



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Katedra aplikované ekologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Porovnání vývoje sukcesních ploch na Velké
podkrušnohorské výsypce**

Autor: Bc. Jaroslava Rohová

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Cudlín, Ph.D.

© 2015 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra aplikované ekologie

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jaroslava Rohová

Regionální environmentální správa

Název práce

Porovnání vývoje sukcesních ploch na Velké podkrušnohorské výsypce

Název anglicky

Comparison of successional development areas in the Great Podkrušnohorská spoil heap

Cíle práce

1. Zjistit stáří porostu jednotlivých dřevin na vybraných 10 sukcesních plochách.
2. Porovnat produkci biomasy dřevin a diverzitu rostlin mezi všemi mladšími a všemi staršími sukcesními plochami.
3. Porovnat produkci biomasy dřevin a diverzity rostlin mladších sukcesních ploch se staršími párovými sukcesními plochami.
4. Porovnat a vyhodnotit mocnost humusového a organo-minerálního horizontu mezi všemi mladšími a staršími plochami a mezi párovými plochami.

Metodika

Výběr vhodných 10 sukcesních ploch na VPV (5 párů) mladší (15-20 let) a starší (25-30 let) sukcese o rozloze 40x60m (0,25 ha). Zjišťování stáří porostu pomocí navrtávání Presslerovým nebozecem na každé ploše vždy dle druhu dřeviny a jejího stáří. Stáří bude zjišťováno po jednotlivých druzích dřevin a vždy bude vybrán jedinec nejstarší, středně starý a nejmladší. Spočítat všechny stromy nad 3 m výšky, u vybraných 20 jedinců provést měření výšky a tloušťky ve výčetní výšce. Dle lesnické metodiky spočítat objem nadzemní biomasy (dřevní hmoty) a porovnat všechny mladší sukcesní plochy a starší sukcesní plochy a také porovnat párové plochy.

Provést na každé zájmové ploše 3 fytocenologické lesnické snímky (20x20m) a porovnat indexy diverzity jednotlivých ploch. Vykopat na každé ploše malou půdní sondu, tedy změřit mocnost humusového a organo-minerálního horizontu. Statisticky mezi sebou porovnat mladší plochy s plochami staršími a párové plochy.

Doporučený rozsah práce

50 stran včetně příloh.

Klíčová slova

sukcese, rekultivace, vegetace, dřevní hmota, půda

Doporučené zdroje informací

- Hendrychová, M., 2008: Reclamation success in post-mining landscapes in the Czech Republic: A review of pedological and biological studies. *Journal of Landscape Studies* 1: 63-78.
- Kubát K. (ed.), 2002: Klíč ke květeně. Academia, 927 p.
- Mudrák O., Frouz J., Velichová V., 2010, Understorey vegetation in reclaimed and unreclaimed post-mining forest stands. *Ecological Engineering* 36: 783-790.
- Prach, K. and WALKER L. R., 2011: Four opportunities for studies of ecological succession. *Trends in Ecology & Evolution* 26: 119-123.
- Šourková, M., Frouz J., Ferrweis U., Bens O., Huttli, R. F., Šantrůčková, H., 2005: Soil development and properties of microbial biomass succession in reclaimed post mining sites near Sokolov (Czech Republic) and near Cottbus (Germany). *Geoderma* 129: 73-80.
- Vráblíková, J., 2008: Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem: 148 pp.

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Ondřej Cudlín, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2015

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Horním Slavkově dne 21. 4. 2015

Jaroslava Rohová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala zejména vedoucímu práce Ing. Ondřeji Cudlínovi, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné rady v celém průběhu zpracování diplomové práce a zasloužený velký dík patří mému manželovi a dětem za podporu a trpělivost.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá hodnocením vývoje vegetace sukcesních ploch na Velké podkrušnohorské výsypce. Byl porovnáván vývoj biomasy dřevin, půdy a rostlinné diverzity na 5 mladších a 5 starších sukcesních plochách. Na všech plochách bylo nejprve zjišťováno stáří ploch metodou navrtávání dřevin Presslerovým nebozezem, dále vypočten objem nadzemní dřevní hmoty a provedeny půdní sondy zjišťující hloubku půdního profilu humusového a organominerálního horizontu. Součástí práce bylo též vyhotovení fytoecologických snímků po 3 na každé zkoumané ploše a hodnocení indexů diverzity. Porovnáním nejprve všech ploch starších (nad 20 let) a mladších (15 – 20 let) a dále párových ploch starších a mladších, jsem dospěla k výsledku, že plochy v tomto stupni vývoje se od sebe statisticky významně neliší ve většině zkoumaných charakteristik. Významný statistický rozdíl naměřených parametrů dřevin byl prokázán pouze u výčetní tloušťky a výšky dřevin mezi všemi staršími a mladšími sukcesními plochami. U porovnání naměřených dat jednotlivých stromů na plochách párových statisticky významný rozdíl prokázán nebyl. Jediná odlišnost v půdních charakteristikách, jak u ploch starších a mladších, tak i ploch párových, byla prokázána v mocnosti humusového horizontu u půdních sond. Na starších plochách je četnější výskyt jedinců dřevin, než na mladších, ovšem tento parameter se nejeví jako statisticky průkazný. Objem dřevní hmoty vykazuje vyšší hodnoty na starších plochách, než na mladších. Pedologický průzkum prokázal vyšší hodnoty naměřených charakteristik, především vyšší mocnost humusové a organo-minerální vrstvy na plochách nacházejících se v patě VPV. Sledované charakteristiky dosahovaly vyšších hodnot na starších sukcesních plochách, ale vzhledem k velké věkové i druhové variabilitě dřevin na starších i mladších plochách se často jednalo o statisticky nevýznamné rozdíly.

Klíčová slova

sukcese, rekultivace, vegetace, dřevní hmota, půda

Summary

The dissertation is interested in development vegetation evaluation of succession areas at „Velká podkrušnohorská výsypka“. There was compared the development progress of living matter of woody species, soil and plants diversity at 10 locations 5 of them younger and 5 of them older succession areas. At all areas has been first examined the area's age with „woody-plant bore a hole“ method with Presler gimlet and then the above-ground woody biomass has been calculated. Further has been the soil probes done that detects the depth of the soil character of the mould and organic-mineral horizon. Part of this work were also copies of phytocenologic photos, 3 pcs at every research area and diversity index evaluation. Comparing at first all of the areas older (over 20 years) and younger (15-20 years) and then the pair areas older and younger, I came to the conclusion that in this areas in that evolution degree, are of no importance in statistical analysis, in most of the research features. Major statistical difference of measured woody-plants parameters has been proved in breast height diameter and height of evergreen woody species between all older and younger succession areas. For comparison of the measured data of individual trees on plots paired statistically significant difference was demonstrated. At the only difference, at both, older and younger, as well as the bivalent areas, has been proved at the depth of the mould horizon at boreholes. On the older areas there are higher occurrence of woody-species than on younger areas, but this parameter is not statistically proved. The capacity of woody-species shows higher value on older areas than on younger's one. Pedological survey showed higher values of the measured characteristics, mainly due to higher power humic and organo-mineral layer on the surfaces located in the heel VPV. This objects of the research reached higher values on the older areas, but taking into consideration big amount of the age and species-wood differences on both areas older and younger the result was not statistically significant.

Keywords

succession, land reclamation, vegetation, wood mass, soil

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce.....	10
3. Literární rešerše.....	11
3.1 Ekologie obnovy	11
3.2 Výsypky	12
3.2.1 Výsypky a jejich vznik	12
3.2.2 Výsypkové substráty a vývoj půd	13
3.2.3 Vegetace výsypek a vývoj fytoocenóz.....	14
3.3 Sukcese.....	17
3.3.1 Spontánní sukcese na výsypkách.....	17
3.3.2 Řízená sukcese.....	18
3.3.3 Sukcese vs. rekultivace.....	19
3.4 Biomasa.....	20
4. Charakteristika studijního území.....	22
4.1 Charakteristika Velké podkrušnohorské výsypky obecně	22
4.1.1 Geologie a geomorfologie VPV	23
4.1.2 Vývoj půd na VPV	23
4.1.3 Klima VPV.....	24
4.1.4 Hydrologické poměry VPV	24
4.2 Fytogeografická charakteristika širšího území.....	25
4.3 Potenciální přirozená vegetace	25
5. Metodika	27
5.1 Charakteristiky zájmových ploch	27
5.2 Měření jednotlivých parametrů	28
5.3 Statistické zpracování dat.....	31
6. Výsledky.....	33
6.1 Charakteristika porostu na vybraných sukcesních plochách	33
6.1.1 Plocha 1 – Nad mokřadem S	33
6.1.2 Plocha 2 – Nad mokřadem M.....	33
6.1.3 Plocha 3 – Satr S	34
6.1.4 Plocha 4 – Satr M.....	35
6.1.5 Plocha 5 – Nad pěnovcem S.....	35
6.1.6 Plocha 6 – Nad pěnovcem M	36
6.1.7 Plocha 7 – U dopravníků S	37
6.1.8 Plocha 8 – U dopravníků M.....	37
6.1.9 Plocha 9 – Vintířov S.....	38
6.1.10 Plocha 10 – Vintířov M	39
6.2 Měření parametrů dřevin	39
6.3 Měření parametrů půdy	41
6.4 Měření parametrů vegetace.....	42
6.5 Statistické hodnocení zkoumaných parametrů	45
7. Diskuse	48
8. Závěr.....	51
9. Zdroje.....	52
10. Přílohy.....	59

1. Úvod

Krajina poznamenaná povrchovou těžbou hnědého uhlí je podkategorií kulturní krajiny s výrazným produkčním akcentem. Obvykle je ozačována jako krajina devastovaná již v průběhu těžby. Následnou post-těžební obnovou je možné ji opět vrátit do krajinných typů, které jsou svým polyfunkčním charakterem relevantně vyvážené (Lów et Míchal 2003).

V mnoha oblastech České republiky vytváří výsypky po těžbě uhlí zásadní krajino tvorný fenomén, zejména tam, kde se jedná o těžbu povrchovou, jak je tomu i v případě Sokolovska (Prach et al. 2009b).

Estetická hodnota krajiny je jedním z nejvíce ohrožených prvků životního prostředí člověka. Tato hrozba je zvláště dramatická v post-těžební krajině. Sanace krajiny po těžbě vyžaduje interdisciplinární přístup plánování. Estetická hodnota je hlavním kritériem při posuzování úspěšnosti rekultivace krajiny (Sklenička et Kašparová 2008).

Povrchová těžba hnědého uhlí vyvolává značné zásahy do svrchní části zemské kůry a způsobuje tak změny ekologických poměrů území. Vzniklé báňské útvary jako jsou lomy nebo výsypky ve svých počátečních stádiích bez vegetačního krytu podléhají rychlým a silným změnám působením klimatu. Báňskou činností jsou ovlivněny další, pro lidskou společnost nepříznivé procesy, jako např. snížení tvorby kyslíku, slunečního osvětlení, zvýšení prašnosti a výparu, které vedou mimo jiné ke snížení produkce biomasy (Vráblík et Vráblíková 2003). Po ukončení těžby musí být tato území, podle zákona navrácena původnímu využití, kdy jednoznačně převažují rekultivace zemědělské či lesnické půdy. Oproti tomu se na mnoha výsypkách objevují místa ponechaná přírodě, tudíž přirozené sukcese, jenž v určitém sledu strategicky osidlují rostliny a živočichové, uplatňující se úspěšně na územích často v prvních letech a desetiletích jinak nehostinném (Krása 2012). I přes to, že je proces sukcese probíhající na územích po lomové těžbě hnědého uhlí, doposud málo prozkoumaný, její potenciál je velmi významný a hodnotný v mnoha směrech. Proto se v této diplomové práci tématem sukcese na Velké podkrušnohorské výsypce u Sokolova zabývám a předloženými výsledky se pokusím přispět k dalšímu pochopení vývoje sukcesních změn vegetace a půdy na výsypkách.

2. Cíle práce

1. Zjistit stáří porostu jednotlivých dřevin na vybraných 10 sukcesních plochách.
2. Porovnat produkci biomasy dřevin a diverzitu rostlin mezi všemi mladšími a všemi staršími sukcesními plochami.
3. Porovnat produkci biomasy dřevin a diverzitu rostlin mladších sukcesních ploch se staršími párovými sukcesními plochami.
4. Porovnat a vyhodnoti hloubku humusového a organo-minerálního horizontu mezi všemi mladšími a staršími plochami a mezi párovými plochami.

3. Literární rešerše

3.1 Ekologie obnovy

Ekologickou obnovou rozumíme vlastní praktickou činnost obnovy narušených, degradovaných nebo zničených ekosystémů, kde ekologie obnovy i dnešní ochrana přírody (conservation biology) se vzájemně doplňují (Řehouňková et al. 2007).

Young (2000) se zmiňuje že „ekologie obnovy je dlouhodobým výhledem konzervační biologie“. Ochranařská biologie se zaměřuje zejména na udržení existujících ekosystémů, zatímco ekologie obnovy vyžaduje mnohem dynamičtější přístup k managementu a navíc zahrnuje nejistotu, která je skryta na plánované cestě k cíli vývoje ekosystému.

V popředí zájmu ekologie obnovy (*restoration ecology*) stojí obnova ekosystémů nebo jejich částí, které byly člověkem narušeny nebo úplně zničeny. Můžeme uvažovat o obnově populací, společenstev i celých ekosystémů nebo krajín. Hobbs et Norton (1996) shrnují obecné cíle jako snahu o obnovu výrazně degradovaných, až zcela zničených stanovišť např. po těžbě, zvýšení produkčních schopností degradovaných území a zlepšení produkční hodnoty těchto i chráněných území.

V poslední dekádě je ekologie obnovy rychle se rozvíjející obor, který kombinuje teoretické poznatky současné ekologie s praktickou realizací s cílem obnovení narušených ekosystémů a jejich ekologických funkcí (Young 2000). Tato vznikající disciplína poskytuje výkonnou sadu nástrojů pro urychlení obnovy zničených území a představuje klíčový doplněk k vytváření přírodních území jako způsob zhodnocení pro zachování biologické rozmanitosti. Integrované pochopení toho jak přírodní regenerační procesy pracují s dynamikou populačních růstů a změn v zemědělské praxi, tak ekologie obnovy poskytuje určitou naději pro budoucnost životního prostředí (Dobson et Bradshaw 1997).

Problém začlenění těžbou narušených území do krajiny pomocí přírodě blízké obnovy není určitě jedinou možností řešení. Naše legislativa by měla umožňovat, aby se tento způsob obnovy (v řadě států naprosto běžný) stal rovnocennou alternativou k doposud stále převládajícím lesnickým a zemědělským rekultivacím (Řehouňková et al. 2010). Ekologie obnovy ukazuje směr, kterým by mělo být vynaloženo úsilí na vymezení cílového ekosystému, který se často liší podle oblastí (Prach et al. 2009a).

Nejdále pokročila ekologie obnovy jak teoreticky, tak i prakticky zejména v USA, ve Velké Británii, Holandsku a sousedním Německu. U nás stojí spíše na počátku, přestože na světové úrovni přispíváme právě v otázkách teorie o využití spontánní nebo řízené

sukcese. Disponujeme totiž jedinečnými, silně narušenými územími, jakožto vhodnými objekty k výzkumu (Prach 2006).

Z výzkumu Younga (2000) je více než jasné, že v budoucnu ekologická obnova bude hrát stále větší roli v zachování biologické rozmanitosti.

3.2 Výsypky

Jsou nepřírodní biotopy extrémních rozměrů, na nichž se provádí technické rekultivace mimořádně velkého rozsahu a následně zpravidla lesnické rekultivace, kdy výsledkem jsou monokulturní porosty s minimální biologickou a ekologickou hodnotou (Gremlica et al. 2011).

Dle Vráblíkové et al. (2009) jsou výsypky příkladem extrémně suchých ploch bez rostlinstva a bez vyvinuté půdy, kdy povrch výsypek lze srovnávat s povrchem pouště. Je to povrch bez vegetace, fyzikální substrát bez organických látek a bez edafonu (půdních organismů). Výsypky jsou stanoviště poskytující útočiště mnoha rostlinným i živočišným druhům vytlačených člověkem z obhospodařované krajiny. Nelze proto považovat výsypku za plochu nevhodnou pro oživení rostlinnými a živočišnými druhy, ani za místo nezajímavé z pohledu biodiverzity (Broumová et al. 2007).

K. Prach (2010) nazývá výsypky „novou divočinou“, vzniklé v územích přímo člověkem vytvořených a poté ponechaných svému osudu. Z ekologického hlediska jsou výsypky cenné jako mozaika biotopů různého stáří včetně mladých sukcesních stádií, která se v krajině, jenž není narušena těžbou, v podstatě nevyskytují (Skácelová 2006).

3.2.1 Výsypky a jejich vznik

Výsypky vznikají jako zcela nové útvary v krajině, jenž mění dosavadní krajinný reliéf. Hospodářským využitím ložisek nerostných surovin, hlavně velkolomovou těžbou hnědého uhlí dochází v reliéfu krajiny ke značným změnám. Vytěženy a přemístěny jsou zde desítky miliónů m³ nadložních zemin. Obvykle jsou výsypky sypány v několika patrech (etážích) nad úroveň původního terénu s převýšením až 50 m (Štýs et al. 1981).

Jsou to zpravidla útvary rozsáhlého charakteru (řádově o stovkách hektarů), které vznikly sypáním nadložního materiálu při povrchové těžbě hnědého uhlí. Tvoří značnou část podkrušnohorských pánví Mostecká a Sokolovska.

Výsypky, jakožto i další člověkem vytvořená prostředí (např. pískovny nebo lomy), jsou spontánně osídlovány organismy z okolní krajiny (Zavadil 2007 in Vojar et al. 2012).

