

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta**

**Společenstva epigeických brouků (Coleoptera)
v různých typech biopásů**

Jakub Šebík

obor: Agroekologie

Diplomová práce

České Budějovice

Duben 2012

Vedoucí bakalářské práce

Doc. RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.

katedra agroekologie

Prohlašuji, že svoji diplomovou jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 18.4. 2012.

Jakub Šebík

Rád bych poděkoval panu Doc. RNDr. Jaroslavu Boháčovi DrSc., vedoucímu diplomové práce, za trpělivost a vstřícný přístup ke mně a k mé práci. Také vzdávám dík vedení akciové společnosti Bemagro, zejména panu Ing. Karlu Lebedovi, za pomoc při řešení některých problémů.

SOUHRN Společenstva epigeických brouků byla studována v různých typech agroekosystémů v podhorské oblasti Novohradských hor. Výzkum probíhal v letech 2009 a 2011. Na cílových plochách se nacházely různé druhy kulturních plodin, ve kterých byly místy vysety biopásy, to platí pro práci v roce 2009, a nebo založeny remízky, což je případ výzkumu v roce 2011. Cíl práce bylo ohodnotit, jak a jestli vůbec tyto krajinné struktury ovlivňují společenstva epigeionu. Metoda získávání dat spočívala ve sběru brouků pomocí zemních pastí. Tento materiál byl poté podroben identifikaci a na základě toho byly stanoveny parametry určující vliv popsanych stanovišť na epigeické brouky. Tyto parametry byly: druhová diverzita, abundance a podíl reliktních druhů v celkovém druhovém spektru. Bylo chyceno 3099 brouků a podařilo se určit 54 druhů. Cílovými skupinami brouků byly čeledi střevlíkovití (Carabidae) a drabčíkovití (Staphylinidae). Výsledky byly pro obě skupiny rozdílné. Drabčáci byli méně početní než střevlíci. Drabčáci byli nejvíce zastoupení co do počtu byli v polních plodinách v roce 2011, nejméně v polních plodinách v roce 2009. Rozdíl v počtu brouků byl skutečně markantní. Druhová diverzita drabčíků byla rovněž nižší, než střevlíků. Výsledky se zdají být podobně zvláštní, jako abundance. Diverzita byla největší v polních plodinách v roce 2011, přičemž v roce 2009 na podobných stanovištích byla nejmenší. Zároveň téměř stejnou diverzitu zaznamenaly biopásy, což jsou stanoviště charakterem rozdílná od těch v polních plodinách. Pokud jde o střevlíky, jejich abundance nebyla tak rozkolísaná, jako u drabčíků. Nejvíce se objevovali v biopásech a nejméně v remízec. V polních plodinách v obou letech se objevovali v přibližně stejných množstvích. Druhová diverzita se ukázala být největší v remízec a nejmenší v polní kultuře v roce 2009. Nakonec na základě údajů o ekologii jednotlivých druhů, byly stanoveny výsledky v oblasti antropogenního ovlivnění společenstev brouků. Vyšlo najevo, že všechny populace jsou výrazně ovlivněny člověkem. Z výsledků vyplývá, že stanoviště typu biopás a remíz mají určitý pozitivní vliv na společenstva epigeických brouků, zejména pokud jde o možnost přežití reliktních druhů brouků. Protože výsledky mají velmi nesourodý a místy protichůdný charakter, nedají se sumarizovat.

SUMMARY The assemblages of epigeic beetles were studied in various types of agroecosystems in the submontaneous area of Novohradské hory (South Bohemia, Czech republic). The research took place in years 2009 and 2011. There were sown various types of crops, in the target places, on which were established either biobelts (research 2009) or permanent green belts with trees and shrubs (research 2011) in past. The aim of the study was to assess, whether or how these landscape structures influence epigeic beetles. The datas were gathered by sampling ground beetles with ground traps. The collected material was put then through identification and this was the base for assessing the parameters of landscape structures influence on epigeic beetles. These parameters were: the species diversity, the abundance and the ammount of relict species. It was collected 3099 beetles and it was managed to identify 54 species at all. The interest groups of invertebrates were ground beetles/carabids (Carabidae) and rove beetles (Staphylinidae). The results differed for both groups. The rove beetles were generally more abundant, than ground beetles and most of them were found in crops in the year 2009. The lowest numbers were caught in crops 2011. There was a quite remarkable contrast between these two results. The species diversity of rove beetles was too lower, than the ground beetles' one. The results of biodiversity seemed to be strange so as the abundance was. The diversity was the highest in the crops 2009 and the slowest in the crops 2011. Nearly the same diversity was found in biobelts, which are really different type of habitat. The carabids' abundance was not so oscillating like by the rove beetles. They were the most abundant in biobelts and the less in permanent belts. The abundance in crops in both years was nearly the same. The species diversity was highest in

permanent belts and the lowest in crops in the year of 2009. The results about antropic influence on epigeic beetles assemblages, based on ecological characteristics of beetles, were eventually raised. It was established, that all the populations are strongly affected by human. The results say, that habitats like biobelt and permanent belt seem to have a positive impact on epigeic beetles assemblages, namely on relict or rare beetles survival. The results have very disparate and sometimes contradictory nature, thus cannot be summarized.

Obsah

1	Úvod	7
2	Epigeičtí brouci	Error! Bookmark not defined.
3	Bionomie epigeických brouků	9
4	Biologická kontrola škůdců	11
5	Výskyt epigeických brouků v krajině	15
6	Biopásy	18
7	Reliktnost epigeických brouků	20
8	Metodika	21
9	Predikce	23
10	Výsledky	23
	10.1 Seznamy druhů a jejich stručná charakteristika	24
	10.2 Abundance a druhová diverzita epigeických brouků	Error! Bookmark not defined.
	10.3 Zastoupení skupin brouků podle jejich reliktnosti	32
	10.4 Antropogenní ovlivnění společenstev epigeionu	33
11	Diskuze	34
12	Závěr	37
13	Použitá literatura	39
	13.1 Klasická literatura	39
	13.2 Internetové zdroje	45
14	Přílohy	47

1. Úvod

Ve většině evropských zemích je zemědělská krajina utvářena již alespoň 2000 let (Kleijn *et al.*, 2010). S rostoucí populací rostly i nároky na zábor půdy a s tím souvisely i tendence o likvidaci přirozených součástí krajiny. Lze říci, že změny v krajině byly po celou dobu kontinuální a nově vznikající krajina byla velice komplexní a dávala možnosti k přežití řadě rostlinných a živočišných druhů (Pokorný *et al.*, 2005). Druhy, které těmito tendencemi přímo nevyhynuly se přizpůsobily k existenci na náhradních, polopřirozených, nebo i zemědělsky využívaných stanovištích. Avšak v posledních několika desetiletích došlo k mimořádnému skoku v změně tvárnosti krajiny, charakterizovaném absolutním vymazáním posledních zbytků polopřirozených a přirozených stanovišť (da Silva *et al.*, 2009). Důvodem bylo zefektivnění výroby, zcela v duchu doby. Výsledkem je snížená biodiverzita agroekosystémů a vymizení nebo ohrožení řady druhů (Benton *et al.* 2002), zejména ptáků a bezobratlých, konkrétně hmyzu. Hmyz je ohrožen vymíráním nejvíce a doposud se přes všechny investice do ochrany přírody nepodařilo tomuto jevu zabránit (Duelli *et al.*, 2003). Úbytek druhů naopak nabývá na intenzitě. Podle Clougha *et al.* (2007) se v současné době jedná o krizi biodiverzity, za kterou přednostně může management v zemědělství, zejména pěstování jednoletých plodin. Destrukce a fragmentace přirozených či polopřirozených biotopů, používání nadbytečných či předimenzovaných prostředků a vstupů, introdukce cizích druhů, to jsou okolnosti, které negativně ovlivňují diverzitu (Niemelä , 2001). V případě hmyzu je to problém i z toho důvodu, že ochrana přírody tuto skupinu živočichů poněkud opomíjí. V současné době neznáme měřítko ohroženosti hmyzích populací a je více než možné, že z těchto důvodů nestačíme zabránit jejich narůstajícímu zmenšování a mizení. Příkladem jsou již vymřelé druhy o kterých kromě místa výskytu není známo vůbec nic. Celá otázka vymírání hmyzích druhů je ale vůbec dost nejasná, protože oproti dnešku směrem dál do minulosti chybí i ta minimální data, která jsme schopni dnes pořídit. Není tudíž jasné od jaké chvíle je vymírání druhů intenzivnější a kolik druhů vůbec vyhynulo, protože nebyly nikdy popsány (Dunn, 2005).

Biodiverzita agroekosystému je pravděpodobně poměrně důležitá – řada druhů živočichů, ne-li úplně všechny poskytují lidem různé ekosystémové služby. Členovci jako největší skupina organismů na zemi (Schaffers *et al.*, 2008),

vykonávají mezi živočichy v agroekosystémech důležité a nezastupitelné funkce. Patří sem opylování, predace škůdců, koloběh živin, a také jsou prostředníkem mezi nižším trofickým patrem (rostlinami) a vyšším patrem (např. ptáci) (Vickery *et al.*, 2001). Vedle toho existují funkce nepřímé, například estetické, krajinytvorné apod. V momentě, kdy tyto druhy vyhynou, není nic, co by je mohlo nahradit. Vzhledem ke globálnímu okolnostem, jako je růst počtu obyvatel, snižování úrodnosti půd, zvýšená poptávka po palivech z obnovitelných zdrojů apod. rostou nároky na zvyšování produktivity kulturních plodin. Zároveň je jasné, že nebude do budoucna možné toho dosáhnout zvyšováním agrochemických vstupů (OECD/FAO, 2008). Jedna z cest jak udržet nebo zvýšit produkci za cenu snížení vstupů je identifikace procesů, které řídí ekosystémové služby a poté jim umožnit maximalizovat svoji efektivitu. Je ovšem otázkou, zda současné vymírání organismů a celkové snížení biodiverzity z důvodů minulých i současných postupů v oblasti zemědělství neoslabilo fungování ekosystémových služeb do té míry, že už nebude možné je v plné míře využít v intenzivním zemědělství (Bohan *et al.*, 2011).

Pokud se říká, že zemědělství má jeden z největších negativních vlivů na biodiverzitu volně žijících organismů, pak tento vliv je nejvíce patrný na bezobratlých. Má se za to, že jsou citlivější na změny a narušení prostředí, než třeba ptáci nebo rostliny. Vlivy různých zemědělských aktivit jako pastva, intenzita managementu, aplikace pesticidů, nebo osevní postup jsou nejvíce prozkoumány na dvou skupinách bezobratlých – na pavoucích (Araneae) a epigeických broucích (Coleoptera), konkrétně střevlíkovitých (Carabidae) (Cole *et al.*, 2005).

2. Epigeičtí brouci

Tato skupina je jednou z nejlépe prozkoumaných skupin členovců (Kotze *et al.*, 2011, Niemelä, 2001). Epigeičtí brouci jsou proto často vybíráni jako bioindikátory stavu životního prostředí. Relativně stabilní taxonomie, velká druhová pestrost, přítomnost na většině suchozemských stanovištích, možnost snadného odchytu, známá citlivost vůči změnám v prostředí a jejich známý přínos pro zemědělství umožňují epigeické brouky využít k otestování ekologicky orientovaných otázek (Boháč, 1999). Skupina epigeických brouků zahrnuje zejména

dva taxony. Jsou to čeledi střevlíkovití (Carabidae) a drabčíkovití (Staphylinidae) (Boháč *et al.*, 2005).

Skutečnost, že jsou epigeičtí brouci, konkrétně střevlíkovití, již několik desítek let intenzivně zkoumání (Lövei *et al.*, 1996) umožňuje jejich využití jako bioindikátorů stavu životního prostředí. Protože patří mezi klíčové skupiny živočichů, je možné je například využít jako taxonomické indikátory, tzn. lze z jejich přítomnosti, tedy z přítomnosti jednotlivých druhů odvodit i přítomnost jiných druhů živočichů. Také je možné je využít jako včasné indikátory znečištění apod. (Koivula *et al.*, 2006). Stejným způsobem lze využít i drabčíky, ale ekologie této skupiny je i v současné době poměrně nedostatečně známa. Proto její využití jako indikátorů je poněkud méně frekventované (Boháč, 1999, da Silva *et al.*, 2009).

3. Bionomie epigeických brouků

Hlavními faktory určujícími vývoj epigeických brouků je teplota a vlhkost - zejména půdní. Optimální podmínky, za kterých dochází k vývinu nedospělých stadií epigeických brouků je teplota mezi 4 a 35°C a dostatečný srážkový úhrn, což dohromady zajistí dostatečnou půdní vlhkost. Půdní vlhkost absorbují vajíčka, díky čemuž v nich může probíhat embryonální vývoj. Larvy epigeických brouků, které jsou rovněž většinou dravé, jsou také citlivé na vysušení půdy. V našich podmínkách je rozmnožování epigeických brouků vzhledem ke klimatickým podmínkám možné jen během několika málo měsíců vegetace a následný embryonální a larvální vývoj může trvat i do další sezóny, přičemž larvy některých brouků, např. rod *Molops* (Kotze *et al.*, 2011) jsou aktivní i během zimy.

