

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Biologická fakulta



Bakalářská práce

Sukcese vegetace na mosteckých výsypkách v závislosti na typu substrátu



Radka Urbanová
Školitel: prof. RNDr. Karel Prach, CSc.
2005

Urbanová R. 2005. Sukcese vegetace na mosteckých výsypkách v závislosti na typu substrátu. [Succession of vegetation on dumps in Most on according to a type of the substrat.] – University of South Bohemia, Faculty of Biological Science, České Budějovice, Czech Republic, 26 p.

Anotace

Succession of vegetation on dumps was studied on two types of coal mine substratum – sand and clay, and a mixture was also considered. Species composition and vegetation cover were analysed in 50 plots of the size of 6x4 m and arranged along a transect across the spoil heap. Soil samples for chemical analysis were taken from each site. Results were elaborated using multivariate methods. It was found a significant influence of soil pH on vegetation composition.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně, pouze s použitím citované literatury.

12. května 2005 ... *Radka Mrazová*

Tato práce byla podporována grantem GA ČR K. Pracha

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala mému školiteli K. Prachovi za pomoc a připomínky k této práci. Další dík patří Marii Albrechtové za pomoc při laboratorních analýzách, Pavlovi Kepkovi za pomoc při statistickém zpracovávání, Tereze Lamošové za pomoc při úpravách této práce. Samozřejmě děkuji také svým rodičům, bratrovi za motivaci a svým nejbližším přátelům za trpělivost a podporu.

Obsah:

1. Úvod	1
1.1 Sukcese	1
1.2 Sukcese na výsypkách	3
1.3 Cíle práce.....	4
2. Metodika	5
2.1. Popis lokality	5
2.2. Sběr dat	5
2.3. Chemické analýzy	6
2.3.1. Stanovení pH	6
2.3.2. Stanovení obsahu uhličitánů.....	6
2.3.3. Stanovení obsahu síranů.....	7
2.3.4. Stanovení specifické elektrické vodivosti	7
2.4. Zpracování dat	8
3. Výsledky	9
3.1. Výsledky měření chemických analýz	9
3.2. Výsledky snímkování	13
3.3. Vizualizace závislosti druhových dat na charakteristikách prostředí	15
3.4. Analýza závislosti druhových dat na pH	16
3.5. Analýza závislosti druhových dat na typu substrátu	17
3.6. Analýza závislosti počtu druhů na pH u různých typů substrátu.....	18
4. Diskuse	19
5. Závěr	22
6. Literatura	23
Přílohy	26

1. Úvod

Sukcese

Spontánní sukcesní procesy jsou velmi důležitou součástí ekologické obnovy narušených lokalit i celé krajiny (Walker & del Moral 2003). Sukcese se tradičně dělí na primární a sekundární (Glenn-Lewin et al. 1992), i když toto dělení je v poslední době považováno za méně podstatné než dříve, spíše s okrajovými důsledky pro vlastní průběh sukcese (van Andel et al. 1993 aj.). Primární sukcese probíhá na stanovišti, kde není vyvinuta půda a nejsou přítomny diaspory rostlin, sekundární naopak na již vyvinuté půdě s přítomnou zásobou semen (Glenn-Lewin et al. 1992). K sekundární sukcesí dochází v důsledku narušení (disturbance) již existujícího společenstva. Disturbance způsobující sekundární sukcesí mohou být např. vichřice, požár anebo také opuštění zemědělsky obdělávaného pole (Glenn-Lewin et al. 1992).

Vysvětlit děje probíhající v minulosti a na základě toho předpovědět sukcesní procesy, které by mohly následovat, se pokusili např. Connell & Slatyer (1977) pomocí různých modelů (mechanismů) sukcese:

- Facilitační mechanismus klade důraz na imigraci nových příchozích druhů. Tito „nově příchozí“ aktivně vytlačují stávající druhy v konkurenci o dostupnost zdrojů a příznivých podmínek stanoviště. Ovšem ti předchozí imigraci nových druhů vlastně umožnily úpravou stanovištních podmínek. Tento proces je označován jako facilitace a může sehrát zásadní roli v raně sukcesím stadiu, neboť výskyt pozdějších druhů úzce souvisí s existencí předchozích druhů.

- Toleranční mechanismus předpokládá, že změny vyvolané raně sukcesními druhy mají velmi malý nebo vůbec žádný vliv na pozdější druhy. Jedná se o toleranci. V rámci tohoto mechanismu může docházet k procesu, kdy nově příchozí druhy jsou schopny vytlačit druhy předchozí v důsledku jejich vyšší tolerance k snižujícím se zdrojům.

- Inhibiční mechanismus předpokládá, že dříve příchozí znemožňují uchycení jiných druhů. Ty se mohou uchytit až tehdy, pokud dojde k odumření dřívějších druhů. To se může stát působením nějakých lokálních disturbancí nebo činností herbivorů či parazitů nebo odumřením v důsledku jejich zestárnutí. U takovýchto společenstev je vývoj k předpokládanému závěrečnému stadiu sukcese přechodně pozastaven.

Grime (1979) popisuje sukcesní změny pomocí jím navržených životních strategií druhů. Předpokládá, že sukcese začíná uchycením druhů, které jsou dobře adaptovány na časté disturbance (R-stratégové), dále pokračuje stupněm úspěšných kompetitorů (C-stratégové) a končí druhy dobře snášejícími stres (S-stratégové). Toto základní schéma však může mít různé modifikace.

Noble & Slatyer (1980) se pokusili charakterizovat vlastnosti druhů, které ovlivňují úspěšnost druhu v sukcesi. Tyto vlastnosti jsou označovány jako „vitální atributy“ (vital attributes). První ukazuje způsob regenerace druhu po disturbanci. Druhým hlavním atributem je schopnost množení navzdory kompetici.

I když neexistuje ucelená a jednoznačná teorie sukcese, všechny výše uvedené koncepty přispívají větší či menší mírou k pochopení a interpretaci sukcesních procesů na konkrétních narušených stanovištích.

Sukcese na výsypkách

Těžební aktivity vytváří rozsáhlé, zcela zdevastované plochy, čímž se otevírá nový prostor vhodný pro kolonizaci organismy. Některá místa jsou technicky rekultivována, ovšem některá jsou ponechána ladem bez jakékoli úpravy. Potom sukcese začíná na „nevyvinutém“ stanovišti, na substrátu, jenž nemá žádnou semennou banku a nebyl dříve (v minulosti jen v třetihorách) kolonizován organismy. Ovšem může se stát, že nějaké malé množství diaspor vnikne do substrátu během transportu na výsypku, což může samozřejmě ovlivnit vývoj vegetace. Výsypky jsou výborným objektem pro studium sukcese, nejen pro přesně známé stáří výsypkového substrátu, ale také pro jeho značnou rozlohu a v řadě případů i homogenitu (Prach, 1987). Proto je tomuto problému věnováno poměrně hodně prací nejen v Evropě.

