

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



Stav populace modráška *Phengaris nausithous* na vybraných
loukách na Broumovsku

Diplomová práce

Autor práce: Anežka Štěpánková

Obor studia: AMPS

Vedoucí práce: Mgr. Vladimír Vrabec, Ph.D.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu práce Mgr. Vladimíru Vrabcovi Ph. D., za poskytnutí informací k tématu a neocenitelných rad jak v praktické, tak v teoretické části této diplomové práce.

Souhrn

Stav populace modráska *Phengaris nausithous* na vybraných loukách na Broumovsku

Cílem této diplomové práce s názvem „Stav populace modráska *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779) na vybraných loukách na Broumovsku“, bylo nalézt a vyhodnotit situaci ohledně velikosti a struktury populací druhu motýla *Phengaris nausithous*, na vybrané lokalitě v rámci území České republiky. Pro monitoring byla zvolena metoda zpětného odchyty značených jedinců motýla na 13 cílových lokalitách v CHKO Broumovsko, pro jejichž výběr byl klíčový výskyt živné rostliny krvavcetotenu, která je nedílnou součástí vývoje cílového druhu. Pro vývoj *P. nausithous* je též důležitý výskyt mravenců rodu *Myrmica*. Výsledky byly vyhodnoceny pomocí programu MARK a Statistika a následně převedeny do grafů a tabulek. V roce 2016 bylo označeno 687 *P. nausithousa* odhad početnosti pro celkovou metapopulaci činil 1487 jedinců. Nejvíce *P. nausithous* počtem 149 (prvně označených odchytů) se zaznamenalo na lokalitě Hynčice 2 (H2), která byla svou rozlohou třetí největší ze všech studovaných stanovišť. Naopak nejméně bylo označeno na ploše Hynčice 1 (H1) a to pouze 15 *P. nausithous*. Maximální odhady počtů pro jednotlivá stanoviště byly stanoveny programem MARK s nejvyšším počtem 367 jedinců na lokalitě Hynčice 2 a nejnižším počtem 38 jedinců na lokalitě Hynčice 1. Počty *P. nausithous* stanovené programem MARK byly vyšší než počty prvoodchytů, což poukazuje na správně provedený monitoring. Migrací bylo zachyceno celkem 49. Celkem migrovalo 31 % chycených jedinců a 18 % v rámci předpokládaného celkového počtu. Nejvíce přeletů bylo mezi plochami H2 a H4 (11 přeletů) a mezi plochami Vižňov 1 a Hynčice 4 byl zaznamenán přelet na vzdálenost 5,3 km, jenž může být považován za jeden z rekordně dlouhých přeletů. Průměrná vzdálenost migrace u *P. nausithous* činila 1,46 km. Počet imigrantů u přeletů byl stanoven na 49 jedinců a počet emigrantů na 58 jedinců. Hypotéza této práce zněla: „Všechny zkoumané plochy spolu komunikují prostřednictvím přeletů motýlů a systém lze považovat za jedinou metapopulaci“ a na základě daných výsledků byla potvrzena. Závislost cílového druhu na hustotě porostu živné rostliny nebyla podle grafického znázornění stěžejní. V rámci prvního T-testu nebyla nalezena souvislost mezi početností *P. nausithousa* délkou migrací mezi jednotlivými plochami. V druhém T-testu bylo zjištěno, že se zvyšujícím se počtem přeletů se postupně délka přeletů snižovala.

Klíčová slova: *Lepidoptera*, *Lycaenidae*, *Phengaris nausithous*, Broumovsko, metapopulační struktura

Summary

The status of *Phengaris nausithous* population on selected meadows in Broumovsko region