Podle Ribery *et al.* (2001) je jakékoli přírodní prostředí platformou, na níž evoluce vytváří morfologické charakteristiky různých skupin organismů spolu s jejich specifickými strategiemi přežití a zároveň je místem, které funguje jako filtr vylučující pomocí kompetice druhy, které nejsou schopny místo obývat. Přítomnost nějakého druhu na stanovišti je dána shodou jeho vrozených schopností s podmínkami stanoviště, organismy si vyvíjejí strategie jak optimalizovat a synchronizovat životní cyklus s měnícími se podmínkami během roku. Například reprodukce se obvykle odehrává za optimálních podmínek, kdežto pokud se podmínky stanou suboptimálními, může dojít ke zpomalení metabolických reakcí a

nastane dormance, což je u epigeických brouků čeledí střevlíkovití (Carabidae) a drabčíkovití (Staphylinidae) otázka larválního stadia a stadia dospělce (Kotze *et al.*, 2011).

Pokud jde o dobu rozmnožování epigeických brouků, rozeznáváme mezi nimi několik skupin. První se množí a klade vajíčka brzy na jaře a přes zimu hibernují ve stadiu dospělce. Druhá se množí na jaře až v létě a přezimuje buď jako dospělec nebo v larválním stadiu. Brouci dále patří mezi letní druhy, letní až podzimní, podzimní, zimní (jen v oblastech s teplotami neklesajícími pod +5°C, asezónní (Matalin, 2008) skupiny dle rozmnožování. Z hlediska rychlosti obnovování generace, mohou být životní cykly brouků popsány jako jednoleté a dvouleté. Rozdíl není tedy v době trvání, ale v tom jak často se objeví nová generace brouků. Protože brouci žijící od sezóny do sezóny (jednoletí) jsou schopni vytvořit jednu až dvě, záleží na druhu, generace potomků, ale naproti tomu dvouletí brouci (zvl. *Carabus* spp.) vytvoří populaci potomků jen jednou za dva roky (Vanbergen, *et al.*, 2005), přičemž nová generace dokončí vývoj až následující rok, kdy se také rozmnožuje (Matalin, 2007). Brouci mohou být univoltinní nebo bivoltinní, podle počtu generací, které se objeví v jedné sezóně. Brouci žijící dvě a více sezón jsou vždy univoltinní. Mnoho druhů epigeických brouků je schopno hibernovat a zřejmě proto jsou i schopni se opakovaně rozmnožovat. Přesto z fyziologických důvodů nemohou brouci zplodit více než dvě generace za rok.

Výběr stanoviště je pro epigeické brouky natolik specifický, že jich bývá využíváno k popisu a charakterizování biotopů. Brouci se při výběru stanoviště řídí několika mechanismy, jako vnitřní hodiny, orientace podle slunce a pohyb buď od siluet nebo k nim. Někteří brouci navíc k orientaci využívají volatilních látek ve vzduchu (Lövei *et al.*, 1996). Epigeičtí brouci využívají křídla jako primární nástroj umožňující jejich rozptyl v krajině. Ovšem je to schopnost velice náročná na energii a v podmínkách, kde získávání potravy je tím největším problémem, podléhá schopnost létání velmi intenzivní selekci. Ta probíhá nejen v rámci druhů, ale i samotných jedinců. Takže některé druhy epigeických brouků jsou známy dimorfizmem v délce křídel. Většinou je to ovlivněno vnějšími faktory jako je dostatek potravy, teplota a doba vystavení těmto vlivům. Vhodné vnější podmínky umožňují u brouků vývin delších křídel, vliv mají ale i genetické dispozice (Aukema, 1991). Brouci s delšími křídly jsou schopni dolétnout dál a od toho se odvíjí jejich

velká schopnost migrace, vlastnost typická pro eurytopní, zpravidla omnivorní, nebo granivorní druhy nížinných produkčních oblastí (Ribera *et al.*, 2001). Na jejich rádius má vliv i období rozmnožování, kdy se brouci vyznačují vyšší pohyblivostí (Kotze *et al.*, 2011). Co se týká pohybu na zemi, jsou větší brouci zejména rodu *Carabus* méně pohybliví, než menší příbuzní. Zajímavostí je, že u skupin Harpalinae a Pterostichinae je tomu naopak.

Epigeičtí brouci jsou obecně považováni za polyfágní predátory (Honěk *et al.*, 2007), někteří autoři je nazývají omnivory (Lundgren, 2009). Trofická specializace vzhledem k velké druhové diverzitě, různým velikostem těla a velmi různorodým prostředím, které brouci obývají, je dosti rozsáhlá. Navíc ne všechny otázky ohledně trofie těchto predátorů jsou objasněny (Kotze *et al.*, 2011). Uvádí se, že ze 40000 druhů epigeických brouků je způsob obživy detailně prozkoumán asi u 2,6% druhů. Epigeičtí brouci jsou z větší části nočními predátory. Menší část loví přes den a někteří jsou aktivní v noci i ve dne (Hunter *et al.*, 1991). Noční dravci bývají větší a tmavě zbarvení, denní brouci mají kutikulu vybarvenou měňavými barvami. Denní/noční aktivita se může měnit s biotopem (lesní druhy jsou spíše noční, zatímco stepní druhy denní) a ročním obdobím (*Pterostichus melanarius* je noční do srpna, poté je většinou denním druhem). Druhy žijící v teplejších oblastech jsou převážně noční, pro druhy které jsou noční ve střední Evropě platí, že na severu se stávají denními. Rozdíly mohou zřídka být i mezi jednotlivci v rámci jednoho druhu (Lövei *et al.*, 1996).

4. Biologická kontrola škůdců

Epigeičtí draví brouci mohou poskytovat zemědělcům finančně atraktivní služby. Fungují jako regulátoři některých významných škůdců a plevelů, jejichž početnost tyto dravci dokáží snížit pod ekonomický práh škodlivosti (Cole *et al.*, 2005). Biologická kontrola škůdců je jev, který probíhá na zemědělské půdě zcela samovolně a zadarmo. Jak účinný je tento proces záleží na třech obecných charakteristikách hmyzích populací. Jsou to abundance, nebo biomasa brouků, druhová pestrost a funkční divezita. Vyšší abundance znamená logicky více jedinců schopných pronásledovat škůdce (Woodcock *et al.*, 2010). Vliv druhové pestrosti na

predaci škůdců je komplexnější. Jde o to, že společenstva druhově bohatší mají větší šanci, že se v nich bude vyskytovat druh s obzvláštními schopnostmi využívání přírodních zdrojů a zdrojů potravy vůbec. Navíc více druhů dokáže využít zdroje efektivněji, tento efekt bývá nazýván jako mezidruhová komplementarita.

Komplementarita může být prezentována pouze za předpokladu, že společenstvo obsahuje více než jeden druh, což je důkaz o přínosu biodiverzity v té nejryzejší podobě (Snyder *et al.*, 2006). Funkční diverzita vyjadřuje rozdíl ve vlastnostech jednotlivých druhů mezi všemi skupinami na stanovišti, v případě epigeických predátorů jsou to vlastnosti jako lapení a požití kořisti. Pokud se tyto druhy vzájemně doplňují, je opět vyšší efektivita využívání zdrojů, v tomto případě kořisti, či škůdců. Jestliže ale komplementarita není na vysoké úrovni - chybí druhy - a funkční diverzita je pravděpodobně malá, dochází k překrývání nik, čili možnosti, že zdroje, tedy kořist, nejsou naplno využívány. Taková situace způsobuje omezenou funkci biologické kontroly škůdců (Schmitz, 2007). V současné době existuje řada studií, které potvrzují, že vyšší úroveň biodiverzity ve společenstvech dravých epigeických brouků má za následek prokazatelné snížení tlaku škůdců na kulturní plodinu a tím umožňuje její lepší výnos (Aquilino *et al.*, 2005, Cardinale *et al.*, 2003, Snyder *et al.*, 2006).

Skupina granivorních epigeických brouků je do velké míry zodpovědná za likvidaci semen plevelných druhů rostlin (Honěk *et al.*, 2003). Brouci živící se tímto způsobem se vyznačují mohutnějšími čelistmi, než ostatní zástupci epigeických brouků. Dále o nich platí, že výběr semen koreluje s velikostí těla. Větší brouci jsou schopni zpracovat větší semena a v jejich jídelníčku je větší škála semen. Taxony Harpalinae a Zabrinae (Carabidae) jsou charakterizovány téměř úplnou herbivorií (Lundgren, 2009). Potravou těchto skupin jsou zejména semena významných plevelných rostlin *Cirsium arvense*, *Viola arvensis*, *Taraxacum officinale*, *Tripleurospermum inodorum*, *Crepis biennis* a mnoho dalších. Epigeičtí brouci jsou většinou nespecifičtí predátoři a stejné zákonitosti v predaci platí ve všech jejich predačních skupinách, to znamená že hlavním vodítkem při výběru kořisti je její velikost (Honěk *et al.*, 2011). Jinými slovy větší granivorní brouci preferují větší semena a naopak. Typickým představitelem takového brouka je *Harpalus affinis*, který je generalistou nejen v případě výběru druhu kořisti, tj. živočišná, rostlinná, ale i v případě její velikosti (Honěk *et al.*, 2006). Ovšem vedle této většiny, existují

druhy jejichž specializace na kořist je dosti vyhraněná. Například rod *Ophonus* ze skupiny Harpalinae je specializován výhradně na semena rostlin čeledi *Apiaceae* (Honěk *et al.* 2007), nebo *Amara* ze skupiny Zabrinae a to zejména *A. familiaris* se specializuje téměř výhradně na semena *Capsella bursa-pastoris* (Klimeš *et al.*, 2010). Obecně lze říci, že skupina *Amara* zahrnuje nejvíce takových specialistů (Honěk, *et al.*, 2006). Ačkoli je na toto téma zapotřebí dalšího výzkumu, je zjevné, že populace epigeických brouků mají určitý, pravděpodobně značný vliv na abundanci a celkové šíření populací plevelných rostlin na zemědělské půdě (Kotze *et al.* 2011) . Zároveň je potřeba zdůraznit, že konzumace semen larvami těchto brouků může být srovnatelná, nebo dokonce větší než u dospělců a preference druhů semen se může lišit dokonce mezi jednotlivými larválními instary (Klimeš *et al.*, 2010). Konzumace se tedy liší nejen podle vývojového stadia brouka, ale také podle ročního období, kdy největší predace nastává brzy na jaře a trvá do pozdního léta, přičemž intenzita konzumace semen v tomto období je u všech dosud zkoumaných brouků konstantní (Honěk *et al.*, 2006).

Honěk *et al.* (2003) uvádí, že rody *Amara* (Zabrinae) a *Harpalus* (Harpalinae) jsou schopny za sezónu zlikvidovat asi 65 – 88 % semen rostlin jako je *Taraxacum officinale* a *Carex pilulifera*. Je známo, že stejné, nebo i větší množství semen dokáží zpracovat i larvy těchto brouků (Klimeš *et al.*, 2010). Larvy ve třetím instaru jsou zpravidla nejžravější, ale u zmiňovaných dvou rodů je larvální vývoj ukončen ve druhém instaru (Lövei, *et al.*, 1996).

Obecně se dá říci, že polyfágní predátoři a granivoři z řad epigeických brouků zpracovávají semena rostlin, která po dozrání spadnou na zem (Bohan *et al.*, 2011) a mimo to vyhledávají semena z půdní zásoby. Tito brouci se živí i na semenech některých jednoděložných i dvouděložných kulturních rostlin. Mezi problémy s dvouděložnými plevele lze zařadit i výdrol řepky olejné (*B. napus*), který je často vážným ekonomickým problémem. Při sklizni řepky vznikají ztráty (výdrol), které mohou dosáhnout až 5 procent, což při asi 3 tunovém výnosu z hektaru dělá okolo 150 kg semen. To je 40 krát víc, než je výsevek při založení porostu řepky (Anonymus 2). Zároveň tato semena jsou schopná vzcházet i po 8 letech. Vzhledem k tomu, že zpravidla následující rok bývá na pozemku jiná plodina, než řepka, může takový řepkový výdrol po vzejití omezit růst hlavní plodiny a způsobit nemalé ekonomické škody. Epigeičtí brouci z čeledi střevlíkovitých jsou schopni se na výdrolu řepky živit a omezit počet semen v půdní zásobě. Druhy jako

Pseudoophonus rufipes, *Pterostichus melanarius* a *Amara ovata* jsou nejaktivnějšími predátory semen řepky olejné (Koprudová *et al.*, 2008). Bohan *et al.*, (2011) uvádí naproti tomu druh *Pterostichus cupreus*, jako hlavního predátora, schopného omezit množství semen řepky v půdní zásobě.

