

doc. Ing. Martin Klimánek, Ph.D.
Ústav hospodářské úpravy lesů a aplikované geoinformatiky
Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně
Zemědělská 3, 613 00 Brno

Oponentní posudek disertační práce

**„Hodnocení sekvestračního potenciálu vegetace/porostů
rekultivovaných výsypek metodami DPZ“**

předložené Ing. Miroslavem Piklem

**ve studijním programu Ekologie a ochrana prostředí oboru Aplikovaná a krajinná ekologie
na Zemědělské fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích**

Na základě pověření Ing. Karla Suchého, Ph. D., proděkana pro pedagogickou činnost, ze dne 20. srpna 2018, č. j. 05/0637/18, předkládám posudek výše uvedené disertační práce.

Struktura disertační práce

Předložená disertační práce je koncipována jako samostatný spis, který se skládá z jednotlivých kapitol od Úvodu, přes Literární přehled, Hypotézy, Metodiku, Výsledky, Diskusi, a Závěry. Rozsah celé práce je 124 stran, včetně kapitol Literatura a Přílohy. Práce je logicky strukturována a jednotlivé kapitoly na sebe navazují; obrázky, grafy a tabulky vhodně doplňují text práce a jsou provázány s textem, nicméně chybí jejich seznamy, které by výrazně vylepšily práci s těmito doprovodnými informacemi. Uváděné vzorce nejsou v textu nijak označeny a nelze na ně odkazovat. Použité zdroje jsou v práci citovány a odkazují do seznamu literatury (k práci nebyl přiložen žádný výstup nebo informace z antiplagiátorského systému a neposuzoval jsem míru originality a ani se k ní v posudku tedy nebudu vyjadřovat). V práci se v drobné míře vyskytují překlepy a další formální chyby, které však nesnižují její kvalitu. V disertaci rovněž postrádám seznam zkratk, kterých je zejména z oblasti geoinformačních technologií použito relativně hodně. K práci nebyla přiložena žádná data, na kterých by bylo možné prověřit správnost výsledků.

Aktuálnost problematiky disertační práce

Téma disertační práce je aktuální, hodnocení sekvestračního potenciálu vegetace ve vztahu k uhlíku patří již delší dobu k prioritám několika oborů a je intenzivně studováno za využití metod dálkového průzkumu Země (DPZ). Práce tak navazuje na předcházející studie nejen národní, ale i zahraniční a specificky se zabývá touto otázkou na rekultivovaných plochách výsypek (v tomto smyslu mohl název práce obsahovat přímo specifikaci uhlíku, neboť práce nehodnotila sekvestraci v obecné rovině, ale výhradně k tomuto prvku, což je nepochybné až z hypotéz práce).

Disertant uvádí na str. 28 ve třech větách tři základní hypotézy práce, ke kterým následně směřoval svůj výzkum. Očekával jsem, že se disertant v závěru práce jednoznačně vyjádří k naplnění jednotlivých hypotéz, nebo že hypotézy alespoň okomentuje s ohledem na materiál a metody, které

použil, nicméně toto v závěru chybí a stručné konstatování k hypotézám je tak pouze v Abstraktu práce, což však nijak nesnižuje kvalitu výsledků samotných.

Zvolené vědecké metody zpracování

Disertant hypotézy ověřuje na jedné lokalitě tzv. velké podkrušnohorské výsypky. Disertační práce obsahuje odpovídající popis použitých datových sad a jejich specifika v časové řadě, stejně jako metody terénní práce a zpracování terénních vzorků. Data DPZ (tj. letecká hyperspektrální data a data leteckého laserového skenování) jsou charakteristická rozdílným časo-prostorovým rozlišením, které však disertant v práci řeší a použité metody okomentoval. Některé postupy ukazují na více možností řešení a bylo by možné o nich dále diskutovat, nicméně zvolené metody jsou metodicky správně aplikované a jejich parametrizace vychází jednak ze studia literatury a jednak z reálné praxe souvisejícího výzkumu.

Podstatná část metodiky se věnuje stanovení nadzemní biomasy a půdního uhlíku a jejich odhadu na základě výše uvedených dat DPZ. Tuto část práce považuji za cenný přínos disertanta ke studované problematice, neboť podrobně popisuje použité korekce a výpočty ve vztahu k odhadům prováděným z dat DPZ a následné hodnocení vztahů půdního uhlíku k množství nadzemní biomasy a prostorovou distribuci půdního uhlíku. Metodicky je celá práce vhodně statisticky vyhodnocena, jednotlivé hypotézy jsou statisticky testovány na zvolených hladinách statistické významnosti.