Ve Spojených státech byly dělány studie na výsypkách ve státu Oklahoma (Gibson et al. 1985), v Pensylvánii (Brenner et al. 1984) nebo např. v Marylandu a v západní Virginii (Hardt & Forman 1989). V Evropě byla studována sukcese mimo naši republiku také např. v Maďarsku (Szegi et al. 1988), ve Velké Británii (Malik & Scullion, 1998) a v Německu, v oblasti Porýní (Wolf 1985, Jochimsen 1996), okolí Halle (Kirmer & Mahn 2001) a v Dolní Lužici (Wiegleb & Felinks 2001). Pozorování nebyla věnována pouze sukcesi vegetace (Wolf, 1985), ale také vývoji substrátu, tedy především změnám obsahu organické hmoty v substrátu na spontánně zarůstajících nebo na technicky rekultivovaných místech (Malik & Scullion 1998). U nás byla většina studií dělána na severozápadě Čech, v oblasti Mostecké hnědouhelné pánve (Prach 1987, Toběrná 1977, Volf a kol. 1985).

Spontánní sukcese se jeví jako proces mnoha příčin a výskyt jednotlivých druhů je závislý na komplexu edafických a klimatických faktorů (Gibson et al. 1985). Dalšími

důležitými faktory pro pozdější vývoj vegetace na výsypkách jsou vlhkost a organický obsah v substrátu (Brenner et al. 1984). Zásadní je vstup diaspor z okolí, tzv. *species pool* (Bakker et al. 1996). Prvními rostlinnými kolonizátory bývají zpravidla anemochorní druhy (*Tussilago farfara*, *Cirsium arvense*, *Senecio viscosus* a další) (Toběrná 1977). Jiným, velmi důležitým typem transportu semen je zoochorie, zejména ornitochorie (Wolf 1985). V iniciálních stádiích převažují jednoleté rostliny. Mohou to být *Poa annua*, *Senecio viscosus* (Wolf 1985) nebo u nás *Polygonum lapathifolium*. Mají zpravidla nízkou pokryvnost a jsou dominantami v prvních několika letech (3-5 let) (Prach 1987). Později se začínají objevovat dvouleté a vytrvalé byliny. Přičemž zásadní se ukazuje být schopnost vegetativního množení např. u *Calamagrostis epigeios* a *Poa angustifolia* (Wolf 1985). Místy se mohou v pozdějších stádiích vyskytovat i dřeviny (*Populus tremula*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*), jejichž výskyt bývá častější až po desátém roce sukcese (Wolf 1985).

Obnova krajiny po těžbě je v současné době hodně diskutovaným problémem. Stále ovšem převládají technické přístupy, jenž bývají hodně ekonomicky náročné. Ty ani příliš nerespektují poznatky ekologie (Štýs 1981).

Biologické přístupy se snaží vytvořit takový krajinný plán, který by odpovídal možnostem a posílil potenciál krajiny (Szegi et al. 1988). Nicméně ve vyspělých zemích (Anglie, Holandsko) se problému obnovy krajiny, s přihlédnutím k ekologickým poznatkům, věnuje mnohem více prostoru než je tomu bohužel u nás.

Cíle práce

1. Porovnat sukcesí stadia na Radovesické výsypce v závislosti na typech substrátu.
2. Zjistit, zda a jaký vliv má chemismus substrátu na složení vegetace.

2. Metodika

2.1 Lokalita

Moje data jsem nashromáždila na Radovesické výsypce. Jedná se o hnědouhelnou výsypku nacházející se v oblasti Mostecké pánve, v blízkosti města Bílina (17000 obyvatel, nadmořská výška 207m.n.m.). Výsypku tvoří dva základní typy substrátu: písky a jíly, které se střídají v poměrně rychlém sledu, většinou v pásích, tak jak byly zakládány na výsypku. Jsou to třetihorní usazeniny. Podle údajů společnosti Doly Bílina, výsypka byla ve sledované části nasypána koncem r. 1995, tzn. vegetační analýzy byly dělány v 9. vegetační sezóně. Na dané lokalitě se nacházel jemný písek i písek s kameny, tmavý střípkatý i světlý sypký jíl. Samozřejmě se vyskytovala i směs písků a jílu, a to v různém poměru.

2.2 Sběr dat

Na dané lokalitě jsem zaznamenala druhové složení a pokryvnost na 50 plochách o rozměru 6x4m v liniovém transektu, cca 600m dlouhém, napříč výsypkou. Jednotlivé plochy byly vybírány podle typu substrátu. Jednalo se tedy o plochy s písčitým typem substrátu, jílovitým typem substrátu a směsí obou dvou předchozích typů.

Z padesáti fytoocenologických snímků jsem zaznamenala 18 na jílu, 17 na písku a 15 na směsích. Z každé plošky jsem odebrala půdní vzorek, který byl dále laboratorně zpracováván.

Vzorky byly upraveny pro půdní výluhy (tzn. pomlety a přesáty přes síto – 2mm) a následně byly stanoveny hodnoty pH, SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , CaCO_3 a hodnoty vodivosti.

2.3 Chemické analýzy

Všechny analýzy byly dělány z půdních vzorků vysušených při pokojové teplotě.

2.3.1. Stanovení pH

Původní substrát, organická hmota v substrátu, kationtová výměnná kapacita ovlivňují hodnoty pH. Kationtová výměnná kapacita vyjadřuje schopnost půdy vázat živiny, tedy udává kolik iontů může být přitahováno půdou. Mezi hlavní zdroje kyselosti půd patří aktivní kyselost, výměnná kyselost a reziduální kyselost (Němeček a kol. 1990).

Měřily se hodnoty aktivního i výměnného pH. Aktivní pH vyjadřuje koncentraci H^+ ve vodném roztoku. Hodnoty výměnného pH se stanovují pomocí roztoku KCl a udávají množství iontů vázaných na povrch koloidů v substrátu.

Stanovení pH se provádělo pomocí vhodného pH-metru v půdní suspenzi v poměru vyluhovací roztok : půda = 5 : 1 (v/v). Mezi vyluhovacím roztokem a půdou dojde k ustavení rovnováhy mezi ionty vodíku a ionty vázanými v sorpčním komplexu půdy. Aktivita iontů vodíku se měřila v půdní suspenzi skleněnou iontově selektivní elektrodou.

Stabilní odečítaný údaj (tj. hodnota pH, jejíž změna za 5s není větší než 0,02 jednotek pH) byl zaznamenán do tabulky.

2.3.2. Stanovení obsahu uhličitánů

Uhličitany se v půdě mohou vyskytovat ve formě kalcitu a aragonitu ($CaCO_3$), dolomitu ($CaMg(CO_3)_2$), sideritu ($FeCO_3$), rhodochrositu ($MnCO_3$) (Němeček a kol. 1990).

Používaná stanovení uhličitanů včetně metody ISO jsou založena na uvolňování oxidu uhličitého z uhličitanů obsažených v půdě. Uhličitan v půdě se rozkládají kyselinou chlorovodíkovou, čímž dochází k uvolňování oxidu uhličitého, který je úměrný obsahu uhličitanů ve vzorku. Výsledek je udáván jako obsah uhličitanu vápenatého ve vzorku.