The purpose of this thesis entitled „Population Status checkered blue butterfly *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779) on selected meadows in Broumov area“ was to find and evaluate the situation regarding the size and structure of populations of the butterfly *Phengaris nausithous*, on a recently selected location within the territory of the Czech Republic. A used monitoring method was a Capture-Recapture method at 13 locations in the PLA Broumovsko, where the occurrence of the food plant *Sanguisorba officinalis*, which is an integral part of the species evolution, was the key for choosing the location. The ant of the genus *Myrmica* is also important for the evolution of the *P. nausithous*. The results were evaluated using the program MARK and Statistika and then transferred into graphs and tables. In 2016 it was marked 687 of the *P. nausithous* and the sum for the overall metapopulation totaled 1,487 individuals. Most of the *P. nausithous* occurrence with the number of (fixed catches) 149 was registered at the Hynčice 2 (H2) area, which was the third largest area of all studied habitats. The least number of 15 of the *P. nausithous* has been marked at the Hynčice 1 (H1) area. Maximum estimates of numbers for patches were determined with the program MARK with the highest number of 367 individuals in the H2 area, whereas the lowest number of 38 individuals at the H1 area. The numbers of *P. nausithous* determined by the application MARK were significantly higher than those of fixed catches, indicating good application of methodology. It was captured a total of 49 migrations. Overall 31 % of individuals migrated and 18 % of individuals migrated within assumed total number. Most flyovers were between the areas H2 and H4 (11 flyovers) and between areas V1 and H4 was recorded flyover at a distance of 5.3 km, which can be considered as one of the longest flyovers. The average distance of migration of *P. nausithous* was 1.46 km. The number of immigrants for solid flyovers was set to 49 individuals and the number of immigrants to 58 individuals. The hypothesis of this work was: „All the examined areas communicates using flyovers of butterflies and the system can be considered as a single metapopulation“ and was confirmed given on the basis of the results. Target species dependence on the density of host plant vegetation was not crucial according to the graphic

representation. The first T-test found that there is no association between *P. nausithous* abundance and between the length of the migration between particular areas. The second T-test found that with increasing number of flyovers the length of those flyovers gradually decreased.

Keywords: Lepidoptera, Lycaenidae, *Phengaris nausithous*, Broumovsko, metapopulation structure

Obsah

Obsah.....	15
1. Úvod.....	1
2. Cíl práce	2
3. Literární přehled.....	3
3.1 Cílový druh - <i>Phengaris nausithous</i> (modrásek bahenní, Bergsträsser, 1779)	3
3.2 Řád <i>Lepidoptera</i> (Motýli).....	4
3.3 čeleď Modráskovití (<i>Lycaenidae</i>).....	4
3.3.1 Systematické zařazení <i>Phengaris nausithous</i>	5
3.4 Výskyt rodu <i>Phengaris</i>	5
3.5. Výskyt druhu <i>Phengaris nausithous</i>	6
3.5.1. Česká republika	6
3.5.2. Světové rozšíření	7
3.5.3 Habitat <i>Phengaris nausithous</i>	9
3.6. Biologie <i>Phengaris nausithous</i>	10
3.6.1 Hostitelská rostlina	10
3.6.2 Myrmekofilie	11
3.7. Vývojový cyklus druhu <i>Phengaris nausithous</i> v podrobnostech	13
3.7.1 Reprodukční chování	13
3.7.2. Kopulace.....	14
3.7.3 Kladení vajíček	15
3.7.4 Vývoj housenky	15
3.7.5 Adopce larvy.....	16
3.7.6 Komunikace housenky a mravence.....	16
3.7.7 Kukla	17
3.7.8 Dospělec.....	17
3.8. Denzita populace	18
3.8.1 Vliv na denzitu populace <i>Phengaris. nausithous</i>	18
3.8.2 Početnost <i>Phengaris. nausithous</i>	18
3.8.3. Monitoring početnosti motýlů	19
3.9. Metapopulace.....	21
3.9.1 Metapopulační teorie	21
3.9.2 Rozptyl v metapopulaci	22
3.9.3 Metapopulační model	24
3. 10 Ochrana <i>Phengaris nausithous</i>	25
3.10.1 Agroenvironmentální opatření (AEO).....	27

