

**Univerzita Karlova v Praze**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Ústav pro životní prostředí**

Diplomová práce



*Vztah mravenců k primární vegetační sukcesi na skládkách  
průmyslových odpadů*

Ants and primary vegetation succession on abandoned industrial-  
waste deposits

Řešitel: Pavel Vojtíšek  
Program, obor: Ekologie a ochrana prostředí, Ochrana životního  
prostředí  
Vedoucí: Prof. RNDr. Pavel Kovář, CSc.  
Interní konzultant: Doc. Ing. Mgr. Jan Frouz, CSc.  
Odevzdáno: srpen 2012

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze, dne

.....  
Pavel Vojtíšek

V první řadě bych chtěl poděkovat panu prof.RNDr. Pavlu Kovářovi, CSc. za vedení mé diplomové práce, za trpělivost a ochotu, se kterou se mi vždy věnoval. Velký dík mu též patří za poskytnutí literatury a konzultaci při vytváření konečného textu práce.

Dále bych chtěl poděkovat panu Doc.Ing.Mgr. Janu Frouzovi, CSc. za konzultace, rady, zprostředkování analýz půdy a vzorků z odkaliště, determinaci vzorků mravenců a ochotnou pomoc při vytváření diplomové práce.

Velký dík patří Mgr. Ireně Zentsově-Jarešové za svolení použít její diplomovou práci a veškeré informace v ní uvedené. Dále bych ji rád poděkoval za zprostředkování výroby nabízacích misek a za rady, které jsem využil při pracích na odkališti.

Za konzultace a determinaci druhů mravenců na odkališti děkuji Mgr. Pavlu Pechovi, Ph.D.

Rád bych poděkoval za určení vzorků mechů a lišejníků z odkaliště, které určili RNDr. Zdeněk Soldán, CSc. a RNDr. Zdeněk Palice, Ph.D.

Poděkování za pomoc s analýzou půdních vzorků patří Ing. Haně Šimáčkové a Mgr. Martinu Bartuškoví.

Za analýzu vzorků na  $^{13}\text{C}$  uhlík děkuji panu Jiřímu Květoňovi.

Poděkování patří vedení elektrárny Chvaletice, za svolení provést potřebné práce na odkališti a Karlu Polcovi za ochotu a spolupráci při veškerém vyřizování a komunikaci s elektrárnou.

Svojí mamince, Evě Vojtíškové, bych rád poděkoval za velkou podporu při celkové tvorbě diplomové práce, Aleně Poslušné pak za pomoc s vyměřováním a pracemi na odkališti a Janu Hanzelkovi za pomoc s daty.

## **Abstrakt**

Opuštěné skládky průmyslových odpadů (kam spadají například i stará rudní odkaliště či výsypky u povrchových dolů) představují svými podmínkami dosti specifické a mnohdy ve více směrech extrémní stanoviště. V kulturní krajině poskytují však i jedinečnou příležitost studia primární sukcese.

Práce se zaměřuje na opuštěné a nerektivované manganorudní odkaliště ve Chvaleticích. Toto odkaliště reprezentuje plochy ekologicky extrémní, ať již hodnotami pH, místy velmi silným zasolením či přehříváním za slunných letních dnů. Stáří odkaliště je přibližně 37 let, během nichž se postupně a pomalu snižovala extremita substrátu. Avšak i dnes si plocha stále zachovává nepříznivé vlastnosti pro kolonizaci dalšími druhy rostlin a živočichů.

Práce navazuje na studii zpracovanou v roce 2001, která sledovala vliv mravenců na vegetační sukcesi na tomto odkališti. Srovnáván je stav ekologické sukcese nyní a před deseti lety. V letech 2011 a 2012 byly provedeny prospekce odkaliště, jejichž součástí byly inventarizace celkového druhového složení mravenčích i rostlinných druhů přítomných na odkališti. V návaznosti na tyto prospekce se pomocí floristických soupisů zaznamenalo celkové druhové zastoupení rostlin na plochách, které byly rozděleny dle frekvence výskytu mravenčích hnízd (plochy bez a plochy s výskytem hnízd). Na plochách s hnízdy bylo nalezeno více rostlinných druhů než na plochách bez hnízd. V závislosti na zvětšovaných záznamových plochách se pro oba typy stanovišť sestavily tzv. species-area křivky.

Pro experimenty byly vybrány – analogicky se srovnávanou studií před deseti lety - tři druhy mravenců v rozdílném spektru velikostí a zároveň reprezentující dominantní druhy na odkališti (*Tetramorium caespitum*, *Lasius niger*, *Formica pratensis*). Experimentální nabídkové pokusy ukázaly významný odnos semen rostlin u všech tří druhů mravenců, nejvíce pak u *F.pratensis* a *T.caespitum*. U mravence *F.pratensis* byl navíc sledován i vliv vzdálenosti nabízených semen na odnos.

K celkovému hodnocení sukcesního posunu na odkališti byla provedena analýza půdy ze čtyř vegetačních typů přítomných na odkališti. Sledovány byly parametry: pH, salinita, dostupný fosfor, celkový spalitelný uhlík. Na mnoha místech si substrát zachovává nepříznivé hodnoty sledovaných parametrů, avšak zároveň přibýlo míst pro život příznivějších, než v dřívějších studiích (Rauch, 2004).

**Klíčová slova:** skládky průmyslových odpadů, opuštěné rudní odkaliště, primární sukcese vegetace, druhová diverzita, kolonizace mravenci, myrmekochorie

## **Abstract:**

Abandoned industrial-waste deposits (incl. fly ash or tailings ponds) represent very specific and mostly extreme habitat conditions. They offer unique opportunity to study primary succession in cultural landscape. Substrate of the material deposited here shows extreme properties, such as low pH, overheating of the open surface, salinization etc. The aim of this work is to map the colonization of different successional stages of vegetation by ants after years of abandonment of ore-waste deposits in Chvaletice (Eastern Bohemia, CR) and to compare the present state with analogous study made in 2001. Particular aims of both studies (Jarešová 2001, and present study, 2011-12) is to test the influence of ants on vegetation succession.

During the years 2011-2012 several prospections were made to record species diversity of ants. On the surface plateau of the sedimentation basin two types of habitats were chosen – the areas with present ant nests and the other areas without them. Each of both types of habitats exhibits different plant species richness: separately the species-area curves were constructed and explained.

Three dominant ant species of different size categories present on sedimentation basin were selected for experimental offering of plant seeds, *Formica pratensis*, *Lasius niger*, *Tetramorium caespitum*. The offers of sets of seeds available in surroundings of experimental plots show high amount of seed was transported by all of the selected ant species, especially by *F.pratensis* and *T.caespitum*. In addition, *F.pratensis* was examined if the seed offer distance from its nest has an effect of seed removal.

In four types of vegetation the soil samples were analyzed for pH, conductivity, total carbon content and available phosphorus. The analysis shows persistence of soil toxicity in the examined places, nevertheless, there is higher number of microsites with lower degree of toxicity than the older study describes (Rauch 2004).

**Keywords:** industrial-waste deposits, abandoned tailings containment, primary vegetation succession, species diverzitiy, colonization by ants, myrmecochory

## Obsah:

<b><u>1. Předmluva</u></b> .....	7
<u>Hlavní otázky a cíle práce:</u> .....	8
<b><u>2. Úvod</u></b> .....	8
<b><u>2.1. Mravenci a rostliny, myrmekochorie</u></b> .....	9
<b><u>2.2. Mravenci a substrát, schopnost adaptace</u></b> .....	10
<b><u>3. Metodická část</u></b> .....	11
<b><u>3.1 Lokalita</u></b> .....	11
<b><u>3.2 Mravenci a vegetace na odkališti</u></b> .....	11
<u>Fixace mravenčích hnízd</u> .....	11
<u>Druhovú diverzitu mravenců</u> .....	12
<u>Fytcenologické snímky</u> .....	12
<b><u>3.3 Druhovú diverzitu rostlin</u></b> .....	12
<u>Závislost počtu druhů rostlin na rozloze</u> .....	12
<u>Test neosídleného prostředí výsevem</u> .....	13
<b><u>3.4 Odnos semen mravenci</u></b> .....	14
<u>Výběr mravenčích druhů</u> .....	14
<u>Mravenci <i>Lasius niger</i> a <i>Tetramorium caespitum</i></u> .....	14
<u>Mravenec <i>Formica pratensis</i></u> .....	14
<u>Nabízející misky („krmítka“)</u> .....	16
<u>Nabízená semena</u> .....	16
<b><u>3.5 Test využití semen mravenci (nabídka C4 metabolického typu)</u></b> .....	17
<b><u>3.6 Základní charakteristika substrátu</u></b> .....	18
<b><u>4. Výsledky</u></b> .....	19
<b><u>4.1 Druhovú diverzitu mravenců</u></b> .....	19
<b><u>4.2 Druhovú diverzitu rostlin</u></b> .....	19
<u>Závislost počtu druhů rostlin na rozloze</u> .....	19
<u>Test neosídleného prostředí výsevem</u> .....	23
<b><u>4.3 Odnos semen mravenci</u></b> .....	24
<u>Odnos semen mravenci, nabízející pokusy</u> .....	24
<b><u>4.4 Test využití semen mravenci (nabídka C4 metabolického typu)</u></b> .....	26
<b><u>4.5 Základní charakteristiky substrátu</u></b> .....	26
<b><u>5. Diskuze</u></b> .....	30
<u>Druhovú diverzitu mravenců</u> .....	30
<u>Závislost počtu rostlinných druhů na rozloze</u> .....	32
<u>Test neosídleného prostředí výsevem</u> .....	33
<u>Odnos semen mravenci</u> .....	34
<u>Test využití semen mravenci (nabídka C4 metabolického typu)</u> .....	36
<u>Základní charakteristika substrátu</u> .....	37
<b><u>6. Závěr</u></b> .....	38
<b><u>7. Použitá literatura</u></b> .....	40
7.1 Citovaná literatura .....	40
7.2 Internetové zdroje .....	42
<b><u>8. Příloha</u></b> .....	43

## 1. Předmluva

Skládky průmyslových odpadů, jako například rudní nebo struskopopílková odkaliště či výsypky povrchových dolů, představují svými podmínkami pro život stanoviště velmi specifické a v některých případech i ekologicky extrémní. V kulturní krajině však poskytují jedinečnou příležitost ke studiu sukcese (v případě rudních odkališť, jako v našem případě, sukcese primární, běžnější jsou případy sukcese sekundární). Příkladem zmíněného typu stanoviště a objektem této studie je nerekulitované odkaliště ve Chvaleticích. Předkládaná práce navazuje na výzkumy, které zde již dlouhodobě probíhají nebo proběhly (např. Kovář, 2004, Neustupa et al., 2009), konkrétně pak na diplomovou práci, která vznikala v letech 1998-2001 (Jarešová, 2001). Tato práce se zabývala osidlováním nerekulitovaného odkaliště mravenci a jejich vlivem na průběh vegetační sukcese. Moje diplomová práce je případovou studií, jejímž hlavním cílem je srovnání stavu a procesů na odkališti studovaných zde před deseti lety (Jarešová, 2001). Z přímého pozorování je jasné, že sukcese na odkališti pokročila dále. Např. srovnáním dvou fotografií, pořízených s desetiletým odstupem ze stejného místa je patrné, že stromy v místě vyrostly o několik metrů (viz příloha obr. P1-P2), jiné plochy dříve holé, či se sporadickou vegetací, zarůstají bylinami nebo mladými dřevinami. Skutečností tedy je, že se za deset let vývoj posunul kupředu a na ploše odkaliště lze najít rozrůzněnější vegetační formace, v úhrnu pak více druhů jak rostlin, tak mravenců.

Jarešová (2001) ve své diplomové práci píše: „Vysoké teploty na povrchu odkaliště nutí mravence umisťovat svá hnízda spíše do podzemí a netvořit nad svými podzemními částmi hnízd své kupulovité nadstavby“. Konstatování teplotních extrémů se opírá o měření publikovaná v knižní stati (Hroudová et Zákavský, 2004). Při současné prospekci plochy však lze najít mnoho typických mravenčích kupek, značících přítomnost hnízda, hlavně pak v prosvětlených místech s vegetací. To se týká jak druhů, které hnízdní kupy v závislosti na podmínkách mohou i nemusejí stavět (*Tetramorium caespitum*, *Lasius niger*), ale i druhů, které ve srovnání s dobou před deseti lety nově na odkaliště přibyly a jsou význačné tím, že na rozdíl od svých některých příbuzných (*Formica cunicularia*, *F. rufibarbis*) kupy pravidelně konstruuje (*Formica pratensis*) – znamená to tedy v jejich případě, že se na odkališti sukcesí již vytvořilo pro ně příhodné prostředí.

Větší diferenciaci mravenčích hnízdních útvarů může signalizovat, že se povrch a podmínky na odkališti změnily natolik, že mravenci začínají svými hnízdy expandovat i nad povrch a představovat tak přirozenou bioturbaci půdy. Antropocentricky nahlíženo: mravenci totiž nejsou v přírodě užiteční jenom hubením škůdců a rozšiřováním myrmekochorních

rostlin, nýbrž i svou ustavičnou stavitelskou činností, při níž každoročně přemísťují úžasná kvanta půdy (Sadil, 1955).

#### Hlavní otázky a cíle práce:

- **Jak se změnilo druhové zastoupení mravenců na odkališti (ve srovnání s údaji před deseti lety)?**
- **Jak se změnilo druhové zastoupení rostlin?**
- **Jaký je dosažený stav sukcese vegetace a stupeň porostní diversifikace?**
- **Je myrmekochorie semen rostlin přítomných v dosahu plochy odkaliště osídlené mravenci významným faktorem růstu fyto diversity?**
- **Používají mravenci semena rostlin primárně jako potravní zdroje anebo jako stavební materiál?**
- **Charakterizují vybrané substrátové parametry diferencovaná sukcesní stadia vegetace?**

## 2. Úvod

Největší dopad povrchové těžby na životní prostředí představuje vznik rekultivačních ploch. Zatímco projevy a dopady aktivní těžby představují zatížení dočasné, rekultivační plochy přetrvávají (Haigh, 2000). Např. povrchová těžba uhlí výrazně mění okolní krajinu, zejména pak prostřednictvím těžby hlušiny a doprovodných materiálů a jejich ukládáním na skládku či výsypku. Tyto procesy ústí v masivní destrukci a zábor půdy a likvidaci půdní bioty v oblastech těžby uhlí (Hubert, 2001, Holec et Frouz, 2005). Člověkem vytvořené a opuštěné novotvary v krajině, například skládky nebo odkaliště, umožňují monitorování spontánních změn a procesů. Složiště a odkaliště popílku a odpadu po těžbě rud představují specifické a extrémní případy takovýchto ploch. První z nich reprezentuje plochy s více alkalickým a méně toxickým substrátem, druhá je pak příklad substrátů zpravidla velmi kyselých, s vysokým obsahem těžkých kovů (Vaňková, 2004). Společná vlastnost obou ekosystémů je charakter vývoje – primární sukcese při převaze iniciálních či mladých sukcesních stadií – s ohledem na nedávnou dobu vzniku většiny takových industriálních lokalit (Kovář, 2004a). Primární sukcese je proces, kdy se ekosystém začne vyvíjet na pustém povrchu, bez stop předchozí biologické aktivity a začíná kolonizací nově utvořených povrchů zvětrávajícího matečného substrátu mikroorganismy, živočichy a rostlinami. Celý proces je ovlivňován místními podmínkami a původem lokality. Primární sukcese se od



sekundární liší počáteční nestabilitou a sterilitou výchozího substrátu a neobsazeným povrchem (Walker et del Moral, 2003). V pozdějších sukcesních stádiích můžeme vidět již analogie některých procesů u primární i sekundární sukcese, pod níž lze zahrnout vývoj některých výsypek, např. po povrchové těžbě uhlí, kdy došlo k přemístění svrchních vrstev půdního profilu – zpravidla jílových sedimentů – před zásahem už osídlených vegetací. Disturbance skrývkou (nebo opuštění, v případě starých zemědělských polí za vzniku úhorů) iniciuje změny v dostupnosti zdrojů (např. živiny či světlo), které následně mohou ovlivnit dřívější druhy, nebo druhy na danou lokalitu kolonizující (Cramer et Hobbs, 2007). Odlišné životní strategie různých druhů (šíření, uchycení, růst a dlouhověkost) představují soubor vlastností, které podmiňují postupnou výměnu druhů. Interakce mezi druhy (např. kompetice, herbivorie...) a jejich vliv na místní prostředí postupně mění a upravuje sukcesní změny (Hobbs et Walker, 2007).