2.3.3. Stanovení obsahu síranů

Sírany jsou zdrojem dalšího velmi důležitého prvku, a to síry. Ta je tedy v podobě síranů transportována do buňky, redukována do formy HS a poté zabudována do aminokyselin (Němeček a kol. 1990)

Obsah síranů byl stanovován ve vodném výluhu (10g vzorku substrátu na 100ml roztoku) metodou kapilární izotachografie na ITP analyzátoru ZKI-01 na výstup na PC. Obsah anionu se následně vypočte ze simultánního záznamu z vodivostního detektoru. Při analýze byl použit vodící elektrolyt o složení: kyselina chlorovodíková, bistrispropan, beta-alanin, hydroxyethylcelulosa, jako zakončující elektrolyt kyselina citrónová.

2.3.4. Stanovení specifické elektrické vodivosti

Ve vodě rozpustné elektrolyty jsou vyextrahovány v poměru půda : voda = 1 : 5 a byly stanoveny na základě zvýšení specifické elektrické vodivosti extraktu výluhu po filtraci. Pro měření byl použit konduktometr s vodivostní celou.

2.4 Zpracování dat

Statistické analýzy jsem vyhodnocovala v programu STATISTIKA 6 (Anon. 1999). Mnohonásobné analýzy jsem zpracovávala v programu CANOCO (ter Braak & Šmilauer 2002).

Na základě délek gradientu z DCA analýzy druhových dat jsem se rozhodla pro unimodální metodu CCA (gradient dosáhl hodnoty 3,302). Pro testování vlivu chemických vlastností substrátu na druhové složení jsem zvolila kanonickou korespondenční analýzu CCA. Jako druhová data jsem zvolila druhové složení vegetace, jako environmentální data chemické vlastnosti substrátu a jako nominální proměnné typ substrátu, kde jsem oddělila kyselý písek od bazického. Při zjišťování závislosti druhového složení na pH jsem se také rozhodla pro kanonickou korespondenční analýzu CCA.

Pro analýzu závislosti druhového složení na jednotlivých typech substrátu jsem zvolila kanonickou korespondenční analýzu CCA. Jako druhová data jsem opět použila druhové složení a jako environmentální data typy substrátu.

3. Výsledky

3.1. Výsledky měření chemických analýz

Jílovitý substrát

Plochy na jílovitém substrátu byly až na pár výjimek (vzorek č.44 a č.13) poměrně druhově bohaté. Nejčastěji se vyskytovaly plochy s počtem druhů okolo patnácti a výše. Maximum druhů bylo zaznamenáno u vzorku č.23 – 23 druhy. minimální počet druhů v ploše bylo 6, a to u vzorku č.13. Průměrný počet druhů na snímek je tedy 15 (SD = 4,18) (viz Tab. 1).

Hodnoty pH měřených vzorků jílu se pohybují víceméně v neutrální rovině. Maximální hodnota byla naměřena u vzorku č.13, a to 8,29. Vzorek s nejnižší hodnotou nemohu určit jednoznačně, neboť uvažujeme-li pH(KCl), pak je to vzorek č.43. Ovšem podle hodnot pH(H₂O) by to měl být vzorek č.21. Celková průměrná hodnota pH u jílu činí pro pH(KCl) 7,36 (SD = 0,239) a pro pH(H₂O) 7,79 (viz Tab. 1) (SD = 4,179).

Hodnoty vodivosti se pohybují v rozmezí od 51,6 μ S/cm (minimální hodnota, vzorek č.2) – 132,0 μ S/cm (maximální hodnota, vzorek č.22). Většina hodnot se pohybuje řádově v desítkách nad 50 μ S/cm, výjimku tvoří vzorky č. 22, 23 a vzorek č. 43 (viz Tab. 1).

Hodnoty ^{Ca}CO₃²⁻ se pohybují v rozmezí od 0,66 % (minimální hodnota, vzorek č.26) do 6,73 % (maximální hodnota, vzorek č.3). Hodnoty se pohybují okolo jednoho procenta, výjimku tvoří především vzorky č.3 a č.45 (viz Tab. 1).

Maximum hodnot CaCO₃ je u vzorku č.3, 67278,7 mg/1000g, minimum bylo naměřeno u vzorku č.50. U tohoto vzorku jsme nenaměřili žádný obsah CaCO₃ (viz Tab. 1).

Hodnoty SO_4^{2-} se pohybovaly od maximální hodnoty 154,57mg/1000g (vzorek č.22) do nejnižší hodnoty menší než 0,5 mg/1000g (minimum, vzorek č.23) (viz Tab. 1).

Písčité substrát

Na plochách s písčitém substrátem jsem zaznamenala poměrně malé druhové složení. Nejvíce jsem našla plochy s počtem druhů okolo 7 (tj. průměrný počet druhů na snímek, SD = 2,47). Maximální počet druhů na snímek jsem zaznamenala u vzorku č.6, 15 druhů. Minimální počet druhů na snímek byl 3 druhy u vzorku č.32 (viz Tab. 1).

Hodnoty pH písčitého substrátu se nacházejí převážně v kyselé oblasti. Většina naměřených hodnot pH se pohybuje okolo 4,5. Typ substrátu s takovým pH (nacházející se v kyselé oblasti) je dále označován jako kyselý písek. Minimální hodnotu u kyselých písků jsem zaznamenala u vzorku č.24, a to 3,58. Maximální hodnota pH pro kyselý písek je 6,56 (vzorek č.37). Průměrná hodnota pH(KCl) je 4,47 (SD = 0,67), u pH(H₂O) je 5,11 (SD = 0,56) (viz Tab. 1).

Ovšem byly naměřeny i hodnoty bazické (u vzorku č.6, č.17, č.18, č.19). Tento typ substrátu je dále označován jako bazický písek. Nejvyšší hodnota pH u bazických písků je u vzorku č.6, a to 8,40. Minimální hodnota u bazických písků byla naměřena u vzorku č.17, a to 7,75. Průměrná hodnota pH(KCl) je 8,00 (SD = 0,18), u pH(H₂O) je 8,18 (SD = 0,14) (viz Tab. 1).

Hodnoty vodivosti se pohybují v rozmezí od 16,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (minimální hodnota, vzorek č.32) do 169,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (maximální hodnota, vzorek č.37). Většina hodnot se pohybuje řádově v desítkách pod 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$, výjimku tvoří vzorky č.20, č.37, č.18 (viz Tab. 1).

Hodnoty obsahu CO_3^{2-} a CaCO_3 u kyselých písků nebyly vůbec zaznamenány (mimo vzorku č.37), hodnoty CO_3^{2-} bazických písků se pohybují od 0,59% (minimální hodnota, vzorek č.37) do 1,63 % (maximální hodnota, vzorek č.6) (viz Tab. 1).

Hodnoty SO_4^{2-} se pohybovaly od maximální hodnoty 237,86 mg/1000g (vzorek č.6) do nejnižší hodnoty menší než 0,5 mg/1000g (minimum, vzorek č.31) (viz Tab. 1).

Směs

Počet druhů u směsí se pohybuje od počtu 7 (minimální počet, vzorek č.11 a č.30) do 14 druhů (maximální hodnota, vzorek č.48). Průměrný počet druhů na snímek je 9 druhů (SD = 2,16) (viz Tab. 1).