Bylo zjištěno, že hlavní efekt na likvidaci jednoděložných plevelů, jakož i výdrolu jednoděložných zemědělských plodin jako kukuřice a obilniny má zejména polyfágní *Pterostichus melanarius* (Bohan *et al.*, 2011) kdežto úplní granivoři jako *Amara* spp. se zřejmě specializují na jiné plodiny (Honěk *et al.*, 2003) a na výdrolu se moc neživí. Platí, že zvyšující se množství semen v půdní zásobě, jako i čerstvě vypadaných, zvyšuje počet brouků na nich se živících. Podle Bohana *et al.*, (2011) se zatím se v žádném výzkumu nepodařilo vyčíslit jaké množství semen plevelů i kulturních rostlin jsou fytofágní epigeičtí brouci zlikvidovat na orné půdě a do jaké míry ovlivňují půdní zásobu semen. Avšak například Honěk *et al.* (2003) uvádí spotřebu 0,33 mg semen na mg hmotnosti těla brouka za den, celková spotřeba údajně může být až 1150 semen $\cdot m^{-2} \cdot den^{-1}$ a za určitých podmínek dokonce až 4000 semen $\cdot m^{-2} \cdot den^{-1}$. Tyto výsledky ale byly naměřeny na plochách s trvalými porosty, ne na orné půdě, kde problémy s plevelem jsou aktuálnější a sám autor dodává, že velikost spotřeby semen závisí na abundanci predátorů. To u orné půdy může být problém, zejména vzhledem k managementu a také k obecnému nedostatku okolních ploch vhodných pro celoroční přežití epigeických brouků (Piffner *et al.*, 2000, Noordijk *et al.*, 2011). Pokud vezmeme v úvahu výsledky Klimeše *et al.*, (2010), který uvádí, že spotřeba semen larvami epigeických brouků může být dokonce větší než dospělců, pak můžeme dojít k velice zajímavým číslům z hlediska regulace plevelů přirozenými predátory. V tom případě je nasnadě otázka přítomnosti nějakého množství trvalých kultur uvnitř a při okrajích bloků orné půdy.

Dle některých autorů je úloha epigeických brouků na eradikaci škůdců sporná (Lövei *et al.*, 1996, Bohan *et al.*, 2011). Jde o to, že tyto živočichové jsou polyfágní nespecializovaní predátoři a jako takoví nemohou zasáhnout dostatečně do početnosti určitého škůdce. Nejsou většinou životním cyklem synchronizováni s cílovým škůdcem. Jejich úloha spočívá ani ne tak ve snižování početnosti škůdců pod práh ekonomické škodlivosti, ale spíše v prodlužování období mezi přemnoženími různých škůdců.

5. Výskyt epigeických brouků v krajině

Zdá se, že největším problémem, který v současné době způsobuje ohrožení řady živočišných populací je fragmentace původních biotopů (Thomas *et al.*, 1994). Druhovú skladbu živočichů na takových izolovaných plochách je značně ovlivňována cizími druhy expandujícími z okolí. Opatřeními k zmírnění takových jevů by mělo být ponechání větších přirozených ploch a zajistit jejich propojení. Navíc by tyto stanoviště měla být co nejvíce heterogenní (Niemelä, 2001). Ovšem vzhledem k dynamice metapopulací nelze pouze chránit stanoviště, na kterých se cílové skupiny živočichů vyskytují, je potřeba chránit i prostředí, kam se tyto živočichové mohou případně uchýlit, tedy stanoviště ještě neobsazená. Princip ohrožení populací na fragmentovaných ostrůvcích tkví v systému dosycování populace migranty ze sousedních lokálních populací. Migrace je důležitým prvkem udržování životaschopnosti ekosystémů a pokud není odkud nebo kam migrovat, nebo pokud je nedostatek migrantů, což jsou okolnosti charakterizující izolované populace na fragmentech biotopů, hrozí takové populaci vyhynutí (Storch, 2000). Propojenost biotopů nějakými biokoridory přináší možnosti migrace a udržení populací živočichů při životě (Noordijk *et al.*, 2011). Někteří brouci totiž nejsou schopni cestovat mimo prostředí, jehož prvky znají. Je pro ně nemožné překonat například pole a tak jsou schopni se pohybovat jen skrz vytvořené koridory a na obhospodařované plochy nevstoupit (Niemelä, 2001). Takové chování je typické pro různé specialisty, nalézající se ve velké míře i mezi epigeickými brouky. Okolí izolovaných biotopů bývá disturbované a vyhovuje zase jiným druhům, obecně eurytopním. Nedá se ovšem říct, že by takové prostředí nemělo své specialisty. Naopak da Silva (2009) zjistil poměrně značný počet specialistů zejména mezi drabčíky právě v disturbovaných zemědělsky obhospodařovaných biotopech.

Problém izolovanosti biotopů je ovšem poněkud složitější. Některé druhy, které nejsou zdatnými migranty, mohou přežít pouze na stanovištích, která jsou alespoň částečně izolovaná od okolí. Jedině tak je zabráněno přílivu konkurenčních druhů z jiných lokalit, nebo spíše pouze jeho omezení a takové druhy pak mohou koexistovat vedle sebe. V takových případech by propojování fragmentů mohlo mít katastrofální důsledky pro některé druhy, protože by byl umožněn pohyb invazivním druhům. Brouci z čeledi Carabidae se zdají být méně schopní migranti, než drabčíci

(Staphylinidae), jako důsledek lepší letové schopnosti drabčičků (Niemelä, 2001). To má zřejmě za následek horší odolnost vůči fragmentaci u střevlíků.

V podstatě obecné řešení v problému zda propojovat biotopy, neexistuje, záleží hodně na dynamice druhů, které chceme chránit. Celkově se ale dá říct, že jakákoli změna vede k horšímu, protože na situaci, ve které se prostředí dlouhodobě nachází jsou přítomné druhy jistě zvyklé.

Okolní polopřirozené biotopy jsou zdrojem živočichů obývajících agroekosystémy, tedy i epigeických brouků. Významnou úlohu hrají okraje polí, které pokud jsou ponechány ladem, mohou sloužit jako zimoviště řadě členovců. Podle některých údajů (Pfiffner *et al.*, 2000) jsou rozdíly mezi těmito polopřirozenými stanovišti v krajině výrazně disturbované a v krajině méně kultivované tedy komplexnější. Rozdíly v abundanci jsou až pětinasobné ve prospěch krajiny komplexní. Podle některých zdrojů (Lövei *et al.*, 1996) je druhové spektrum brouků stejné v agroekosystémech jako v okolní krajině, s tím, že dominují eurytopní druhy. Existují brouci, kteří si vybírají stanoviště z hlediska jeho narušení, tj. z hlediska antropogenního vlivu. Takovým broukem je například *Carabus nemoralis*, který vyhledává stanoviště polopřirozená. Sadler *et al.* (2006) zjistil, že vliv na biodiverzitu epigeických brouků má urbanizace. V urbánních oblastech se vyskytují brouci s kratšími křídly, nebo úplně bez nich, kdežto směrem k přibývajícím krajinným prvkům se druhová diverzita zvyšuje a převažují brouci schopni letu a specializovaní predátoři. V otevřené krajině nížinného typu, tedy s vysokým produkčním potenciálem a tomu odpovídajícím intenzivním zemědělským managementem, je většina brouků makropterních. Navíc jsou to většinou typičtí granivorní druhy s aktivitou v letních měsících (Ribera *et al.*, 2001). Podobné výsledky zaznamenal Fournier *et al.*, (1999), kdy byl zkoumán vliv trvalých keřových remízků vysázených uprostřed intenzivní monokultury na biodiverzitu střevlíků. Drtivou většinu brouků tvořily druhy eurytopní a druhy otevřené krajiny. Zároveň byl zjištěn skutečně prokazatelný vliv remízků na společenstva brouků. S přibývajícím vzdáleností od remízků se snižovala diverzita brouků, s několika výjimkami, což byly brouci vyložené otevřené krajiny. Zároveň je ve studii poukazováno na poměr karnivorních a fytofágních střevlíků. V tomto směru se poměr zastoupení obou skupiny mění ve prospěch predátorů s každým dalším rokem od doby založení remízu. Thomas *et al.*, (1992) v podobném výzkumu zjistil, že

nejpočetnějšími druhy epigeických brouků v groekosystémech našich zeměpisných délek jsou pravděpodobně *Pterostichus melanarius* a *Pterostichus cupreus*, kteří jsou atraktivní plodinou vysetou v poli a kteří se liší ve vztahu k polopřirozenému biotopu v poli jako je remízek. Druhý jmenovaný na rozdíl od prvního využíval benefitů remízku. Naproti tomu v intenzivních agroekosystémech téměř vůbec nenajdeme větší brouky (*Carabus* spp.). Je to zřejmě z toho důvodu, že tito predátoři vychovávají jednu generaci potomků za dva roky, a vývoj půdních larev trvá také poměrně dlouho. Tento způsob života se vylučuje s intenzivním managementem na polích, kdy agrotechnické postupy larvy z většiny zlikvidují (Vanbergen, *et al.*, 2005).

Heterogenita krajiny přispívá k udržení stability ekosystémů a má přímý vliv na druhovou pestrost živočišných i rostlinných společenstev - to je takové paradigma ochrany ekosystémů. Nicméně dle mínění některých autorů je otázka složitější a výsledky získané v této oblasti nejsou dostatečně relevantní a přesvědčivé (Brose, 2003). Zvláště pokud jde o skupiny epigeických brouků, jsou výsledky na první pohled nepochopitelné. Dle výsledků da Silva *et al.* (2009) největší abundanci i druhovou pestrost epigeických brouků, konkrétně drabčků vykazují homogenní a zemědělsky narušené oblasti. Tyto výsledky ovšem víceméně odpovídají nárokům epigeických brouků (Thomas *et al.*, 1996). Brouci zde nalézají dostatečnou vlhkost, nutnou pro jejich přežití a zejména rozmnožování (Kotze *et al.*, 2011). Navíc možnosti obživy, a tedy způsob jak dotovat svůj velmi aktivní způsob života, jsou na těchto plochách rovněž atraktivní (da Silva *et al.*, 2009). Vysvětlení takových údajů nabízí i řada prací, které se zabývají funkcí krajiny z hlediska přítomnosti epigeických brouků a to v kontextu její kompozice, konfigurace, propojenosti, historie a způsobu a intenzitě land-use (Woodcock *et al.*, 2010, Clough *et al.*, 2007). Například podle Thomase *et al.*, (1994) jsou brouci skupina členovců, která jako biotop využívá místa buď raného sukcesního stadia, tzn. holá země, vřesoviště, louky s kulturou do 3 cm výšky apod., což je případ epigeické skupiny brouků. Nebo další velká skupina brouků, xylofágní žije na místech posledního sukcesního stadia. Všechny stadia mezi těmito dvěma jsou brouky obsazena pouze minoritně.

Novější výsledky (Vanbergen *et al.*, 2005, da Silva *et al.*, 2009) teorii o pozitivním vlivu diverzifikované krajiny na společenstva živočichů příliš nepodporují. Tedy alespoň ne z pohledu epigeických brouků. Skutečně se zdá, že

daleko větší biodiverzitu prokazují oblasti s intenzivními monokulturami a to dokonce bez jakýchkoli trvalých krajinných prvků, porostů apod. Většina druhů epigeických brouků dává přednost těmto oblastem před plopřirozenými stanovišti. Jakoby všechny benefity, které polopřirozené biotopy broukům poskytují, tj. např. možnost přezimování, rozmnožování, vývoje larev, pravděpodobně pestřejší potravní nabídky apod., neměly vliv. Je možné, že struktura travního porostu, jeho členitost a množství úkrytů, jež poskytuje, tj. okolnosti které Woodcock *et al.*, (2007) pokládá za primárně důležité v životě epigeických brouků, jsou příznivější v intenzivních jednoletých. Je zajímavé, že obecně je architektura porostu a jeho druhová pestrost klíčový faktor, významným způsobem ovlivňující biodiverzitu bezobratlých (Woodcock *et al.*, 2009, Clough *et al.* 2007, Littlewood *et al.* 2012). Pro epigeické brouky, jako bezobratlé to však neplatí. Protože podle Duelli *et al.*, (1990) je druhové složení porostu, až ne některé výjimky, pro epigeické brouky naprosto irrelevantní, přesněji řečeno na stejné úrovni jako například abiotické faktory (Schaffers *et al.* 2008).

Pokud mluvíme o tom, že většině epigeických brouků podmínky intenzivní zemědělské výroby vyhovují, přesněji preferují je, některé skupiny epigeických brouků, jako *Carabus* spp., druhy jako *Pterostichus oblongopunctatus* a *Cychrus caraboides* nejsou schopny se v intenzivní zemědělské krajině realizovat, ať už kvůli larvální mortalitě, nebo absenci vhodné kořisti (Fournier *et al.*, 1999), a je možné je najít právě na takových neobdělávaných místech, jako jsou okraje polí, remízky apod. Autoři se ale shodují na názoru, že v krajině musí existovat určité množství polopřirozených stanovišť a pokud jsou taková stanoviště začleněna do polních kultur, působí velmi pozitivně na biodiverzitu bezobratlých. S tím jde ruku v ruce možnost efektivnějšího zvládnutí početnosti škůdců v agroekosystémech a ve hře jsou samozřejmě i jiné důležité benefity plynoucí z přítomnosti funkčních skupin hmyzu, nebo bezobratlých obecně (Dahms *et al.*, 2010, Vanbergen *et al.*, 2005, Fournier *et al.*, 1999, Kotze *et al.*, 2011, atd.).

