

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Změny půdních charakteristik na zalesněné
zemědělské půdě při výsadbě lesních dřevin na
lokalitě Veliká Ves – U lomu**

Changes of soil characteristics on afforested agricultural
lands at plantation of forest tree species at the locality
Veliká Ves – U lomu

Bakalářská práce

Autor: Štěpánka Matoušková

Vedoucí práce: prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Štěpánka Matoušková

Lesnictví

Název práce

Změny půdních charakteristik na zalesněné zemědělské půdě při výsadbě lesních dřevin na lokalitě Veliká Ves – U lomu

Název anglicky

Changes of soil characteristics on afforested agricultural lands at plantation of forest tree species at the locality Veliká Ves – U lomu

Cíle práce

- Analýza významu zalesňování zemědělských půd
- Zhodnocení sledované lokality po dendroekologické stránce
- Zhodnocení změn půdních vlastností a charakteristik zalesněné orné půdy po výsadbě různých lesních dřevin (douglaska, smíšený porost dub-javor-dub červený, borovice lesní)
- Posouzení přínosu zalesňování zemědělské půdy pro krajinu v daných stanovištních podmínkách

Metodika

Odběry půdních vzorků na lokalitě

Laboratorní zpracování vzorků

Statistické zpracování výsledků měření

Vyhodnocení trendů změn půd po zalesnění a jeho vliv na krajinu.

Doporučený rozsah práce

min. 30 s.

Klíčová slova

Zalesňování, zemědělské půdy, půdní vlastnosti, eroze půdy

Doporučené zdroje informací

- DUŠEK D., SLODIČÁK M. 2009: Struktura a statická stabilita porostů pod různým režimem výchovy na zemědělské půdě, Zprávy lesnického výzkumu, 54: 12-16.
- HATLAPATKOVÁ L., PODRÁZSKÝ V. 2011. Obnova vrstev nadložního humusu na zalesněných zemědělských půdách. Zprávy lesnického výzkumu, 56: 228 – 234.
- KACÁLEK D., NOVÁK J., ŠPULÁK O., ČERNOHOUS V., BARTOŠ J. 2007. Přeměna půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému – přehled poznatků. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 334-340.
- PODRÁZSKÝ V. 2006: Effects of thinning regime on the humus form state. Ekológia (Brat.). 25: 298 – 305.
- VACEK S., SIMON J. ET AL. 2009. Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Lesnická práce, s.r.o., vydavatelství a nakladatelství, Kostelec nad Černými Lesy: 784 s.
- VOPRAVIL, J., KHEL, T., VRABCOVÁ, T., NOVÁK, P., NOVOTNÝ, I., HLADÍK, J., VAŠKŮ, Z., JACKO, K., ROŽNOVSKÝ, J., JANEČEK, M., VÁCHA, R., PIVCOVÁ, J., KVÍTEK, T., NOVÁK, P., FUČÍK, P., ČERMÁK, P., JANKŮ, J., PÍRKOVÁ, I., PAPAJ, V., BANÝROVÁ, J. Půda a její hodnocení v ČR díl I. 1. vyd. Praha: VÚMOP, 2009. 148 s. ISBN 978-80-87361-02-3

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 2. 1. 2018

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2019

Prohlášení:

"Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Změny půdních charakteristik na zalesněné zemědělské půdě při výsadbě lesních dřevin na lokalitě Veliká Ves – U lomu* vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Viléma Podrázského, CSc. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V Praze dne 16. 4. 2019

Štěpánka Matoušková

Poděkování:

Mé poděkování patří především vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Vilému Podrázskému, CSc. za odborné vedení, ochotu a trpělivost, kterou mi věnoval v průběhu zpracování bakalářské práce. Dále děkuji doc. Ing. Vítězslavě Peškové, Ph.D., prof. Dr. Ing. Luboši Borůvkovi, a Ing. Ondřeji Holubíkovi za poskytnutí materiálů a dat. Děkuji rovněž všem svým zaměstnavatelům za jejich toleranci a časovou úlevu při plnění pracovních povinností souběžně se studiem. V neposlední řadě bych ráda poděkovala celé své rodině a přátelům za jejich trpělivost a podporu v mém studiu.

Abstrakt:

Cílem této bakalářské práce je posouzení vlivu zalesnění zemědělské půdy různými druhy lesních dřevin v nížinné oblasti Polabí na vybrané půdní vlastnosti. Jako modelová lokalita byl zvolen pozemek „U Lomu“, který se nachází v blízkosti obce Odolena Voda. Půdní pokryv této lokality tvoří kambizem modální. Tento půdní typ byl zvolen záměrně, jelikož se jedná o méně úrodnou (málo produkční) půdu vhodnou k zalesnění. Zároveň jde o půdu poměrně chudou na živiny, kde se mohou projevit nároky jednotlivých druhů dřevin a způsob jejich pěstování. K zalesnění původně zemědělské půdy byly využity sazenice listnatých (dub letní, dub červený, javor mléč) a jehličnatých (borovice lesní, douglaska tisolistá) dřevin. Zalesnění modelové lokality proběhlo na jaře roku 2013. Celá lokalita byla rozdělena na 36 čtvercových ploch 20 × 20 metrů. Jednotlivé plochy byly osázeny jednodruhovými porosty jehličnatých dřevin a smíšenými porosty listnatých dřevin.

Z vyhodnocení výsledků tohoto polního experimentu zalesněním zemědělské půdy byla prokázána především vyšší stabilita půdní struktury, která hraje zásadní roli ve srážkoodtokovém procesu. Tedy došlo i ke stabilizaci degradované půdy, tím, že pozemek začal postupně plnit funkce lesa.

Klíčová slova: zalesňování, zemědělské půdy, půdní vlastnosti, eroze půdy

Summary:

The goal of this bachelor study thesis is to evaluate by experiment the impact of afforestation of agricultural land with various tree species. For this simulation experiment, a lot „U Lomu” was selected, located near the town of Odolena Voda in the lower region of Polabi. The original soil of this region is primarily of the Cambisol type. This soil was specifically chosen as it represents a less fertile (lower yield) soil primarily suitable for afforestation. At the same time, this soil is relatively nutrient poor, where the individual needs of each tree specie can be observed and studied. For the afforestation of the originally agricultural land, both broadleaved (summer oak, red oak and maple) and coniferous (Scots pine and Douglas fir) trees were selected. The afforestation of the selected lot was completed in the spring of 2013. The lot was subdivided into 36 20x20 meter square sections. Each square section was planted with mixed evergreen and leafy trees.

The result of this experiment to afforest originally an agricultural land indicated primarily higher soil structure stability, which plays a key role in the rain retention and drainage processes. Specifically, the results confirmed that the previously degraded soil was stabilized, and the lot returned to and started to function as a viable forest.

Keywords: afforestation, agricultural land, soil properties, soil erosion

Obsah:

1. ÚVOD	10
2. CÍL PRÁCE	12
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	13
3.1. ZEMĚDĚLSKÁ PŮDA A JEJÍ STAV	13
3.2. FUNKCE PŮDY A JEJÍ VLASTNOSTI	15
3.3. DEGRADACE PŮDY	18
3.4. MOŽNOSTI OCHRANY ZEMĚDĚLSKÉHO PŮDNÍHO FONDU (ZPF)	23
3.5. ZALESŇOVÁNÍ ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD V ČR	25
3.6. PŮDNÍ POMĚRY A VLIV LEŠA NA PŮDU	27
3.7. VÝBĚR ZPF PRO ZALESNĚNÍ	29
3.8. VÝBĚR DŘEVIN PRO ZALESNĚNÍ	32
3.9. VÝCHOVA POROSTŮ ZALOŽENÝCH NA ZPF	33
3.10. VITALITA DŘEVIN ZALOŽENÝCH NA ZPF	34
4. METODIKA	35
4.1. VÝBĚR MODELOVÉ LOKALITY	35
4.2. ZPŮSOB ZALOŽENÍ POKUSŮ NA MODELOVÉ LOKALITĚ.....	36
4.3. POPIS POKUSU	39
4.3.1. <i>Stanovení stability půdní struktury "U lomu"</i>	39
4.3.2. <i>Respirační potenciál zalesněných ploch "U lomu"</i>	40
4.3.2.1. <i>Stanovení bazální a potenciální respirace</i>	40
4.3.2.2. <i>Stanovení polní respirace</i>	40
4.3.2.3. <i>Klimatické faktory</i>	43
4.4. STATISTICKÉ VÝSLEDKY	44
5. VÝSLEDKY	45
5.1. VÝSLEDKY MĚŘENÍ STABILITY PŮDNÍ STRUKTURY	45
5.2. VÝSLEDKY MĚŘENÍ BAZÁLNÍ A POTENCIÁLNÍ RESPIRACE	46
5.2.1. <i>Půdní respirace</i>	46
5.2.2. <i>Výsledky polní respirace</i>	48
6. DISKUZE	50
7. ZÁVĚR	51
8. ZDROJE	53
8.1. POUŽITÁ LITERATURA	53
8.2. ZDROJE NA INTERNETU	59

Seznam tabulek:

Tabulka 1 - Vliv použití meliorační hmoty Alginit na průměrné výšky kultur. (zdroj: VUMOP, v.v.i.).....	33
---	----

Seznam obrázků:

Obrázek 1 - Schéma půdního ekosystému (Zdroj: http://www.bc.cas.cz/Cds/Download/)	16
Obrázek 2 - Potenciální ohrožení zemědělských půd větrnou erozí podle přírodních lesních oblastí (PLO) ČR. (zdroj: https://www.vumop.cz/geoportal-sowac-gis-0)	21
Obrázek 3 - Vlastnické vztahy v lesích ČR. (zdroj: https://eagri.cz/public/web/mze)	26
Obrázek 4 - Schéma konverze BPEJ a SLT. (zdroj: VUMOP, v.v.i.)	31
Obrázek 5 - Zobrazení převodu BPEJ a SLT v regionálním měřítku. (zdroj: VUMOP, v.v.i.)	32
Obrázek 6 - Modelové území U lomu. (zdroj: VUMOP, v.v.i.)	36
Obrázek 7 - Plocha 3 - U lomu (Dolínek). (zdroj: VUMOP, v.v.i.).....	38
Obrázek 8 - Cylindrická sestava (zdroj: VUMOP, v.v.i.).....	41
Obrázek 9 - Kontrola (zdroj: VUMOP, v.v.i.)	42
Obrázek 10 - Umístění na ploše (zdroj: VUMOP, v.v.i.)	42
Obrázek 11 - Graf maximální a minimální teploty během vegetační periody 2013-2015 (zdroj: VUMOP, v.v.i.)	43
Obrázek 12 - Graf průměrných úhrn srážek během vegetační periody 2013-2015 (zdroj: VUMOP, v.v.i.).....	44
Obrázek 13 - Graf vývoje parametru WSA v časové řadě 2013-2016 (kambizem) (zdroj: VUMOP, v.v.i.).....	45
Obrázek 14 - Graf průběhu bazální respirace (B) 2013-2016 (kambizem) (zdroj: VUMOP, v.v.i.).....	46
Obrázek 15 - Graf průběhu potenciální respirace (G) 2013-2016 (zdroj: VUMOP, v.v.i.)	47
Obrázek 16 - Graf průběhu poměru potenciální (G) /bazální (B) respirace 2013 - 2016 kambizem (zdroj: VUMOP, v.v.i.)	47
Obrázek 17 - Graf průběhu polního respiračního testu 2015-2016 kambizem (zdroj: VUMOP, v.v.i.).....	48

1. ÚVOD

Stromy jako společenství patří mezi ekosystémy s největší biologickou rozmanitostí. Zmírňují extrémní teploty i mráz, ukládají velké množství vody a zvlhčují vzduch. Pokud jsou lesní porosty schopné udržet si svá společenství, pak mohou žít několik desítek až stovek let. (Wohlleben, 2018). Avšak jejich růst je velmi pomalý. Stromy potřebují několik let pro svou obnovu, několik desetiletí, aby vyrostly, a už v době zakládání lesního porostu bývá obtížné stanovit, jaké bude jeho konečné využití. Převod půdy ze zemědělské na lesní je zásah do krajiny, ke kterému je zapotřebí přistupovat velmi citlivě, protože se jedná o ekologicky významnou, odpovědnou, zavazující a zároveň nákladnou, zpravidla dotovanou činnost (Vacek a Slavík, 2006).

Zalesňováním nelesních půd nebo naopak přeměnou lesní půdy na zemědělskou je významně zasahováno do charakteru krajiny. Zalesněním zemědělského pozemku dochází ke změně jeho charakteru a v návaznosti na to je vyčleněn ze zemědělského půdního fondu (ZPF). Jedná se o dlouhodobý proces a případné vrácení zalesněné půdy zpět pro účely zemědělství je velmi administrativně složité a z pohledu ekonomického nákladné (Černý a kol., 1995; Mikeska, 2003).

Z pohledu ochrany krajiny je zalesňování zemědělských půd považováno za pozitivní přínos, zejména v oblastech krajinné ekologie a stabilizace hydrologických podmínek v krajině. Zalesnění zvyšuje retenční vodní kapacitu půd, zpomaluje povrchový odtok a eliminuje důsledky vodní i větrné eroze.

Zalesňování zemědělských půd má v naší zemi dlouholetou tradici. V minulosti byly zalesňovány plochy nevhodné pro zemědělskou výrobu, zejména pozemky silně ohrožené erozí (Macků, 2006). Vyjma okrajových horských a podhorských pozemků došlo k zalesnění pozemků i ve středních a nižších polohách (Klasna, 1976). Přistoupilo se tedy k pokusným výsadbám nejen na území České republiky ale i v okolních státech (Sarvaš, 2006; Hatlapatková a kol., 2006). Cílem bylo a i nadále zůstává rozšíření plochy lesů v krajině, mnohdy i se specifickými účinky (větrolamy, biokoridory) (Tichá, 2006), jindy zase převažuje zájem o produkční či krajině – stabilizační užití, případně i sanační.

I země Evropské unie disponují celou řadou odborných studií hodnotících různé faktory vlivu zalesnění na utváření evropské krajiny. Přínosným výstupem z těchto

publikací je téma hodnocení vlivu předchozího využití půdy na změny půdních vlastností (Paul a kol, 2002; Lal, 2005). Podstatně významným faktorem popisovaným ve studiích Guo a Gifforda (2002) a Jandla a kol. (2007) je vliv managementu utváření lesa s ohledem na topograficko-klimatické podmínky. V posledních letech lze v podmínkách vyspělých zemí Evropy zaznamenat nápadnou snahu o rozšiřování lesních ploch. Důvody jsou, jak už bylo zmíněno výše, převážně ekologické, ale i ekonomické. Souvislost lze hledat nejen v sílícím tlaku na kvalitní životní prostředí, ale především v nadprodukcí zemědělských výrobků a jejich nesnadnou uplatnitelností na světových trzích. Nadto se na méně úrodných pozemcích stává zemědělská produkce nerentabilní. Zalesňování proto probíhá jak cíleně, tak spontánně-sukcesí (Vacek a Slavík, 2006).

2. CÍL PRÁCE

Cílem této práce je analyzovat význam zalesňování zemědělských půd a zhodnotit lokalitu „U lomu“ po dendroekologické stránce.

Dalším cílem je zhodnotit změny půdních vlastností a charakteristik zalesněné orné půdy na sledované lokalitě po výsadbě různých lesních dřevin a posoudit tak přínos zalesňování zemědělské půdy pro krajinu v daných stanovištních podmínkách.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1. Zemědělská půda a její stav

Pro výraz půda existuje mnoho definic. Jednou z nich je i půdoznalecká definice Nováka (1953), jenž definoval půdu jako přírodní útvar, který se vyvinul z povrchových zvětralin zemské kůry a ústrojných zbytků a jehož stavba i složení jsou výsledkem působení podnebí a ostatních půdotvorných činitelů.