## **2.1. Mravenci a rostliny, myrmekochorie**

Roznos semen mravenci (myrmekochorie) je obecný mutualistický vztah mezi mravenci a rostlinami v temperátních lesích severní polokoule (Fokuhl et al., 2012), ale i jinde. V případě myrmekochorie mravenci sbírají diaspory, z nichž odstraní snadno zkonsumovatelné části a zbylé semeno odhazují. Myrmekochorie je dobře známá z temperátních zón, rovněž i z amerických pouští a tropických oblastí (Hölldobler et Wilson, 1997). Vzdálenosti, na které mravenci semena přenášejí, jsou obvykle malé, avšak dovolují semenáčkům růst v zastínění mateřskou rostlinou. Hlavní výhodou myrmekochorie pak je zmenšení pravděpodobnosti predace semen (Jolivet, 1996).

Mnoho druhů mravců je příležitostnými konzumenty semen (Agosti et al., 2000). I mezi našimi mravenci najdeme sběratele obilek různých trav a jiných tvrdých semen. Mravenci vykonávají s nasbíranými semeny zvláštní proceduru, na kterou existuje více názorů. Jeden z nich předpokládá, že procedura je podobná jako při pivovarnickém zpracování ječmene, kdy mravenci vynosí semena k povrchu, nechají je provlhnout a naklíčit. V klíčku se enzymaticky uvolní jednoduché cukry a další látky. Semena se tak pro ně stávají stravitelnějšími. Podle jiných názorů se mravenci touto procedurou snaží semena pouze změkčit (Sadil, 1955). Mimoto sbírají někteří naši mravenci semena tzv. myrmekochorních rostlin. Na těchto semenech jsou totiž zvláštní olejnaté výrůstky – elaiosomy, tj. výživné útvary na semenech vytvořené rostlinami, které mají učinit semeno atraktivnějším pro mravence a podmiňovat tak jejich roznos (Agosti et al., 2000) a které mravenci požírají.

Mravenci odnášejí semena i s elaiosomy do hnízda, cestou však mnoho semen poztrácejí nebo elaiosom okoušou a semeno zahodí. Rostlina tak má dokonale postaráno o roznoš semena tím i o šíření druhu (Sadil, 1955).

## **2.2. Mravenci a substrát, schopnost adaptace**

Mravenci jsou dobře známí pro svoji schopnost zaplnit jakoukoliv dostupnou niku, čímž přicházejí do kontaktu s celou rostlinnou říší v různých směrech působení a částí: dřevu, rostlinné dutiny, hálky a jiné rostlinné části. Taktéž budují rozmanité druhy hnízd, jako např. hnízda zemní či hnízda zavěšená. Hlavní charakteristikou mravenčích hnízd je jejich nepravidelný tvar, což představuje určitý protiklad k hnízdům včel či vos (Jolivet, 1996). Úplné přizpůsobení se životu na zemi poskytuje mravencům zvláštní příležitost ustavičně regulovat teplotu okolí. Např. mravenci, specializovaní na život v poušti, hynou, jsou-li přinuceni zůstat v létě na slunci na povrchu země déle než dvě až tři hodiny. Mravencům se nicméně daří prosperovat díky tomu, že stavějí svá hnízda hluboko v půdě. Nejdokonalejší regulaci teploty pak mají ti mravenci, kteří si stavějí kupovitá hnízda (Hölldobler et Wilson, 1999). Bývá pravidlem, že v hustém stinném porostu a vlhkém prostředí jsou kupy vysoké a homolovité, zatímco při okrajích lesa a na světlých místech jsou kupy nízké a ploché. Mravenci tak regulují velikost plochy přijímající sluneční paprsky (Hruška, 1980).

Svou aktivitou v pedosféře mravenci mění podmínky substrátu, ve kterém aktivně žijí. Do hnízda přenášejí velké množství organického materiálu (jiné živočichy – úměrně velikosti mravence, jako kořist, úlomky listů, stonků a semena rostlin...), které zde ukládají. Např. mravenec *Tetramorium caespitum* tvoří ve svém hnízdě komůrky, které slouží jako zásobní prostory pro nasbíraná semena rostlin (Brian et al., 1967). Jiní mravenci, např. *Formica polyctena* odnáší neupotřebitelné předměty (např. semena rostlin po okousání elaiosomů) na okraj svého teritoria, kde vznikají jakési „sklárky“ organického odpadu. Ten svým rozkladem uvolňuje živiny do okolní půdy (Gorb et al., 2000). Celkově pak mravenci svoji činností zlepšují půdní parametry ve svém hnízdě (Holec et Frouz, 2006). Mravenčí hnízda pak mohou v krajině představovat místa pokrytá vyšším počtem rostlinných druhů, než se nachází v okolí. Vytváří se tak krajinná mozaika (Kovář et al., 2001).

### **3. Metodická část**

#### **3.1 Lokalita**

Lokalita se nachází na neprovozovaném a nerektivovaném manganorudním odkališti v blízkosti Elektrárny Chvaletice, která stojí zhruba dva kilometry severovýchodně od obce Chvaletice. Pomyslný střed odkaliště lze charakterizovat souřadnicemi N50°2.42647', E15°26.41760' . Jedná se o soustavu tří odkališť patřících k povrchovému lomu na pyrit, jehož hlavní činnost byla zahájena roku 1952. Dvě odkaliště byla rektivována koncem 60. let. Třetí, nejmladší odkaliště, jehož plánovaná kapacita nebyla naplněna a které zůstalo vysušené a opuštěné od poloviny osmdesátých let, je bráno jako významná experimentální lokalita pro studium spontánní sukcese (Kovář, 2004b). Oblast je charakterizována průměrnou roční teplotou v rozmezí 8-12°C a průměrnými ročními úhrny srážek v rozmezí 500-700 mm (ČHMÚ, portal.chmi.cz). Výzkumné plochy pro účely této diplomové práce byly zřízeny právě na tomto třetím, na rozdíl od druhých dvou, nerektivovaném odkališti.

#### **3.2 Mravenci a vegetace na odkališti**

Na ploše odkaliště bylo k dalším sledováním a pokusům vyměřeno celkem 16 čtverců o délce hrany 10 metrů, do čtyř základních vegetačních typů přítomných na odkališti - bylinná vegetace, keřová vegetace, vegetace se stromových patrem a holé plochy bez přítomnosti vegetace, resp. se sporadickým výskytem nižších rostlin (mechorostů a lišejníků) a s ojedinělým výskytem jedinců vyšších rostlin.

##### **Fixace mravenčích hnízd**

Ke zvýšení pravděpodobnosti silnější fixace aktivního mravenčího hnízda byly na plochu odkaliště (do čtverců 10x10 m vymezených ve čtveřicích ve všech sukcesních stadiích vegetace, tj. na holém povrchu substrátu s mechorosty a lišejníky, v bylinném porostu, v keřovém a ve stromovém porostu) rozmístěny čtverce térové lepenky o hraně délky 25 cm (Jarešová, 2001). Celkem bylo rozmístěno 64 lepenkových krytů. Dalších 16 kusů lepenky bylo náhodně rozmístěno po ploše odkaliště (jako záložní pro případ zničení divokými prasaty nebo jinými vlivy). Pokud mravenci vytvoří hnízdo pod lepenkou, je pravděpodobné, že hnízdo bude i během dne pod lepenkou aktivní a použitelné pro další pokusy.

### Druhová diverzita mravenců

K určení spektra mravenčích druhů na odkališti byla využita data z přímých odchytů a určení na místě, či ze sebraných vzorků a data ze zemních pastí, rozmístěných na pomocných čtvercích (Určení mravenčích druhů provedli P.Pech a J.Frouz).

Zemní pasti představovaly láhve o objemu 330ml, které se zakopaly otevřené do země, s hrdlem na úrovni povrchu substrátu, následně byly naplněny směsí ethylenglykolu a vody a ponechaly 14 dní na místě. Následně byl obsah převeden do lihu a z něho byli vybráni a určení mravenci.

### Fytcenologické snímky

V roce 2011 bylo provedeno fytcenologické snímkování porostů na odkališti. Pro popis pokryvnosti byla použita sedmičlenná semikvantitativní stupnice (Moravec et al., 1994), nomenklatura zastoupených rostlinných druhů je uvedena dle Klíče ke květeně České republiky (Kubát, 2002). Snímkováná plocha byla zvolena jako čtverec o délce strany 5 metrů. Fytcenologické snímky dokumentují (vždy po čtyřech v souhlase s počtem sledovaných fixovaných čtverců v každé porostní formaci, tj. byly umístěny uvnitř těchto monitorovacích čtverců o rozměru 10x10 m – viz výše) základní vegetační typy (bylinná vegetace, keřová vegetace a vegetace se stromových patrem, kromě čtvrté kategorie povrchu odkaliště – obnažených partií bez cévnatých rostlin, nanejvýš s ojedinělými semenáčky cévnatých rostlin nebo občasným výskytem bezcévných rostlin). Celkový soupis nalezených rostlin s pokryvností je uveden v příloze (Tab. P5).

## **3.3 Druhová diverzita rostlin**

### Závislost počtu druhů rostlin na rozloze

Základní myšlenkou směřující k experimentu s nabízením semen mravencům je, že mravenci semena aktivně sbírají a zanášejí do hnízda, případně je někde zapomenou na otevřeném povrchu. Z tohoto předpokladu vyplývá, že zvyšují diverzitu rostlin (Lenoir, 2009) a lze tedy i pro podmínky odkaliště formulovat domněnku, že na plochách s výskytem mravenčích hnízd bude přítomno více rostlinných druhů, než na plochách, kde se mravenci buď nevyskytují, nebo jen v zanedbatelné míře.

Pro testování této hypotézy byla souvislá část odkalištní plochy bez mravenčích hnízd i část s jejich výskytem podrobeny floristickému průzkumu v sériích čtverců při násobném zvětšování jejich rozměru (v každé velikostní kategorii čtverců vždy po 4; viz Obr. 4-7 ve stejnojmenné kapitole v části výsledky), jak na plochách s hnízdy mravenců, tak bez nich. Do grafu byl vynesena počet rostlinných druhů proti rozloze snímkové plochy.

V roce 2011 byl zvolen design s fixovaným iniciálním čtvercem 1x1 m, jehož strana byla vždy protažena na dvojnásobek (zvětšující se čtverce měly tedy překryv s každým předchozím menším čtvercem). V roce 2012 byl pro srovnání otestován jiný design, a to s náhodným rozmístěním nepřekrývajících se čtverců (opět vždy 4 v každé velikostní sérii). Celkový seznam rostlin je uveden v příloze, Tab. P6.

#### Test neosídleného prostředí výsevem

Protože lze vznést námitku, že odlišnost v nižší diverzitě rostlin na plochách neosídlených mravenci proti osídleným může být způsobena primárně jinou ekologickou odlišností, např. v substrátových podmínkách, nezávislou na mravencích, byl na neosídlené ploše aplikován pokus s výsevem semen. Semena vybraných rostlin, nabízených mravencům ve vegetační sezóně v nabídkových pokusech (viz Metodika dále), byla vyseta na plochách bez mravenčích hnízd. Hlavní myšlenka experimentu je, že pokud semena vyklíčí (arbitrárně stanovena alespoň polovina semen) a semenáče uskuteční významnou část životního cyklu, pak prostředí zjevně dovoluje rostlinám se uchytit a růst. Jejich nepřítomnost na vybraných ploškách tedy v takovém případě není způsobena primárně nepříznivými substrátovými nebo jinými abiotickými faktory, nýbrž deficitem dostupnosti semen na plochách, tj. rozšiřování mravenci.

Pro experiment byla vytvořena pokusná políčka ve tvaru čtverce o délce hrany 15 cm. Políček bylo vytyčeno celkem pět, a to tak, aby byly umístěny v různých vegetačních typech přítomných na odkališti. Na každé políčko byla následně vyseta sestava šesti druhů rostlin, po 10 semenech od každé (rostlinné druhy: *Holcus lanatus*, *Vicia hirsuta*, *Plantago lanceolata*, *Agrostis capillaris*, *Trifolium repens*, *Rumex acetosella*). Po třech týdnech byla provedena prospekce a první sečtení vyklíčených semenáčků. Políčka byla postupně sledována dalších pět týdnů a průběžně monitorován jejich stav. Zároveň byl stejný počet semen (po deseti od každého druhu) vyset do misek s vlhkou vatou za účelem zjištění, zda jsou semena živá a schopná klíčit. Jelikož cílem bylo zjistit schopnost semen vyklíčit a růst na daném místě, terénní pokus byl založen 17.5., tedy v období, kdy se předpokládaly vhodné teplotní a

srážkové podmínky. Při brzkém výsevu mohly semenáčky zahubit příliš nízké teploty či jarní sucho, při pozdním výsevu pak vysoké teploty a sucho na začátku léta.

### **3.4 Odnos semen mravenci**

#### Výběr mravenčích druhů

Na odkališti byly studovány – shodně se studií Jarešové (2001) - 3 rody (částečně přímo druhy) mravenců, každý jiné velikostní kategorie - dva dominantní plošně: *Tetramorium caespitum* a *Lasius niger* a jeden druh rodu *Formica* (nalezené vyvinuté hnízdo s velkým akčním rádiem dělnic). Rozdíl od práce Jarešové byl ten, že v tehdejších sukcesně mladších poměrech odkaliště se jednalo o pionýrský druh *Formica rufibarbis*, zatímco nyní studovaný druh *Formica pratensis*, typicky vytvářející kupy s velkým množstvím dělnic, v době studie před 10 lety ještě chyběl. Ve studovaném teritoriu bylo zatím nalezeno pouze jedno takto vhodné mraveniště, v němž může hrát roli neúživnost prostředí a současně velký akční rádius vyspělého mraveniště (vnitrodruhová potravní konkurence může být limitujícím faktorem hojnějšího rozšíření v daných podmínkách). U prvních dvou druhů byla vybrána vždy čtyři hnízda pod lepenkami na nabízečím pokus se semeny. U třetího druhu byla pak zvolena zmíněná hnízdní kupa a odlišný způsob nabízení spektra semen vzhledem k velikosti hnízda.