6. Biopásy

V evropské zemědělské politice existují schémata mající za úkol do určité míry potlačit negativní efekty intenzifikace v zemědělství – ať už proběhlé, nebo

aktuální. U nás se tato schémata nazývají agroenvironmentální opatření, jsou součástí Programu rozvoje venkova a principem jejich fungování je podporovat ty zemědělce, kteří se rozhodnou aplikovat přístupy šetrné k přírodě (Anonymus 1).

Agroenvironmentální opatření (AEO) obsahují řadu dotačních titulů a jedním z nich je titul zvaný biopásy. Podle ministerstva zemědělství se jedná o činnost, kterou má být v zemědělské krajině zformovány místa, která budou poskytovat potravu zejména ptákům a zvěři, tedy větším živočichům, v období po sklizni, kdy agroekosystémy tuto úlohu většinou postrádají. Pokud jde o využití biopásů bezobratlými, v definici jsou zmíněny včely, které zde mohou najít potravu díky přítomné pohance a hmyz, který zde může najít útočiště a místo k přezimování, aby mohl být zdrojem potravy pro ptáky. To je informace nanejvýš sporná, protože pokud se podíváme do konkrétní legislativní úpravy managementu biopásů, pak vyjde najevo, že biopásy musí být zaorány do 31. března, což je období, kdy epigeičtí brouci ještě v drtivé většině případů hibernují (Lövei *et al.*, 1996, Matalin, 2007). To je tedy způsob, jak bezpečně tyto živočichy, a nejen je, zlikvidovat. Biopásy jsou vlastně takové kontinuálně, každoročně obnovované stanoviště, které podle pravidel dotačního programu musí být zaseto do konce května. Nemůže fungovat jako biokoridor ani zimoviště, protože v kritickém období je likvidováno. Druhy plodin a množství jejich výsevu v biopásu podle pravidel dotačního programu je následující: 30 kg pohanky, nejméně 15 kg prosa, nejméně 0,4 kg kapusty, 65 kg jarní obiloviny (může být i směs) a 2 kg lupiny bílé. V případě dodržení minimálního množství jednotlivých povinných druhů ve směsi lze do tohoto přidat i další druhy (Janovská, 2008). Spektrum plodin je eufemisticky řečeno uniformní a ne příliš rozsáhlé, zcela jistě neplní požadavky řady společenstev, zejména bezobratlých živočichů a celkově vzbuzuje dojem, že je vymyšleno od zeleného stolu.

Rokem 2007 počínaje jsou dotační prostředky na biopásy součástí Programu rozvoje venkova ČR na období 2007 – 2013 (EAFRD) a to v rámci programu OSA II. Ta obsahuje program s názvem Agroenvironmentální opatření (AEO), kde se nalézá podopatření Péče o krajinu a v něm titul Zakládání biopásů. Titulu je vyměřena sazba 401 € (Anonymus 3). Výše dotace má znázornit ztrátu výnosu na orné půdě určené pro výsev biopásu a náklady spojené s jeho vysetím (Anonymus 4). Podmínky pro využití dotačních titulů a všechna upřesnění pro žadatele jsou obsažena v metodice k provádění nařízení vlády č. 79/2007 Sb., o podmínkách provádění agroenvironmentálních opatření (MZE, 2007).

Agroenvironmentální opatření řadu titulů a lze říci, že ač jsou určena k ochraně přírody, v některých případech mohou tato opatření působit spíše negativně. Je to dáno tím, že jako spousta jiných nařízení, jsou AEO vytvořena bez ohledu na konkrétní situace, takzvaně od zeleného stolu. Dále je zde velká volnost ve výběru konkrétních činností, které má zemědělec přijímací dotace dělat. Stává se, že opatření v lepším případě nemají účinek, v horším mohou přírodu poškozovat. Pokud se na stanovišti vyskytuje nějaký živočišný, nebo rostlinný druh, kterému úkony prováděné v rámci dodržení dotačních podmínek nevyhovují, má prostě smůlu (Konvicka *et al.*, 2008). Obecně můžeme říci, že opatření k ochraně biodiverzity určená pro agroekosystémy, ať proběhlá, nebo stávající jsou vytvořena na základě znalostí několika málo taxonomických skupin, tzn. ptáků a plevelů (Cole *et al.*, 2005).

7. Reliktnost epigeických brouků

Celkově se tyto brouci rozdělují do tří několik skupin dle vazby k biotopu. Význam rozdělení je v charakteristice prostředí, ve kterém žijí, z pohledu narušení člověkem.

Ubikvistní druhy tzv. generalisté – jsou brouci bez vyhraněných nároků na prostředí, jsou schopni žít na všech biotopech, včetně ruderalů, agrocenóz a intravilánu obcí.

Eurytopní druhy - druh vyskytující se na mnoha typech stanovišť.

Stenotopní druhy – druhy přizpůsobené k životu v úzkém rozmezí podmínek prostředí (Boháč *et al.*, 2006).

Relikty I. řádu (RI) – druhy boreomontánního s boreoalpinského výskytu s ustálenou vazbou na stanoviště, které se nejvíce svým charakterem podobají původnímu stavu tzn. lokality relativně antropogenně nenarušené, jako jsou původní a přirozené lesy, horské polohy, rašeliniště apod. Jedná se o druhy s nejužší ekologickou valencí a jsou tedy specializovány na poměrně úzce vymezené ekologické podmínky.

Relikty II. řádu (RII) – druhy vázané na převládající typ středoevropského klimatu, kterému odpovídají současné přirozené lesní ekosystémy. Nemají tak vyhraněné

nároky na charakter lesa jako skupina RI. Patří sem adaptabilnější druhy vyskytující se ve všech typech kulturního lesa, v remízkách a na pasekách.

Expanzivní druhy (E) – eurytopní druhy schopné pronikat do odlesněné krajiny a osidlovat zejména stanoviště silně ovlivněná činností člověka, jako jsou obhospodařované louky, pole, antropické útvary apod. (Boháč, 1988).

8. Metodika

Odchyt brouků do zemních pastí je velmi populární metoda mezi entomology a historie jejího užívání sahá asi 80 let zpátky (Kotze *et al.*, 2011). Je to levná metoda, snadná na aplikaci v terénu a je téměř bezúdržbová. Problémem metody jsou její výsledky. Ty totiž nevyjadřují početnost brouků v lokalitě, ale jejich aktivitu (abundanci), neboli množství brouků, kteří v daném sledovaném období překříží plochu pastí. Jako médium se volí ethylenglykol, protože jeho vlastnosti jsou nestranné vůči všem skupinám epigeických brouků a zároveň chemické vlastnosti umožňují dobrou konzervaci materiálu do doby vyzvednutí pastí. Preferuje se umístit více pastí za sebou, v počtu tři až pět, v odstupu asi 10 metrů. Mezi jednotlivými odchytovými lokalitami by měly být vzdálenosti větší, v závislosti na pohyblivosti brouků (Lövei *et al.*, 2011). Jiným problémem je ztráta pastí a to zejména v souvislosti s aktivitou různých druhů brouků. Některé druhy jsou aktivní na jaře a na podzim, jiné hlavně během léta. Pokud jsou pasti vybírány v delších časových úsecích, například za měsíc, a hned ze začátku dojde ke ztrátě čerstvě umístěné pastí, pak může dojít k tomu, že brouci aktivní během tohoto měsíce a později už méně, nebudou ve výsledcích dostatečně relevantně zachyceni (Niemelä *et al.*, 2002). Podobným problémem je hibernace dospělců přes zimu, což je případ většiny epigeických brouků. Různé skupiny brouků se k hibernaci uchylují v různé době. Některé jsou dost časně a hibernace u nich nastává už koncem léta, nebo začátkem podzimu (Honěk *et al.*, 2006). To může zkreslit výsledky, protože tyto druhy, na rozdíl od jiných, už v této době ve spektru sebraného materiálu nefigurují.

Materiál byl získáván v intervalu jednoho měsíce v období duben až říjen 2009 a duben až říjen 2011. Stanovišti pro výzkum byly v obou případech pozemky

akciové společnosti Bemagro a.s. se sídlem v Malontech (viz. obr.13.). V prvním roce byly předmětem studie společenstva epigeických brouků v biopásech, v roce 2011 pak společenstva v trvalých strukturách, konkrétně remízkách. Získané vzorky byly v laboratorních podmínkách přečištěny a identifikovány. Následně byly určeno druhové zastoupení epigeických brouků spolu s jejich hodnocením z hlediska reliktnosti výskytu.

Biopásky byly v případě podniku Bemagro a.s. plochy téměř identického charakteru, jaký je popisován v metodice managementu biopásů v dotačních titulech MZE. Bylo zvoleno pět biopásů, každý s příslušným srovnávacím stanovištěm, tj. s řadou pastí nejen v biopásku, ale pro srovnání i v okolní plodině. Vznikly tak dvojice označené BIO A1, BIO A2, BIO B1, BIO B2, BIO C1, BIO C2, BIO D1, BIO D2, BIO E1, BIO E2. Číslo jedna značí řadu pastí v biopásku, číslo dvě řadu pastí ve vedlejší plodině. Řada pastí se skládala z pěti kelímků o objemu 250 ml a průměru 7,5 cm, zakopaných v zemi, v odstupu asi 20 metrů. Srovnávací řada byla založena asi 25 – 30 metrů od biopásku.

Remízky na pozemcích podniku Bemagro byly v době výzkumu asi 3 roky staré. Jsou to plochy o velikosti asi 5 x 50 metrů osázené různými ne příliš vzrostlými dřevinami, keřovitého i stromového charakteru. Prostor mezi těmito kulturami vyplňuje travní kultura sečená v květnu každý rok. Hmota zůstává na pozemku. Jako místa sběru byly zvoleny tři remízky, zároveň vedle každého ze tří remízů bylo v polní kultuře založeno kontrolní sběrné stanoviště. Vznikly tak dohromady tři dvojice sběrných míst. Označeny byly tedy po dvojicích REM A1, REM A2, REM B1, REM B2, REM C1. Kvůli nepříznivým okolnostem byla řada REM C2 vyřazena. Číslo jedna označuje remízek, číslo dvě sousední plodinu. Systém ukládání pastí byl stejný jako v případě biopásů.

9. Predikce

Na základě informací shromážděných z výsledků výzkumů zkoumajících velmi podobná témata, jaké stálo za vznikem této práce, si troufám předpovědět možnosti výsledků mého výzkumu. Protože výsledky první části výzkumu z roku 2009 jsou mi známé, použiji také jich k predikci výsledků výzkumu z roku 2011.

Řada autorů se shoduje na faktu, že diverzifikovaná krajina přispívá k větší biodiverzitě společenstev živočichů (Fournier *et al.*, 1999, Thomas *et al.*, 1994, Woodcock *et al.*, 2007, atd.). Původní biotopy v zemědělské krajině totiž fungují jako zdroje živočichů migrujících do okolních společenstev a tím tato společenstva udržují naživu. Existence metapopulací některých živočichů je na těchto biotopech závislá (Storch, 2000, Vanbergen *et al.*, 2005). Pokud jde o epigeické brouky, někteří taková prostředí vyhledávají a mohou tak v zemědělské krajině existovat (Niemelä, 2001). Proto pravděpodobně společenstva v remízkách budou odlišná. Tomu by odpovídaly i výsledky výzkumu z roku 2009, kdy biopásy ač v podstatě intenzivní kultura, dokázaly nabídnout služby, které ocenily druhy brouků v sousední polní kultuře se jinak nevyskytujících. Nelze říci, jestli biodiverzita bude větší, pouze lze předpokládat, že se změní a zastoupeny budou i druhy náročnější. Pokud jde o abundanci, tam si dovolím odhadnout, že remízky, vzhledem ke struktuře porostu, množství mrtvé biomasy a celkové neprostupnosti, budou pro brouky eurytopního charakteru spíše méně atraktivní (Woodcock *et al.*, 2007, Woodcock *et al.*, 2009), tedy abundance může být nižší, než v okolí.

10. Výsledky

Výsledky výzkumu zahrnují druhové spektrum brouků čeledí drabčíkovití (Staphylinidae) a střevlíkovití (Carabidae), početnost obou čeledí a zastoupení druhů na všech stanovištích z hlediska jejich reliktnosti. Na tomto základě bylo spočítáno antropogenní ovlivnění obou společenstev. Grafy a tabulky znázorňují výsledky výzkumů z roku 2009 i 2011, s tím, že jsou řazeny vždy hned za sebou.

10.1. Seznamy druhů a jejich stručná charakteristika

Obr 1. Druhy epigeických i jiných brouků nalezených v biopásech v sezóně roku 2009.