Hodnoty pH u směsí se z větší části vyskytují v neutrální až bazické oblasti, kromě vzorků č.30, č.34, č.36 (kyselé pH). Vzorek s nejvyšší hodnotou pH je vzorek č.7, a to $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 8,42$. Nejnižší hodnotu pH u směsí jsem zaznamenala u vzorku č.34, a to $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 4,92$. Průměrná hodnota $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ je 7,54 (SD = 0,92), průměrná hodnota $\text{pH}(\text{KCl})$ je 7,21 (SD = 1,12) (viz Tab. 1).

Hodnoty vodivosti se pohybují od 51,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (minimální hodnota, vzorek č.29) do 150,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (maximální hodnota, vzorek č.30). Většina hodnot se pohybuje řádově v desítkách okolo 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, výjimku tvoří vzorky č.10, č.30, č.41 a č.48. Jejich hodnoty vodivosti se nacházejí v oblasti nad 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (viz Tab. 1).

Minimální hodnota obsahu CO_3^{2-} a CaCO_3 u směsí byla zaznamenána u vzorku č.30, a to žádný obsah. Maximum bylo naměřeno u vzorku č.7, 2,03 % CO_3^{2-} (viz Tab. 1).

Hodnoty SO_4^{2-} se pohybovaly od maximální hodnoty 202,27 mg/1000g (vzorek č.11) do nejnižší hodnoty 16,53 mg/1000g (minimum, vzorek č.6) (viz Tab. 1).

Tab. 1: Výsledky chemických analýz s počty druhů na snímek a typem substrátu (J - jíl, BP - bazický písek, KP - kyselý písek, S - směs)

vzorek	typ subst.	pH(KCl)	pH(H ₂ O)	vodivost μS/cm	CO ₃ %	CaCO ₃ mg/1000g	SO ₄ mg/1000g	počet dr.	celková pokryvnost %
1	J	7,22	7,80	67,7	0,66	6620,4	20,35	19	80
2	J	7,27	7,78	51,6	2,50	24999,0	119,85	18	70
3	J	7,04	7,61	57,5	6,73	67278,7	117,18	17	90
4	J	7,56	7,68	69,4	2,97	29718,8	75,36	18	60
5	J	7,58	7,95	52,6	1,22	12244,2	135,56	22	70
6	BP	8,24	8,40	57,6	1,63	16261,8	237,86	15	70
7	S	8,23	8,42	82,7	2,03	20278,8	165,27	9	5
8	S	7,64	8,03	67,3	0,71	7122,6	57,24	10	50
9	KP	4,92	5,28	60,2	0,00	0,0	49,65	5	60
10	S	8,13	8,40	120,9	0,72	7222,8	88,68	12	50
11	S	7,95	8,22	92,0	1,31	13147,8	101,46	7	50
12	S	7,64	8,12	53,8	0,72	7222,8	145,42	6	90
13	J	7,81	8,29	57,2	1,70	16964,4	34,99	6	90
14	S	7,71	8,05	63,0	1,90	18972,6	40,24	8	70
15	S	7,39	7,71	64,7	0,49	4912,8	155,63	8	40
16	S	7,43	7,73	81,2	0,74	7423,8	202,27	11	50
17	BP	7,75	8,02	49,0	0,70	7022,2	215,33	5	40
18	BP	7,93	8,10	109,2	0,72	7223,0	81,82	7	50
19	BP	8,07	8,18	69,9	1,14	11441,0	11,46	7	40
20	KP	3,91	4,45	77,8	0,00	0,0	119,66	6	40
21	J	7,32	7,50	65,1	0,94	9432,4	15,73	14	70
22	J	7,49	7,93	132,0	0,99	9934,6	154,57	12	80
23	J	7,28	7,76	121,5	2,05	20479,4	<0,5	23	60
24	KP	3,58	4,28	57,6	0,00	0,0	79,68	9	60
25	J	7,15	7,74	61,1	1,22	12244,4	31,45	14	70
26	J	7,21	7,69	75,3	0,66	6620,4	21,06	16	80
27	J	7,23	7,75	54,2	1,18	11842,7	18,53	15	60
28	J	7,45	7,79	80,0	1,65	16462,3	16,53	17	70
29	S	7,50	7,77	51,1	1,04	10436,7	53,17	9	50
30	S	6,28	6,61	150,1	2,00	19977,3	73,82	7	40
31	KP	4,45	5,37	42,7	0,00	0,0	<0,5	5	40
32	KP	4,08	4,93	16,0	0,00	0,0	18,66	3	20
33	KP	4,29	5,09	36,7	0,00	0,0	8,27	7	30
34	S	4,30	4,92	75,8	0,00	0,0	16,53	6	60
35	KP	4,07	5,10	18,5	0,00	0,0	23,19	9	10
36	S	4,92	6,50	59,2	0,39	3908,9	35,98	8	70
37	KP	6,19	6,56	169,8	0,59	5917,4	72,76	7	50
38	KP	5,06	5,68	48,9	0,00	0,0	28,79	7	60
39	S	7,18	7,29	59,7	0,39	3908,9	25,85	10	30
40	KP	3,71	4,65	29,3	0,00	0,0	24,79	6	20
41	S	7,77	7,00	111,6	1,65	16462,3	23,99	8	70
42	J	7,50	7,87	80,7	0,62	6218,8	25,05	15	80
43	J	6,96	7,53	106,9	1,02	10235,8	45,04	11	70
44	J	7,66	7,96	63,0	0,66	6620,5	24,52	8	80
45	J	7,72	8,03	71,6	3,99	39862,0	22,66	17	70
46	KP	4,34	4,68	47,8	0,00	0,0	18,13	7	50
47	KP	4,54	5,06	51,8	0,00	0,0	18,13	8	60
48	S	8,02	8,31	107,9	1,33	13334,1	25,59	14	50
49	KP	4,96	5,25	45,3	0,00	0,0	21,85	6	40
50	J	7,06	7,63	86,0	1,75	0,0	24,26	15	80

3.2 Výsledky snímkování

Jílovitý substrát

Na tomto typu substrátu jsem zaznamenala ^{vyšší} hustou pokryvnost. Maximální hodnota pokryvnosti činila 90% (u několika vzorků současně), minimální hodnota pokryvnosti byla 60% (viz Tab. 2). Průměrná hodnota pokryvnosti u jílu činila 75% (viz Obr.1). Dominantou byl druh *Tussilago farfara* (viz Příloha 1).

Kyselé písky

Pokryvnost na kyselých píscích byla poměrně nízká. Nejvyšší hodnota pokryvnosti byla 60% a nejnižší 10% (viz Tab. 2). Dominantou na tomto typu substrátu byla *Calamagrostis epigejos* (viz Příloha 1).

Bazické písky

Pokryvnost na bazických píscích byla větší než na kyselých, tedy maximální pokryvnost činila 70% a minimální 40% (viz Tab. 2). Dominantními druhy byly *Tussilago farfara* a *Calamagrostis epigejos* (viz Příloha 1).