Zhodnocení dosažených výsledků a diskuse

Dosažené výsledky jsou rozděleny na výsledky terénních šetření, změny vegetačního pokryvu, výsledky objektově orientované klasifikace, odhad množství uhlíku nadzemní biomasy dřevin a zásoby půdního uhlíku. Výsledky jsou vhodně prezentovány ve formě grafů a obrazových příloh (map). Bohužel dosažená přesnost klasifikací je v porovnání s obdobnými studiemi nižší než je obvyklé, což může mít souvislost jednak se specifickými podmínkami rekultivovaných ploch a jednak se specifickými parametry dat DPZ.

V tomto ohledu by zřejmě pomohla vhodnější doba snímkování s ohledem na fenologické projevy vegetace, nicméně čím konkrétnější termín bude zvolen, tím více ohrozí data jiné projevy, jako je aktuální stav počasí v takovém termínu. Zjištěné hodnoty množství uhlíku jsou srovnatelné s jinými studiemi, nicméně by bylo zapotřebí provést validaci výsledků na inventarizačních plochách.

Výsledky, které se váží k půdnímu uhlíku, jsou okomentovány jednak ve vztahu k jednotlivým horizontům a jednak k různým postupům zjišťování zásoby recentního uhlíku. Přínosná jsou rovněž zjištění a závěry ke srovnání geostatistických metod pro interpolaci hodnot půdního uhlíku a ověření vybraných metod, ke kterým jsou v přílohách práce grafické výstupy; variabilita ve výsledcích je konkrétně uvedena s odkazem na svůj zdroj, ať už ve formě množství opadu nebo odlišného substrátu v jednotlivých částech zkoumaného území.

Připomínky a komentáře k disertační práci

Disertační práce je v podstatě kombinací dílčích úloh, které byly prováděny jednak v terénu a jednak na základě metod aplikované geoinformatiky. Práce navazuje na předcházející šetření z roku 2006 a data z let 2015 a 2017. Velmi oceňuji tuto návaznost a zájem o konkrétní lokalitu, která se tak může stát pilotním ověřovacím územím těchto analýz a nepůjde jen o nahodilé dílčí studie s jednotlivými závěry. V tomto ohledu je nutné rovněž ocenit množství práce, kterou disertant věnoval jak terénnímu sběru dat, tak následnému zpracování a ověřování hypotéz.

K práci by bylo možné diskutovat celou řadu podrobností, které mohly ovlivnit výsledky jednotlivých dílčích úloh, nicméně je zřejmé, že těmito detaily jak z oblasti ekologie, tak z oblasti geoinformatiky neholdal disertant čtenáře rozptylovat a sledoval pouze hlavní osu výzkumu. K disertační práci mám tak pouze následující vybrané otázky, které by bylo vhodné během obhajoby prodiskutovat a u kterých tedy očekávám reakci ze strany disertanta:

1. Pro každou datovou sadu byla provedena klasifikace pokryvu do jednotlivých tříd na základě rozhodovacího stromu (viz str. 40). *Jak byly stanoveny a testovány parametry rozhodovacího stromu (NDVI a zejm. CHM) s ohledem na zvolené třídy (5 tříd)?* Na výslednou klasifikaci byl aplikován modální filtr. *Byla velikost okna modálního filtru (3x3) testována i pro jiné hodnoty, resp. jaký by byl rozdíl vyjadřující kombinace přechodů jednotlivých tříd bez aplikace modálního filtru?*
2. Nadzemní biomasa vegetace (stromů) byla stanovena na základě alometrických rovnic, které jsou ovlivněny řadou specifických parametrů mj. ve vazbě na dřevinu, její stáří a dendrometrické veličiny. *Co bylo rozhodující pro použití (výběr) konkrétní alometrické rovnice z literatury?* Jednou z nejdůležitějších veličin je v tomto smyslu výčetní tloušťka, která byla odvozována na základě vztahu s výškou stromu (kde existuje obvykle těsný korelační vztah) a byla použita metoda lineární regrese. *Byly testovány i nelineární regresní funkce, které jsou typické pro výškovou funkci, resp. její stadiálnost?*
3. Současné geoinformační technologie preferují možnosti operativního získávání dat v podobě celé řady různých bezpilotních leteckých systémů. *Jak by bylo možné takovými přístupy zlepšit dosavadní výsledky, resp. jaká konkrétní data by tak mohla být získávána pro potřeby tohoto výzkumu?*

Závěrečné zhodnocení

Předložená disertační práce splňuje obvyklá kritéria kladená na tento typ prací jak po formální, tak po věcné stránce. Disertant prokázal schopnost původní vědecké práce a splnil cíle, které si vytkl v jednotlivých hypotézách. Rovněž prokázal tvůrčí kombinaci a schopnost aplikace při rozvoji moderních výzkumných a aplikačních metod na průniku aplikované a krajinné ekologie a soudobých geoinformačních technologií.