Půda je v knize Handbook of Soil Science od autora Sumnera (2002) definována jako přirozený třídimenzionální útvar, který je schopen podporovat růst vegetace a jehož jasně vymezené hranice běžně, ale ne vždy tvoří horizonty složené z minerálních organických materiálů obsahujících organismy. Tuto definici půdy lze považovat za mezinárodně uznávanou. Je však třeba zdůraznit, že ne všechno, co se na první pohled může jevit jako půdní pokryv, jím skutečně je. V přírodě lze narazit na materiál, který na prvním pohled upoutá jednotlivými vrstvami (horizonty). Horizonty se však nevyskytují jen v půdě, ale také v sedimentech. Pak se ovšem jedná pouze o výsledek sedimentačních událostí, nikoliv o pravé půdní horizonty (Hladký, 2015). V biologickém oživení půdy tkví zásadní rozdíl mezi půdou a sedimenty, neboť většina sedimentů biologickou složku neobsahuje. Rozeznat půdu od sedimentů bývá obtížné a definitivní rozlišení lze provést až na základě závěrů laboratorních analýz. Půdní mikromorfologii lze považovat za nejprokazatelnější laboratorní analýzu.

Vznik půdy je nekončící a velmi spleťový půdotvorný proces, na jehož počátku je zvětrávání. Zvětrávání je přírodní proces, při kterém dochází k přeměně skal a minerálů do stabilnějších forem a bez něhož by žádná půda nemohla vzniknout. Zvětráváním vznikne půdotvorný substrát, tedy jen sediment, který ještě není půdou, ale představuje materiál, ze kterého se půda může vytvořit. Ve chvíli, kdy je tento sediment obohacen o organickou hmotu, umožňuje růst rostlin, je prostoupen živými organismy a v jeho profilu dochází k chemickým změnám. Teprve pak lze hovořit o půdě (Birkeland, 1999, in Hladký, 2015).

Vývoj půdy poté pokračuje sérií dalších procesů. Lze tedy říci, že pedogeneze (vznik půdy) je řada obecných, vzájemně se prolínajících a ovlivňujících procesů

(Hladký, 2015) a podle D. Hillela (2007, in Hladký, 2015) můžeme pedogenezi shrnout do tří bodů:

- zvětrávání matečného substrátu
- formování jílu a akumulace organické hmoty
- translokace hmoty a vznik půdních horizontů

Pedogeneze je ovlivněna půdotvornými procesy a faktory, které přímo působí při vzniku půd. Půdotvorný substrát, klima, biologický faktor, podzemní voda a člověk patří mezi půdotvorné faktory. Za podmínky půdotvorných procesů se považuje reliéf a stáří půd (Tomášek, 2007, in Hladký, 2015). Procesy, které jsou podmíněny působením těchto faktorů a danými podmínkami, vrcholí vytvořením typického půdního profilu a různá kombinace půdních formujících faktorů v různých prostředích dává vzniknout odlišným půdním typům. Půdotvorný substrát (někdy označovaný jako mateční hornina) je výchozím materiálem, ze kterého se půda vyvíjí, a jeho skladba a zrnitostní složení má rozhodující vliv na výsledné vlastnosti půdy a rozhodujícím způsobem ovlivňuje vznik půdního typu.

Půdotvorné procesy jako humifikace, oglejení, illimerizace apod. působí na půdotvorný substrát a dochází tím tak k diferenciaci půdního profilu. Podle typu a intenzity konkrétního půdotvorného procesu může např. na spraši vzniknout půdní typ černozem, nebo hnědozem (Vopravil a kol, 2011).

Zemědělská půda je část povrchu země využívaná pro zemědělské nebo pastevecké účely. Tvoří ji orná půda, louky a pastviny, zahrady, ovocné sady, zahrady, vinice a chmelnice. Zbylou část zemského povrchu tvoří půda nezemědělská. Ta je dále členěná na lesní půdu, vodní plochy, zastavěné plochy a plochy ostatní.

Situační a výhledová zpráva Půda 2018 publikovaná na webových stránkách Českomoravského svazu zemědělských podnikatelů uvádí, že podíl zemědělské půdy (z. p.) představuje 53,3 % celkové rozlohy půdního fondu ČR, z toho orná půda je na 37,5 % celkové výměry půdního fondu. Největší podíl výměry zemědělské půdy, a to 69,6 %, obhospodařovaly obchodní společnosti. Celkově právnické osoby obhospodařovaly ZPF dle jednotlivých forem v roce 2017 v této

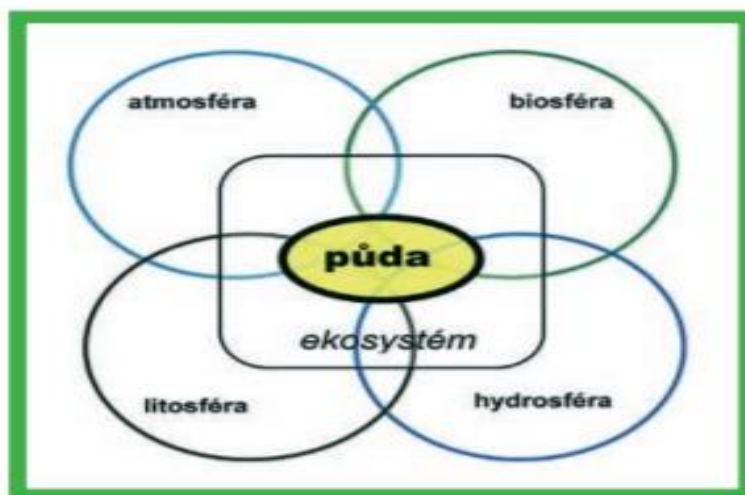
struktura: společnosti s ručením omezeným 25,1 %, akciové společnosti 24,5 %, družstva 18,7 %, ostatní právnické osoby 0,8 % výměry ZPF (Menclová, 2019).

3.2. Funkce půdy a její vlastnosti

Lze najít celou škálu systémů členění půdy. Jedním z nejcitovanějších a zároveň nejpodrobnějších je Blumův systém (1998), který funkci půdy rozlišil do 6 základních okruhů:

- Produkce potravin a biomasy
- Zadržování, filtrace a transformace látek
- Prostředí a genová zásobárna pro organismy
- Podklad staveb (budovy, komunikace)
- Zdroj surovin
- Materiální a kulturní dědictví

Také Szabolc (1994) o čtyři roky dříve než Blum (1998) definoval funkci půdy a uvádí, že v mnoha ekosystémech je půda primárním zásobníkem organické hmoty a tvoří interface mezi biosférou a geosférou. Díky tomu umožňuje toky látek, regulaci biotických procesů včetně zásobování rostlin vodou a minerálními živinami a tím je umožněna tvorba biomasy. Dále je půda definována jako porézní systém přispívající k vodní a tepelné rovnováze atmosféry, který reguluje vzájemnou výměnu plynů právě mezi půdou a atmosférou. Právě výpar vody z půdy ovlivňuje i obsah vody v atmosféře. Vzhledem k litosféře půda pufruje a reguluje destrukční procesy svrchní části zemské kůry a tím dochází k naplnění její specifické ochranné funkce.



Obrázek 1 - Schéma půdního ekosystému (Zdroj: <http://www.bc.cas.cz/Cds/Download/>)

Podle Vopravila a kol. (2011) byla půda odjakživa považována za nenahraditelný přírodní zdroj a cenný prostředek zajišťující celou řadu lidských potřeb. Disponuje rozsáhlým souborem enviromentálních funkcí sloužících k udržení stability globálních ekosystémů. Tyto funkce jsou základní podmínkou pro život na zemi, neboť rozhodují o vývoji a stavu krajiny i o uspokojování potřeb lidské společnosti. Vedle produkčních funkcí, které má např. i lesní půda a mezi které patří výroba dřevní hmoty, a funkcí „kulturních“ existují i funkce ekologické (enviromentální). Jde o obecné označení filtrační, retenční, pufrální, transformační, asanační a transportní funkce půdy.

Filtrační funkce půdy umožňuje přirozené pronikání vody do půdního prostředí, tj. infiltraci a propustnost půdy. Voda procházející půdním prostředím se může obohatit o látky, které jsou v půdě obsažené, v opačném případě může půda díky své pufrální schopnosti neutralizovat kyselé srážky. Je tedy zřejmé, že na půdě je závislá jakost pitné vody, neboť díky své filtrační funkci půda do značné míry ovlivňuje nejen dotaci, ale i složení a kvalitu podzemních vod a pramenů včetně vodních toků a nádrží.

Retenční/akumulační funkce půdy lze chápat jako schopnost zadržení nejen vody v půdě, ale i celé řady dalších látek, jako jsou například rostlinné živiny, znečišťující látky atd. Tomuto jevu předchází proces infiltrace. Půda se tak ve svém hydrologickém cyklu pevnin stává nádrží s významným retenčním objemem.

Ten v celostátním měřítku řádově převyšuje objem vody v nádržích a vodních tocích (Kutílek, 1978).

Dále podle Vopravila a kol. (2011) **pufrační schopnost půdy** tlumí projevy různých sil některých půdních reakcí, jako je například acidifikace nebo okyselování půdy, avšak může utlumovat i rychlé teplotní změny. Půdy mají různou odolnost acidifikací a při markantním a rychlém poklesu půdní reakce nastalé zvenčí půda ztrácí svou puфраční schopnost a dochází k rozpadu půdní struktury, k poruchám sorpční schopnosti, k utužení půdy, tvorbě škraloupů, rozbřídavosti a dalším doprovodným jevům těchto nevratných změn.

Transformační funkce půdy umožňuje proces rozkladu, mineralizace a syntézy nových látek. Tzn. zabezpečuje přeměnu látek během jejich cyklu. V případě, že dojde k narušení této funkce, může dojít k znečištění půdy a k následným problémům ve výživě rostlin a k znečištění vody.

Asanační funkce navazuje na funkci transformační jakožto její součást. Do této funkce jsou zařazeny procesy rozkladu a mineralizace živočišných organismů a těl (včetně lidských). Z tohoto důvodu jsou na půdy, které tuto funkci plní, kladeny přísné požadavky při výběru lokalit pro umístění hřbitovů.

Transportní funkce půdy zprostředkovává migraci látek v půdním prostředí. V závislosti na reliéfu a klimatu probíhá transport látek v půdě vertikálně i paralelně s povrchem půdy, smyvem po povrchu i vnitropůdními toky. Nejčastějším transportním médiem je voda. Látky ale mohou migrovat i v pevné nebo plynné formě.

Funkce půdy jako genové rezervy není doposud dostatečně prozkoumaná. Aby ji bylo možné vyhodnotit, je potřeba nadále pokračovat ve výzkumu půdních organismů a mikroorganismů z pohledu získávání nových genů jak v čase přítomném, tak budoucím.

Funkce půdy jsou odvislé od složení půdy a jejích vlastností a od podmínek prostředí. Vlastnosti půd jsou obvykle rozděleny na chemické, fyzikální, biologické a technologické.

Zrnitostní složení, zastoupení jednotlivých velikostních frakcí v minerálním podílu půdy (textura) a prostorové uspořádání částic v půdě, velikost a tvar

agregátů, tvar a distribuce půdních pórů (struktura), specifická hmotnost půdních částí, barva a teplota půdy jsou považovány za významné **fyzikální vlastnosti**.

Technologické vlastnosti půd, kam patří např. koheze (soudržnost půdních částí), adheze (přilnavost půdních částic na povrch těles, která vnikají do půdy), konzistence, uléhavost, zhutnění, tvorba povrchového odtoku, orební odpor a další, jsou pro zemědělskou praxi zvláště důležité.

Za **biologické vlastnosti** půd se považují např. početnost, biomasa a aktivita jednotlivých skupin organismů obsažených v půdě, rychlost respirace, enzymatické aktivity, obsah DNA a další.

Chemické vlastnosti půdy ovlivňuje především její elementární a minerální složení, složení půdního roztoku a půdního vzduchu, obsah a složení půdní a organické hmoty, půdní reakce, sorpce a oxidačně redukční podmínky.

Biodiversitu definovali Elliot a Lynch (1994) jako „*bohatost života vyjádřenou rozmanitostí organismů a biochemických procesů v daném prostředí*“ a **resilienci půdy** jako „*schopnost obnovit vlastnosti po nějaké změně*“.

Kvalita půdy se podle Pankhursta a kol. (1997) zaměřuje na schopnost půdy splnit definované potřeby člověka, zatímco zdraví půdy se více zaměřuje na pokračující schopnost půdy podporovat růst rostlin a udržování svých funkcí. Karlen a kol. (1997) definují kvalitu půdy jako „*schopnost určité půdy fungovat v rámci svých kapacit a v rámci přírodních nebo řízených hranic ekosystému, udržovat produktivitu rostlin a zvířat, udržovat nebo zlepšovat kvalitu vody a ovzduší a podporovat lidské zdraví a bydlení*“.

Úrodnost půdy definuje Svoboda (1984) jako „*její schopnost zajišťovat život vyšších zelených rostlin, které mohou využít energii slunečního záření*“. Prakticky identickou definici uvádějí i Ledvina a kol. (1992). White (1997) se domnívá, že úrodnost půdy je důležitým faktorem ovlivňujícím produktivitu. Z hlediska ekonomického produktivitu definuje jako komplexní vlastnost půdy vyjádřitelnou výnosem.

3.3. Degradace půdy

Půda je základním výrobním prostředkem v lesnictví a zemědělství, proto musí být chráněna. Kozák a kol. (2009) uvádějí, že podle předložené rámcové směrnice

EU pro ochranu půd je půda přírodním zdrojem ve veřejném zájmu, který je pod zvyšujícím se environmentálním tlakem, a je proto potřeba jej chránit před degradací. Mezi hlavní degradační procesy v půdách podle nich patří i:

Nepropustné zakrývání povrchu (soil sealing) spojené s nekontrolovatelnou suburbanizací, při které dochází ke zničení produkčních i ekologických funkcí. K tomuto výraznému degradačnímu procesu významně přispívá rozšiřování měst, povrchová těžba hnědého uhlí, výstavba nových výrobních prostor, obchodů a skladů (Vopravil a kol., 2009). Podle Kozáka a kol. (2009) jde o nejzávažnější hrozbu pro půdy, neboť půda, která je odtěžená nebo trvale zakrytá, nemůže plnit své funkce a jedná se tak o nevratný stav. Podle nejnovějších statistických údajů činí hodnota záboru půdy v České republice za posledních 5 let 25 ha zemědělské půdy denně a nejvíce ubývá kambizemí, dále i půdních typů luvizem a černozem. (Rejšek a Vácha, 2018).

Kontaminace půd, která je hrozbou z hlediska narušení funkcí ekosystémů, zdraví živočichů a rostlin včetně lidí, je hrozbou posledních desetiletí. Ke kontaminaci půdy může dojít po styku s anorganickými či organickými látkami (Kozák a kol., 2009). Dlouhodobě se problému kontaminace zemědělských půd věnuje Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., který se při výzkumu a hodnocení této konkrétní problematiky zaměřuje na dvě hlavní skupiny kontaminantů:

- prvky potenciálně rizikové,
- perzistentní organické populanty.