3.11. Motýli jako bioindikační organismy prostředí.....	28
3.11.1 Funkce bioindikátorů v různém stupni jejich bioindikace	29
3.11.2 Výhody biologického monitoringu pomocí hmyzu	30
3.12 Management stanovišť <i>Phengaris nausithous</i>	30
4. Metodika	33
4.1 Charakteristika zkoumané lokality.....	33
4.2. Vlastní metodika práce.....	38
4.2.1. Způsob sběru dat.....	38
4.2.2. Způsob zpracování dat.....	42
5. Výsledky	43
5.1. Výsledky vyhodnocení početností <i>Phengaris nausithous</i>	43
5.2 Výsledky vyhodnocení počtu a přeletů <i>Phengaris nausithous</i>	47
5.3 Výsledky početnosti <i>Phengaris nausithous</i> v závislosti na denzitě krvavce	53
5.4 Výsledky statistických srovnání	54
5.4.1 Výsledky t- testu (souvislost počtu emigrantů a průměru vzdáleností ploch).....	54
5.4.2 Výsledky t-testu (souvislost počtu migrací a průměrné délky migrace)	55
6. Diskuze	56
6. 1 Výsledky vyhodnocení početností <i>Phengaris nausithous</i>	56
6.2 Výsledky vyhodnocení počtu a přeletů <i>Phengaris nausithous</i>	58
6.3 Výsledky početnosti <i>Phengaris nausithous</i> v závislosti na denzitě krvavce.....	59
6.4 Výsledky statistických srovnání	60
6.4.1 Výsledky t-testu (souvislost počtu emigrantů a průměru vzdáleností ploch).....	60
6.4.2 Výsledky t-testu (souvislost počtu migrací a průměrné délky migrace)	60
7. Shrnutí.....	62
8. Doporučení pro praxi.....	63
9. Seznam použité literatury	66
10. Přílohy	75
10.1 Seznam příloh:	75
10.2 Vlastní přílohy	76

1. Úvod

Motýli reprezentují poměrně pestrý a bohatý řád hmyzu, který nepřestává fascinovat vědecké pracovníky a laické nadšence po celém světě. Bohužel v posledních letech se v důsledku zvýšené průmyslové, zemědělské a rekreační aktivity zhoršily některé podmínky a lokality pro výskyt mnoha druhů a stejně tak i druhu *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779), jenž byl předmětem této práce. Akutními hrozbami pro přežití motýlích populací jsou především intenzifikace zemědělství, spontánní sukcese, orba, zalesňování, ale i nevhodně zvolená seč nebo doba jejího provedení. Protože je *Phengaris nausithous* v rámci přílohy II. zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny veden jako silně ohrožený, jsem ráda, že jsem se zapojila do výzkumu jeho monitoringu na lokalitě CHKO Broumovsko. Hlavním úkolem této práce bylo zjistit, v jakém stavu se zde populace cílového druhu nachází a jestli jsou schopny spolu v rámci zvolených lokalit komunikovat přelety a tvořit tak celkovou metapopulaci. Migrace jsou velmi důležité z hlediska obohacení populací novým genetickým materiálem, který je pro udržení zdravých populací velmi důležitý. CHKO Broumovsko byla pro tento typ studie vybrána poprvé, a proto jí předcházelo mapování výskytu živné rostliny, která je pro vývoj tohoto druhu nezbytná spolu s mravenci rodu *Myrmica*, kde dochází k dokončení jeho vývoje. Pro specifickou podmínku vývojového cyklu je tedy modrásek bahenní ve větším ohrožení než jiné druhy motýlů. V rámci toho by mu měla být věnována větší pozornost.

2. Cíl práce

Cílem práce bylo prostudovat dosud nezkoumaný region z hlediska ohroženého motýla *Phengaris nausithous*, vymapovat populace v jeho vybrané části, posoudit metapopulační strukturu a odhadnout velikost populací. Testována byla hypotéza ohledně populační struktury a to: Všechny zkoumané plochy spolu komunikují prostřednictvím přeletů motýlů a systém lze považovat za jedinou metapopulaci.