Práci doporučuji k obhajobě a po jejím úspěšném obhájení doporučuji disertantovi udělit titul doktor, ve zkratce Ph.D., uváděné za jménem.

V Brně dne 7. září 2018


doc. Ing. Martin Klimánek, Ph.D.

Oponentní posudek doktorské disertační práce

Téma práce: Hodnocení sekvestračního potenciálu vegetace/porostů rekultivovaných výsypek metodami DPZ

Autor disertační práce: Ing. Miroslav Píkl

Předkládaná disertační práce se zabývá problematikou ukládání uhlíku v nadzemní biomase dřevin a v půdním prostředí a metodickým přístupem hodnocení a kvantifikace množství uhlíku pomocí dat a metod dálkového průzkumu Země (DPZ). Pro studium byla vybrána oblast Velké podkrušnohorské výsypky. Jedná se o aktuální téma, které je, s ohledem na problematiku nově vznikajících krajinných struktur a rekultivace krajiny velmi hodnotné.

Celkově považuji záměr disertační práce za velmi zdařilý. Práce řeší aktuální problematiku analýzy množství a vývoje množství uhlíku v ekosystému rekultivovaných ploch na základě recentních dat získaných v terénu v kombinaci s moderními přístupy dálkového průzkumu Země. Tématicky se práce dělí na dva okruhy problémů. Prvním je otázka hodnocení uhlíku v nadzemní biomase dřevin rostoucích na rekultivovaných plochách Velké podkrušnohorské výsypky, případně na plochách ponechaných přirozené sukcesi. Druhou studovanou otázkou je problematika množství uhlíku v půdě v závislosti na časovém vývoji, typu porostu a ekologických faktorech. Obě problematiky propojuje využití metod DPZ. V práci je vhodně použita kombinace analýzy hyperspektrálních (HS) dat a s daty laserového skenování (ALS). Autor vhodně používá klasifikaci porostů na základě ALS dat pro účely hodnocení nadzemní biomasy a klasifikaci HS dat pro analýzu prostorové distribuce jednotlivých porostů. Pro analýzu je využito statistických metod korelační analýzy a lineárních modelů.

Přestože lze odbornou stránku předkládané disertační práce považovat za erudovanou a obsahově velmi zajímavou, zpracování práce působí velmi rozpačitě. Na jednu stranu jsou v práci obsaženy rozsáhlé a kvalitní pasáže, zpracované s využitím velkého množství zdrojů, na druhou stranu jsou některé uvedené části textu úsečné, poskytující neúplnou informaci nebo větší množství informací bez kontextu. Domnívám se, že velkou slabinou práce je snaha použít co největší množství výsledků a informací, které v důsledku působí nejednotně a místy až chaoticky. K tomu přispívá i nejednotnost použité terminologie, např. pro relativní množství uhlíku v půdě jsou použity termíny “relativní množství uhlíku v půdě”, “relativní obsah uhlíku v půdě”, “obsah uhlíku v půdě” a “koncentrace uhlíku v půdě”. Orientaci v textu, zejména v literární části a v metodice, komplikuje též hodnocení množství biomasy vegetace a porostů, kdy v některých případech není

zřejmé jestli se jedná o celkovou biomasu vegetace, biomasu dřevinné vegetace nebo nadzemní biomasu dřevinné vegetace. Podobně působí i hodnocení množství uhlíku v půdě, kdy v řadě případů není jasné jestli se jedná o celkový uhlík v půdě nebo recentní uhlík v půdě. Zároveň celou situaci komplikuje použití několika metod analýzy obsahu uhlíku v půdě (viz dále). Členění textu je poměrně komplikované. Podle mého názoru by bylo vhodnější zanořovat text maximálně na tři úrovně podkapitol a některá témata by bylo vhodnější sloučit, např. podkapitoly popisu metodického zpracování dat získaných v různých obdobích, výsledky téhož nebo obdobného charakteru (např. klasifikace) apod. V některých případech by bylo vhodné zvolit název kapitoly, který lépe odpovídá textu kapitoly (např. Kap. 2.3, 2.3.1.2, 4.3.6, 4.7, 5.5 atd.).