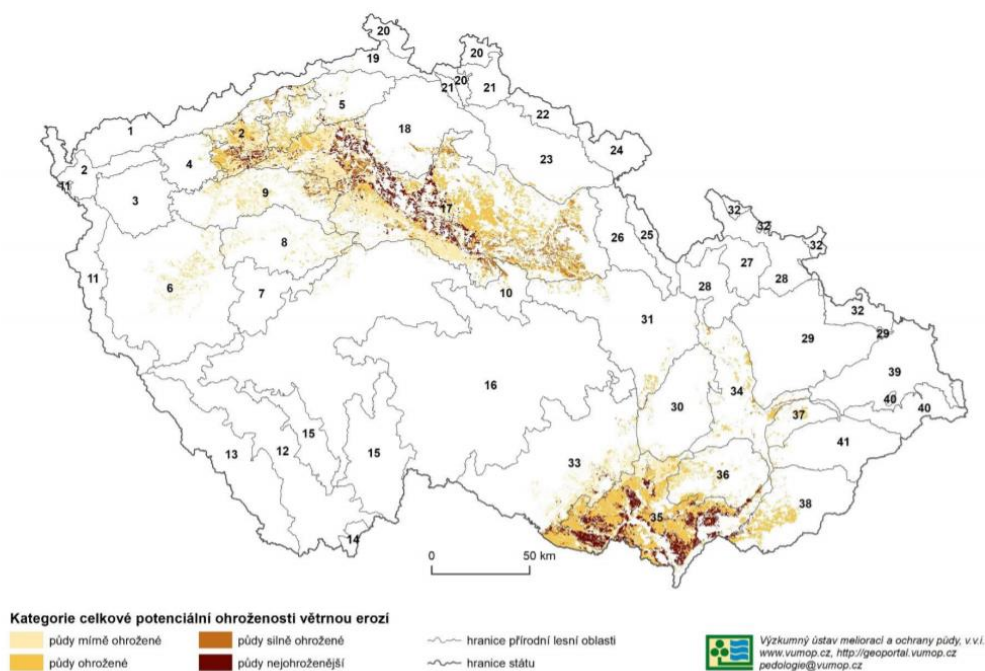
Skupina **potenciálně rizikových prvků** zahrnuje metaloidy a z velké části tzv. těžké kovy, které v určitém množství mohou u živých organismů vyvolávat projevy akutní až chronické toxicity. Dle Vopravila a kol. (2011) jsou za důležitý zdroj vstupu rizikových prvků do půdy považovány imisní spady pocházející z průmyslové činnosti, také průmyslová hnojiva, organické látky a pesticidy používané v zemědělství, ale i kaly z čistíren odpadní vod.

Perzistentně organické populanty (POP) jsou látky přírodního nebo antropogenního původu. Přírodní cestou (hoření, produkty metabolismu, rozkladné procesy) vzniká obrovské spektrum organických sloučenin. Zvýšenou zátěž ale představují POP vznikající antropogenně. Ty lze rozdělit na látky záměrně

vyráběné (pesticidy, změkčovadla, součásti nátěrů atd) a na látky vznikající jako vedlejší produkt výrob.

Eroze je přírodní proces, při kterém dochází k rozrušování půdního povrchu, transportu půdních částí a jejich usazování a to zejména vlivem působení vody, ledu, větru, případně dalších činitelů. Tento proces bohužel není možné zcela eliminovat, ale lze jej alespoň omezit využitím různých nástrojů protierozní ochrany. Eroze dochází k ochuzování půdy o nejurodnější části a jsou tím tak změněny fyzikální vlastnosti půdy, především struktura, zrnitostní složení, objemová hmotnost, vodní kapacita, pórovitost, infiltrační schopnosti, hloubka pro vývoj kořenů a mnohé další (Vopravil a kol, 2011). Významnými činiteli ovlivňujícími tento proces jsou především vítr a voda. Vodní eroze je považována za závažnější jev, neboť z pohledu zemědělství postihuje 56 % půd a větrná 28 % půd (Janeček a kol., 2005).

Větrná eroze je jev, ke kterému dochází především v aridních či semiaridních oblastech a jehož hlavním činitelem je proudění vzduchu. Působením větru dochází k přemísťování jednotlivých půdních částic a tím je narušován povrch půdy (Lal, 1992). Dle Novotného a kol. (2014) spočívají důsledky větrné eroze především ve snížení obsahu všech látek vázaných na erodované částice, změně zrnitostního složení a vodního režimu půdy, a to jako důsledek chybějících jemných jílovitých částic, které byly odvanuty. Šarapatka a kol. (2002) konstatují, že díky větrné erozi hrozí odhalování kořínků rostlin, jež s sebou nese rizika poškození mladých rostlinek a semenáčků. Odolávat vlivům větrné eroze lze především prevencí, spočívající hlavně v zajištění stálého pokryvu půdního povrchu, jeho kultivaci a zdrsnění, jež je závislé na míře vlhkosti, při které je půda kultivována, a v důsledku toho je umožněna tvorba hrud (větších půdních agregátů) (Lhotský, 1994). V České republice je k větrné erozi náchylná především rovinatá oblast Polabí a jižní Morava. Větrnou erozí v oblasti jižní Moravy se podrobněji zabývali např. Podhrázská a kol. (2015). Sledovanou oblast rozdělili do šesti kategorií dle stupně ohroženosti a následně zhodnotili její potenciální ohrožení půdy větrnou erozí.



Obrázek 2 - Potenciální ohrožení zemědělských půd větrnou erozí podle přírodních lesních oblastí (PLO) ČR. (zdroj: <https://www.vumop.cz/geoportál-sowac-gis-0>)

Vodní eroze stejně jako větrná souvisí s vlastnostmi půdy a s krytem jejího povrchu rostlinami. Vzniká rozrušením půdního povrchu kapkami a následným odnosem půdních částí vodou (Rejšek a Vácha, 2018). Odlišnost od větrné eroze spočívá ve vlivu svažitosti a vlivu přívalových dešťů. V České republice je vodní eroze způsobena především přívalovými dešti. Nárůst tohoto typu dešťů za poslední roky je přisuzován změnám klimatu a dochází ke značnému zhoršování této nedobré situace (Konečná a kol., 2014). Vodní erozí v různém rozsahu a s různou mírou intenzity může docházet k rozrušování zemského povrchu. Janeček a kol. (2005) dělí vodní erozi na několik forem. Plošnou, rýhovou, proudovou a výmolovou. V současné době je za jeden z faktorů tvorby vodní eroze považována snížená schopnost povrchové vrstvy půdy infiltrovat a zadržovat vodu. Na Geoportálu Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v. i. jsou veřejnosti volně dostupné mapové podklady udávající charakteristiky vodní i větrné eroze, včetně jejího monitoringu a protierozní kalkulačky.

Úbytek organické hmoty v půdě nastává, jestliže ztráty způsobené např. působením vodní eroze, zvýšenou mineralizací, zvýšenou ariací nebo nedodáváním

organické hmoty do půdy převyšují vnosy (Vopravil a kol., 2011). V podmínkách České republiky k tomuto jevu také dochází a souvisí to s úbytkem živočišné výroby. (Rejšek a Vácha, 2018). Podrobně tento současný stav popisují Khel a kol. (2010). Konstatují, že není zaveden soustavný monitoring půdní organické hmoty, který by byl v souladu s novelizací zákona o ochraně zemědělského půdního fondu. Vopravil a kol. (2011) uvádějí, že ztráta organické hmoty v půdě má za následek:

- Ztrátu stability půdních agregátů
- Větší zranitelnost vodní a větrnou erozí
- Sníženou odolnost proti půdní kompakci v orničních horizontech i horizontech spodin
- Snížení pufrací schopnosti půdy a vzrůst zranitelnosti acidifikací
- Snížení transformační a asanační schopnosti půdy
- Snížení poutání kontaminujících látek a živin
- Zvýšený obsah dusičnanů v půdě

Vše výše citované má tedy vliv na snížení produkční schopnosti půdy.

Horáček a kol. (2017) se úbytku obsahu a kvality organické hmoty také věnují. Prezentují, že kvantitativní charakteristiky mají mírně rostoucí tendenci oproti ukazatelům kvality humusu, které prokazují úbytek jeho kvality na sledovaných vzorcích. K vyhodnocení těchto dat využili data z KPP a data současná. K popisované problematice Kolář a kol. (2009) doporučují zaměřit se na vývoj pokročilejších analytických metod, aby mohly být změny obsahu a hlavně kvality půdní organické hmoty vyjádřeny s mnohem větší přesností. Dle profesora Kozáka a kol. (2009) dochází k výraznému úbytku půdní organické hmoty vždy, když dojde ke zmenšení povrchových horizontů. Jako nejvýraznější proces v tomto smyslu eroze přisuzuje pěstování travníkových koberců a dřevařským či ovocnářským školkám, periodicky expedujícím výpěstky s kořenovým balem.

Ztráta biodiverzity v důsledku degradace půd je fakt a její výzkum je zaměřen primárně na mikrobiální společenstva (Abbasian a kol., 2016). Snížení biodiverzity je vnímáno jako ekologická nevýhoda oproti vyšší biodiverzitě, která podporuje stabilitu ekosystému, který se pak snadněji vyrovnává se zhoršenými podmínkami zhutnění a zhoršení fyzikálních vlastností. Kozák a kol. (2009) uvádějí, že

biodiverzita půdy je obecně definována jako variabilita živých organismů v půdě a v ekologických komplexech, jejichž součástí jsou.

Ve spolupráci s Evropskou komisí a Join Research Centre (Ispra, Itálie) byl v roce 2010 publikován Evropský atlas půdní biodiverzity (Jeffery a kol., 2010). Lze v něm nalézt např. ucelený přehled zástupců půdního edafonu a jeho interakci s prostředím z pohledu různých ekosystémů. Dále jsou v něm popisovány funkce půdy a její vztah k biodiverzitě, vztah nemocí rostlin a biodiverzity a jiné. Tento atlas je volně ke stažení ve formátu pdf.

Okyselování půd (acidifikace) je přírodní proces, při kterém dochází ke snížení pufrovací schopnosti půdy. Její rychlost závisí na síle kyselých vstupů a prvotní pufrovací kapacitě vody. Půdy, které mají nízkou pufrovací kapacitu a nemají v sobě obsažen CaCO_3 , se okyselují rychleji než půdy obsahující uhličitany. Svou roli v tomto procesu také sehrává typ vodního režimu a v současnosti i odběr Ca rostlinami (Vopravil a kol., 2011) Dle Kozáka a kol. (2009) se acidifikace půdy nejvíce projevuje na vrcholových lesních porostech.

3.4. Možnosti ochrany zemědělského půdního fondu (ZPF)

Působení přírodních živlů nelze nikterak ovlivnit, ale správným a šetrným obhospodařováním může dojít alespoň k částečné eliminaci jejich negativních dopadů. Je důležité podotknout, že vyjma výše citovaných degradačních procesů má na úbytku orné půdy podíl také zatravňování a zalesňování půd, které ale v obecné rovině není považováno za negativní. K zatravňování nebo zalesňování ploch například dochází v oblastech, kde hrozí vysoké riziko eroze a tyto plochy nejsou považovány za příliš vhodné pro intenzivní obhospodařování. Tato opatření jsou součástí agroenvironmentálně klimatických opatření Programu rozvoje venkova pro roky 2014-2020 a jako taková zlepšují ne příliš ideální poměr orné půdy vůči travním a lesním porostům (Jindra, 2019).

Dle Rejška a Váchy (2018) existují i další opatření, kterými lze dosáhnout účinné ochrany půdy. Můžou jimi být např.:

- Navýšení živočišné výroby, která by zajistila dostatečný přísun organické hmoty do půd

- Vyjasnění vlastnických vztahů
- Snížení procenta zrnění, aplikace doporučených protierozních opatření, snížení technologického zhutnění půd a znovuuvedení odvodňovacích soustav do provozuschopného stavu
- Podpora ochoty nájemců investovat do pozemkových úprav, protierozních opatření, ozelenění krajiny, vápnění půd, vyváženého hnojení atd.
- Zvýšení zájmu o nové technologie (precizní zemědělství)
- Zajištění dostatečné informovanosti a následné implementace dosažených výsledků z výzkumu do praxe
- Zvýšení povědomí veřejnosti o půdě a jejím významu
- Předběžná příprava na dopady klimatických změn

Ochrana ZPF se řídí zákonem č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu. Stupně ochrany zemědělské půdy jsou zařazeny do pěti tříd (Kozák a kol. 2009):

- **I. třída:** z pohledu bonity se jedná o nejcennější půdy v jednotlivých klimatických regionech, které lze jen ve výjimečných případech vyjmout ze ZPF.
- **II. třída:** půdy s vysokou, až nadprůměrnou produkční schopností a s vysokým stupněm ochrany.
- **III. třída:** půdy, jejichž produkční schopnost je průměrná se středním stupněm ochrany. V územním plánování lze tyto půdy využít pro případnou zástavbu.
- **IV. třída:** půdy s více převažující podprůměrnou produkční schopností, které jsou využitelné pro zástavbu díky své omezené ochraně.
- **V. třída:** zemědělsky postradatelné půdy s převažující podprůměrnou produkční schopností.

V roce 2015 byla schválena novelizovaná forma zákona o ochraně zemědělského půdního fondu (zákon č. 334/1992 o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění zákona č. 41/2015 Sb.) Do tohoto zákona bylo zapracováno zmocnění pro přijetí konkrétních vyhlášek, které upravují podrobné podmínky ochrany ZPF. Za zásadní přínos je považována nově vznikající vyhláška o erozi a

kontaminaci zemědělských půd /vyhláška č. 13/1994 Sb.) Vyjma definice zásady ochrany ZPF a změn jeho využití je nově do tohoto zákona zařazen paragraf o aplikaci vytěžených sedimentů na zemědělskou půdu. Tento zákon také uvádí podmínky evidence informací o kvalitě zemědělské půdy a podmínky evidence odnětí zemědělské půdy. Definiuje, jak postupovat při znečištění zemědělské půdy nebo ohrožení zemědělské půdy erozí, a doporučuje opatření nutná k nápravě. Dále upravuje zásady zpracování dokumentace nutné k realizaci staveb a sítí na ZPF, principy státní zprávy ochrany ZPF a mimo jiné také správní delikty fyzických a právnických osob (Rejšek a Vácha, 2018).

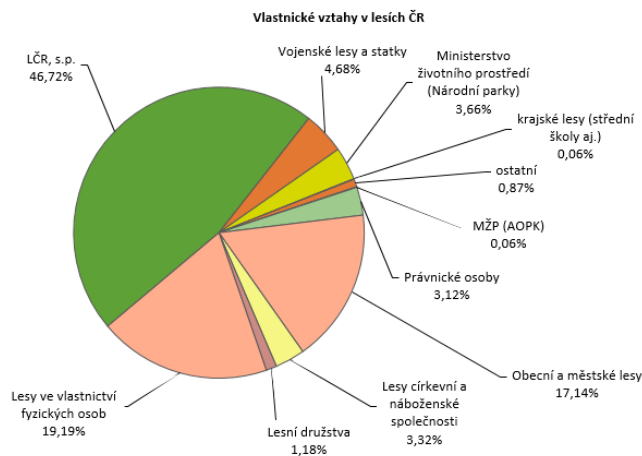
Z výše popsaného vyplývá, že i v legislativně, tedy konkrétními právními předpisy, lze do jisté míry zajistit relativně účinnou ochranu půdy.

