

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY

PROSTOROVÁ DISTRIBUCE DŘEVITÉ
VEGETACE BĚHEM SPONTÁNNÍ SUKCESE NA
VÝSYPKÁCH PO TĚŽBĚ UHLÍ
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Mgr. Alena Walmsley, Ph.D.
Diplomant: Bc. Marta Kotápišová

2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením paní Mgr. Aleny Walmsley, Ph.D. Další konzultace mi poskytl pan prof. Mgr. Ing. Jan Frouz, CSc. V diplomové práci jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala. Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze 10. 12. 2019

.....

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Mgr. Aleně Walmsley, Ph.D. a panu prof. Mgr. Ing. Janu Frouzovi, CSc., za cenné rady a postřehy a všechen věnovaný čas. Za technickou pomoc při lidarovém 3D skenování jsem zavázána pracovníkům Výzkumného ústavu pro krajinu a okrasné zahradnictví Silva Taroucy v.v.i. ze skupiny pana Ing. Kamila Krále Ph.D. Za pomoc v terénu pak Mgr. Erice Reitschmiedové a Bc. Ivetě Kolářové.

V Praze 10. 12. 2019

.....

Abstrakt

Sokolovská hnědouhelná pánev je jednou z nejzasaženějších oblastí v České republice. Povrchová těžba se negativně podepsala jak na vegetačním pokryvu, biotě tak na krajinném rázu. Většina výsypek byla lesnický rekultivována, studie ovšem dokazují, že v případech lokalit ponechaných sukcesní obnově vznikly přírodně bližší společenstva s vyšší schopností adaptace. Pochopení sukcesních mechanismů významně přispěje procesu přírodně blízké obnovy. Cílem práce bylo popsat prostorovou heterogenitu spontánně se vyvíjející dřevité vegetace na 12, 25, 32 a 60 let staré výsypce. Pro tyto účely bylo pomocí lidarů naskenováno celkem přes 3,5 ha lesa.

Z výsledků vyplývá, že zpočátku mají stromy shlukovité rozdělení, které se s věkem mění na náhodné. Hustota pokryvu samoředěním přirozeně klesá. Nejlepší místo pro počáteční uchycování vegetace představuje závětrná strana terénních vln. S pozdějším vývojem se z kompetičních důvodů mohou stát výhodnější i jiné části vln.

Klíčová slova: prostorová heterogenita, disperze vegetace, lidarové skenování

Abstract

The Sokolov brown coalfield is one of the most affected areas in the Czech Republic. Opencast mining has had a negative impact on vegetation cover, biota and landscape character. Most of the heaps have been cultivated by forest industry. However, studies show that nature closer associations with higher adaptability have emerged in the case of sites left by successive restoration. Understanding successive mechanisms will contribute significantly to the process of more natural recovery. The aim of this work is to describe spatial heterogeneity of spontaneously developing woody vegetation at 12, 25, 32 and 60 years old heaps. For this purpose, a total of over 3.5 ha of forest has been scanned using lidar.

The results show that initially trees have clustered distribution, which gradually changes to random distribution. The density of coverage naturally decreases by self-delution. The leeward side of the terrain waves is the best place for the initial attachment of vegetation. With later development, even other parts of the wave may become more advantageous due to competitive reasons.

Key words: spatial heterogeneity, vegetation dispersion, lidar scanning,

Obsah

1	Úvod	6
2	Cíl práce	7
3	Literární rešerše.....	8
3.1	Sukcese	8
3.1.1	Primární a řízená sukcese.....	9
3.2	Výsypky	10
3.3	Oblast Sokolovska a těžba	11
3.4	Heterogenita	11
3.4.1	Prostorová heterogenita a její příčiny	11
3.4.2	Změny prostorové heterogenity vegetace	12
3.4.3	Heterogenita dřevité vegetace	13
3.4.4	Metody měření prostorové heterogenity.....	13
4	Charakteristika studijního území a sledovaných druhů.....	16
4.1	Sledované území	16
4.1.1	Charakteristika regionu	16
4.1.2	Zkoumané lokality	17
4.2	Zkoumané druhy	20
5	Současný stav řešené problematiky	23
6	Metodika	23
6.1	Sběr dat	23
6.2	Příprava dat	25
6.3	Výpočet a grafické zpracování.....	28
7	Výsledky	29
8	Diskuze	34
9	Závěr	35

10	Přehled literatury.....	36
11	Přílohy.....	41

1 Úvod

Těžba nerostů představuje výraznou zátěž pro celou krajinu, většinou jsou devastovány celé ekosystémy, obnova takto zasažených území je proto nezbytná. V České republice těžba narušila území o rozloze 700 m². I přes zdokumentované klady a výhody sukcesní obnovy lokalit narušených povrchovou těžbou uhlí je většina výsypek rekultivována. Výzkumy prokazují, že sukcesní plochy vytváří přírodně hodnotnější habitaty, které jsou druhově bohatší. Navíc se na tyto lokality šíří mnohé vzácné či ohrožené druhy. V pozdějších fázích má rekultivovaná plocha až o polovinu méně druhů než sukcesně obnovené lokality. (Hodačová a Prach, 2003; Frouz et al., 2007b).

Pochopení mechanismů spontánní sukcese může významným způsobem přispět ke kvalitnější a ekonomicky výhodnější obnově ekologicky stabilních ekosystémů na výsypkách. Podíl na tom má i zvlněná morfologie výsypek, opakem je zarovnaný povrch rekultivovaných lokalit. Předchozí práce (Frouz et al. 2018) ukázaly, že prostorová heterogenita povrchu hraje významnou roli při uchycování vegetace na výsypkách. Takto specifická prostorová heterogenita nejen, že přispívá druhové diverzitě, ale usnadňuje i uchycování semen, která musí dosáhnout vhodného mikrohabitatu s vhodným klimatem, aby bylo možné klíčení (Landhausser et al. 2010). Cílem této práce je přiblížit vliv prostorové heterogenity na distribuci dřevité vegetace a konkrétních dominantních druhů, břízy bělokoré (*Betula Pendula*), vrby jívy (*Salix Caprea*) a topolu osiky (*Populus Tremula*) na různě starých výsypkách a zároveň v konkrétních mikrohabitátech vln (vrchol, úžlabina, návětrná a závětrná strana).

Studium prostorové heterogenity a jejích změn v čase je pro pochopení mechanismů probíhajících při obnově klíčové. Může nám pomoci pochopit fáze rozvoje lesního porostu, mezidruhovou kompetici. Poznatky získané výzkumem výsypek lze aplikovat i pro ekologickou obnovu po různých katastrofách, jako výbuchy sopek, ústup ledovců či jiné přírodní nebo člověkem způsobené disturbance.

2 Cíl práce

Cílem této studie je zmapování prostorové disperze nejhojnějších druhů dřevin na čtyřech různě starých plochách výsypek, ponechaných sukcesnímu vývoji. Výzkum bude testovat následující hypotézy:

- Během sukcese se bude měnit prostorová distribuce jednotlivých druhů, na začátku bude výskyt jedinců shlukovitý, v pozdních fázích sukcese náhodný.
- Specifické habitaty povedou k uchycení jednotlivých druhů na zvlněné ploše výsypky
- Habitaty, které poskytují nejlepší uchycení vegetace, budou poskytovat i nejlepší podmínky pro následný růst
- Díky vysoké míře uchycení a dobrému růstu však může v těchto preferovaných habitatech narůstat konkurence, což může vést k větší mortalitě a úbytku početnosti

Pro dosažení výsledků byla na každé ploše vymapována dřevitá vegetace na cca 1 ha. Z každé této plochy bylo pomocí GIS náhodně vybráno 20 čtverců 10 x 10 m, z nichž byla pomocí indexu I určena disperze stromů, i jednotlivých druhů. Následně byly v prostředí GIS vymapovány jednotlivé mikrohabitaty terénních vln, vrchol, úžlabí, návětrná a závětrná strana vlny a na nich byli spočtení jedinci jednotlivých druhů stromů během sukcese.

Výsledky práce by mohly pomoci při predikci vývoje dřevité vegetace na výsypkách.

3 Literární rešerše

3.1 Sukcese

Sukcesi lze definovat jako vývoj a změnu početnosti druhů a zároveň vlivu tohoto vývoje na daný prostor, který se v čase mění. Záleží na dostupnosti lokality, vhodných podmínek a zdrojů a konkurenceschopnosti druhů. Tyto podmínky se zároveň mění v čase, v závislosti na sezónních změnách a fázích životního cyklu jedinců. Jinými slovy, jde o nahrazování se jednotlivých druhů v čase, podle změn v prostředí, které tyto druhy sami vyvolávají, až do chvíle, kdy dojde k vytvoření tzv. klimaxové společnosti. Tedy takové společnosti, která se skládá převážně ze stabilních druhů, jimž prostor umožňuje úspěšnou plynulou reprodukci (Begon 1997).

Sukcese probíhá v šesti fázích, nejdříve tzv. nudace, kdy je následkem nějaké disturbance odstraněn původní ekosystém, a vznikají nové plochy. Druhým krokem je migrace, na nově vzniklé otevřené plochy se šíří organismy. Třetím krokem je úspěšné uchycení organismů. Následuje kompetice, tedy probíhají vzájemné interakce mezi organismy, probíhá konkurenční boj o zdroje. Pátým krokem je reakce, prostředí se mění následkem kolonizace. Poslední šestou fází je stabilizace, ta nastává, když se pozdní sukcesní druhy začnou na lokalitě ustalovat. Stávají se z nich dominantní druhy (Clements 1916).

Sukcesi dělíme na primární a sekundární, kdy jako primární považujeme nově vzniklá území následkem disturbance. V tomto případě vznikají nová společenstva. Jedná se o dlouhodobý proces, kdy obnova začíná bezprostředně po narušení, jakým může být právě těžba nerostných surovin, utržený skalní masiv nebo místa po výbuchu sopky. Sekundární sukcese probíhá v již existujícím společenstvu s existující semennou bankou a rezidui organismů, kde dochází ke změně procesů, jako například opuštěný bývalý průmyslový prostor, pastvina nebo po lesním požáru.

Společenstva, která vznikla právě přirozenou obnovou, bez zásahu člověka jsou mnohem cennější než ta rekultivovaná. Druhy šířené spontánně disponují lepší adaptační schopností na podmínky biotopu. Na Sokolovsku je téměř

100% ploch vhodných pro sukcesní nebo jinou přírodně blízkou obnovu (Prach 2008).

3.1.1 Primární a řízená sukcese

Z počátku narušenou lokalitu kolonizuje prvních pár pionýrských druhů rostlin a později živočichů. Následkem často se vyskytujících disturbancí, se tyto stadia cyklicky opakují (Forman et Gordon 1993). Podle konkrétních podmínek jednotlivých stanovišť mohou být některé fáze přeskočeny, nebo naopak zpomaleny (Chapin et al. 2002, Walker et del Moral 2008). Neplatí, že sukcese stanovišť rovná se sukcesi celého území, klimaxové společenstvo je tedy kombinací nižších a vyšších sukcesních stádií (Forman et Gordon 1993).

V našich podmínkách spontánní sukcese většinou směřuje do fáze lesního porostu. Uchytí se první jednoleté plevely, později bylinné trvalky, ty jsou postupně nahrazeny křovinami a ty později stromy. Nejprve raně sukcesními druhy, poté pozdně sukcesními druhy (Řehounek 2015). Tím ale mnohdy zanikají cenná společenstva těchto mezifází. Jak již bylo zmíněno výše, přirozeně obnovená stanoviště mají řadu kvalit a výhod, proto pro ponechání těchto vlastností, ale zároveň možností zachovat některá stadia lze využít tzv. řízené sukcese.

Pomocí řízené sukcese, lze sukcesní pochody směřovat ke konkrétnímu cíli (Prach et al. 2008a). Například při eliminaci nežádoucích invazivních druhů, zachování stanovišť s vyšší diverzitou, která by přirozeně zanikla (Frouz et al. 2007b). Toho lze dosáhnout pomocí správně načasovaného kosení či pastvy, vysekáváním keřů. Dále využití modifikovaných rekultivačních postupů, základní je znalost časového rámce fází spontánní sukcese. Díky této znalosti lze zabránit úmrtnost vysazených druhů následkem konkurenčního boje se spontánně uchycenou vegetací nebo následkem nepříznivých abiotických podmínek (Prach et al. 2001).

3.2 Výsypky

Výsypky jsou rozsáhlé krajinné prvky antropogenního charakteru, přesněji se jedná o recentní útvary, které jsou vytvářeny jako deponie nezužitkovatelného odtěženého materiálu z nadložních vrstev nad těženou surovinou. U hlubinné těžby se jedná o hlušinu, při povrchové těžbě o skrývku (Řehounek 2015). Zpočátku mohou výsypky působit nehostinně, jako měsíční krajina, ovšem obnova probíhá poměrně rychle. I tyto lokality mají svou biologickou hodnotu, mohou fungovat jako refugia pro ohrožené organismy.

V některých územích republiky jsou výsypky významným krajínotvorným prvkem, převážně se jedná o oblasti povrchové těžby hnědého uhlí na Mostecku a Sokolovsku. Další výsypky se nachází v oblastech Ostravska, Plzeňska a Kladenska (hlubinná těžba), dále na Příbramsku a Jáchymovsku (výsypky po již ukončené těžbě uranu). V České republice je těžbou ovlivněno území o celkové rozloze 270 km². Právě Mostecko a Sokolovsko jsou nejvíce zasaženými oblastmi ČR, důsledkem povrchové těžby totiž dochází k odstraňování veškerých vrstev nad ložiskem těžené suroviny (Prach et al. 2011, Řehounek 2015).

Podle způsobu uložení dělíme výsypky na vnitřní a vnější. Vnitřní výsypky lze považovat za šetrnější nevyžadují totiž zábor dalšího prostoru a jsou zakládány do již zdevastovaného úseku těžebního pole. Zároveň je i ekonomičtější, díky úspoře na přepravě zeminy, trasa je kratší. Naopak v případě, kdy tento prostor nestačí, vniká vnější výsypka, která zabírá i prostor mimo těžební pole a značná část materiálu je uložena na okolních pozemcích (Bejček et al. 2003). Podle mechanických prací dělíme na zakladačové výsypky (kdy se zakládá opravdu velké množství zeminy), plavené výsypky (materiál je navázán na vodu a dopravován potrubním systémem na místo určení), pluhové výsypky (které se používají při zakládání nejspodnějších vrstev), spíš výjimečně) a rypadlové výsypky (zakládá se pomocí kolejové dopravy lopatovými rýpadly). Podle výškové orientace okolí na úrovňové, podúrovňové a nadúrovňové výsypky (Štýs 1987).

Většina výsypek je technicky rekultivována a členitý povrch cíleně zarovnáván. Z hlediska biodiverzity je tento postup nežádoucí. Původně zakladače

nasypávají substrát v pásech, díky tomuto postupu vznikají elevace a deprese, které jsou naopak pro rozvoj biodiverzity vhodné. Díky těmto elevacím se vegetace lépe uchytává (Prach 2008).