Druh a ekologické zařazení / stanoviště sběru	BIO A1	BIO A2	BIO B1	BIO B2	BIO C1	BIO C2	BIO D1	BIO D2	BIO E1	BIO E2
<i>Agonum sexpunctatum</i> (Linnaeus, 1758), E	3	-	2	-	4	-	1	-	-	-
<i>Agriotes obscurus</i> (Linnaeus, 1758), E	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774), E	-	-	1	-	-	-	-	-	5	-
<i>Amara eurynota</i> (Panzer, 1797), E	2	-	3	-	1	-	1	-	-	1
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenhal, 1810), E	5	2	7	-	1	-	1	1	2	1
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppida, 1763), E	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius, 1787), E	-	1	-	-	2	-	1	-	-	1
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784), E	-	1	-	2	1	-	-	1	-	-
<i>Byrrhus pilula</i> (Linnaeus, 1758), E	1	-	1	-	2	-	-	-	1	-
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777), E	1	-	2	-	3	1	-	-	1	1
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758), E	-	2	-	3	-	-	4	2	1	1
<i>Carabus granulatus</i> (Linnaeus, 1758), E	9	8	21	7	11	15	8	5	7	19
<i>Carabus scheidleri</i> (Panzer, 1799), R2	5	1	7	2	3	-	4	-	4	1
<i>Cassida nebulosa</i> (Linnaeus, 1758), E	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781), E	1	-	-	1	1	-	-	-	2	-
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758), E	2	-	-	1	1	-	-	-	1	-
<i>Harpalus rubripes</i> (Duftschmid, 1812), E	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
<i>Leistus ferrugineus</i> (Linnaeus, 1758), E	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775), E	3	-	1	-	1	-	-	-	1	-
<i>Margarinotus merdarius</i> (Hoffman, 1803), E	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792), E	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-

<i>Nicrophorus vespillo</i> (Linnaeus, 1758), E	7	11	15	29	13	36	20	41	8	12
<i>Nicrophorus vespilloides</i> (Herbst, 1784), E	4	1	2	-	5	1	1	1	1	2
<i>Omalium caesum</i> (Gravenhorst, 1806), E	1	-	-	1	2	-	1	-	1	1
<i>Ontholestes murinus</i> (Linnaeus, 1758), E	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-
<i>Oxytelus rugosus</i> (Fabricius, 1775), E	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-
<i>Philonthus cognatus</i> (Stephens, 1832), E	3	1	5	3	5	5	1	1	1	1
<i>Philonthus decorus</i> (Gravenhorst, 1802), R2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758), E	59	140	35	66	32	72	130	16	13	42
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824), E	7	-	4	-	8	5	-	1	3	-
<i>Pseusoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774), E	56	38	72	102	69	44	32	55	28	37
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798), E	47	28	65	39	77	23	150	95	124	61
<i>Silpha obscura</i> (Linnaeus, 1758), E	3	1	5	5	8	-	2	-	3	-
<i>Sitona hispidulus</i> (Fabricius, 1776), E	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
<i>Staphylinus dimidiaticornis</i> (Gemminger, 1851), E	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Tachyporus chrysomelinus</i> (Linnaeus, 1758), E	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
<i>Tachinus laticollis</i> (Gravenhorst, 1802), E	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-
<i>Tachinus signatus</i> (Gravenhorst, 1802), E	1	-	-	-	2	-	1	-	-	-
<i>Thanatophilus rugosus</i> (Linnaeus, 1750), E	8	5	11	5	3	2	-	2	2	1
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schränk, 1781), E	-	2	1	-	-	1	-	3	-	-
<i>Tripocopriss vernalis</i> (Linnaeus, 1758), E	2	-	1	-	2	-	-	-	1	-

Obr 2. Druhy epigeických brouků nalezených v remízkách a okolních agroekosystémech v sezóně roku 2011

Druh a ekologické zařazení / lokalita	REM A1	REM A2	REM B1	REM B2	REM C1
<i>Cicindela campestris campestris</i> (Linnaeus, 1758), R2	1	-	1	-	-
<i>Carabus auronitens auronitens</i> (Fabricius, 1792), R2	-	2	-	-	-
<i>Carabus scheidleri</i> (Panzer, 1799), R2	5	-	8	-	9
<i>Carabus granulatus</i> (Linnaeus, 1758), E	12	7	22	6	13
<i>Carabus silvestris silvestris</i> (Panzer, 1793), R2	2	-	-	-	-
<i>Leistus ferrugineus</i> (Linnaeus, 1758), E	-	-	-	-	1
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792), E	5	2	2	3	7
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775), E	2	8	3	-	1
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank, 1781), E	-	1	-	-	-
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784), E	3	-	1	-	4
<i>Bembidion quadripustulatum</i> (Audinet-Serville, 1821), E	2	-	1	1	-
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798), E	25	39	46	61	33
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758), E	32	65	29	89	44
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824), E	15	8	23	25	30
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777), E	2	5			
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppida, 1763), E	13	21	5	7	9
<i>Agonum sexpunctatum</i> (Linnaeus, 1758), E	5	-	3	-	-
<i>Agonum muelleri</i> (Herbst, 1784), E	-	1	-	1	-
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenhal, 1810), E	12	7	23	13	4
<i>Amara eurynota</i> (Panzer, 1797), E	-	5	-	3	-
<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774), E	-	12	-	9	-
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius, 1787), E	1	3	2	13	-
<i>Pseudophonus rufipes</i> (De Geer, 1774), E	5	9	11	3	5
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781), E	-	4	-	-	6
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758), E	1	-	3	-	-
<i>Harpalus rubripes</i> (Duftschmid, 1812), E	1	-	1	1	1
<i>Margarinotus merdarius</i> (Hoffman, 1803), E	2	-	-	1	-
<i>Margarinotus obscurus</i> (Kugelann, 1781), E	-	1	-	-	-
<i>Thanatophilus rugosus</i> (Linnaeus, 1750), E	33	21	38	45	17
<i>Silpha obscura</i> (Linnaeus, 1758), E	11	5	4	25	9
<i>Nicrophorus vespillo</i> (Linnaeus, 1758), E	1	22	14	5	11
<i>Nicrophorus vespilloides</i> (Herbst, 1784), E	5	3	2	9	1
<i>Omalius caesum</i> (Gravenhorst, 1806), E	9	1	5	22	3
<i>Olophrum assimile</i> (Paykull, 1800), R2	1	-	-	-	3
<i>Oxytelus rugosus</i> (Fabricius, 1775), E	9	32	7	12	2
<i>Philonthus cognatus</i> (Stephens, 1832), E	2	1	5	7	1
<i>Ontholestes murinus</i> (Linnaeus, 1758), E	-	1	-	2	-
<i>Ontholestes tessellatus</i> (Fourcroy, 1785), E	1	-	-	1	-
<i>Staphylinus dimidiaticornis</i> (Gemminge, 1851), E	7	-	-	5	-
<i>Tachyporus chrysomelinus</i> (Linnaeus, 1758), E	8	4	12	1	4

<i>Tachinus laticollis</i> (Gravenhorst, 1802), E	5	7	2	22	3
<i>Tachinus signatus</i> (Gravenhorst, 1802)	1	5	-	3	-
<i>Trypocopris vernalis</i> (Linnaeus, 1758), E	8	41	13	6	22
<i>Onthophagus fracticornis</i> (Preyssler, 1790), E	2	-	-	-	3
<i>Byrrhus pilula</i> (Linnaeus, 1758), E	1	3	2	5	1
<i>Agriotes obscurus</i> (Linnaeus, 1758), E	4	11	3	12	1
<i>Otiorhynchus raucus</i> (Fabricius, 1777), E	3	1	-	2	-
<i>Hypera meles</i> (Fabricius, 1792), E	1	-	1	-	-
<i>Hypera plantaginis</i> (De Geer, 1775), E	-	-	2	-	-
<i>Hypera rumicis</i> (Linnaeus, 1758), E	1	-	-	-	1
<i>Sitona hispidulus</i> (Fabricius, 1776), E	5	-	3	-	8

Tabulky znázorňují seznamy brouků a obsahují i jejich částečný popis. Tedy jejich reliktnost výskytu dle Boháče (1999). Patrné je velmi vysoké zastoupení eurytopních druhů (E). V tabulce je rovněž zobrazena abundance všech druhů. Řada druhů brouků se nacházela pouze na některých stanovištích, některé ubikvistní druhy byly velmi početné ve všech biotopech. V roce 2009 bylo chyceno 2433 brouků. Identifikováno bylo 41 druhů brouků různých čeledí. Převládali střevlíci s 29 druhy a druhá nejpočetnější skupina byli drabčící – 9 druhů. V roce 2011 se podařilo chytit 1666 brouků, identifikováno bylo 51 druhů, střevlíků, kteří opět převládali, bylo 26 druhů, drabčίκů jako další nejpočetnější skupiny bylo 19. Dále 16 druhů brouků bylo přítomno jen v jednom z obou výzkumů. Dohromady se podařilo v obou letech určit 54 druhů brouků.

10.2. Abundance a druhová diverzita epigeických brouků

Obr. 3. Znázornění shora uvedených výsledků v poněkud komprimované podobě. Výzkum 2009.

	BIO A1	BIO A2	BIO B1	BIO B2	BIO C1	BIO C2	BIO D1	BIO D2	BIO E1	BIO E2
počet jedinců	236	242	266	264	262	205	365	225	218	182
abundance druhů Carabidae	203	223	228	230	217	161	333	179	195	165
abundance druhů Staphylinidae	6	1	8	4	9	5	7	2	6	2
počet druhů brouků	26	16	24	14	27	11	22	14	26	15
počet druhů Carabidae	16	10	13	9	17	7	11	9	14	10
počet druhů Staphylinidae	4	1	4	2	3	1	7	2	2	2
% zastoupení Carabidae	61,5	62,5	54	64,2	63	63,6	50	64,2	53,8	66,6
% zastoupení Staphylinidae	15,3	6,25	16,6	14,2	11	9	31,8	14,2	7,7	13,3

Obr. 4. Údaje z roku 2011

	REM A1	REM A2	REM B1	REM B2	REM C1
počet jedinců	264	360	365	420	257
abundance druhů Carabidae	119	199	184	210	166
abundance druhů Staphylinidae	43	51	31	75	16
počet druhů brouků	41	33	32	32	30
počet druhů Carabidae	19	17	17	14	14
počet druhů Staphylinidae	8	7	5	9	6
% zastoupení Carabidae	46,3	51,5	53	43,7	46,6
% zastoupení Staphylinidae	19,5	21,2	15,6	28	20

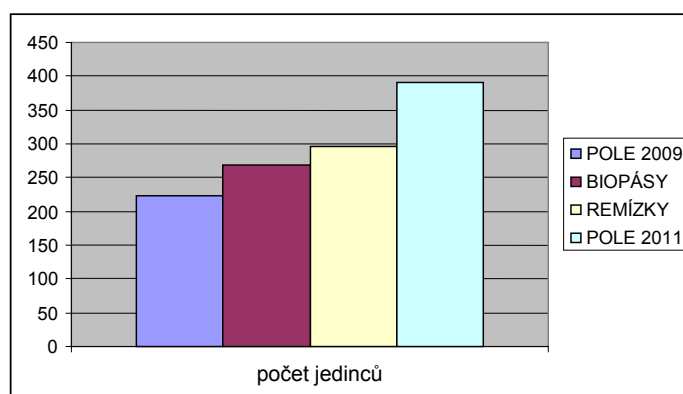
V obou tabulkách jsou znázorněny počty kusů brouků u obou čeledí, počty druhů i procentické zastoupení čeledí z celkového počtu druhů brouků. Na první pohled jsou patrné velké rozdíly v abundanci a počtu druhů mezi taxony Carabidae a Staphylinidae. Střevlíkovití jsou jasně nejfrekventovanější skupina. Ostatní minoritní taxony brouků nejsou zahrnuty.

Obr. 5. Porovnání shora uvedených statistik

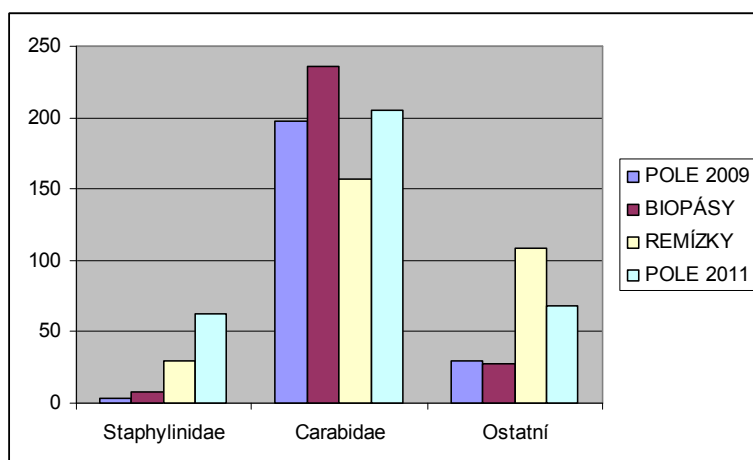
	POLE 2009	BIOPÁSY	REMÍZKY	POLE 2011
počet jedinců	223,6	269,4	295,3	390
abundance druhů Carabidae	191,6	235,2	156,3	204,5
abundance druhů Staphylinidae	2,8	7,2	30	63
počet druhů brouků	14	25	34,3	32,5
počet druhů Carabeidae	9	14,2	16,6	15,5
počet druhů Staphylinidae	4	7	5	8
% zastoupení Carabidae	64,2	56,8	48,3	47,7
% zastoupení Staphylinidae	28,5	28	14,5	24,6

Čísla vznikla výpočtem aritmetického průměru všech zjištěných výsledků z obrázků 3 a 4. Jedná se tedy o hodnoty s desetinnou čárkou. Tyto průměry byly spočítány na základě z hodnot získaných v daném typu stanovišť. Ačkoli tedy například stanovišť v polní kultuře bylo stejně jako stanovišť v biopásech, tedy pět, a v každém ze stanovišť byla zjištěna jiná hodnota daného sledovaného parametru, vznikl z průměru těchto hodnot jakýsi „typ“ stanoviště. Jsou tedy 4 typy stanovišť, POLE 2009, BIOPÁSY, REMÍZKY, POLE 2011. Z této tabulky vycházejí následující grafy. Hodnoty sloupců odpovídají číslům v tabulce.