3.5. Zalesňování zemědělských půd v ČR

Česká republika se řadí k zemím s vysokým podílem lesních pozemků. Jak uvádí poslední Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, meziročně se plocha lesního porostu v ČR zvýšila o 1 809 ha na celkových 2,67 mil ha a její lesnatost dosahuje 34 %. Pro lepší představu lze uvést, že lesy pokrývají 38 % plochy států EU. Nejvyššího procenta zastoupení lesů dosahují státy skandinávské (Finsko 73 %, Švédsko 68 %), překvapivě vysoká lesnatost je i ve Slovinsku (52 %). Ve Spojeném království a Nizozemsku je procento zastoupení lesů naopak nejmenší (11 %). Co se týče vlastnictví lesů na území ČR, mezi nejvýznamnější vlastníky patří stát, dále pak Vojenské lesy a statky, ostatní státní lesy (národní parky, krajské lesy apod.), fyzické osoby, právnické osoby, obce,

církev a družstva. Podíly vlastnické struktury jsou názorně vyjádřeny graficky na obrázku č. 3.

Státní podnik Lesy ČR hospodáří na ploše 1,22 mil ha, Vojenské lesy a statky na cca 122 tis. ha, ostatní státní lesy (národní parky, krajské lesy apod.) spravují cca 121 tis. ha. Z celkové výměry lesů tak stát spravuje cca 56 %, fyzické osoby 19 %, obce 17 %, právnické osoby 3 %, církve 3 % a družstva 1 %.



Zdroj: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic : stav k 31. 12. 2017, Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce, 1995. ISBN 978-80-7434-477-0.

Obrázek 3 - Vlastnické vztahy v lesích ČR. (zdroj: <https://eagri.cz/public/web/mze>)

Zalesňování samotné má v České republice dlouholetou tradici. K zalesňování docházelo na územních plochách nevhodných pro zemědělskou výrobu a na pozemcích ohrožených erozí. Po druhé světové válce, kdy se uvažovalo nad využitím pozemků po odsunu německých obyvatel, došlo k rozsáhlému zalesňování nelesních půd (Macků, 2006).

K nejvyššímu rozsahu zalesňování půd došlo v první polovině padesátých let, v šedesátých letech zalesňování dosahovalo 5 až 6 hektarů ročně a až později se ustálilo na jeden tisíc hektarů za rok. (Černý a kol., 1995). Na počátku sedmdesátých let došlo k zalesnění tzv. rezervních zemědělských fondů, a to zejména v pohraničí, kde byly zakládány monokultury jehličnatých porostů (Topka, 2003). K dalšímu výraznému nárůstu došlo opět až počátkem devadesátých let.

Současný trend zalesňování zemědělských pozemků na území České republiky je součástí nadnárodní strategie EU (KOM/2010/66). Toto opatření se především používá jako hlavní nástroj v EU pro boj proti „skleníkovému efektu“. I celosvětově

je vyvíjen tlak na udržitelné způsoby hospodaření v krajině, včetně přínosu lesního hospodářství (MCPFE 2007). Funkčním využitím krajiny v podobě založení lesa se jako jednou z možností zabývá rekultivace krajiny.

Ochranu lesní půdy má v kompetenci Ministerstvo zemědělství České republiky. Rejšek a Vácha (2018) uvádí tři aktuální příčiny závažných poškození stavu lesních půd:

- Využívání potěžebních zbytků jako alternativního zdroje energie – problém zde představuje podstatný zásah do koloběhu živin lesních stanovišť
- Malý podíl melioračních dřevin – dochází k absenci krytí půdního povrchu a rychle rozložitelného odpadu zcela jiného složení, než je odpad hlavních hospodářských dřevin
- Poškození půdního povrchu při přibližování dříví – dochází jak k zhutnění, tak k vytvoření mechanicky generovaných hloubkových rýh, které mohou vyvolat různé formy vodní eroze

3.6. Půdní poměry a vliv lesa na půdu

Zemědělsky využívaná půda se od té lesní významně liší. Sáňka a Materna (2004) uvádějí: *“I když základní přístupy k hodnocení půd jsou shodné, existují určité odlišnosti podle charakteru vegetačního krytu a stupně antropogenního ovlivnění pedogenetického vývoje. Zejména jsou to rozdíly mezi zemědělskými a lesními půdami. Zatímco zemědělské půdy jsou soustavně ovlivňovány lidskými zásahy, změny v lesních půdách tímto způsobem probíhají jen výjimečně. Rozhodující působení na ně je nepřímé, a to dřevinným složením porostů, jejich strukturou a celkovým hospodařením v nich“.*

Při hodnocení půd se sledují tři základní vlastnosti (Rejšek a Vácha, 2018):

- Fyzikální vlastnosti – tloušťka horizontů, hustota, hmotnost, pórovitost, barva textura, obsah vody a další
- Chemické vlastnosti – obsah humusu, půdní reakce, sorpční vlastnosti a obsah živin
- Biologické vlastnosti – přítomnost a diverzita půdních mikro- a makroorganismů a jejich fyziologické aktivity

Vazba pedologických průzkumů na typologii lesa je klíčová a přímo vyplývá z definice základní typologické jednotky lesního hospodářství České republiky. Zlatník (1956) definuje lesní typ jako: „*soubor biocenů původních a změněných a jejich vývojových stádií včetně prostředí, tedy biogenocenos vývojově k sobě náležejících*“. Lesní typ je tedy územní jednotkou, která je úzce ekologicky i produkčně vymezena a je dána trvalými produkčními podmínkami.

Z hlediska znaků půd, které jsou specifické pro vznik lesních ekosystémů, jsou charakteristické dvě skutečnosti. V lesní půdě dochází k zrychlování a zintenzivňování zvětrání a lesní půda se stává stabilizujícím prvkem fungující mozaiky krajinných prvků.

Za jedny z mnoha specifických znaků lesních půd lze tedy považovat jejich intenzivnější zvětrávání, heterogenost jejich profilů a vysoký obsah organické hmoty. Dále je to jejich velmi specifická půdní biota, vysoká skeletovitost a vysoká pohyblivost obsažených látek. (Rejšek a Vácha, 2018)

Obecně lze konstatovat, že lesní porosty velkou měrou přispívají k sekvestraci uhlíku, především z důvodů tvorby biomasy a charakteru rozkladných procesů lesního opadu (Sharow a Ismail, 2004). Six a kol. (2002) uvádějí, že lesní ekosystémy zadržují více jak 80 % celkových zásob C nadzemní biomasy a více než 70 % půdního organického uhlíku. Avšak v jiných studiích, které byly zaměřeny na stejnou problematiku, byly zjištěny odlišné výsledky (Wellock a kol., 2011).

Byly popsány trendy půdních vlastností, díky kterým nejprve dojde k redukci půdního organického uhlíku většinou v krátké době po zalesnění. Zak a kol. (1990) konstatují, že v rámci sledování založených pokusů po opouštění zemědělské výroby došlo v prvních třech letech po zalesnění k poklesu Corg. Ve většině publikací se lze ale dočíst, že obsah půdní organické hmoty se s růstem lesní produkce postupem času zvyšuje (Paul a kol., 2002; Laganiere a kol. 2010)

Podrázský a kol. (2011) ve své studii uvádějí, že lesní dřeviny výrazně přispěly ke zvýšení obsahu humusu a celkového dusíku v porovnání s ornou půdou a trvalým travním porostem.

3.7. Výběr ZPF pro zalesnění

Zemědělsky nevyužívané půdy, o nichž je uvažováno jako o vhodných pro zalesnění, se vyskytují převážně v méně produktivních stanovištních podmínkách. Mohou jimi být opuštěné, silně kamenité nebo mělké orné plochy, případně suché nebo podmáčené louky a pastviny nacházející se v nadmořských výškách od 350 do 800 m n. m. Všeobecně se tyto plochy stanovují podle mocnosti půdního profilu, skeletovitosti, míry ovlivnění vodou a ohrožeností erozí (Vacek a kol., 2006).

Bylo zjištěno, že na území České republiky je přibližně 50 % zemědělských pozemků ohroženo právě erozí. Právě nutnost zabránění erozi půdy by měla být hlavním motivem při posouzení vhodných ploch určených k zalesnění (Vacek a kol., 2009). Aby bylo dosaženo úspěšného zalesnění zemědělské půdy a aby na založeném porostu docházelo k plnění produkčních i mimoprodukčních funkcí, musí být při zakládání porostu a navazující pěstební péči respektovány předpoklady ekologické stability (Vacek a kol., 2009).

V roce 2017 byla do praxe uvedena certifikovaná metodika Principy zakládání porostů na bývalé zemědělské půdě v rámci ploch vymezených k zalesnění (Vopravil a kol., 2017). Tato metodika slouží jako podklad k mapovému vymezení zemědělských půd určených k zalesnění v souladu s nařízením vlády č. 239/2007 Sb. „o stanovení podmínek pro poskytování dotací na zalesňování zemědělské půdy“. Dále najde uplatnění v lesnické praxi při zakládání porostů na zemědělské půdě. Její uplatnění se předpokládá i pro účely nařízení vlády č. 29/2016 Sb. o podmínkách poskytování dotací v rámci opatření lesnicko-environmentální a klimatické služby a ochrany lesů a o změně některých souvisejících nařízení vlády, ve znění nařízení vlády č. 36/2017 Sb. a č. 49/2017 Sb.

Jedním ze stanovisek této metodiky např. je, že pro výběr pozemků k zalesnění z legislativního hlediska a z hlediska majetkové průchodnosti platí zásada, že pro nově navrhované lesní prvky se hodnotí a volí primárně tyto varianty:

- Půdy horších bonit
- Pozemky vhodné pro prvky Územního systému ekologické stability
- Místa s pokročilou sukcesí, místa opuštěná, neplodná a jiným způsobem obtížně využitelná
- Pozemky ležící blízko katastrální majetkové hranice

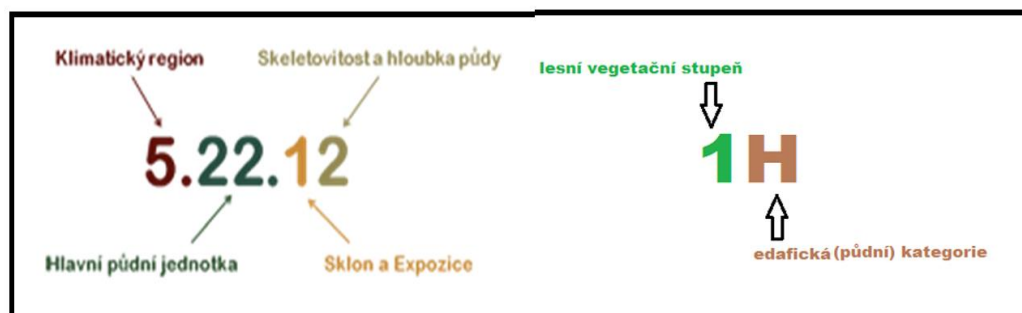
Dalšími variantami území navržených k zalesnění a převodu na lesní půdy jsou:

- Plochy silně ohrožené erozí, u nichž je zalesnění jediné řešení vedoucí k co nejrychlejší stabilizaci dané lokality
- Pozemky vykazující růstné stupně sukcese, u nichž je tvorba lesa vyloženě žádoucí z ekonomického nebo ekologického hlediska
- Pozemky, u kterých dojde k legalizaci stávajícího stavu
- Doplnění břehových porostů
- Doposud obhospodařované zemědělské pozemky, s minimálním výnosem
- Biodiverzita v krajině

Zimová a kol. (2002) konstatují, že zalesňování nelesních pozemků bude v budoucnu časté v rámci krajinných programů, zvláště pak revitalizace říčních systémů (Löw a Míchal, 2003).

Dalším z cílů metodiky Principy zakládání porostů na bývalé zemědělské půdě v rámci ploch vymezených k zalesnění (Vopravil a kol, 2017), která vznikla v rámci řešení projektu QJ 1320122 „Optimalizace managementu zalesňování zemědělské půdy ve vztahu ke zvýšení retenčního potenciálu krajiny“, bylo sestavení souboru BPEJ, který odpovídá výběru jak úzké, tak široké varianty půd vhodných k zalesnění. Pro každý z vybraných kódů BPEJ byly odvozeny odpovídající vlastnosti lesního stanoviště: (i) lesní vegetační stupeň (LVS) a (ii) edafická kategorie (EK).

Tímto precizním a do jisté míry poměrně náročným postupem byl pro všechny vymezené kódy půd vhodných k zalesnění vymezen odpovídající kód souboru lesních typů (SLT). Převod (konverze) BPEJ na SLT je uveden v přehledném schematickeém obrázku č. 4.



Obrázek 4 - Schéma konverze BPEJ a SLT. (zdroj: VUMOP, v.v.i.)

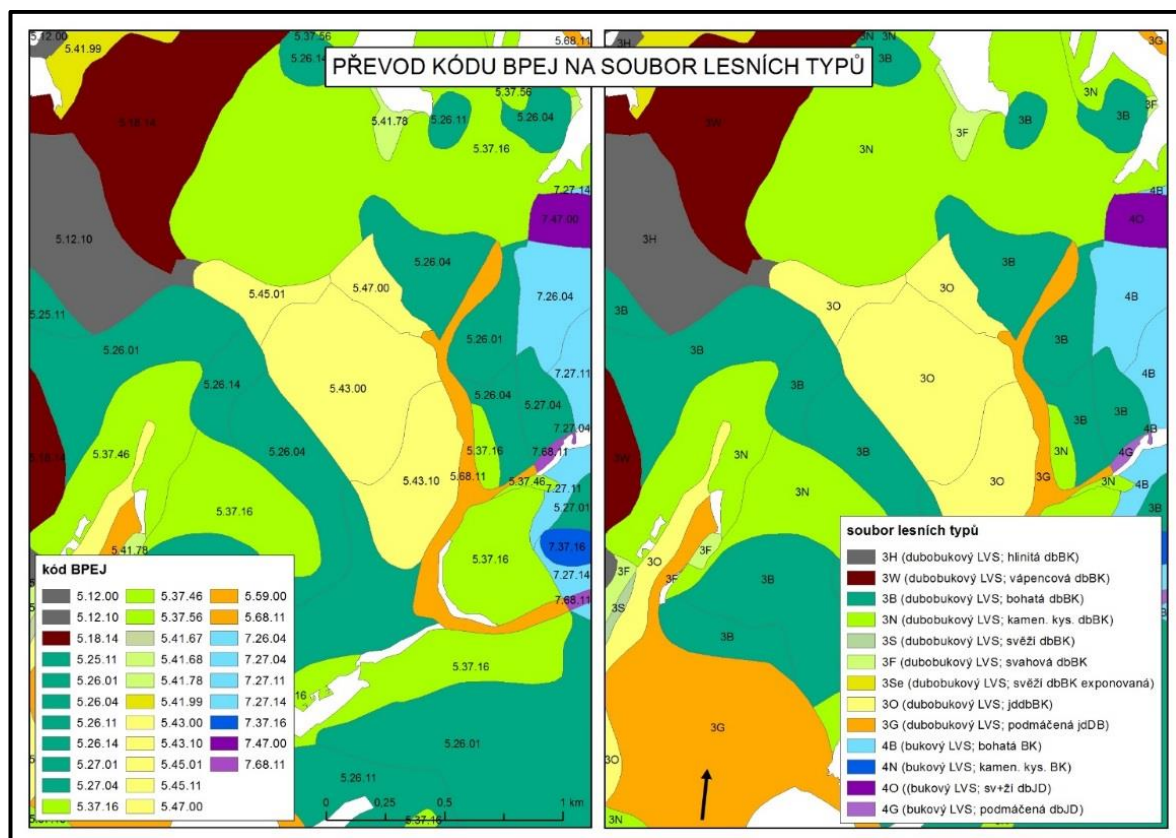
První číslice kódu BPEJ značí příslušnost ke klimatickému regionu. Klimatický region zahrnuje území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst zemědělských plodin. V ČR bylo vymezeno celkem 10 klimatických regionů. Klimatické regiony 0-5 jsou převážně suššího a teplejšího klimatu, klimatické regiony 6-9 mají spíše vlhčí a chladnější klimatické podmínky.