#### Mravenci *Lasius niger* a *Tetramorium caespitum*

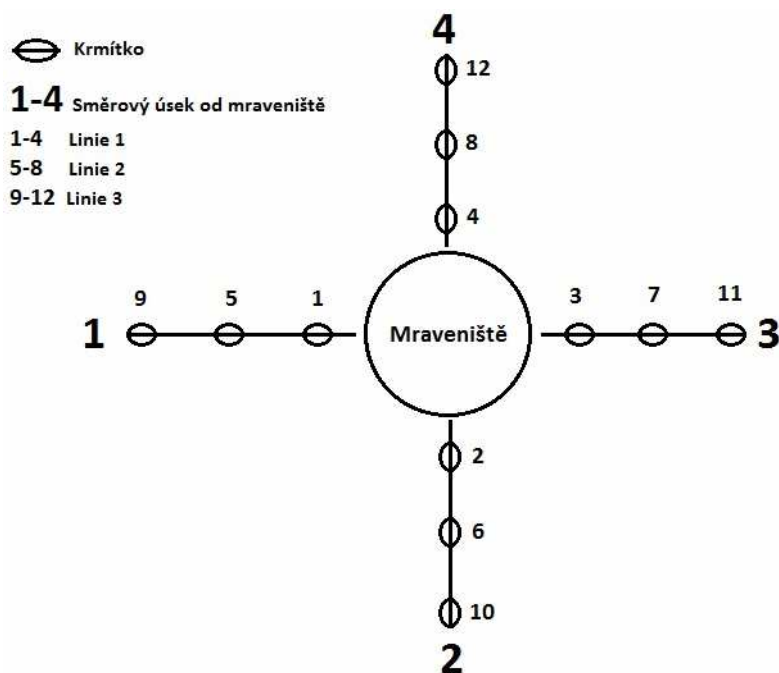
V případě těchto dvou menších druhů byla k nabídkovým pokusům využita lepenkovými kryty stabilizovaná hnízda. Nabízečím miska byla vždy instalována do bezprostřední blízkosti mraveniště. Tato minimální vzdálenost od hnízda sledovaného druhu potlačila možný vliv ostatních druhů mravenců na odnos semen (Jarešová, 2001).

#### Mravenec *Formica pratensis*

Během přípravných prací bylo na ploše odkaliště nalezeno větší hnízdo tohoto mravence, hnízdní kupka o výšce přibližně 50 cm a průměru při bázi cca 60 cm. U tohoto mravence byla sledována nejen druhová skladba a množství odnášených semen z nabízečím misek, ale zároveň vliv vzdálenosti na odnos. Nabízečím misky byly při každém pokusu rozmístěny okolo kupky dle schématu (Obr. 1), přičemž 4 nejbližší misky (na obr. 1 „krmítka“ 1-4) byly v bezprostřední blízkosti mraveniště a shodovaly se tak umístěním s pokusy s mravenci pod lepenkami. Jednotlivé linie umístění misek od kupy přibližně

kopírují stezky, po kterých se mravenci ve větší míře pohybují. Při pokusech umístit krmítka mimo tyto stezky a dále od mraveniště trvalo neúměrně dlouho, než mravenci misky vůbec zaregistrovali.

**Obr. 1** Schéma rozmístění nabízacích misek („krmítek“) okolo hnízdní kupy mravence *Formica pratensis*



**Obr. 2** Hnízdní kupa mravence *Formica pratensis* porostlá trávou *Calamagrostis epigejos*. V pravé části kupy lze vidět holou plošku bez porostu směřující na jih. Foto: březnu 2011.



### Nabízející misky („krmítka“)

Použity byly shodné nabízející misky jako při diplomové práci z 2001, ve které je uveden i technický náčrt nabídkové misky s rozměry, obr. 3. Tyto misky jsou vyrobeny tak, aby při vhodném umístění umožňovaly i malým druhům mravenců, jako např. *Tetramorium caespitum*, stejně snadný přístup k semenům. Kryt se dnem je navíc možné k sobě přitáhnout, a tak neprodyšně uzavřít, což velmi usnadňuje manipulaci s nabízenými semeny, zejména při přípravě – přesná kvantifikace semen (Jarešová, 2001).

**Obr. 3** Dvojice nabízejících misek, v rozšroubovaném stavu a ve stavu pro nabízení



### Nabížená semena

Spektrum rostlinných druhů, jejichž semena byla využita pro nabízející pokusy, bylo zvoleno tak, aby v základu bylo srovnatelné s pokusy Jarešové (2001) a zároveň se mohlo rozšířit o další druhy, v současné době dostupné pro mravence v bezprostředním okolí studované odkalištní plochy. Rostliny na odkališti a v okolí nepřítomné nebo jen s ojedinělým výskytem byly vynechány.

Výběr semen byl rozčleněn do dvou skupin. První byla sklizena na konci června a začátkem července, druhá pak na přelomu července a srpna. Pokryla se tím tak vegetační sezóna, kdy mravencům bylo nabízeno spektrum semen, které zrovna dozrávaly (Tab. 1).

Zdrojem semen bylo samotné plató zkoumaného odkaliště, jeho obvodový lem nebo rekultivované odkaliště v těsném sousedství. Semena byla sklizena dle možností buď



samotná, povětšinou však v rámci celých plodů či celých rostlin. Po vyjmutí z případných obalů byla ponechána zhruba týden ve větraných prostorách (zaschnutí kvůli lepší skladovatelnosti). Takto připravená semena byla do nabízacích misek odpočítávána po 20 a nabízena.

Semena k nabízení byla využívána vždy „tohoroční“, tedy sklízená v roce nabízení. Předpoklad totiž byl, že mravenci vyhledávají spíše čerstvá semena, starší (jednoho roku a více) by nemuseli vyhledávat vůbec, nebo nanejvýše jako stavební materiál, nikoliv jako potravu.

**Tab. 1** Dvě skupiny nabízených semen, první sklízená v druhé půlce června a začátkem července, druhá na přelomu července a srpna

<b>Nabízená semena - první skupina</b>	<b>Nabízená semena - druhá skupina</b>
<i>Potentilla argentea</i> (Po.Arg)	<i>Holcus lanatus</i> (Ho.Lan.)
<i>Rumex acetosella</i> (Ru.Act)	<i>Hieracium laevigatum</i> (Hie.Lae.)
<i>Holcus lanatus</i> (Ho.Lan.)	<i>Plantago lanceolata</i> (Pla.Lanc.)
<i>Calamagrostis epigejos</i> (Cal.Ep)	<i>Trifolium arvense</i> (Tri.Arv.)
<i>Trifolium dubium</i> (Tri.Dub)	<i>Calamagrostis epigejos</i> (Cal.Ep.)
<i>Poa pratensis</i> (Poa)	<i>Melilotus officinalis</i> (Mel.Off.)
<i>Trifolium repens</i> (Tri.Rep.)	<i>Senecio jacobaea</i> (Sen.Jac.)
<i>Vicia hirsuta</i> (Vic.Hirs.)	<i>Lotus corniculatus</i> (Lot.Cor.)
<i>Agrostis tenuis</i> (Agr.Ten.)	<i>Picris hieracioides</i> (Pi.Hie.)
<i>Plantago lanceolata</i> (Pla.Lanc.)	<i>Trifolium repens</i> (Tri.Rep.)
<i>Lychnis flos-cuculi</i> (Lich.F.C.)	<i>Vicia cracca</i> (Vic.Cra.)
	<i>Lathyrus tuberosus</i> (Lat.Tub.)
	<i>Cirsium arvense</i> (Cir.Arv.)
	<i>Centaureum erythraea</i> (Ce.Ery.)

### **3.5 Test využití semen mravenci (nabídka C4 metabolického typu)**

K testování hypotézy, že mravenci používají vyhledávaná a odnášená semena rostlin jako potravu, byl vytvořen experiment, kdy se mravencům, na rozdíl od běžně nabízených původních rostlin s metabolickým typem C3, který v našem mírném klimatickém pásu převažuje, nabízela semena rostliny s C4 metabolismem. Při detekci lze využít jako markeru více fixovaného izotopu uhlíku <sup>13</sup>C. Pro experiment bylo zvoleno období během měsíce června, kdy mravenci ve velké míře produkují larvy pohlavních jedinců před rojením a zároveň larvy dělnic. Potřebují tak více bílkovin, než v jiných obdobích. Hypotéza pro tento experiment je taková, že právě nabízená semena mravenci mohou využít jako snadno dostupný bohatý zdroj bílkovin a zvýšená konzumace C4 metabolických produktů je pak zjištělná analýzou biomasy larev/kukel.

Na odkališti byly vybrány tři druhy mravenců, na kterých se testovalo, zda nabízená semena C4 rostliny používají pouze jako stavební materiál nebo jako potravní zdroj. Hnízda byla volena tak, aby se neshodovala s hnízdy, která byla používána na nabídkové pokusy. Zvoleny byly druhy: *Lasius niger*, *Tetramorium caespitum* a *Formica sanguinea*. Tento výběr reprezentuje mravenčí druhy v přítomném spektru velikostí, dominanci a zároveň s relativně snadno dostupnými hnízdy na odkališti. Současně se podobá spektru druhů, které bylo zkoumáno v rámci dalších experimentů.

Od každého druhu byla vybrána 4 hnízda. U dvou byla následně nabízena rostlina *Kochia scoparia* z čeledi *Chenopodiaceae*, dvě hnízda pak sloužila jako referenční. Vhodné by byly některé C4 trávy – pro podobnost jak v morfologii, tak velikosti obilek s dříve nabízenými trávami C3. Rostlina *K.scoparia* byla zvolena pro svoji snadnou komerční dostupnost v potřebném množství a zároveň pro semena vhodná pro všechny tři testované velikostní kategorie mravenců. Semena byla pořizována u firmy Planta naturalis, která se zabývá komerční produkcí rostlin a semen. Byla nabízena bezprostředně u mravenišť během čtyř týdnů. V rámci tohoto intervalu se semena u hnízd pravidelně doplňovala, dle míry odnosu. Po čtyřech týdnech, byly z hnízd (krmených i referenčních) odebrány kukly. Ty byly následně vysušeny, rozemlety na jemný prášek, a dávkovány do kovových kapslí. Takto připravené vzorky byly následně v reaktoru elementárního analyzátoru oxidovány v proudu čistého kyslíku pomocí tzv. „zábleskového spalování“ při 950°C (analyzátor vario MICRO cube, Elementar, Hanau, Germany). Tato reakce převedla veškerý uhlík ve vzorku do molekul oxidu uhličitého. Separovaný oxid uhličitý byl následně detekován ve speciálním spektrofotometru, přímo propojeným s analyzátozem. Relativní množství izotopu uhlíku  $^{13}\text{C}$  ve vzorku bylo vypočítáno dle vzorce:  $\delta^{13}\text{C} = ((R_{\text{vzorek}}/R_{\text{standard}}) - 1) \times 1,000 (\text{‰})$ .

### **3.6 Základní charakteristika substrátu**

Z každého pokusného čtverce (viz oddíl Fixace mravenčích hnízd – výše) byly odebrány směsné vzorky půdy z hloubek 0-2 cm, 2-4 cm a 4-8 cm, vždy po dvojicích (celkem tedy 6 vzorků na čtverec), které byly následně zanalyzovány na celkový spalitelný uhlík, pH, konduktivitu a dostupný fosfor. Čtverce, jak bylo výše zmíněno, reprezentují čtyři stanovištní (vegetační) typy. Celkové tabulky pro jednotlivé čtverce jsou uvedeny v příloze, Tab. P1-P4.

## **4. Výsledky**

### **4.1 Druhová diverzita mravenců**

Inventarizací mravenčích druhů na odkališti bylo nalezeno celkem 13 druhů mravenců:

- *Formica fusca*, *Formica rufibarbis*, *Formica pratensis*, *Formica cunicularia*, *Formica sanguinea*, *Lasius niger*, *Lasius platythorax*, *Myrmica rubra*, *Myrmica schencki*, *Serviformica rufibarbis*, *Serviformica fusca*, *Tetramorium caespitum*, *Temnothorax crassipinus*

V porovnání se stavem před deseti lety představuje toto číslo nárůst o dalších 6 druhů (v seznamu podtržených). *Lasius flavus* z dřívějška nalezen nebyl, navíc byl však z tohoto rodu určen *Lasius platythorax*.

Nejpočetněji byli nacházeni mravenci *Tetramorium caespitum* a *Lasius niger*. Tyto dva druhy mravenců bylo možné nalézt po celé ploše odkaliště, nejvíce pak v částech bylinných, keřových. Na okrajích stromových porostů a na více otevřených místech převažoval hlavně *Lasius*, v hustších bylinných porostech pak *Tetramorium*.

Pokud byla nalezena hnízda pod rozmístěnými lepenkami, pak patřila výhradně těmto dvěma druhům. Hnízda ostatních druhů byla nalézána náhodně rozmístěna po odkališti.

Dřívější dominanty časných sukcesních stádií byly nahrazeny jinými druhy, charakteristickými pro sukcesní stádía pokročilá. Jako příklad druhů vázaných na méně pokročilou sukcesi lze uvést druhy *Formica rufibarbis* a *Formica cunicularia*, které byly dříve na ploše nacházeny relativně hojně. Při současném průzkumu byly nalezeny v menší míře nebo jako „zotročný“ druh v hnízdech druhu *Formica sanguinea*. Spolu s ním se objevil další druh, který obývá hlavně pokročilá sukcesní stádía (Pech, ústní sdělení), a to *Formica pratensis*.

### **4.2 Druhová diverzita rostlin**

#### **Závislost počtu druhů rostlin na rozloze**

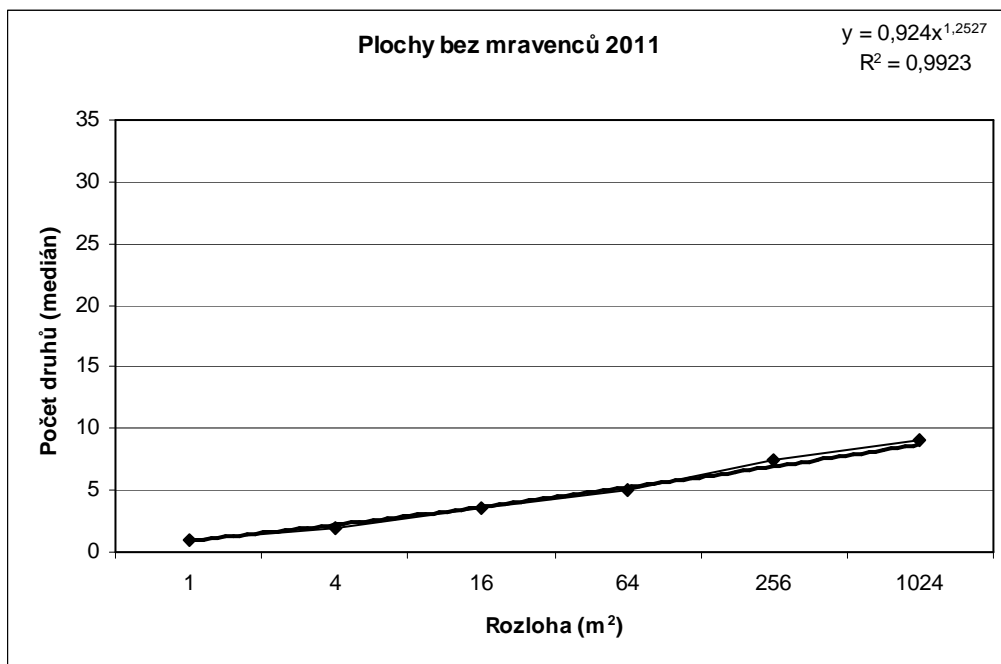
Data z floristické prospekce byla vynesena do grafů (Obr. 4-7). Body v křivce představují medián počtu druhů ve všech čtyřech čtvercích určité velikosti. Plochy bez mravenčích hnízd se výrazně odlišují od ploch s hustším výskytem mravenčích hnízd (maxima 9 a 30 v roce 2011, resp. 11 a 24,5 v roce 2012). Rozdíl může být s velkou pravděpodobností způsoben rozdílnou metodou sběru dat. Ve všech případech křivka v grafu

nevykazuje typický “S” tvar a stále stoupá. Zpomalení růstu počtu druhů a vytvoření tvaru “S” bylo zaznamenáno při prospekci z roku 2011, kdy byla data sbírána ve čtvercích až do velikosti strany 128 metrů. Design sběru dat z roku 2012 byl proveden do velikosti strany čtverce 32 metrů, aby byla dodržena podmínka, že se čtverce dané velikostní kategorie nepřekrývají (rozloha odkaliště neumožňuje provést tuto metodu s čtverci většími než 32 metrů). Odlišnost výskytu rostlinných druhů na plochách s mravenčími hnízdy a bez nich podporuje teorii o aktivním transportu semen mravenci, a tedy jejich příspěvku k fyto-diverzitě. Efekt myrmekochorie dokládá sledování vyklíčivších semen, které byly prokazatelně (v nabídkových pokusech) transportovány mravenci a daly vznik životaschopným semenáčům. Mravenišťe *Lasius niger* a *Tetramorium caespitum* byla po nabízejících pokusech prozkoumána na přítomnost vyklíčených semenáčů nabízených rostlin. Semenáče byly nalezeny ve třech hnízdech *L.niger* a ve čtyřech hnízdech *T. caespitum* (Tab. 2).