Obsah práce v rámci struktury hodnotím následovně. Úvodní část má charakter spíše proklamativní. Očekával bych spíše úvod do problematiky a do potřeby zabývat se studovanou problematikou, včetně nástinu záměru práce.

Rešeršní část je zpracovaná vcelku stručně a zajímavě, s využitím velkého množství literárních zdrojů, které jsou ve většině případů vhodně a správně použity. Poněkud na škodu je určitá roztěkanost textu. Například by bylo vhodnější text směřovat více k problematice vlastní práce a v některých případech též uvažovat o vhodnosti použití některých publikovaných informací v kontextu vlastní práce. Jedná se např. o informaci o výskytu těžkých kovů v půdě v důsledku kontaminace (kap. 2.1). Poněkud bych očekával větší rozsah kapitoly 2.2. Nápravná opatření, kde by bylo vhodné zhodnotit nápravná opatření nejenom v obecném pohledu, ale též v pohledu historie a praxe obnovy území v rámci České republiky, např. způsoby rekultivace, legislativní možnosti a omezení apod. Kapitola se dále věnuje v podstatě pouze otázce lesnické rekultivace a jejímu významu z hlediska sekvestrae uhlíku. V této souvislosti mám otázku: jaké jsou další možnosti rekultivace území zasaženého povrchovou těžbou hnědého uhlí a jaký je jejich předpokládaný potenciál pro sekvestraci uhlíku? Kapitola 2.3 (Souhrn přístupů pro hodnocení množství nadzemní biomasy) bohužel popisuje pouze přístupy k hodnocení nadzemní biomasy dřevin a úplně opomíjí ostatní typy ekosystémů. Název podkapitoly 2.3.1.2 (Historie a vývoj DPZ v kontextu lesní biomasy) v podstatě neodpovídá obsahu. V podkapitole je stručně uvedena otázka historie a vývoje metod DPZ v dané oblasti a následně jsou rozsáhle hodnoceny výhody a nevýhody jednotlivých přístupů. Celkově je zde rozsah oproti ostatním subkapitolám neúměrný. V podkapitole 2.3.1.5 by bylo vhodné uvést, proč jsou popsány pouze klasifikační metody KNN a SVM.

Hypotézy disertační práce jsou definovány jako statistické alternativní hypotézy. Přestože je jejich obsah jasný a srozumitelný, jsou hypotézy definovány de-facto nesprávně. Správnou formou by měly být hypotézy ve formě nulových hypotéz. Důvodem je statistický přístup k hodnocení hypotéz, kdy nulovou hypotézu vyvracíme, zatímco alternativní hypotézu nepotvrzujeme. Jedná se o formalitu, osobně spíše doporučuji používat otázky namísto hypotéz.