Obr. 6. Grafické znázornění počtu jedinců na všech plochách

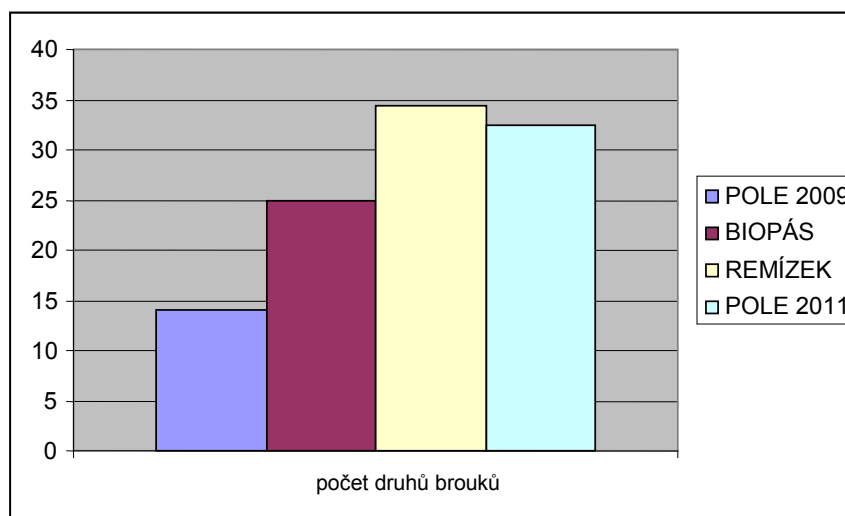


Obr. 7. Grafické znázornění abundancí střevlíků (*Carabidae*), drabčků (*Staphylinidae*) a ostatních skupin brouků.

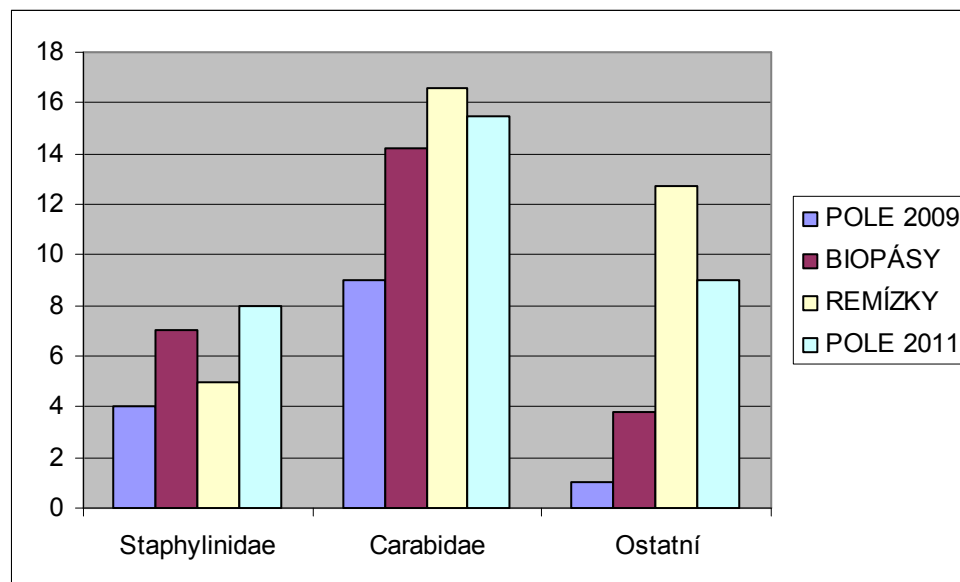


V grafu je patrný nepoměr v abundancích obou skupin brouků. Zatímco zjištěné průměrné minimum střevlíků bylo 156 kusů v remízcích, u drabčků to byly 4 kusy na poli. Celkově byli střevlíci daleko početnější (nejvyšší průměr 235 jedinců v biopásech 2009) než drabčci (63 na poli v roce 2011). Nejvýraznější rozdíly byly zjištěny u drabčků, kde největší množství jedinců bylo odchyceno v kulturních plodinách. Z grafu se může zdát, že drabčíkovití byli vlastně minoritní skupina brouků, vzhledem ke skupině čeledí pod názvem Ostatní. Je třeba zdůraznit, že je to právě skupina čeledí, tedy výsledek jejich druhové diverzity a abundance je součtem těchto parametrů z několika čeledí. A výsledky ukázaly, že druhá nejpočetnější skupina brouků jsou skutečně drabčíkovití.

Obr. 8. Rozdíl mezi počtem druhů všech čeledí brouků dohromady mezi všemi čtyřmi skupinami stanovišť



Obr. 9. Rozdíl v počtu druhů střevlíků, drabčků a všech ostatních taxonů



Všechny předchozí grafy mají zdroj dat v obrázku č. 5. Lze si povšimnout, že velmi dobře vychází výsledky pro skupinu stanovišť „POLE 2011“ (viz. obr. č.5), oproti krajinným prvkům typu remíz, což je skupina stanovišť „REMÍZKY“. A to

pokud si uvědomíme, že porovnáním „POLE 2009“ s druhou skupinou krajinných prvků „BIOPÁSY“ dopadlo opačně.

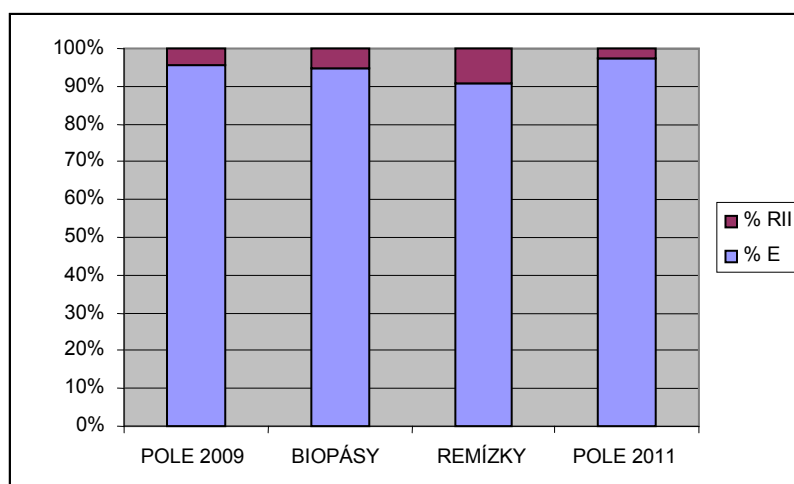
V grafu jsou zahrnuty výsledné hodnoty aritmetického průměru druhového zastoupení čeledí Sraphylinidae, Carabidae a ostatních minoritních čeledí jako Curculionidae, Elateridae, Byrrhidae, Scarabaeidae, Geotrupidae, Silphidae, Histeridae. Za zmínku opět stojí vysoká početnost druhů čeledi Carabidae.

10.3. Zastoupení skupin brouků podle jejich reliktnosti

Obr. 10. Zastoupení reliktních (resp. RII) a expanzivních druhů ve všech typech stanovišť

	POLE 2009	BIOPÁSY	REMÍZKY	POLE 2011
Σ druhů	23	39	44	37
RI	-	-	-	-
% RI	0	0	0	0
RII	1	2	4	1
% RII	4,3	5,1	9	2,7
E	22	37	40	36
% E	95,6	94,8	90	97,3

Obr. 11. Procentické zastoupení RII a E druhů



Oba předchozí obrázky znázorňují podíl expanzivních a reliktních druhů v sebraném materiálu. Všechny typy stanovišť vykazují značný nepoměr v zastoupení reliktních a expanzivních druhů. Nejlépe vycházejí výsledky pro stanoviště typu „REMÍZKY“. RI druhy nebyly zastoupeny vůbec.

10.4. Antropogenní ovlivnění společenstev epigeionu

Na základě procentického zastoupení reliktních (RII) a expanzivních (E) skupin brouků byl stanoven index antropogenního ovlivnění společenstev na zkoumaných lokalitách. Obecně zastoupení reliktních skupin RII a zvláště RI ukazuje na původnost stanoviště a malé ovlivnění člověkem.

Výpočet indexu antropogenního ovlivnění společenstev epigeických brouků, neboli ISD vychází z metodiky podle Boháče (1999). Výpočet se provede podle vzorce $ISD = 100 - (E + 0,5 R2)$, kde E = frekvence jedinců skupiny E (%) a R2 = frekvence jedinců skupiny R2 (%). Hodnota indexu se pohybuje v rozmezí od 0 do 100. Výsledek blízký nule signalizuje biotop velmi silně ovlivněný člověkem, směrem dál ke stu se míra vlivu člověka snižuje.

Antropogenní ovlivnění společenstev členovců zároveň znamená stejný výsledek pro stav biotopu, na kterém se tyto členovci nacházejí, přesněji byli nalezeni. Na typicky ruderálním místě lze nalézt zpravidla pouze živočichy charakteristické expanzivním způsobem života (E) a protože takových druhů bude většina, ne-li všechny, ISD vyjde velmi nízké, blízké nule, charakteristické pro stanoviště velmi silně ovlivněná člověkem.

Obr. 12. *Index antropogenního ovlivnění společenstev epigeických brouků na čtyřech typech stanovišť*

stanoviště	ISD
POLE 2009	2,25
BIOPÁSY	2,65
REMÍZKY	5,5
POLE 2011	1,38

Index antropogenního ovlivnění vyšel pro všechny typy stanovišť velmi nízký. Jedná se tedy o antropogenně velmi silně ovlivněná stanoviště. Velmi malé zastoupení RII druhů oproti druhům expanzivním je podle tohoto výzkumu charakteristické pro intenzivní zemědělskou krajinu.

11. Diskuze

Výsledky jsou velice variabilní. Polní agroekosystémy zaznamenaly větší abundanci epigeických brouků čeledi Staphylinidae než remízky či biopásky, nicméně pouze v roce 2011. Protože rok 2009 je zaznamenán z pozice drabčků v polní kultuře naprosto minoritně. Lze pochybovat o tom, že by plodiny pěstované na pozemcích měly na brouky takový vliv, aby to ovlivnilo abundanci drabčků do té míry, jak je zobrazeno na obr. 7., přesněji rozdíl mezi stanovišti typu „POLE 2009“ a „POLE 2011“ je příliš velký, aby vliv měly pouze plodiny. V sezóně 2009 a 2011 byly na sledovaných pozemcích vysety stejné plodiny, takže se jedná vlastně o typově velice stejný biotop. O to více zářející je takový rozdíl v abundancích. Dalším důvodem je poměrně malá průkaznost výsledků, protože materiál v roce 2011 byl sesbírán z menšího množství lokalit, než v roce 2009. V roce 2009 to bylo v případě stanovišť v polních plodinách 5 míst, zatímco v roce 2011 pouze dvě. Vliv na tuto redukci měly zejména vnější podmínky jako divoká prasata. Ačkoliv byly učiněny opatření ke snížení atraktance pastí vůči těmto zvířatům, neměly vzhledem k výsledkům žádný dopad. Jiným důvodem mohla být chyba při sběru materiálu, kdy jeho část mohla být z výše uvedených i jiných důvodů ztracena. V neposlední řadě se velmi lišily klimatické podmínky v roce 2009 od roku 2011. Sezóna 2009, zejména

květen-červen byla velice deštivá a poměrně chladná. Rok 2011 naproti tomu srážkami neoplýval, bylo velké sucho a to by epigeickým broukům svědčit nemělo (Kotze *et al.*, 2011). Nicméně poměrně velká abundance drabčků i střevlíků tomuto faktu nenasvědčuje.

Výsledky mohou sice říct, zda je abundance drabčků v polní kultuře, nebo v trvalých, či dočasných krajinných prvcích v agroekosystémech, jak by se remízky a biopásy daly nazvat, větší, nebo menší, ale odůvodnění chybí. Bylo by zapotřebí dalšího výzkumu k potvrzení, nebo vyvrácení získaných dat.

Abundance střevlíků byla vyšší, než drabčků a víceméně vyrovnaná ve všech typech stanovišť s tím, že nejvíce brouků bylo nalezeno v biopásech, nejméně v remízcích. Je to patrně způsobeno poměrně malou prostupností vegetace v remízcích oproti velmi dobře prostupné vegetaci biopásů, která byla rozvolněná i v období maximálního růstu (Woodcock *et al.*, 2007). Biopásy byly dokonce prostupnější, než okolní plodiny. V tomto bodě se potvrzuje jedna část predikce.