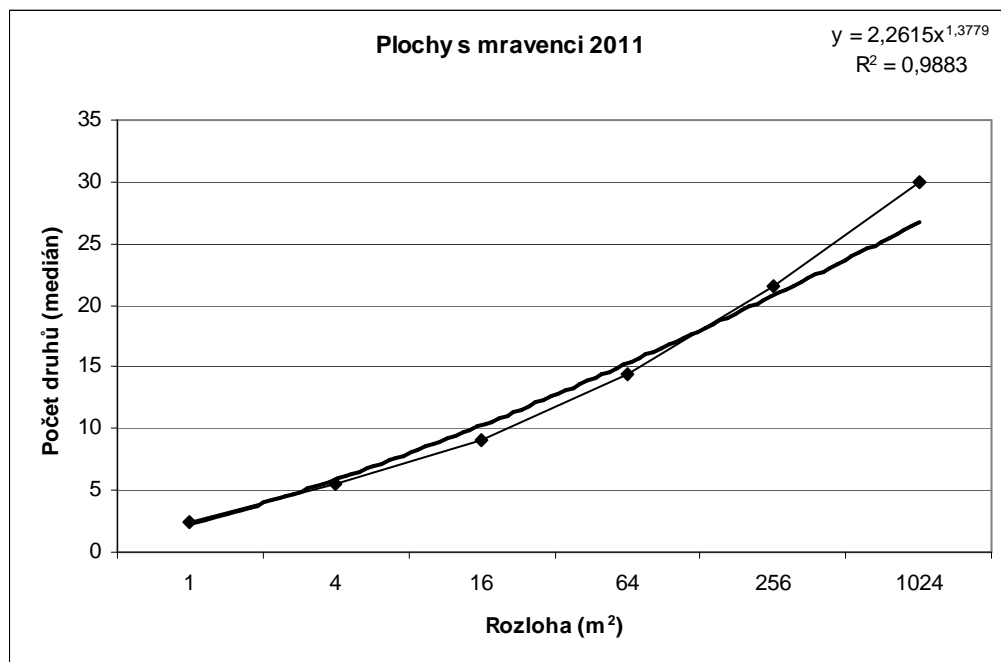
**Tab. 2** Počet nalezených semenáčů rostlin z nabízených semen v hnízdech *L.niger* a *T.caespitum*, neurčitelný semenáč zařazen do kategorie ostatní

<b><i>Lasius niger</i></b>	Vicia sp.	Holcus lanatus	Trifolium repens	Ostatní
Hnízdo 1	4	2	3	2
Hnízdo 2	9	3	0	3
Hnízdo 3	2	0	2	10
<b><i>Tetramorium caespitum</i></b>				
Hnízdo 1	0	1	1	6
Hnízdo 2	2	2	0	4
Hnízdo 3	1	0	0	6
Hnízdo 4	0	0	3	8

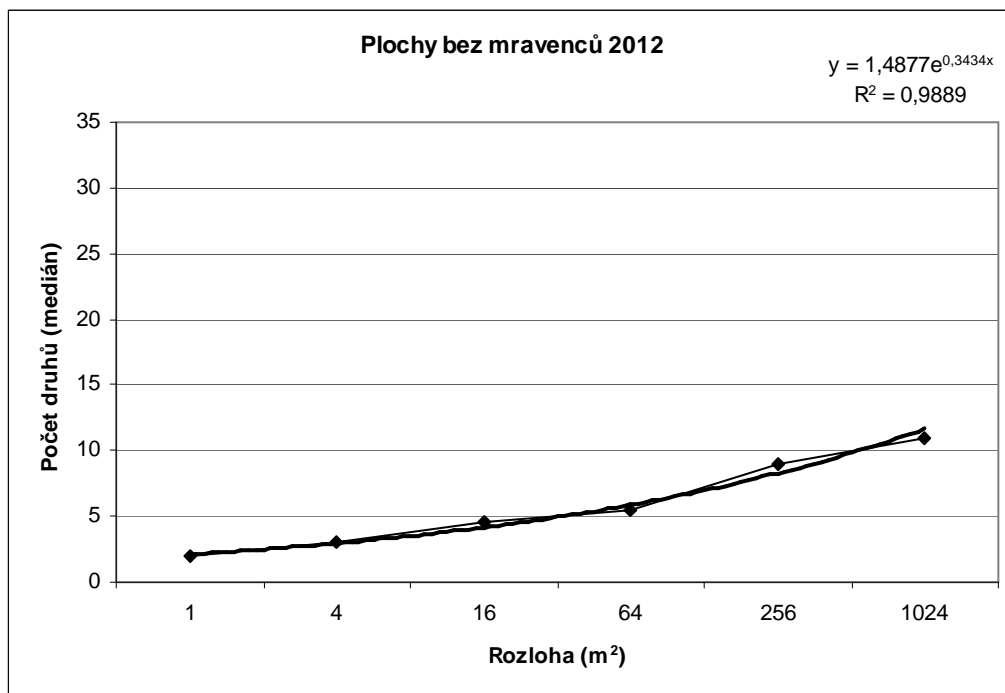
**Obr. 4** Závislost počtu rostlinných druhů na rozloze, plochy bez mravenčích hnízd, sčítání 2011, proložena spojnice trendu (zvýrazněná křivka) s rovnicí



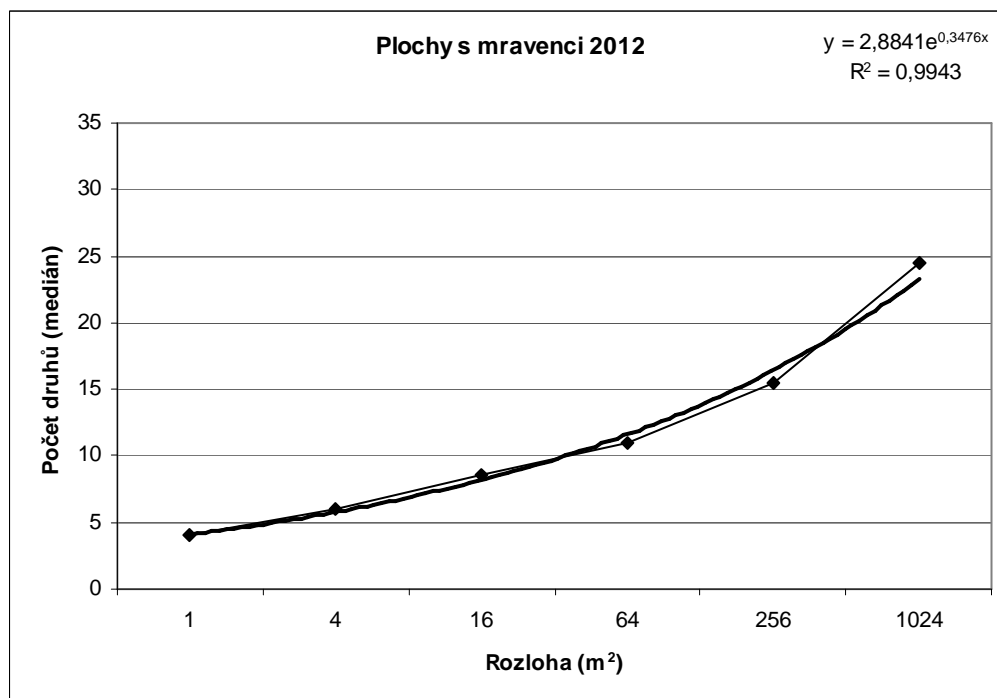
**Obr. 5** Závislost počtu rostlinných druhů na rozloze, plochy s frekventovaným výskytem mravenčích hnízd, sčítání 2011, proložena spojnice trendu (zvýrazněná křivka) s rovnicí



**Obr. 6** Závislost počtu rostlinných druhů na rozloze, plochy bez mravenčích hnízd, sčítání 2012, proložena spojnicí trendu (zvýrazněná křivka) s rovnicí



**Obr. 7** Závislost počtu rostlinných druhů na rozloze, plochy s frekventovaným výskytem mravenčích hnízd, sčítání 2012, proložena spojnicí trendu (zvýrazněná křivka) s rovnicí



### Test neosídleného prostředí výsevem

Klíčící pokus k prokázání potenciálu osídlit plochy odkaliště s absencí mravenčích hnízd měl následující parametry: z 60 semen vysetých v laboratoři na vlhkou vatu, pro zjištění klíčivosti, se vyvinulo do stádia semenáčku celkem 52 semen (nevyklíčily po třech *Trifolium repens*, *Plantago lanceolata*, po jednom *Vicia hirsuta*, *Agrostis capillaris*). Dalo se tedy předpokládat, že srovnatelnou klíčivost budou mít i sady semen vysetých na pokusných ploškách na odkališti.

Počty živých a růstu schopných semenáčků se v průběhu sledování měnil. Na počátku relativně rychle vyklíčily semena *Vicia hirsuta*, následovány *Holcus lanatus* a *Agrostis capillaris*. Semenáčky *Vicia hirsuta* však postupně zasychaly, či výrazně zpomalily růst, což je u jednoletek v kulminující části letní sezóny očekávatelné, a byly postupně přerůstány semenáčky trav. Ke konci sledovaného období se objevily semenáčky *Rumex acetosella* a dva jedinci *Trifolium repens*. V tabulce 3 jsou uvedeny počty vyklíčených semen po dvou týdnech od vysetí, v závorce u každého čísla je pak uveden počet přeživších semenáčků po osmi týdnech od vysetí (konec sledovaného období).

**Tab. 3** Počet vyklíčených semen na začátku sledovaného období, v závorkách počty semenáčků přeživších do konce sledovaného období.

Ploška Č./Druh rostliny	Počet vyklíčených (přeživších) semen celkem					
	<i>Hol.lan.</i>	<i>Vic.hir.</i>	<i>Plant.lanc.</i>	<i>Rum.obt.</i>	<i>Agr.cap.</i>	<i>Trif.rep.</i>
1	4(4)	7(0)	0	10(10)	7(6)	1(1)
2	1(0)	6(6)	3(3)	2(2)	5(4)	0
3	2(0)	4(0)	0	1(1)	10(7)	0
4	7(7)	4(1)	0	5(5)	0	1(1)
5	5(4)	10(10)	0	10(10)	9(7)	0
<b>SUMA</b>	<b>19(15)</b>	<b>31(16)</b>	<b>3(3)</b>	<b>28(28)</b>	<b>31(24)</b>	<b>2(2)</b>

Z tabulky je patrné, že nejméně na daných ploškách klíčila semena *Plantago lanceolata* a *Trifolium repens*, nejvíce pak *Vicia hirsuta*, *Rumex acetosella* a *Agrostis capillaris*, následovány druhem *Holcus lanatus*. U druhu *Vicia hirsuta* však byla zároveň zaznamenána vysoká mortalita semenáčků zhruba tří týdnů starých.

Všechny vybrané druhy, patřící do širší skupiny běžně rozšířené na plochách s přítomností mravenčích hnízd, prokázaly schopnost vyklíčit a přežít na ploše bez mravenčích hnízd. V závislosti na výkyvech počasí, a nepříliš příznivým vlastnostem substrátu, docházelo během sezóny k přirozenému „samoředění“, tedy mortalitě části jedinců, kdy slabší jedinci nedokázali odolat celkovým stresovým podmínkám. Došlo tím k rozšíření

dostupností zdrojů pro ostatní semenáče a zbylí jedinci dorostlí do pokročilejšího stadia ontogeneze se mohou stát základem další kolonizace zkoumaných ploch odkaliště.

### 4.3 Odnos semen mravenci

#### Odnos semen mravenci, nabízející pokusy

Odnos semen u všech tří druhů mravenců byl testován statistickou metodou Kruskal-Wallis test, za účelem zjištění, zda-li se mezi sebou významně liší jednotlivé druhy mravenců. V případě prokázání rozdílu bylo následně využito vícenásobné srovnání, které ukázalo, u jakých skupin dochází k významným rozdílům. Výsledné p-hodnoty pro jednotlivé testy ukazuje tabulka 4.

**Tab. 4** Výsledné p-hodnoty Kruskal-Wallis testu pro jednotlivé nabízející pokusy

Nabídka	p-hodnoty	Rozdíl
I	0.1988	NE
II	0.02444	ANO
III	0.023	ANO
IV	0.02491	ANO
V	0.1452	NE
VI	0.01915	ANO

Statisticky významný rozdíl byl prokázán s výjimkou nabídek I a V u všech ostatních. Použití vícenásobného srovnání po Kruskal-Wallis testu následně ukázalo, že v nabídce II se lišily druhy *Formica* a *Lasius*, v nabídce III *Formica* a *Tetramorium*, v nabídce VI *Lasius* a *Tetramorium*. Výjimku tvořila nabídka IV, u které byl testováním prokázán meziskupinový rozdíl, následné vícenásobné srovnání však statisticky významný rozdíl neukázalo, byť číselně velmi těsně (mezi druhy *Formica-Tetramorium* a *Formica-Lasius*).

U druhu mravence *Formica pratensis* byl testován navíc i vliv vzdálenosti nabídkové misky od hnízdní kupy (viz obr. 1, kapitola 3.4 Odnos semen mravenci – Mravenec *Formica pratensis*). Každý nabídkový pokus byl testován zvlášť statistickou metodou Kruskal-Wallis, v případě prokázání rozdílu byla využita metoda mnohonásobného srovnání, jež ukázala, které vzdálenosti se od sebe významně odlišují. Výsledné p-hodnoty ukazuje tabulka 5.