3.3 Oblast Sokolovska a těžba

Celkově oblast Sokolovska zahrnuje okolo 90 km² výsypek, 55 km² území z tohoto celku zabírají rekultivace v procesu nebo ukončené. Podnebí je zde vlhčí a studenější, u sukcesních ploch se jednoleté druhy skoro vůbec neuchycují a většinou se rovnou šíří druhy vytrvalé. Na členitějších výsypkách se dobře uchycují dřeviny, převážně vrba jíva, topol osika a bříza bělokorá. V současnosti se výsypky utvářejí více zarovnané, tato skutečnost napomáhá nežádoucímu jevu, a to expanzi třtiny křovištní, která utváří jednotvárný hustý porost a tím blokuje sukcesní vývoj (Prknová 2008, Řehounek 2015).

Dnes na Sokolovsku probíhá už jen povrchová těžba, ale v minulosti tomu tak nebylo. Do první poloviny 20. století zde převládala těžba hlubinná, v této době ještě primitivním způsobem, ručně. Stejně i tak doprava uhlí byla ruční. První záznamy o těžbě uhlí pochází v počátku 17. století. Do konce 19. století už vznikaly první těžařské společnosti, do té doby fungovala těžařstva, první formy spolčení v těžním právu. V roce 1905 výtěžnost překročila hranici 3 milionů tun uhlí. Po téměř čtyřiceti letech se úroveň zvedla skoro o polovinu (Dimitrovský 2001, Vacek et al. 2009).

3.4 Heterogenita

Heterogenita může být definována jako různorodost, struktura sestávající ze složek, které mají různé vlastnosti. Tyto rozdíly mohou nastat v prostoru a čase. Z ekologického hlediska je tento termín nejčastěji spojován s krajinným pokryvem, využíváním půdy nebo stanovišti (Kovář 2012).

3.4.1 Prostorová heterogenita a její příčiny

Prostředí disponuje různými vlastnostmi a skladebními prvky, čím různorodější složky, tím je prostředí heterogennější. Krajinná struktura je tedy odrazem heterogenity prostředí. Zároveň působí další faktory, biotické a abiotické, které se mění v čase a prostoru. Jedná se např. o změny dostupnosti živin, disturbance, výkyvy teplot nebo antropické faktory.

Záleží, z jakého hlediska se na krajinu díváme. Z pohledu mikroheterogenity sledujeme konkrétní body v krajině, kolem kterých bude typ složek vždy podobný, nebo makroheterogenity, kdy se složky markantně odlišují. Krajinná struktura je vyjádřena konfigurací, množstvím a typem těchto struktur. Hovoříme o ploškách, koridorech a krajinné matici, která je obklopuje. (Forman et Gordon 1993, Měkotová 2007)

Prostorovou heterogenitu výrazně ovlivňuje kvalita substrátu, je známo, že kolem 25. roku od založení výsypky se významně mění složení vegetace. Díky změně půdních poměrů nastupují náročnější druhy. Mezi 24. – 30. rokem postupně vzniká humusová vrstva, která s časem přibývá. Tento proces je ovlivněn hlavně nástupem specifických disturbancí epigeických žížal (Frouz et al. 2007a). Dále morfologie, nezarovnané, členitě sypané výsypky vykazují mnohem větší diverzitu, než zarovnané lesnické rekultivace. Díky členitému povrchu, kdy se v prostoru vyskytují vlnky, prohlubně, dutiny, rýhy, deprese nebo malá jezírka je prostředí schopné lépe zadržovat vlhkost.

Na povrchu výsypek se heterogenita projevuje ze dvou rovin, jako heterogenita jednotlivých vln a jako heterogenita v rámci jedné vlny, kde sledujeme rozdíly mezi jednotlivými mikrohabitaty – na vrcholu, protějších svazích a v úžlabích. Dochází také k lokálnímu transportu látek, čímž napomáhá další diferenciaci mikrohabitatů. Množství uhlíku a hodnota pH se významně liší podle polohy. Zatímco hodnota uhlíku a dostupného fosforu je v úžlabinách zásadně vyšší oproti ostatním mikrohabitátům, pH je naopak nižší než ve svazích a na vrcholu. Hodnoty celkového fosforu obsažené v jednotlivých mikrohabitátech se nijak významně neliší (Brenner et al. 1984, Frouz et al. 2011).

3.4.2 Změny prostorové heterogenity vegetace

Rostliny mají zásadní vliv na fyzikální podmínky stanovišť, přetvářejí a formují je. Podmiňují půdní rozvoj, protože mění mikroklima a pH. Kořenovým systémem zpevňují půdní povrch a chrání ho tak před erozí a různé druhy více či méně zachycují živiny (Bredshaw 1997). Zároveň podporují infiltraci vody a celkově tak zlepšují půdní strukturu. Díky tvorbě opadu vytváří fermentační a humusové vrstvy, čímž významně ovlivňují půdní biotu (Frouz et al. 2008).

V počáteční fázi dominují jednoleté a dvouleté byliny, tato fáze trvá asi do osmi let od založení výsypky. Následně se uplatňují dvouleté a trvalé rostliny. Během 15 let plocha kontinuálně porůstá. Po 16 letech expanduje třtina křovištní a postupně se přidává dřevitá vegetace. Zástupcem keřů je bez černý a ze stromů hlavně bříza bělokorá. Během následujících 40 let se začnou objevovat i další druhy stromů, jako javor klen nebo borovice lesní.

Na Sokolově prochází vývoj odlišně, jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách. Lze ho rozdělit na dvě stadia – ruderální a postruderální, kdy v první fázi nedochází k žádným významným změnám druhového společenstva. Ruderální fáze začíná ihned po nasypání. Rovnou se uchycují vytrvalé druhy bylin a většinou i pionýrské dřeviny. Po přechodu do postruderální fáze některé dřeviny ustupují, jako třeba vrba jíva, naopak bříza bělokorá přetrvává (Frouz et al. 2008, Řehounek 2015). Přítomnost humusu rozhoduje o přechodu z ruderální do postruderální fáze. Do té doby jsou plochy kolonizovány mikro a mezofaunou a nedochází k mísení opadu s minerální vrstvou půdy. Tím je tvořena silná fermentační vrstva. V pozdější fázi se zvyšuje početnost žížal, které pomocí bioturbace fermentační vrstvu postupně zlikvidují (Frouz et al. 2007a).

3.4.3 Heterogenita dřevité vegetace

Vegetace je závislá na dostupnosti vody, živin a slunečního záření. Dosah těchto zdrojů určuje právě prostředí, ve kterém se nachází. Významný vliv na diverzitu vegetace má právě struktura a heterogenita prostředí, vlastností půdy, tok energie a disturbance. Čím členitější je povrch, tím se zvyšuje schopnost šíření a uchycování vegetace. Pro zachování funkčního společenstva je důležitá spojitost jednotlivých habitatů. Ta umožňuje pohyb mezi jednotlivými ekotopy, díky kterému se mohou organismy a látky šířit. Disturbance jsou způsobovány různými faktory, biotickými, abiotickými nebo antropogenními. Míra dopadu disturbancí se liší, mírná disturbance heterogenitu zvyšuje, silná může mít kladný i záporný vliv.

3.4.4 Metody měření prostorové heterogenity

Když se zabýváme prostorovou heterogenitou, tak sledujeme různé aspekty jako heterogenitu prostoru jako takového, rozmístění entit v prostoru a spojitě

parametry – vlastnosti jako půdní vlhkost, substrát, obsah a koloběh látek. Pro různé aspekty používáme různé postupy, které jsou následně blíže specifikovány (Horálek et al. 2010, Scott et al. 1997).

Prostorové rozmístění jedinců v populaci je významným strukturálním znakem. Existují tři základní typy rozmístění – shlukovité, náhodné a pravidelné. Navzájem se tyto typy mohou kombinovat, můžeme tak mít třeba náhodně rozmístěné shluky jedinců atp. Díky znalosti tohoto rozmístění můžeme určit optimální počet či velikost vzorků, dále odhadnout velikost celé populace, nebo určit počet vzorků nutný pro stanovenou přesnost (Horálek et al. 2010). Zároveň lze stanovit důležitost jednotlivých procesů probíhajících v populaci. Při studiu populací mohou nastat tři následující případy (Dykyjová 1989):

- jedinci jsou v populaci dobře odlišitelní a vyskytují se v přirozených diskrétních jednotkách
- jedinci jsou v populaci dobře odlišitelní a vyskytují se v kontinuálním prostoru
- jedinci nejsou v prostoru jednoznačně odlišitelní, hustota se stanovuje obtížně

Metodicky nejjednodušší je výpočet populace v přirozeně definovaných jednotkách prostředí, závisí na počtu jedinců na jednotlivé jednotky prostředí. Zjištěné hodnoty porovnáme s referenčním bodem, tedy stavem, kdy při stejné průměrné hustotě jsou jedinci v jednotlivých jednotkách rozmístění nezávisle na sobě, tedy náhodně (Dykyjová 1989).

$$p(x; \lambda) = P(X = x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}, x = 0, 1, 2, \dots$$

$P(X = x)$ je pravděpodobnost, že zkusná náhodně vybraná jednotka bude obsahovat právě x jedinců, λ je parametr rozdělení. Platí rovnost rozptylu a střední hodnoty, obě hodnoty jsou rovny λ . Rozmístění populace následně charakterizuje poměr střední hodnoty \bar{x} a rozptylu s^2 , pokud je výsledná hodnota blízká 1, značí náhodnost. Pokud je hodnota výrazně vyšší než 1, značí shlukovitost. Hodnoty nižší než jedna značí pravidelnost (Pielou 1977).

Deskriptivní statistiku užívanou v ekologii lze rozdělit na dvě skupiny podle závislosti na hustotě. Hustota je nebo není závislá na náhodném odebírání jedinců z populace. Nejznámější statistikou, která se v této závislosti mění je poměr index I ($I = s^2 / \bar{x} - 1$). Kladné hodnoty značí shlukovitost rozmístění, záporné pravidelnost. Příkladem opačné statistiky, která se náhodným odebírání jedinců nemění je index trsnatosti L ($L = 1 + I / \bar{x}$). Výsledné hodnoty menší než jedna znamenají pravidelnost, větší než 1 znamenají shlukovitost (David et Moore 1954).

Populace v kontinuálním prostoru dělíme stejně, na shlukovité, náhodné a pravidelné. Tyto metody dělíme na metody závislé na použití zkusných ploch a na metody závislé na vzdálenosti jedinců. Postup pro první skupinu je následující, nejdříve zvolíme zkusné plochy, ty mají většinou čtvercový tvar), plochy se volí většinou náhodně v prostoru. Následně v každé ploše sečteme počet sledovaných jednotlivců od jednotlivých druhů, tím vytvoříme definované jednotky prostředí. Dál tedy postupujeme jako v předchozí části, použitím indexu I nebo L. Druhou možností je využití metod závislých na vzdálenosti jednotlivců (Dykyjová 1989). Nejčastěji užívaný je Hopkins-Skellam Index, kdy mezi pozorované jedince X generujeme set náhodných bodů Y. Následně počítáme vzdálenost generovaného bodu k nejbližšímu pozorovanému jedinci (u_i) a zároveň počítáme vzdálenost pozorovaného jedince k nejbližšímu dalšímu pozorovanému jedinci (w_i). Výsledná hodnota blízká jedné značí shlukovitost, hodnota okolo 0,5 značí náhodnost vzorku. A hodnota blízká k 0 znamená pravidelnost (Everitt 2011).

$$H = \frac{\sum_{i=1}^m u_i^d}{\sum_{i=1}^m u_i^d + \sum_{i=1}^m w_i^d}$$

I geografické deformace prostoru lze zkoumat několika způsoby, pomocí prostorových analýz jako jsou prostorové autokorelace, interpolace, regrese. (Upton et Fingleton 1985). V dnešní době všechny tyto analýzy spojují geografické informační systémy, které fungují jako platforma pro spravování dat, výpočet analýz, vizualizaci dat, modelování a simulace (Fotheringham et al. 2000).

Statistika prostorové autokorelace analyzuje a měří stupeň závislosti mezi pozorováními. Nejběžnější statistiky jsou standardní odchylka elipsy a Moran (I index), Geary (C) a Getisy (G). Měří se intenzita geografických souvislostí. Významně negativní autokorelace značí prostorovou odlišnost.

Prostorové interpolace odhadují proměnné na lokalitách, kde neproběhlo pozorování, na základě poměrů hodnot z lokalit, kde pozorování proběhlo. Metoda je založena na inverzním přiřazování váhy, kdy čím bližší hodnota pozorování, tím nižší je její váha.

Prostorová regrese generuje parametry, rozdělené podle prostorových analytických jednotek. Prostorová závislost vstupuje do regresního modelu jako vztah mezi nezávislými a závislými proměnnými a pomocí předpokládaných vztahů mezi nimi umožňuje posoudit prostorovou heterogenitu.

Prostorová interakce neboli gradační model slouží k odhadu a objasnění určitého chování nebo toku v geografickém prostoru. Topologické a širší vztahy mezi oblastmi musí být specifikovány, převážně konfliktní části. Dvě prostorově blízká sledování nemusí vykazovat žádné signifikantní interakce, v případě, že je mezi nimi nějaká překážka, jako dálnice.

4 Charakteristika studijního území a sledovaných druhů

4.1 Sledované území

4.1.1 Charakteristika regionu

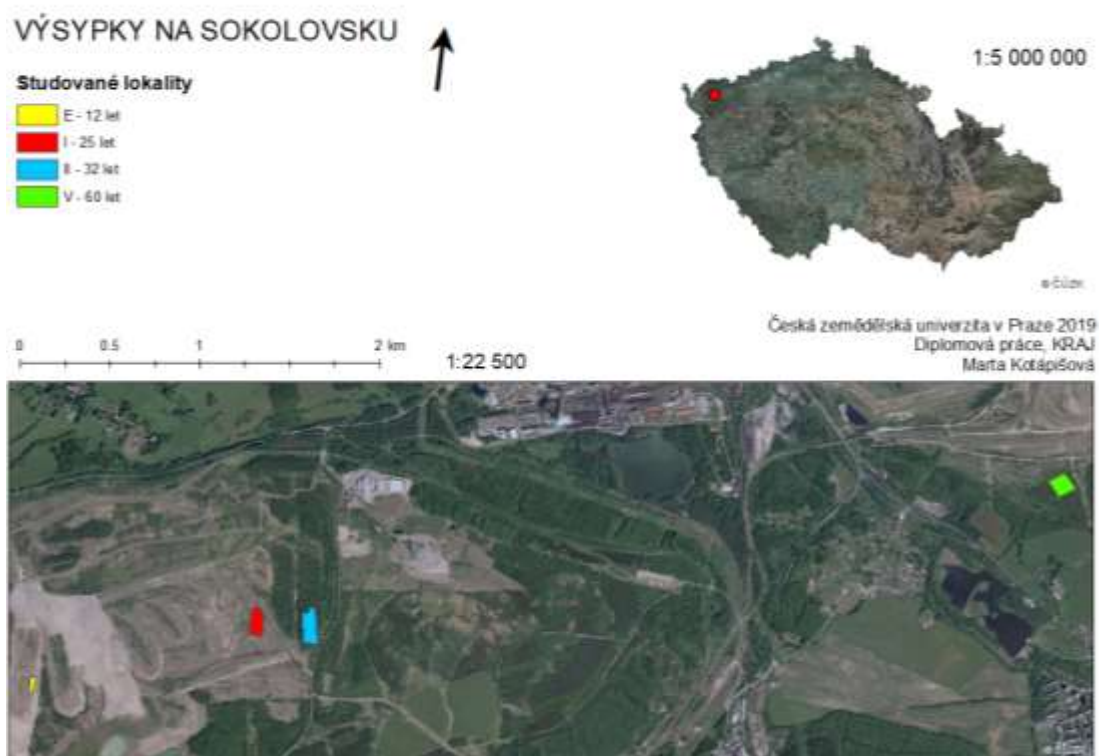
Sokolovská pánev zaujímá rozlohu okolo 200 km², výplň dosahuje mocností až 500 m (Kočí et al. 2010). Nejstarší součástí je starosedelské souvrství složené převážně z kaolinických písků a jílu, druhotně také z křemenělého pískovce a křemence. Toto souvrství je bohaté na fosilní flóru (dubovavřínovité lesy). Následuje novosedelské souvrství, v jehož spodní části je vyvinuta uhelná sloj, která je však pro vysoký obsah popelovin a pyritu nekvalitní. V nadloží zároveň výrazně přibývá vulkanického materiálu. Následuje hlavní slojové souvrství, které odráží období zarůstání pánve

uhlotvornou vegetací, Nadloží je tvořeno zejména miocenními sedimenty, převládá pro tuto oblast charakteristický cyprisový jíl, který obsahuje vrstvu jezerních uloženin specifických obsahem fosilií korýšů *Cypris angusta*, ale i další fosilní rybí fauny. Tyto nadložní vrstvy dosahují mocnosti až 100 m. Vznikají zde převážně mezo a mikroreliefové výsypky (Chlupáč 2011). Právě tyto třetihorní jíly jsou nejvhodnější půdou pro rychlý rozvoj vegetace (Frouz et al. 2006).