Metodická část obsahuje celou řadu nepřesností a nejasností. V popisu zájmového území bych uvítal přehledovou mapku. Dále není uveden zdroj o klimatických datech. Bylo by vhodné uvést podkladová data rekultivačních plánů, pokud byly použity. Byly všechny výsadby dřevin prováděny do jílového materiálu výsypky? Kapitola 4.2. je zpracována velmi pěkně. V kapitole 4.3.1. by bylo dobré uvést použité alometrické rovnice pro jednotlivé skupiny dřevin. Jak byly hodnoceny dřeviny s výškou nižší než 1.3 m a dřeviny (jedinci) u kterých nebylo možné výčetní výšku zjistit? Pro přepočítání množství nadzemní biomasy dřevin na množství uhlíku byl použit koeficient 0,5. Na základě čeho byl takový koeficient stanoven a jaká je variabilita obsahu uhlíku v pletivech nadzemní biomasy rostlin? V kapitole 4.3.1 a následně i v kapitole 5.1. mě poněkud překvapil popis získání dat a popis dat o obsahu půdního uhlíku, který je na jedinou stranu prezentován jako vlastní práce a následně je uvedeno, že se jedná o převzatá data. Bylo by možné to nějak vysvětlit? Poněkud rozpačitě na mě působí hodnocení obsahu půdního uhlíku, respektive obsahu recentního a fosilního obsahu uhlíku v horizontech A a C. Popis je nelogicky rozdělen do kapitol 4.3.2.1 a 4.3.4. Dále mi není příliš jasné, proč jsou pro účely hodnocení obsahu recentního půdního uhlíku v horizontu A použity tři různé metody? Existuje nějaký důvod se domnívat, že se obsah uhlíku v horizontu C nemění v průběhu sledovaného období? V dalším textu není provedena jasná analýza vhodnosti použití některé z metod, naopak jsou systematicky využity všechny tři přístupy, což významně znehodnocuje text a v některých případech jsou zjištěny i významně rozdílné výsledky. Podle mého názoru by bylo vhodnější vybrat pouze jednu z metod a s tou pak pracovat. V rovnici na str. 36 bych předpokládal, že bude násobena stem, má-li být v procentech. Rovnice by měly být číslované. Hodnota 115 použitá v děliteli představuje určitý průměr. Jaká je variabilita koeficientu v souvislosti s geografickou pozicí, nadmořskou výškou, klimatem apod.? Proč je rovnice v kap. 4.3.4.4 násobena koeficientem 10? V kapitole 4.5.1. je popsána redukce počtu dimenzí HS dat pomocí MNF metody. Proč byla data redukována na 30 komponent? V kapitole 4.6.2.3, v tabulce 12 jsou uvedeny použité alometrické rovnice pro výpočet nadzemní biomasy stromů identifikovaných pomocí ALS. Pro některé třídy jsou uvedeny dvě rovnice. Které rovnice byly použity? Jedná se o rovnice použité v rámci analýzy popsané v kapitole 4.3.1? Kapitola 4.7.2 by měla být zařazena jako kapitola vyšší úrovně. Kapitola 4.7.3 se zabývá otázkou prostorové distribuce množství půdního uhlíku v prostoru a interpolací hodnot. Lze s ohledem na značnou variabilitu nasýpaného materiálu na výsypku uvažovat o využití např. metody BRF pro interpolaci dat množství půdního uhlíku v prostoru výsypky?

Popis statistických metod použitých v rámci předkládané práce považuji za nedostatečný. V metodické části není uvedeno, jaké typy lineárních modelů byly použity, zmíněna je pouze analýza variance (ANOVA). Jedná se o jednocestnou analýzu varinace? Není uveden popis hodnocení normality dat, pokud byl proveden. Byla provedena analýza odlehých hodnot?

Ve výsledkové části obecně chybí detailnější přehled výsledků statistických analýz. V některých případech by bylo vhodné použít složitější kombinace lineárních modelů, jako je mnohonásobná regrese, analýza kovariance a varianty ANOVA s více proměnnými, včetně zahrnutí nelineární odezvy proměnných. Například v případě testování různých environmentálních faktorů na obsah půdního uhlíku by bylo vhodnější použít postupnou (stepwise) mnohonásobnou regresi, oproti jednotlivému testování proměnných. Důvodem je omezení výskytu chyby prvního druhu. V případě testování odhadových modelů by měl být nejprve uveden model na jehož základě byl sestaven odhad daného parametru, případně včetně podrobné analýzy výsledku. Uvedení pouze grafu testování pozorované a odhadnuté řady dat je nedostatečné, podobně prezentace výsledků ANOVA testů ve formě anténových grafů by mělo být pouze doplňkové, protože neposkytují dostatečnou informaci o rozdílech mezi testovanými kategoriemi. Co vyznačují antény v grafu? Grafy výsledků regresních vztahů nejsou regresní analýzou, ale demonstrací výsledku regresní analýzy (viz obrázky 13, 14, 23 atd.).