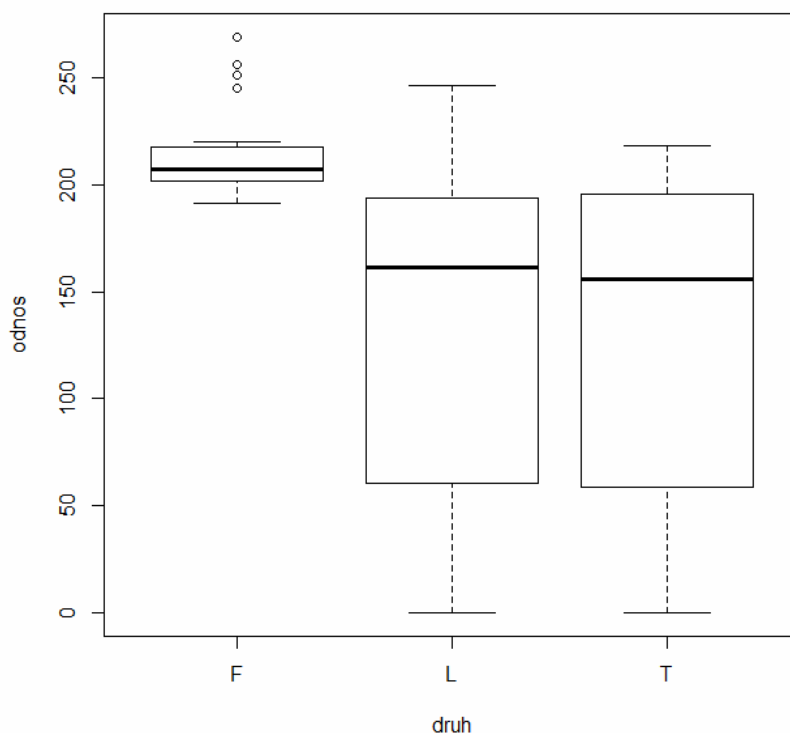
**Tab. 5** Výsledné p-hodnoty Kruskal-Wallis testu pro jednotlivé nabízející pokusy, testován vliv vzdálenosti nabízející misky od kupky mravence *Formica pratensis*

Nabídka	p-hodnoty	Rozdíl
I	0.04352	ANO
II	0.01832	ANO
III	0.08696	NE
IV	0.04528	ANO
V	0.6708	NE
VI	0.1878	NE

Z tabulky 5 je tedy patrné, že statisticky významný rozdíl byl prokázán pouze u tří nabídkových pokusů. Následná analýza vícenásobným srovnáním prokázala, že se vždy od sebe významně odlišovala vzdálenost počáteční, tedy bezprostředně u hnízda, a vzdálenost největší, tedy 6 metrů od hnízda.

Celkově nejvíce odnášel druh *F.pratensis*. Mravenci *L.niger* a *T.caespitum* se v celkové míře odnosu významně nelišili. To je významný rozdíl od výsledků zjištěných stejnou metodou na téže lokalitě ve studii Jarešové (2001), kdy nejvíce odnosů pro semena všech nabízených druhů rostlin byla zaznamenána u střední velikostní kategorie mravence: *Lasius niger*. Je ovšem skutečností, že u největší velikostní kategorie: rodu *Formica*, se v každém z případů jednalo o jiný druh a potravní potřeby mohou být druhově specifické.

**Obr. 8** Srovnání průměrných odnosů nabízených semen při jedné nabídce u všech tří druhů mravenců (F – *Formica pratensis*, L – *Lasius niger*, T – *Tetramorium caespitum*)



#### **4.4 Test využití semen mravenci (nabídka C4 metabolického typu)**

V průběhu experimentu bylo pozorováno, že mravenci odnáší veškeré nabízené množství semen C4 rostliny *Kochia scoparia*. Semena tak bylo nutné průběžně dosypávat a zajistit tak maximalizovanou, hypoteticky potravní nabídku.

Analýzou vzorků kukel na  $^{13}\text{C}$  uhlík byl prokázán statisticky průkazný rozdíl mezi krmenými a nekrmenými mraveništi pouze u druhu *Formica sanguinea*, vyšší hodnoty izotopu uhlíku  $^{13}\text{C}$  však měly vzorky z nekrmených hnízd. U druhů *Lasius niger* a *Tetramorium caespitum* významný rozdíl prokázán nebyl. Tabulka 6 ukazuje naměřené hodnoty izotopu uhlíku  $^{13}\text{C}$  ve vzorcích kukel z krmených i nekrmených hnízd.

U všech druhů mravenců sloužila semena pravděpodobně k jinému účelu (např. stavební materiál), než jako potravní zdroj. Rozdíl v případě druhu *F.sanguinea* je pravděpodobně způsoben jiným, neznámým a pro mravence dostupným zdrojem uhlíku  $^{13}\text{C}$ , popř. statistickou chybou při měření.

**Tab. 6** Naměřené hodnoty izotopu uhlíku  $^{13}\text{C}$  ve vzorcích kukel. První dvě písmena – Druh mravence, K – krmené hnízdo, N – nekrmené hnízdo, L – doplňkové označení, S – nabízená semena

č. vzorku	$\delta^{13}\text{C}$ [‰] vs. PDB
FSKL1	-27,382
FSKL2	-26,490
FSNL1	-25,740
FSNL2	-24,943
LNKL1	-27,221
LNKL2	-26,644
LNNL1	-26,259
LNNL2	-27,093
TCKL1	-27,300
TCKL2	-27,207
TCNL1	-26,485
TCNL2	-27,294
S1	-14,281

#### **4.5 Základní charakteristiky substrátu**

Čtverce byly rozmístěny tak, aby pokryly všechny čtyři základní vegetační typy přítomné na odkališti (holá plocha, bylinná plocha, keřová plocha, stromová plocha). Každá sada popisující jeden vegetační typ pak obsahovala analýzu pH, salinity (konduktivity), spalitelného organického uhlíku a dostupného fosforu, vždy pro všechny tři odebírané

hloubky substrátu (0-2, 2-4, 4-8cm). Pro každou sadu, popisující jeden vegetační typ, byly zjištěny hodnoty průměru, mediánu, minima a maxima (Tab. 7-10).

**Tab. 7** Hodnoty průměru, mediánu, minima a maxima pro sadu čtverců bez vegetace nebo s ojedinělým výskytem vyšších či nižších rostlin

Holé plochy (bez vegetace či s ojedinělým výskytem vyšších či nižších rostlin)				
Uhlík	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
<b>0-2cm</b>	0,214	0,215	0,169	0,251
<b>2-4cm</b>	0,220	0,222	0,160	0,293
<b>4-8cm</b>	0,232	0,230	0,169	0,299
pH				
<b>0-2cm</b>	4,880	4,821	3,826	6,023
<b>2-4cm</b>	4,485	4,207	3,457	5,850
<b>4-8cm</b>	4,182	3,915	3,359	5,933
Vodivost				
<b>0-2cm</b>	625,663	336,500	87,500	1747,000
<b>2-4cm</b>	1225,250	1628,500	96,000	1867,000
<b>4-8cm</b>	1315,375	1320,000	235,000	1823,000
Fosfor				
<b>0-2cm</b>	41,647	22,310	0,119	106,595
<b>2-4cm</b>	57,775	36,291	9,702	187,266
<b>4-8cm</b>	44,925	31,823	10,110	113,811

**Tab. 8** Hodnoty průměru, mediánu, minima a maxima pro sadu čtverců s převahou bylinného pokryvu

Bylinné plochy (převaha bylinného patra)				
Uhlík	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
<b>0-2cm</b>	0,241	0,235	0,176	0,334
<b>2-4cm</b>	0,195	0,192	0,174	0,217
<b>4-8cm</b>	0,205	0,187	0,164	0,320
pH				
<b>0-2cm</b>	6,036	6,026	5,951	6,173
<b>2-4cm</b>	5,895	5,921	5,607	6,058
<b>4-8cm</b>	5,615	5,636	5,173	6,007
Vodivost				
<b>0-2cm</b>	94,100	83,400	60,300	148,800
<b>2-4cm</b>	128,825	78,800	65,600	316,000
<b>4-8cm</b>	541,313	135,400	85,200	1823,000
Fosfor				
<b>0-2cm</b>	91,960	89,839	52,917	133,619
<b>2-4cm</b>	115,834	113,369	70,895	161,357
<b>4-8cm</b>	101,160	93,211	61,784	151,636

**Tab. 9** Hodnoty průměru, mediánu, minima a maxima pro sadu čtverců s převahou keřového pokryvu

Keřové plochy (hustší zápoj keřového patra, místně přechod do stromového patra)				
Uhlík	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
<b>0-2cm</b>	0,221	0,220	0,201	0,259
<b>2-4cm</b>	0,206	0,204	0,164	0,283
<b>4-8cm</b>	0,187	0,184	0,144	0,281
pH				
<b>0-2cm</b>	5,247	5,241	4,771	5,913
<b>2-4cm</b>	4,830	4,745	4,268	5,541
<b>4-8cm</b>	5,034	4,992	4,200	6,164
Vodivost				
<b>0-2cm</b>	473,138	327,000	195,100	1238,000
<b>2-4cm</b>	1177,925	1111,500	130,400	1905,000
<b>4-8cm</b>	1498,375	1621,000	485,000	1855,000
Fosfor				
<b>0-2cm</b>	48,054	46,910	16,507	78,774
<b>2-4cm</b>	55,696	43,377	25,024	141,798
<b>4-8cm</b>	42,568	28,741	4,547	99,593

**Tab. 10** Hodnoty průměru, mediánu, minima a maxima pro sadu čtverců s převahou stromového pokryvu

Stromové plochy (převaha zapojeného stromového patra)				
Uhlík	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
<b>0-2cm</b>	0,283	0,285	0,239	0,336
<b>2-4cm</b>	0,183	0,185	0,174	0,195
<b>4-8cm</b>	0,185	0,185	0,146	0,215
pH				
<b>0-2cm</b>	6,150	6,129	6,082	6,272
<b>2-4cm</b>	6,012	6,061	5,775	6,192
<b>4-8cm</b>	5,807	5,880	5,300	6,140
Vodivost				
<b>0-2cm</b>	79,900	89,700	25,800	113,900
<b>2-4cm</b>	76,067	67,000	51,000	117,900
<b>4-8cm</b>	176,900	62,600	29,700	738,000
Fosfor				
<b>0-2cm</b>	86,018	87,917	56,631	109,155
<b>2-4cm</b>	127,762	150,756	48,879	173,620
<b>4-8cm</b>	115,296	111,201	67,390	172,047

Z dat z tabulek 7-10 lze vidět, že nejméně příznivé stanoviště jsou holé plochy bez vegetace (nebo s velmi sporadickou vegetací), hlavně z důvodu nepříznivého pH (v extrémním případě 3,3) a vysokého stupně zasolení (téměř 1,9  $\mu\text{S}$ ). Pokud jsou na těchto čtvercích přítomny rostliny, pak jen jako jednotliví jedinci, či tvoří malý ostrůvek. Dva čtverce jsou nejméně příznivé, postrádají jakoukoliv vegetaci, včetně nižších rostlin. Výjimku tvoří miniaturní ostrůvek několika jedinců třtiny křovištní, nebo výhonů patřící k jednomu polykormonu. Zbylé dva mají již na svém povrchu, alespoň částečný, pokryv nižších rostlin a

opět solitérní výskyt jedinců vyšších rostlin. Celkově pak jsou holé plochy charakterizovány nízkým pH, v souvislosti s tím i s malým obsahem fosforu dostupného pro rostliny a vysokým zasolením. Hodnoty spalitelného organického uhlíku jsou relativně podobné ve všech třech testovaných hloubkách díky pomalému rozkladu případné organické hmoty a nepřítomnosti vyšších rostlin, které by živiny odčerpávaly.

Parametry nejpříznivější pak představují stromové plochy, následované bylinnými. Stromové plochy se vyznačují relativně stabilním a příznivým pH ve všech hloubkách (mezi 5,3-6,2), s tím i vysokým obsahem fosforu a nejmenšími hodnotami zasolení.

Keřové plochy nedisponují příliš dobrými vlastnostmi, jelikož jejich plochu tvoří roztroušení jedinci břízy bělokoré a topolu osiky. Opad a případná další vegetace je přítomna hlavně okolo těchto jedinců, zbylá část plochy je holá, nanejvýše s výskytem nižších rostlin. Zasolení i zde dosahuje místy velmi vysokých hodnot (1 $\mu$ S a více), pH pak mezi 4,5-5,5.

Pomocí statistické metody Kruskal-Wallis byly všechny čtverce porovnány navzájem, zda lze mezi nimi najít průkazný rozdíl, nebo jestli se vlastnosti substrátů ve čtvercích podobají. Čtverce byly srovnávány vždy podle jedné vlastnosti a hloubky. Výsledné p-hodnoty ukazuje Tab. 11. Prakticky u všech vlastností i hloubek byl prokázán rozdíl, výjimku tvoří celkový spalitelný uhlík, kdy u hloubek 2-4 a 4-8 cm rozdíl prokázán nebyl. Následné provedené vícenásobné srovnání ukázalo, že nejvíce se čtverce odlišují od sebe v salinitě, následované pH, nejméně se pak odlišují navzájem v uhlíku (Tab. 12).

**Tab. 11** Výsledné p-hodnoty metody Kruskal-Wallis, porovnání všech vegetačních typů navzájem

Porovnání všech 4 vegetačních typů navzájem			
	Hloubka I	Hloubka II	Hloubka III
uhlík	0-2cm	2-4cm	4-8cm
	0.0181	0.481	0.1269
fosfor	0-2cm	2-4cm	4-8cm
	0.007284	0.007493	0.005412
salinita	0-2cm	2-4cm	4-8cm
	0.0002499	0.000187	0.001735
pH	0-2cm	2-4cm	4-8cm
	0.0001492	0.0001738	0.009552

**Tab. 12** Schématické znázornění odlišujících se dvojic vegetačních typů, ze kterých byly odebírány půdní vzorky. A – holá plocha bez vegetace, B – plocha s převahou bylin, C – plocha s převahou keřů, D – plocha s převahou stromů

	Hloubka		
	0-2cm	2-4cm	4-8cm
Sledovaná vlasnost půdy			
<b>Uhlík</b>			
	AD		
	CD		
<b>Fosfor</b>			
	AB	AD	CD
	BC		
<b>Salinita</b>			
	AB	AB	
	AD	AD	AD
	BC	BC	
	CD	CD	CD
<b>pH</b>			
		AB	AB
	AD	AD	AD
		BC	
	CD	CD	

## 5. Diskuze

### Druhová diverzita mravenců

V úvodu byla položena otázka, jak se změnilo spektrum mravenčích druhů na odkališti, ve srovnání se stavem před deseti lety (rozpětí let 2001-2011). Při poslední prospekci v letech 2011 a 2012 bylo nalezeno celkem 13 druhů, v součtu o 6 druhů více (prakticky tedy zdvojnásobení počtu druhů). Již prosté zvýšení diversity mravenců, může poukazovat na posun v sukcesních pochodech. Dříve extrémní plocha se stává přijatelnější – přinejmenším díky vzniku heterogennější porostní mozaiky, mohly se zvýšit zdroje potravy či stavebního materiálu. Zároveň s diversitou mravenců se však změnila i jejich dominance, a to především v případě mravenců největší velikostní kategorie (rod *Formica*). Dříve hojně druhy *Formica cunicularia* a *F.rufibarbis* byly nacházeny spíše sporadicky, popřípadě jako zotročený druh v mraveništích druhu *Formica sanguinea*, jehož (pro tohoto mravence častější) zemní hnízda lze po odkališti nalézt hojně. O rovněž přítomném druhu *F. pratensis* je také známo, že se usidluje s využitím dočasného parazitismu (Pech – ústní sdělení). Oba

posledně zmíněné druhy mravenců jsou kromě přímých údajů o vegetaci zjevným signálem o pokračující ekologické sukcesi na dříve inertním antropogenním substrátu.