Druhé dvojčíslí: Hlavní půdní jednotka je účelové seskupení půdních forem příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány morfogenetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých hlavních půdních jednotek výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu. Systém BPEJ vyčleňuje v současnosti celkem 78 hlavních půdních jednotek (HPJ), ty se dále spojují ve 13 skupin půd, které jsou charakteristické podobnými vlastnostmi.

Čtvrtá číslice je kombinací sklonitosti a expozice: Stupnice 1-9. Vliv na zařazení do EK mají pouze stupně 8 a 9 – sklon nad 17° a jižní expozice.

Poslední číslice kódu BPEJ je kombinací skeletovitosti a hloubky půdy. Stupnice 1-9. Hloubka půdy charakterizuje mocnost půdního profilu. Je dána přítomností souvislého skalního podloží, výskytem souvislé, výrazně skeletovité vrstvy nebo trvalé hladiny podzemní vody v profilu, a to na konvenční hloubku 150 cm. Skelet vyjadřuje komplexní hodnocení šterkovitosti a kamenitosti podle obsahu půdy v ornici a podornici. Zahrnuje půdní částice větší jak 2 mm. Tvar skeletu indikuje původ půdotvorného substrátu. Vliv na zařazení do EK mají pouze stupně 8 a 9 (případně 6).

Možnosti aplikace konverze BPEJ na SLT jsou představeny na obrázku 5.



Obrázek 5 - Zobrazení převodu BPEJ a SLT v regionálním měřítku. (zdroj: VUMOP, v.v.i.)

3.8. Výběr dřevin pro zalesnění

Pro úspěšné zalesnění a zdárný vývoj kultur je potřeba zvolit vhodné dřeviny a vhodnou péči o kultury. O tom, do jaké typologické jednotky bude pozemek zařazen, rozhoduje místně příslušné pracoviště Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL). Pouze ÚHÚL je pověřen jednotnou údržbou typologického systému a žádné jiné stanovení není přípustné.

V návaznosti na to je potřeba konkrétní lesní typ pozemku zpracovat do aktuální jednotné digitální typologické mapy a následně do katastru nemovitostí (postupně vkládání SLT do KN), což lze učinit též jedině přes typologa ÚHÚL (Mikeska 2003). Vacek a kol. (2009) konstatují, že nelesní půdy navíc vyžadují větší erudici pro stanovení LT než lesní pozemky, neboť často mívají jiný charakter než sousední lesní porosty. Také samotná prostorová organizace rozmístění sazenic, sponu, tvorby směsí a obecně prostorová výstavba nově zakládaného lesa v souladu

s cílem vlastníka je v daných podmínkách rovněž vysoce profesionální záležitostí (Zatloukal, 2004).

V tabulce č. 1 je uvedeno složení kultur pro jednotlivé cílové hospodářské soubory (CHS), do kterých je nutné zařadit všechny lesní porosty, které vznikají na základě typologického šetření.

Tabulka 1 - Vliv použití meliorační hmoty Alginit na průměrné výšky kultur. (zdroj: VUMOP, v.v.i.)

Charakteristika stanoviště	Nadmořská výška	CHS	Cílová druhová skladba
Vodou neovlivněné půdy písčité až hlinitopísčité, kyselé, neexponované terény	< 550	13	BO 8, DBZ 1, BR 1, BK, JD
	300 – 500	23	BO 6, DBZ 2, LPM 1, MD 1, JD
	400 – 600	43	BO, (SM) 2, BK 2, DBL 1, LPM 1, (JD, JDO, DG, MD) 1
	600 – 900	53	SM 5, BK 2, (LPM, KL) 1, MD 1, (JD, JDO, DG, BO) 1
	900 - 1000	73	SM 7, BK 2, MD 1, KL, JD, JDO, DG
Silně kamenité půdy na svazích a hřebenech, ohrožené erozí	300 – 500	21	BO 6, DBZ 2, (LPV, JV) 2, MD, BK, JL, JS, JD
	400 - 600	41	BO 2, SM 2, (DBZ, BK) 2, (LPV, JV) 2, MD 1, JL, JS, JD
	600 - 900	51	SM 5, BK 3, KL 2, LPM, MD, DB, JS, JD
	900 - 1000	71	SM 7, BK 2, KL 1, MD, JD
Živné, hluboké hlinité půdy, neovlivněné nebo jen částečně ovlivněné vodou	< 400	25	DBL 8, JV 1, (LP, JS, JL) 1, BK, HB, MD, JD
	400 – 600	45	SM 4, (LP, JV, JS) 3, (DBL, BK, JL) 2, (JD, MD, BO, DG, JDO) 1
	600 - 900	55	SM 5, (BK, JV, JS) 2, (LPM, DB, JL) 1, (JD, DG, JDO) 1, MD 1
	900 - 1000	75	SM 7, (BK, KL) 2, (JD, MD) 1
Oglejené půdy, periodicky či občas zamokřené	< 500	27	BO 5, DBL 3, (SM, BR) 1, (JD, MD) 1
	500 – 800	57	SM 5, (BK, DBL, LPM) 2, JD 1, (OS, BR, JV) 1, MD 1
	700 - 1000	77	SM 7, (BK, JD) 1, JV 1, (BR, MD) 1, OL, JD
Náplavy řek a potoků, zaplavované i nezaplavované; podmáčené půdy, prameniště s vysokou hladinou podzemní vody až rašeliniště	< 500 (lužní)	19	DBL 7, (JS, JV) 2, (JL, LPV) 1, JD
	< 800 (lužní)	29	OL 7, JS 2, (JD, JV, DBL, JL) 1
	< 500 (podmáčené)	39	BO 6, DBL 2, (JD, BR) 2, SM,
	500-700 (podmáčené)	59	SM 6, (DBL, LPV, KL, JS, JD) 2, (BO, JDO) 1, BRP 1, OL 1
	700-1000 (podmáčené)	79	SM 7, (KL, JS) 1, (BK, JD) 1, OL 1, BRP

3.9. Výchova porostů založených na ZPF

Cílem každého lesního hospodáře je vytvoření stabilního porostu. Aplikace výchovných postupů, které odpovídají požadavkům a nárokům jednotlivých dřevin, je základní zásada účinné výchovy lesních porostů. Aby byly splněny biologické a hospodářské úkoly porostní výchovy, uplatňují se dle Vacka, Simona a kol. (2009) následující principy:

- Včasná realizace zásahů v mladých porostech

- Provádění probírkových zásahů ve starších porostech a tím podpoření vybraných cílových stromů
- Volba síly probírkových zásahů s ohledem na stabilitu porostu.
- Podpora melioračních a zpevňujících dřevin
- Minimalizace škod zapříčiněných nevhodným zpřístupněním porostů a neodpovídající technologií těžby
- Důsledná ochrana porostů před kalamitními škůdci

Podrobně se problematice výchovy lesních porostů ve své monografii věnují Poleno, Vacek a kol. (2009). Z jiného úhlu pohledu nahlíží na péči o porost Wohlleben (2018), který konstatuje, že se mnohdy pečuje o něco, co žádnou péčí nepotřebuje, a tímto „vylepšováním k horšímu“ skutečně dochází ke snížení kvality, byť má mladým porostům prospívat.

3.10. Vitalita dřevin založených na ZPF

Zdravotní stav lesních dřevin je nejdůležitější vlastností, která dlouhodobě zajišťuje uspokojivé plnění všech funkcí lesa. Vitalita (životaschopnost) je atribut, kterým se posuzuje určitá vývojová tendence jedince, a při určování zdravotního stavu stromu se hodnotí mnoho faktorů.

Kvalitní posouzení může provést pouze odborník, který je schopen posoudit stav stromu jako celku na základě zjištěných skutečností a odhadnout jeho další vývoj. Při posuzování zdravotního stavu stromu se hodnotí několik faktorů, např. olistění, plodnice dřevokazných hub, suché větve, výmladky, poškození kmene nebo větví, boule na kmeni, malformace, dutiny a hniloby, těžišťe a geometrie stromu a defekty v prostoru kořenů.

4. METODIKA

4.1. Výběr modelové lokality

Pro účely řešení projektu NAZV QJ1320122 „Optimalizace managementu zalesňování zemědělské půdy ve vztahu ke zvýšení retenčního potenciálu krajiny“ byla jako zájmová oblast vybrána lokalita „U lomu“, která se nachází na sever směrem od Prahy. GPS souřadnice N50 ° 13.95 ', E14 ° 25.58'.

Tato modelová lokalita klimaticky patří do mírně teplé a suché oblasti a je zařazena do klimatického regionu T2 (Quitt, 1971). Podle dostupných údajů naměřených v meteorologické stanici Máslovice dosahuje její průměrná teplota 8,7°C. Za nejteplejší měsíc v roce je považován červenec, jehož průměrná teplota dosahuje 19,8°C. V době vegetačního období (duben-září) se teplota pohybuje okolo 16,5 °C. Průměrný roční úhrn srážek je 500-600 mm a riziko sucha ve vegetačním období je na této lokalitě 20–30 % (Podrázský a kol. 2015; Tužinský a kol. 2015). Průměrná vrstva sněhové pokrývky je okolo 5 cm průměrně po dobu 35-40 dní.

Z pohledu geomorfologického je tato zájmová lokalita součástí Brandýské plošiny a nachází se v nadmořské výšce 265 m n.m. Zvlněný charakter okolní krajiny má významný vliv na utváření půdních podmínek. Vliv tohoto reliéfu se projevuje při půdotvorném procesu zejména akumulací humusového materiálu v nižších údolních polohách. Lze se zde setkat i s příměsemi neogenních písků a štěrků na slínu, tzv. promísenými substráty, ve kterých došlo ke zrodu zrnitostně odlišných půd v rámci jednoho genetického půdního představitele.

Hydrologicky toto území náleží do povodí Vltavy. Vodní poměry jsou zde vcelku jednoduché, a to z důvodů malé členitosti území a nízkého množství srážek. Kambizemě se zde projevují velmi dobrou vnitřní drenáží, avšak vodopropustnost spodiny je v závislosti na jejím zrnitostním složení horší. (Kohel, 1962). Němeček (2011) uvádí jako půdního představitele této lokality kambizem modální a Mašát a kol. (2002) hlavní půdní jednotku 30.

Geologicky se toto území řadí také do části Brandýské plošiny, jež je tvořena algonkickým břídicemi nebo spility. Půdy se vyznačují hlinitou ornici i podorničím s jílovitohlinitou až jílovitou spodinou.



Obrázek 6 - Modelové území U lomu. (zdroj: VUMOP, v.v.i.)

4.2. Způsob založení pokusů na modelové lokalitě

Založení lesního porostu probíhalo na přelomu dubna a května roku 2013. Na výsadbě sazenic se podílelo téměř 30 vědeckých, ale i administrativních pracovníků Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. a Fakulty lesnické a dřevařské ČZU.

Jako pracovní nástroje při založení experimentálních ploch sloužily dřevěné kůly, pásma a provazová měřidla. Při výsadbě sazenic byl kladen důraz na dodržování předepsaného sponu výsadby, řádků a nastavení velikosti čtverců. Pracovní postup byl předem navržen a metodicky definován takto:

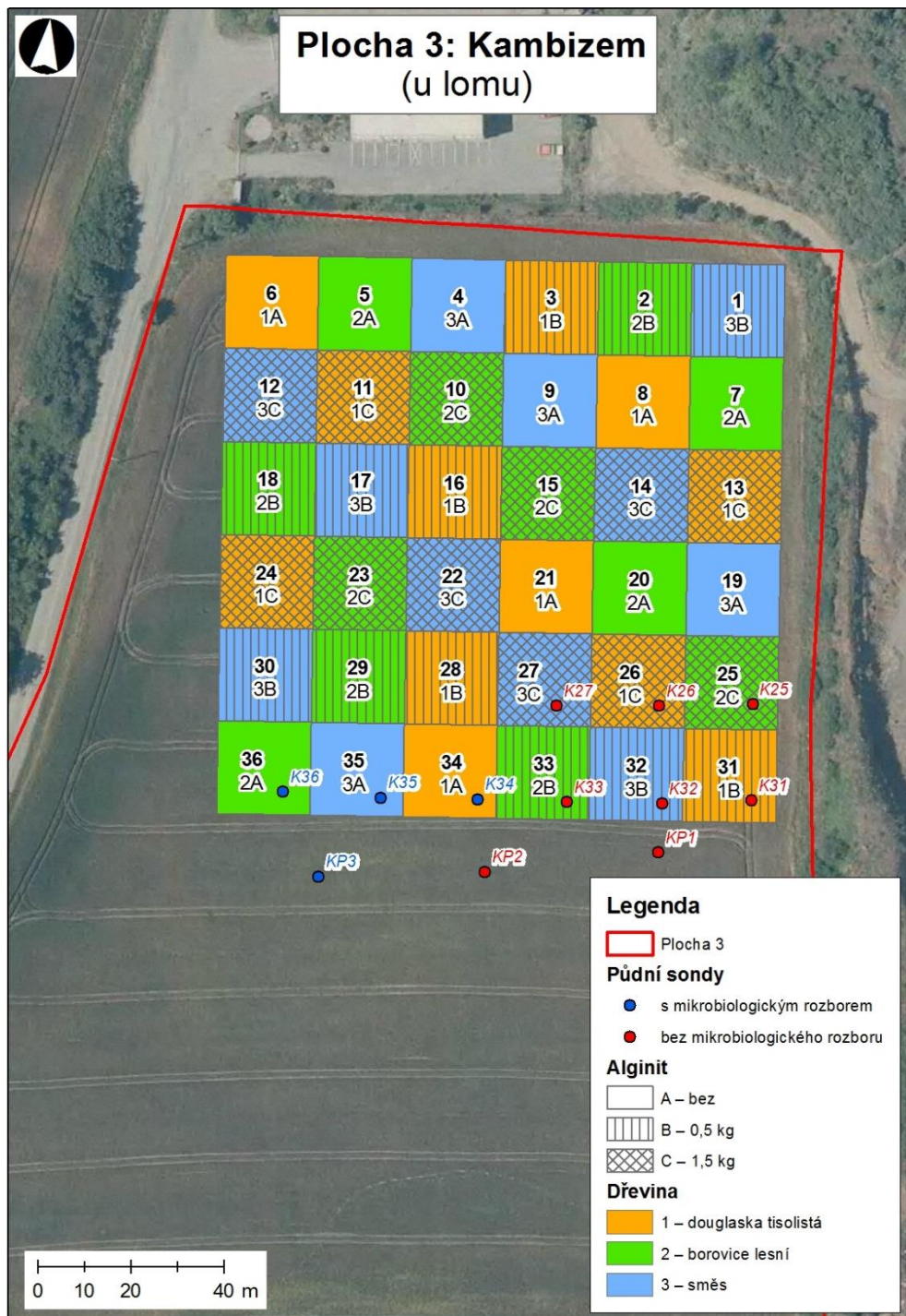
- **Příprava výsadbové jámy** o velikosti 1,5 násobku průměru kořenového systému sazenice a tvaru kořenového krčku do hloubky na výšku kořenového krčku. Výkop spodní a vrchní půdní vrstvy zvlášť
- **Usazení výpěstku** tak, aby byl kořenový krček v úrovni terénu nebo nad terénem z důvodu sesedání půdy. V případě širokého kořenového systému bylo nutné zastříhnout kořeny
- **Zasypávání a hutnění** tak, že na zásytku se připravil substrát (výměna přibližně 50 % zeminy), svrchní vrstvu smíšená s Alginitem byla zapravena

do hloubky min. 20 cm a max. 40 cm. U varianty I. – přidavek 1 odměrky (0,5 kg) Alginitu do sazební jamky a byl smísen se zeminou. U varianty II. byly přidány 3 odměrky (asi 1,5 kg) Alginitu a byly smíseny se zeminou. Důsledné hutnění po vrstvách, aby se co nejvíce eliminoval vznik vzduchových kapes a sazenice byly zavlažovány

Pro výzkumnou plochu „U lomu“ je charakteristický půdní typ kambizem modální (HPJ 30). Na této ploše byly realizovány 4 varianty opakování čtverců o rozměrech 20 x 20 m a ty byly osázeny sazenicemi:

- Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*, L.) ve sponu 1x2 m
- Borovice lesní (*Pinus sylvestris*, L.) ve sponu 1x1 m
- Směs dřevin Dubu zimního (*Quercus petraea*, L.), dubu červeného (*Quercus rubra*, L.) a javoru mléče (*Acer platanoides*, L.)