3.2.2 Výsypkové substráty a vývoj půd

Půda významně ovlivňuje fungování rostlinných společenstev a zároveň je formování půdy rostlinnými společenstvy silně ovlivněno. Tyto vzájemné interakce mezi půdou a rostlinami jsou často zprostředkované působením půdních organismů na různých časoprostorových horizontech a můžou zpomalovat nebo naopak zrychlovat směnu druhů během rostlinné sukcese (Frouz 2011a).

Vývoj půdy je nezbytný pro funkce ekosystému, a tedy pro poskytování ekosystémových služeb, které jsou velmi důležité pro lidský užitek z půdy. Nejdůležitější funkce v tomto kontextu jsou poskytování vody a živin a udržení vhodného prostředí pro kořeny rostlin. V půdě se také vyskytuje vysoká biodiverzita a dále se půda podílí na regulaci mnoha procesů v krajině a v globálním měřítku (Frouz 2011b).

Utváření půdy a znovuoobnovování půdních funkcí je základní podmínkou pro utváření ekologické stability ekosystému na výsypkách (Bradshaw 1997). Na mnoha výsypkách disturbovaných ploch dochází k vývoji půd „in situ“, tedy přímo ve výsypkovém substrátu (Frouz 2011b). Vývoj půd je velmi komplexní proces, který může být vyjádřen mnoha charakteristikami, např. vývojem půdních horizontů, změnami konkrétních fyzikálních a chemických vlastností půdy atp. (Šourková et al. 2005). Nahromadění organického materiálu v půdě se zdá být hlavním faktorem ovlivňujícím mikrobiální vlastnosti půdy. Druhým důležitým faktorem se jeví transformace rozložení organické hmoty v půdním profilu, který je značně ovlivněn činností půdních bezobratlých (Frouz et Nováková 2005). Z hlediska rekultivační praxe při plánování musí být posuzovány zejména půdní fyzikální a chemické vlastnosti. Pozornost by měla být věnována hlavně struktuře půdy a zvýšení organické hmoty s nedostatkem živin, zejména obsahu fosforu (Borůvka et al. 2012).

Ukazuje se, že přísun opadu, jež je obecně pokládán za snadno rozložitelný (tj. s malými hodnotami C/N), vede k větší akumulaci organické půdní hmoty než u opadu s vyšším poměrem C/N (Frouz et al. 2009). Výsledkem je, že opad s vyššími hodnotami dusíku podporuje větší výskyt mikrofauny, kdy dochází k intenzivnímu převrácení sedimentu živočichy (bioturbaci) a stabilizaci organické hmoty uvnitř půdních agregátů a intenzivnější tvorbě humusových kyselin. Naopak u opadu s malým obsahem dusíku a velkým obsahem ligninu je bioturbace malá a opad se tak kumuluje převážně na povrchu půdy, také tvorba humusových látek je nízká a převládají fulvokyseliny (Frouz 2009).

Mezi zásadní problémy výsypek a odkališť patří extrémní zrnitostní složení, případně další nepříznivé fyzikální vlastnosti (např. hydrofobita), nedostatek recentní organické hmoty a toxicita substrátů, které mohou být limitující pro růst rostlin (Bradshaw 1997). Sukcesivní půdotvorný proces výsypkových půd je ovlivňován výsypkovým půdotvorným substrátem,

sukcesivní výsypkovou vegetací, reliéfem, charakterem klimatu a vodního režimu (Štýs 1981).

Proces rozvoje půdy je jedním z nejdůležitějších předpokladů fungování ekosystému po rekultivaci post-těžební krajiny. V souvislosti s tímto procesem hrají mikrobiální aktivity v půdě důležitou roli, zvláště akumulace organického uhlíku a aktivita mikroorganismů v povrchových vrstvách půdního profilu. Přestože mikroorganismy tvoří jen asi 2 – 4 % půdní organické hmoty, je považována jejich činnost za jeden z hlavních procesů půdní formace, jelikož jejich vysoká fluktuace má nezastupitelnou roli v transformaci organické hmoty (Šourková et al. 2005).

U ploch vytvořených spontánní sukcesí, s dominancí zpravidla vrby jívy a břízy bělokoré, je vývoj propojený (intermediální). V prvních 15 – 20 letech sukcese se spíše podobá vývoji, který můžeme pozorovat u jehličnanů a jiných dřevin produkujících těžko rozložitelný opad. Později asi po 20. roce sukcese dochází ke kolonizaci ploch žížalami, což vede k urychlení rozvoje půdy a přeměně bylinného patra. Některé manipulační experimenty prokázaly, že proces rozvoje půdy je do značné míry určován zobrazením (kolineací) půd půdní biotou, a proto faktory, které napomáhají kolonizaci těchto ploch, jako konektivita s okolní krajinou aj., podporují též tento vývoj (Frouz 2009, Frouz et al. 2007).

Antropogenně ovlivněná stanoviště vznikají převážně na surovém substrátu, který je tvořen většinou na rozsáhlých plochách třetihorními jíly uhelného nadloží. Zásoba živin (N, P, kationty) je většinou dostatečná, v případě dusíku hraje velkou roli vzdušný spad. Důležitou úlohu hraje množství dostupné vody a zdroje diaspor v okolí. Typická je značná členitost mikroreliéfu a mezoreliéfu, nestabilita hlavně zpočátku, a pomalé zvětrávání substrátu (Neuhauslová 1998).

Vlivy jednotlivých druhů dřevin na formování půdy je třeba zvážit při plánování obnovy post-těžebních lokalit. Provedená studie Mudráka et al. (2010) ukazuje, že i spontánní sukcese v nepřítomnosti dosazovaných dřevin, může vést k úspěšné obnově oblastí narušených těžbou.

3.2.3 Vegetace výsypek a vývoj fytoocenóz

Mezi typické kolonizátory výsypek se řadí vrba jíva (*Salix caprea*), bříza bělokorá (*Betula pendula*) a topol osika (*Populus tremula*), ale i třtina křovištní (*Calamagrostis epiglejos*) je také úspěšným kolonizátorem (Frouz et al. 2009). Právě třtina křovištní hraje v sukcesí zcela mimořádnou roli, kdy postupně tvoří souvislé, kompaktní porosty a konkurenčně tak

vytlačuje ostatní druhy. Ve vlhkých depresích a prudkých svazích probíhá sukcese rozdílně, kde většinou dominuje podběl lékařský (*Tusillago farfara*), na nejvlhčí místa nastupuje často orobinec širokolistý (*Typha latifolia*), který je postupně přerůstán rákosem obecným (*Phragmites australis*), vytvářejícím souvislé a dlouhodobě ustálené porosty bez výrazných změn (Neuhäuslová 1998).

Kořenový systém těchto rostlin může například zlepšovat strukturu půdy a infiltraci vody. Nadzemní části rostlin zvyšují hromadění jemných částic, chrání tak povrch půdy před erozí. Rostliny mohou akumulovat živiny z podkladu ve svých tkáních, čímž produkují organickou hmotu, která dále zkvalitňuje půdu (Bradshaw 1997, Dobson et al. 2007).

Stanoviště přírodě blízká se v závislosti na místních podmínkách utvoří během několika let až desetiletí, kdy se ve většině případů spontánně zformuje různorodý řídký les (Jongepierová et al. 2012). Porosty na výsypkách je obtížné syntaxonomicky zařadit, jedná se většinou o sekundární bazální a odvozená společenstva, zčásti je můžeme zařadit do řádu *Arrhenatheretalia*, v terénních depresích až do řádu *Phragmitetalia*, většinou s vysokým podílem ruderálních druhů jakými jsou např. *Galio-Urticetea*, *Agropyreteea repentis* (Neuhäuslová 1998).

Vegetace hraje důležitou roli v rozptylu sluneční energie a je velmi podstatná pro funkci ekosystému (Pecharová et al. 2011). Je důležité zaměřit se na vegetaci, protože v terestrických podmínkách je „nosnou kostrou“ naprosté většiny ekosystémů a určuje zásadním způsobem jejich ekologické funkce. Dá se nejnadhěji uchopit a popsat a je výborným indikátorem stavu prostředí (Štýs 1981, Prach 2006, Prach et al. 2009a). Heterogenita stanovištních faktorů se odráží ve značné heterogenitě vegetace (Neuhäuslová 1998).

Fytcenologie neboli nauka o vegetaci je v užším smyslu označována jako geobotanika (Moravec et al. 1994). Fytcenologie (rostlinná sociologie) využívá znalostí o vývoji sukcese. Sukcesi rozeznáváme podle vzniku jako spontánní (migrantní) a nespontánní (řízenou). Zmiňované druhy sukcese mají zákonitý sled ve střídání dominant odlišných typů životních forem, kdy na počátku dominují terofyty (jednoleté až dvouleté plevelné druhy, vesměs šířené prouděním větru - anemochorně), pokračují geofyty (oddenkaté a víceleté dvouděložné druhy) dále hemikryptofty (zastoupené vytrvalými trávami) a posledními dominanty tvoří dendrofty, často též pojmenované jako fanerofyty (umělé a přirozené porosty stromových dřevin, stromové synuzie), které vytváří konečné klimaxové stadium. Doba trvání jednotlivých sukcesních stádií závisí na mnoha faktorech, z nichž zásadní význam mají biodiverzita rostlinných a stromových společenstev v okolí výsypek, geologicko – petrografický charakter výsypkových půd, míra proudění vzduchu,

geomorfologický tvar výsypky, stupeň nahloučení (desegregace) strukturních forem povrchových zemin, hydrologie, půdní chemie a půdní fyzika, rekultivační záměry a způsoby hospodaření a v neposlední řadě též stáří výsypky (Dimitrovský 2001).

Na vlhčím a chladnějším Sokolovsku probíhá sukcese odlišně než na Mostecku (Frouz et al. 2009, Prach et al. 2009b).

Málo až nepatrně se na počátku prosazují jednoleté druhy, většinou se hned šíří druhy vytrvalé, jako např. podběl obecný nebo třtina křovištní, místy i některé ruderalní druhy. Mnohem lépe se zároveň uplatňují dřeviny, zejména bříza bělokorá, vrba jíva a topol osika. Platí to hlavně pro členitě sypané výsypky. V současné době se tvoří výsypky se zarovnanějším povrchem, jež vede ke snazší expanzi nežádoucí třtiny křovištní (Prach et al. 2009). Zároveň je vegetace ovlivněna dominantním druhem dřevin, které se zde uchycují již v prvních letech sukcese. Zpočátku dominuje vrba jíva, kterou mezi 20. až 30. rokem přeroste bříza bělokorá a topol osika. Experiment, v němž byla zkoumána manipulace podzemní a nadzemní kompetice jívy s bylinným podrostem potvrdil, že kompetice o světlo je u bylin méně významná, než kompetice o podzemní zdroje. Pro sukcesí na Sokolovsku je podstatné společné působení půdní bioty a dominantních pionýrských dřevin, zvláště pak jívy, jejíž opad působí pozitivně na vývoj substrátu, ale jíva naopak potlačí bylinné patro kompetic. Pozdně sukcesní druhy náročnější a dominované na substrát nastoupí po ústupu jívy a umožní tak rozvoj bylinného patra (Mudrák et Frouz 2011). Mezi pátým a patnáctým rokem začnou postupně převládat vytrvalé širokolisté byliny jako je vratič obecný (*Tanacetum vulgare*), pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris*), následovány trávami např. pýrem plazivým (*Elytrigia repens*), již zmiňovanou třtinou křovištní nebo ovsíkem vyvýšeným (*Arrhenatherum elatius*). Společně pak tvoří další sukcesní stádia, kdy ubývají postupně druhy rumištní a přibývají druhy luční (Prach et al. 2009b).

Pokročilá sukcesní stádia tvoří jakousi antropogenní lesostep s roztroušenými dřevinami. Sokolovské výsypky jsou celkově druhově chudší s vyšším podílem dřevin v zastoupení břízy bělokoré, vrby jívy a topolu osiky, což je zřejmě způsobeno chladnějším a vlhčím klimatem. V ranných stádiích převažují většinou podběl obecný a třtina křovištní (Prach et al. 2008). Dosud nejstarší, téměř padesátileté porosty spontánní sukcese jsou tvořeny rozvolněnějším lesem s dominancí břízy v podrostu s bohatým zastoupením bylinných druhů (Řehounek et al. 2010).

3.3 Sukcese

Proces ekologické sukcese lze jednoduše definovat jako směnu druhů v čase (Walker et. del Moral 2003). Sukcese je jednosměrný proces, kdy společenstva prochází různými etapami a končí klimaxem, který reprezentuje konečný stav daného ekosystému a má většinou největší druhovou diverzitu, nejvíce potravních vazeb, a proto také i největší rovnovážnou stabilitu, produkci a neekonomičtější koloběh látek (Forman et Godron 1993).

Hybnou silou sukcese je boj protikladů mezi silami organismů budující ekosystém dané sukcesní úrovně a mezi silami schopnými jeho organizovanost narušit. Z vnějších abiotických faktorů to jsou energie záření, toxické látky, vítr, voda a z biologických např. pastva, paraziti (Míchal 1994). Sukcese má několik fází, počínaje kolonizací, kdy mezi zásadní faktory patří tolerance a expanzivita pionýrských druhů a příhodnost prostředí, následuje vývojová fáze, kdy se začínají projevovat mezidruhové interakce a poslední je fáze dospívání, kde je hlavním faktorem vnitřní kvalita plochy a konkurenční a mezidruhové vztahy a vztahy mezi populacemi či jedinci (Vráblíková et al. 2009, Řehouňková et al. 2007). Všeobecně sukcesí nazýváme obvykle dlouhodobý necyklický vývoj rostlinných společenstev na vymezeném stanovišti, který je charakterizovaný zásadními změnami vlastností společenstva (např. celková pokrývnost, druhové složení, dominance druhů, stratifikace společenstva, množství produkované biomasy apod. (Dimitrovský 2001).

V průběhu ekologické sukcese dochází ke změnám struktury a funkce společenstev rostlin, např. celková biomasa daného ekosystému v průběhu sukcese vzrůstá, maxima je dosaženo v klimaxu, dochází k diferenciaci vertikální a horizontální struktury, zvyšuje se využití slunečního záření primárními producenty a pokrývnost, strategie populace se mění od R - stratégů (ruderální druhy) k C - stratégům (vysoká konkurenční schopnost), čistý roční přírůstek je zpočátku vysoký, postupně klesá a v klimaxu se blíží nule (Sklenička 2003).

3.3.1 Spontánní sukcese na výsypkách

Obnova území po přírodních, ale hlavně po antropogenních zásazích, může být uskutečněna i formou spontánní sukcese vedoucí k tvorbě přírodě bližších ekosystémů. Je možné předpokládat zvýšení biologické diverzity a celkové přírodní hodnoty a také značnou úsporu finančních prostředků oproti klasickému rekultivačnímu procesu. Jako

problém se však jeví délka obnovy a možnost zapojení do kulturní krajiny, zejména s vysokou hustotou obyvatelstva (Vráblíková et al. 2009).

Spontánní sukcese je nejlevnějším prostředkem rekultivace těžbou narušených stanovišť (Prach 2010, Prach et al. 2010, Tropek et al. 2010).

Dřevinné porosty vytvářejí vhodnou optickou bariéru a tím „změkčují“ nepřírozené antropogenní tvary reliéfu v pohledové siluetě. Přes svůj synantropní charakter hostí mnohé druhy fauny, a to i druhy, typické pro přirozenější stanoviště. Významný je i výskyt vzácných a ustupujících druhů flóry, např. lebedy růžová (*Atriplex rosea*), salnobýlu ruského (*Salsola kali*), vikve kašubské (*Vicia cassubica*), pcháče šedého (*Cirsium canum*), silenky rozsochaté (*Silene dichotoma*) (Neuhäuslová 1998).

Průběh přirozené sukcese na výsypce je velmi pomalý a je podmíněný fyzikálními a chemickými procesy probíhajícími ve výsypkovém substrátu. Půda bez souvislého vegetačního krytu je vystavena vysokým teplotám a velkému kolísání půdní vlhkosti, tyto procesy pak vedou k mineralizaci a ztrátě důležitých živin (Broumová et al. 2007). Ve většině případů je přirozená sukcese úspěšnější v lokalitě s nerovnostmi mikroreliéfu. Pravidelné terénní urovnání je v takovýchto případech kontraproduktivní (Řehounek et al. 2010, Sklenička 2003).

3.3.2 Řízená sukcese

Řadí se mezi metody spočívající v začlenění ploch, kde na místech opuštěných báňským provozem byly přirozené sukcesní pochody již rozběhnuty. Dochází zde samovolně k oživení a postupnému vývoji biocenóz. Tento netradiční postup obnovy území lze využít pouze tam, kde je plánována tzv. ostatní rekultivace, v místech kde není uvažováno o hospodářském využití a kde nedojde ani k ovlivnění okolních pozemků (šíření plevelů aj.) (Vráblíková et Vráblík 2002). Nejčastějším a mnohdy i stěžejním opatřením v procesu řízené sukcese je introdukce rostlinných druhů, kdy vhodným výběrem rostlin je možné ovlivnit příznivý vývoj půd i samotné rostlinné a živočišné složky biocenózy dané lokality (Tichá 2004).

Přirozená nebo usměrňovaná (řízená) sukcese by měla být při rekultivacích využita alespoň na 20 % ploch. Pro takovéto přírodě blízké způsoby obnovy je nutné využít morfologicky bohatých lokalit s přechodem do stepního a vodního biotopu (Gremlica et al. 2011).

3.3.3 Sukcese vs. rekultivace

Dle studie Frouze a Novákové (2005) byl vývoj mikroflóry v nerekvultivovaných post-těžebních lokalitách zarostlých spontánní vegetací podle velikosti srovnatelný s rozvojem mikroflóry v různých rekultivovaných post-těžebních lokalitách. V mnoha případech jsou mikrobiální parametry zaznamenávané v 30 – 40 letých lesních porostech srovnatelné s hodnotami na neporušených přírodních nebo přírodě blízkých biotopech.