„Vysoké teploty na povrchu odkaliště nutí mravence umisťovat svá hnízda spíše do podzemí a netvořit nad svými podzemními částmi hnízd své kupulovité nadstavby.“ (Jarešová, 2001). Tato citace ze srovnávané práce poukazuje na jev, který je ve své podstatě podobný jevu běžného u mravenců ze suchých a horkých oblastí pouště. Zemní hnízda totiž umožňují mravencům vyhnout se v nejteplejším prostředí přehřátí (Hölldobler et Wilson, 1997). Podobně se chovají i mravenci na odkališti, jelikož při horkých a slunných letních dnech, mohou teploty povrchu dosahovat pro ně vražedných hodnot. Nicméně při současných prospekcích bylo nalézáno místy větší množství kupulovitých nadstaveb mravenců *Lasius niger* a *Tetramorium caespitum*, dvou nejrozšířenějších mravenců na odkališti. Umožnily jim to zlepšující se podmínky, kdy se plocha odkaliště více zastíňuje stále většími stromy a zahušťuje se keřobylinný porost a zároveň i schopnost mravenců se přizpůsobovat podmínkám. Jeden druh mravence se totiž může chovat různě na různých typech stanoviště v závislosti na prostředí, ve kterém se nachází, klimatických podmínkách nebo geografickém umístění (Jolivet, 1996). Mnohdy lze na odkališti uprostřed pusté plochy bez porostu nalézt malý trs (resp. rodící se polykormon) trávy *Calamagrostis epigejos* a v něm nápadnou kupku hlíny a materiálu – buď přímo aktivní mraveniště, nebo pozůstatek mraveniště starého. Dalším potvrzením, že povrch odkaliště již dovoluje stavět typické kupky je hnízdo mravence *Formica pratensis*, který mívá hnízda na okrajích lesů často v trávě, na pasekách, loukách a světlínách. Kupky jsou menší, stavěné z různého rostlinného materiálu, ploché, někdy i miskovitě proláklé (Hruška, 1980). Pokusné hnízdo na odkališti představovalo přesně tyto parametry – je menšího rozměru (cca 40cm, poloměr kolem 60cm), je umístěno nedaleko souvislého stromového porostu osik a ve svém nejtěsnějším okolí má několik stromků a keřů. Samo o sobě je porostlé trávou *Calamagrostis epigejos* (kromě špičky a jihozápadní části kupky).

Za desetileté období se druhové zastoupení mravenců na odkališti znatelně posunulo vpřed, a to nejen samotným počtem druhů, který vzrostl o dalších 6, ale i proporčním zastoupením resp. stupněm dominance a druhovou skladbou mravenců. Objevil se druh typický pro sukcesní stádia pokročilá (*Formica pratensis*), většího rozšíření doznal druh *Formica sanguinea*. Naopak druhy ranějších sukcesních stádií (*Formica cunicularia*, *F. rufibarbis*), dříve hojné, byly těmito druhy vytlačeny. Vzhledem k nalézání jedinců *F. cunicularia* a *F. rufibarbis* v hnízdech *F. sanguinea* a *F. pratensis* se potvrzuje, že zvláště na

nehostinném a neúživném stanovišti, jakým je opuštěné rudní odkaliště, je dočasný parazitismus mravenců důležitou hybnou silou pokračující kolonizace a ekologické sukcese.

#### Závislost počtu rostlinných druhů na rozloze

Základní hypotézou při floristickém průzkumu bylo, že na plochách s absencí mravenčích hnízd bude méně rostlinných druhů, než na plochách s vyšší frekvencí výskytu hnízd. Tato hypotéza se opírala o několik jevů, které byly u mravenců pozorovány a popsány.

Myrmekochorie, tedy roznos semen mravenci, je jev popisovaný mnoha autory (např. Fokuhl et al., 2012, Espadaler et Gómez, 1997, Hölldobler et Wilson, 1997) a v rámci této práce je diskutována v kapitole Diskuze – odnos semen mravenci. Mravenci odnáší semena mnohých rostlin do hnízda, kde je používají jako potravu či jako stavební materiál. Část těchto přenášených semen zůstane bez využití. Na chudých substrátech, jako je např. studované odkaliště ve Chvaleticích, mohou mravenci semena sbírat ve větší míře jak pro stavební materiál, kterého je na ploše nedostatek, tak jako potravu, jelikož i potravní zdroje bývají na takto neúživných substrátech limitovány. Díky této a dalším činnostem mravenců ve hnízdě dochází k obohacování substrátu hnízda živinami (Holec et Frouz, 2006). Hnízdní kupy se tak mohou stát příznivějším prostředím pro klíčení a růst semenáčků rostlin. Jistou analogii představuje práce Kováře (Kovář et al., 2001) kdy byly zkoumány horské louky s vyšší frekvencí hnízdních kup mravenců. Na těchto kupách byla zaznamenána odlišná a obvykle druhově pestřejší vegetace než v okolním prostoru. Hnízda tak svojí činností na loukách zvyšovala diverzitu rostlin.

Tato hypotéza specifikovaná pro odkaliště byla následně ověřena floristickými průzkumy. Plochy s absencí mravenčích hnízd vykazovaly výrazně méně rostlinných druhů, než plochy s vyšší frekvencí výskytu hnízd, a to při dvou odlišných designech sběru dat (viz Obr. 4-7, kap. 4.2 Druhová diverzita rostlin). V obou případech při velikosti čtverce 32 x 32 metru počet rostlinných druhů stále roste. Očekávaný "S" tvar křivky, tedy že počet druhů s rostoucí rozlohou již nestoupá nebo pomaleji, byl zaznamenán při prvním designu sběru dat, kdy se zvolené počáteční čtverce postupně zvětšovaly o dvojnásobek. Druhý design sběru dat, kdy čtverce dané velikosti byly po odkališti (resp. v rámci odkaliště plochy bez mravenců a s mravenci) rozmístěny náhodně, lze použít pouze do velikosti 32 \* 32 metrů, aby byla dodržena podmínka, že se čtverce zvolené velikostní kategorie nepřekrývají (odkaliště „nezajišťuje“ dostatečně velkou rozlohu k dalšímu zvětšování čtverců v sériích).

Zároveň s těmito výsledky a poznatky se lze domnívat, že určitý vliv na kolonizaci odkaliště mravenci mohl mít i požár, který postihl odkaliště v roce 1994. Požár, který



nepostihl celou část odkaliště, způsobil prosvětlení porostu. V místě požáru pak převládla klonální dřevina *Populus tremula* nad *Betula pendula* (Štefánek 2004). Dočasné prosvětlení a uvolnění porostu patrně využily pionýrské a světlomilné druhy mravenců, např. *Formica rufibarbis* a *F.cunicularia*, kteří preferují právě otevřenou „step kulturní krajiny“. Hnízd těchto mravenců pravděpodobně využili druhy sukcesně pokročilejší a dnes přítomné na odkališti – *F.sanguinea* a *F.pratensis*, které zakládají hnízda často pomocí hnízdního parazitismu právě na těchto pionýrských družích. Provedené fytoecologické snímkování pak ukazuje, že místa, kde mezi dřevinami převládá právě *P.tremula*, jsou ve floristickém průzkumu zahrnuta jako „mravenčí plochy“ díky zvýšenému výskytu hnízd. V místech, které nebyly požárem zasaženy, převládá vysokokmenná bříza, podrost je ve velké míře zastíněn a je zde nacházeno minimum mravenčích hnízd.

Porovnáním výsledků floristických průzkumů s prací Jarešové (2001) se ukazuje významný nárůst počtu rostlinných druhů (8 druhů vyšších, resp. 4 druhy nižších rostlin v roce 2001 – 100 druhů vyšších, resp. 8 druhů nižších rostlin v roce 2012), jde tedy o řádový rozdíl. Druhová diverzita rostlin je zcela nepochybně za porovnávané období vyšší.

#### Test neosídleného prostředí výsevem

Provedený výsevní experiment poukázal na skutečnost, že semena na plochách bez významného výskytu mravenčích hnízd jsou schopna vyklíčit a růst, avšak pravděpodobně kvůli značně stresovým podmínkám substrátu a s tím spojenou sníženou odolností relativně dosti hynou před dovršením růstu a zdárnou reprodukcí. Navíc k celkovému stresu a zhoršenému zdravotnímu stavu rostlin přispívá nejen toxická výživa, ale i parazitické houby a žír hmyzem (Marková, 2006). Vyšší mortalita semenáčů, zvláště jednoletých rostlin se dá předpokládat, zvláště ve vegetační sezóně s extrémními výkyvy počasí (kolísání teplot, srážkově deficitní období anebo naopak přívalové srážkové epizody v létě 2012). Na odkališti jsou navíc tyto sezónní výkyvy mnohdy výrazně umocněny. Při dlouhotrvajících vedrech se substrát přehřívá a vysušuje. Na mnoha místech se může povrch stát velmi sypkým a snadno přenášitelný větrem (mohou se pak tvořit útvary podobné vátým pískům), popř. může substrát po vysušení ztvrdnout. Navíc se tvoří výrazné výkvěty solí, které vzlínají v podobě roztoků k povrchu, kde se usazují (Rauch, 2004).

Nabízí se tedy otázka, zda mohou mít mravenci významný vliv na sukcesní pochody tím, že aktivně transportují semena rostlin. Některá totiž cestou mohou poztráct, čímž mohou přispět k samotnému rozšiřování semen, zbylá pak donesou do hnízda. Vzhledem k tomu, že mravenci na odkališti představují i významný vliv bioturbační, kdy vlivem ustavičného

mechanického zpracování provětrávají půdu, promíchávají ji s organickými látkami a tím obohacují živinami (Sadil, 1955), je pravděpodobné, že semena donesená do mraveniště budou mít v rámci odkaliště výrazně příznivější podmínky na vyklíčení a růst (živiny, vlhkost, nižší extremita substrátu), než semena na volné ploše. Pokud by byl tento předpoklad pravdivý, pak na místech s vyšším výskytem mravenčích hnízd bude přítomno více rostlinných druhů, než na místech, kde mravenci chybí, nebo se vyskytují v minimální míře.

### Odnos semen mravenci

Myrmekochorie představuje jev, který je již dlouhou dobu znám a v literatuře popsán (např. Sadil, 1955; Jolivet, 1996; Obenberger, 1940). Nejčastěji je myrmekochorie citována s rostlinami, které tvoří speciální výrůstky na semenech – elaiosomy. Tyto útvary jsou bohaté výživově a energeticky bohaté a pro mravence snadno zpracovatelné. Proto tato semena aktivně vyhledávají a přenášejí do svých hnízd, kde elaiosomy odkusují a živí jimi své larvy, popřípadě je využívají jako potravu (Fokuhl et al., 2012). U mravenců, kteří se primárně semeny neživí, dochází k odnosu nejčastěji právě díky elaiosomům a semena, která nedisponují mechanismy na zvýraznění své atraktivity k odnosu (elaiosomy, chemické atraktanty) bývají odnášena zřídka a spíše náhodně (Espadaler et Gómez, 1997). Odnos semen rostlin, která nedisponují atraktanty podmiňující k odnosu mravenci, je běžný u mravenců, kteří se semeny přímo živí a aktivně přinášejí do hnízda a konzumují semena rostlin, bez ohledu na přítomnost elaiosomů (Hölldobler et Wilson, 1997).

Odkaliště představuje svými podmínkami prostředí, kdy semena transportují i ty druhy mravenců, kteří za běžných podmínek semena nerozlišují, ze zkoumaných druhů např. *Lasius niger* (Jarošová, 2001). Výsledky nabídkových pokusů a pozorování na místě pak ukazují, že tento mravenec semena aktivně sbíral a přenášel do hnízda, popř. je ponechával při povrchu hnízda. Zároveň byl zaznamenán případ, kdy mravenci aktivně přenášeli jiná semena, než jim byla nabízena. Na odkališti byla nalezena hnízda tohoto mravence, jejichž kupulovitou nadstavbu pokrývala semena a semenáčky břízy. Jelikož kupka byla rovnoměrně pokryta semeny a v nejbližším okolí se semena nevyskytovala, lze vyloučit jako příčinu vítr. Pozorován byl i případ opačný, kdy mravenci odnášeli do vzdálenosti přibližně 50cm od hnízda nabízená semena rostliny *Centaurea erythraea*. Následující rok od nabídky byly okolo hnízda nalezeny kvetoucí a následně plodící rostliny tohoto druhu. Při prospekci okruhu 30 metrů od mraveniště tato rostlina nalezena nebyla. Je tedy pravděpodobné, že rostliny pochází právě ze semen z nabídky a že mravenci se semen zbavovali jako „neupotřebitelného odpadu“.

U druhů, které v přírodě běžně semena přenášejí, může dojít na odkališti k zesílení tohoto jevu kvůli omezeným potravním zdrojům. Zkoumaný mravenec *Tetramorium caespitum* představuje všežravého mravence, který běžně semena vyhledává a aktivně přenáší do hnízda, kde je uschovává v komůrkách přes zimu a z kraje léta, kdy dochází ke zvýšené produkci pohlavních jedinců, jimi krmí larvy, zároveň však aktivně vyhledává živočišnou potravu (Dobrzański et Dobrzańska, 1976; Brian et al., 1967). Při nabídkových pokusech mravenec skutečně aktivně semena přenášel a většinu jich pak zanášel dovnitř hnízda, na rozdíl od mravence *L.niger*, který část semen nechával při povrchu hnízda. Vzhledem k omezeným živočišným zdrojům potravy na odkališti pak mravenec *T.caespitum* může nalezených semen používat jako potravní náhradu. Oba dva druhy se pak při nabídkových pokusech statisticky významně odlišovali pouze v jednom případě a celkově odnášeli semena ve stejné míře.

Největší ze tří zkoumaných mravenců, *Formica pratensis*, pak byl testován společně s předchozími dvěma na odnos semen a zároveň na vliv vzdálenosti nabízených semen od hnízda. Tento mravenec bývá obvykle asociován s jehličnatými lesy a jejich okraji, kde si staví hnízdní kupy nejčastěji z jehličí nebo z podobného materiálu (Goropashnaya et al., 2004). Jako potrava tomuto mravenci obvykle slouží medovice mšic (prostorově a dočasně stabilní zdroj) nebo různorodá kořist v podobě hmyzu (proměnlivý zdroj) (Rabitsch, 1997). Hnízdní kupa, přítomná na odkališti, je postavena především ze stébel trávy *Calamagrostis epigejos*, s příměsí jehlic z nedalekých jedinců borovice. V rámci nabídkových pokusů se tento druh statisticky odlišoval nejčastěji od zbylých dvou testovaných druhů (*L.niger*, *T.caespitum*), kdy odnášel semen nejvíce. Je však pravděpodobné, že mravenec semen využívá spíše jako stavební materiál, poněvadž se v těsném sousedství hnízda nacházejí stromy na začátku léta hojně kolonizované mšicemi, jejichž výměšky mravenci aktivně sbírají a přenáší do hnízda. Zároveň transportují do hnízda velké množství hmyzu. Při dvou nabídkových pokusech byl pozorován jev, kdy mravenci nabízená semena odnášeli zhruba 5-8 metrů od hnízda. Semena tak pro ně zřejmě představují v tu chvíli nepotřebný materiál, který odnáší. Podobný jev sledoval Gorb (Gorb et al., 2000) u mravence *Formica polyctena*, který do hnízda přinášel semena s výrůstky – elaiosomy, které následně zkonsumoval a semena bez elaiosomů následně transportoval na hranici teritoria, kde tak vznikaly jakési „sklárky“ různého organického materiálu z hnízda.

U mravence *Formica pratensis* byla navíc i testována vzdálenost nabízených semen na míru jejich odnosu. Ve třech případech byl statisticky prokázán rozdíl. Množství dělnic přítomných dále od hnízda klesalo, čímž lze vysvětlovat menší míru odnosu z větších

vzdáleností. Nějakou dobu trvá než mravenci vzdálenější semena naleznou, navíc ne každý jedinec jeví o semena zájem a „zabývá se jimi“. Významnou roli zde sehrál i vliv počasí, kdy při nabízení semen bylo slunečno a dvě linie nabízeček (viz obr. 1, kap. 3.4 Odnos semen mravenci) byly přímo ovlivněny sluncem a zahřívaly se. Aktivita mravenců na osluněných místech pak výrazně poklesla.