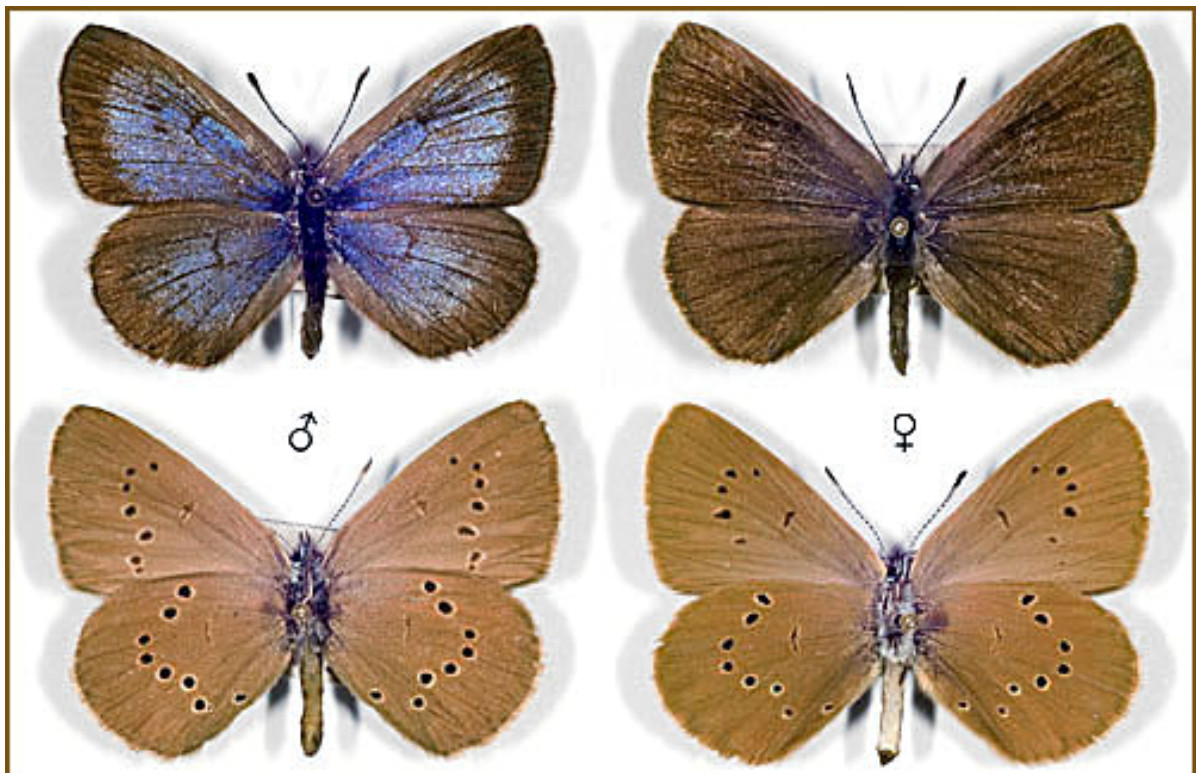
3. Literární přehled

3.1 Cílový druh - *Phengaris nausithous* (modrásek bahenní, Bergsträsser, 1779)

Modrásek bahenní (Bergsträsser, 1779) je motýl s rozpětím křídel 3,5 – 3,7 cm. Samec je tmavohnědý s modrým zbarvením na přední straně křídel a podélným lemem tmavých skvrn. Zbarvení na rubu je světle hnědé s řadou tmavých skvrn na okrajích křídel (Capinera, 2008). Obecně jsou samci modrásků, co se týká zbarvení, jasnější. Od samic se dají odlišit tedy kromě zbarvení také znakyna ploše předních křídel nebo na horní straně zadních křídel. Znaky mohou někdy přecházet v prodloužený útvar-linii. Samice jsou naopak tmavší, často hnědé, anebo mají širší tmavé okraje na křídlech s občasnými nevýraznými skvrnami. U většinydruhů modráskůnení obtížné určit pohlaví kvůli extrémnímu dimorfismu (Malicky, 1969).

Obr. č. 1: Znázornění samce (vlevo) a samice (vpravo)*Phengaris nausithous*

zdroj: <http://jasius.hu/lepidopterology/macnau.html>



3.2 Řád *Lepidoptera* (Motýli)

Motýly obecně rozdělujeme na noční a denní. V systému motýlů panuje dodnes mezi autory mnoho neshod a odhadem je v tomto řádu přítomno asi 130 čeledí (Scoble, 1992). Denní motýli tvoří, jak popisuje Beneš et al. (2002) dvě nadčeledi a to Hesperioidea s čeledí soumráčníkovití a *Papilionoidea* s čeleděmi otakárkovití (*Papilionidae*), běláskovití (*Pieridae*), babočkovití (*Nymphalidae*) a modráskovití (*Lycaenidae*), kam řadíme cílový druh *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779), jenž je předmětem této práce. Životní cyklus probíhá u motýlů s proměnou dokonalou, tedy přes stádia vajíčko, larva, kukla a dospělec. Vývoj řádu Motýli (*Lepidoptera*) je monofyletický, což znamená, že probíhal z jediného společného předka. Scoble (1992) poukazuje na zařazení motýlů jako druhého největšího řádu hmyzu. Jejich rozšíření je globální s výjimkou Antarktidy. Vědci zabývající se těmito živočichy jsou označováni jako lepidopterologové.