Velikost zalesněných čtverců na vybrané ploše a jejich rozmístění včetně lokalizace odběrného místa pro názornost podrobně mapuje obrázek č. 7.



Obrázek 7 - Plocha 3 - U lomu (Dolínek). (zdroj: VUMOP, v.v.i.)

4.3. Popis pokusu

Výzkumné aktivity této BP se zaměřují na 2 faktory změny půdních vlastností po zalesnění.

4.3.1. Stanovení stability půdní struktury “U lomu“

Pro stanovení stability půdní struktury byla zvolena metoda WSA (water stable aggregate). Metoda WSA je metodou analytickou, která slouží k popisu fyzikálních vlastností půdy a stability půdní struktury při řízeném procesu namáčení v solventu H₂O a 0,003 M (NaPO₃)₆. Konečný index WSA charakterizuje stabilitu půdních částic (makroagregátů). Princip konstrukce dispergačního přístroje byl dle Kempera a Rossenaua (1986). Analytem jsou půdní částice předepsané velikosti 1-2 mm.

Metody hodnocení stability půdní struktury se po celou dobu měření stabilního pokusu i v současnosti jeví jako půdní analýza, která dokáže nejdříve reflektovat dílčí změny, které se v rámci jednotlivých stanovišť udály-změny kultury a které mohou být doprovázeny změnou půdní mikrosféry, rozvojem mykorrhizních symbióz, popř. změny enzymatických pochodů při transformaci průkazně rozdílných zdrojů organické hmoty. Významné projevy v stabilitě půdní struktury sledované metodou WSA mohou být projevy změny charakteru (složení, aromaticita, počet hydroxylových zakončení ve struktuře huminových složek půdy, které v konečném důsledku zapříčiňují prokazatelně vyšší hydrofobní charakter a vyšší poutání půdních mikroagregátů pomocí organických složek).

Index stability půdní struktury WSA prezentuje dynamickou změnu, která nastala po velmi krátké době od zalesnění orné půdy. Již v průběhu druhého roku byly znatelné rozdíly ve formování půdních makroagregátů (WSA). Tyto změny do jisté míry souvisely s managementem zalesnění, při kterém byly plochy ponechány volnému sukcesnímu vývoji. Půdní mikroorganismy měly v tu chvíli dostatek strukturálního C k formování stabilních forem organické hmoty, které následně utvářely stabilnější, méně hydrofilní vazby v rámci půdní struktury.

4.3.2. Respirační potenciál zalesněných ploch “U Iomu“

4.3.2.1. Stanovení bazální a potenciální respirace

Bazální respirační aktivita byly stanovována 7denní inkubací 100 g zeminy v těsně uzavřené plastové nádobě o objemu 1 litr, do které byla přidána kádinka o objemu 50 ml obsahující 5 ml 1M NaOH. Potenciální respirační aktivita byla stanovena 24 hodinovou inkubací zemin za stejných podmínek jako bazální respirační aktivita po přidavku glukózy v množství $1000 \mu\text{g C}\cdot\text{g}^{-1}$ půdy s $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ tak, aby vzájemný poměr činil C:N 10:1. Uvolněný CO_2 byl stanovován jako množství organického uhlíku po absorpci v NaOH a vysrážení BaCl_2 titrací standardní HCl za použití automatického titrátoru Titrino 716.

4.3.2.2. Stanovení polní respirace

Pro stanovení CO_2 v polních podmínkách byla zvolena statická absorpční metoda (Tesařová a Glover, 1987). Princip této metody spočívá v absorpci CO_2 uvolněného půdou pomocí nátrového vápna (granule 3-4 mm, Spherasorb®). Váhový přírůstek absorbentu v mg je přímo úměrný půdou uvolněnému CO_2 . Stanoveno gravimetricky s přesností $\pm 0,001\text{g}$. Pro jímání CO_2 byla sestavena improvizovaná cylindrická sestava (Obrázek 8). Měřená plocha cylindru = $2,245 \text{ dm}^2$. Pro stanovení pozadřové hodnoty CO_2 – váhového přírůstku, který absorbent přijal manipulací, je pro každé stanovení prováděna kontrolní varianta – bez kontaktu s půdou (Obrázek 9). Měření probíhalo ve třech fázích vegetační periody – kopírující odběry vzorků WSA a sledování mikrobiálních parametrů půdy. Sorbent byl v polních podmínkách vystaven expozici CO_2 po dobu 5 dnů. Na každé ploše byly měřeny 3 lesní varianty a 1 polní varianta. Měření probíhalo pro každou variantu ve dvou opakováních. Na každé ploše byly umístěny dvě kontroly (bez expozice půdy).

Technika provedení: (i) v laboratoři bylo do váženek nasypáno 15-20 g nátrového vápna, následně sušeno na $105 \text{ }^\circ\text{C}$ (5 hod.) do změny zbarvení (zřívání). Po vysušení byly váženky na 1 hod. umístěny do exikátoru a poté váženy na

analytické váže na 0,001g, bez přístupu vzduchu převezeny k polní expozici. (ii) na lokalitě byly vybrány a upraveny měřicí plošky, z povrchu terénu byla odstraněna vegetace (měřená respirace odpovídá úhrnu CO₂ kořeny a půdními mikroorganismy). Na plošky se umístily kruhové válce (posloužila komínová zděř o průměru 180 mm), které se zatloukly do hloubky 10 cm do půdy. Doprostřed válce byly umístěny váženky se sorbentem (cca 2 cm nad povrch terénu). Následně se válec precizně uzavřel (tmel + svorka) plastovým cylindrem a povrch cylindru byl pokryt alu-fólií, která částečně ochrání stěny vůči přehřátí (Obrázek 10). (iii) po 5denní expozici se vzorky znovu vysuší na 105 °C a znovu zváží. Úhrn CO₂ pak po odečtení slepého vzorku představuje rozdíl váhy před expozicí na půdě a po ní.



Obrázek 8 - Cylindrická sestava (zdroj: VUMOP, v.v.i.)



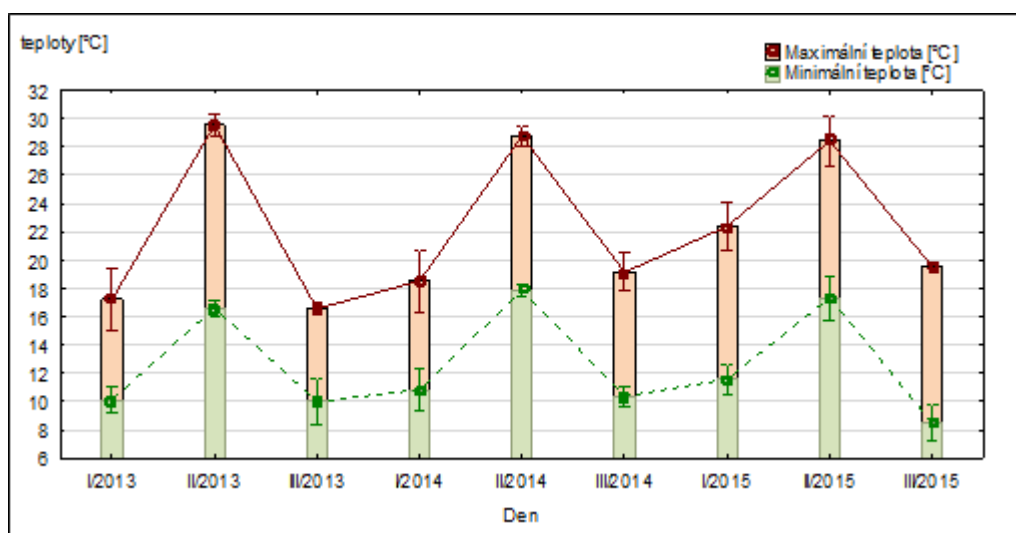
Obrázek 9 - Kontrola (zdroj: VUMOP, v.v.i.)



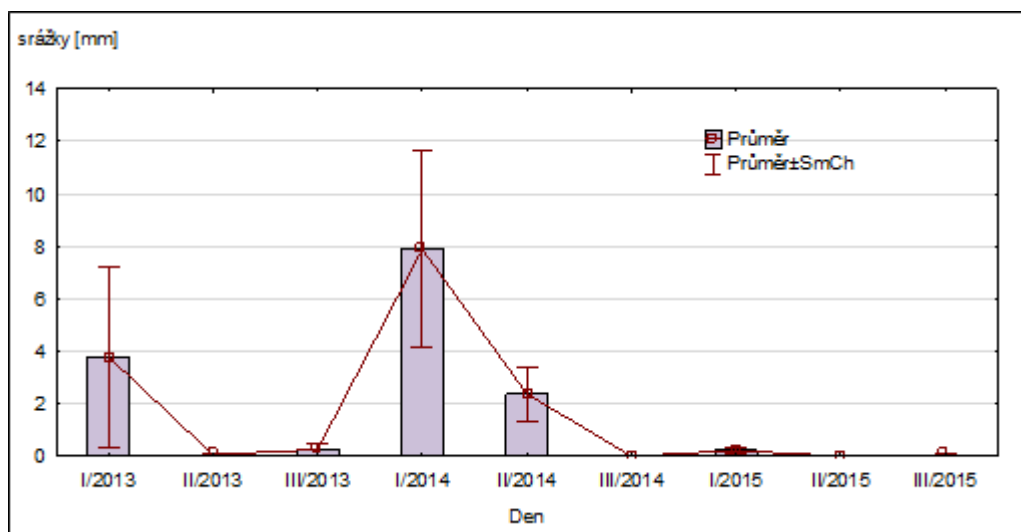
Obrázek 10 - Umístění na ploše (zdroj: VUMOP, v.v.i.)

4.3.2.3. Klimatické faktory

Výsledky půdní respirace významně ovlivňují klimatické poměry lokality „U lomu“. V čase odběru vzorku se proto sledování zaměřilo na průběh maximálních a minimálních teplot a srážek. Výsledky tříletého vegetačního sledu jsou uvedeny v grafech na obrázku č. 11 a č. 12. Klimatická data jsou pouze ilustrativní. Každá hodnota [bod –průměr z 5denní průměrné denní teploty/úhrnu srážky, svorka – směrodatná chyba]. Pro tento účel byla použita data z archivu klimatických dat (INMETEO, 2015).



Obrázek 11 - Graf maximální a minimální teploty během vegetační periody 2013-2015 (zdroj: VUMOP, v.v.i.)



Obrázek 12 - Graf průměrných úhrn srážek během vegetační periody 2013-2015 (zdroj: VUMOP, v.v.i.)

Z výsledků klimatických dat jsou zřejmé změny teplot a srážek. V každém roce jsou v jarní a podzimní fázi maximální teploty nižší vůči letním měsícům. Průběh srážek ukazuje na vlhkostní maxima v jarní fázi. Tyto ukazatele doprovázejí a částečně i vysvětlují změny půdní struktury a především respirační aktivity.

4.4. Statistické výsledky

Výsledky respiračního potenciálu jsou hodnoceny pro datový soubor s označením:

$$CM - forest = kambizem - lesní stanoviště$$

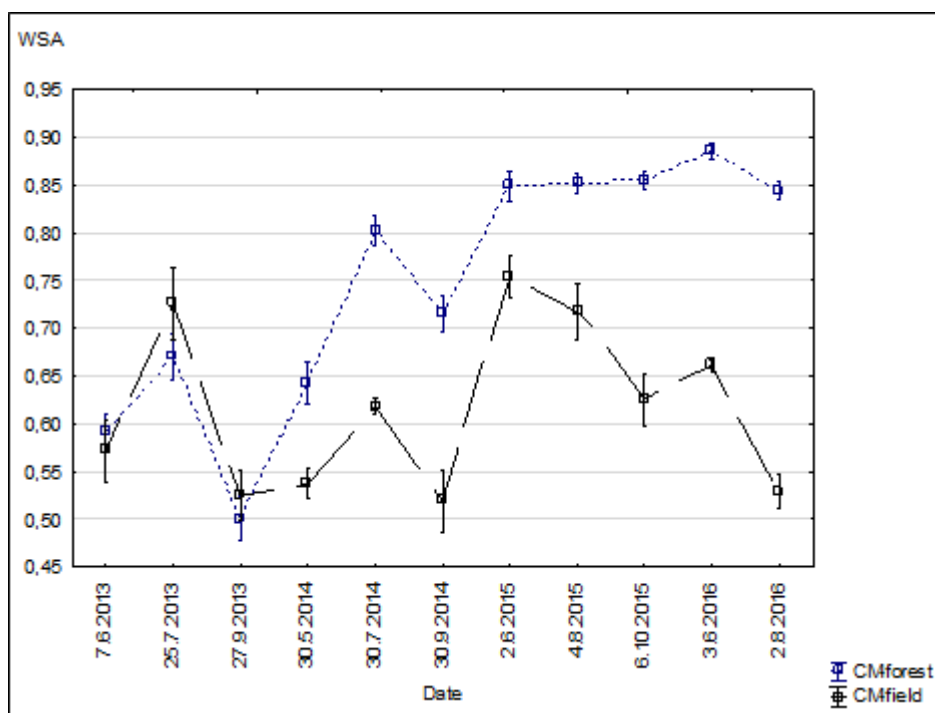
V rámci grafického vyjádření jsou pro lesní stanoviště - forest [bod průměr], svorka - [směrodatná odchylka]. Grafy byly vytvořeny v programu Statistika 10 (STATSOFT, 2012).

5. VÝSLEDKY

5.1. Výsledky měření stability půdní struktury

Metody hodnocení stability půdní struktury se po celou dobu měření stabilního pokusu jevily jako půdní analýza, která dokáže nejdříve reflektovat dílčí změny, které se v rámci jednotlivých stanovišť udály. Tedy změny kultury, které mohou být doprovázeny změnou půdní mikrosféry, rozvojem mykorrhizních symbióz při transformaci rozdílných zdrojů organické hmoty.

Významné projevy ve stabilitě půdní struktury sledované metodou WSA mohou být projevem změny charakteru a ukazují na kvalitnější zdroje půdní organické hmoty a lepší „poutání“ půdních agregátů. Průběh WSA dokumentuje graf na obrázku č. 13.



Obrázek 13 - Graf vývoje parametru WSA v časové řadě 2013-2016 (kambizem) (zdroj: VUMOP, v.v.i.)