4.1.2 Zkoumané lokality

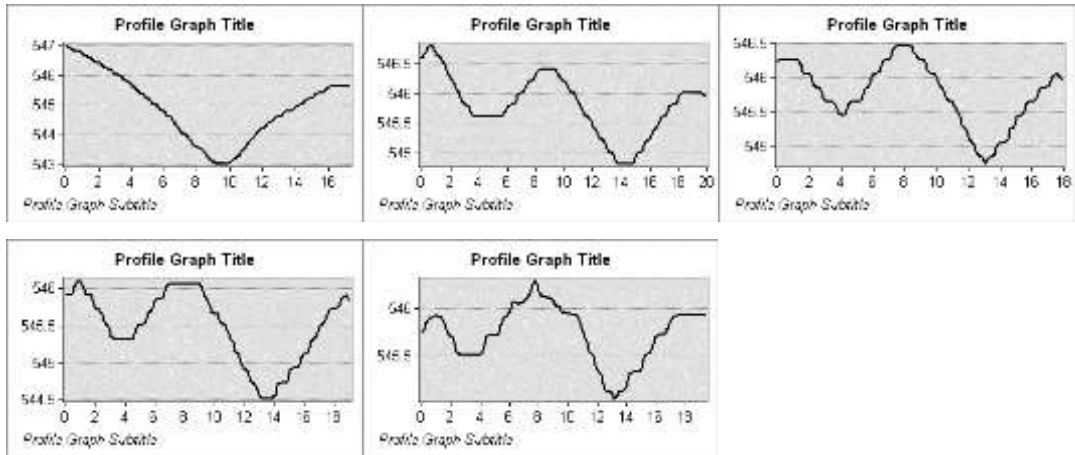
Studie probíhala celkem na čtyřech různě starých lokalitách na výsypkách po těžbě uhlí. Z toho tři plochy (E, I, II) jsou součástí Velké podkrušnohorské výsypky, která se nachází severně od města Sokolov, mezi obcemi Vřesová, Vintřov, Dolní Nivy, Lomnice a Bučí. Plocha V je součástí nedaleké Smolnické výsypky, která se rozkládá mezi obcemi Stará Chodovská a Božičany, Vřesová, Rájec a Nová Role. Všechny studované plochy byly ponechány spontánní sukcesi. Všechny plochy vznikly jako vnější výsypky Sokolovských hnědouhelných dolů a jsou tvořeny třetihorními jíly Miocenního stáří. Tento materiál je tvořen převážně z kaolinitu, montmorilonitu a ilitu. pH je alkalické, pohybuje se od 8–9. Někdy je substrát obohacený o kalcit, siderit a fosilní organický materiál (Frouz et al. 2001, Frouz et al. 2008). Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 6,8 °C, ve vegetačním období až 14 °C. Průměrné roční srážky jsou 687 mm a na plochách I, II, a V převládá směr větru ze severu na jih. Na ploše E je to ze západu na východ. Nadmořská výška se pohybuje od 500 m n. m. do 600 m. n. m. (Frouz et al. 2006).

Plocha E je nejmladší ze zkoumaných lokalit, je 12 let stará. Na této ploše bylo zaměřeno území o rozloze čtvrt hektaru. Plocha I je stará 25 let, bylo zaměřeno území o rozloze jednoho hektaru. Nadmořská výška lokality je od 543 do 547 m n. m. Plocha II je 32 let stará, bylo zaměřeno území o rozloze téměř 1,5 ha. Na této lokalitě terén nejvýrazněji zvlněný a převýšení je od 541 do 546 m n. m. Na ploše V, která je nejstarší z vybraných ploch, 60 let, bylo zaměřeno území o rozloze 1 ha. Na této lokalitě nejsou vlny tak patrné, přesto v některých částech je rozdíl až 6 metrů. Nadmořské výšky se pohybují od 458 do 464 m n. m.

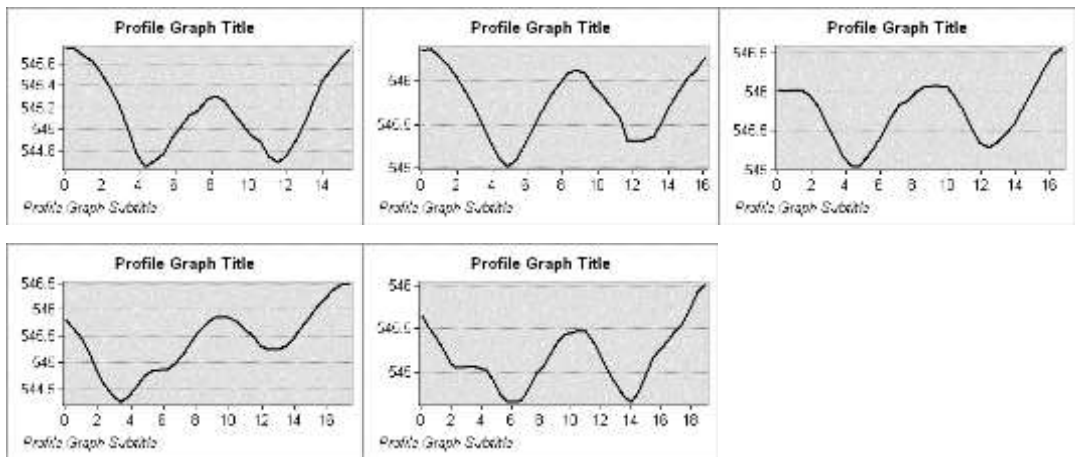


Obrázek 1 Přehledová mapa studovaných lokalit

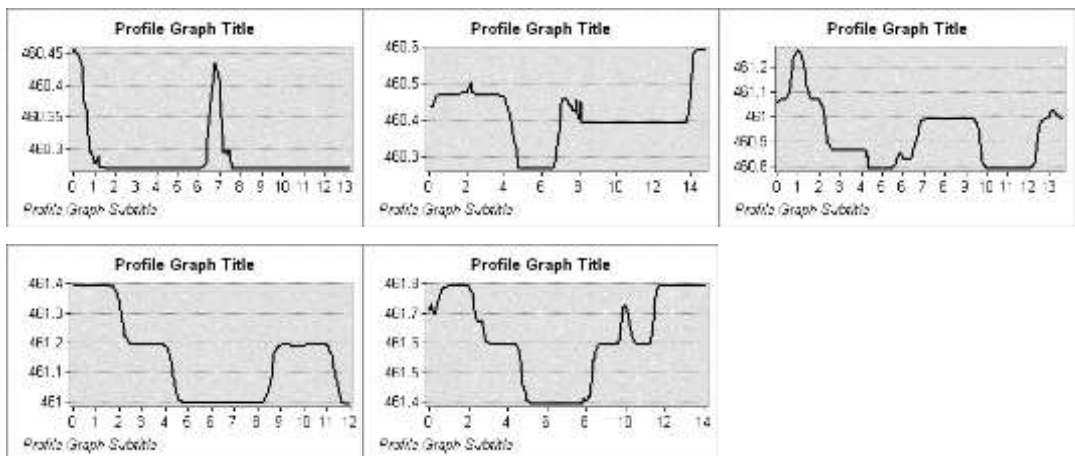
Důvodem je, že ze studovaných lokalit právě nejstarší plocha jako jediná vznikla naspáváním substrátu z vozíků, následkem toho nejsou vlny tak zřetelné a pravidelné viz profilové grafy, obr. 4. Všechny ostatní plochy vznikly naspáváním ze zakladačů, viz profilové grafy obr. 2 a 3. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 6,8 °C, ve vegetačním období až 14 °C. Průměrné roční srážky jsou 687 mm a na plochách I, II, a V převládá směr větru ze severu na jih. Na ploše E je to ze západu na východ. Nadmořská výška se pohybuje od 500 m n. m. do 600 m n. m. (Frouz et al. 2006).



Obrázek 2 Profilové grafy plochy I - 25 let Z -> V



Obrázek 3 Profilové grafy plochy II - 32 let Z -> V



Obrázek 4 Profilové grafy plochy V - 60 let Z -> V

4.2 Zkoumané druhy

U ploch, kde byla zachována takto členitě zvlněná morfologie, se téměř bez výjimky přirozeně vyvíjí lesní společenstva (Řehounek 2015). Na sokolovských výsypkách se nejčastěji uchycují šípkové růže (*Rosa Canina*), hloh obecný (*Crataegus laevigata*), trnka obecná (*Prunus spinosa*). Dále bříza bělokorá (*Betula Pendula*), vrba jíva (*Salix Caprea*) a topol osika (*Populus Tremula*). Tyto druhy jsou na zájmových lokalitách dominantním druhem, proto se jimi studie podrobněji zabývá. Následně se uchycují i borovice lesní (*Pinus Sylvestris*) a smrk ztepilý (*Picea Abies*) (Frouz et al. 2008, Prach et al. 2008ab, Simon et al, 2006).

Bříza bělokorá (*Betula Pendula*) je opadavý rychle rostoucí, nenáročný strom z čeledi břízovitých. Dorůstá výšky 25 metrů, kmen dosahuje průměrně 75 cm. Borka je hladká, hnědé barvy, s věkem horní část zbledlá, a mimo začernalé rozpukané skvrny zůstává hladká. Spodní část kmene černá zesílí a zvrásní. Dožívá se až 150 let, je to krátkověký druh. Kvete od dubna do května, plodit začíná okolo desátého až patnáctého roku a plody dozrávají od srpna do září (Čermák et al., Hejný et al. 1997).

Jednodomá rostlina, pupeny jsou lepkavé špičaté a lesklé. Samčí květenství volně přezimuje, při rozkvětu je až 10 cm dlouhé, svěšené. Plodenství je také svěšené, plody jsou drobné křídlaté nažky, až 3mm dlouhé. Listy mají řapík dlouhý až 3 cm a čepel s dvojité pilovitým okrajem, dlouhou 4-7 cm. listy jsou dlouze zašpičatělé, kosočtverečně oválné Hecker 2015).

Bříza bělokorá je velmi přizpůsobivá, schopná prosperovat v různých vlhkostních podmínkách. Roste v nížinách až do horských pásem až do výšky 1900 m n. m., je velmi odolná mrazu. Často se uchycuje právě na narušených lokalitách. Vyskytuje se téměř v celé Evropě, mimo oblast polárního kruhu, na Sibiři, od Kavkazu po severní Írán a v Severní Americe. Zároveň je velmi tolerantní k široké škále půdních podmínek (od živných většinou kyselých půd po písčité, hlinité a kamenité), včetně toxičtějšího prostředí způsobeného extrémním pH nebo např. znečištěným ovzduším. Stejně jako vlhkost, snáší i velmi variabilní texturu substrátu. Zásadní je hlavně dostatek světla, v přílišném stínu dřevina odumře (Čermák et al., Hecker 2015).

Často se používá jako meliorační dřevina, podporuje diverzitu, je častým úkrytem pro ptáky a je v symbióze s některými druhy hub. Během krátkého období dokáže osídlit holiny, rumištní plochy a otevřené skalní biotopy. Zlepšuje vlastnosti půd a napomáhá kolování živin. Díky drobným plodům se velmi snadno rozšiřuje na velké vzdálenosti a uchytí se i na zpustlých lokalitách, kde jsou jen trochu dobré podmínky. Vyskytuje se téměř ve všech lesních společenstvech, zejména světlé listnaté lesy, smíšené jehličnaté lesy, pastviny a vřesoviště (Hecker 2015).

Topol osika (*Populus Tremula*) je opadavá, rychle rostoucí, odolná dřevina, z čeledi vrbovitéch Dorůstá výšky 25 – 30 metrů, kmen má průměr až 70 cm. Borka je hladká, zelenošedé barvy, s věkem tmavne do šedočerné. Je žebrovitá a tvoří hluboké rozpuky. Osika je na rozdíl od ostatních druhů topolů krátkověká a dožívá se kolem 160 let. Začíná plodit okolo desátého roku života, květenství probíhá z jara, od března do dubna, nejpozději z našich topolů. Plody dozrávají v květnu (Čermák et al., Hejný et al. 1997).

Je to dvoudomá rostlina s jednopohlavními květy. Pupeny jsou kuželovité a lesklé, slabě lepkavé. Květenství je svěšené o délce 4-10 cm. Plodenství dosahuje až 12 cm a obsahuje četné mnohosemenné tobolky. Listy mají řapík dlouhý 3-7 cm a čepel dlouhou 3-8 cm. Jsou vejčité a obvykle z obou stran holé, kolmo zploštělé k čepeli s hrubými zuby. Díky těmto specifickým se ve větru typicky rozkmitává (Hecker 2015).

Vyskytuje se převážně v nížinatých až pahorkatých pásmech, ale objevuje se i v horách vysokých nad 1 800 m n. m. Z toho vyplývá i vysoká snášenlivost širokého teplotního rozpětí, kdy přežívá od mrazů -30 °C až po kladné teploty do 30°C. Vyskytuje se téměř v celé Evropě až po Sibiř, v malé Asii a na severu Afriky. Zároveň je velmi tolerantní k široké škále půd, od vlhkosti, po texturu a pH. Ideálně se vyskytuje na písčitohlinitých hlubokých půdách, ale snese od kyprých písčitých, sprašových a hlinitých po jílovité půdy. Zároveň přežívá v suchých i vlhkých půdách, ovšem záplavy nesnese. Toleruje pH od kyselých substrátů po zásadité (Čermák et al., Hecker 2015).

Vzhledem k tomu, že se jedná o pionýrskou dřevinu, není příliš náročná na stanovištní podmínky. Opět se jedná o světlomilný druh, vyhledává remízky,

světlé listnaté lesy, kamenité svahy, pařeziny, paseky. Časem kvůli světlu ustupuje k okrajovým částem porostu. Při revitalizaci je osika ceněnou dřevinou, pro své meliorační účinky a snadné, přirozené šíření nálety a kořenovou výmladností (Hecker 2015).