Motýli jsou členovci proto i jejich tělo je členěno a tvořeno hlavou, hrudí a zadečkem. Na hlavě je zřetelné ústní ústrojí sací, i když u primitivních druhů jsou zachována kusadla. Dále jsou pro motýla typické složené oči, jenž mívají v některých případech jednoduchá očka. Tvary tykadel jsou různé a často se u samců a samic odlišují. Na hrudi jsou přítomny dlouhé a štíhlé končetiny a dva páry křídel, jejichž druhý pár je velmi často mnohem menší. Na křídlech jsou přítomny vzájemně se překrývající drobné šupinky, které obsahují pigment. Barva křídel může být pestrá nebo nenápadná sloužící jako ochranné zbarvení (Capinera, 2008).

3.3 čeleď Modráskovití (*Lycaenidae*)

Čeleď *Lycaenidae* je velice rozmanitá a obsahuje 30 až 40 % všech motýlích druhů. Druhy se v ní dělí do čtyř podčeledí – *Polyommatae*, *Lycaeninae*, *Theclinae* a *Miletinae* (Arnet and Jacques, 1981). Fiedler (1996) udává, že počet motýlích druhů v této čeledi dosahuje čísla 6000. Robbins (1982) ve svém průzkumu odhaduje vyšší počet a to 6000 – 6900 druhů.

Většinou se jedná o poměrně malé až středně velké motýly. Skupina zahrnuje jednoho z nejmenších denních motýlů na světě *Brephidium exilis* s rozpětím křídel kolem 6 mm. Jeden z největších známých druhů čeledi má naopak rozpětí křídel 8-9 cm a je jím *Liphyra*

brassolis. Modráskovití se vyskytují v mírném a tropickém pásu a to ve všech hlavních biogeografických oblastech. Většina druhů máúzképožadavky (Capinera, 2008) v oblasti životního prostředí. *Lycaenidae* obývají klimaxové lesy až po křovinné porosty, dále pastviny, mokřady a pouštní oblasti. Některé druhy jsou využívány jako indikační druhy stanovišť (New, 1993).

3.3.1 Systematické zařazení *Phengaris nausithous*

Balleto et al. (2010) poukazuje na to, že modrásek bahenní (Bergsträsser, 1779) byl v minulosti řazen do rodu *Maculinea* (Van Eecke, 1915) pod názvem *Maculinea nausithous*. Po podrobné fylogenetické analýze byl v nedávné době rod *Maculinea* sloučen s rodem *Phengaris* (Doherty, 1891), což však některými autory není v úplnosti akceptováno.

V Evropě je známo pět druhů modrásků rodu *Phengaris*, a to, modrásek černoskvrnný (*Maculinea arion*), modrásek očkovaný (*Maculinea teleius*), modrásek bahenní (*Maculinea nausithous*); modrásek hořcový (*Maculinea alcon*) a modrásek hořcový Rebelův (*Maculinea rebeli*). Mezi těmito druhy proběhla studie na analýzu genetické variability. Jednalo se o vzorky z 28 lokalit napříč východními středoevropskými státy. Ve výsledku byla potvrzena velká genetická diference u čtyř druhů *M. arion*, *M. teleius*, *M. nausithous* a *M. alcon*. Mezi druhy *M. alcon* a *M. rebeli* nebyly nalezeny významné genetické rozdíly a proto je jejich taxonomické rozdělení stále předmětem přezkumu (Pecsénye et al., 2007).