Celkově nejvíce odnášel semena druh *Formica pratensis*, následován druhy *L.niger* a *T.caespitum*, které vykazovali podobné hodnoty odnosu semen (viz obr. 8, kap. 4.3 Odnos semen mravenci). Tento výsledek se liší od výsledku Jarešové z roku 2001, která zaznamenala největší odnos mravencem *L.niger*, který byl následován *T.caespitum*, nejméně pak odnášel semena druh *Formica rufibarbis*. Mravenec *L.niger* běžně semena ve volné přírodě nesbírá a živí se drobným hmyzem nebo medovicí mšic. Snížení míry odnosu na zhruba stejnou hodnotu jako *T.caespitum* lze vysvětlit zvýšením jiných zdrojů potravy – konkrétně mšic, jež jsou na vegetaci a hlavně pak na mladých výhonech stromů hojně zastoupeny.

#### Test využití semen mravenci (nabídka C4 metabolického typu)

Experiment ukázal signifikantní rozdíl pouze u mravence *Formica sanguinea*, navíc v opačném poměru, než se předpokládalo – vyšší hodnoty izotopu uhlíku  $^{13}\text{C}$  byly naměřeny u nekrmených hnízd. U ostatních dvou druhů (*Lasius niger*, *Tetramorium caespitum*) rozdíl prokázán nebyl. Lze se proto domnívat, že mravenci, včetně *F.sanguinea*, nabízená semena používají pouze jako stavební materiál. Mravenec *T.caespitum* je však také známý tím, že semena rostlin obecně sbírá a transportuje do hnízda. Tam je uschovává v komůrkách a následující rok je využívá jako potravu (Brian et al., 1967). Lze tedy vyslovit hypotézu, že u tohoto druhu by byl průkazný rozdíl měřitelný při dlouhodobém nabízení semen (během celé vegetační sezóny) a ze vzorků odebraných na jaře roku následujícího po nabízení, kdy se líhnou pohlavní jedinci, kteří jsou krmeni ze zásob v hnízdě. Zvýšené hodnoty měřeného uhlíku u nekrmených hnízd *F.sanguinea* lze vysvětlit jiným a pro mravence dostupným potravním zdrojem. Tímto zdrojem může být např. hmyz, jež dělnice tohoto druhu nosily ve velkém množství do hnízda v průběhu celého experimentu. Odlišné množství zdroje uhlíku (např. zmiňovaný hmyz, jiná semena rostlin) mohlo způsobit umístění sledovaných mravenišť, kdy z důvodů nepříznivých vlivů na odkališti (vysoké teploty a sucho, migrace mravenců, divoká prasata) byla volená hnízda umístěna na místech vegetačně odlišných (první typ – otevřený prostor u stromového porostu, lemován chudými a neporostlými místy, druhý typ – otevřený prostor v keřo-bylinné formaci).

### Základní charakteristika substrátu

Hodnoty jednotlivých čtverců se od sebe navzájem lišily a záleželo na typu a množství vegetačního pokryvu a s ním souvisejícího opadu. Nejextrémnější hodnoty byly naměřeny pro čtverec s úplnou absencí vegetačního krytu, a to včetně mechového pokryvu. pH se zde pohybovalo okolo 3,5, konduktivita pak kolem 2 $\mu$ S. V hodnotách jednotlivých ukazatelů lze sledovat určitou variabilitu na základě jeho umístění. Nejvýraznější rozdíl je v ukazateli zasolení a pH, mezi holými plochami bez vegetace a plochami porostlými zapojeným stromovým patrem.

V letech 1994 a 1995 byl na odkališti proveden výzkum s výsledky zveřejněnými později (Rauch 2004), kdy se zkoumaly vlastnosti substrátu. Mimo jiné ukazatele byla sledována konduktivita a pH. Sledovány byly dva transekty, jeden „smíšený“, na kterém byly zastoupeny plochy holé nebo se sporadickou vegetací, plochy s výskytem porostu trávy *Calamagrostis epigejos* a plochy s mladým porostem stromů *Betula pubescens* a *Populus tremula*. Druhý transekt představoval plochu naprosto holou, bez vegetace.

Srovnáním obou prací se ukazuje určitý posun v sukcesních pochodech. Např. parametry pH a vodivost na holých plochách bez vegetace, které se vyskytují na odkališti i dnes, se v letech 1994-1995 pohybovala v průměrných hodnotách 3,7 (pH), resp. 4,2 mS (konduktivita). Nynější měření vykazují průměrnou hodnotu 4,68 (pH), resp. 0,925 mS (konduktivita).

## 6. Závěr

Srovnáním práce Jarešové 2001 s předkládanou prací :

(1) Byla zjištěna větší diverzita mravenců na odkališti v současnosti, po desetiletém odstupu. Počet druhů se téměř zdvojnásobil, objevily se druhy pokročilejších sukcesních stádií (*Formica sanguinea*, *F.pratensis*), druhy „pionýrské“ a před deseti lety hojné, byly výrazně potlačeny (*F.cunicularia* a *F.rufibarbis*). Výsledky této práce ukázaly, že o řád vzrostla i celková druhová diverzita rostlin.

(2) Povrch odkaliště se během deseti let více diversifikoval. Stále na povrchu zůstávají holé plochy, které jsou svými vlastnostmi nevhodné pro růst vegetace (např. nízké hodnoty pH, vysoké hodnoty konduktivity). Před 10 lety na odkalištním plató nebyly porosty dřevin kvalifikovatelné jako stromové – tehdejší exempláře hlavních pionýrských dřevin měly rozměr keřů. Dnes na významně velké ploše, kterou v rámci porostní mozaiky zaujímají, dosahují výšky kolem 5 m.

(3) Floristickou prospekci bylo zjištěno, že plochy neosídlené mravenci se v počtu druhů rostlin výrazně odlišují od ploch osídlených mravenci, na kterých je přítomno více rostlinných druhů. Pokusný výsev semen na plochy bez přítomnosti mravenců ukázal, že rostliny jsou schopny v daném místě vyklíčit, z čehož lze usuzovat, že hlavní příčinou nárůstu druhové bohatosti rostlin je myrmekochorie.

(4) Nabídkové pokusy se semeny rostlin z okolí ukázaly, že mravenci odnášejí relativně velké množství nabízených semen do svých hnízd. Oproti roku 2001, kdy nejvíce semen odnesl mravenec *Lasius niger*, odnesl nejvíce mravenec *Formica pratensis* (Jarešová 2001 testovala mravence *F.rufibarbis*, který již na ploše odkaliště nebyl nalezen v míře vhodné pro nabídkové pokusy). Mravenci *L.niger* a *Tetramorium caespitum* odnášeli zhruba stejné množství semen.

(5) Průkazné zodpovězení otázky, zda mravenci vskutku použijí odnesená semena jako potravní zdroj (a nikoli jako stavební materiál) se nezdařilo. Analýza larev vybraných druhů mravenců na izotop uhlíku <sup>13</sup>C po krmění semeny rostliny s C4 metabolickým typem fotosyntézy prokázala rozdíl pouze u druhu *Formica sanguinea*, navíc nečekaně u larev z nekrmených hnízd. Lze se proto domnívat, že tento rozdíl vznikl buď analytickou chybou v laboratoři, anebo jde o rozmezí statistické chyby při nízkém počtu vzorků (dáno finančními možnostmi). Zcela teoretické vysvětlení je, že mravenci měli přístup k jinému zdroji uhlíku <sup>13</sup>C. Nabízí se tedy prostor pro další studie v tomto směru.

(6) Analýza vzorků substrátu z odkaliště, odebraných z vyměřených čtverců, ukázala stálou extremitu míst, která ani v dnešní době (několik desetiletí po skončení provozu odkaliště)

nejsou porostlá vegetací. Ze srovnání s daty získanými v r. 1995 (Rauch, 2004) vyplynulo, že došlo k celkovému zlepšení substrátových parametrů, stále je však místy zachována nepříznivost pro růst rostlin. Holé plochy bez vegetace byly charakteristické silným zasolením a nízkými hodnotami pH (nejnižší naměřená hodnota pH – 3,3, nejvyšší hodnoty vodivosti – 1,9 mS). Stromové a bylinné plochy jsou v charakteristikách podobné, hodnoty pH se pohybují mezi 5,4-6,2 , konduktivita pak v intervalu 50-180  $\mu$ S. Plochy s keřovým porostem se svými vlastnostmi nachází mezi holými a bylinnými plochami.

## **7. Použitá literatura**

### 7.1 Citovaná literatura

- Agosti D. et al. [eds.] (2000): *Ants, standard methods for measuring and monitoring biodiversity*, Princeton Editorial Associates, Inc. , USA, 280s.
- Brian M.V. et al. (1967): Population of the *Tetramorium caespitum* Latreille, *Journal of Animal Ecology*, 36: s.337-342
- Cramer V.A. et Hobbs R.J. (2007): *Old fields: dynamics and restoration of abandoned farmland.* – Island Press.
- Dobrzański J. et Dobrzańska J. (1976): Ethological studies in the ant *Tetramorium caespitum* Mayr., Foraging and building behavior, *Acta neurobiol.*, 35: s.299-309
- Espadaler X. et Gómez C. (1997): Soil surface searching and transport of *Euphorbia characias* seeds by ants, *Acta Oecologica* 1997, 18: s.39-46
- Fokuhl G. et al.,(2012): Myrmecochory by small ants – Beneficial effects through elaiosome nutrition and seed dispersal, *Acta Oecologica* 2012, 38: s.71-76
- Gorb S.N. et al. (2000): Effects of redispersal of seeds by ants on the vegetation pattern in a deciduous forest: A case study, *Acta Oecologica*, 21: s. 293-301
- Goropashnaya A.V. et al. (2004): Limited philogeographical structure across Eurasia in two red wood ant species *Formica pratensis* and *F.lugubris* (Hymneoptera, Formicidae), *Molecular ecology*, 13: s.1849-1858
- Haigh M.J. (2000): *Reclaimed Land, Erosion kontrol, Soils and Ekology*, A.A. Balkema, Rotterdam, 385s.
- Hobbs R.J., Walker L.R.(2007): Old field succession: Development of concepts. - In: Cramer. V. A., Hobbs R.J. (eds): *Old fields. Dynamics and resoration of abandoned farmland.* Island Press. Washington etc., s. 17 - 30.
- Holec M. et Frouz J. 2005: Ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in reclaimed and unreclaimed brown coal mining spoil dumps in the Czech Republic, *Pedobiologia* 2005, 49: s.345-357
- Holec M. et Frouz J. 2006: The effect of two ant species *Lasius niger* and *Lasius flavus* on soil properties in two contrasting habitats, *European Journal of Soil Biology*, 42: s.213-217
- Hölldobler et Wilson (1997): *Cesta k mravencům*, Academia, Praha, 200s.
- Hruška L. (1980): *Lesní mravenci, příručka pro pracovníky státní ochrany přírody*, 46s.



- Hubert J. (2001): Oribatid mites (Acari: Oribatida) on reclaimed and unreclaimed wasteland near Chvaletice (Czech Republic). - *Acta Soc. Zool. Bohem.*, 65: 5-16.
- Jolivet P. (1996) *Ants and plants: an example of coevolution* (enlarged edition), Backhuys Publisher, Leiden, The Netherlands, 304s.
- Jarešová I.(2001) Interakce mravenců a rostlin během sukcese na opuštěném odkališti ve Chvaleticích (JV Polabí), Dipl. pr. depon. in knih. ÚŽP PřF UK v Praze, Benátská 2, Praha 2, 71s.
- Kovář P. et al. 2001: Vegetation of anthills in a mountain grassland: effects of mound history and of dominant ant species. - *Plant Ecology*, 156: 215–227
- Kovář P. [ed.] (2004a): Abandoned anthropogenic landscapes: Are they potentially multifunctional? In: Kovář P. [ed.]: *Natural recovery of human-made deposits in landscape*, Academia, Praha, s.352-358
- Kovář P., [ed.] (2004b): *Natural recovery of human-made deposits in landscape*, Academia, Praha, s.15-29.
- Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Kaplan Z., Kirschner J. & Štěpánek J. [eds.] (2002): *Klíč ke květeně České republiky*, Academia, Praha, 928 s.
- Lenoir L. (2009): Effects of ants on plant diversity in semi-natural grasslands. – *Arthropod-Plant Interactions.*, 3(3): 163-172.
- Marková (2006): Parazitické houby na dominantních druzích rostlin osidlujících toxické substráty Chvaletického odkaliště. In: Prach K., Pyšek P., Tichý L., Kovář P., Jongepierová I., Řehounková K. [eds.]: *Zprávy České botanické společnosti, materiály 21*, s.155-157
- Moravec et al., 1994; *Fytocenologie*, Academia, Praha, 404s.
- Neustupa J. et al. (2009): The biological soil crusts in Central European ecosystems, with special reference to taxonomic structure and ecology of the surface crusts at Czech ore-waste and ash-slag sedimentation industrial basins. – *Novitates Botanicae Universitatis Carolinae*, 19/2008: s.9-99.
- Obenberger J. (1940): *Ze života mravenců a vřezků*, Nakladatelská a vydavatelská společnost Vesmír, Praha, 412s.
- Palmer M.W. et White P.S. (1994): Scale dependence and the species-area relationship. - *American Naturalist*, 144(5): s.717-740.

- Rauch O. (2004): Genesis and characteristic of orewaste sulphate soils at Chvaletice In: Kovář P. [ed.]: Natural recovery of human-made deposits in landscape, Academia, Praha, s.46-58
- Rabitsch W.B. (1997): Seasonal metal accumulation patterns in the red wood ant *Formica pratensis* (Hymenoptera) at contaminated and reference sites, Journal of Applied Ecology, 34: s.1455-1461
- Sadil J. (1955) Naši mravenci, Orbis, Praha, 228s.
- Štefánek, M. (2004): Secondary succession after fire on an abandoned ore-washery sedimentation basin – different trajectories (A comparison with primary succession). - In: Kovář P. (ed.): Natural Recovery of Human-Made Deposits in Landscape (Biotic Interactions and Ore/Ash-Slag Artificial Ecosystems) - Academia, Praha, s.248-266.
- Vaňková J. (2004): Druhá diverzita rostlin na biotopech opuštěných odkališť v České republice: Literární přehled: problematika odkališť, Dipl. pr. [depon. In Knih. Kat. Bot. PřF UK v Praze, Benátská 2, Praha 2], 94 s.
- Walker L.R. et del Moral R. (2003) Primary succession and ecosystem rehabilitation, University press, Cambridge, 442s.