Z tabulky č. 1 je zřejmé, že spontánní sukcese obecně podporuje rozptýlení druhů původních i vzácných, naopak od rekultivací s lidským zásahem, které se často projevují nižší biologickou rozmanitostí a osídlením cizích nebo agresivních druhů (Frouz et al. 2007, Hendrychová 2008).

Tab. 1: Srovnání ekologických charakteristik rekultivovaných a nerekvultivovaných výsypek (podle Hendrychové 2008).

	Spontánní sukcese	Rekultivace
Členitost terénu	Velmi výrazná	Terén uhlazený
Stanovištní heterogenita	Vysoká, přítomnost celé škály mikrohabitů	Nízká
Půdní stres a disturbance	Velký půdní stres, častější disturbance	Minimální půdní stres i disturbance
Směr a rychlost sukcese	Sukcese je pomalejší, směrem k otevřenější vegetaci	Rychlejší sukcese, výsledkem je uzavřený les
Biodiverzita	Často velmi vysoká	Nižší
Ochranařský význam	Vysoký, častý výskyt ohrožených druhů	Nižší, větší zastoupení generalistů
Výskyt expanzivních a alochtonních druhů	Méně častý	Častější

Z hlediska rostlin jsou neprostudovanější technicky rekultivované a spontánně se vyvíjející výsypky po těžbě hnědého uhlí na Mostecku (Hodačová et Prach 2003) a rostlin a bezobratlých na Sokolovsku (Frouz et al. 2007, Mudrák et al. 2010). Na haldách po těžbě černého uhlí na Kladensku nebo vápencových lomech v českém krasu (Tropek et al. 2012).

Nerekultivovaná místa jsou důležitými útočištěm mnoha vzácných a ohrožených druhů, která preferují nízký vegetační kryt a nuzné podmínky stanovišť počátečních sukcesních stadií (Frouz et al. 2007, Prach et al. 2008, Tropek et al. 2010, 2012), spontánní sukcese na antropogenních stanovištích vede většinou k lepším výsledkům než technické rekultivace (Prach 2006, Hendrychová 2008, Prach et al. 2008). Přestože mnoho funkcí ekosystému má potenciál využívat právě spontánní sukcesi, tak technické rekultivace v post-těžebních oblastech stále převažují. Podobně jako na Sokolovsku, většina těchto lokalit byla zalesněna, nebo stanovena jako zemědělská půda. Sukcese není v souladu se zákonem jako možný způsob rekultivace post-těžebních oblastí. Ačkoliv byly provedeny v nedávné době mnohé kroky, zahrnovat sukcesi do právních předpisů tvoří nerovné postavení ve vztahu k technické rekultivaci, čímž se podstatně snižuje přirozená hodnota krajiny po těžbě (Frouz et al. 2007, Tropek et al. 2010).

Na spontánních plochách se zachovanou původní heterogenitou povrchu jsou i vlhkostní poměry půd výrazně heterogennější (Cejpek et al. 2011). Spontánní sukcese na post-těžebních lokalitách probíhá pozoruhodně pomaleji, vytváří však heterogenní mozaiky mikrostanovišť jako jsou otevřené skály, řídké pastviny a xerothermní křoviny (Prach et al. 2001, Tropek et al. 2010).

Je nezbytně nutné zpomalit úbytek biologické rozmanitosti, proto zachování potenciálu těchto míst, nízké náklady na proces sukcese by měly být upřednostněny místo nákladných systémů rekultivačních opatření všude tam, kde je to možné (Tropek et al. 2010, Prach et al. 2013).

3.4 Biomasa

Biomasa je váha všech organismů na určité ploše v krajině. Podle původu ji dělíme na fytomasu a zoomasu. U dřevnatých orgánů rostlin se používá vyjádření v objemových jednotkách. Biomasa nadzemních orgánů je významným ukazatelem kvality krajinných celků (Demek et al. 1976).

Nelze obecně určit, která metoda analýzy nadzemní biomasy je nejlepší. Rozdílné metody se používají pro určení biomasy odlišných typů vegetace. Vždy je dobré zvážit výhody i nevýhody konkrétních technik v odlišných situacích. Na vhodnost použité metody mají vliv

zejména faktory, jako je velikost a počet zkoumaných ploch, požadovaná přesnost měření, struktura a typ vegetace, potřeba určování rodů či druhů vegetace (Catchpole et Wheeler 1992). Jsou známy dva úspěšně zavedené postupy pro kvantifikaci biomasy, tj. výpočet biomasy stromu s použitím vhodných alometrických rovnic a dále převod objemu (nejčastěji objemu hroubí kmene) jednotlivých stromů nebo častěji celých porostů na hodnotu celkové nadzemní biomasy pomocí tzv. konverzních a expanzních faktorů, nebo kombinovaných faktorů, které obě tyto operace spojují (Somogyi et al. 2006).

V současné době vzrůstá zájem o celkovou kvantifikaci dřevin. Specificky v České republice se produkce vztahuje k hroubí (tj. objem kmene a větví s průměrem nad 7 cm). Údaje porostní nebo stromové úrovně je nezbytné přepočítat pomocí expanzních faktorů v prvním případě, což jsou agregovaná data na porostní úrovni a v druhém případě pomocí tzv. alometrických rovnic, tvořící data na stromové úrovni (Cienciala et al. 2005).

4. Charakteristika studijního území

Sokolovská uhelná pánev je obklopena ze tří světových stran krystalinikem, jen na východní straně je ohraničena vulkanity (Doupovské hory). Převážně kopcovitý terén je na severu prostoupen hlavním hřebenem Krušných hor, jižní část pokrývají pahorkatiny Slavkovského lesa, který je vyhlášen jako chráněná krajinná oblast (CHKO). Sokolovsko je také prameništěm minerálních vod pro lázeňský trojúhelník (Culek 1996).

Sokolovská uhelná pánev patří mezi největší a nejznámější těžební oblasti v České republice. Intenzivní rozsáhlá těžba hnědého uhlí začala v tomto regionu kolem roku 1950. Projekty z té doby až do roku 1990, provedené ve velkém měřítku, kde byly provedeny rekultivace, se vyznačují jasnou preferencí pro produktivní funkce (lesní a zemědělské rekultivace) spíše než ekologické, estetické a sociální funkce krajiny (Sklenička et al. 2004). Dlouhodobá a intenzivní těžba v tomto území ovlivňuje významně stav a vývoj lokálních ekosystémů, nejen v místech bezprostředně sousedících s těžebními prostory. Vedle přímých vlivů, vedoucích ke změně rázu krajiny s narušením celkové stability území, se projevují i vedlejší jevy související s těžbou, kterými jsou povrchová acidifikace a migrace nebezpečných látek ve všech složkách životního prostředí (Kopačková et al. 2009).

4.1 Charakteristiká Velké podkrušnohorské výsypky obecně

Velká podkrušnohorská výsypka (dále jen VPV) byla vytvořena spojením těchto menších výsypků, tj. Vintřívovskou výsypkou, výsypkou Lipnice, Pastviny a výsypků Týn a Boučí. Nachází se severně a severovýchodně od Sokolova mezi obcemi Vintřívov, Vřesová, Dolní Nivy, Boučí a Lomnice. Územně je VPV po svém obvodu ohraničena silnicemi II. a III. třídy, které jsou téměř shodné se závaznou těžebními linií. Jižní hranice VPV je vymezena silnicí III. třídy Vintřívov-Lomnice a bývalou vlečkou důlní dráhy podél severní hranice obce Lomnice. Západní hranice je tvořena novou trasou silnice II. třídy Sokolov-Kraslice, severní hranice území je dotvářena silnicí III. třídy Dolní Nivy- Vřesová, východní hranice kopíruje důlní dráhu z lomu Jiří do závodu Vřesová a jihovýchodní část je vymezena kamenou opěrnou lavicí nad závodem Jiří. Celková plocha takto vymezeného území činí 1 957,06 ha. Hornická činnost v prostoru VPV byla ukončena v 1. Čtvrtletí roku 2004 (Sokolovská uhelná, a.s. 2010).

Nadmořská výška původního terénu se pohybovala od 450 m n. m. u Lomnice do cca 550 m n. m. u Dolních Niv a vrcholové části výsypky se nacházejí ve výšce 600 m. n. m. (Krása 2012).

4.1.1 Geologie a geomorfologie VPV

Geomorfologie výsypek, zejména tvar a jejich potenciální úrodnost v závislosti na půdní chemii, půdní fyzice a hydrologii, mají až na výjimky (některé omezené části povrchu výsypek Lítov a Silvestr) veškeré předpoklady pro vznik biologicky hodnotných ekosystémů výrobního i nevýrobního charakteru. Příkladem právě takového území je největší výsypka v podmínkách ČR – Podkrušnohorská s rozlohou bezmála 2000 ha (Dimitrovský 1976).

Převážná část materiálu VPV je tvořena cyprisovými jíly – hlinitokřemičitany s vysokým obsahem uhličitanu vápenatého (Šourková et al. 2005, Skácelová 2006). Termín „cyprisové“ jíly je odvozen od častého výskytu třetihorního fosilního korýše *Mytilocypris praenuncia* (Broumová et al. 2007).

Vulkanická terciérní a sedimentární výplň Sokolovské pánve spadá časově do spodního miocénu, tj. cca 23 – 21 miliónů let (Rojík 2004), leží na krystalinických horninách stáří svrchně proterozoického až karbonického (oherské a krušnohorské krystalinikum, krystalinikum Slavkovského lesa, karlovarský pluton). Výplň, která dosahuje mocnosti až 400m, tvoří z 60% vulkanická rezidua (Rojík 2004 in Kopačková et al. 2009). Sokolovská pánev je nesouvisle zaplněna vulkanity a sedimenty o mocnosti až 360 m. Třetihorní výplň pánve je tvořena asi z 55% vulkanických hornin, 30% sedimentů odvozených z kaolinických zvětralín a z 15% organických sedimentů (Rojík et Řehoř 2013).

4.1.2 Vývoj půd na VPV

Na Sokolovsku dominují jíly cypřišového souvrství, které díky historické interakci a působení okolních faktorů, mají složení patřící mezi příznivé výsypkové substráty z hlediska půdotvorného vývoje (Frouz et al. 2008).

Z průzkumu Cejpa et al. (2009) prováděného na VPV vyplývá, že rozvoj schopnosti půd zadržovat vodu je větší na rekultivovaných plochách a souvisí s rychlejším rozvojem organo-minerálního A horizontu. Na plochách tvořených spontánní sukcesí dochází k relativně rychlému rozvoji vegetace, ale pomalejší formování A horizontu tak může vést k limitaci vegetace nedostatkem vody zejména v obdobích zvýšené evapotranspirace.

Celkový obsah půdního uhlíku, dusíku, draslíku a k dispozici ve vodě rozpustného fosforu se zvyšuje s rostoucím věkem sukcese (Frouz et al. 20098). Spontánní rozvoj půd na takových plochách je velmi pomalý. Sledování různě starých ploch na Sokolovsku, u nichž bylo pH substrátu pod 3,5 ukazuje jen velmi omezený rozvoj vegetace a půd po 40 letech od nasypání takových ploch (Frouz 1999). Za nevýznamnější chemické vlastnosti substrátu můžeme považovat pH, salinitu, popřípadě obsah těžkých kovů. Tyto vlastnosti výsypkových substrátů bývají velmi variabilní. V případě VPV byly nalezeny substráty s pH 2,7 až 8,2. Kdy silně kyselé pH souvisí s oxidací pyritu a na Sokolovsku je soustředěno jen na místně omezené vložky písčitých substrátů. Převládají zde neutrální až alkalické, popřípadě mírně kyselé jílovité substráty. V jiných zemích, například v bývalé Německé demokratické republice, jsou výsypky tvořeny zejména písčitymi substráty. Nízké pH takovýchto substrátů bývá doprovázeno vysokou salinitou a zvýšenou rozpustností hliníku a železa (Dúker et al. 1997 in Frouz 1999).

4.1.3 Klima VPV

Území Velké podkrušnohorské výsypky je zařazeno dle klimatických charakteristik do oblasti mírně teplé, podoblasti mírně vlhké až suché s převážně mírnou zimou. Směry větru jsou místně velmi proměnlivé, a to v závislosti na členitosti terénu. Průměrný roční úhrn srážek je 703 mm, průměrná roční teplota se pohybuje kolem 7,3 °C (Culek 1996). VPV spadá dle Quitta (1971) převážně do klimatického regionu MT4, charakterizující krátké léto, mírné, suché až mírně suché, přechodné období krátké s mírným jarem a mírným podzimem, zima je zde normálně dlouhá, mírně teplá a suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky. Podle Quittovy klasifikace klimatických oblastí patří VPV do podoblasti MW7 s průměrným počtem letních dní 30 – 40, počtem dní s mrazem 110 – 130, počtem ledových dní 40 – 50, průměrným počtem dní se srážkami 1 mm a více 100 – 120, sumou srážek ve vegetačním období 400 – 450 mm, sumou srážek v zimním období 250 – 300 mm, počtem dní se sněhovou pokrývkou 60 – 80 (Voženílek et al. 2007). Studované území je klimaticky relativně oceánické a srážkově nadbytkové (Dimitrovský 2001).

4.1.4 Hydrologické poměry VPV

Sokolovská pánev je dominantně zásobována srážkovou vodou z Krušných hor a částečně z dalších orografických celků, jakými jsou Slavkovský les, Smrčiny, Doupovské hory a České středohoří. Je odvodňována řekou Ohří (Štýs et al. 2014).

VPV má specifický vodní režim. Na výsypce jsou v rámci stále probíhajících rekultivačních prací budovány vodní nádrže a odvodné strouhy, část terénních depresí vzniklých při sypání haldy je ponechána přirozenému zavodnění, některé z nich jsou bezodtoké. Srážková voda je zadržena v nádržích, část odtéká po povrchu a část se vsakuje do nitra výsypky, kdy později tato voda vyvěrá po obvodu výsypky s nejvýznamnějším projevem na jižním obvodu (Frouz et al. 2007), kde tato uměle vytvořená odvodňovací soustava ústí do Lomnického potoka (Přikryl 2003). Při patě výsypky vznikají vodní plochy vytlačováním vody na povrch obrovským tlakem nasypaného tělesa (Vojar et al. 2012).

4.2 Fytogeografická charakteristika širšího území

Studované územím začleněno do fytogeografické oblasti Mezofytika (*Mesophyticum*), fytogeografického obvodu Českomoravské mezofytikum (*Mesophyticum Massivi bohemici*), fytogeografického okresu Horní Poohří, podokresu Sokolovská pánev. Vegetace podokresu je většinou jednotvárná, složená převážně z mezofytů (rostliny oblasti opadavého listnatého lesa temperátního pásma), ve vegetačním suprakolinním stupni (kopcovina) s habrovými, březovými a acidofilními doubravami a dalšími typy porostů, jež jsou v současné době převážně odlesněné a často xerofytizované. Krajina studovaného území je antropogenní, převážně pozměněna lidskou činností (průmysl, těžba), lesní porosty a rybníky se zde vyskytují v menší míře (Dimitrovský 2001). Přirozená náhradní vegetace je tvořena především vlhkými loukami s charakteristickými svazy *Molinion*, *Calthion* a *Caricion fuscae*. Vegetace svazu *Violion caninae* se vyskytuje na suchých stanovištích, místy přechází až do úhorů svazu *Arnosetidion* (spíše v minulosti). Lemy lesů tvoří vegetace svazu *Trifolion medii*. V křovinné vegetaci se výrazněji uplatňují především vrbiny (*Salicion cinereae*). Vegetace svazů *Caricion elatae* a *Caricion gracilit* je vyvinuta v okolí vodních nádrží (Culek et al. 1996).

4.3 Potenciální přirozená vegetace

Potenciální vegetace bioregionu 1.26 Chebsko-Sokolovského je tvořena především acidofilními doubravami, které v prostoru podél Ohře zastupují ochuzené typy dubohabřin. V teplejších expozicích v návaznosti na Doupovské hory je předpokladatelný výskyt xeroterminních doubrav, na mělkých substrátech až borových doubrav popř. náznaků reliktních borů. Podél toků a vodních nádrží jsou typickou jednotkou luhy, na

podmáčených místech bažinné olšiny a případné podmáčené smrčiny na organogenních substrátech přecházející v bory a tajgové březiny (Culek et al. 1996).

Pouze na hlubokých rašelinách se na Sokolovsku zachovaly přirozené lesní porosty tvořené borovicí blatkou, borovicí lesní a jejími kříženci, častá je příměs břízy pýřité. Převažují zde borové porosty, často se vyskytuje směs borovice a smrku a méně často než v bukovém stupni i monokultury smrku. Přírodě blízkou skladbu dřevin tvoří mokřadní zbytky poříčních olšin s olší lepkavou i olší šedou (Neuhäuslová 1998).

5. Metodika

5.1 Charakteristiky zájmových ploch

Jak již bylo zmíněno výše, jedná se výhradně o plochy se sukcesním porostem dřevin, nacházející se na území VPV. Vždy byla terénním průzkumem pečlivě vybrána plocha starší a k ní párová plocha mladší k porovnávání všech mnou zkoumaných parametrů vegetace a půdy.

Pro základní přehled a orientaci v terénu uvádím informace o vybraných základních charakteristikách v tabulce 2.