3.4 Výskyt rodu *Phengaris*

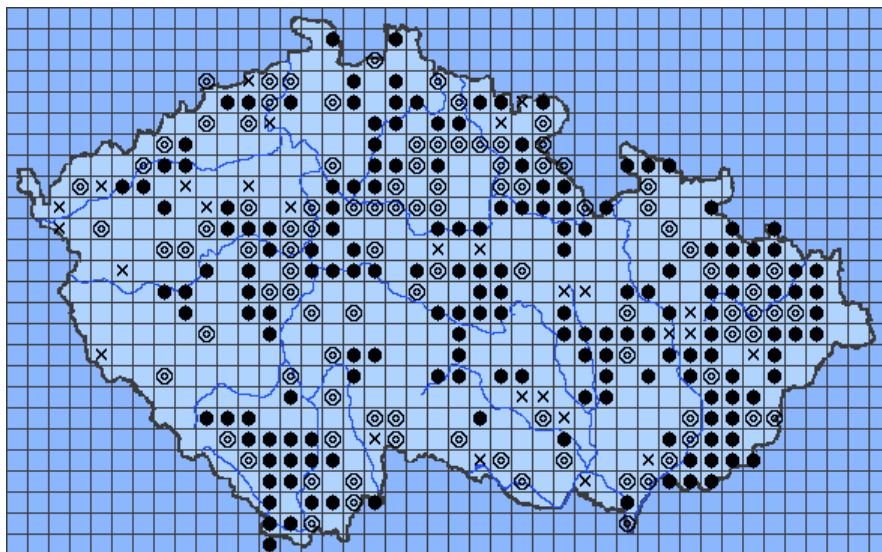
Rod *Phengaris* je rozšířen po celém Palearktickém regionu. Velice dobře je zmapována západní Evropa v rámci výskytu jednotlivých druhů. Nejhůře je prozkoumáno rozšíření druhů v zemích bývalého SSSR. Přesný stav a rozšíření některých druhů, který je důležitý pro účinnou ochranu přírody, je však stále nejasný. Zaznamenán byl bohužel úbytek některých druhů (Wynhoff, 1998).

3.5. Výskyt druhu *Phengaris nausithous*

3.5.1. Česká republika

V České republice se *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779) řadí k nejrozšířenějšímu druhu z rodu *Phengaris* (Kuras and Beneš, 2005). Výskyt je patrný téměř po celém území ČR, kromě oblastí s vyššími polohami, kde je jeho výskyt zaznamenán jen zřídka. Nejvyšší výskyt tohoto motýla je na severní Moravě, v Bílých Karpatech, na Českomoravské vrchovině, v jižních a východních Čechách na podmáčených rudéralech Ostravska a Opavska (Beneš et al., 2002).

Obr. č. 2: Mapa výskytu *Phengaris nausithous* v České republice zdroj: <http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id436/>



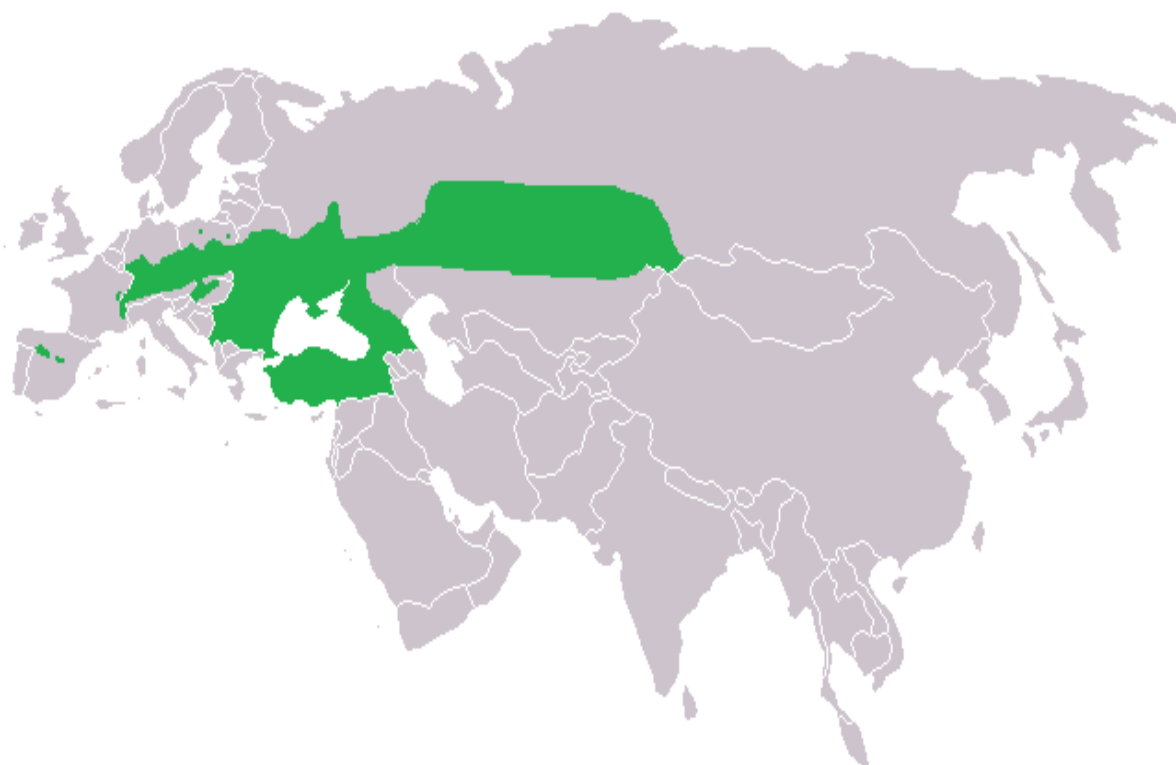
- - stálý výskyt
- ⊙ - občasný/dočasný výskyt
- ⊛ - problematické/pochybné/nedoložené údaje
- △ - introdukovaný
- ⊗ - pozorován do roku 1960
- * - pozorován do roku 1980
- ⊕ - pozorován do roku 2000