Výsledková část trpí obdobnými neduhy jako část metodická. Jedná se zejména o prezentaci značného množství dat, které vede k nepřehlednosti celého textu a v některých případech je použito nevhodné členění textu. Prezentace výsledků statistických analýz je ve většině případů nedostatečná. V kapitole 5.1 jsou prezentována data získaná terénním měřením, nicméně v popisných tabulek se dozvídáme, že jsou data převzatá. Jaký je podíl autora na získání terénních dat uvedených v této kapitole? V kapitole 5.1.2 je uvedeno, že mezi lety 2006 a 2015 se zvýšilo průměrné množství uhlíku na vybraných lokalitách asi trojnásobně. Jedná se o celkový nebo recentní uhlík? Jak si autor vysvětluje tak významnou změnu? Došlo ke změně též v C horizontu? V kapitole 5.1.3.1 jsou testovány rozdíly vlivu faktorů prostředí na jednotlivé kategorie porostů, jedná se o stáří porostu (není uvedeno v tab. 16), objemovou hmotnost půdního horizontu A, hloubku půdního horizontu A a sklonitost. Rozdíly jsou pro každý faktor počítány zvlášť pomocí ANOVA testu. Proč nebyla použita vícefaktorová ANOVA? Analýzu vlivu environmentálních faktorů by bylo vhodné testovat též pro množství recentního uhlíku v půdě pomocí mnohonásobné lineární regrese (viz např. Kapitoly 5.1.5 a 5.1.6). Jak bylo uvedeno výše, značnou nepřehlednost vnáší do textu použití tří různých metod stanovení množství recentního uhlíku v půdním horizontu A. Z textu často není jasné, která metoda byla použita pro analýzu. V textu jsou uváděny výsledky pro všechny tři přístupy. Byla provedena statistická analýza vypovídací schopnosti (síly testu) použitých modelů (např. pomocí ANOVA testu nebo AIC testu)? V kapitole 5.1.5 chybí rozbor statistické analýzy. Není jasné jestli se analýza týká celkového uhlíku nebo pouze recentního uhlíku v horizontu A. V kapitole 5.2 je uvedeno, že došlo ke změně bylinné vegetace na holou půdu (54 ha). Jaký je důvod pro takovou změnu? V kapitole 5.3 jsou shrnuty výsledky klasifikací porostů a vhodně jsou prezentovány pomocí křížných matic (tab. 19 a 20). Domnívám se, že v případě

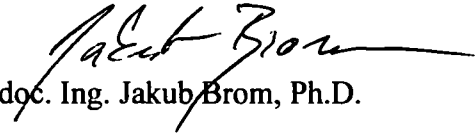
analýzy z roku 2017 jsou výsledky v textu hodnoceny nesprávně – změna je zde čtena po řádcích a ne po sloupcích. Z obrázku 37 v kapitole 5.5.1. není jasné o jaký uhlík se jedná. Analýza by měla být doplněna výsledky regresní analýzy mezi měřenými hodnotami obsahu uhlíku a vysvětlující proměnnou. Z grafu není jasné, která vysvětlující proměnná byla použita. V textu kapitoly je dále pouze úsečně konstatováno, že nejlepší korelace byla zjištěna mezi obsahem C a spektrální reflektancí v 820 nm. Jak byly jednotlivé spektrální pásy testovány? Bylo by možné použít nějaký spektrální index? V kapitole 5.5.2 by měla být uvedena detailnější analýza dat.

Diskusní část považuji za vcelku zdařilou. Autor vhodně používá literární zdroje, nicméně v částech některých pasáží se nechává unést a přechází spíše do formy literární rešerše (např. str. 82). V řadě případů bych očekával poněkud podrobnější diskusi dílčích výsledků a dále též hlubší syntézu jednotlivých výstupů, která v diskusi v podstatě chybí. Protože se vlastní práce zabývá pouze otázkou vázání uhlíku v nadzemní biomase dřevin a v půdě, očekával bych diskusi k obsahu a sekvestraci uhlíku v podzemní biomase a v biomase dřevinného a bylinného podrostu a jeho dynamiky. Vhodné by bylo doplnění diskusní části též o celkové zhodnocení výsledků v obecném kontextu.

Celkově mohu konstatovat, že předkládanou práci hodnotím jako velmi rozporuplnou. Na jednu stranu je patrná erudice autora, na druhou stranu práce působí roztěkaně a nepřehledně, přičemž jí nepřidává ani občasná stylistická a jazyková neobratnost, včetně řady gramatických chyb a překlepů. Práce do značné míry působí jako psaná narychlo.

Přestože mám k práci řadu připomínek a domnívám se, že více času stráveného nad zpracováním dat, výsledků a textu by práci prospělo, doporučuji práci předložit k obhajobě.

V Českých Budějovicích 11. září 2018


doc. Ing. Jakub Brom, Ph.D.

Posudek doktorské disertační práce
Hodnocení sekvestračního potenciálu vegetace/porostů rekultivovaných
výsypek metodami DPZ.
autor: Ing. Miroslav Píkl

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, studijní obor:
Aplikovaná a krajinná ekologie

Školitel doc. Ing. Mgr. František Zemek, Ph.D.

Oponent práce: doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.

