÁ, N., DEKKER, L., 2002. Effect of kaolinite content and drying temperature on the persistence of soil water repellency induced by humic acids. 245 s.

MCKISSOCK, I., WALKER, E. L., GILKES, R. J., CARTER, D. J., 2000. The influence of clay type on reduction of water repellency by applied clays: a review of some West Australian work. *J. Hydrol.* 332 s.

MIKANOVA, O., ŠIMON, T., CERHANOVÁ, D., 2010. Hodnocení kvality půdy biologickými metodami, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. 54 s.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2015. Situační a výhledová zpráva PŮDA. 102 s.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, 2016. Státní politika životního prostředí v České republice 2012–2020. 113 s.

MUSIL, O., 2011. Vyhodnocení a srovnání produkčního potenciálu smrku, borovice a modřínu na živných stanovištích polesí Vranov ŠLP Křtiny, Diplomová práce. LDF Mendelu Brno. 81 s.

NĚMEC, J., a kol., 2009. Situační a výhledová zpráva půda, Ministerstvo zemědělství České republiky. 18 s.

PARDO, A., AMATO, M., CHIARANDA, F. Q., 2000. Relationships between soil structure, root distribution and water uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Plant growth and water distribution. *Eur. J. Agron.* 13. 45 s.

PELÍŠEK, J., 1957. Lesnické půdoznalství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. 442 s.

PELÍŠEK, J., 1964. Lesnické půdoznalství, Státní zemědělské nakladatelství Praha. 172 s.

POLENO, Z. a kol., 2007. Pěstování lesů I, Ekologické základy pěstování lesů, Lesnická práce s. r. o, Kostelec nad Černými lesy. 315 s.

POLENO, Z. a kol., 2007. Pěstování lesů II, Teoretická východiska pěstování lesů, Lesnická práce s. r. o, Kostelec nad Černými lesy. 463 s.

POSPÍŠILOVÁ, E., VLČEK, V., 2015. Chemical, biological and physical parameters of soil quality/health, Brno, Mendelova univerzita v Brně. 86 s.

QUITT, E., 1971. Klimatické oblasti Československa, Brno, Editační středisko MZLU v Brně. 212 s.

RAMPPAZO, N., BLUM, W. E. H., WIMMER, B., 1998. Assesment of soil structure parameters and functions in agricultural soils. *Bodenkultur* 49. 84 s.

ROWELL, D. L., 1994. Soil science-methods and applivation. Longman Scientific and Technical, Burn Mill. 352. s.

SÁŇKA, M., MATERNA, J., 2004. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR, *Odborný časopis pro životní prostředí*, 11/2004. 84 s.

ŠIMEK, M., 2003. Půda 1: neživé složky půdy, České Budějovice, Biologická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. 120 s.

ŠLP KŘTINY, 2017. O nás [online] citováno 4. 3. 2017. Dostupné na World Wide Web <http://www.slpkrtiny.cz/slp-krtiny/o-nas/>

TRUHLÁŘ, J., 1996. Pěstování lesů v biologickém pojetí, průvodce po Školním lesním podniku Masarykův les Křtiny, Křtiny. 128 s.

VANDERLINDEN, K., GABRIELS, D., GIRÁLDEZ, J. V., 1998. Evaluatoin of infiltration measurements under olive trees. *Soil Tillage Research* 48. 300 s.

VLČEK, V., 2015. Kvalita a zdraví půdy, Brno, Mendelova univerzita v Brně. 136 s.

VOLTR, V., 2011. Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí, Praha, Ústav zemědělské ekonomiky a informací. 158 s.

WALL, D. H. a kol., 2012. Soil Ecology and Ecosystem Services. Oxford Uni Press. 424 s.

WHALEN, J. K., SAMPEDRO, L., 2010. Soil Ecology and Management. Babi Publishers, UK. 300 s.

WOOD, M., 1995. Enviromental soil biology, London, 2nd Edition, Blackie Academic and Professiona. 150 s.

ZAPLETAL, K., 1992. Geotektonická stavba Moravského krasu, Brno, Časopis Moravského zemského muzea. 21 s.

ZOUBKOVÁ, L., 2014. Návodý k laboratorním cvičením z pedologie, Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně. 81s.

10 PŘÍLOHY

10.1 Seznam obrázků

Obr. 1 Půdní mapa místa odběru vzorků půdního typu luvizem	24
Obr. 2 Porostní mapa půdního typu luvizemě	24
Obr. 3 Půdní mapa půdního typu kambizemě	26
Obr. 4 Porostní mapa půdního typu kambizemě	26
Obr. 5 Půdní mapa půdního typu hnědozemě	28
Obr. 6 Porostní mapa půdního typu hnědozemě	28
Obr. 7 Půdní mapa půdního typu ranker	30
Obr. 8 Porostní mapa půdního typu ranker	30
Obr. 9 Půdní mapa půdního typu rendzina	32
Obr. 10 Porostní mapa odběru půdního typu rendzina	32
Obr. 11 Uložení vzorků při uskladnění	35
Obr. 12 Navážení vzorku v laboratoři mechaniky zemin	36
Obr. 13 Připravený vzorek půdy před zaplavením	36
Obr. 14 Soustava sít připravená k prosívání	37
Obr. 15 Propírání vzorků ve kbelíku.	37
Obr. 16 Propírání vzorků.	38
Obr. 17 Třídění vzorků.	38
Obr. 18 Naplněné hliníkové misky zeminou	39
Obr. 19 Připravená sada sít na třesačce.	40
Obr. 20 Promílání vzorku destilovanou vodou	41
Obr. 21 Připravené roztoky.	42
Obr. 21 Příklad VHX-5000	42
Obr. 22 Povrch a objem vodostabilních agregátů půdního typu luvizem.	44
Obr. 23 Povrch a objem vodostabilních agregátů půdního typu kambizem	45
Obr. 24 Povrch a objem vodostabilních agregátů půdního typu hnědozem	46

Obr. 25 Povrch a objem vodostabilních agregátů půdního typu ranker.	47
Obr. 26 Naměřené hodnoty agregátů půdního typu rendzina.....	48
Obr. 27 Průměrné velikosti vodostabilních agregátů na různých lesních půdách...	49
Obr. 28 Poměr velikosti povrchu a objemu vodostabilních agregátů na vybraných lesních půdách.	50

10.2 Seznam tabulek

Tab. 2 Popis lokality č. 1	23
Tab. 3 Popis lokality č. 2	25
Tab. 4 Popis lokality č. 3	27
Tab. 5 Popis lokality č. 4	29
Tab. 6 Popis lokality č. 5	31
Tab. 7 Souhrnný popis míst odběru půdních vzorků.....	34
Tab. 8 Obsah jílu v půdách.....	51

10.3 Ostatní zkratky

ČR-Česká republika
 ČÚZK-Český úřad zeměměřičský a katastrální
 LDF-Lesnická a dřevařská fakulta
 MZe-Ministerstvo zemědělství
 MŽP-Ministerstvo životního prostředí
 PUPFL-Pozemek určený k plnění funkcí lesa
 ŠLP-Školní lesní podnik