Vrba jíva (*Salix Caprea*) je domácí opadavý, menší až středně vysoký keř nebo strom, z čeledi vrbovítých. Dorůstá výšky 5 – 15 metrů a kmen v průměru dosahuje až 50 cm. Zpočátku je borka šedá, hladká a matná. S věkem podélně rozpraskává a tmavne, až do černohnědé. Opět se jedná o krátkověkou dřevinu, dožívající se maximálně 60 let. Kvete na jaře, od března do dubna, a začíná plodit již po třetím roce života. Plody dozrávají od května do června (Čermák et al., Hejný et al 1997).

Rostlina je dvoudomá s jednopohlavními květy, jehnědy jsou vzpřímené a dlouhé 3-4 cm. Pupeny jsou vejcovité, zelenohnědé a lysé. Obsahuje mnohosemenné tobolky. Rozkvétá dlouho před vyrašením listů, které jsou široce oválné. Mají 1-2 cm dlouhý řapík a 4-12 cm dlouhou čepel, která je vespod plstnatě chlupatá, na svrchní straně později postupně olysává (Hecker 2015).

Vrba jíva kolonizuje širokou škálu stanovišť, vykazuje se schopností tolerance k nejrůznějším ekologickým podmínkám. Roste od nížin až vysoko do hor okolo až 2000 m n. m., velmi dobře odolává mrazu. Kromě Balkánského a Pyrenejského poloostrova se vyskytuje v celé Evropě a v severní a západní Asii. Toleruje alkalické vápenité, nebo naopak kyselé podklady. Snáší sušší i trvale vlhké lokality, bohaté na živiny a humus na kamenitých, písčítých nebo čistě hlinitých půdách. Pro růst vyžaduje dostatek světla (Čermák et al., Hecker 2015).

Stejně jako předchozí dva druhy, i vrba je pionýrskou dřevinou. Dokáže se snadno šířit na velké vzdálenosti, díky přenosu drobných semen. Vyskytuje se na okrajích lesů, podél cest, na mýtinách, světlých lesích. Zastoupení v krajině díky antropologickým vlivům významně stoupl a jíva velmi úspěšně kolonizuje pískovny, opuštěné lomy, výkopy, násypy či skládky. Jíva je významná pro včelí společenstva (Hecker 2015).

5 Současný stav řešené problematiky

Na Sokolovských výsypkách již proběhl a stále probíhá nespočet výzkumů. Převážně se zabývají půdou a půdní biotou, prostorovou heterogenitou a biodiverzitou. Zároveň je porovnáván vývoj sukcesních a rekultivovaných ploch. Dosavadní výzkum vývoje na podkrušnohorských výsypkách byl blíže popsán v předchozích částech práce, nicméně výsledky dokazují, že sukcese je zpočátku pomalejší, ale postupem vývoje rekultivované plochy dožene a v některých směrech i předčí. Vznikají přírodě bližší společenstva (Frouz et al. 2015ab, Hodačová et Prach 2003, Prach et Hobs 2008).

Při porovnání mladých porostů byla hustota vegetace mnohem vyšší na těch rekultivovaných než na stejně starých sukcesních plochách. Stejně tak dřevitá biomasa se významně liší na stejně starých rekultivacích a sukcesi. Okolo věku 5 let jsou hodnoty vyšší na rekultivovaných plochách, ale již okolo 25 let je tomu naopak, sukcesní lokality tvoří více biomasy. Primární pionýrské druhy jsou bříza bělokorá, vrba jíva a topol osika, později se uplatňuje buk lesní (*Fagus sylvatica*) a dub letní (*Quercus robur*). Rekultivované plochy jsou nejčastěji osazovány olší lepkavou (*Alnus glutinosa*)

Stromy kolonizují nová stanoviště pomocí dálkové migrace semen, malá semena se šíří anemochorně, ta větší zoochorně. Vzdálenost doletu se různí, některá se šíří na velké vzdálenosti, většinou se však uchycují na kratší vzdálenosti. Dalším způsobem je kolonizování pomocí tzv. skautů, kdy jeden nebo více jedinců vytvoří jakousi základnu, pomocí které se následně šíří v rámci lokality. Po iniciální fázi, kdy se uchytí první jedinci, kteří začnou vytvářet mikrostanoviště s vhodnějšími podmínkami se začnou šířit další druhy z okolí (Hamrick et Trapnell 2011)

6 Metodika

6.1 Sběr dat

Prvním krokem bylo vytyčení zájmového území, přibližně ve středu každé lokality byla vytyčena 1 ha plocha. Výjimkou byla plocha E o ploše 0,7ha, která byla vymapována celá. Následně byly jednotlivé plochy rozděleny na čtverce 20x20 metrů. Do každého rohu byl zatlučen železný hřeb a barevně označený

bambus. Díky těmto hřebům bude později snazší naskenovat území znovu. Bambusy sloužily pro rychlejší orientaci v prostoru i při následném určování druhů.

Vlastní 3D skenování probíhalo přibližně týden, ultra vysokorychlostním pulzním laserovým skenerem Leica P20. Skenovací optika je vertikálně se otáčející zrcadlo (zorné pole 360°) na horizontálně se otáčející základně (zorné pole 270°). Dosah skeneru je až 120 metrů. Hustota bodů byla nastavená na 3,6 mm (uvádí se v rozestupech mezi body, ve vzdálenosti 10 m od skeneru). Návratnost bodů závisí na hustotě porostu. Kvalita skenování byla nastavena na hodnotu 3 (ve škále od 1 do 5). Doba pořízení jednoho skenu byla 6 minut 37 vteřin.

Standardně se rozmisťují všechny 4 terče, které vymezují skenovaný prostor a fungují jako pojítka při následných přípravách dat. Pokud je však terén složitějšího rázu, a umístění neumožňuje dohled lidarů na všechny čtyři terče, postačí i tři. Následně se v programu Leica Cyclone data stejně spojí v jeden celek. Přesnost registrace jednotlivých skenů, které Leica Cyclone udává jako Mean Absolute Error (MAE) byla nastavena pro plochy II (32 let) a V (60 let) parametrem 2. Pro plochu I (25 let) byla nastavena parametrem 1. Jedná se o průměrný rozdíl v poloze terčů z různých skenů po registraci. Do S-JTSK bylo převedeno s přesností MAE 238 mm pro plochu I, 648 mm pro plochu II a 305 mm pro plochu V.

Posledním krokem sběru dat bylo určování druhů stromů. Tento krok ovšem následoval až po přípravě dat. Spočíval v rozeznání jednotlivých ID v reálném porostu. Všechny stromy byly popsány do tabulek pro jednotlivé plochy a jejich podplošky. Zároveň zde byli vyznačeni největší jedinci (zástupci) u polykormonů.

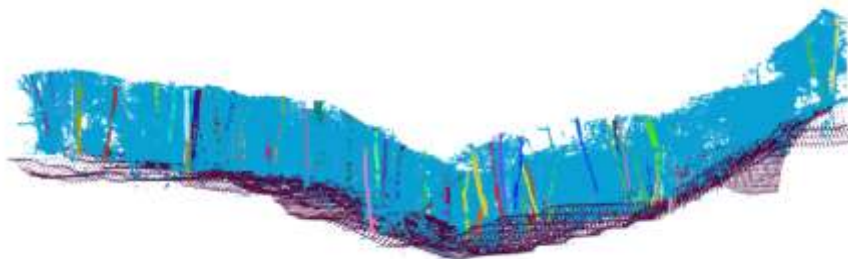
Následně byli manuálně pomocí geodetické GPS domapovány drobné semenáčky, které mohly být špatně rozlišeny při scanování. Plocha E s dominancí malých semenáčků byla vymapována pouze takto.

6.2 Příprava dat

Primární zpracování dat probíhá v programu Leica Cyclone, tím je již zmíněné spojování skenů. Výstupem jsou soubory s koncovkou laz. Následuje úprava v programu Fusion LDV. Zde se soubory transformují do formátu las, který se následně pomocí ArcMap rozdělily na výsledné pod plošky (pro usnadnění načítání dat), které se již finálně zpracovávají v programu 3D Forest, ve kterém proběhla většina práce. Pro plochu I vzniklo 19 podplošek. Pro plochu II vzniklo 24 podplošek. Pro plochu V vzniklo 26 podplošek.

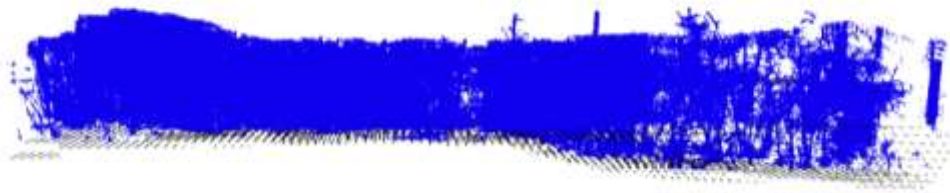
Program Fusion LDV zároveň ořezává soubory dle výšky nad terénem. Pro účel této studie nebyly koruny stromů nijak významné, proto, pro usnadnění manipulace s daty byla všechna vegetační mračna oříznuta ve výšce dvou metrů. Práce s kompletními mračny je velice náročná na operační paměť, tento krok významně celý proces usnadnil.

Dalším nezbytným krokem bylo rozdělení jednotlivých ploch na menší části pomocí ArcMap. Tím vzniknou jednotlivé segmenty zájmového území zahrnující mračno vegetace a mračno terénu.



Obrázek 5 Část zvlněného terénu v programu 3D Forest

Následná úprava dat probíhala v programu 3D Forest. Tento program slouží primárně k vizualizaci, segmentaci a měření parametrů stromů. Úprava probíhala nejdříve na mračnech terénu – voxel-terrain.pcd, které je nutné upravit dle skutečnosti. Podle hustoty vegetace totiž vznikají větší či menší šumy, terén je možné rozdělit na pásy a snadněji odstranit chyby. Následně 3D Forest dopočítá mezery v terénu. Pomocí funkce IWD, kde byly u všech ploch zadány parametry: Output cloud of ground = 10 a Number of surrounding points = 10.



Obrázek 6 Celistvé mračno vegetace - bez úprav

Dalším krokem byla úprava mračen vegetace – Octree-vegetation.pcd, viz obr 6. Nejprve bylo nutné provést pro všechny plochy automatickou segmentaci. Tato segmentace podle zadaných parametrů vygenerovává jednotlivé stromy, viz obr. 7. Plocha I byla automaticky segmentována podle parametrů: Input distance = 3 a Minimal points in cluster = 50. Plochy II a V byly automaticky segmentovány podle parametrů: Input distance = 3 a Minimal points in cluster = 200. Ovšem toto rozdělení není stoprocentní, následně je nutná manuální segmentace a úprava jak jednotlivých stromů, tak vegetačního “zbytkového” mračna. Tato úprava spočívala v dodatečném slučování stromů, které se rozdělily na několik částí, nebo naopak rozdělování shluků pod jedním ID a dále stromů, které nebyly vůbec vyčleněny, tedy všech zbylých v mračnu vegetation-rest.



Obrázek 7 Mračno vegetace po automatické segmentaci

Po těchto úpravách byly ořezány všechny jednotlivé stromy a zůstaly jen čisté kmeny, viz obr 8. Tyto úpravy probíhaly pomocí Tree cloud edit, výstupem je pařez bez větví a mračno tree-rest, které bylo později sloučeno zpět do vegetation-rest. Díky tomuto kroku program vypočítá DBH a souřadnice jednotlivých pařezů.



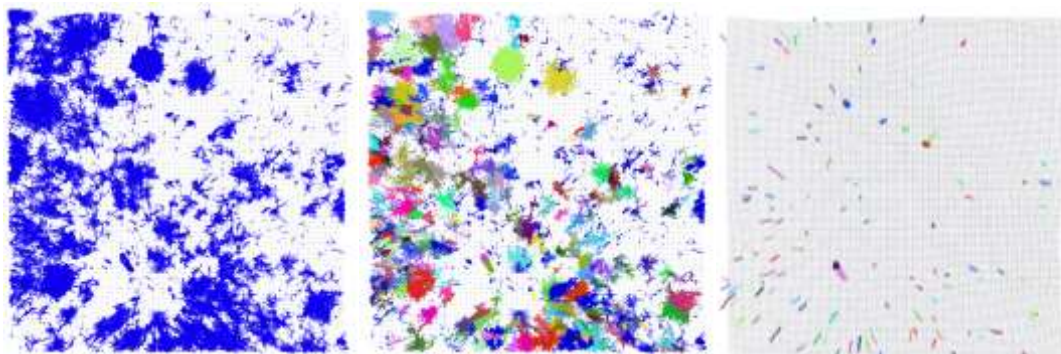
Obrázek 8 Ořezané holé kmeny

Dalším krokem byl export dat pro ArcMap. Nejprve bylo nutné tato data připravit, program je po vypnutí neuchovává. Souřadnice počítá funkce Position lowest points, kde bylo ponecháno defaultní nastavení: Height above the lowest point in cm = 60 a Number of points for terrain estimation = 5. Dále výpočet DBH RHT, kde byl počet iterací upraven na 400 a DBH LSR. Tento ukazatel není tak přesný a je náchylnější na šum, oproti funkci DBH RHT. Přesto byl vyexportován pro případné další potřeby. Posledním krokem byl export jako takový, jako oddělovač byl zvolen tabulátor a byly zvoleny tyto atributy: DBH computed by Randomized Hough Transform, DBH computed by Least Square Regression, X Y Z coordinate of tree position a Point number.

Přes add data byly postupně přidány vrstvy jednotlivých ploch, pomocí display XY data vizualizovány a následně exportovány do shapefile. Do každé vrstvy byl vložen sloupec Druh a Zástupce. Zástupce převážně kvůli polykormonům vrb, kde se jedinec skládá např. z deseti kmenů. Z těchto kmenů byl vždy vybrán největší průměr, nebo kmen nejbliže středu, kvůli určení souřadnic. Zároveň byly vloženy hodnoty DBH, které byly naměřeny ručně, u stromů, kde tuto hodnotu 3D Forest nevypočítal automaticky. Vzniklé shapefiles byly sloučeny pomocí funkce Merge do jednoho celku pro každou plochu. Sloučení byli pouze zástupci.

Zároveň byly z 3D Forestu vyexportovány mass points, ze kterých byl v ArcMap pro každou plochu pomocí interpolace vytvořen TIN a raster (cellsize 0,5). Z rastrů byla následně vypočítána analýza svažitosti (SLOPE) a expozice (ASPECT). Díky těmto třem výstupům byly podrobně vektorizovány 3 vlny pro každou lokalitu o délce cca 80 m. Vzhledem k povrchu na ploše V byl zvolen nejpravidelnější pás s nejlépe viditelnými vlnami. Vlny byly rozděleny na 4 mikrohabitaty – top, bottom, windward a leeward (návětrná a závětrná strana).

Pomocí Intersect byla ke každému stromu tato poloha přiřazena a data následně vyexportována do excelu.