3.5.2. Světové rozšíření

Modrásek bahenní (Bergsträsser, 1779) se vyskytuje v oblasti Palearktu. Nejhojnější je ve střední části Evropy. Pás výskytu se táhne od severu Pyrenejského poloostrova, Francii, Německo, Švýcarsko, Polsko, Rakousko, Maďarsko, Českou republiku, Slovensko, Rumunsko, dále sever Balkánského poloostrova, Turecko až k střední Sibiři a k pohoří Altaj (Kuras et Beneš, 2005). Podrobněji je rozšíření znázorněno zelenou barvou v následující mapě. Tento Euroasijský druh se vyskytuje, jak popisuje Rákosy et Voda (2008), v četných koloniích a populacích různých velikostí. Van Swaay et Warren (1999), uvádějí skutečnost, že nejvyšší výskyt v rámci Evropy je u tohoto druhu v Německu, České republice a severním Polsku.

Obr. č. 3: Mapa výskytu druhu *Phengaris nausithous*

zdroj:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nausithous_eurazja_distribution_actually_makutera.png



Tab. č. 1: Výskyt *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779) v jednotlivých státech (Van Swaay et Warren, 1999) v rámci procentuálního zastoupení

Stát	Rozšíření v %
Rakousko	<1%
Nizozemsko	<1%
Chorvatsko	<1%
Slovinsko	< 1%
Rumunsko	1-5 %
Slovensko	1-5 %
Ukrajina	1-5 %
Německo	> 15 %
Švýcarsko	1-5 %
Francie	1-5 %
Maďarsko	1-5 %
Česká republika	>15 %
Bulharsko	<1 %
Španělsko	<1 %
Polsko	5-15 %
Bělorusko	<1 %

Lichtenštejnsko	<1 %
Turecko (Asijská část)	1-5 %
Rusko (Evropská část)	5-15 %

3.5.3 Habitat *Phengaris nausithous*

Modrásek bahenní (Bergsträsser, 1779) upřednostňuje pro svůj výskyt určitý habitat. Van Swaay et Warren (1999) ho popisují jako vlhké, mezofilní trávníky, příkopy a také hranice listnatých lesů.

Dále jsou to bažinaté, vápencové, jílovité půdy s převahou pastvin s nízkou intenzitou zemědělského využití, či neúplně ručně sečené louky (Rákosy et Voda, 2008).

Phengaris nausithous se velice často vyskytuje s dalším druhem modráskem očkovaným (*Phengaris teleius*), na stanovištích, kde je hojná jeho hostitelská rostlina krvavec toten (*Sanguisorba officinalis*), (Dierks a Fischer, 2009). Thomas (1995) upozorňuje na rozšiřující se zemědělskou činnost do habitatů *Phengaris nausithous*. Tento druh motýla je především citlivý na zemědělské činnosti, jako jsou odvodňování oblastí, orba a také zalesňování. Největší postihy populací motýlů agrokulturou jsou ve Španělsku, jižní Francii a severní Itálii. Tab. č. 2: Osídlení různých typů habitatů modráskem bahenním (Van Swaay and Warren, 1999

vlhké louky a vysoké bylinné společenství	12 (33%)
vodní vegetace	5 (14%)
bažiny	4 (11%)
mezofilní trávní porosty	4 (11%)
Slatiny a přechodové rašeliniště	3 (8%)
lužní a vlhké lesy	1 (3%)
alpské a subalpínské pastviny	1 (3%)
listnaté lesy	1 (3%)
Úhory a pustiny	1 (3%)
vrchoviny	1 (3%)