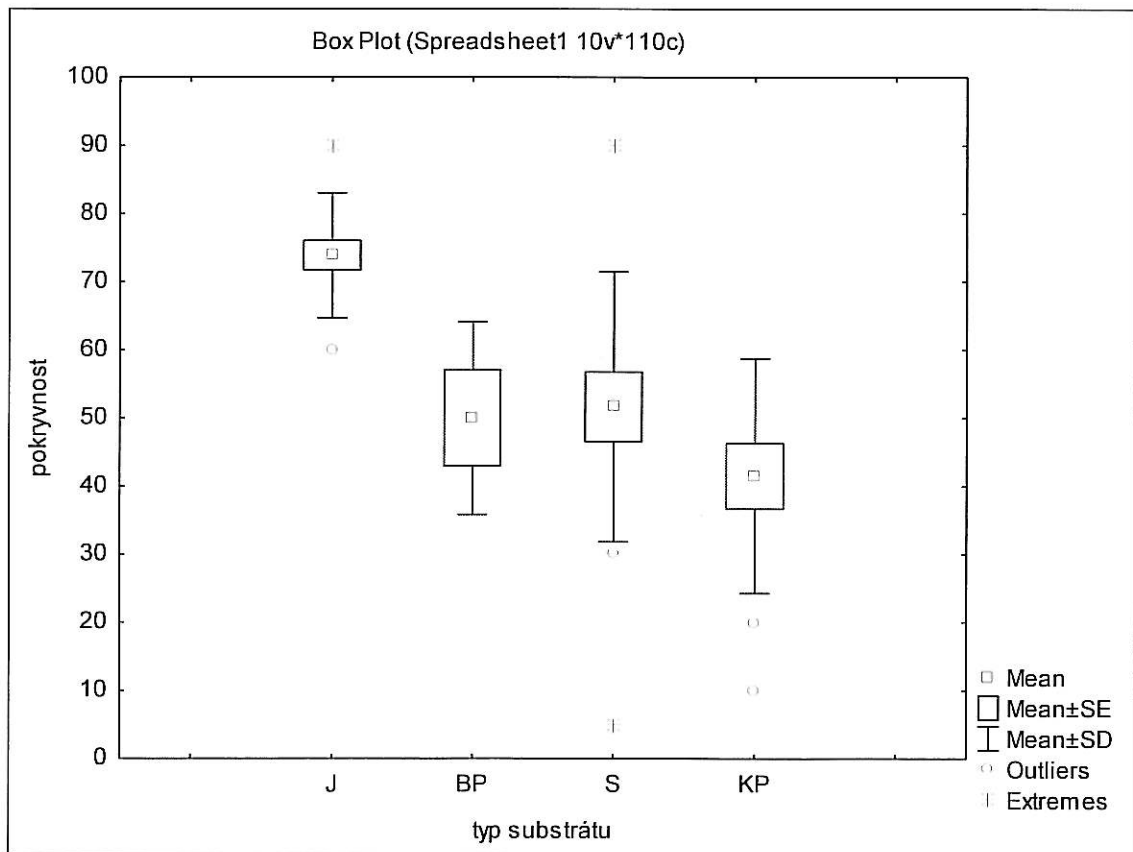
Směs

Pokryvnost na směsích byla hodně variabilní, neboť se její hodnoty pohybovaly od 5% (minimální hodnota) až do 90% (maximální hodnota) (viz Tab. 2). Opět byly dominantami oba druhy *Tussilago farfara* a *Calamagrostis epigejos* (viz Příloha 1).

Průměrná pokryvnost (po zaokrouhlení) u jednotlivých typů substrátů je zaznamenána v Tab. 2.

Tab. 2: Průměrná pokryvnost u jednotlivých typů substrátů (J – jíl, BP – bazický písek, KP – kyselý písek, S – směs)

typ substrátu	prům.pokryvnost [%]	SD
J	75	9,16
BP	50	14,14
KP	42	17,25
S	50	19,79

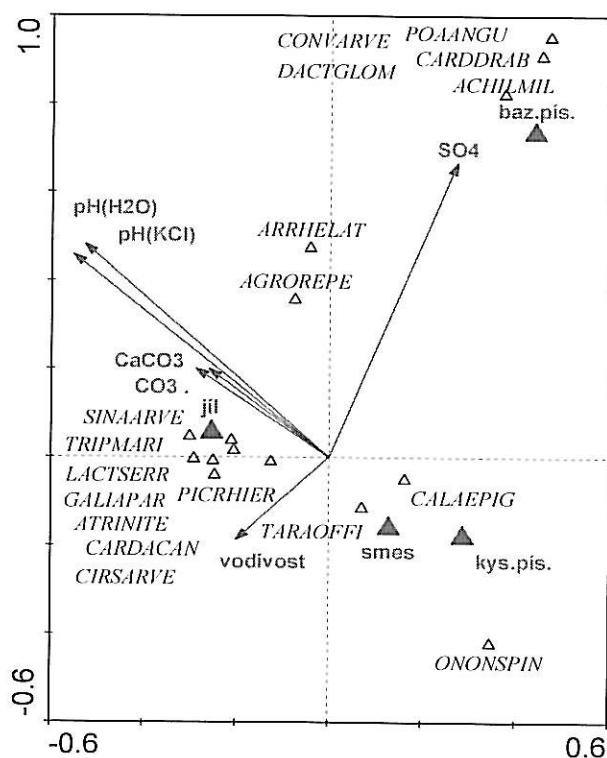


Obr. 1: Grafická závislost pokryvnosti u jednotlivých typů substrátů (J – jíl, BP – bazický písek, KP – kyselý písek, S – směs)

uvaha by i za počet data

3.3 Vizualizace závislosti druhových dat na charakteristikách prostředí

Testování závislosti druhových dat na charakteristikách prostředí pomocí CCA analýzy vyšlo neprůkazně ($F = 4.150$, $p = 0.1360$) a první osa vysvětluje 9,3% z celkové variability. Pomocí Forward selection byl vybrán jako průkazný faktor jen pH(KCl) ($p = 0,002$), ostatní faktory forward selekcí neprošly. I přes to jsem se rozhodla všechny faktory vynést do grafu. Je z něj patrná největší druhová bohatost na jílovitém substrátu (*Carduus acanthoides*, *Galium aparine*, *Sinapis arvensis*, *Atriplex nitens*), který vykazuje pozitivní korelaci s pH a uhličitany. Také poměrně značná druhová rozmanitost je na bazických píscích. Ty pozitivně korelují s SO_4^{2-} . Kyselý písek negativně koreluje s pH a uhličitany (viz Obr. 2), stejně jako např. *Calamagrostis epigeios*, *Ononis spinosa* a *Taraxacum officinale*.