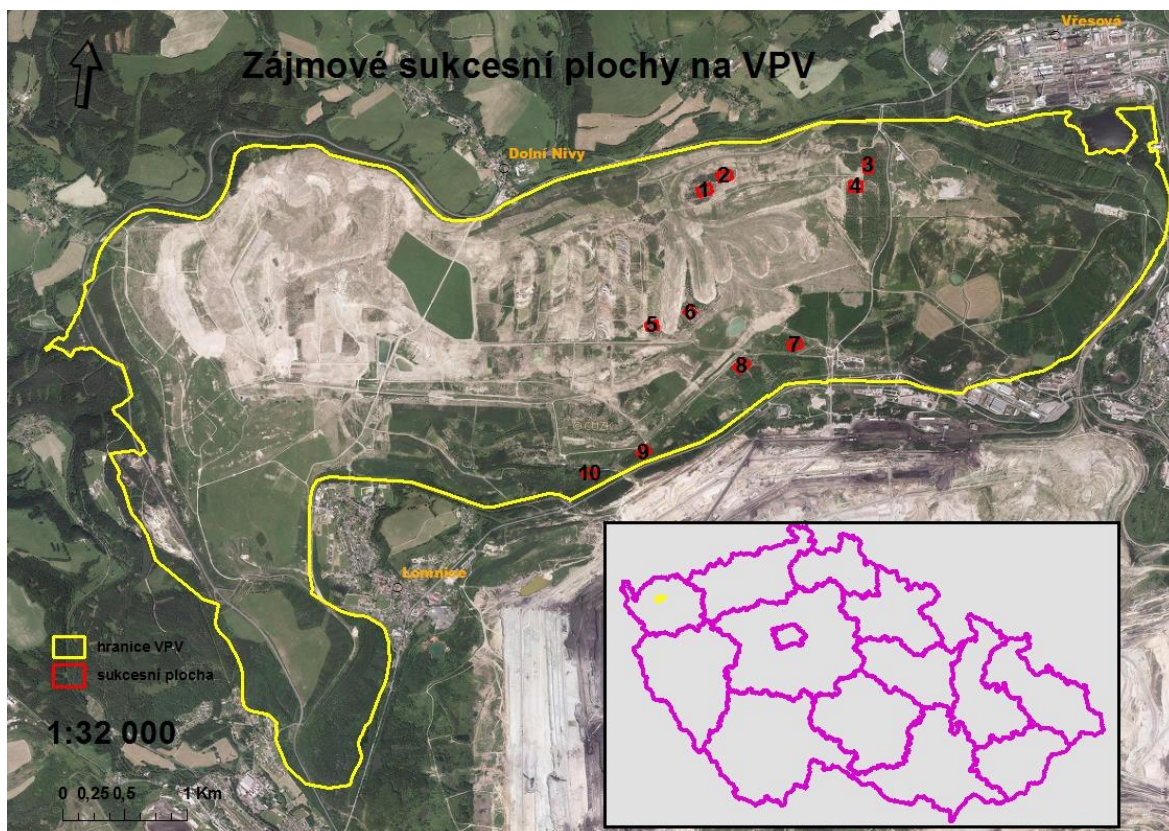
Tab. 2: základní charakteristiky ploch

plocha	GPS	m.n .m.	prům věk porost	N dr E1	N jed E2	E2 D	E2 SD	objem dřeva (m ³)
1 Nad mokřadem S	50°14'37.0"N 12°39'37.7"E	607	15,5	16	244	<i>Betula pendula</i>	<i>Salix caprea</i>	37,79
2 Nad mokřadem M	50°14'42.7"N 12°39'44.0"E	597	10,9	23	321	<i>Betula pendula</i>	<i>Picea abies</i>	25,16
3 Satr S	50°14'49.2"N 12°40'41.2"E	596	17,4	15	366	<i>Salix caprea</i>	<i>Betula pendula</i>	53,23
4 Satr M	50°14'45.5"N 12°40'33.5"E	604	11,6	16	313	<i>Betula pendula</i>	<i>Salix caprea</i>	21,84
5 Nad pěnovcem S	50°14'00.9"N 12°39'22.2"E	613	17,5	21	359	<i>Salix caprea</i>	<i>Populus tremula</i>	49,35
6 Nad pěnovcem M	50°14'02.6"N 12°39'35.8"E	593	12,2	23	261	<i>Salix caprea</i>	<i>Betula pendula</i>	17,87
7 U dopravníků S	50°14'01.9"N 12°40'21.3"E	539	18,0	23	385	<i>Salix caprea</i>	<i>Populus tremula</i>	79,07
8 U dopravníků M	50°13'54.8"N 12°40'03.6"E	547	13,0	29	346	<i>Salix caprea</i>	<i>Populus tremula</i>	26,78
9 Vintířov S	50°13'27.2"N 12°39'27.4"E	547	17,8	37	387	<i>Betula pendula</i>	<i>Salix caprea</i>	64,49
10 Vintířov M	50°13'20.3"N 12°39'09.3"E	556	12,0	26	322	<i>Betula pendula</i>	<i>Salix caprea</i>	32,14

(Legenda: prům věk porost = průměrný věk porostu, N dr E1 = počet druhů bylinného patra, N jed E2 = počet jedinců stromového patra nad 3 m výšky, E2 D = dominantní dřevina, E2 SD = subdominantní dřevina, S – starší plocha, M – mladší plocha, objem dřeva plochy tj. 0,25ha)

5.2 Měření jednotlivých parametrů

Byl proveden výběr 10 sukcesních ploch na VPV (5 párů mladších, 15 – 20 let) a 5 párů starších, 25 – 30let) o rozloze 40x60m (0,25 ha). Umístění ploch na VPV bylo následující: 4 sukcesní plochy se nacházely v severní části VPV, 2 ve střední části VPV a poslední 4 plochy byly lokalizovány v patě VPV na jejím jihovýchodním okraji (obr. 1).

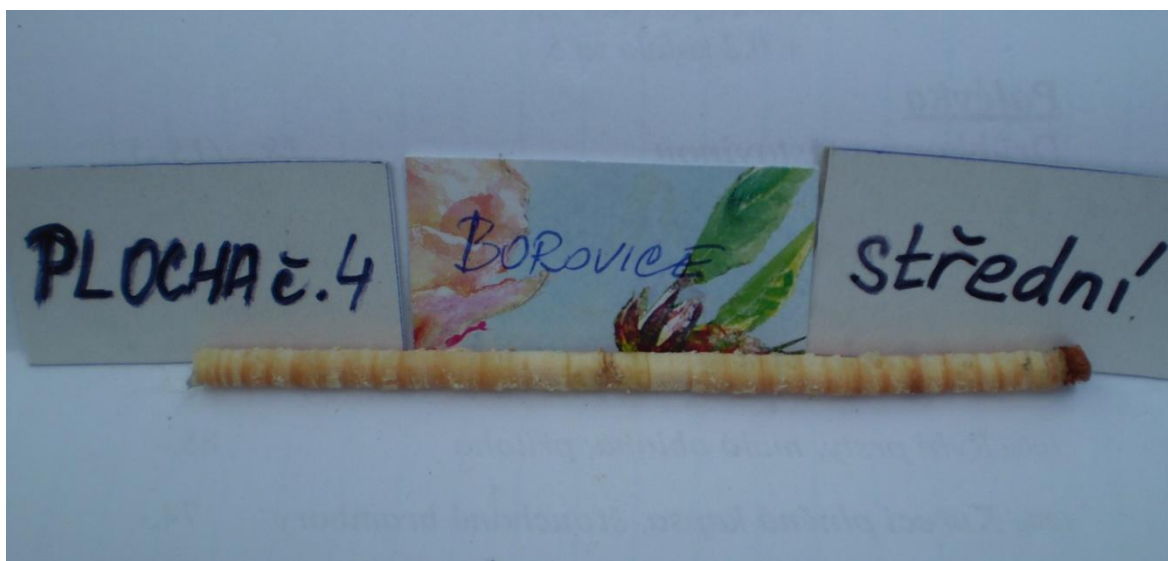


Obr.1: lokalizace zájmových ploch na VPV (v prostředí ArcGIS 10.2 zpracovala J. Rohová)

Stáří stromového porostu bylo zjišťováno v terénu navrtáváním dřeviny pomocí Presslerova nebozezu (obr. 2), z pořízeného vývrtu (obr. 3) bylo odečítáno stáří dřeviny. Stáří vybraného porostu bylo zjišťováno po jednotlivých druzích dřevin a pro každý druh byl na ploše náhodně vybrán jedinec nejstarší, středně starý a nejmladší. Průměrné stáří jednotlivých druhů bylo stanoveno váženým průměrem, tedy byl vynásoben průměrný věk v každé věkové kategorii počtem jedinců dané kategorie na ploše.



Obr. 2: zjišťování stáří porostu Presslerovo nebozezem (foto J. Rohová)



Obr. 3: Vývrt z borovice lesní provedený Presslerovým nebozezem na ploše 4 (foto J. Rohová)

Na každé ploše byly spočítány všechny stromy nad 3 m výšky, u každého druhu dřevin byly vybrány 3 jedinci, kteří reprezentovali 3 věkové kategorie daného porostu, kdy u těchto jedinců bylo provedeno měření výšky dřeviny a výčetní tloušťky ve výšce 1,3 m. Podle alometrických rovnic (tab. 3) dle Zianise et al. (2005) byl spočítán objem z naměřených dat a objem dřeva byl opět přepočten váženým průměrem podle počtu jedinců v jednotlivých věkových skupinách pro jednotlivé dřeviny.

Tab. 3: použité rovnice pro výpočet objemu dřeva

dřevina	omez ení VT	zdroj	rovnice	a	b	c	d	e
<i>Betula Pendula</i>	5 až 35	38, Sweden dm3	$a \cdot D^2 + b \cdot D^2 \cdot H + c \cdot D \cdot H^2 + d \cdot H^2$	0,143	0,009	0,022	-0,066	
<i>Larix decidua</i>	nic	68, Norway, dm3	$a \cdot Hb \cdot Dc \cdot (H - 1.3)d \cdot (D + 100)e$	-2.311	0,925			
<i>Picea Abies</i>	2 až 18	91, Finland dm3	$a \cdot Db \cdot Hc$	0,788	1,930	0,795		
<i>Picea Abies</i>	10 až 60	108, Norway dm3	$a \cdot D^2 + b \cdot D^2 \cdot H + c \cdot D \cdot H^2 + d \cdot H^2$	6,690	0,013	0,029	-0,320	0,290
<i>Pinus sylvestris</i>	5 až 50	Sweden, 170, dm3	$a \cdot D^2 + b \cdot D^2 \cdot H + c \cdot D \cdot H^2$	0,103	0,027	0,005		
<i>Populus tremula</i>	13-	185, Norway dm3	$a + b \cdot D^2 \cdot H$	9,690	0,037			
<i>Salix Caprea</i>	5-	Norway, 218, dm3	$a + b \cdot D^2 + c \cdot D^2 \cdot H + d \cdot H^2 \cdot D + e \cdot H^2$	-1,868	0,215	0,013	0,014	-0,063
<i>Sorbus Acuparia</i>	3-	222, Norway dm3	$a + b \cdot D^2 + c \cdot D^2 \cdot H + d \cdot H^2 \cdot D + e \cdot H^2$	-0,002	0,215	0,013	0,000	-0,063

Na každé ploše byly zaznamenány 3 fytoecologické lesnické snímky (20x20m) pro bylinné, keřové a stromové patro a vypočteny následující parametry diverzity: Simpsonův a Shannonv index, vyrovnanost pro oba indexy a dominance v programu Past3.

Malé půdní sondy byly vykopány vždy po třech na každé ploše pedologickým rýčem. Tvar půdní sondy byl čtverec o šířce hrany rýče. Ze všech čtyř stran byla změřena hloubka humusového a organo-minerálního horizontu (obr. 4). Ve spolupráci s Fakultou agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů na České Zemědělské Univerzitě v Praze bylo změřeno pH aktivní půdní reakce v H₂O a pH v KCl pomocí ph metru. Dále byl stanoven celkový oxidovatelný uhlík (CO_x).



Obr. 4: malá půdní sonda (foto J. Rohová)

5.3 Statistické zpracování dat

Všechny zkoumané charakteristiky byly podrobeny statistickému hodnocení a porovnány v programu R se stanovenou hladinou významnosti $\alpha = 0,05$ (Ter Braak et Šmilauer, 2012). Nejprve byly porovnávány zkoumané charakteristiky všech sukcesních ploch starších a všech ploch mladších. Použity byly průměrné hodnoty všech věkových kategorií (mladší, střední, starší) pro jednotlivé druhy stromů u objemu dřeva, výčetní tloušťky a výšky dřevin. U půdy byla použita ke statistickému testování všechna primární naměřená data u měření humusového a organominerálního horizontu. Zjištění normality dat bylo provedeno Shapiro testem, následně bylo rozhodnuto, zda použít parametrický (t – test) nebo neparametrický (Mann – Whitney test).

Pro statistické hodnocení v program Canoco 5 (Ter Braak et Šmilauer, 2012) byla použita mnohorozměrná analýza PCA (principal component analysis). Jako vysvětlované proměnné byly použity průměry naměřených charakteristik ze 3 věkových kategorií (nejmladší, středně staré, nejstarší). Měřenými parametry byly: výška (m), výčetní tloušťka (cm) a objem dřeva (m^3). Vysvětlované proměnné, které byly do analýzy pasivně promítnuty, byly: věk naměřených stromů (roky), reliéf (rovina, svah, deprese), poloha

ploch na výsypce (vrch, střed, dole), půdní charakteristiky: humusový a organominerální horizont (cm), pH H₂O, pH KCl, Cox. Dále byly do analýzy pasivně promítnuty jednotlivé plochy (1 – 10). Výsledky RDA analýzy (Redundancy analysis) nebyly signifikantní na hladině významnosti $p = 0,05$ a nebyly proto do výsledků zařazeny.

6. Výsledky

6.1 Charakteristika porostu na vybraných sukcesních plochách

6.1.1 Plocha 1 – Nad mokřadem S

Tvořena smíšeným porostem pionýrských dřevin s mírně vyvinutým bylinným patrem, terénem lehce urovnaným. Severní část plochy se nachází v příkrém svahu s řídkým porostem těchto dřevin (obr. 5). Z dřevin dominuje *Betula pendula* a v patře bylinném je dominantní *Calamagrostis epigejos*, subdominantní bylina chybí.



Obr. 5: sukcesní plocha Nad mokřadem S (foto J. Rohová)

6.1.2 Plocha 2 – Nad mokřadem M

Tvořena poměrně hustým sukcesním porostem pionýrských dřevin a málo vyvinutým bylinným patrem. Terén je členitý a neurovnaný (obr. 6). Z dřevin dominuje *Betula pendula*, v patře bylinném je dominantní *Calamagrostis epigejos*, subdominanta je zastoupena *Leontodon autumnalis*.



Obr. 6: sukcesní plocha Nad mokřadem M (foto J. Rohová)

6.1.3 Plocha 3 – Satr S

Tvořena poměrně hustým smíšeným sukcesním porostem s převahou listnáčů a málo vyvinutým bylinným patrem. Terén je neurovnaný s typickým reliéfem sypané výsypky (obr. 7). Z dřevin dominuje *Salix caprea*, v patře bylinném má dominantní zastoupení *Calamagrostis epigejos*, subdominanta chybí.



Obr. 7: sukcesní plocha Satr S (foto J. Rohová)

6.1.4 Plocha 4 – Satr M

Tvořena rozvolněným smíšeným sukcesním porostem s převahou listnáčů a málo vyvinutým bylinným patrem (obr. 8). Terén je neurovnaný se značnými výškovými rozdíly. Z dřevin dominuje *Betula pendula*, v patře bylinném je dominantní *Calamagrostis epigejos* a subdominanty dovytvářejí *Daucus carota* a *Leontodon autumnalis*.



Obr. 8: sukcesní plocha Satr M (foto J. Rohová)

6.1.5 Plocha 5 – Nad pěnovcem S

Tvořena smíšeným sukcesním porostem pionýrských dřevin s místy poměrně dobře vyvinutým bylinným patrem (obr. 9). Terén je urovnaný. Z dřevin dominuje *Salix caprea* a v patře bylinném je dominantní *Calamagrostis epigejos*, subdominantou je zde *Tussilago farfara*.



Obr. 9: pohled na sukcesní plochu Nad pěnovcem S (foto J. Rohová)

6.1.6 Plocha 6 – Nad pěnovcem M

Tvořena sukcesním smíšeným rozvolněným porostem pionýrských dřevin s převahou listnáčů a mírně vyvinutým bylinným patrem (obr. 10). Terén je mírně zvlněný. Z dřevin dominuje *Salix caprea* a v patře bylinném má dominantní zastoupení *Calamagrostis epigejos*, subdominaty tvoří *Fragaria vesca* a *Tanacetum vulgare*.



Obr. 10: pohled na sukcesní plochu Nad pěnovcem M (foto J. Rohová)

6.1.7 Plocha 7 – U dopravníků S

Tvořena sukcesním smíšeným rozvolněným porostem pionýrských dřevin s převahou listnáčů a poměrně dobře vyvinutým bylinným patrem (obr. 11). Terén je mírně zvlněný. Z dřevin dominuje *Salix caprea*, v patře bylinném je dominantní *Calamagrostis epigejos* a subdominantu zde zastupuje *Hypochaeris radicata*.



Obr. 11: sukcesní plocha U dopravníků S (foto J. Rohová)

6.1.8 Plocha 8 – U dopravníků M

Tvořena sukcesním smíšeným rozvolněným porostem pionýrských dřevin s převahou listnáčů a mírně vyvinutým bylinným patrem (obr. 12). Terén je urovnaný. Z dřevin dominuje *Salix caprea* a v patře bylinném má dominantní zastoupení *Calamagrostis epigejos*, subdominatami jsou *Trifolium hybridum* a *Astragalus glycyphyllos*.



Obr. 12: sukcesní plocha U dopravníků M (foto J. Rohová)

6.1.9 Plocha 9 – Vintířov S

Tvořena sukcesním smíšeným lesem s převahou listnáčů a poměrně dobře vyvinutým bylinným patrem (obr. 13). Terén je mírně zvlněný. Z dřevin dominuje *Betula pendula* a v patře bylinném je dominantní *Calamagrostis epigejos*, poměrně hojnými subdominantami jsou *Lupinus polyphyllus*, *Arrhenatherum elatius*, *Astragalus glycyphyllos* a *Fragaria vesca*.