Zajímavostí je výrazná abundance ostatních skupin brouků, jako Histeridae a Silphidae, což je důsledek velkého množství mrtvolek hlodavců uváznuvších pravidelně v pastech. Mrtvolky byly nejvíce přítomny v pastech na stanovištích v remízcích. Je to zřejmě z důvodu jejich trvalé struktury, která oproti kontinuálně disturbovaným okolním pozemkům nabízí poměrně atraktivnější podmínky k životu. Pokud bychom tato zvířátka považovali za škůdce, mohlo by stát za to zjistit změny abundance jejich populace v závislosti na přítomnosti trvalých polních struktur v agroekosystému.

Druhová diverzita drabčků nedefinuje opět žádný trend. Nejvíce druhů bylo nalezeno na polích v roce 2011, což je poněkud v protikladu k výsledkům z roku 2009, kde se nejvíce druhů nacházelo v biopásech. Dalo by se říci, že to odpovídá výsledkům da Silvy *et al.*, (2009), kdy bylo zjištěno, že větší přínos pro biodiverzitu epigeických brouků mají intenzivní polní kultury, než polopřirozená stanoviště. Jinými slovy abundance i diverzita byla prokazatelně vyšší na plochách homogenních a kontinuálně disturbovaných. Nicméně v případě této práce nejsou výsledky dostatečně markantní, aby bylo možné zcela bezpečně tvrdit to samé.

Střevlíci byli nejen nejpočetnější skupinou, ale i tou druhově nejbohatší. To se vylučuje s výsledky Pfiffner *et al.*, (2000), protože v jejich výzkumu převládali drabčci. Naopak výsledky da Silvy *et al.* (2009) vykazují určitou podobnost s výsledky této práce, alespoň pokud jde o procentické zastoupení dvou čeledí

epigeických brouků. Ve zmíněném výzkumu se tomuto týmu podařilo chytit 21,7% drabčků a 32,8% střevlíků. Náš projekt je charakterizován hodnotami 64,2% střevlíků a 28,5% drabčků. Tato množství jsou největší a byla nasbírána na stanovištích typu „POLE 2009“. Tedy i v tomto směru se výsledek shoduje s tvrzeními autorů o pozitivním vlivu intenzifikace v zemědělství na společenstva epigeionu (Vanbergen *et al.*, 2005, da Silva *et al.*, 2009).

Střevlíci byli druhově nejvíce zastoupeni v remízích. Pokud vezmeme v úvahu, že abundance střevlíků byla na těchto stanovištích nižší než na ostatních, je možné usuzovat na vliv na některé druhy brouků s více vyhraněnými nároky na prostředí jako *Cicindela campestris campestris*, nebo *Carabus auronitens auronitens*, *Carabus silvestris silvestris*, *Leistus ferrugineus* a *Olophrum assimile*. Jsou to druhy, které se jinde najít nedaly, až na jednu výjimku v biopásu a proto, ač tedy evidentně homogenní krajina podporuje biodiverzitu epigeických brouků, některé skupiny by v této krajině bez určitých prvků nepřežily. Toto je další a poslední bod, ve kterém se potvrzuje část predikce. V existenci raritních druhů je třeba spatřovat přínos trvalých diverzifikovaných kultur v zemědělské krajině. Tyto výsledky se tedy shodují s tvrzeními některých autorů (Brose, 2003, Fournier *et al.*, 1999, Niemelä, 2001), kteří zjistili, že krajinné prvky typu remíz nacházející se v polních kulturách, mají určitý pozitivní vliv na společenstva epigeických brouků.

Zdá se, že všechna stanoviště, na kterých byla v letech 2009 a 2011 zkoumána společenstva epigeických brouků vykazují charakteristiky značného lidského vlivu na území. Byl spočítán index antropogenního ovlivnění pro všechny typy stanovišť a výsledky odpovídají druhovému spektru brouků. Jasně ukazují reálný vztah mezi známými nároky určitých druhů epigeických brouků a typickými vlastnostmi antropicky ovlivněných biotopů. Tyto druhy brouků charakterizované jako expanzivní (Boháč, 1999), typicky *Amara* spp., *Pterostichus* spp., *Zabrus*, spp., apod., jsou zároveň většinou herbivorní, či přesněji granivorní a podmínky v zemědělských plodinách jsou jimi preferovány (Ribera *et al.*, 2001). Jsou to taxony, které lze nejspíše v agroekosystémech najít (Fournier *et al.*, 1999). Byli identifikováni dva druhy brouků, kteří byli v agroekosystémech v rámci výzkumu 2009 a 2011 zastoupeny nejvíce. Brouci *Pterostichus melanarius* a *Poecilus cupreus* jsou typickými polyfágy, živícími se semeny i živočišnou potravou. Zjištění jejich abundance odpovídá výsledkům Thomas *et al.*, (1992). Ten zjistil, že *P. cupreus* rád

využívá benefitů, které může poskytnout například remízek, což se ale v mém výzkumu nepotvrdilo.

Neuspokojivé výsledky v poměru E : RII druhů lze vysvětlit nejen rozdílnými nároky těchto druhů, ale i strukturou okolní krajiny a propojeností remízků a jiných struktur. Protože právě RII druhy se v drtivé většině případů nacházely pouze na stanovištích v biopásech a v remízkách. Je možné, že lepší propojeností s dalšími částmi krajiny by se na scéně mohly objevit některé další druhy brouků a dost možná by se zvýšila jejich abundance. To by mohlo mít praktický dopad na regulaci škůdců a plevelů (Cardinale *et al.*, 2003, Snyder *et al.*, 2006, Honěk *et al.*, 2006).

Efektivita přirozeného predátora může být zjištěna několika kroky. Za prvé je třeba vyhodnotit dynamiku a související abundanci společenstev epigeických brouků a také škůdců. Za druhé zjistit trofickou souvislost mezi škůdcem a predátorem. Za třetí experimentálně zmanipulovat abundanci nějakého predátora a zkoumat změny na abundanci škůdce. Za čtvrté kvantifikovat zmíněné kroky a dát je do souvislosti s efektivitou predace. V podstatě všechny výzkumy se odehrávají v mezích kroků jedna až dva (Lövei *et al.*, 1996). Tato práce nepojala ani první krok a je vidět, že stanovit účinnost krajinných opatření na efektivitu predace epigeických brouků je proces zdoluhavý a náročný. Nelze jen tak z několika výsledků abundancí a druhové diverzity stanovit možnou efektivitu eradikace škůdců.

12. Závěr

Byl studován vliv dvou funkčních polopřirozených prvků – biopásů a remízků – v agroekosystémech na společenstva epigeických brouků. Výzkum spočíval ve sběru materiálu na několika plochách, jež jsou majetkem akciové společnosti Bemagro. Sběr probíhal ve dvou etapách. První etapa se uskutečnila v sezóně roku 2009, druhá roku 2011. Z nasbíraného materiálu byla shromážděna data o druhové diverzitě, abundanci a antropogenním ovlivnění společenstev epigeických brouků.

Výsledky nejsou jednoznačné. Nedá se sice s úplnou jistotou tvrdit jaký vliv mají jednotlivá opatření na populace brouků, nicméně některé hodnoty ukazují na určité trendy zmiňované v citované literatuře. Předně je evidentní, že homogenní porosty zemědělských plodin jsou atraktantní vůči expanzivním druhům epigeických

brouků. Tyto druhy jsou specifické svou fyziologií a bionomií. Jedná se zejména o polyfágní, nebo granivorní druhy, kteří způsobem života pravděpodobně ovlivňuje množství škůdců a plevelů na orné půdě. Expanzivní druhy brouků se zdají být remízky spíše odpuzovány, což neplatí u biopásů. Důvod je zřejmě v horší prostupnosti remízků, což je faktor, který významně zasahuje do života epigeických brouků. Na těchto stanovištích byly nicméně nalezeny druhy brouků, které se v okolních plodinách nevyskytovaly, což navozuje myšlenku, že biopásy a zejména remízky poskytují možnost, jak zvýšit biodiverzitu těchto brouků.

Zdá se, že abundance a diverzita společenstev epigeických brouků je přítomností biopásů a remízků částečně ovlivněna. Za prvé protože druhy, které byly nalezeny na těchto plochách a v okolních plodinách se nevyskytovaly, jsou většinou druhy chráněné, je zde doporučení k rozšíření a uchování takových krajinných prvků. Další důvod je určitě, i když malé působení na abundanci a druhovou diverzitu i té expanzivní složky společenstva brouků. Pokud ale jde o biologickou kontrolu škůdců, která se odehrává v plodinách a tudíž do ní zasahují pouze ty druhy brouků, které v plodinách žijí – tedy druhy podle výsledků téměř výhradně expanzivní – jsou ohrožené raritní druhy v této úloze pravděpodobně nevýznamné. Jestliže vyvstává otázka, zda trvalé krajinné struktury v polních plodinách nějak ovlivňují eradikaci škůdců nebo plevelů, pak v souvislosti s pozitivním vlivem na expanzivní druhy odpověď zní ano. Podle některých autorů zabývajících se touto tematikou je vliv takových struktur dokonce velmi významný. Je zjevné, že tyto prvky neovlivňují jen společenstva epigeických brouků, ale je na nich závislá existence řady jiných, často ohrožených, druhů živočichů.

13. Použitá literatura

13.1. Klasická literatura

Konvicka, M., Benes, J., Cizek, O., Kopecek, F., Konvicka, O., Vitaz, L., 2008: How too much care kills species: Grassland reserves, agri-environmental schemes and extinction of *Colias myrmidone* (Lepidoptera : Pieridae) from its former stronghold, *Journal of insect conservation*, Vol. 12 , No. 5, p. 519-525

Dahms, H., Mayr, S., Birkhofer, K., et al., 2010: Contrasting diversity patterns of epigeic arthropods between grasslands of high and low agronomic potential, *Basic and Applied Ecology*, Vol. 11, No. 1, p. 6-14

Benton, T.G., Bryant, D.M., Cole, L. & Crick, 2002: Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades, *Journal of Applied Ecology*, Vol. 39, No. 4, p. 673-687

Kleijn, D., Baquero, R.A., Clough, Y., Diaz, M., Esteban, J.D., Fernández, F., et al., 2010: Mixed biodiversity benefits of agri-environment schemes in five European countries, *Ecology Letters*, Vol. 9, No.3, p. 243–254

Pokorný, P., Hájek P., Sádlo, J., Cílek, V., 2005: *Krajina a revoluce*, Praha, ISBN 80-86776-02-6

Thomas, J.A., Morris, M.G., Hambler, C., 1994: Patterns, Mechanisms and Rates of Extinction among Invertebrates in the United Kingdom, *Philosophical Transactions - Royal Society of London, B*, Vol. 344, No. 1307, p. 47-54

Dunn, R.R., 2005: Modern Insect Extinctions, the Neglected Majority, *Conservation Biology*
Vol. 19, No. 4, p. 1030–1036

Littlewood, N.A., Stewart, A.J.A, Woodcock, B.A., 2012: Science into practice – how can fundamental science contribute to better management of grasslands for invertebrates?, *Insect Conservation and Diversity*, Vol. 5, No. 1, p. 1-8

Woodcock, B.A., et al., 2009: Responses of invertebrate trophic level, feeding guild and body size to the management of improved grassland field margins, *Journal of Applied Ecology*, Vol. 46, No. 4, p 920-929

Vickery, J.A., et al., 2001: The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources, *Journal of Applied Ecology*, Vol. 38, No. 3, p. 647–664.

Woodcock, B.A., et al., 2007: The importance of sward architectural complexity in structuring predatory and phytophagous invertebrate assemblages, *Ecological Entomology*, Vol. 32, No. 3, p. 302-311

Schaffers, A.P., Raemakers, I.P., Sýkora, K.V., Ter Braak, C.J.F., 2008: Arthropod assemblages are best predicted by plant species composition, *Ecology*, Vol. 89, No. 3, p. 782-794

Ribera, I., Dolédec, S., Downie, I.S., Foster, G.N., 2001: Effect of Land Disturbance and Stress on Species Traits of Ground Beetle Assemblages, Vol. 82, No. 4, p. 1112-1129

Pfiffner, L., Luka, H., 2000: Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 78, No. 3, p. 215-222

Duelli, P., Obrist, M.K., 2003: Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands, *Basic and Applied Ecology*, Vol. 4, No. 2, p. 129-138

Cole, L.J., McCracken, D.I., Downie, I.S., Dennis, P., Foster, G.N., Waterhouse, T., Murphy, K.J., Griffin, A.L., Kennedy, M.P. 2005: Comparing the effects of farming practices on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) and spider (Araneae)

assemblages of Scottish farmland, *Biodiversity and Conservation*, Vol. 14, No. 2, p. 441-460

Boháč, J., 1999: Staphylinid beetles as bioindicators, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 74, No. 1-3, p. 357-372

Boháč, J., Frouz, J., Syrovátka, O., 2005: Communities of carabids and staphylinids in seminatural and drained peat meadows in Southern Bohemia, *Ekologia Bratislava* Vol. 24, No. 3, p. 292-303

Kotze, J.D., Brandmayr, P., Casale, A., Dauffy-Richard, E., Deconinck, W., Koivula, M.J., Lövei, G.L., Mossakowski, D., Noordijk, J., Paarmann, W., Pizzolotto, R., Saska, P., Schwerk, A., Serrano, J., Szyszko, J., Taboada, A., Turin, H., Venn, S., Vermeulen, R., Zetto, T., 2011: Forty years of carabid beetle research in Europe – from taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation, *ZooKeys*, Vol. 100, p. 55–148

Matalin, A.V., 2007: Typology of life cycles of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in Western Palaearctic, *Entomological Review*, Vol. 87, No. 8, p. 947-972

Matalin, A.V., 2008: Evolution of biennial life cycles in ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Western Palaearctic. In: Penev L, Erwin T, Assmann T (Eds) *Back to the roots and back to the future. Proceedings of XIII European Carabidologist Meeting*, Blagoevgrad, p. 259–284.