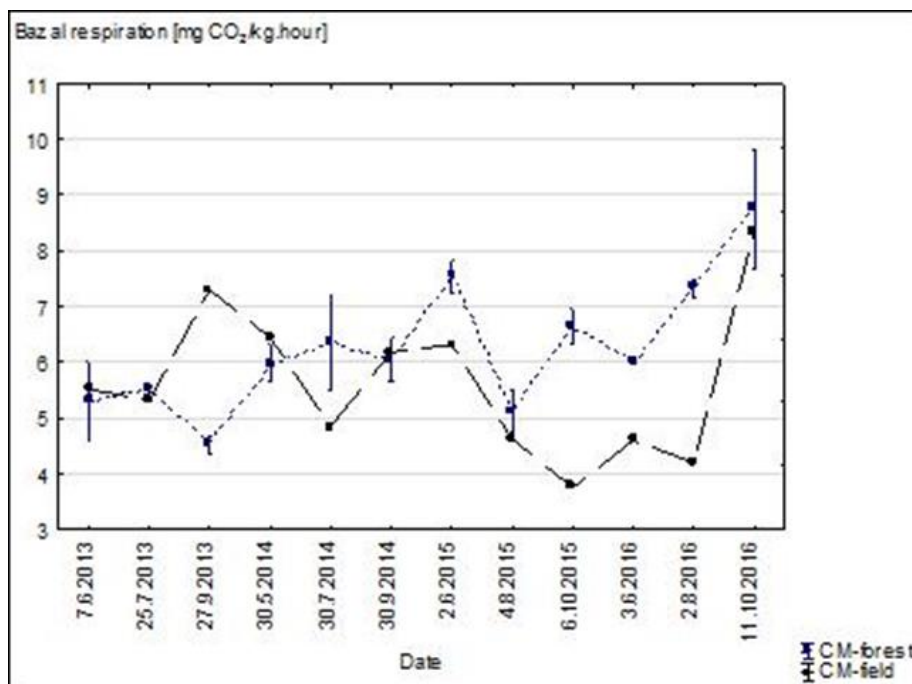
V rámci popisného srovnání jsou patrné rozdíly mezi stabilitou půdních agregátů. V tomto srovnání je také patrná výrazná sezónní variabilita polních stanovišť, způsobená prakticky každoroční změnou kultury (řepka / pšenice).

5.2. Výsledky měření bazální a potenciální respirace

5.2.1. Půdní respirace

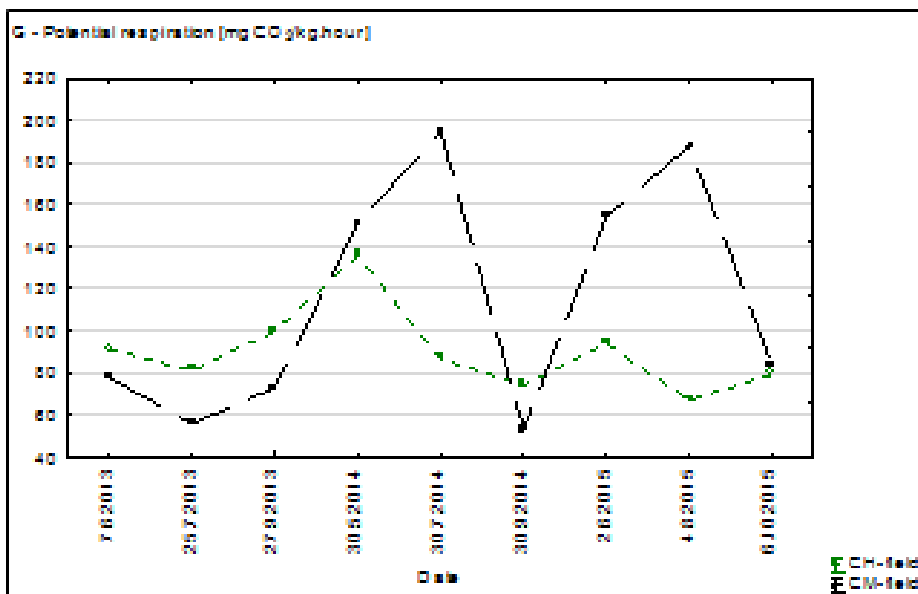
Vyjadřuje množství mineralizovatelného uhlíku. Vysoká bazální respirace může ukazovat na vysokou koncentraci snadno rozložitelné organické hmoty, ale také na vyčerpání zásob organické hmoty.

Průběh bazální respirace (B) je z pohledu změny půdní mikrobiální aktivity významný indikátor. Z výsledků let 2013-2016 (graf na obrázku č. 14), jsou patrné trendy, které naznačují postupný nárůst bazální respirace u lesních stanovišť (rok 2015). Zajímavý pokles v respirační aktivitě je pozorován v roce 2014, kdy naopak vlivem klimatu docházelo spíše k tvorbě humusu.



Obrázek 14 - Graf průběhu bazální respirace (B) 2013-2016 (kambizem) (zdroj: VUMOP, v.v.i.)

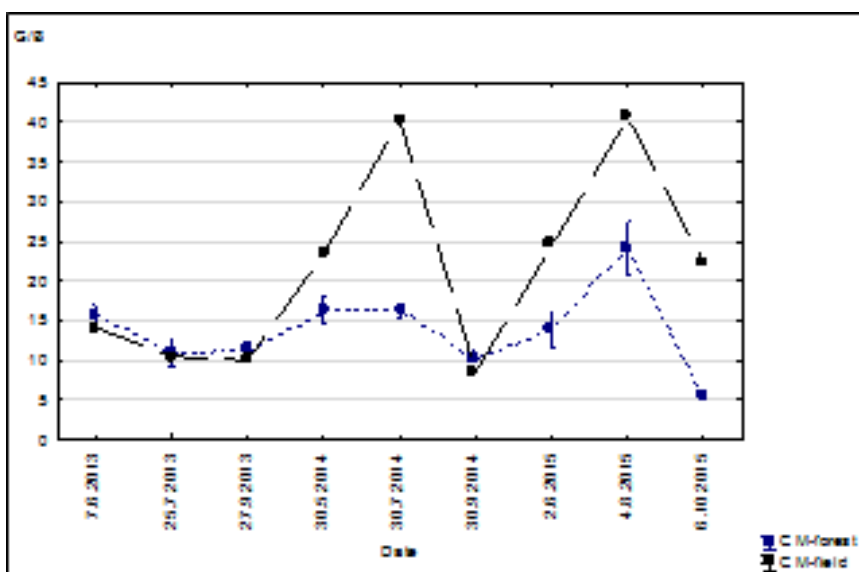
Potenciální respirace (G) ve specifických případech (CM-field) výsledkově přináší až neskutečné možnosti, které ukrývá půdní mikrobiota. Především trendy polního stanoviště v roce 2016, kdy došlo k minerálnímu hnojení NPK.



Obrázek 15 - Graf průběhu potenciální respirace (G) 2013-2016 (zdroj: VUMOP, v.v.i.)

Poměr G/B se následně stává významným měřítkem toho, jaký respirační potenciál půdy hodnocených oblastí mohou poskytnout, neboli jakým způsobem půdní mikrobiota zareaguje na přidavek snadno rozložitelné organické složky (glukózy). Zajímavým údobím byl přelom podzimu 2013 a jara 2014. Potenciální respirace na stanovištích dosahuje na přelomu podzimu 2013 a jara 2014 nejvyšší úroveň, až 20ti násobku (pro ornou půdu), resp. 15-ti násobku bazální respirace

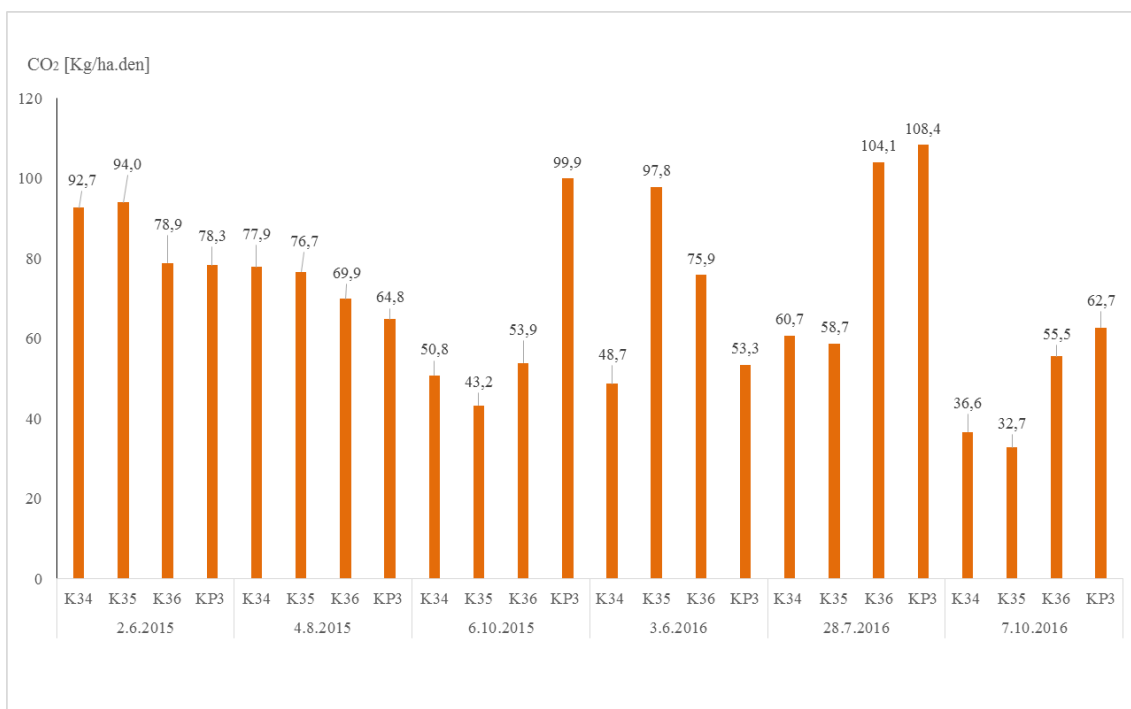
V letním trendu 2014 a 2015 dosahuje potenciální respirace orné půdy až 40ti násobku bazální respirace.



Obrázek 16 - Graf průběhu poměru potenciální (G) / bazální (B) respirace 2013 - 2016 kambizem (zdroj: VUMOP, v.v.i.)

5.2.2. Výsledky polní respirace

Výsledky měření bazální respirace-polní cylindrickou respirační soustavou s využitím sorbentu nátrového vápna (spherasorb ®) představují reálná ověření rozdílů polní bazální respirace. Dvouleté měření, které probíhalo vždy 5 dní před odběrem půdních vzorků, je přehledně zachyceno na kontingenčním grafu na obrázku č. 17.



Obrázek 17 - Graf průběhu polního respiračního testu 2015-2016 kambizem (zdroj: VUMOP, v.v.í.)

Výsledky (graf na obrázku č. 17) prezentují odhadovanou hodnotu polní respirace CO₂ (půdními mikroorganismy a částečně také zbytky kořenových vlášení) během 5ti denní expozice, pro dvě paralelní a jedno referenční stanovení CO₂. Měření, které proběhlo ve třech vegetačních periodách v rámci dvouletého pokusu s polní respirační soustavou, nám ukazuje, jaké rozdíly je možné zaznamenat v rámci srovnání lesa a orné půdy.

Zatímco v roce 2015 se zdálo, že bazální respirační kapacita pro stanoviště nově zalesněných variant je přeci jen mírně vyšší, výsledky roku 2016 tyto trendy spíše vyvrací.

Tyto výsledky jsou zároveň velmi cenným zdrojem informací, neboť poměrně věrně dokumentují události, které jednotlivá stanoviště přímo ovlivňují. Z výsledkových trendů jsou patrné především diference v půdní respiraci polních stanovišť, které reagují na dávku hnojiva. Zároveň jsou zde prokazatelné trendy zvýšeného stresu mikroorganismů v říjnovém období (za chladného a vlhkého počasí).

6. DISKUZE

Během čtyřletého vývoje byly porovnávány dva způsoby využití půdy: (i) půdy zalesněné a (ii) orné půdy na půdním typu kambizemě modální u výzkumné lokality „U lomu“.

Výsledky měření stability půdní struktury (WSA) dokumentují velmi rychlou pozitivní změnu půdní struktury při změně využití půdy z orné na lesní.

Předpokladem pro takto rychlou změnu ve formování půdních agregátů se zdá být opad lesních a travních kultur, které ještě pokrývají nezastíněné části povrchu půdy. Opad (zdroj organické hmoty) byl v rámci sledovaného období mezi lety 2013-2016 spíše z travních kultur. Tyto výsledky prezentují závěry, že stabilita půdní struktury (WSA) velmi rychle reflektuje změny ve využití orné půdy. Předpokladem pro takto rychlou dynamickou změnu ve formování (resp. vodostálosti) půdních agregátů může být snadný zdroj strukturálního C, který je v rámci hodnocených zalesněných půd lépe dostupný (Prescott et Grayston, 2013).

V rámci nastaveného managementu zalesněných půd s podporou sukcesního vývoje je možné usuzovat, že C z travních kultur a mladých lesních porostů obsahoval snadno rozložitelný C. Zdroje C byly následně využity půdními mikroorganismy, jak popisuje Prescott a Grayston (2013). Tyto změny se následně pozitivně projeví jak ve vyšší bazální respiraci půdy, tak v rozvoji půdní bioty. Rozvoj půdní bioty mohl pomoci k utváření stabilních půdních agregátů WSA.

V rámci experimentů – polního měření respirace zalesněné půdy je možné rámcově odhadovat objemy CO₂: na jaře 80-95 [kgCO₂/ha/den]; v létě 70-80 [kgCO₂/ha/den]; na podzim 40–55 [kgCO₂/ha/den]. Tyto výsledky se shodují s výsledky studie Anderson a Domsch (1990).

7. ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá primárně seznámením s problematikou popisu změn po zalesnění orné půdy. Významnou část proto tvoří část rešeršní.

Nicméně v rámci projektu NAZV QJ1320122 „Optimalizace managementu zalesňování zemědělské půdy ve vztahu ke zvýšení retenčního potenciálu krajiny“ bylo přistoupeno i k vyhodnocení vlivu změny zalesnění na utváření stability půdní struktury (metodou WSA) a na změny respiračního potenciálu lokality „U lomu“.

Výsledná porovnání ukazují výsledné trendy pozorované během čtyřletého pokusu v dané lokalitě.

TRENDY:

Respirace

Při čtyřletém odběru vzorků bazální respirace [$\text{mgCO}_2/\text{kg.hod}$] se potvrdily vyšší hodnoty bazální respirace pro varianty zalesněné půdy.

Tyto trendy je možné využít pro např. pro výpočet sekvestrace uhlíku na vymezené lokalitě.

Polní respirace

V rámci experimentů polního měření respirace zalesněné půdy je možné rámcově odhadovat objemy CO_2 , které půdní biota prorespiruje během jednoho dne na 1 ha:

- 1) při jarním měření se úhrn CO_2 pohybuje v rozmezí 80-95 $\text{kgCO}_2/\text{ha}/\text{den}$,
- 2) při letním měření na kambizemi v rozmezí 70-80 [$\text{kgCO}_2/\text{ha}/\text{den}$],
- 3) na podzim jsou úhrny v rozmezí 40-55 [$\text{kgCO}_2/\text{ha}/\text{den}$]

Stabilita půdní struktury

Jako hlavní faktor dynamické změny půdních parametrů po zalesnění se jeví hodnocení parametru WSA. Stabilita půdní struktury v rámci čtyřletého pokusu dosahuje u lesních stanovišť výrazně lepších výsledků než u zemědělské půdy. Tento jev úzce souvisí s kvalitou a dostupností organické hmoty, která působí jako přírodní tmel půdních částic. Tyto vlastnosti předurčují zalesněné stanoviště orné

půdy již ve velmi krátké časové periodě k významné stabilizaci půd směřující k posílení biodiverzity a stabilizaci krajiny.