Obr. 13: sukcesní plocha Vintířov S (foto J. Rohová)

6.1.10 Plocha 10 – Vintířov M

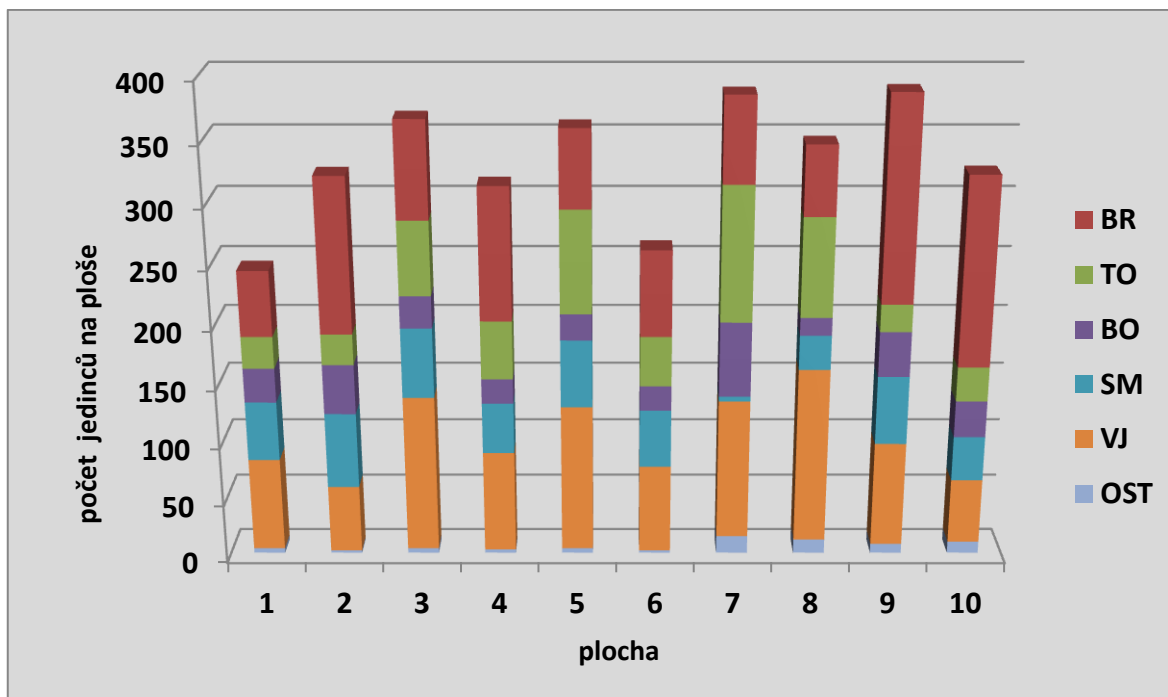
Tvořena sukcesním smíšeným rozvolněným lesem s převahou listnáčů a dobře vyvinutým bylinným patrem (obr. 14). Terén je urovnaný. Z dřevin dominuje *Betula pendula* a v patře bylinném je dominantní *Rubus fruticosus*, kde pouze na této ploše tvoří subdominantu většinou dominující *Calamagrostis epigejos*.



Obr. 14: sukcesní plocha Vintířov M (foto J. Rohová)

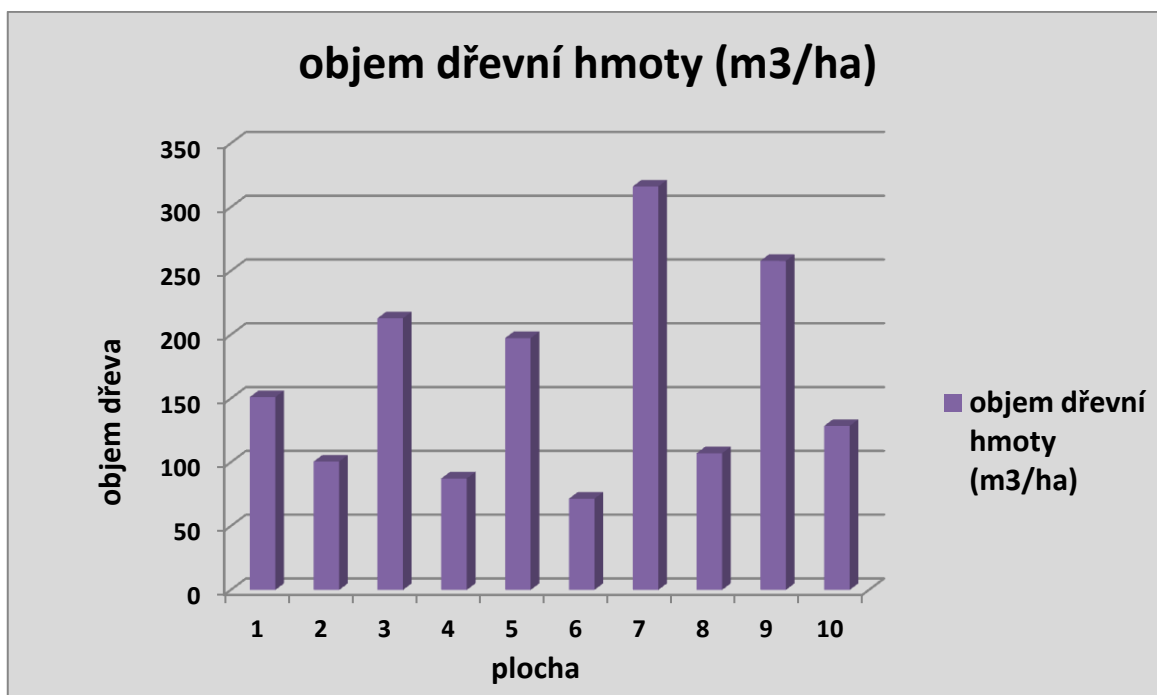
6.2 Měření parametrů dřevin

Na každé zájmové sukcesní ploše byly nejprve spočítány jednotlivé dřeviny nad 3 m výšky a zaznamenány počty dle druhů, jak je patrné z grafu (obr. 15), z kterého vyplývá, že všechny starší plochy (lichá čísla ploch), kromě plochy Nad mokřadem S hostí více jedinců než plochy mladší. U plochy Nad mokřadem S to je zřejmě podmíněno svažitém terénem na části plochy, kde se uchytilo méně dřevin než na ploše Nad mokřadem M, kde se takováto nerovnost terénu nevyskytuje.



Obr. 15: zastoupení druhů a počtů dřevin na zkoumaných plochách

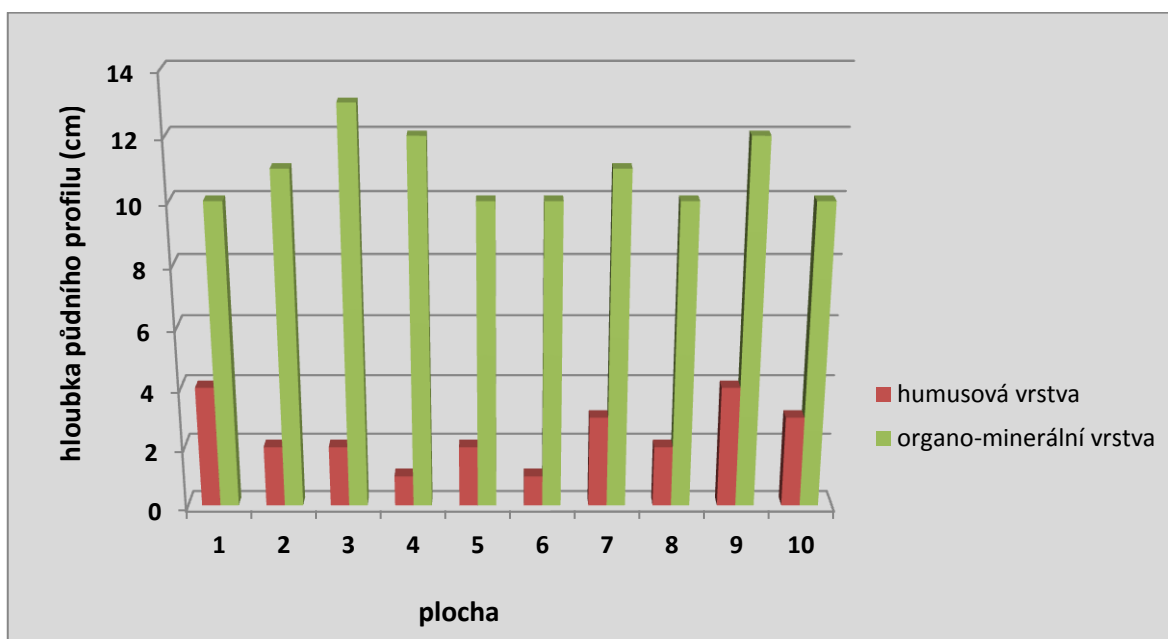
V grafu na obr. 16 je znázorněn objem dřevní hmoty sukcesních ploch v přepočtu na 1 ha, z kterého je patrný vyšší objem dřevní biomasy na plochách starších (lichá čísla), kdy vyšší hodnoty vykazují plochy v patě VPV, což je zřejmě podmíněno lepším teplotním a vlhkostním režimem v tomto území.



Obr. 16: objem dřevní biomasy ploch

6.3 Měření parametrů půdy

Z naměřených dat humusového a organo-minerálního horizontu je patrné, že na všech starších plochách je hloubka humusového horizontu větší a ve většině případů je tomu tak i u organominerální půdní vrstvy, výjimkou jsou obě plochy Nad mokřadem, kde je mocnost OM horizontu větší na mladší ploše a ploch Nad pěnovcem, kde se hodnoty OM shodují (obr. 17).



Obr. 17: naměřené průměrné hloubky H a OM horizontu na zkoumaných plochách

Pro detailní hodnocení byly směsné půdní vzorky ze sukcesních ploch podrobeny analýze v laboratorních podmínkách. Naměřené hodnoty pH H₂O a pH KCl a též Cox jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4: naměřené hodnoty pH a Cox

plocha	pH H ₂ O	pH KCl	Cox
1 Nad mokřadem S	7,64	7,05	3,70
2 Nad mokřadem M	7,67	6,47	3,74
3 Satr S	7,70	7,09	4,08
4 Satr M	7,69	7,17	4,25

5 Nad pěnovcem S	7,77	7,21	3,23
6 Nad pěnovcem M	8,05	7,38	3,98
7 U dopravníků S	5,83	4,88	4,67
8 U dopravníků M	7,39	6,50	4,10
9 Vintířov S	5,99	5,40	8,23
10 Vintířov M	6,17	5,46	7,65

6.4 Měření parametrů vegetace

V tabulce 5 jsou uvedeny průměrné naměřené hodnoty z fytoocenologických snímků všech ploch, jednotlivé fytoocenologické snímky jsou vloženy do příloh diplomové práce (příloha 1, 2, 3).

Tab. 5: průměrné fytoocenologické snímky všech ploch

název rostliny	pl 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E0	8	9	12	5	12	16	13	11	10	5
E1	36	35	21	35	36	79	73	55	51	69
<i>Agrostis tenuis</i>	3	1	1	1	1	2	2	2	1	5
<i>Achillea millefolium</i>								1	1	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>							2	1	4	1
<i>Artemisia vulgaris</i>	1									
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	+				5	5		5	4	2
<i>Avenella flexuosa</i>	1	1	2	2	3	3		2	3	4
<i>Calamagrostis epigejos</i>	23	20	12	17	13	40	42	23	15	8
<i>Carlina vulgaris</i>							1	2	1	
<i>Centaurea jacea</i>	+	1		1	+	2	+	2	1	+
<i>Cirsium arvense</i>	2	1	1		1	6	2	2	1	1
<i>Cirsium vulgare</i>		+				+			+	+
<i>Dactylis glomerata</i>									1	1
<i>Daucus carota</i>	+	3	1	4	1	3	1	2	1	1
<i>Deschampsia cespitosa</i>	1	1	1	1		2		1	1	2
<i>Dryopteris filix-mas</i>		+								
<i>Echium vulgare</i>					+	+				
<i>Epilobium sp.</i>							1		1	1
<i>Epipactis helleborine</i>							1		3	
<i>Erucastrum gallicum</i>				1		+				
<i>Euphrasia rostkoviana</i>							+			
<i>Fragaria vesca</i>		1	1	3	1	8	2		4	3
<i>Hieracium sp.</i>	1	1	1	2	2	3	3	1	1	1
<i>Holcus mollis</i>									1	
<i>Hordeum murinum</i>					+	+				

<i>Hypericum perforatum</i>						+	1	1	2	+
<i>Hypochaeris radicata</i>				1	2	4	10	2	3	
<i>Chamerion angustifolium</i>	1	1	2	1	1	2				
<i>Lathyrus pratensis</i>									1	
<i>Leontodon autumnalis</i>	2	4	1	4	3					1
<i>Leucanthemum vulgare</i>		+				5		+		
<i>Lotus corniculatus</i>				+			2	2	+	
<i>Lupinus polyphyllus</i>								+	5	
<i>Luzula sylvatica</i>									1	
<i>Lysimachia nummularia</i>	+									
<i>Medicago lupulina</i>		+	+		2		2	1	1	
<i>Melampyrum sylvaticum</i>									+	
<i>Melilotus albus</i>		+					+	2		+
<i>Melilotus officinalis</i>		+					1	+	+	
<i>Phleum pratense</i>		1							1	1
<i>Plantago lanceolata</i>								+		
<i>Potentilla anserina</i>								+	+	
<i>Pyrola minor</i>		+	1	+						+
<i>Rubus fruticosus</i>				3		3	1	1	1	43
<i>Tanacetum vulgare</i>	2	1	1		1	7		4	2	1
<i>Taraxacum officinale</i>	1	1	1		1	1		+		
<i>Trifolium arvense</i>					1	+	2	2	1	1
<i>Trifolium aureum</i>					2					
<i>Trifolium hybridum</i>							5	5	2	
<i>Trifolium repens</i>		1			2		2		2	2
<i>Tussilago farfara</i>	1	1	1	2	5	6		3	2	1
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>									1	
<i>Vicia cracca</i>							2	1	+	1
E2	22	28	15	32	15	20	8	27	21	13
<i>Betula pendula</i>	5	15	7	12	8	15	5	5	5	
<i>Crataegus laevigata</i>							+		+	5
<i>Fagus sylvatica</i>			+							+
<i>Frangula alnus</i>	5	+							4	5
<i>Larix decidua</i>			+	+				5		
<i>Picea abies</i>	7	5	+	10	5	5	5	7	4	
<i>Pinus sylvestris</i>	5	+		5		+				
<i>Quercus robur</i>	+	5	8	+	5	+	+	5	+	5
<i>Rosa canina</i>	+				+		+		5	5
<i>Salix caprea</i>	7	8	5	12	5	3	5	18	8	
<i>Sorbus aucuparia</i>		+			5		+	+	+	5
E3	67	63	68	70	72	57	70	70	67	67
<i>Betula pendula</i>	23	22	22	20	18	18	20	8	32	25
<i>Fagus sylvatica</i>			+							
<i>Larix decidua</i>	+			+	+	+	+	+	+	+
<i>Picea abies</i>	10	10	8	5	10	12	5		5	8
<i>Pinus sylvestris</i>	8	8	10	7	7	8	8		5	7
<i>Populus tremula</i>	15	10	13	15	18	15	15	25	5	8
<i>Pyrus communis</i>									+	
<i>Salix caprea</i>	20	20	27	23	25	18	25	37	25	22
Průměrný počet druhů	18	20	20	16	21	19	24	28	31	26
Celkový počet druhů	24	31	24	23	30	29	33	35	48	37

V tabulce 6 jsou zaznamenány průměrné hodnoty zkoumaných indexů alfa diverzity a vyrovnanosti pro jednotlivé plochy a vegetační patra (E1, E2, E3). Naměřené hodnoty pro každý jednotlivý snímek jsou uvedeny v přílohách diplomové práce (příloha 4). Jmenovitě se jedná o index dominance (Dominance_D), Simpsonův index (Simpson_1-D), Shannonův index (Shannon_H), index vyrovnanosti (Evenness_e^H/S) a index rovnoměrnosti (Equitability_J).

Tab. 6: průměrné hodnoty indexů z ploch

	indices/pl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E1	Dominance_D	0,44	0,37	0,35	0,28	0,19	0,30	0,38	0,21	0,14	0,43
	Simpson_1-D	0,56	0,63	0,65	0,72	0,81	0,70	0,62	0,79	0,86	0,57
	Shannon_H	1,36	1,49	1,52	1,65	2,02	1,76	1,57	2,17	2,48	1,43
	Evenness_e^H/S	0,40	0,45	0,56	0,59	0,67	0,49	0,36	0,51	0,63	0,34
	Equitability_J	0,60	0,66	0,72	0,76	0,83	0,71	0,60	0,76	0,84	0,56
E2	Dominance_D	0,30	0,40	0,44	0,38	0,42	0,62	0,78	0,44	0,29	0,53
	Simpson_1-D	0,70	0,60	0,56	0,62	0,58	0,38	0,22	0,56	0,71	0,47
	Shannon_H	1,25	0,98	0,83	1,03	1,03	0,57	0,37	0,99	1,46	0,83
	Evenness_e^H/S	0,99	0,91	1,00	0,97	0,95	0,88	1,00	0,87	0,96	1,00
	Equitability_J	0,99	0,91	1,00	0,98	0,96	0,82	1,00	0,87	0,97	1,00
E3	Dominance_D	0,28	0,29	0,30	0,26	0,26	0,28	0,30	0,42	0,39	0,29
	Simpson_1-D	0,72	0,71	0,70	0,74	0,74	0,72	0,70	0,58	0,61	0,71
	Shannon_H	1,29	1,34	1,30	1,45	1,69	1,32	1,32	0,95	1,09	1,37
	Evenness_e^H/S	0,90	0,91	0,90	0,85	0,88	0,96	0,87	0,86	0,77	0,85
	Equitability_J	0,69	0,94	0,92	0,90	0,92	0,97	0,91	0,86	0,81	0,89

6.5 Statistické hodnocení zkoumaných parametrů

V tabulce výsledků statistického porovnání (tab. 7) je zaznamenán významný statistický rozdíl pouze u výšky, výčetní tloušťky dřevin a mocnosti humusového horizontu u půdy. U ostatních zkoumaných parametrů nebyl prokázán významný statistický rozdíl mezi všemi staršími a všemi mladšími sukcesními plochami, proto tedy nenásledovalo u nelišících se parametrů další porovnávání párových ploch.