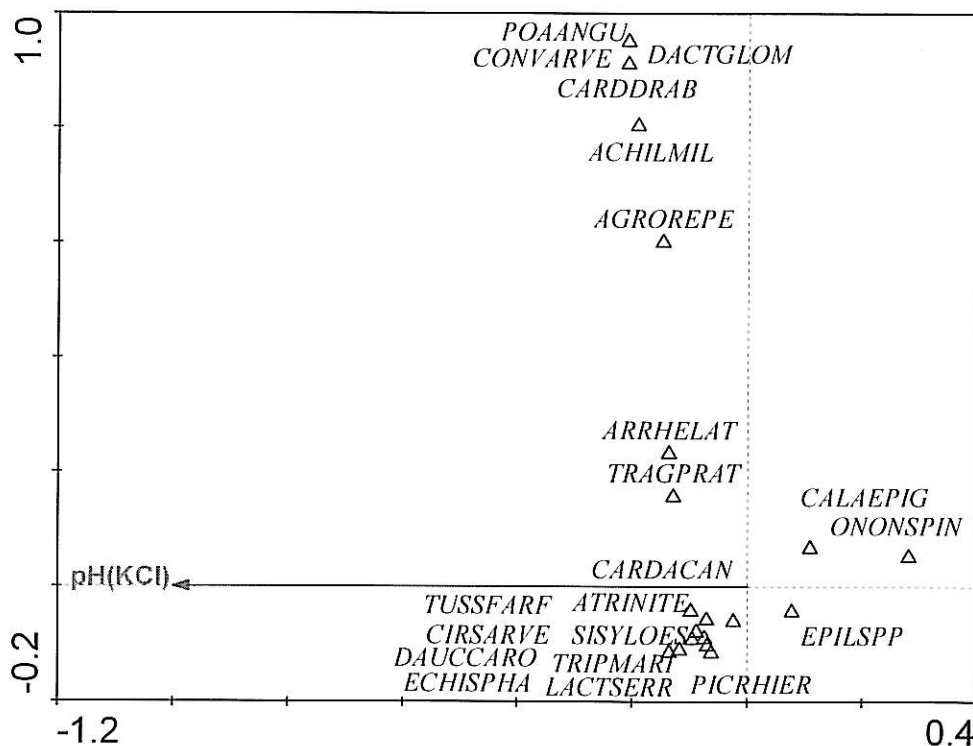


Obr. 2: Analýza CCA závislosti druhových dat na charakteristikách prostředí; v grafu je vyneseno osmnáct nejlépe fitujících druhů (baz.pis. – bazický písek, kys.pis. – kyselý písek, ostatní zmíněné zkratky viz Příloha 1)

3.4 Analýza závislosti druhových dat na pH

CCA analýza ukázala průkaznou závislost druhového složení pouze na pH ($F = 2.788$, $p = 0.002$). Model vysvětlil 5,5% variability v druhových datech. Opět je vidět negativní korelace *Calamagrostis epigeios* s pH, dále negativně s pH koreluje *Epilobium spp.* a *Ononis spinosa*.

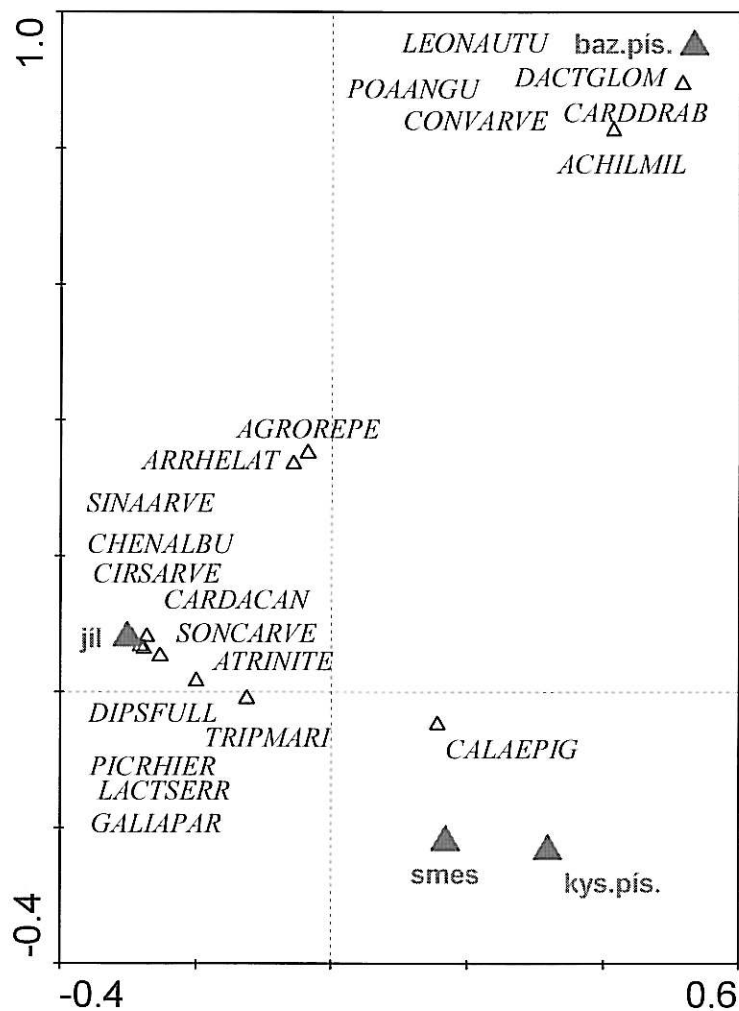
O zbývajících druzích (např. *Carduus acanthoides*, *Atriplex nitens*, *Tussilago fartara*) lze říci pouze to, že mírně pozitivně korelují s rostoucím pH. Od ostatních druhů se výrazně oddělila skupina druhů (*Convolvulus arvensis*, *Poa angustifolia*, *Cardaria draba*, *Dactylis glomerata*, *Achillea millefolium* a *Agropyron repens*) (viz Obr. 3), které se vyskytovaly na bazických píscích (viz Obr. 4).



Obr. 3: Analýza CCA závislosti druhových dat na pH; v grafu je vyneseno dvacet nejlépe fitujících druhů (zmiňené zkratky viz Příloha 1)

3.5 Analýza závislosti druhových dat na typu substrátu

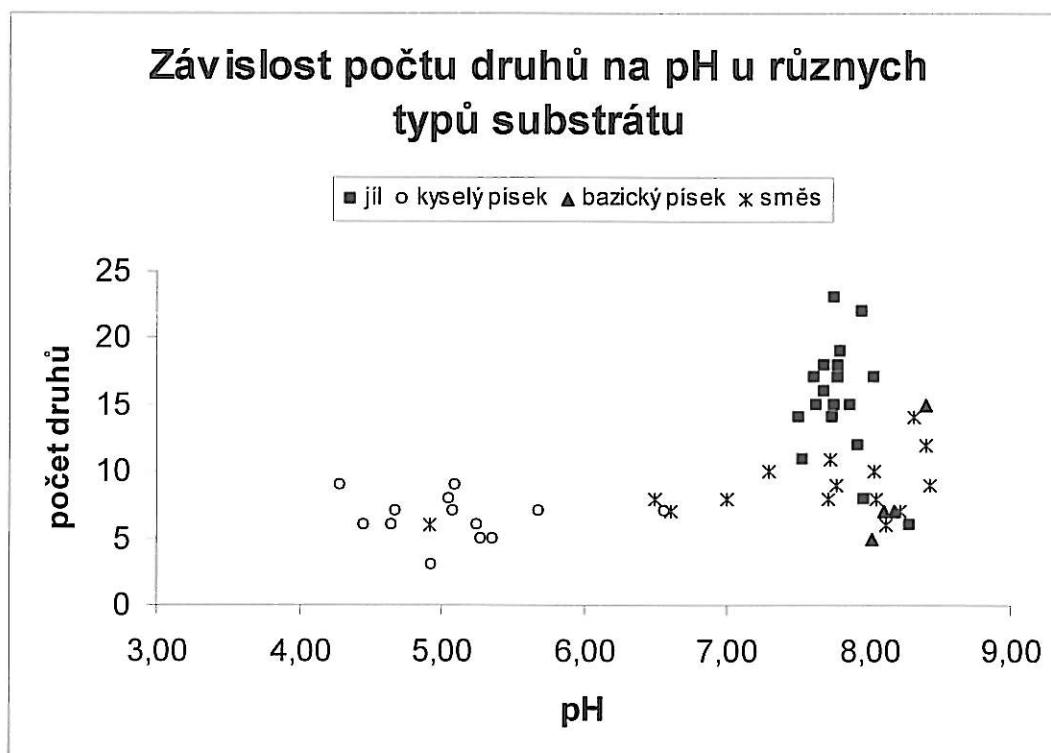
Model celkově vysvětlil 15,2% variability v druhových datech. ($F = 2.749$, $p = 0.002$), přičemž první osa vysvětluje 8,6% z celkové variability. Opět je dobře patrné, že největší druhové zastoupení je na jílovitém substrátu. Nicméně i bazické písky se jeví také druhově bohaté. Směs i kyselé písky se zdají být druhově nejchudší.