Obrázek 9 Fáze úprav v programu 3D Forest

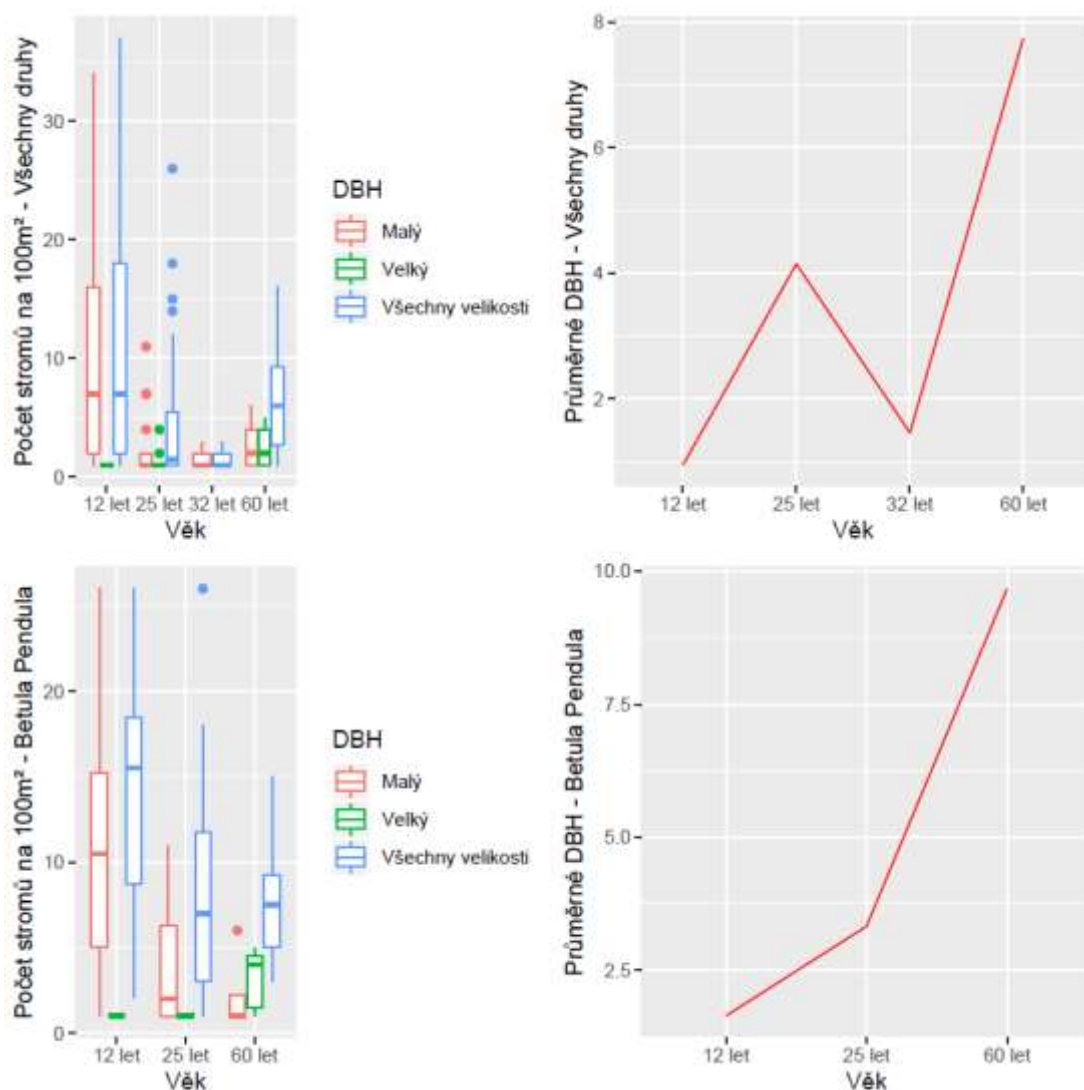
6.3 Výpočet a grafické zpracování

Pro každé zájmové území byla pomocí Create fishnet vytvořena síť 10x10 metrů, z těch bylo pomocí programu R náhodně vybráno 20 čtverců pro každou studovanou lokalitu, a pro každý čtverec vypočítán počet jedinců dominantních druhů a všech druhů celkem. Zároveň byl vypočítán počet DBH dle kategorií malý, velký a všechny stromy celkem. Malé DBH bylo určeno do 2 cm a velké od 10 cm. Hodnota 2 cm byla zvolena proto, že v obecné praxi se pro malé stromy tato hranice většinou udává. Hodnota 10 cm byla vypočítána pomocí pravidla 3σ a následný výsledek byl zaokrouhlen na celé číslo.

Dále byl vypočítán index disperse pro jednotlivé plochy a jednotlivé druhy pomocí indexu I. Následně byl opět pro všech 20 čtverců proveden test na základě χ^2 rozdělení ($p=0,05$), dle Lepše. Za účelem grafického vyobrazení tohoto testu byly do grafů přidány hranice, kde všechny hodnoty pohybující se pod spodní hranicí, znamenají signifikantně pravidelné rozmístění entit. V případě, že se hodnoty pohybují nad horní hranicí, značí to signifikantně shlukovité rozmístění (Dykyjová 1989).

7 Výsledky

S věkem hustota porostu klesá. Na obrázku 10 a 11 je vyobrazen průměrný počet stromů na 100 m², ze všech 20 vybraných čtverců, v závislosti na stáří výsypky. Zároveň lze v čase porovnávat změny průměrného DHB pro jednotlivé druhy i pro všechny stromy celkem. Z grafů je patrné, že největší hustota porostu je na nejmladší dvanáctileté ploše. S věkem hodnota klesá a mírně roste až na ploše staré 60 let. Velké stromy se téměř nevyskytují, pouze pár bříz.

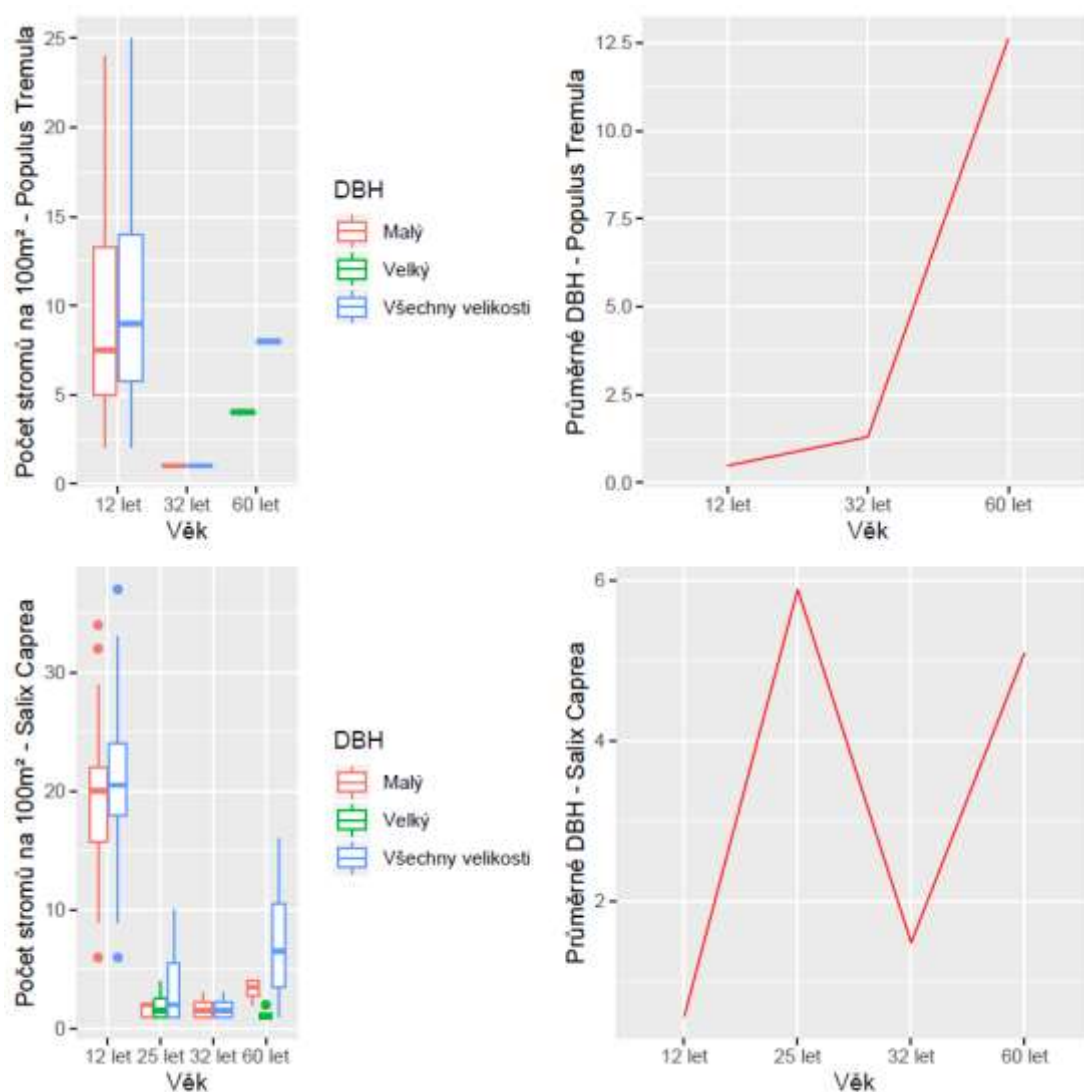


Obrázek 10 Průměrný počet stromů na různě letých výsypkách, průměrné DHB, úsečky značí nejnižší údaj 1,5 IQR spodního kvartilu a nejvyšší údaj 1,5 IQR horního kvartilu, body značí odlehlé hodnoty

Na dvaceti pětileté výsypce se téměř nevyskytuje topol osika (statisticky bezvýznamně). Nejvíce je zastoupená bříza, která dosahuje i největších průměrů DBH. Ovšem oproti vrbě má v poměru menší počet velkých stromů.

Na třiceti dvouleté výsypce se téměř nevyskytuje bříza bělokorá. Objevují se hlavně malé vrby a malé osiky, zastoupení vrb je větší. Na nejstarší šedesátileté výsypce je největší zastoupení bříz a vrb. Vrby jsou převážně malé, osiky a břízy velké.

Průměrná hodnota DBH břízy bělokoré a topolu osiky v čase roste. U břízy je hodnota DBH téměř 10 cm. Pro topol 12,5 cm. Vrba jíva v čase kolísá a největších hodnot dosahuje na 25leté výsypce. Celkové DBH kolísá, ale nevyšších hodnot dosahuje na nejstarší výsypce.

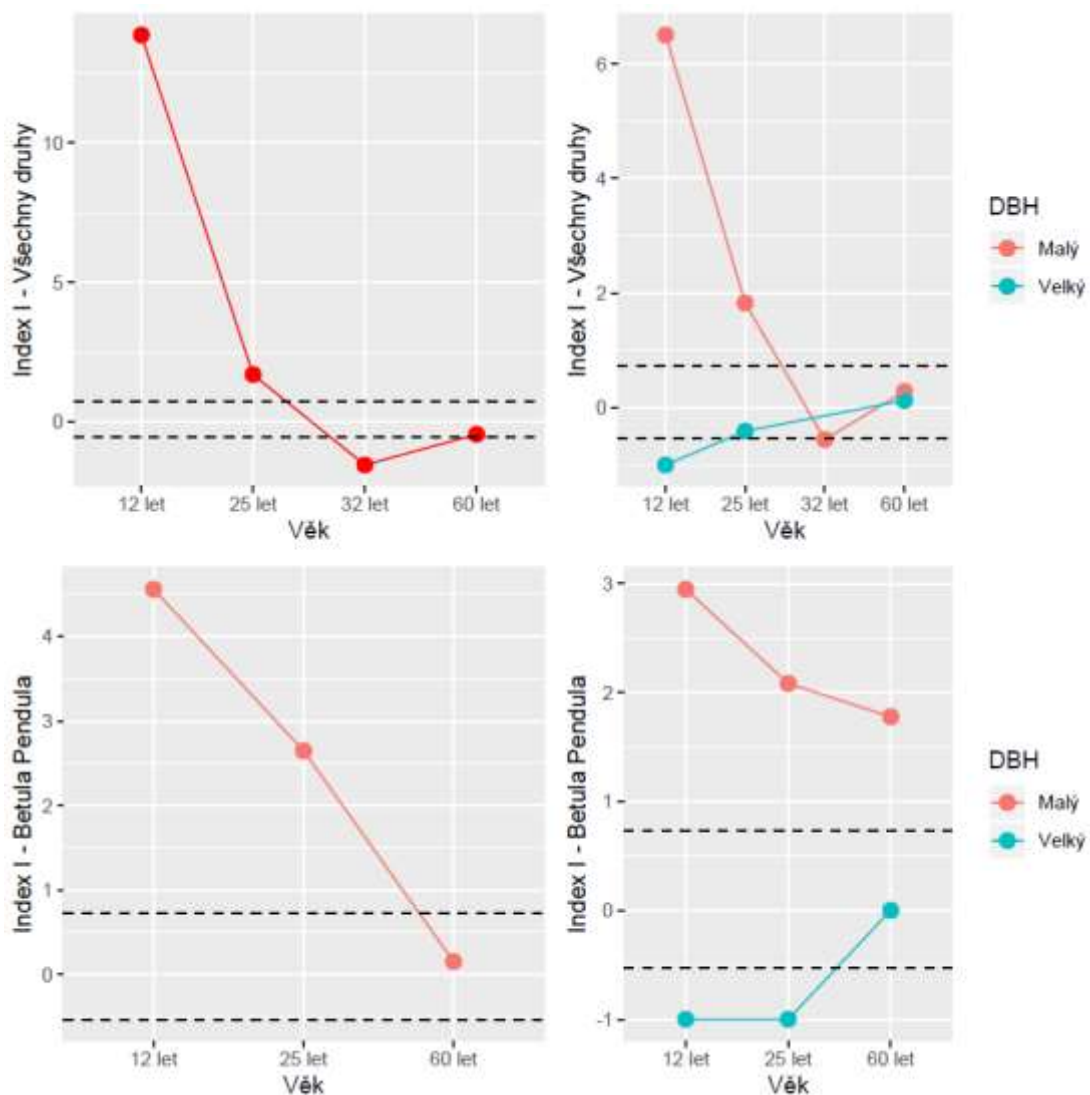


Obrázek 11 Průměrný počet stromů na různě letých výsypkách, průměrné DHB, úsečky značí nejnižší údaj 1,5 IQR spodního kvartilu a nejvyšší údaj 1,5 IQR horního kvartilu, body značí odlehle hodnoty