Předložená disertační práce má 114 stran, 9 mapových příloh a je členěna na: Úvod, Literární přehled, Hypotézy disertační práce, Metodiku, Výsledky, Diskusi, Závěr, Seznam literatury a Přílohy.

V úvodu je formulován cíl práce: hodnotit množství uhlíku alokovaného v nadzemní biomase dřevin a v organo-minerálním půdním horizontu na rekultivovaných plochách po povrchové těžbě hnědého uhlí v oblasti Sokolovské uhelné pánve. Využívá se dat pozemních měření, laboratorních analýz půdy, dat leteckého dálkového průzkumu (hyperspektrální data viditelné a blízké infračervené záření), a dat laserového leteckého skenování. Vyhodnocování dat je založeno na digitální analýze obrazu, GIS modelování a multivariačních statistických metodách.

Literární přehled je zaměřen na environmentální dopady těžby uhlí, nápravná opatření s důrazem na sekvestraci uhlíku. Souhrn přístupů pro hodnocení množství nadzemní biomasy (str. 13 – 24) obsahuje rozsáhlý výběr naší a zahraniční vědecké literatury. Postrádám odkaz na rutinní metody české lesnické praxe, podle kterých vznikají a obnovují se Lesní hospodářské plány (LHP), případně odkaz na terestrická měření periodické obnovy díla LHP, jak je užívá Ústav pro hospodářskou úpravu lesa(UHUL). K literárnímu přehledu mám následující připomínky:

Str. 8: Hlavním zdrojem emisí je energetický a těžký průmysl, který produkuje asi 60% celkového množství CO₂. Chybí citace, srovnejte např. s Plimer 2009 (Heaven and Earth) str. 422 a dále

Str. 13 a jinde, pro snadnější čtení postrádám seznam zkratk: výčetní výška (DBH), kde se dočtu, že jde o Diameter at breast height?, Podobně SOM (str. 26), above ground biomass ABG atd.

Str. 16, obr. 3: spektrální křivka slunečního záření by měla mít u absorpčních pásem uvedeny příslušné plyny (vodní pára, CO₂), aby bylo např. zřejmé, jak úzký je absorpční pás oxidu uhličitého ve srovnání s vodní párou.

Str. 24, 25: Obr. 6, 7: obrázky by měly být „selfexplaining“, tzn., popis obrázku a legenda by měly stačit k celkovému porozumění, aby čtenář nemusel hledat vysvětlení v textu.

Hypotézy disertační práce jsou formulovány na straně 28 následovně ve třech bodech:

- Druhové složení porostů rozhoduje o množství půdního uhlíku pod porosty na rekultivovaných plochách těžebních výsypek
- Množství nadzemní biomasy má vliv na množství půdního uhlíku pod porosty dřevin na rekultivovaných plochách těžebních výsypek
- Prostorová variabilita množství půdního uhlíku a množství biomasy na rekultivovaných výsypkách závisí na orografických vlastnostech území

Metodika. Hodnocená letecká data pocházejí ze snímkování z let 2009, 2010, 2017. Terénní šetření pro stanovení množství nadzemní biomasy a půdního uhlíku proběhla v letech 2006, 2015 a 2017. Postup je přehledně popsán. „Odhadnutá nadzemní biomasa byla vyjádřena na plochu 1 ha a přepočtena na množství uhlíku pomocí koeficientu 0,5.“

Str. 34: *Běžně se používá koeficient 0,4, vychází se ze složení celulózy, nemám nic proti koeficientu 0,5. Jak byl určen?*

Str. 35: *proč byly pro stanovení zásoby recentního uhlíku vzorky půdy zbaveny kořenů?*

Při čtení metodiky a navazujících výsledků (např. str 56 a dále) se vtírá poťouchlá připomínka, že by stálo zato srovnat efektivitu současných metod DPZ s metodami používanými v Mezinárodním biologickém programu (International Biological Programme) z konce šedesátých a sedmdesátých let. Případně s lesnickou a zemědělskou rutinou.