Honěk, A., Martinkova, Z., Jarosik, V., 2003: Ground beetles (Carabidae) as seed predators, *European Journal of Entomology*, Vol. 100, No. 4, p. 531–544

Honěk, A., Martinková, Z., Saska, P., Pekár, S., 2007: Size and taxonomic constraints determine the seed preferences of Carabidae (Coleoptera), *Basic and Applied Ecology*, Vol. 8, No. 4, p. 343 - 353

Honěk, A., Martinková, Z., Saska, 2011: Effect of size, taxonomic affiliation and geographic origin of dandelion (*Taraxacum* agg.) seeds on predation by ground beetles (Carabidae, Coleoptera), *Basic and Applied Ecology*, Vol. 12, No. 1, p. 89-96

Lundgren, J.G., 2009: *Relationships of Natural Enemies and Non-prey Foods*, Springer, ISBN 978-1-4020-9234-3

Klimeš, P., Saska, P., 2010: Larval and adult seed consumption affected by the degree of food specialization in *Amara* (Coleoptera: Carabidae), *Journal of Applied Entomology*, Vol. 134, No. 8, p. 659-666

Koprdoová, S., Saska, P., Soukup, J., 2008: The spectrum of invertebrate seed predators that contribute to the control of the rape volunteer seeds (*Brassica napus* L.), *Journal of Plant Diseases and Protection*, Supplement , No. 21, p. 261-264

OECD-FAO, 2008: *Agricultural Outlook 2008–2017*, OECD Publications, Paříž

Bohan, D.A., Boursault, A., Brooks, D.R., Petit, S., 2011: National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators, *Journal of Applied Ecology*, Vol. 48, No. 4, p. 888–898

Aukema, B., 1991: Fecundity in relation to wing-morph of three closely related species of the melanocephalus group of the genus *Calathus* (Coleoptera: Carabidae), *Oecologia*, Vol. 87, No. 1, p. 118-126

Lövei, G.L., Magura, T., 2011: Can carabidologists spot a pitfall? The non-equivalence of two components of sampling effort in pitfall-trapped ground beetles (Carabidae), *Community Ecology*, Vol. 12, No. 1, p. 18-22

Niemelä, J., Kotze, D.J., Venn, S., Penev, L., Stoyanov, I., Spence, J., Hartley, D., Montes de Oca, E., 2002: Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban-rural gradients: An international comparison, *Landscape Ecology* Vol. 17, No. 5, p. 387-401

Lövei, G.L., Sunderland, K.D., 1996: Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae), *Annual Review of Entomology*, Vol. 41, No. 1, p. 231-256

Koivula, M., Spence, J.R., 2006: Effects of post-fire salvage logging on boreal mixed-wood ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae), *Forest Ecology and Management*, Vol. 236, No. 1, p. 102-112

Woodcock, B.A., Redhead, J., Vanbergen, A.J., Hulmes, L., Hulmes, S., Peyton, J., Nowakowski, M., 2010: Impact of habitat type and landscape structure on biomass, species richness and functional diversity of ground beetles, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 139, No. 1–2, p. 181–186

Clough, Y., Kruess, A., Tschardt, T., 2007: Local and landscape factors in differently managed arable fields affect the insect herbivore community of a non-crop plant species, *Journal of Applied Ecology* (2007), Vol. 44, No. 1, p. 22-28

Sadler, J.P., Small, E.C., Fiszpan, H., Telfer, M.G., Niemelä, J., 2006: Investigating environmental variation and landscape characteristics of an urban-rural gradient using woodland carabid assemblages, *Journal of Biogeography*, Vol. 33, No. 6, p. 1126-1138

Noordijk, J., Schaffers, A.P., Heijerman, T., Sýkora, K.V., 2011: Using movement and habitat corridors to improve the connectivity for heathland carabid beetles, *Journal for Nature Conservation*, Vol. 19, No. 5, p. 276-284

Honěk, A., Saska, P., Martínková, Z., 2006: Seasonal variation in seed predation by adult carabid beetles, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Vol. 118, No. 2, p. 157-162

Snyder, W.E., Snyder, G.B., Finke, D.L., Straub, C.S., 2006: Predator biodiversity strengthens herbivore suppression, *Ecology Letters*, Vol. 9, No. 7, p. 789-796

Schmitz, O.J., 2007: Predator diversity and trophic interactions, *Ecology*, Vol. 88, No. 10, p. 2415–2426

Aquilino, K.M., Cardinale, B.J. & Ives, A.R., 2005: Reciprocal effects of host plant and natural enemy diversity on herbivore suppression: an empirical study of a model tritrophic system. *Oikos*, Vol. 108, No. 2, p. 275–282

Cardinale, B.J., Harvey, C.T., Gross, K. & Ives, A.R., 2003: Biodiversity and biocontrol: emergent impacts of a multiple-enemy assemblage on pest suppression and crop yield in an agroecosystem, *Ecology Letters*, Vol. 6, No. 9, p. 857–865

Lövei, G.L., Sunderland, K.D., 1996: Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae), *Annual Review of Entomology*, Vol. 41, No. 1, 1996, p. 231-256

Hunter, J.S., Fincher, G.T., Bay, D.E., Keerwinkle, K.R., 1991: Seasonal Distribution and Diel Flight Activity of *Staphylinidae*, *Journal of the Kansas entomological society*, Vol. 64. No. 2, p. 163-173

Janovská, D, Kalinová, J., Michalová, A., 2008: Metodika pěstování pohanky obecné v ekologickém a konvenčním zemědělství. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. ISBN: 978-80-7427-000-0.

Ministerstvo zemědělství 2007: Metodika k provádění nařízení vlády č. 79/2007 Sb., o podmínkách provádění agroenvironmentálních opatření, ve znění nařízení vlády č. 114/2008 Sb. a nařízení vlády č. 45/2009 Sb., ISBN 978-80-7084-787-9.

Niemelä, J., 2001: Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and habitat fragmentation: A review, *European Journal of Entomology*, Vol. 98, No. 2, p. 127-132

Storch, D., 2000: Přežívání populací v ostrůvkovitém prostředí, *Vesmír*, Vol. 79, No. 3, p. 143-145

Da Silva, P.M., Aguiar, C.A.S., Niemelä, J., Sousa, J.P., Serrano, A.R.M., 2009: Cork-oak woodlands as key-habitats for biodiversity conservation in Mediterranean

landscapes: A case study using rove and ground beetles (Coleoptera: Staphylinidae, Carabidae), *Biodiversity and Conservation*, Vol. 18, No. 3, p. 605-619

Brose, U., 2003: Regional diversity of temporary wetland carabid beetle communities: A matter of landscape features or cultivation intensity?, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 98, No. 1-3, p. 163-167

Fournier, E., Loreau, M., 1999: Effects of newly planted hedges on ground-beetle diversity (Coleoptera, Carabidae) in an agricultural landscape, *Ecography*, Vol. 22, No. 1, p. 87-97

Thomas, M.B., Wratten, S.D., Sotherton, N.W., 1992: Creation of 'island' habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods: predator densities and species composition, *Journal of Applied Ecology*, Vol. 29, No. 2, 1992, p. 524-531

Duelli, P., Studer, M., Marchand, I., Jakob, S., 1990: Population movements of arthropods between natural and cultivated areas, *Biological Conservation*, Vol. 54, No. 3, p. 193-207

Boháč, J., Moudrý, J., Desetová, L., 2006: Biodiverzita a zemědělství, *Životné prostredie*, Vol. 41, No. 1, p. 24-29

Boháč, J., 1988: Využití společenstev drabčíkovitých (*Coleoptera, Staphylinidae*) k bioindikaci kvality životního prostředí. Zprávy Československé společ. entomol. při ČSAV, Vol. 24, No. 2, p. 33-42

Vanbergen, A.J., Woodcock, B.A., Watt, A.D., Niemelä, J., 2005: Effect of land-use heterogeneity on carabid communities at the landscape scale, *Ecography*, Vol. 28, No. 1, p. 3-16

13.2. Internetové zdroje

Anonymus 1: [online]2012. [cit.2012-12-03] <http://www.dotace.nature.cz/bezlesi-tituly/prv-osa-ii-agro-envi-setrne-hospodareni-na-zemedelske-pude.html>>

Anonymus 2: [online]2012. [cit.2012-15-03]

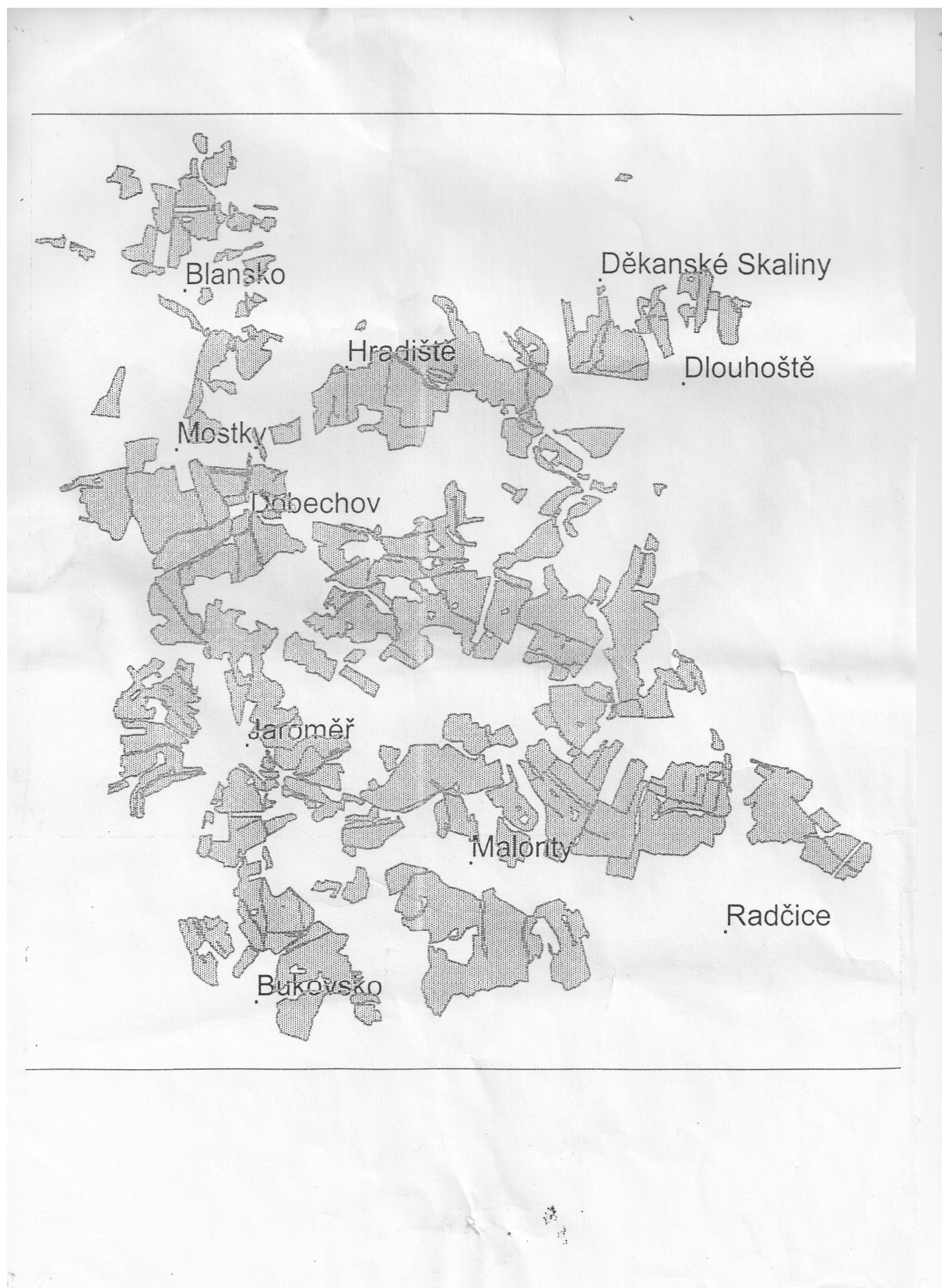
<http://www.labris.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=121:vydrol-epky&catid=37:plevele-v-maku&Itemid=53>

Anonymus 3: [online]2012. [cit.2012-10-04] <<http://www.szif.cz>>

Anonymus 4: [online]2012. [cit.2012-10-04] <<http://www.eagri.cz>>

14. Přílohy

Obr. 13. Pozemky Bemagro a.s.



Obr. 14. Remízek



Obr. 15. Jiný remíz