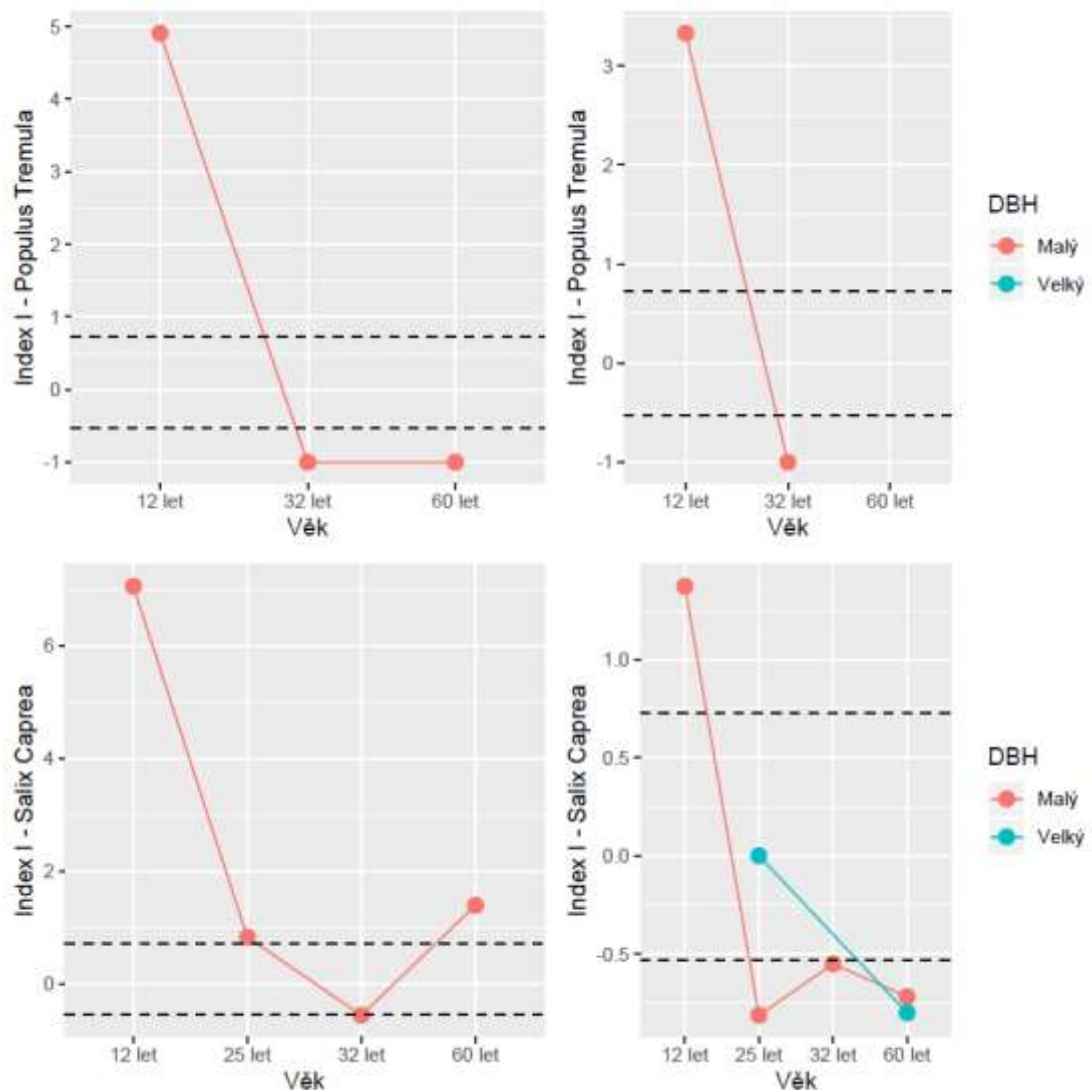
Na obrázku 12 a 13 je vyobrazena disperze všech stromů na různě starých výsypkách a samostatně pro dominantní druhy. Zároveň ještě vývoj pro malá a velká DBH.

Na začátku mají stromy víceméně shlukovité rozdělení, postupem vývoje se toto rozdělení mění na náhodné.

Shlukovitost s časem klesá a stromy se stávají náhodněji rozmístěné. Oproti 32 let staré výsypce se index na 60leté mírně zvyšuje, stále však značí pravidelnost porostu. Malé stromy mají podobnou tendenci. U velkých DBH se index postupně zvětšuje. Bříza i osika se v čase stává pravidelnější, vrba kopíruje křivku všech stromů celkem a na nejstarší ploše index stoupá.



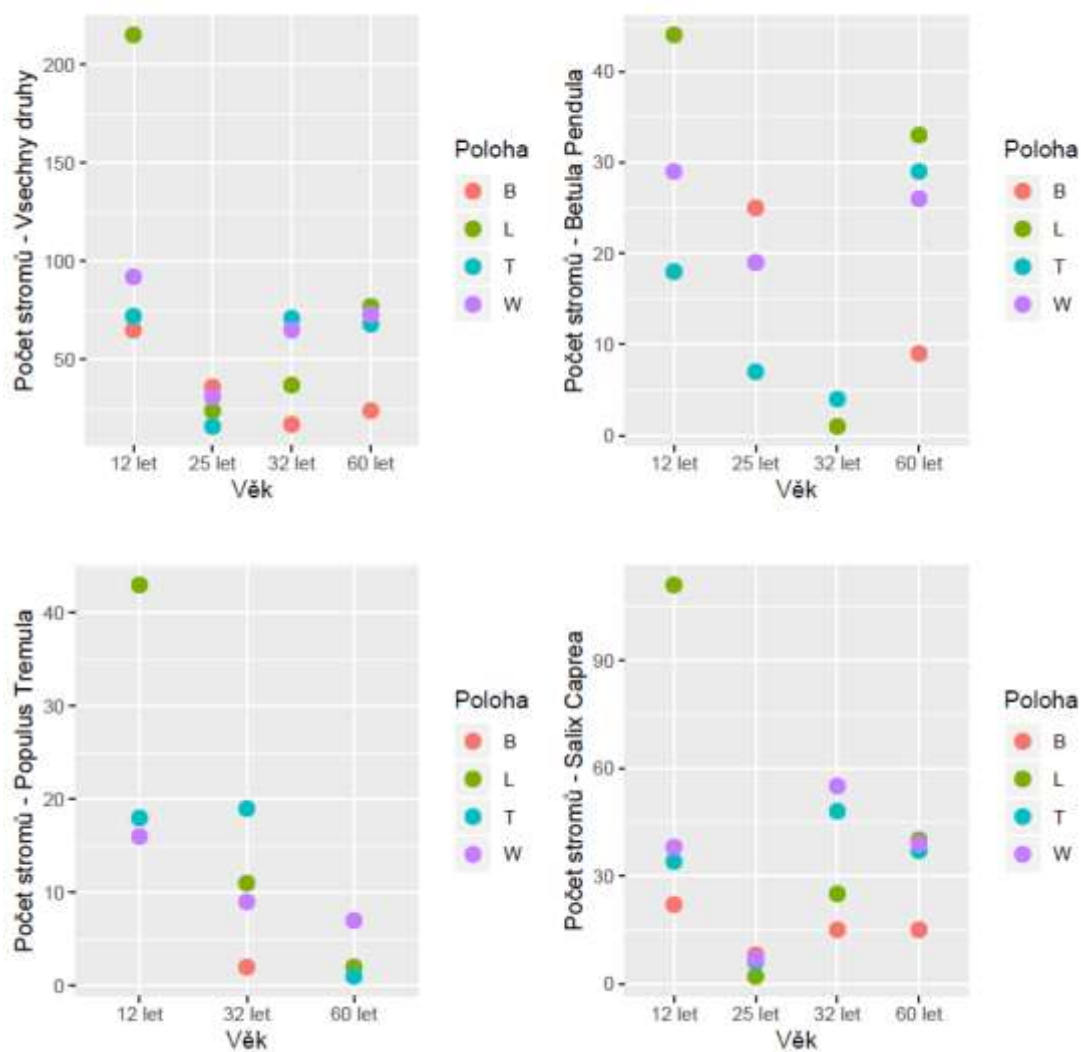
Obrázek 12 Index disperze pro všechny stromy a pro malá a velká DBH, hodnoty nad horní přerušovanou čarou značí shlukovitost, hodnoty pod spodní přerušovanou čarou značí pravidelnost



Obrázek 13 Index disperze pro všechny stromy a pro malá a velká DBH, hodnoty nad horní přerušovanou čarou značí shlukovitost, hodnoty pod spodní přerušovanou čarou značí pravidelnost

Závětrná strana vlny představuje nejlepší místo pro iniciační uchycení vegetace. Později v průběhu vývoje se mohou z kompetičních důvodů stát výhodnější i jiné části vlny, nejčastěji vrchol nebo návětrná strana. Obrázek 14 představuje průměrné zastoupení všech stromů a následně i jednotlivých druhů v jednotlivých mikrohabitátech vln, pro různě leté lokality. Na nejmladší 12 let staré výsypce se vždy, a u všech druhů, nejvyšší počet stromů vyskytuje právě na závětrné straně, až dvakrát více stromů než na ostatních mikrohabitátech. Na 25leté výsypce se stromy vyskytují ve všech mikrohabitátech téměř bez rozdílu. Osika se nevyskytuje vůbec. Bříza nejčastěji v úžlabinách vln. Na 32 let staré ploše stromy nejčastěji rostou na vrcholech nebo na návětrné straně. Na nejstarší lokalitě se druhy vyskytují ve

všech mikrohabitatch více či méně obdobně. Pouze v úžlabinách stromy rostou méně.



Obrázek 14 Poloha stromů v jednotlivých mikrohabitatch na různě starých výsypkách. B=bottom, L=leeward (závětrná strana), T=top, W=windward (návětrná strana)

8 Diskuze

Z výsledků vyplývá, že stromy mají na začátku shlukovité rozdělení, které se postupem vývoje mění na náhodné. U stromů s velkým DBH se rozmístění zpočátku zdá skoro pravidelné, ale s věkem se stane náhodným – to je dáno tím, že na začátku je velkých stromů velmi málo, tím vzniká statisticky efekt pravidelnosti, jelikož v každém kvadrátu najdeme v podstatě stejný, nebo žádný, počet velkých DBH. Velká DBH jsou v zásadě náhodně rozmístěná a to odpovídá představě, že na začátku se stromy shlukují na vhodných stanovištích, kde se semenáčky snáz uchytí a následně samoředěním přežívají jen někteří jedinci z těchto shluků a tím vzniká tato náhodná disperze.

Absenci některých druhů na lokalitách vysvětluje Mudrák et al. (2016), z jehož studie vyplývá, že i přestože všechny plochy vytvářejí jednu chronosekvenci, rozmístění dominantních druhů dřevin podléhá určité náhodě. Samozřejmě mezi jednotlivými plochami se projevují rozdíly, pohybují se však v podobném okruhu hodnot. Šíření stromů je dáno řadou parametrů a vlivem náhody je na některých plochách více bříz a na některých více vrby. Záleží i na poloze v lese, vrby se stahují více k okrajům (Mudrák et al. 2016).

V souladu se závěry Frouze et al. (2018) závětrná strana představuje nejlepší místo pro iniciační uchycení vegetace. Později v průběhu vývoje se i další části vlny stávají kompetičně výhodné, na původní závětrné straně vzniká vlivem hustoty porostu největší kompetice. Nicméně jakmile se jedinec uchytí, začne vytvářet mikrohabitaty, ve kterých přetváří vlastnosti prostředí, následně se mohou uchycovat i další stromy na vrcholu, ale i návětrné straně. To je patrné u osiky, která se s věkem přesouvá na další mikrohabitaty, na 32 let staré výsypce jsou to vrcholy vln a na nejstarší lokalitě návětrná strana. To je pravděpodobně díky vlastnosti klonálního šíření, výmladky se z návětrné strany snáz šíří na další mikrohabitaty (Klimeš et al. 1997, Suvanto et Latva-Karjanmaa 2005). Do rozvinutějšího mikrohabitatu se mohou snáz šířit další stromy, zároveň si ale mohou i konkurovat (Kunstler et al., 2006).

9 Závěr

Výsledky práce potvrzují stanovené hypotézy, prostorová distribuce stromů je v počátečních fázích shlukovitá a následným vývojem se v pozdních fázích sukcese stává náhodnou. Zvlněný terén výsypek usnadňuje uchycování dřevité vegetace, nejvhodnější jsou závětrné strany vln, které poskytují nejlepší podmínky pro uchycení. Následným vývojem a rozšiřováním jedinců na další mikrohabitaty vln dochází k přeměně podmínek a následnému snazšímu uchycování dalších stromů.

Výsledky práce mohou být užitečné při predikci dalšího vývoje spontánně obnovovaných ploch. Vytvořená data z 3D Forestu mohou být využita jako vstupy pro následné komparace s dalšími lokalitami nebo s těmito lokalitami po určité době.

10 Přehled literatury

- (1) Begon, Michael, Townsend, Colin R. a Harper, John L. Ekologie: jedinci, populace a společenstva. Překlad Bronislava Grygová a Barbara Köberleová. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 1997. xxiv, 949 s. ISBN 80-7067-695-7.
- (2) Bejček V., Sklenička P., Šťastný K. 2006: Lze využít přirozenou sukcesí při rekultivaci výsypek? Veronika 1/2006:1-4
- (3) Brenner, Frederic & Werner, Martin & Pike, Jeffrey. (1984). Ecosystem development and natural succession in surface coal mine reclamation. Miner. Environ.. 6. 10-22. 10.1007/BF02072661.
- (4) Clements, F. E., 1916: Plant succession, an analysis of the development of vegetation. Carnegie Institution of Washington Publication No. 242, Washington, 512pp.
- (5) Čermák, Petr a kol. Rekultivace ploch devastovaných těžbou nerostných surovin v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru: metodika. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2002. 88 s. ISBN 80-239-0128-1.
- (6) F. N. David, P. G. Moore, Notes on Contagious Distributions in Plant Populations, Annals of Botany, Volume 18, Issue 1, January 1954, Pages 47–53
- (7) Dimitrovský, Konstantin. Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. Vyd. 1. Sokolov: Sokolovská uhelná, 2001. 191 s. ISBN 80-238-8534-0.
- (8) Dykyjová, Dagmar aj. Metody studia ekosystémů. 1. vyd. Praha: Academia, 1989. 690 s.
- (9) Everitt, Brian. Cluster analysis. 5th ed. Chichester, West Sussex, U.K.: Wiley, 2011. Wiley series in probability and statistics. ISBN 9780470749913.
- (10) Forman, Richard T. T. a Gordon, Michel. Krajinná ekologie. 1. vyd. Praha: Academia, 1993. 583 s. ISBN 80-200-0464-5.
- (11) Fotheringham, A. Stewart, Chris Brunsdon a Martin Charlton. Quantitative geography: perspectives on spatial data analysis. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications, 2000. ISBN 9780761959472.