Obr. 4: Analýza CCA závislosti druhového složení na typu substrátu; v grafu je vyneseno dvacet nejlépe fitujících druhů (baz.pís. – bazický písek, kys.pís. – kyselý písek, ostatní zmíněné zkratky viz Příloha 1)

3.6 Analýza závislosti počtu druhů na pH u různých typů substrátu

Z grafu vyplývá, že s rostoucí hodnotou pH roste i počet druhů, což je znát hlavně u směsí (v grafu značená jako hvězdička), u těch je také poměrně velká variabilita hodnot pH. U kyselých písků je poněkud větší variabilita v hodnotách pH než u jílu. U jílu je také větší počet druhů než na ostatních typech substrátu (viz Obr. 5).



Obr. 5: Závislost počtu druhů na pH u různých typů substrátu

4. Diskuse

V sukcesi na výsypkách se ze všech tří mechanismů sukcese (Connell & Slatyer 1977) uplatňuje převážně toleranční mechanismus sukcese. Ovšem všechny tři mechanismy spíše vysvětlují vztahy mezi jednotlivými konkrétními populacemi, než celý průběh sukcese (Prach 1987). Neméně důležitým faktorem, jenž ovlivňuje sukcesi, je šířitelnost semen a následné klíčení. To může být na výsypkách, v důsledku extrémních podmínek, poněkud problematické. Na sušších vrcholcích nemusí totiž semena vyklíčit vůbec, protože z faktorů ovlivňujících klíčení se v iniciálních stádiích sukcese nejvíce uplatňuje dostupnost vody a také umístění semen v půdě (Prach 1988). Díky tomu patří mezi hlavní faktory pro úspěšné vyklíčení zejména zrnitostní složení půdy (Begon et al. 1997), proto považuji typ substrátu jako zásadní atribut v procesech sukcese.

Při prvním pohledu na Radovesickou výsypku je dobře vidět vcelku pravidelnou členitost vegetace, což by mohlo být ovlivněno právě typem substrátu. Podle pásu vegetace lze tedy odhadnout na jakém typu substrátu roste. Pokud převažuje *Calamagrostis epigejos* a vůbec travinná společenstva, můžeme tvrdit, že rostou na písčitém substrátu (viz výsledky). Pokud zaznamenejeme pásy, kde převládá *Tussilago farfara*, substrát bude tvořen s největší pravděpodobností převážně jíly (viz výsledky). Už při snímkování byly na jílovitém substrátu patrné větší druhové zastoupení a pokryvnost než na píscích a ve většině případech i na směsích (viz Obr. 4). Jelikož jíly a písky se svými obecnými vlastnostmi značně liší, bude pravděpodobně velmi záležet právě na nich. Neboť jedním z faktorů, jenž výrazně ovlivňuje fyzikální vlastnosti půdy, je zrnitost. Ta má vliv na strukturu, pórovitost a velikostní zastoupení pórů v substrátu a tedy i na vlhkost půdy (Ledvina & Horáček 1997). Právě vlhkost se ukázala jako jeden z důležitých faktorů pro pozdější vývoj vegetace na výsypkách (Brenner et al. 1984).

Tedy důvodem pro malou druhovou variabilitu a nízkou pokrývnost na písčitém substrátu by mohla být vlhkost (viz Tab. 1). Písčité substrát je totiž dobře propustný a voda se mezi částicemi, které jsou tvořeny převážně křemenem, rychle vsakuje. Ovšem právě to, že jsou písky tak dobře provzdušněné, mohou tedy za sucha velmi rychle vysychat (Ledvina & Horáček 1997). Naopak větší druhová bohatost a pokrývnost na jílovitém substrátu může být vysvětlena skutečností, že v našem klimatu jsou jíly obecně vlhkostně příznivější, protože voda se udržuje ve svrchních vrstvách, kde je dostupná kořenům rostlin, a nevsákne se do hloubky.

Podle mého názoru by rozdíly ve vegetaci mohly být způsobeny také chemickými vlastnostmi, konkrétně hodnotami pH. Pro hodnoty pH u jednotlivých typů substrátu byl vznesen předpoklad, že se hodnoty pH pro jílovitý substrát budou nacházet v neutrální až bazické oblasti a naopak u písčitého substrátu bylo předpokládáno pH kyselé (Štýs 1981). U jílovitého substrátu se předpoklad potvrdil, nicméně u písčitého substrátu to nebylo zcela jednoznačné (viz Tab.1). Některé vzorky s písčítým substrátem se totiž po změření ukázaly jako bazické. Příčina, která tuto bazicitu mohla způsobit, nebyla ^{plně} objasněna. Ovšem podle předpokladů by mohlo jít o zasolení. Což do jisté míry podporuje i výskyt druhu *Puccinellia distans*, jež zasolení indikuje (Kubát a kol. 2002). Na ploše výsypky byl zmíněný druh pozorován i na písku. Proto je tato skutečnost předmětem dalšího zájmu a bude nadále zkoumána. U směsí obou dvou substrátů mají hodnoty pH poměrně velkou variabilitu (viz Obr. 4). Z toho může vyplývat, že záleží na poměru písku a jílu ve směsi. Jak už bylo výše zmíněno, největší druhová variabilita a pokrývnost byla zaznamenána na jílech, jejichž pH je bazické. Myslím si tedy, že pH může hrát důležitou roli (viz Obr. 3, 5), neboť s pH úzce souvisí dostupnost živin pro rostliny (Walker & del Moral 2003). Bylo také zjištěno, že s postupným zarůstáním klesá na výsypkách kyselost a stoupá množství vápníku a také