Tab. 7: Statistické porovnání všech starších a všech mladších ploch

pl starší X pl mladší	norm. rozdělení dat	použitý test	N	W/t	p-value	H0	stat. rozdíl
počet jedinců	ne	Mann-Whitney	60	499	0.4732	přijata	neliší
objem dřeva (D)	ne	Mann-Whitney	150	3327	0,0533	přijata	neliší
výčetní tloušťka (VT)	ne	Mann-Whitney	50	520,5	5.66e-05	zamítnuta	liší
výška (V)	ne	Mann-Whitney	50	429,5	0,0238	zamítnuta	liší
půda H	ne	Mann-Whitney	120	2412	0,0009	zamítnuta	liší
půda OM	ano	t-test	120	1,87	0,1646	přijata	neliší
Dominance_D	ne	Mann-Whitney	90	944	0,5831	přijata	neliší
Simpson_1-D	ne	Mann-Whitney	90	1101	0,4775	přijata	neliší
Shannon_H	ne	Mann-Whitney	90	1040,5	0.8244	přijata	neliší
Evenness_e^H/S	ne	Mann-Whitney	90	1126	0.3612	přijata	neliší
Equitability_J	ne	Mann-Whitney	90	1047.5	0.3909	přijata	neliší

Následně bylo provedeno statistické porovnání párových sukcesních ploch u konkrétních lišících se charakteristik, v tabulce 8 jsou zaznamenány výsledky porovnávání výčetní tloušťky dřevin, z kterých nebyl prokázán významný statistický rozdíl mezi plochami párovými, což je zřejmě způsobeno malým souborem dat nebo silou testu. Největší odlišnost vykazují plochy U dopravníků (pl7 x pl8).

Tab. 8: Statistické porovnání výčetní tloušťky dřevin párových ploch

pl párové VT	norm. rozdělení dat	použitý test	N	W/t	p-value	H0	stat. rozdíl
pl1 X pl2	ne	Mann-Whitney	30	134,5	0,3717	přijata	neliší
pl3 X pl4	ne	Mann-Whitney	30	137,5	0,3092	přijata	neliší
pl5 X pl6	ne	Mann-Whitney	30	123,5	0,6692	přijata	neliší
pl7 X pl8	ano	t-test	30	1,7363	0,0954	přijata	neliší
pl9 X pl10	ne	Mann-Whitney	30	135	0,3604	přijata	neliší

Další porovnávanou charakteristikou je výška dřevin mezi plochami párovými (tab. 9), ze které opět nebyl prokázán významný statistický rozdíl, i přestože byl použit parametrický t – test. Nejvyšší odlišnost vykazují opět plochy U dopravníků (pl7 x pl8).

Tab. 9: Statistické porovnání výšky dřevin párových ploch

pl párové V	norm. rozdělení dat	použitý test	N	t	p-value	H0	stat. rozdíl
pl1 X pl2	ano	t-test	30	0,6588	0,5155	přijata	neliší
pl3 X pl4	ano	t-test	30	1,3868	0,1772	přijata	neliší
pl5 X pl6	ano	t-test	30	0,8047	0,4280	přijata	neliší
pl7 X pl8	ano	t-test	30	1,92	0,0651	přijata	neliší
pl9 X pl10	ano	t-test	30	0,3194	0,7518	přijata	neliší

Poslední porovnávanou charakteristikou párových ploch je hloubka humusového horizontu půdy (tab. 10), z které byl prokázán významný statistický rozdíl u sukcesních ploch Nad mokřadem (pl1 x pl2) a U dopravníků (pl7 x pl8), i přestože soubor dat je poměrně malý a díky narušené normalitě dat byl použit neparametrický Mann – Whitneyův test.

Tab. 10: Statistické porovnání mocnosti humusového horizontu půdy párových ploch

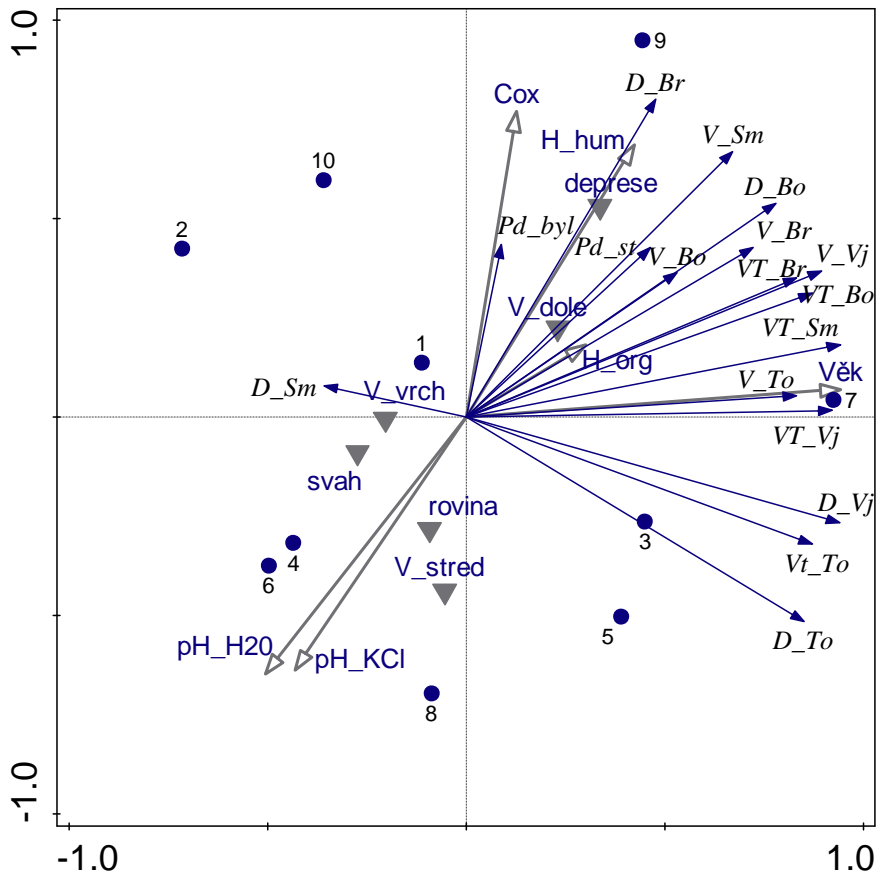
pl pár_ půda H	norm. rozdělení dat	použitý test	N	W	p-value	H0	stat. rozdíl
pl1 X pl2	ne	Mann-Whitney	24	126	0,0015	zamítnuta	liší
pl3 X pl4	ne	Mann-Whitney	24	89	0,2879	přijata	neliší
pl5 X pl6	ne	Mann-Whitney	24	86	0,3681	přijata	neliší
pl7 X pl8	ne	Mann-Whitney	24	112	0,0155	zamítnuta	liší
pl9 X pl10	ne	Mann-Whitney	24	103	0,0562	přijata	neliší

Na závěr práce byla provedena vizualizace dat v program Canoco 5 pomocí nepřímé analýzy hlavních komponent (PCA). Pro PCA analýzu byly použity průměrné hodnoty všech zkoumaných parametrů (obr. 18).

Celková variabilita dat byla postihnuta z 96,87%. První osa, s kterou významně koreluje věk stromů, vysvětlila 56,76 %. Druhá osa, s kterou koreluje proměnná Cox, vysvětlila 25,85 %.

Výsledky PCA potvrzují předpoklad, že s věkem stromů se budou zvyšovat i měřené parametry a objem dřeva. Také s věkem porostu se zvyšuje i mocnost organické a humusové vrstvy, obsah pH s věkem klesá. Porosty s nízkým pH se vyskytovaly více v terénních depresích v dolní části výsyvky. Naopak objem dřeva u smrku ztepilého byl na rozdíl od objemu ostatních dřevin vyšší na svahu vrcholových partiích výsyvky. Toto je

zřejmě podmíněno postupným vytlačováním smrku právě na starších plochách. Plochy, kde se vyskytoval starší porost, jsou označeny lichými čísly a kromě plochy s číslem 1 (Nad mokřadem S) pozitivně koreluje s věkem porostu. Plochy, označeny sudými čísly jsou plochy s přítomností mladšího porostu a mají negativní korelaci vzhledem k věku naměřených stromů.



Obr. 18: výsledky analýzy PCA

(Legenda: *D_Br* – objem dřeva břízy, *D_Sm* – objem dřeva smrku, *D_Bo* – objem dřeva borovice, *D_To* – objem dřeva topolu, *D_Vj* – objem dřeva vrby jívy, *V_Br* – výška břízy, *V_Sm* – výška smrku, *V_Bo* – výška borovice, *V_To* – výška topolu, *V_Vj* – výška vrby jívy, *VT_Br* – výčetní tloušťka břízy, *VT_Sm* – výčetní tloušťka smrku, *VT_Bo* – výčetní tloušťka borovice, *VT_To* – výčetní tloušťka topolu, *VT_Vj* – výčetní tloušťka vrby jívy, *H_hum* – humusový půdní horizont, *H_org* – organominerální půdní horizont; *rovina*, *svah*, *depfese* – terén plochy; *vrch*, *stred*, *dole* – plocha plochy na VPV)

7. Diskuse

Výzkumem sukcese vegetace a půdy na post-těžebních lokalitách se zabývalo a stále zabývá mnoho autorů.

Procesy přirozené sukcese ukazují, že příroda může dosáhnout obnovy bez pomoci a je schopná rozvíjet plně funkční půdy (Bradshaw 1997).

Výše uvedenou problematiku zkoumá Frouz (Frouz 2011b, 2009, 1999), který dlouhodobě studuje vývoj půd na výsypkách v časových řadách. Jeho studie prováděná na VPV z roku 2009 prokázala, že ukládání uhlíku v půdě pozitivně korelovalo s nadzemní biomasou stromů. To mohu potvrdit i ve své studii, kdy na plochách s vyšším objemem dřeva (starší plochy) jsou také vyšší hodnoty Cox podle Frouze et al. (2009). Také Mudrák et al. (2010) ve své studii podrostu na VPV poukazují na přímou souvislost produkce biomasy se složením a mocností půdního profilu.

Studie Frouze et al. (2009) z VPV uvádí počty jedinců na sukcesních plochách kolem 4000 jedinců na hektaru a hmotnost biomasy kolem 35 t/ha. Toto je v rozporu s mým výzkumem, kdy počty jedinců na studovaných plochách jsou cca 1200 jedinců/ha, ale objem dřeva (m^3) přepočítaný na hmotnost biomasy je cca kolem 100 – 150 t/ha. Rozdíly v naměřených datech jsou pravděpodobně způsobeny značnou dominancí vrby jívy u Frouze et al. (2009), kdy byly počítány i polykormony. Navíc objem dřeva v mé studii je uveden v živé váze (tj. s podílem vody).

Dvorščík (2012) ve své práci zaměřenou na stáří porostu uvádí, že na VPV není rozdílná produkce biomasy mezi sukcesními plochami a plochami lesnicky rekultivovanými. Jediným faktorem ovlivňujícím rozvoj biomasy jak v sukcesním, tak v rekultivovaném porostu je stáří lokality. Také Faigl (2013) ve své práci dokládá, že stejnou nebo dokonce i vyšší produkci dřevní hmoty vykazují sukcesní plochy oproti plochám rekultivovaným. Timko (2013) ve své studii uvádí, že rozdíl produkce biomasy lesních společenstev na VPV a na kontrolních lokalitách, umístěných mimo těleso výsypky, je zřejmý. Tento fakt je dán především polohou, rozdílným stářím lesů na kontrolních lokalitách a odlišným složením půdních profilů jednotlivých kontrolních ploch.

Přestože můj výzkum zahrnuje pouze sukcesní plochy, mohu potvrdit, že objem dřevní hmoty stoupá s věkem porostu. Jedinou výjimkou je plocha Nad mokřadem S (starší), kde je méně dřevní hmoty, než na mladší ploše. Toto je zřejmě ovlivněno řídkým porostem ve svahu na části starší plochy Nad Mokřadem S. Dle původní hypotézy práce prokázala, že výška a výčetní tloušťka u dřevin signifikantně narůstá s věkem těchto ploch, zatímco

objem dřevní hmoty se mezi stršími a mladšími plochami neliší na hranici signifikantnosti ($W=3327$, $p= 0,053$).

Toto je ve shodě s tvrzením dalších autorů, že biomasa všech iniciálních ekosystémů vzrůstá (Prach et al. 2008, 2001, Sklenička 2003, Forman et Godron 1993).

V současné době jsou na Sokolovsku vytvářeny výsypky se zarovnanějším povrchem (Vojar et al. 2012), umožňující snažší expanzi nežádoucí třtiny křovištní (Prach et al. 2009). V počátečním stádiu zde můžeme najít víceleté rostliny, v bylinném patře zejména podběl lékařský, třtinu křovištní a ve stromovém patře pak břizu bělokorou, vrbu jíva, a topol osiku (Frouz et al. 2008). Rozvoj pozdně sukcesních druhů bylinného patra, které jsou na substrát náročnější je umožněn ústupem vrby jívy (Mudrák et Frouz 2001). Kolem 25. roku dochází k dosti zásadní přeměně bylinného patra, kdy ustupují ruderalní druhy a nastupují druhy lesní a luční včetně vstavačovitých, např. kruštíku bahenního (*Epipactis palustris*), prstnatce májového (*Dactylorhiza majalis*) a Fuchsova (*D. fuchsii*), nebo druhů z čeledi hruštičkovitých, např. hruštičky menší (*Pyrola minor*) a hrušnice jednostranné (*Orthilia secunda*), jež souvisí se změnou půdních poměrů (Prach et al. 2009).

Z provedených fytoocenologických snímků v mé studii vyplývá, že na většině zkoumaných sukcesních plochách dominuje v bylinném patře právě třtina křovištní, až na sukcesní plochu Vintiřov M, kde je dominantní ostružiník obecný. Tato skutečnost je zřejmě podmíněna výhodnější polohou sukcesní plochy v patě výsypky, nebo konkurenčním vyloučením třtiny křovištní. Též jsem zaznamenala mimo jiné výskyt *Pyrola minor* na třech sukcesních plochách mladších a jedné starší. Stáří těchto ploch bylo o něco mladší, než jaké uvádějí pro rozšíření tohoto druhu Prach et al. (2009).

Palíková (2013) uvádí, že diverzita pouze bylinného patra je vyšší u mladšího porostu s menším počtem jednotlivců, ale v pestřejší druhové skladbě.

Uvažujeme-li o diverzitě pouze bylinného patra, tak ta je vyšší u sukcesních ploch v patě výsypky bez rozdílů věku, což je pravděpodobně podmíněno jednak polohou v jižní části VPV a současně lepším teplotním a vlhkostním režimem. Diverzita keřového patra je lepší u mladších sukcesních ploch, kdy výška mladšího porostu nedosahuje parametrů k zařazení do patra stromového, které se v zásadě výrazně neliší u všech zkoumaných sukcesních ploch.

Dle odborníků (Prach 2006) se na místech po těžbě hnědého uhlí vytváří velice pestré a mnohdy i ojedinělé biotopy. Ve studii Velichové (2005) je uvedeno, že díky spontánní sukcesi je možno během cca 30 let očekávat polopřirozený charakter vegetace výsypek. Prach et al. (2013) zkracují uvedené časové určení na zhruba 20 let.

Takovéto stanovisko svým výzkumem mohu potvrdit, neboť starší studované sukcesní plochy v patě VPV (kolem 25 let) již vykazovaly polopřirozený charakter vegetace. Jmenovat bych chtěla zejména sukcesní plochu Vintířov S, která vykazuje naprosto nejlepší hodnoty, jak v počtu druhů vegetace, tak v obsahu Cox a mocnosti humusového půdního horizontu. V objemu dřeva zaujímá druhé místo, hned po sukcesní ploše U dopravníků S. Její stáří (druhý nejvyšší průměrný věk) a poloha v patě výsyvky v terénní depresi tak umožňuje výhodné podmínky pro rozvoj vegetace a půdy.

8. Závěr

Z provedeného výzkumu na území Velké podkrušnohorské výsypky lze vyvodit tvrzení, že nejvyšší objem dřevní hmoty vykazuje sukcesní plocha U dopravníků S (starší) a nejlepších půdních kvalit dosahují sukcesní plochy právě v patě Velké podkrušnohorské výsypky. Tato skutečnost je zřejmě podmíněna polohou v jižní části výsypky a lepším teplotním a vlhkostním režimem, oproti sukcesním plochám ve vrcholových partiích výsypky.

Studované sukcesní starší a mladší plochy se mezi sebou významně statisticky neliší ve většině pozorovaných charakteristik. Statisticky významnou odlišnost vykazují jen v některých parametrech, kterými jsou výčetní tloušťka a výška dřevin a hloubka humusového horizontu v provedených půdních sondách. Objem dřevní hmoty se mezi staršími a mladšími plochami na hranici signifikantnosti neliší ($W = 3327$, $p = 0,053$). Nejvíce se od sebe odlišují ve vyjmenovaných charakteristikách párové sukcesní plochy U dopravníků v jižní části paty výsypky.

Výsledky statistického testování indexů diverzity neprokázaly žádný významný statistický rozdíl mezi staršími a mladšími sukcesními plochami, i přestože plochy v patě VPV hostí přibližně dvakrát více druhů vegetace než plochy v severní části výsypky. Tato skutečnost je zřejmě ovlivněna velkým rozptylem testovaných dat a silou použitého testu. Sledované parametry se s věkem zvyšují, rozptyl hodnot je velký jak ve věku, výšce i výčetní tloušťce, tak i v druhové diverzitě na starších a mladších plochách. Proto statistické testování neprokázalo jasné rozdíly, jak by tomu bylo u monokulturního porostu starším o 5 – 10 let. Předložená experimentální diplomová práce představuje hromadnou komplexní studii vývoje vegetace, objemu dřevní hmoty a půdy na výsypce.