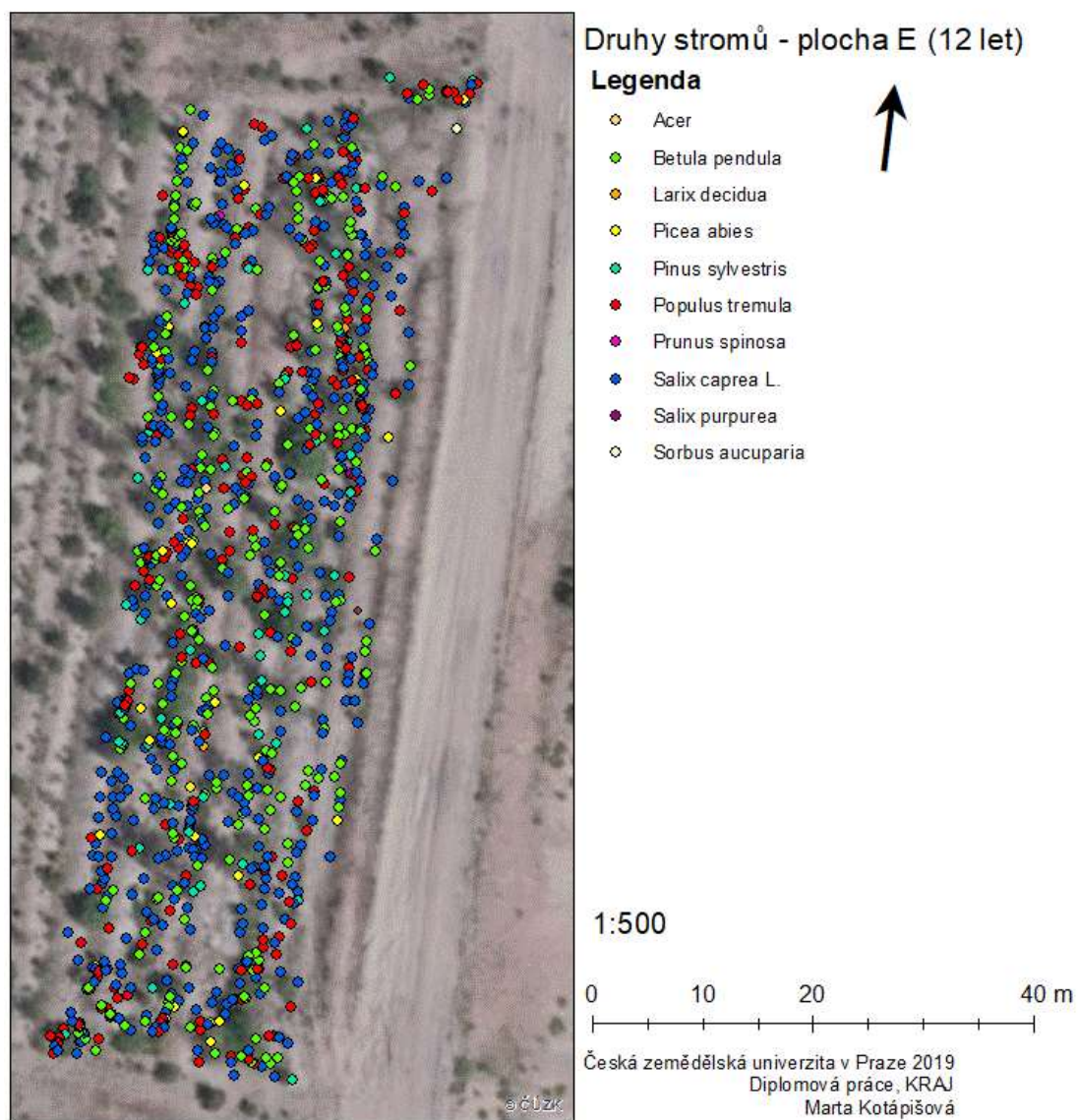
- (12) Jan Frouz, Beate Keplin, Václav Pižl, Karel Tajovský, Josef Starý, Alena Lukešová, Alena Nováková, Vladimír Balík, Ladislav Háněl, Jan Materna, Christian Düker, Josef Chalupský, Josef Rusek, Thomas Heinkele, Soil biota and upper soil layer development in two contrasting post-mining chronosequences, *Ecological Engineering*, Volume 17, Issues 2–3, 2001, Pages 275-284, ISSN 0925-8574,
- (13) Frouz, Jan & Pižl, Václav & Elhottová, Dana. (2006). Soil and soil biota in reclaimed and non-reclaimed post mining sites. *Journal American Society of Mining and Reclamation*. 2006. 215-220. 10.21000/JASMR06010215.
- (14) Frouz, J., Pižl, V., Tajovský, K., 2007a. The effect of earthworm and other saprophagous macrofauna on soil microstructure in reclaimed and unreclaimed post-mining sites in Central Europe. *European Journal of Soil Biology* 43, 184–189.
- (15) Frouz, J., Popperl, J., Příklad, I., Štrudl, J., 2007b. Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s., Sokolov, 26pp.
- (16) Frouz, Jan & Pižl, Václav & Háněl, Ladislav & Starý, Josef & Tajovský, Karel & Materna, Jan & Balík, Vladimír & Kalčík, Jiří & Řehounková, Klára. (2008). Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology*. 44. 109-121. 10.1016/j.ejsobi.2007.09.002.
- (17) Frouz, J., Kalčík, J., Velichová, V., 2011. Factors causing spatial heterogeneity in soil properties, plant cover, and soil fauna in a non-reclaimed post-mining site. *Ecological Engineering* 37, 1910–1913.
- (18) Frouz, Jan & Dvorščík, Petr & Vávrová, Alena & Doušová, Olga & Kadochová, Stěpánka & Matějček, Luboš. (2015a). Development of canopy cover and woody vegetation biomass on reclaimed and unreclaimed post-mining sites. *Ecological Engineering*. 84. 233-239. 10.1016/j.ecoleng.2015.09.027.
- (19) Frouz, J., Vobořilová, V., Janoušová, I., Kadochová, Š., Matějček, L., 2015b. Spontaneous establishment of late successional tree species English oak (*Quercus robur*) and European beech (*Fagus sylvatica*) at

- reclaimed alder plantation and unreclaimed post mining sites. *Ecological Engineering* 77, 1–8.
- (20) Frouz, Jan & Mudrak, Ondrej & Reitschmiedova, Erika & Walmsley Roubıckova, Alena & Vachova, Pavla & Vesela, Hana & Albrechtova, Jana & Moradi, Jabbar & Kucera, Jiřı. (2017). Rough wave-like heaped overburden promotes establishment of woody vegetation while leveling promotes grasses during unassisted post mining site development. *Journal of environmental management*. 205. 50-58. 10.1016/j.jenvman.2017.09.065.
- (21) Hamrick, J.L. & Trapnell, Dorset. (2011). Using population genetic analyses to understand seed dispersal patterns. *Acta Oecologica-international Journal of Ecology - ACTA OECOL.* 37. 641-649. 10.1016/j.actao.2011.05.008.
- (22) Hecker, Ulrich. *Stromy a keře: klıc ke spolehlivemu urcovanı: 3 znaky*. Překlad Miroslav Volf. 5. vydanı. Cestlice: Rebo International CZ, 2015. 238 stran. Průvodce přírodou. ISBN 978-80-255-0969-2.
- (23) Hejny, Slavomil, et al. *Kvetena Ceske republiky*. 1. 2. vyd., reprint 1. vyd. z r. 1988. Praha: Academia, 1997. 557 s., [32] s. obr. přıl. ISBN 80-200-0643-5.
- (24) Hodacova, D., Prach, K., 2003. Spoil heaps from brown coal mining: Technical reclamation versus spontaneous revegetation. *Restoration Ecology* 11 (3), 385–391.
- (25) Horalek, Vratislav et al. *Vzorkovanı. I, Obecne zasady*. 1. vyd. Cesky Teřın: 2 Theta, 2010. 131 s. ISBN 978-80-86380-53-7.
- (26) Chapin, F.S., Matson P.A., Mooney H. A. 2002: *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*, Springer-Verlang, New York, 423pp
- (27) Chlupac, Ivo et al. *Geologicka minulost Ceske republiky*. Vyd. 2., opr. Praha: Academia, 2011. 436 s., xvi s. obr. přıl. *Neživa přıroda*. ISBN 978-80-200-1961-5.
- (28) Klimeř, L. et al., 1997. Clonal plant architecture: a comparative analysis of form and function. *The ecology and evolution of clonal plants*, pp.1-29.
- (29) Kocı, Vladimır, et., Hevlova, Jana, et. Halouskova, Olga, et. *Průmyslova ekologie: sbornık konference: 24.-26. března 2010, hotel Jehla, Ždar*

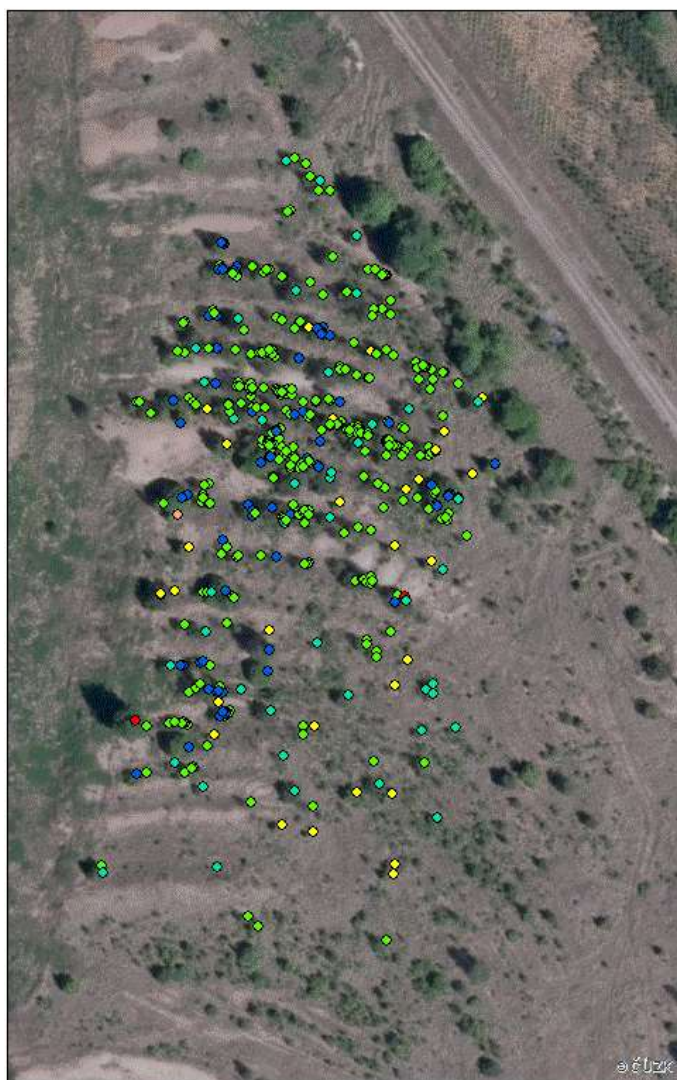
- nad Sázavou. 1. vyd. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2010. 237 s. ISBN 978-80-86832-50-0.
- (30) Kovář, Pavel, Ekosystémová a krajinná ekologie / Pavel Kovář. Vyd. 2., přeprac. a dopl.. Praha : Karolinum, 2012. 166 s. : il. ; 24 cm [Vydavatel: Univerzita Karlova v Praze; Další variantní název: Krajinná ekologie] ISBN:978-80-246-2044-2; 9788024620442
- (31) Landhausser, S.M., Deshaies, D., Lieffers, V.J., 2010. Disturbance facilitates rapid range expansion of aspen into higher elevations of the Rocky Mountains under a warming climate. *J. Biogeogr.* 37, 68–76.
- (32) Měkotová, Jarmila. Principy v obecné a aplikované krajinné ekologii. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 190 s. Monografie. ISBN 978-80-244-1839-1.
- (33) Mudrák, Ondřej & Doležal, Jiří & Frouz, Jan. (2016). Initial species composition predicts the progress in the spontaneous succession on post-mining sites. *Ecological Engineering.* 95. 665-670. 10.1016/j.ecoleng.2016.07.002.
- (34) Pielou, E. C. *Mathematical ecology.* [2d ed.]. New York: Wiley, c1977. ISBN 0471019933.
- (35) Prach, K., Pyšek, P., 2001. Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: Experience from Central Europe. *Ecological Engineering.* 17, 55–62.
- (36) Prach, K., Hobbs, R., 2008. Spontaneous Succession versus Technical Reclamation in the
- (37) Prach, Karel et al. Sukcese vegetace na antropogenních stanovištích v České republice - přehled dominantních druhů a stadií = Vegetation succession in human-made habitats in the Czech Republic - survey of dominant species and stages. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2008b. 140 s., [3] složené l. Příroda: sborník prací z ochrany přírody, 26. ISBN 978-80-87051-48-1. Restoration of Disturbed Sites. *Restoration Ecology* 16 (3), 363–366.
- (38) Prach, K., Řehouňková, K., Řehounek, J., Konvalinková, P., 2011. Ecological restoration of central european mining sites: a summary of a Multi-site Analysis. *Landscape Research* 36(2), 263–268.

- (39) Prknová, Hana, ed. *Obnova lesního prostředí při zalesnění nelesních a devastovaných stanovišť = Restoration of Forest Environment at Reforestation of Non-forest and Degraded Forest Sites: sborník z konference: Kostelec nad Černými lesy, 5.11.2008. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. 94 s. ISBN 978-80-213-1849-6.*
- (40) Řehounek, Jiří, ed. et al. *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. Druhé, přepracované a doplněné vydání. České Budějovice: Calla, [2015], ©2015. 212 stran. ISBN 978-80-87267-13-4.*
- (41) Scott D. Cooper, Leon Barmuta, Orlando Sarnelle, Kim Kratz, and Sebastian Diehl, "Quantifying Spatial Heterogeneity in Streams," *Journal of the North American Benthological Society* 16, no. 1 (Mar., 1997): 174-188.
- (42) Simon, Jaroslav, Vecek, Stanislav a Buček, Antonín. *Růstová dynamika dřevin, stav lesních porostů a koncepce lesnických rekultivací v území SD Bílina. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2006. 125 s. Sborník prací institucionálního výzkumu; 3. ISBN 80-7157-949-1.*
- (43) Suvanto, L. I., Latva-Karjanmaa, T. B., 2005. Clone identification and clonal structure of the European aspen (*Populus tremula*). *Molecular Ecology* 14, 2851–2860.
- (44) Štýs S. 1981: *Rekultivace území postižených těžbou nerostů, Nakladatelství technické literatury, NDR, 678pp*
- (45) Upton, G. and B. Fingleton.: *Spatial Data Analysis bei Example. Volume 1: Point Pattern and Quantitative Data. J. Wiley & Sons, Chichester/New York/Brisbane/Toronto/Singapore 1985. X, 410 S., L. 32.95*
- (46) Vacek, Stanislav a kol. *Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2009. 792 s. ISBN 978-80-87154-27-4.*
- (47) Walker, L. R., del Moral, R., 2008. Lessons from primary succession for restoration of severely damaged habitats. *Applied Vegetation Science* 12, 55–67.

11 Přílohy



Příloha 1



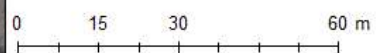
Druhy stromů - plocha I (25 let)

Legenda

- Betula Pendula
- Picea Abies
- Pinus Nigra
- Pinus Sylvestris
- Populus Tremula
- Salix Caprea L.