Výsledky V roce 2006 bylo nejvyšší množství nadzemní biomasy zjištěno u modřínu, z listnatých dřevin u olše a lípy. Očekávatelná je vyšší biomasa u olší, které jsou melioračními dřevinami, fixují dusík a mimo jiné rostou v patě výsypky, kde je průsaková voda. Neumím si vysvětlit vysokou biomasu modřínu, čímž nepochybněji uvedené zjištění. Nejmenší množství biomasy bylo zjištěno u spontánní sukcese. *Vyrovňuje se časem biomasa spontánní sukcese a pěstovaných dřevin? Viz též „Změna vegetačního pokryvu str. 61 – 64.*

Jedním z uvažovaných faktorů je svažitost. Na Velké podkrušnohorské výsypce jsou odvodňovací příkopy, přirozené vývěry, voda teče v bývalých kolejových drahách. Na výsypce je kolem stovky drobných rekultivačních nádrží a další mokřady. Půda nasycená vodou má málo kyslíku, mokřadní rostliny mají vysokou primární produkce a obecně se v takové mokřadní půdě hromadí rychleji organické látky. Snad tomu odpovídá i nejvyšší zásoba celkového uhlíku v horizontu A u olše ($9,9\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$). *Rozlišovali jste nějakým způsobem zamokření půdy ve vztahu k orografii, svažitosti?*

Změna vegetačního pokryvu v oblasti výsypky ukazuje na postupné zarůstání vegetací v letech 2009 + 2010 a 2017. *Negativní změny na obrázku 25 jsou způsobeny těžbou?*

Str. 54 Značení tříd zkratkami (Tab. 16 a jinde) ztěžuje čtení, Tabulka 2 se bez uvedené stránky se obtížně hledá.

Str. 68: " Jako proměnná s nejvyšší hodnotou korelace byla v případě listnatých stromů označena směrodatná odchylka reflektance 707nm", je pro tuto vlnovou délku nějaké fyzikální vysvětlení na základě absorpčních vlastností sledovaných objektů?

Str. 72: na obrázku 33 je vynesena obsah uhlíku v nadzemní biomase jednotlivých stromů. Počítám správně, že strom o střední hodnotě např. 10kg uhlíku v nadzemní biomase má biomasu sušiny 20kg (koeficient 0,5) a při obsahu vody 50% má takový strom hmotnost 40kg? Až řádově vyšší hmotnost mají duby, smrky a lípy?

Str. 74: množství biomasy na 1ha je nejvyšší u smrku a lípy, kolem 90 tun/ha. Srovnával jste toto množství s biomasou vzrostlého lesa.

Lze zobecnit, že zásoba uhlíku v půdě zatím závisí zejména na stáří porostu?

Diskuse: je věnována metodice studia změny pokryvu, způsobu klasifikace tříd druhů, stanovení uhlíku nadzemní biomasy na základě identifikace stromů, způsobu stanovení výšky porostů, stanovení množství uhlíku v nadzemní biomase a půdního uhlíku. Interpretaci výsledků je věnována závěrečná část diskuse, zde se autor dostává též k úloze hladiny podzemní vody, která má podle mých zkušeností zásadní vliv na akumulaci organických látek.

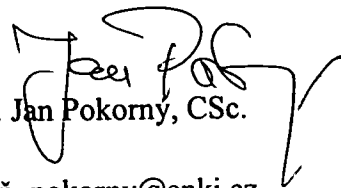
K diskusi mám ještě jednu provokativní otázku: dokážete vyjádřit jak k tlumení klimatické změny přispěla dosavadní sekvestrace uhlíku na Velké podkrušnohorské výsypce a zda/případně jak k tlumení klimatické změny přispěla samotná vegetace na této výsypce.

Závěr shrnuje výsledky práce spíše na obecné úrovni. Očekával jsem členění závěru podle hypotéz formulovaných na straně 28. Toto je nejvážnější výtka předložené práci, přitom bylo snadné tři formulované hypotézy v závěru rozvést a doložit naměřenými hodnotami. Vědecké práce se zběžně studují podle abstraktu a potom podle formulovaných hypotéz, otázek (objectives, issue), na které se v závěrech odpovídá.

Předložená disertační práce Ing. Miroslava Pikla je pečlivě zpracována, autor využil řadu náročných metod DPZ, metody terestrického průzkumu a statistická hodnocení. Práce se opírá o bohatý výběr literatury. Práce obsahuje výsledky za více než desetileté období a svým obsahem a zpracováním odpovídá nárokům na doktorskou disertaci. Doporučuji předloženou práci k obhajobě a navrhuji, aby po úspěšné obhajobě byl Ing. M. Piklovi udělen titul PhD.

V Třeboni 10.zář. 2018

doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.



ENKI, o.p.s. Třeboň, Dukelská 145, 371 01 Třeboň, pokorny@enki.cz