Závěrem lze tedy konstatovat, že zalesňování méně produkčních či degradovaných zemědělských půd vede k ochraně těchto půd, ke zvýšení stability krajiny, retenci vody v půdním prostředí, zvýšení biodiverzity a v neposlední řadě vede i k ekonomickému efektu. I proto se jedná o dotovanou činnost z prostředků Ministerstva zemědělství ČR. Do budoucna by bylo však účelné zvážit, zda pro tato stanoviště nerealizovat výjimku ze Zákona o ochraně zemědělského půdního fondu z poplatku za vynětí, kdy dnes pro zemědělské pozemky, které jsou převáděny na pozemky s funkcí lesa, platí stejné poplatky za vynětí jako pro výstavbu hal a jiné zástavby. To je hodně nespravedlivé vůči půdě a krajině České republiky.

8. ZDROJE

8.1. Použitá literatura

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. *Soil Biol. Biochem.* 1990, vol. 22, s. 251-255.

ABBASIAN, F; LOCKINGTON, R.; MEGHARAJ, M.; NAIDU, R. The biodiversity changes in the microbial population of soils contaminated with crude oil. *Current Microbiology.* 2016, vol. 72, no. 6, s. 663-670.

BLUM, W. E. H. Agriculture in a sustainable environment – a holistic approach. *International Agrophysics.* 1998, vol. 12, s. 13–24.

ČERNÝ, Z.; NERUDA, J.; LOKVENC, T. Zalesňování nelesních půd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1995. 55 s. ISBN 80-7105-093-8.

ELLIOTT, L. F., LYNCH, J. M. Biodiversity and soil resilience. In: GREENLAND, D. J., SZABOLCS, I. (Eds.). *Soil resilience and sustainable land use.* Wallingford: CAB International. 1994. s. 353–364.

GUO, L.B.; GIFFORD, R. M. Soil carbon stocks and land use change: A meta analysis. *Global Change Biology.* 2002, vol. 8, s. 345–360. doi:10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x

HATLAPATKOVÁ, L.; PODRÁZSKÝ, V.; VACEK, S. Výzkum v lesních porostech na bývalých zemědělských půdách v oblasti Deštného a Neratova v PLO 25 – Orlické hory. In: *Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor.* Kostelec nad Černými lesy 17. 1. 2006. Praha, ČZU, 2006. s. 185–192.

HLADKÝ, Jan. Klíč k určování půdních typů. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. s. 64 ISBN 978-80-7509-278-6.

HORÁČEK, J; NOVÁK, P.; LIEBHARD, P.; STROSSER, E.; BABULICOVÁ, M. The long-term changes in soil organic matter contents and quality in Chernozems. *Plant, Soil and Environment.* 2017, vol. 63, no. 1, s. 8-13.

JANDL, R.; LINDNER, M.; VESTERDAL, L.; BAUWENS, B.; BARITZ, R.; HAGEDORN, F.; JOHNSON, D. W.; MINKINNEN, K.; BYRNE, K. E. How

strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *A review. Geoderma*. 2007, vol. 137, s. 253–268.

JANEČEK, Miloslav. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Vyd. 2. Praha: ISV, 2005. Přírodní vědy (ISV). ISBN 80-86642-38-0.

JEFFERY, S.; GARDI, C.; JONES, A.; MONTANARELLA, L.; MARMO, L.; MIKO, L.; RITZ, K.; PERES, G.; RÖMBKE, J.; VAN DER PUTTEN, W.H. (eds). European atlas of Soil Biodiversity. *European Commission, Publication Office of the European Union*. Luxembourg. 2010. 128 s.

KARLEN, D. L., MAUSBACH, M. J., DORAN, J. W., KLINE, R. G., HARRIS, R. F., SCHUMAN, G. E., 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 61, s. 4–10.

KEMPOER, W., D.; ROSENAU, R., C. Aggregate stability and size distribution. In: A. Krute. (Editor), *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph*. 1986, no. 9 (2nd edition), *American Society of Agronomy-Soil Sci. Soc. Am., Madison*.

KHEL, T. a kol. Statistické vyhodnocení vývoje degradačního faktoru dehumifikace, vytvoření kritérií a limitů pro hodnocení projevu této degradace a vypracování map ohroženosti dehumifikací. *Uživatelský výstup projektu NAZV QG92023 Vývoj a rozsah degradačních procesů půd České republiky*. VUMOP, v.v.i. 2010, 57 s.

KLASNA, J. První generace smrkových porostů na bývalých nelesních půdách. *Sborník Vědeckého lesnického ústavu Vysoké školy zemědělské v Praze*. 18-19, 1975-1976, s. 259-287.

KOHEL, J. Průvodní zpráva k výsledkům v hospodářském obvodu Odolena Voda, *Komplexní průzkum půd ČSSR*, 1962, 39 s.

KOM /2010/66, 2010. ZELENÁ KNIHA, *Ochrana lesů a související informace v EU – příprava lesů na změnu klimatu*. (No. SEK (2010)163 final). Brusel.

KONEČNÁ J.; PODHRÁZSKÁ, J.; KUČERA, J. Erosion proces and sediment transport during extreme rainfall-runoff events in an experimental catchments. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2014, vol. 23, no. 4, s. 1195-1200.

KOZÁK, J.; NĚMEČEK, J.; BORŮVKA, L.; LÉROVÁ, Z.; NĚMĚČEK, K. Atlas půd České republiky. 1.vyd., *MZe ČR a ČZU Praha*, 2011. 149 s. ISBN 80-213-1310-2.

KUTÍLEK, M. Vodohospodářská pedologie. 2. vydání, SNTL – Alfa, Praha, 1978. 295 s.

LAGANIERE, J.; ANGERS, D.A.; PARÉ, D. Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation. A meta-analysis. *Global Change Biology*. 2010, vol. 16, s. 439-453.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*. 2005, vol. 220, s. 242–258.

LEDVINA, R., KOUBALÍKOVÁ, J., HORÁČEK, J. Geologie a půdoznalství. České Budějovice: *Jihočeská univerzita*, 1992. 82 s.

LHOTSKÝ, Jiří. Zhutňování půd a opatření proti němu: (studijní zpráva). Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. *Studijní informace* 2002. 61 s. ISBN 80-7271-067-2.

LÖW, J.; MÍCHAL, I. Krajinný ráz. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce, s.r.o.*, 2003. 552 s.

MACKŮ, J. Strategie a kritéria pro výběr pozemků pro ZZP, in: Zalesňování Zemědělských Půd, Výzva pro Lesnický Sektor, Kostelec Nad Černými Lesy 17. 1. 2006, Sborník Referátů, Praha, ČZU. 2006. s. 15–17.

MAŠÁT, K.; NĚMEČEK, J.; TOMIŠKA, Z. Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek, 3. Přepřacované vydání. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, Praha, 2002. 113 s., ISBN 80-238-9095-6.

MCPFE, 2007. STATE OF EUROPE'S FORESTS 2007 The MCPFE Report on Sustainable Forest Management in Europe MCPFE Liaison Unit Warsaw www.mcpfe.org. *Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe Liaison Unit Warsaw*, Warsaw.

MIKESKA, M. Zalesňování nelesních půd v praxi. *Lesnická práce*. 2003. vol. 11, no. 10. s. 19-21.

NĚMEČEK, J.; MÜHLHANSELOVÁ, M.; MACKŮ, J.; VOKOUN, J.; VAVŘÍČEK, D.; NOVÁK, P. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. upravené vydání. *Česká zemědělská univerzita Praha*. 2011. 94 s. ISBN 978-80-213-2155-7.

NOVÁK, V. Základy rozboru a výzkumu půd. Praha: SNP. 1953. 70 s.

NOVOTNÝ, Ivan. Příručka ochrany proti vodní erozi: [aktualizované znění-leden 2014]. 2., aktualizované. vydání. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014. ISBN 978-80-87361-33-7.

PANKHURST, C. E., DOUBE, B. M., GUPTA, V. V. S. R. Biological indicators of soil health: synthesis. In: PANKHURST, C. E., DOUBE, B. M., GUPTA, V. V. S. R. (Eds.). *Biological Indicators of Soil Health*. Wallingford, Oxon: *CAB International*, 1997. s. 419–435.

Paul, K.I.; Polglase, P.J.; Nyakuengama, J.G.; Khanna, P.K. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management*. 2002, vol. 168, s. 241–257. doi:10.1016/S0378-1127(01)00740-X.

PODHRÁZSKÁ, J.; KUČERA, J.; KARÁSEK, P.; KONEČNÁ, J. Land degradation by erosion and its economics consequences for tre region of South Moravia. *Soil and Water Research*. 2015, vol. 10 (2), s. 105-113.

PODRÁZSKÝ, V.; HOLUBÍK, O.; VOPRAVIL, J.; KHEL, T.; REMEŠ, J.; W. KEITH, M. Effects of afforestation on soil structure formation in two climatic regions of the Czech Republic. *Journal of Forest Science*. 2015, vol. 61 no. 5, s. 225-234.

PODRÁZSKÝ, V.; PROCHÁZKA, J; REMEŠ, J; Produkce a vývoj půdního prostředí porostů na bývalých zemědělských půdách v oblasti Českomoravské vrchoviny. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2011. Vol. 56, s. 27-35. ISSN: 0322-9688.

PRESCOTT, C.E.; GRAYSTON, S.J. 2013. Tree species influence on microbial communities in litter and soil: Current knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management.*, 2013. vol. 309, s. 19–27. doi:10.1016/j.foreco.2013.02.034

QUITT E. Klimatické oblasti Československa. *Academia, Studia Geographica*, GÚ ČSAV v Brně. 1971, vol. 16, s. 73.

REJŠEK, Klement a Radim VÁCHA. Nauka o půdě. Olomouc: Agriprint, 2018. 527 s. ISBN 978-80-87091-82-1.

SÁŇKA, M.; MATERNA, J. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. *Edice Planeta 2004 - Odborný časopis pro životní prostředí XII*. 2004. vol. 11, 84 s.

SARVAŠ, M.; LALKOVIČ, M. História a súčasnosť zalesňovania nelesným pôd na Slovensku. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Kostelec nad Černými lesy. Praha, ČZU, 2006. s. 9-14.

SHARROW, S. H.; ISMAIL, S. Carbon and nitrogen storage in agro forests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. *Agroforestry Syst.* 2004. vol. 60, s. 123-130.

SIX, J.; CONANT, R.T.; PAUL, E.A., PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*. 2002. doi:10.1023/A:1016125726789.

SUMNER, M. E. Handbook of soil science. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2000. ISBN 0849331366.

SVOBODA, J. a kol., 1984. Encyklopedický slovník geologických věd. Praha: Academia, 920 s. (1. svazek), 852 s. (2. svazek).

ŠARAPATKA, B.; BEDRNA, Z. Kvalita a degradace půdy. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. 246 s. ISBN 80-244-0584-9.

TESAŘOVÁ, M.; GLOSER, J. Output of CO₂ by soil under field conditions. In Rychnovská seM. (Ed.): *Methods of Grass Ecosystem Studies*. Academia, Prague, 1987. s. 198–200 (in Czech).

TICHÁ, S. Výsadby dřevin na zemědělských půdách – historie a současnost. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Kostelec nad Černými lesy 17.1.2006. Praha, ČZU, 2006. s. 25 – 32.

TOPKA, J. Zalesňování zemědělských půd a vyhotovení projektu. *Lesnická práce*. 2003, vol. 82, no. 7. s. 350 – 352.

TUŽINSKÝ, M.; KUPKA, I.; PODRÁZSKÝ, V.; PRKNOVÁ, H.; Influence of this mineral rock alginate on survival rate and re-growth of selected tree species on agricultural land. *Journal of Forest Science*. 2015, vol. 61, no. 9, s. 399-405.

VACEK, S.; SIMON, J. Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Kostelec nad Černými lesy: *Lesnická práce, s.r.o.* 2009. 792 s. ISBN 978-80-87154-27-4.

VACEK, S.; SLÁVIK, M. Pěstování lesů: zalesňování zemědělských půd: [*sborník pro vlastníky lesů*]. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a environmentální, 2006. 108 s. ISBN 80-213-1576-8.

VOPRAVIL, J.; PODRÁZSKÝ, V.; HOLUBÍK, O.; VACEK, S.; BEITLEROVÁ, H.; a VACEK, Z. Principy zakládání porostů na bývalé zemědělské půdě v rámci ploch vymezených k zalesnění: *metodika pro praxi*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2017. ISBN 978-80-87361-69-6.

VOPRAVIL, Jan. Půda a její hodnocení v ČR. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. s. 148 ISBN 978-80-87361-02-3.

WELLOCK, M.L.; PERLE, C.M.; KIELY, G. What is the impact of afforestation on the carbon stocks of Irish mineral soils? *Forest Ecology and Management*. 2011. vol. 262, no. 8, s. 1589–1596.

WHITE, R. E., 1997. Principles and practice of soil science. Oxford: *Blackwell Science*, 348 s.

WOHLLEBEN, P. Tajný život stromů: co cítí, jak komunikují. Přeložil Magdalena HAVLOVÁ. Brno: Kazda, 2018. 206 s. ISBN 978-80-907420-5-5.

WOHLLEBEN, Peter. Můj první les: trvale udržitelné a přirozené lesní hospodářství. Přeložil Magdalena HAVLOVÁ. Brno: Kazda, 2018. 255 s. ISBN 978-80-907420-4-8.

ZAK, D. R.; GRIGAL, D.R.; GLEESON, S.; TILMAN, D. Carbon and nitrogen cycling during secondary succession: constraints on plant and microbial biomass. *Biogeochemistry*. 1990. Vol. 11, s. 111–12.

ZATLOUKAL, V. Tvorba porostních směsí při zalesňování zemědělských půd. In: Zalesňování zemědělských půd. *Sborník z celostátního semináře – praktická pomůcka při převodu zemědělské půdy na les*. Nový Rychnov, Česká komora odborných lesních hospodářů, s. 6-30.

ZIMOVÁ, M.; ĎURIŠ, M.; SPĚVÁČKOVÁ, V.; MELICHRČÍK, J.; TESAŘOVÁ, B.; KNOTEK, P.; KUBÍNOV, R.; RONENE, Y. Health risk of urban soils contaminated by heavy metals. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 2001. vol. 14, s. 231-234.

ZLATNÍK, A. 2003. Nástin lesnické typologie na biogeocenologickém základě a rozlišení československých lesů podle skupin lesních typů. In. Polanský B. (ed), *Pěstění lesů*. SZN, Praha. 1956. s. 317-401.

8.2. Zdroje na internetu

INMETEO, 2015. Archiv počasí, klima České republiky, Copyright © 2015

InMeteo, s.r.o. dostupné z < <http://www.in-pocasi.cz/archiv/> >.

MENCLOVÁ, K., Situační a výhledová zpráva půda 2018. MZE 2019, dostupné z

< <http://cmszp.cz/mze/2019/situacni-a-vyhledova-zprava-puda-2018/> >.

PROSERVIS BOHEMIA s.r.o., 2014, dostupné z <

<https://www.pozemkyafarmy.cz/zemedelska-puda.html> >.

JINDRA, Š. Jak ztrácíme půdu pod nohama, dostupné z <

<https://www.sedmagenerace.cz/jak-ztracime-pudu-pod-nohama/> >.

ARNIKA. Posuzování stavu stromů, dostupné z < [https://arnika.org/posuzovani-](https://arnika.org/posuzovani-stavu-stromu)

[stavu-stromu](https://arnika.org/posuzovani-stavu-stromu) >.