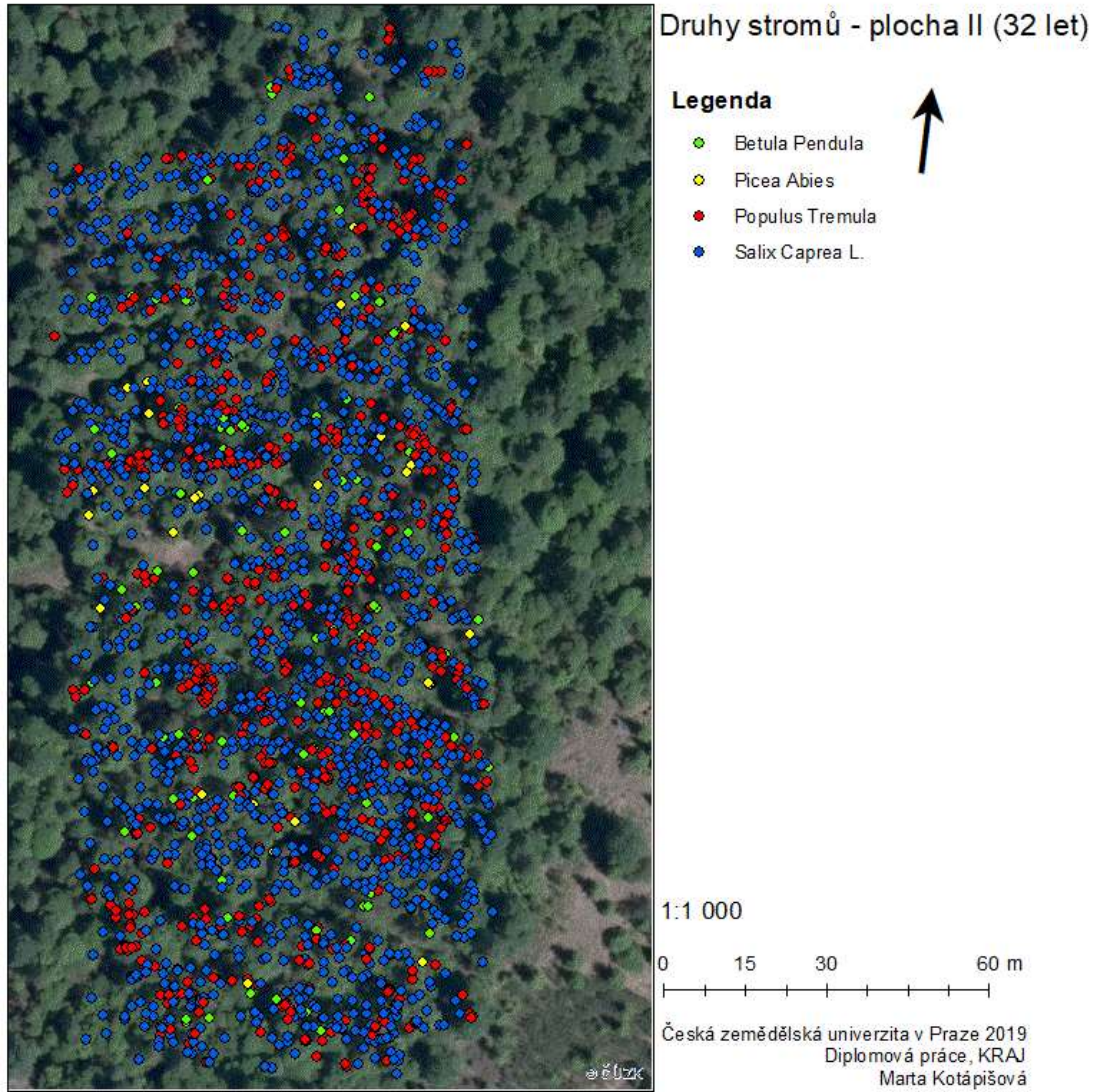


1:1 000

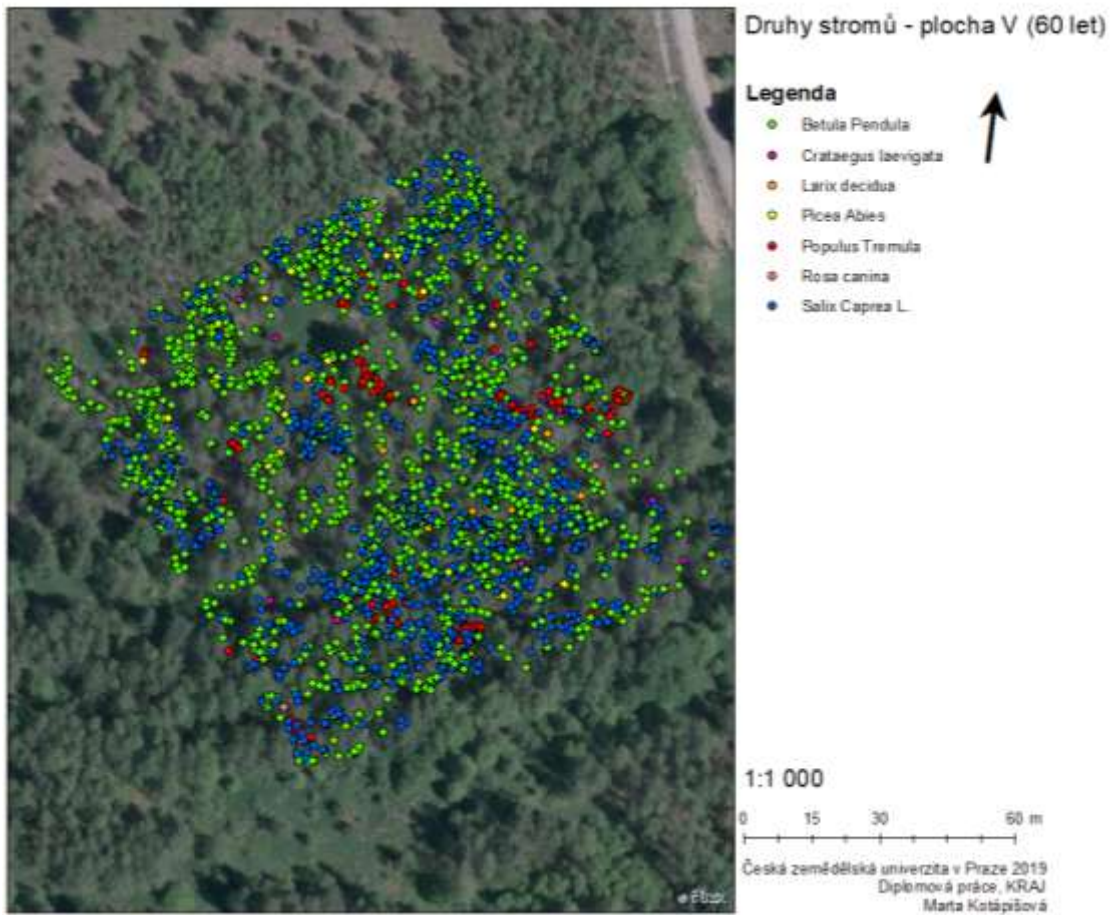


Česká zemědělská univerzita v Praze 2019
Diplomová práce, KRAJ
Marta Kotápišová

Příloha 2



Příloha 3



Příloha 4

Poloha jednotlivých druhů v mikrohabitátech

plocha E - 12 let



Legenda

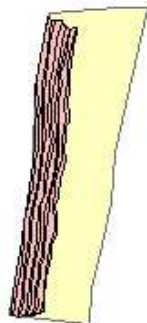
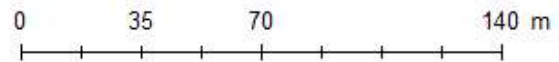
Druh

- Acer
- Betula Pendula
- Picea Abies
- Pinus Sylvestris
- Populus Tremula
- Prunus Spinosa
- Salix Caprea

Poloha

- B - úžlabina
- W - návětrná strana
- T - vrchol
- L - závětrná strana

1:700



1:2 000

Česká zemědělská univerzita v Praze 2019
Diplomová práce, KRAJ
Marta Kotápišová

© ČÚZK

Poloha jednotlivých druhů v mikrohabitátech

Legenda

plocha I - 25 let

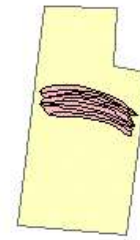


Druh

- Betula Pendula
- Picea Abies
- Pinus Nigra
- Pinus Sylvestris
- Salix Caprea

Poloha

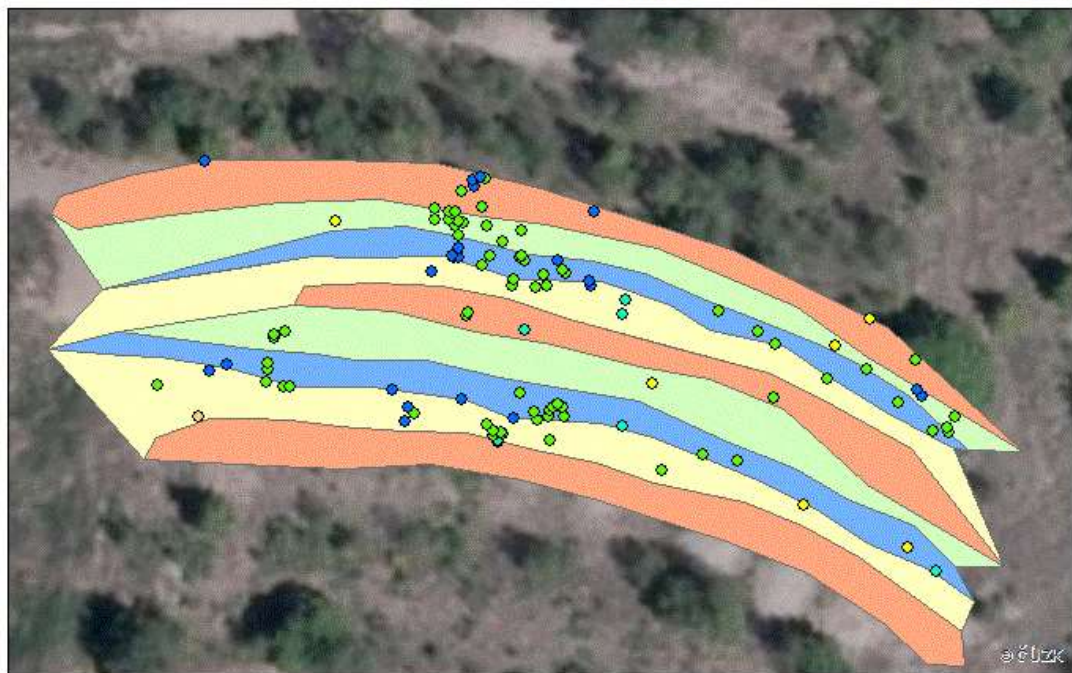
- B - úžlabina
- W - návětrná strana
- T - vrchol
- L - závětrná strana



1:4 000

0 5 10 20 m 1:400

Česká zemědělská univerzita v Praze 2019
Diplomová práce, KRAJ
Marta Kotápiovová



Příloha 6

Poloha jednotlivých druhů v mikrohabititech
plocha II - 32 let ↑

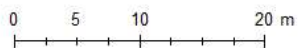
Legenda

Druh

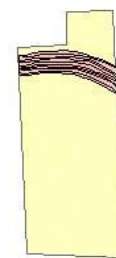
- ◆ Betula Pendula
- ◆ Picea Abies
- ◆ Populus Tremula
- ◆ Salix Caprea

Poloha

- B - úžlabina
- W - návětrná strana
- T - vrchol
- L - zánětrná strana

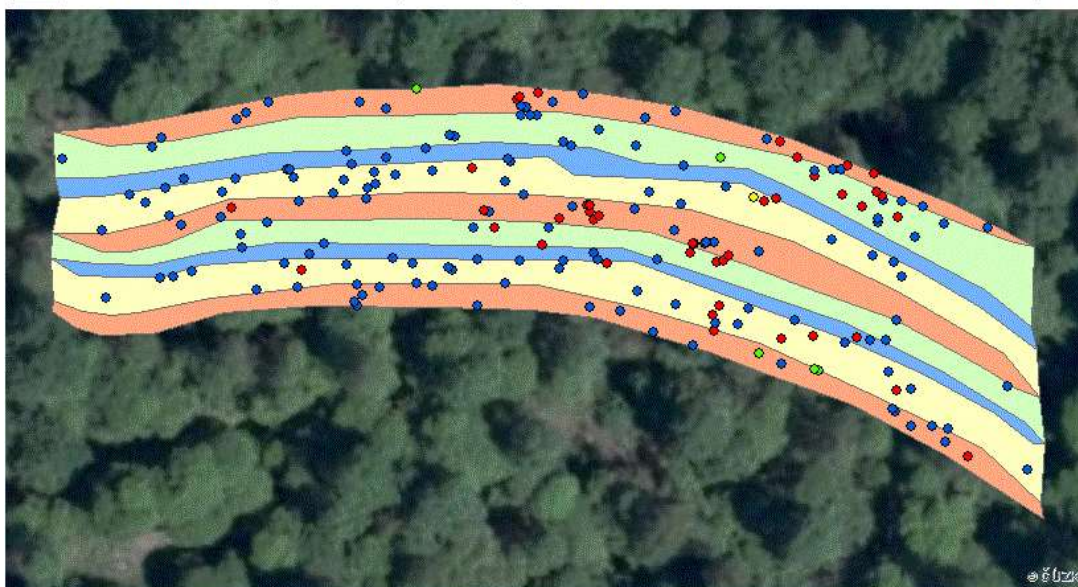


1:400



1:4 000

Česká zemědělská univerzita v Praze 2019
Diplomová práce, KRAJ
Marta Kotápišová



Příloha 7

Poloha jednotlivých druh v mikrohabititech

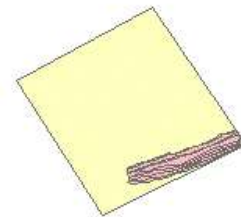
plocha V - 60 let



Legenda

Druh

- Betula Pendula
- Crataegus laevigata
- Larix decidua
- Picea Abies
- Populus Tremula
- Salix Caprea



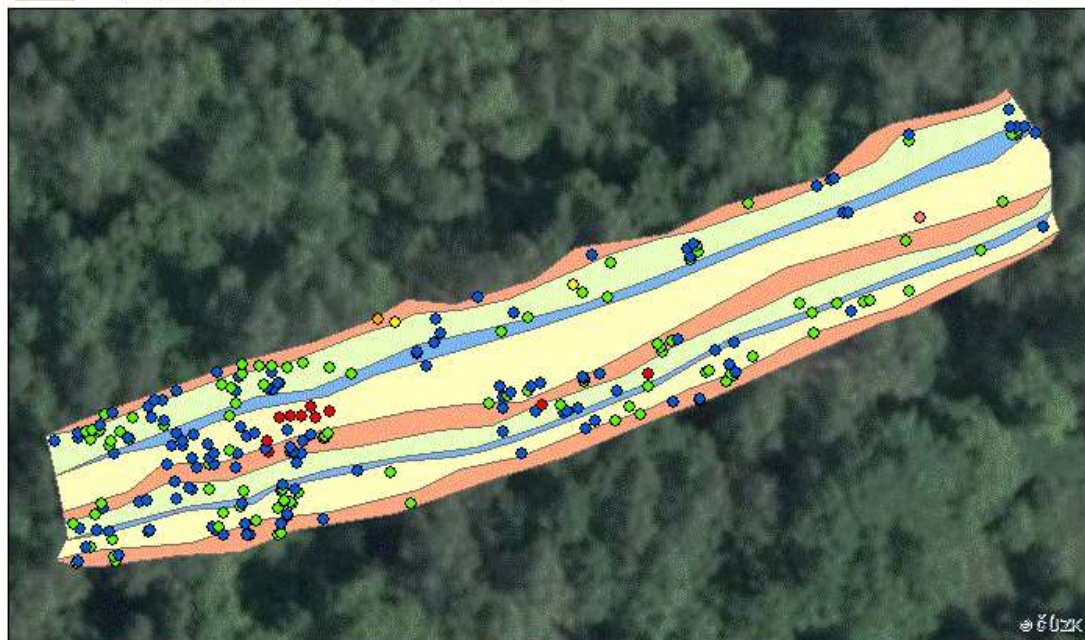
1:4 000

Poloha

- B - úžlabina
- W - návětrná strana
- T - vrchol
- Z - závětrná strana

0 5 10 20 m 1:450

Česká zemědělská univerzita v Praze 2019
Diplomová práce, KRAJ
Marta Kotápišová



Příloha 8