### 7.2 Internetové zdroje

- ČHMÚ,portal.chmi.cz[online].citováno[16.7.2012]  
<[http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_3\\_Mapy\\_char\\_klim&last=false](http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_3_Mapy_char_klim&last=false)>

## 8. Příloha

### Charakteristika substrátu, základní ukazatele

**Tab. P1** Holé plochy bez vegetace nebo s ojedinělým výskytem jedinců vyšších či nižších rostlin

Vzorek	Uhlík (g)	pH	Vodivost (μS)	Dostupný fosfor (mg/kg)
5J 0-2cm	0,169	6,002	125,3	90,071
5J 2-4cm	0,171	5,646	540,0	115,436
5J 4-8cm	0,187	4,937	1292,0	95,974
5S 0-2cm	0,193	5,555	210,0	69,619
5S 2-4cm	0,183	4,634	1637,0	37,419
5S 4-8cm	0,206	4,005	1115,0	39,743
7J 0-2cm	0,230	3,995	1747,0	0,119
7J 2-4cm	0,293	3,457	1620,0	9,702
7J 4-8cm	0,299	3,359	1662,0	10,110
7S 0-2cm	0,251	4,087	463,0	8,488
7S 2-4cm	0,275	3,561	1867,0	14,635
7S 4-8cm	0,283	3,496	1790,0	13,928
9J 0-2cm	0,201	3,826	1181,0	13,667
9J 2-4cm	0,211	3,623	1834,0	23,357
9J 4-8cm	0,254	3,655	1823,0	29,547
9S 0-2cm	0,237	3,861	1035,0	18,762
9S 2-4cm	0,234	3,780	1805,0	39,220
9S 4-8cm	0,211	3,824	1348,0	34,099
10J 0-2cm	0,225	6,023	156,5	106,595
10J 2-4cm	0,160	5,850	96,0	187,266
10J 4-8cm	0,169	5,933	235,0	113,811
10S 0-2cm	0,204	5,690	87,5	25,857
10S 2-4cm	0,233	5,331	403,0	35,163
10S 4-8cm	0,249	4,250	1258,0	22,188

**Tab. P2** Bylinné plochy, převaha bylinného patra

Vzorek	Uhlík (g)	pH	Vodivost (μS)	Dostupný fosfor (mg/kg)
8J 0-2cm	0,192	5,969	60,3	82,440
8J 2-4cm	0,196	6,058	81,3	70,895
8J 4-8cm	0,189	5,679	87,0	61,784
8S 0-2cm	0,176	5,951	85,4	96,905
8S 2-4cm	0,179	5,607	316,0	115,905
8S 4-8cm	0,188	5,267	1823,0	96,017
12J 0-2cm	0,334	6,103	133,8	110,048
12J 2-4cm	0,215	5,969	75,3	110,833
12J 4-8cm	0,228	6,007	85,2	114,718
12S 0-2cm	0,247	6,173	77,4	82,774
12S 2-4cm	0,200	5,875	211,0	110,417
12S 4-8cm	0,164	5,593	104,5	90,404
13J 0-2cm	0,221	5,951	84,6	133,619
13J 2-4cm	0,187	5,825	72,3	124,323
13J 4-8cm	0,177	5,921	111,7	147,537
13S 0-2cm	0,223	6,087	82,2	100,202
13S 2-4cm	0,174	5,850	65,6	161,357
13S 4-8cm	0,320	5,479	353,0	151,636
14J 0-2cm	0,247	5,978	148,8	52,917
14J 2-4cm	0,188	6,007	132,8	131,381
14J 4-8cm	0,186	5,173	1607,0	82,684
14S 0-2cm	0,288	6,074	80,3	76,774
14S 2-4cm	0,217	5,966	76,3	101,563
14S 4-8cm	0,184	5,800	159,1	64,498

**Tab. P3** Keřové plochy (hustší zápoj keřového patra, místně přechod do stromového patra)

Vzorek	Uhlík (g)	pH	Vodivost (μS)	Dostupný fosfor (mg/kg)
1L 0-2cm	0,236	4,771	362,0	33,667
1L 2-4cm	0,215	4,495	963,0	25,024
1L 4-8cm	0,181	4,206	1437,0	21,335
1P 0-2cm	0,226	5,335	260,0	78,774
1P 2-4cm	0,216	5,242	949,0	48,359
1P 4-8cm	0,177	5,473	1507,0	65,968
2J 0-2cm	0,259	5,641	301,0	36,510
2J 2-4cm	0,192	4,932	810,0	35,119
2J 4-8cm	0,187	4,620	1466,0	26,220
2S 0-2cm	0,226	5,464	353,0	68,530
2S 2-4cm	0,221	4,557	1630,0	39,700
2S 4-8cm	0,186	4,240	1740,0	31,262
4L 0-2cm	0,213	4,876	263,0	71,750
4L 2-4cm	0,164	4,354	1905,0	40,452
4L 4-8cm	0,144	6,164	1735,0	4,547
4P 0-2cm	0,203	5,146	813,0	21,381
4P 2-4cm	0,174	5,252	1260,0	46,302
4P 4-8cm	0,146	6,003	1855,0	26,115
11L 0-2cm	0,203	5,913	195,1	57,310
11L 2-4cm	0,283	5,541	130,4	141,798
11L 4-8cm	0,281	5,363	485,0	65,502
11P 0-2cm	0,201	4,832	1238,0	16,507
11P 2-4cm	0,180	4,268	1776,0	68,811
11P 4-8cm	0,192	4,200	1762,0	99,593

**Tab. P4** Stromové plochy (Převaha zapojeného stromového patra)

Vzorek	Uhlík (g)	pH	Vodivost (μS)	Dostupný fosfor (mg/kg)
15J 0-2cm	0,306	6,138	85,3	94,012
15J 2-4cm	0,185	6,041	51,0	148,202
15J 4-8cm	0,215	5,904	63,7	75,551
15S 0-2cm	0,306	6,102	96,0	109,155
15S 2-4cm	0,174	6,192	57,8	154,167
15S 4-8cm	0,146	6,140	29,7	156,115
3L 0-2cm	0,239	6,183	113,9	79,286
3L 2-4cm	0,184	5,823	117,9	88,394
3L 4-8cm	0,183	5,300	738,0	67,390
3P 0-2cm	0,336	6,082	64,3	56,631
3P 2-4cm	0,195	5,775	95,7	48,879
3P 4-8cm	0,196	5,658	116,2	73,824
6J 0-2cm	0,248	6,120	25,8	81,821
6J 2-4cm	0,176	6,160	68,0	153,310
6J 4-8cm	0,186	5,986	52,3	172,047
6S 0-2cm	0,263	6,272	94,1	95,202
6S 2-4cm	0,186	6,080	66,0	173,620
6S 4-8cm	0,185	5,855	61,5	146,850

## Fytocenologické snímky

**Tab. P5** Fytocenologické snímky čtverců na odkališti s pokryvností jednotlivých druhů. A – stromový porost, B – keřový porost, C – rozvolněný bylinný porost

Snímek v porostu	A 1	A 2	A 3	A 4		B 1	B 2	B 3	B 4		C 1	C 2	C 3	C 4
Pokryvnost celk. (%)	70	80	80	95		70	80	60	50		70	80	70	80
<b>Patro E3 (pokr., %)</b>	60	50	70	70										
<i>Populus tremula</i>	3	3	4	1		.	.	.	.		.	.	.	.
<i>Betula pendula</i>	3	2	1	4		.	.	.	.		.	.	.	.
<b>Patro E2 (pokr., %)</b>	40	40	20	10		30	40	30	25		5	2	1	1
<i>Populus tremula</i>	2	3	+	1		3	3	1	+		+	+	.	.
<i>Betula pendula</i>	2	1	2	1		1	2	3	2		r	.	+	.
<i>Quercus robur</i>	+	r	r	r		.	r	.	r		.	.	r	r
<i>Pinus sylvestris</i>	.	r	.	r		+	+	+	.		.	r	.	r
<i>Salix caprea</i>	.	r	.	.		+	+	.	r		.	.	.	r
<i>Prunus avium</i>	+	.	.	r		.	.	.	.		.	.	.	.
<i>Salix aurita</i>	.	.	.	.		r	.	.	.		.	.	.	.
<i>Populus alba</i>	.	.	r	.		.	.	r	.		.	.	.	.
<i>Cytisus scoparius</i>	.	.	.	.		.	.	r	.		.	.	.	.
<b>Patro E1 (pokr., %)</b>	10	20	5	30		60	60	30	25		65	75	70	80
<i>Calamagrostis epigejos</i>	2	3	1	3		4	4	3	2		4	4	3	5
<i>Vicia tetrasperma</i>	.	+	r	.		r	.	+	.		+	+	1	r
<i>Agrostis stolonifera</i>	+	+	.	r		+	.	r	.		.	.	+	r
<i>Phragmites australis</i>	.	.	+	+		r	+	r	+		.	.	.	.
<i>Hypochaeris radicata</i>	.	.	.	.		.	r	r	r		+	1	+	+
<i>Vicia hirsuta</i>	.	.	+	.		.	.	.	.		2	2	1	3
<i>Holcus lanatus</i>	.	r	.	+		.	r	.	.		.	.	+	2
<i>Festuca rubra</i>	+	.	r	.		.	.	.	.		.	.	r	r
<i>Odontites vernus subsp. serotinus</i>	.	.	.	.		r	.	.	.		.	1	2	.
<i>Silene latifolia subsp. alba</i>	+	.	.	.		.	.	.	.		r	.	.	.
<i>Artemisia vulgaris</i>	+	.	.	.		.	.	.	.		r	.	.	.
<i>Trifolium repens</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		+	.	+	.
<i>Trifolium arvense</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	1	2	.
<i>Geum urbanum</i>	r	.	.	.		.	.	.	.		.	.	.	.
<i>Hieracium sabaudum</i>	.	.	.	.		.	.	+	.		.	.	.	.
<i>Daucus carota</i>	.	.	r	.		.	.	.	.		.	r	.	.
<i>Trifolium dubium</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	+	.	.
<i>Solidago gigantea</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	r	.	.
<i>Rumex acetosella</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	r	.	.
<i>Plantago major</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	r	.
<i>Epilobium ciliatum</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	+	.
<i>Cerastium holosteoides subsp. triviale</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	r	.
<i>Hypericum perforatum</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	+	.
<i>Medicago lupulina</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	2	.
<i>Centaureum erythraea</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	r	.
<i>Festuca rupicola</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	r	.
<i>Erigeron annuus</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	r	.
<i>Puccinellia distans</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	.	+
<i>Erigeron acris</i>	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	.	r

<b>Patro E0 (pokr., %)</b>	2	5	1	1		10	5	10	30		5	5	10	2
<i>Cladonia rei</i>	+	+	r	+		1	1	1	+		+	+	+	+
<i>Cladonia humilis</i>	+	+	.	.		1	.	+	1		.	r	+	.
<i>Cladonia furcata</i>	.	+	.	.		.	.	.	.		.	.	.	.
<i>Ceratodon purpureus</i>	r	1	r	.		1	+	+	r		1	1	2	+
<i>Polytrichum juniperinum</i>	.	.	.	+		.	.	r	2		r	+	r	+
<i>Brachythecium salebrosum</i>	+	.	.	r		.	.	.	.		.	.	.	.
<i>Pleurozium schreberi</i>	.	.	+	.		.	.	.	.		.	.	.	.
<i>Bryum caespiticium</i>	.	.	.	r		r	.	.	.		.	.	.	r
<i>Dicranum polysetum</i>	.	.	+	.		.	.	.	.		.	.	.	.

Druhy cévnatých rostlin a kaprad'orostů nalezených na odkališti při floristickém průzkumu

**Tab. P6** Nalezené druhy cévnatých rostlin a kaprad'orostů na odkališti s roky sečtení, s celkovou sumou pro jednotlivé roky a typy sčítaných ploch: M – plochy s prezencí mravenčích hnízd, O – plochy bez mravenčích hnízd

Druhy/počet	suma				
	100	62	17	70	33
		2011-M	2011-O	2012-M	2012-O
<i>Agrostis capillaris</i>				x	
<i>Agrostis stolonifera</i>		x	x	x	x
<i>Alopecurus pratensis</i>				x	
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		x			
<i>Arctium lappa</i>				x	
<i>Arctium tomentosum</i>		x		x	
<i>Artemisia vulgaris</i>		x			
<i>Aster novi-belgii</i>		x		x	
<i>Astragalus glycyphyllos</i>				x	
<i>Bellis perennis</i>		x			
<i>Betula pendula</i>		x	x	x	x
<i>Calamagrostis epigejos</i>		x	x	x	x
<i>Campanula patula</i>		x		x	
<i>Carex vulpina</i>		x			
<i>Carlina vulgaris</i>		x			
<i>Centaurium erythraea</i>				x	
<i>Prunus avium</i>		x			
<i>Cerastium holosteoides</i> subsp. <i>triviale</i>		x	x		x
<i>Cirsium arvense</i>					x
<i>Cirsium vulgare</i>		x			x
<i>Securigera varia</i>		x		x	
<i>Crataegus</i> sp.		x		x	
<i>Daucus carota</i>			x		x
<i>Dryopteris filix-mas</i>				x	
<i>Epilobium ciliatum</i>		x		x	x
<i>Erigeron acris</i>			x	x	x
<i>Conyza canadensis</i>			x		x
<i>Festuca breviphila</i>					x
<i>Festuca ovina</i>			x	x	x
<i>Festuca rubra</i>		x	x		x
<i>Festuca rupicola</i>		x		x	
<i>Galeopsis bifida</i>		x			
<i>Galium aparine</i>				x	
<i>Geum urbanum</i>				x	x
<i>Hieracium bauhini</i>				x	x
<i>Hieracium sabaudum</i>		x		x	x
<i>Holcus lanatus</i>		x	x	x	x
<i>Hypericum perforatum</i>		x		x	
<i>Hypochaeris radicata</i>		x	x	x	x
<i>Chaerophyllum bulbosum</i>		x			
<i>Epilobium angustifolium</i>				x	x
<i>Chelidonium majus</i>				x	
<i>Leucanthemum ircutianum</i>		x		x	
<i>Impatiens parviflora</i>				x	



<b>Rostlinné druhy</b>		2011-M	2011-O	2012-M	2012-O
Lactuca serriola		x		x	
Lapsana communis		x			
Larix decidua		x			
Lathyrus tuberosus				x	
Leontodon autumnalis				x	
Lotus corniculatus		x		x	
Luzula multiflora				x	
Lycopodium clavatum		x			
Lychnis flos-cuculi				x	
Medicago lupulina		x		x	
Medicago sativa				x	
Silene latifolia subsp. alba		x		x	
Molinia caerulea			x	x	x
Odontites vernus subsp. Serotinus		x		x	
Phragmites australis		x	x	x	x
Picea abies		x		x	x
Hieracium pilosella				x	
Pinus sylvestris		x	x	x	x
Plantago lanceolata		x			
Plantago major		x			
Poa compressa		x	x	x	x
Poa pratensis		x		x	
Populus alba				x	
Populus tremula		x	x	x	x
Potentilla argentea		x			
Puccinellia distans		x			x
Quercus robur		x	x	x	x
Robinia pseudacacia		x		x	
Rosa sp.		x			
Rumex acetosella		x			x
Rumex obtusifolius		x			
Rumex thyrsoiflorus				x	
Salix alba				x	
Salix aurita		x		x	
Salix caprea		x		x	x
Salix triandra				x	
Sambucus nigra				x	
Cytisus scoparius				x	x
Senecio jacobaea		x		x	
Silene vulgaris				x	
Solidago gigantea		x		x	
Erigeron strigosus				x	x
Tanacetum vulgare				x	
Taraxacum sect. Ruderalia					x
Tilia cordata		x			

<b>Rostlinné druhy</b>		2011-M	2011-O	2012-M	2012-O
Trifolium arvense		x		x	
Trifolium dubium		x		x	
Trifolium pratense				x	
Trifolium repens		x		x	
Tripleurospermum maritimum		x			
Tussilago farfara					x
Vicia angustifolia		x			
Vicia cracca		x		x	
Vicia hirsuta		x		x	
Vicia sepium				x	
Vicia terasperma		x		x	

**Obr. P1** Pohled na nerektivované odkaliště. Foto I.Jarešová (Jarešová 2001)



**Obr. P2** Pohled na nerektivované odkaliště z téhož místa jako **Obr. P1** v roce 2011



**Obr. P3** Hnízdní kupa mravence *L.niger* pokrytá větším množstvím semen břízy



**Obr. P4** Pohled na plochu odkaliště, „bělost“ povrchu je způsobena vysrážením solí.



**Obr. P5** Bývalé hnízdo mravence *Lasius niger* s rostoucími semenáči, které se nacházelo fixováno pod térovou lepenkou a bylo využito k nabídkovým pokusům



**Obr. P6** Nabízející miska u hnízda *Tetramorium caespitum* fixovaného pod lepenkou