se zvyšuje celkové množství humusu (Volf a kol. 1985). Fakt, že je na písčitém substrátu poměrně málo druhů a také malá pokrývnost, by tedy mohlo zapříčinit, kromě již zmíněných fyzikálních vlastností tohoto substrátu, i nízké pH. Při nízkém pH se totiž důležité prvky, jako např. fosfor, stávají pro rostliny nedostupnými, protože se vážou do sloučenin s hliníkem nebo železem (Walker & del Moral 2003). Dále nízké pH ovlivňuje nejenom dostupnost, ale i zadržování živin, neboť přemíra vodíkových kationů vytěsňuje kationy (jako např. Ca, Mg, Na, K) a ty jsou pak vyplaveny z kořenového pásma (Walker & del Moral 2003). Experimentální zjištění vlivu pH zatím právě probíhá a i když ještě experiment není ukončen, jsou již známy první výsledky. Pro ilustraci se pokusím stručně nastínit podstatu tohoto experimentu. Byly odebrány oba typy výsypkových substrátů, písek a jíl. U části písčitého substrátu byla povápněním zvýšena hodnota pH a následně do všech typů substrátů (písek, vápněný písek, jíl) vysety semena některých druhů rostlin. Rozdíly v počtu semenáčků vzešlých na jednotlivých substrátech byly následující: zatímco na neupraveném písku nevyrostlo téměř nic, na povápněném písku byly zaznamenány počty vzešlých semenáčků přibližně stejné jako na jílovitém substrátu. Ze všech těchto skutečností usuzuji, že pH substrátu může výrazně ovlivnit průběh sukcese.

Ostatní sledované chemické parametry substrátu ovšem vykazují neprůkazný vliv na složení vegetace, proto k nim nemohu nic říci. Jednoznačně však lze říci, že typ substrátu se ukázal jako jeden z hlavních faktorů, jenž může ovlivnit složení vegetace v průběhu sukcese.

5. Závěr

Výsledky mé práce ukázaly následující závěry.

1. Při stejném *species pool* a dalších vnějších faktorech (klíma) se typ substrátu jeví jako zásadní faktor, který ovlivňuje průběh sukcese vegetace. Je poměrně velký rozdíl ve složení vegetace na jílovitém a písčitém substrátu; na jílech je mnohem větší druhová bohatost než na písčích. Taktéž je na jílovitém substrátu vyšší ^(vodní) hustota pokryvnosti než na písčitém substrátu.
2. Ze sledovaných chemických parametrů vykazuje vliv pouze pH, ostatní parametry se ukázaly jako neprůkazné. S rostoucím pH roste druhová bohatost.

6. Literatura

Anonymus (1999). STATISTICA for Windows [Computer program manual]. StatSoft, Inc., Tulsa.

Bakker J. P., Poschlod P., Strykstra R. J., Bekker R. M., Thompson K. (1996). Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ^Eekology. Acta Botanica Neerlandica 4: 461 – 490.

Begon M., Harper J. L., Townsend C. R. (1997). Ekologie: jedinci, populace, společenstva. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.

Brenner F. J., Werner M., Pike J. (1984). Ecosystem development and natural succession in surface coal mine reclamation. Minerals and the Environment 6: 10 -20.

Connell J. H., Slatyer R. O. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. American Naturalist 111: 1119 -1144.

Deyl M., Hisek K. (2003). Naše květiny. Academia, Praha. *- bylo c. Townsend ?*

Gibson D. J., Johnson F. L., Risser P. G. (1985). Revegetation of unreclaimed coal strip mines in Oklahoma. II. Plant communities. Reclamation and Revegetation Research 4: 31 – 47.

Glenn ^g– Lewin D. C., Peet R. K., Velen ^lT. T. (1992). Plant succession: Theory and prediction. Chapman and Hall, London.

Grime J. P. (1979)^g, Plant strategies and vegetation process Wiley and Sons, Chichester.

Hardt R. A., Forman R. T. T. (1989). Boundary from effects on woody colonization of reclaimed surface mines. ^EEkology 70(5): 1252 – 1260.

Jochimsen M. E. A. (1996). Reclamation of colliery mine spoil ^{flunder} flunder on natural succession. Kluwer Academic Publisher. *reklamace udr*

- Kirmer A., Mahn E.-G. (2001). Spontaneous and initiated succession on unvegetated slopes in the abandoned lignite-mining area of Gotische, Germany. *Applied Vegetation Science* 4: 19 – 27.
- Kubát a kol. (2002). Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha.
- Ledvina R., Horáček J. (1997). Agrotechnické požadavky na zemědělské stroje (část půdoznalství). Skripta JU Zemědělské fakulty, České Budějovice.
- Malik A., Scullion J. (1998). Soil development on restored opencast coal sites with particular reference to organic matter and aggregate stability. *Soil Use and Management* 14: 234-239.
- Němeček J., Smolíková L., Kutílek M. (1990). *Pedologie a paleo-pedologie*. Academia, Praha.
- Noble I. R., Slatyer R. O. (1979). The effect of disturbance on plant succession. *Proceedings of the Ecological Society of Australia* 10: 135 – 145.
- Prach K. (1987). Succession of vegetation on Dumps from Strip coal mining, N. W. Bohemia, Czechoslovakia. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 22: 339 – 354.
- Prach K. (1988). Životní cykly rostlin ve vztahu k časovým změnám populací a společenstvech. *Preslia* 60: 23 – 40.
- Szegi J., Olah J., Telete G., Halasz T., Varallyay G., Bartlá S. (1988). Recultivation of the spoil banks created by Open-cut mining activities in Hungary. *Ambio* 2: 137 – 143.
- Štýs S.(Ed.) (1981). *Rekultivace území postiženého těžbou surovin*. Praha.

- Ter Braak C. J. F., Šmilauer P. (2002). CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User`s guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA).
- Toběrná V. (1980). Modell eines zwanzigjährigen Besiedlungsvorganges der Kippen im Most-Gebiet durch Pflanzen. In: Spálený J. (Ed.): Proceedings of the 3rd Intern. Conf. Bioindic. Deterior. Reg., Sept. 1977, Liblice, Czechoslovakia: 109- 113. Praha.
- van Andel J., Bakker J. P., Grootjans A. P. (1993). Mechanisms of vegetation succession: a review of concepts and perspectives. Acta Botanica Neerlandica 42: 413 – 433.
- Volf F., Pyšek A., Linhart J.(1985). Příspěvek ke studiu sukcese porostů na výsypkách severočeského hnědouhelného revíru /část podkladová/. Sborník Vysoké školy zemědělské v Praze – fakulta agronomická, Řada A 42: 3 - 9.
- Walker L.R., del Moral R. (2003). Primary succession and ecosystem rehabilitation. University Press Cambridge.
- Wiegand G., Felinks B. (2001). Primary succession in post-mining landscape of Lower Lusatia – chance or necessity. Ecological Engineering 17: 199 – 217.
- Wolf G. (1985). Primäre Sukzession auf kiesig- sandigen Rohböden im Rheinischen Braunkohlenrevier. Schr. Reihe Vegetationskunde 16: 110 -125.

Přílohy

1. Příloha 1: Celkové výsledky snímkování (pokryvnost jednotlivých druhů udána v procentech)
2. Příloha 2: Fotografie Radovesické výsypky

Příloha 2

Radovesická výsypka