Zjištěné výsledky navazují na již provedené vegetační studie na výsypce a přinašejí další informace o vývoji sukcesních společenstev na Velké podkrušnohorské výsypce, které lze uplatnit i pro další post-těžební území.

9. Zdroje

- SOKOLOVSKÁ UHELNÁ, právní nástupce, a.s., kolektiv autorů, 2010: Zvláštní režim – plán sanace a rekultivace SU na období 2011 – 2015.
- BORŮVKA L., KOZÁK J., MÜHLHANSELOVÁ M., DONÁTOVÁ H., NIKODEM A., NĚMEČEK K., DRÁBEK O., 2012: *Effect of covering with natural topsoil as a reclamation measure on brown-coal mining dumpsites*, Journal of Geochemical Exploration 113, p. 118-123.
- BRADSHAW A., 1997: *Restoration of mined lands – using natural processes*, Ecological Engineering 8, p. 255 – 269
- BROUMOVÁ H., NOVOTNÁ K., ŠÍMOVÁ I., 2007: Výsypka po těžbě hnědého uhlí – unikátní krajinný novotvar, České Budějovice, Laboratoř aplikované ekologie, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích: 8 pp.
- CATCHPOLE W. R., WHEELER C. J., 1992: *Estimating plant biomass: A review of techniques*, Austral Ecology 17 (2), p. 121-131.
- CEJPEK J., KURÁŽ V., FROUZ J., 2001: *Vodní režim rekultivovaných a nerektivovaných výsypů*, Acta environmentalica universitatis comeniana 19, p. 52-55.
- CIENCIALA E., ČERNÝ M., APLTAUER J., EXNEROVÁ Z., 2005: *Biomass functions applicable to European beech*, Journal of forest 51(4), p. 147-154.
- CULEK M., 1996: Biogeografické členění České republiky, Enigma Praha, 347 pp.
- DEMEK J., QUITT E., RAUŠER J., 1976: Úvod do obecné fyzické geografie, 1. vyd. Praha, Academia, 400 pp.
- DIMITROVSKÝ K., 2001: *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*, Sokolovská uhelná, a.s., 192 pp.
- DIMITROVSKÝ K., 1976: *Lesnická rekultivace antropogenních půd v oblasti Sokolovského hnědouhelného revíru*, Zbraslav nad Vltavou, 220 pp.
- DOBSON A., BRADSHAW A. D., BAKER A. J. M., 1997: Hopes for the future: Restoration ecology and conservation biology 5325, p. 515 – 522.

- DVORŠČÍK P., 2012: Biomasa vegetace různě starých rekultivovaných a nerektivovaných výsypek, diplomová práce UK v Praze, 49 pp.
- FAIGL T., 2014: Porovnání rekultivovaných a sukcesních ploch pomocí ekonomické a energetické bilance, diplomová práce ČZU v Praze, 60 pp.
- FORMAN R., GODRON M., 1993: Krajinná ekologie, Academia Praha, 583 pp.
- FROUZ J., 2011: *Sukcesní trajektorie a interakce mezi rostlinami půdou a půdními organizmy aneb každý chvíli tahá pilku*, Ekologie 2011, 3. konference české společnosti pro ekologii, p. 12.
- FROUZ J., 2011: Rozvoj půd jako základní předpoklad obnovy ekosystémových služeb na těžce disturbovaných plochách, Acta environmentalica Universitatis Comenianae 19, Bratislava, p. 66 – 70.
- FROUZ J., 2009: *Rozvoj půd a půdních organismů v krajině narušené těžbou*, GEO/BIO DIVERZITA – integrující perspektivy, sborník abstraktů z výroční konference CZ-IALE, p. 11.
- FROUZ J., 1999: *Obnova společenstev půdních organismů na plochách lesnický rekultivovaných hnědouhelných výsypek a jejich význam pro tvorbu půdy*, Ochrana přírody 54 (5), p. 157-159.
- FROUZ J., 1999: Sokolovská uhelná, právní nástupce, a. s., *Návrat přírody do krajiny poznamenané těžbou uhlí*, Sokolov, 16 pp.
- FROUZ J., PIŽL V., CIENCIALA E., KALČÍK J., 2009: Carbon storage in post-mining forest soil, the role of tree biomass and soil bioturbation, Biogeochemistry 94, p. 111 – 121.
- FROUZ J., PRACH K., PIŽL V., HÁNĚL L., STARÝ J., TAJOVSKÝ J., MATERNA J., BALÍK V., KALČÍK J., ŘEHOUNKOVÁ K., 2008: *Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites*, European Journal of Soil Biology 44, p. 109-121.
- FROUZ J., PÖPPERL J., PŘIKRYL I., ŠTRŮDL J., 2007: Tvorba nové krajiny na Sokolovsku, Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s., Sokolov: 28 pp

- FROUZ J., NOVÁKOVÁ A., 2005: Development of soil microbial properties in topsoil layer during spontaneous succession in heaps after brown coal mining in relation to humus microstructure development, *Geoderma* 129, p. 54 – 64.
- HENDRYCHOVÁ M., 2008: Reclamation success in post-mining landscapes in the Czech Republic: A review of pedological and biological studies, *Journal of Landscape Studies* 1, p. 63 – 78.
- HOBBS R., NORTON D. A., 1996: *Towards a Conceptual Framework for Restoration Ecology*, *Restoration Ecology* 2, p. 93 – 110.
- HODAČOVÁ D., PRACH K., 2003: *Spoil Heaps From Brown Coal Mining: Technical Reclamation Versus Spontaneous Revegetation*, *Restoration Ecology* 11(3), p. 385-391.
- JONGEPIEROVÁ I., PEŠOUT P., JONGEPIER J. W., PRACH K. (eds.), 2012: Ekologická obnova v České republice, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 148 pp.
- KOPAČKOVÁ V., CHEVREL S., BOURGUIGNON A., ROJÍK P., 2009: Využití spektroradiometrických měření pro identifikaci kyselých zvětralinových substrátů – studie ze Sokolovské pánve, *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2008*, Česká geologická služba, Praha, p. 276-282.
- KRÁSA P., 2012: Sborník muzea karlovarského kraje 20 (2012), *Vegetace mokřadů jižního obvodu velké podkrušnohorské výsypky*, p. 195-230.
- KUBÁT K., BĚLOHLÁVKOVÁ R., 2002: Klíč ke květeně České republiky, Academia, Praha, 927 pp.
- LÖW J., MÍČHAL I., 2003: *Krajinný ráz*, 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 552 pp.
- MÍČHAL I., 1994: Ekologická stabilita, Veronica - ekologické středisko ČSOP, Brno: 275 pp.
- MORAVEC J., HEJNÝ S., HADAČ E., SLAVÍKOVÁ J., 1994: Fytocenologie (nauka o vegetaci), Academia Praha, 403 pp.

- MUDRÁK O., FROUZ J., 2011: *Spontánní sukcese na Sokolovských výsypkách – vliv půdní bioty a dominantních dřevin*, Ekologie 2011, 3. konference České společnosti pro ekologii, p. 12-13.
- MUDRÁK O., FROUZ J., VELICHOVÁ V., 2010: *Understory vegetation in reclaimed and unreclaimed post-mining forest stands*, Ecological Engineering 36, 783–790 pp.
- NEUHÄUSLOVÁ Z., 1998: *Mapa potencionální přirozené vegetace České republiky- textová část*, Academia, Praha: 341 pp.
- PALÍKOVÁ P., 2013: *Sledování vegetace na Velké podkrušnohorské výsypce*, bakalářská práce ČZU v Praze, 54 pp.
- PECHAROVÁ E., BROUMOVÁ-DUŠÁKOVÁ H., NOVOTNÁ K., SVOBODA I., 2011: *Function of vegetation in new landscape units after brown coal mining*, International Journal of Mining, Reclamation and Environment 25 (4), p. 367-376.
- PRACH K., 2010: *Divočina v české krajině. Vesmír: přírodovědecký časopis Akademie věd České republiky*. Praha: Vesmír 89, č. 12, p. 783-783.
- PRACH K., 2006: *Příroda pracuje zadarmo: Technické nebo přírodní rekultivace?*, Vesmír 85, p. 272 -277.
- PRACH K. et WALKER L. R., 2011: *Four opportunities for studies of ecological succession, Trends in Ecology & Evolution* 26, p. 119-123.
- PRACH K., LENCOVÁ K., ŘEHOUNKOVÁ K., DVOŘÁKOVÁ H., JÍROVÁ A., KONVALINKOVÁ P., MUDRÁK O., NOVÁK J., TRNKOVÁ R., 2013: *Spontaneous vegetation succession at different central European mining sites: a comparison across seres*. Environmental Science and Pollution Research 20 (11), p. 7680-7685.
- PRACH K., KAREŠOVÁ P., KONVALINKOVÁ P., KOUTECKÁ V., MUDRÁK O., NOVÁK J., ŘEHOUNEK J., ŘEHOUNKOVÁ K., TICHÝ L., TRNKOVÁ R., TROPEK L., 2009: *Ekologie obnovy narušených míst I. Obecné principy*, Živa 1, p. 22-24.
- PRACH K., KAREŠOVÁ P., KONVALINKOVÁ P., KOUTECKÁ V., MUDRÁK O., NOVÁK J., ŘEHOUNEK J., ŘEHOUNKOVÁ K., TICHÝ L., TRNKOVÁ R., TROPEK L., 2009: *Ekologie obnovy narušených míst II. Místa narušená těžbou surovin*, Živa 2, p. 68-72.

- PRACH K., BASTL M., KONVALINKOVÁ P., KOVÁŘ P., NOVÁK J., PYŠEK P., ŘEHOUNKOVÁ K., SÁDLO J., 2008: *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*, p. 140.
- PRACH K., PYŠEK P., BASTL M., 2001: *Spontaneous vegetation succession in human-disturbed habitats: A pattern across seres*, Applied Vegetation Science 4, p. 83-88.
- PŘIKRYL I., 2003: *Vody vznikající v souvislosti s těžbou uhlí*. In: Sborník z konference Hnědé uhlí, Most.
- QUITT E., 1971: *Klimatické oblasti Československa*. Brno: Geografický ústav ČSAV, 73 pp.
- ROJÍK P., 2004: *New stratigraphic subdivision of Tertiary in the Sokolov Basin in Northwestern Bohemia*, Journal of the Czech Geological Society 49/ 3–4, p. 173 – 185.
- ROJÍK P., ŘEHOŘ M., 2013: *Rekultivační substráty Sokolovska*, Zpravodaj Hnědé uhlí 2013 (4).
- ŘEHOUNKOVÁ K., ŘEHOUNEK J., JANOŠŤÁK J., 2007: *Pískovny za humny*, Calla, České Budějovice, 100 pp.
- ŘEHOUNEK J., ŘEHOUNKOVÁ K., PRACH K., 2010: *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi*, Calla, České Budějovice: 178 pp.
- SKÁCELOVÁ O., 2006: *Osídlení nově vzniklých biotopů na výsypce Sokolovského uhelného revíru sinicemi a řasami*, Zprávy ČBS, p. 141-150.
- SKLENIČKA P., 2003: *Základy krajinného plánování*, Naděžda Skleničková, Praha: 321 pp.
- SKLENIČKA P., KAŠPAROVÁ I., 2008: *Restoration of visual values in a post-mining landscape*, Journal of Landscape Studies 1, p. 1 – 10.
- SKLENIČKA P., PŘIKRYL I., SVOBODA I., LHOTA T., 2004: *Non-productive principles of landscape rehabilitation after long-term opencast mining in north-west Bohemia. The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy* 4, p. 83-88.

- SOMOGYI Z., CIENCIALA E., MÄKIPÄÄ R., MUUKKONEN P., LEHTONEN A., WEISS P., 2006: *Indirect methods of large forest biomass estimation*. Europe Journal of Forest Research, p. 197-207.
- SÝKOROVÁ Z., HAIŠOVÁ M., ŠŤASTNÝ J., CUDLÍN O., 2008: NÁRODNÍ PROGRAM VÝZKUMU II MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY. *Nové přístupy umožňující výzkum efektivních postupů pro rekultivaci a asanaci devastovaných oblastí, 2B08006, Ověření metodiky mapování aktuálního land use*. Praha, p. 6.
- ŠOURKOVÁ M., FROUZ J., FETTWEIS U., BENS O., HÜTTL R. F., ŠANTRŮČKOVÁ H., 2005: Soil development and properties of microbial biomass succession in reclaimed post mining sites near Sokolov (Czech Republic) and near Cottbus (Germany). *Geoderma* 129, p. 73 – 80.
- ŠTÝS S., 1981: *Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin*, SNTL, Praha, 678 pp.
- ŠTÝS S., BÍZKOVÁ R., RITSCHELOVÁ I., 2014: *Proměny Severozápadu*, Praha, ČSÚ, 182 pp.
- TER BRAAK C. J., ŠMILAUER P., 2012: *Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination (version 5.0)*. – Microcomputer Power, Ithaca, 496 pp.
- TICHÁ M., 2004: *Management péče o lokální centrum Hráza Kroměříž.*, 10 pp.
- TIMKO J., 2013: *Biomasa lesních a nelesních společenstev na Velké podkrušnohorské výsypce*, bakalářská práce ČZU v Praze, 81 pp.
- TROPEK R., KADLEC T., KAREŠOVÁ P., SPITZER L., KOČÁREK P., MALENOVSKÝ I., BANAR P., TUF I. H., HEJDA M., KONVIČKA M., 2010: *Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants*, *Journal of Applied Ecology* 1, p. 139 – 147.
- VELICHOVÁ V., 1995: *Sukcese na výsypkách v oblasti Sokolovské hnědouhelné pánve*, Bakalářská práce, JČU, České Budějovice, 46 pp.
- VOJAR J., DOLEŽALOVÁ J., SOLSKÝ M., 2012: *Hnědouhelné výsypky – nová příležitost (nejen) pro obojživelníky*, *Ochrana přírody* 5, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Environs, Praha: p. 8 – 11.

- VOŽENÍLEK V. et al., 2007: Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 255 pp.
- VRÁBLÍKOVÁ J., 2008: *Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, p. 142-143.
- VRÁBLÍKOVÁ J., VRÁBLÍK P., 2003: *Obnova půdního povrchu po těžbě*, Pedologické dny 2002: sborník z konference na téma degradace půdy, Vyd. 1. v Praze, Česká zemědělská univerzita, p. 181 – 182.
- VRÁBLÍK P., VRÁBLÍKOVÁ J., 2003: *Mikroklima porostů, poznatky ze sledování mikroklimatu na výsypkách*, sborník abstraktů, Česká bioklimatologická společnost, p. 29.
- VRÁBLÍKOVÁ J., ŠOCH M., VRÁBLÍK P., 2009: *Zpráva o řešení A418: Rekultivovaná krajina a její možné využití* UJEP, FŽP Ústí nad Labem, p. 82.
- WALKER L. R., DEL MORAL R., 2003: *Primary succession and ecosystem rehabilitation*, New York: Cambridge University Press, 442 pp.
- YOUNG, T. P., 2000: *Restoration ecology and conservation biology*, Biological Conservation 92, p. 73-83.
- ZIANIS D., MUUKKONEN P., MÄKIPÄÄ R., MENCUCCINI M., 2005: Biomass and stem volume equations for tree species in Europe, *Silva Fennica Monographs* 4, 63 pp.

10. Přílohy

Seznam příloh:

Příloha 1: Kompletní fytoocenologické snímky 1

Příloha 2: Kompletní fytoocenologické snímky 2

Příloha 3: Kompletní fytoocenologické snímky 3

Příloha 4: Tabulky indexů diverzity z ploch.

Příloha 1: Kompletní fytoocenologické snímky 1

název rostliny	pl 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E0	5	8	10	5	10	25	10	7	10	5
E1	30	24	16	43	29	81	75	44	32	74
<i>Agrostis tenuis</i>	1	1	1	1	1	2		3	1	5
<i>Achillea millefolium</i>									+	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>							1	1	2	2
<i>Artemisia vulgaris</i>										
<i>Astragalus glycyphyllos</i>					+	5		3	3	+
<i>Avenella flexuosa</i>	1					3			2	5
<i>Calamagrostis epigejos</i>	20	15	10	20	10	45	55	20	10	10
<i>Carlina vulgaris</i>							1	2		
<i>Centaurea jacea</i>		+			+	1				
<i>Cirsium arvense</i>		1			1	2	1		1	+
<i>Cirsium vulgare</i>										
<i>Dactylis glomerata</i>									1	1
<i>Daucus carota</i>		2	1	5	1	3	2	+	1	1
<i>Deschampsia cespitosa</i>	1			1				1	1	2
<i>Dryopteris filix-mas</i>		+								
<i>Echium vulgare</i>										
<i>Epilobium sp.</i>										1
<i>Epipactis helleborine</i>							+		1	
<i>Erucastrum gallicum</i>				1						
<i>Euphrasia rostkoviana</i>										
<i>Fragaria vesca</i>		1	1	3						5
<i>Hieracium sp.</i>	1		1	1	2	2	3	1	1	1
<i>Holcus mollis</i>										
<i>Hordeum murinum</i>										
<i>Hypericum perforatum</i>							1	1	2	+
<i>Hypochaeris radicata</i>				1	2	5	5	1	2	
<i>Chamerion angustifolium</i>	1	1			+	2				

<i>Lathyrus pratensis</i>									1	
<i>Leontodon autumnalis</i>	1	2	1	5	2					
<i>Leucanthemum vulgare</i>										
<i>Lotus corniculatus</i>							1	1	+	
<i>Lupinus polyphyllus</i>										
<i>Luzula sylvatica</i>									1	
<i>Lysimachia nummularia</i>										
<i>Medicago lupulina</i>			+					1		
<i>Melampyrum sylvaticum</i>										
<i>Melilotus albus</i>										
<i>Melilotus officinalis</i>									+	
<i>Phleum pratense</i>										
<i>Plantago lanceolata</i>										
<i>Potentilla anserina</i>								+		
<i>Pyrola minor</i>			+							+
<i>Rubus fruticosus</i>				3			1		1	40
<i>Tanacetum vulgare</i>	2	1			1	8		1		1
<i>Taraxacum officinale</i>	1				1	1		+		
<i>Trifolium arvense</i>					1		2	2	1	1
<i>Trifolium aureum</i>										
<i>Trifolium hybridum</i>								2	1	
<i>Trifolium repens</i>					2		3			
<i>Tussilago farfara</i>	1		1	2	5	2		5	1	1
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>										
<i>Vicia cracca</i>							+	+		+
E2	25	35	10	35	10	25	15	30	14	5
<i>Betula pendula</i>	5	20	5	15	5	20	5	5	5	
<i>Crataegus laevigata</i>									+	+
<i>Fagus sylvatica</i>										
<i>Frangula alnus</i>	5	+							3	5
<i>Larix decidua</i>			+					+		
<i>Picea abies</i>	5	5				+	5	5	3	
<i>Pinus sylvestris</i>	5									
<i>Quercus robur</i>		+	+		5			+		+
<i>Rosa canina</i>					+				+	+
<i>Salix caprea</i>	5	10	5	20		5	5	20	3	
<i>Sorbus aucuparia</i>							+			
E3	65	75	70	65	75	65	65	75	85	70
<i>Betula pendula</i>	20	20	25	20	15	15	20	10	40	25
<i>Fagus sylvatica</i>										
<i>Larix decidua</i>	+		+			+	+			
<i>Picea abies</i>	10	10	10	5	10	10	+		5	10
<i>Pinus sylvestris</i>	15	10	10	10	5	5	10		5	5

<i>Populus tremula</i>	+	15	+	10	20	15	20	20	5	10
<i>Pyrus communis</i>										
<i>Salix caprea</i>	20	20	25	20	25	20	15	45	30	20
Celkový počet druhů	16	17	16	16	22	18	21	24	30	29

Příloha 2: Kompletní fytoocenologické snímky 2

název rostliny	pl 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E0	8	10	10	5	10	15	15	10	10	5
E1	32	25	27	34	39	86	80	58	52	68
<i>Agrostis tenuis</i>	2	1		2	1		1	1	1	
<i>Achillea millefolium</i>								1		
<i>Arrhenatherum elatius</i>							2	1	2	1
<i>Artemisia vulgaris</i>	+									
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	+				5			7	2	2
<i>Avenella flexuosa</i>	1	1	2		3	2		1	2	
<i>Calamagrostis epigejos</i>	20	15	15	15	15	35	35	25	20	5
<i>Carlina vulgaris</i>								1		
<i>Centaurea jacea</i>				1			+	1		+
<i>Cirsium arvense</i>	2	1	1			10	2			1
<i>Cirsium vulgare</i>						+			+	+
<i>Dactylis glomerata</i>									1	
<i>Daucus carota</i>		1	1	2	+	2	1	1		
<i>Deschampsia cespitosa</i>			1						1	1
<i>Dryopteris filix-mas</i>										
<i>Echium vulgare</i>					+					
<i>Epilobium sp.</i>							1			
<i>Epipactis helleborine</i>									5	
<i>Erucastrum gallicum</i>										
<i>Euphrasia rostkoviana</i>							+			
<i>Fragaria vesca</i>		1	+		1	8	2		5	3
<i>Hieracium sp.</i>	1	1	2	5	2	3	5	1	1	1
<i>Holcus mollis</i>									1	
<i>Hordeum murinum</i>						+				
<i>Hypericum perforatum</i>							+	+		
<i>Hypochaeris radicata</i>				1	2	5	20	2	5	
<i>Chamerion angustifolium</i>	1	1			+	2				
<i>Lathyrus pratensis</i>									+	
<i>Leontodon autumnalis</i>	2	2	2	5	3					
<i>Leucanthemum vulgare</i>		+						+		
<i>Lotus corniculatus</i>				+			3	1		
<i>Lupinus polyphyllus</i>										

<i>Luzula sylvatica</i>										
<i>Lysimachia nummularia</i>										
<i>Medicago lupulina</i>							2		1	
<i>Melampyrum sylvaticum</i>									+	
<i>Melilotus albus</i>							+	1		+
<i>Melilotus officinalis</i>								+	+	
<i>Phleum pratense</i>										
<i>Plantago lanceolata</i>										
<i>Potentilla anserina</i>										
<i>Pyrola minor</i>		+								
<i>Rubus fruticosus</i>				3		3	+	1		50
<i>Tanacetum vulgare</i>	1		1			5		5	1	1
<i>Taraxacum officinale</i>	1		1		1	1				
<i>Trifolium arvense</i>						+	1	2	1	
<i>Trifolium aureum</i>										
<i>Trifolium hybridum</i>							2	3	3	
<i>Trifolium repens</i>					1		1			2
<i>Tussilago farfara</i>	1	1	1		5	10		3		1
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>										
<i>Vicia cracca</i>							2	+	+	
E2	25	30	20	25	15	15	5	35	20	15
<i>Betula pendula</i>	5	15	10	5	10	10		5	5	
<i>Crataegus laevigata</i>							+			5
<i>Fagus sylvatica</i>			+							
<i>Frangula alnus</i>									5	5
<i>Larix decidua</i>								5		
<i>Picea abies</i>	10	+	+	10		5		5		
<i>Pinus sylvestris</i>		+		5		+				
<i>Quercus robur</i>	+	5	10	+				5	+	+
<i>Rosa canina</i>							+		+	+
<i>Salix caprea</i>	10	10		5			5	15	10	
<i>Sorbus aucuparia</i>		+			5		+	+	+	5
E3	60	65	65	75	65	50	70	65	55	65
<i>Betula pendula</i>	25	25	20	25		20	10	10	30	25
<i>Fagus sylvatica</i>			+							
<i>Larix decidua</i>	+							+	+	+
<i>Picea abies</i>	10	10	10	5	5	15	5		5	5
<i>Pinus sylvestris</i>	5	5		5	10	+	5			10
<i>Populus tremula</i>	+	5	10	15	25		15	25	+	+
<i>Pyrus communis</i>									+	
<i>Salix caprea</i>	20	20	25	25	25	15	35	30	20	25
Celkový počet druhů	19	19	18	15	20	19	28	29	29	24

Příloha 3: Kompletní fytoocenologické snímky 3

název rostliny	pl 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E0	10	8	15	5	15	8	15	15	10	5
E1	45	56	19	28	39	70	64	63	68	64
<i>Agrostis tenuis</i>	5	1	1	1	1		2	1		
<i>Achillea millefolium</i>									1	
<i>Arrhenatherum elatius</i>							2	1	9	1
<i>Artemisia vulgaris</i>	1									
<i>Astragalus glycyphyllos</i>					5			5	8	+
<i>Avenella flexuosa</i>		1	2	2		3		2	5	2
<i>Calamagrostis epigejos</i>	30	30	10	15	15	40	35	25	15	10
<i>Carlina vulgaris</i>							+		1	
<i>Centaurea jacea</i>	+	1				2		2	1	
<i>Cirsium arvense</i>	1	1			+			2	+	
<i>Cirsium vulgare</i>		+				+				
<i>Dactylis glomerata</i>									1	
<i>Daucus carota</i>	+	5		5	+	5	1	2	1	1
<i>Deschampsia cespitosa</i>	1	1				2		1	1	2
<i>Dryopteris filix-mas</i>										
<i>Echium vulgare</i>						+				
<i>Epilobium sp.</i>							1		1	+
<i>Epipactis helleborine</i>							1		2	
<i>Erucastrum gallicum</i>						+				
<i>Euphrasia rostkoviana</i>										
<i>Fragaria vesca</i>		1	1	2			1		3	1
<i>Hieracium sp.</i>	1	2	1	1	2	3	2	1	1	1
<i>Holcus mollis</i>									1	
<i>Hordeum murinum</i>					+					
<i>Hypericum perforatum</i>						+	+	1	+	+
<i>Hypochaeris radicata</i>					2	3	5	3	2	
<i>Chamerion angustifolium</i>		1	2	1	1	1				
<i>Lathyrus pratensis</i>									+	
<i>Leontodon autumnalis</i>	3	8	1	1						1
<i>Leucanthemum vulgare</i>						5		+		
<i>Lotus corniculatus</i>							1	3		
<i>Lupinus polyphyllus</i>								+	5	
<i>Luzula sylvatica</i>									1	
<i>Lysimachia nummularia</i>	+									
<i>Medicago lupulina</i>		+			2		1			
<i>Melampyrum sylvaticum</i>										
<i>Melilotus albus</i>		+						2		

<i>Melilotus officinalis</i>			+					1	+		
<i>Phleum pratense</i>			1							1	1
<i>Plantago lanceolata</i>									+		
<i>Potentilla anserina</i>										+	
<i>Pyrola minor</i>				1	+						
<i>Rubus fruticosus</i>									+		40
<i>Tanacetum vulgare</i>	2								5	3	
<i>Taraxacum officinale</i>			1			1	1				
<i>Trifolium arvense</i>									1		
<i>Trifolium aureum</i>						2					
<i>Trifolium hybridum</i>								8	3		
<i>Trifolium repens</i>			1			3		2		2	1
<i>Tussilago farfara</i>	1	1				5	5		2	2	2
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>										1	
<i>Vicia cracca</i>								1	1		1
E2	15	20	15	35	20	20	5	15	30	20	
<i>Betula pendula</i>	5	10	5	15	10	15				5	
<i>Crataegus laevigata</i>											5
<i>Fagus sylvatica</i>				+							+
<i>Frangula alnus</i>										5	5
<i>Larix decidua</i>					+				+		
<i>Picea abies</i>	5			10	5	+	+	10	5		
<i>Pinus sylvestris</i>			+								
<i>Quercus robur</i>	+	5	5	+		+	+	5			5
<i>Rosa canina</i>	+									5	5
<i>Salix caprea</i>	5	5	5	10	5	5	5			10	
<i>Sorbus aucuparia</i>								+			
E3	75	50	70	70	75	55	75	70	60	65	
<i>Betula pendula</i>	25	20	20	15	20		30	5	25	25	
<i>Fagus sylvatica</i>											
<i>Larix decidua</i>	+			+	+						
<i>Picea abies</i>	10		5	5	15	10				5	10
<i>Pinus sylvestris</i>	5	10	+	5	5	10	10			5	5
<i>Populus tremula</i>	15		15	20	10	15	10	30	+		5
<i>Pyrus communis</i>											
<i>Salix caprea</i>	20	20	30	25	25	20	25	35	25	20	
Celkový počet druhů	19	23	26	16	20	20	24	30	34	26	

Příloha 4: Tabulky indexů diverzity z ploch

	indices/pl	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3
E1	Dominance_D	0,4578	0,4082	0,4657	0,4132	0,379	0,3202
	Simpson_1-D	0,5422	0,5918	0,5343	0,5868	0,621	0,6798
	Shannon_H	1,358	1,463	1,256	1,1937	1,539	1,738
	Evenness_e^H/S	0,3888	0,4321	0,3903	0,4919	0,466	0,379
	Equitability_J	0,5897	0,6356	0,5718	0,6588	0,668	0,6417
E2	Dominance_D	0,2	0,36	0,3333	0,4286	0,389	0,375
	Simpson_1-D	0,8	0,64	0,6667	0,5714	0,611	0,625
	Shannon_H	1,609	1,055	1,099	0,9557	1,011	1,4,2015
	Evenness_e^H/S	1	0,9572	1	0,8668	0,9165	0,9428
	Equitability_J	1	0,9602	1	0,8699	0,9206	0,9464
E3	Dominance_D	0,2663	0,3194	0,2444	0,2178	0,2781	0,36
	Simpson_1-D	0,7337	0,6806	0,7556	0,7822	0,7219	0,64
	Shannon_H	1,352	1,237	1,1,1949	1,564	1,00	1,055
	Evenness_e^H/S	0,966	0,861	0,8872	0,9557	0,8214	0,9572
	Equitability_J	0,2663	0,8921	0,9256	0,9718	0,8778	0,9602

	indices/pl	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3
E1	Dominance_D	0,4141	0,3333	0,313	0,258	0,2543	0,3342
	Simpson_1-D	0,5859	0,6667	0,687	0,742	0,7457	0,6658
	Shannon_H	1,333	1,637	1,587	1,808	1,1,1968	1,495
	Evenness_e^H/S	0,542	0,5141	0,6109	0,5544	0,6706	0,5574
	Equitability_J	0,6853	0,7111	0,763	0,754	0,8078	0,719
E2	Dominance_D	0,5	0,5	0,3333	0,5102	0,28	0,3469
	Simpson_1-D	0,5	0,5	0,6667	0,4898	0,72	0,6531
	Shannon_H	0,6931	0,6931	1,099	0,6829	1,332	1,079
	Evenness_e^H/S	1	1	1	0,9898	0,9473	0,9806
	Equitability_J	1	1	1	0,9852	0,961	0,9821
E3	Dominance_D	0,2959	0,2899	0,3163	0,2426	0,2711	0,2653
	Simpson_1-D	0,7041	0,7101	0,6837	0,7574	0,7289	0,7347
	Shannon_H	1,291	1,306	1,1,2024	1,499	1,415	1,433
	Evenness_e^H/S	0,9095	0,9229	0,8636	0,8951	0,8236	0,838
	Equitability_J	0,9316	0,9422	0,8942	0,9311	0,8794	0,8902

	indices/pl	5.1	5.2	5.3	6.1	6.2	6.3
E1	Dominance_D	0,1748	0,2005	0,1992	0,3321	0,2123	0,3494
	Simpson_1-D	0,8252	0,7995	0,8008	0,6679	0,7877	0,6506
	Shannon_H	2,105	1,969	1,983	1,709	1,966	1,615
	Evenness_e^H/S	0,6837	0,6514	0,6602	0,4247	0,5954	0,457
	Equitability_J	0,847	0,8212	0,8268	0,6661	0,7913	0,6734
E2	Dominance_D	0,5	0,3889	0,375	0,68	0,5556	0,625
	Simpson_1-D	0,5	0,6111	0,625	0,32	0,4444	0,375

	Shannon_H	0,6931	1,011	1,4	0,5004	0,6365	0,5623
	Evenness_e^H/S	1	0,9165	0,9428	0,8247	0,9449	0,8774
	Equitability_J	1	0,9206	0,9464	0,7219	0,9183	0,8113
E3	Dominance_D	0,1976	0,3254	0,2444	0,2308	0,34	0,2727
	Simpson_1-D	0,8024	0,6746	0,7556	0,7692	0,66	0,7273
	Shannon_H	1,687	1,1,2022	1,1,1949	1,525	1,089	1,342
	Evenness_e^H/S	0,9008	0,847	0,8872	0,9188	0,9903	0,9568
	Equitability_J	0,9417	0,8802	0,9265	0,9474	0,9912	0,9681

	indices/pl	7.1	7.2	7.3	8.1	8.2	8.3
E1	Dominance_D	0,5336	0,2637	0,3369	0,2286	0,2188	0,1847
	Simpson_1-D	0,4664	0,7363	0,6631	0,7714	0,7812	0,8153
	Shannon_H	1,202	1,832	1,688	2,057	2,138	2,321
	Evenness_e^H/S	0,2771	0,4164	0,3864	0,5218	0,4712	0,5363
	Equitability_J	0,4836	0,6765	0,6397	0,7598	0,7397	0,7884
E2	Dominance_D	0,3333	1	1	0,5	0,2653	0,5556
	Simpson_1-D	0,6667	0	0	0,5	0,7347	0,4444
	Shannon_H	1,099	0	0	0,8676	1,475	0,6365
	Evenness_e^H/S	1	1	1	0,7937	0,8743	0,9449
	Equitability_J	1			0,7897	0,9165	0,9183
E3	Dominance_D	0,2663	0,3265	0,3067	0,4489	0,3846	0,4388
	Simpson_1-D	0,7337	0,6735	0,6933	0,5511	0,6154	0,5612
	Shannon_H	1,352	1,332	1,27	0,9276	1,012	0,8982
	Evenness_e^H/S	0,966	0,7575	0,8902	0,8428	0,9173	0,8184
	Equitability_J	0,975	0,8274	0,9161	0,8444	0,9215	0,8176

	indices/pl	9.1	9.2	9.3	10.1	10.2	10.3
E1	Dominance_D	0,1194	0,1864	0,1008	0,3099	0,551	0,4199
	Simpson_1-D	0,8806	0,8136	0,8992	0,6901	0,449	0,5801
	Shannon_H	2,589	2,191	2,672	1,732	1,135	1,429
	Evenness_e^H/S	0,7009	0,5592	0,6288	0,4038	0,283	0,321
	Equitability_J	0,8793	0,7904	0,852	0,6563	0,4735	0,557
E2	Dominance_D	0,2653	0,375	0,2222	1	0,3333	0,25
	Simpson_1-D	0,7347	0,625	0,7778	0	0,6667	0,75
	Shannon_H	1,358	1,4,2015	1,561	0	1,099	1,386
	Evenness_e^H/S	0,9721	0,9428	0,9524	1	1	1
	Equitability_J	0,9796	0,9464	0,9697		1	1
E3	Dominance_D	0,3564	0,438	0,3611	0,2551	0,3254	0,2781
	Simpson_1-D	0,6436	0,562	0,6389	0,7449	0,6746	0,7219
	Shannon_H	1,222	0,9165	1,144	1,47	1,22	1,415
	Evenness_e^H/S	0,679	0,8335	0,7846	0,87	0,847	0,8214
	Equitability_J	0,7594	0,8342	0,825	0,9134	0,8802	0,8778