3.6. Biologie *Phengaris nausithous*

3.6.1 Hostitelská rostlina

Zásadní otázka, která je v populační ekologii často kladena, se týká faktorů jako je prostorové rozšíření množství druhů. V případě modráska bahenního (Bergsträsser, 1779), jak bylo již výše řečeno, je výskyt vázán na přítomnost hostitelské rostliny krvavec toten (*Sanguisorba officinalis*), (Dierks et Fischer, 2009). Nicméně Rákosity (2001) zmiňuje skutečnost, že vysoká hustota této rostliny nemá vliv na vysoký počet *P. nausithous*. V určitých případech byla zaznamenána populace modrásků v místě, kde se nacházelo jen pár rostlin *S. officinalis*.

Krvavec toten je až 1 m vysoký, planě rostoucí druh rostliny s výrazným tmavě červeným květenstvím tvaru kulovité hlávky. Hojný je především na severu Eurasie a v České republice se vyskytuje téměř po celém území, pomineme-li vyšší polohy. Půdu preferuje vlhkou a zásaditou a k vidění je u okrajů listnatých lesů, na nehojených pastvinách a na březích vodních toků. Modrásek bahenní využívá tuto rostlinu pro kladení vajíček do jejího květu, což odpovídá době od května do srpna (Polívka, 2015).

Musche, et al. (2008) uvádí ve své studii problém v rámci ztráty genetické variability u populace hostitelských rostlin při působení genetického driftu a inbreedingu. Bylo zjištěno snížení fitness rostlin, které způsobila špatná kvalita stanoviště spolu s malou hustotou rostlin. Význam pro dlouhodobé přežití motýlů rodu *Phengaris* na základě těchto výsledků je stále diskutován.

Obr. č. 4: Krvavec toten v květu

foto: autorka práce



3.6.2 Myrmekofilie

Myrmekofilie je vzájemný vztah živočichů k mravencům. Obecně můžeme rozdělit tento vztah na fakultativní a obligátní (Capinera, 2008). U čeledi modráskovitých (*Lycaenidae*) se ve většině případů jedná o fakultativní vztahy s jedním druhem mravence, ale je možná i adaptace na více druhů mravenců z různých čeledí (Pierce et al., 2002). Asi kolem 10 000 druhů živočichů řadících se k členovcům žije jako sociální parazit mravenců s bohatou škálou mechanismů, které jim umožňují proniknout a přežít uvnitř mravenčího hnízda. Mnohé z nich mohou manipulovat s komunikačním systémem jejich hostitelského druhu. To je zvláště důležité pro motýly rodu *Phengaris*, kteří tráví většinu svého životního cyklu uvnitř mravenčího hnízda (Sala et al., 2014). Tento symbiotický vztah je nedílnou součástí vývoje motýlích housenek rodu *Phengaris*.

3.6.2.1 Fakultativní myrmekofilie

U fakultativně myrmekofilních modrásků je typický mutualistický vztah k mravencům. Díky mravencům je housenkám motýlů poskytovaná ochrana před parazity a predátory z vnějšího prostředí. Housenky naopak vylučují sladké šťávy ze své medové žlázy (dorsal nectary organ), kterými se mravenci krmí. Druhy motýlů, pro které je tento vztah typický, jsou např: modrásek jetelový (*Polyommatus bellargus*), modrásek jehlicový (*Polyommatus icarus*), modrásek tmavohnědý (*Aricia agestis*) atd. (Capinera, 2008).

3.6.2.2 Obligátní myrmekofilie

U obligátní myrmekofilie je pro housenky péče ze strany mravenců životně důležitá. Larvy motýlů vylučují chemické látky, které jsou charakteristické pro mravenčí larvy a nechávají se zanést do hnízda hostitelského druhu mravence. V mraveništi je housenka krmena dělnicemi. Obligátní myrmekofilové jsou většinou velice úzce specializovaní na jeden mravenčí rod či druh a jejich vztah k mravencům je ve většině případů spíše sociálně parazitický než mutualistický (Fiedler, 1998).

Tato strategie se ještě dále dělí na tzv. „kukaččí“ druhy, které se v mraveništi nechávají krmít mravenčími chůvami (např: *P.alcon*), a na predátorské druhy (např: *P. nausithous* nebo *P. teleius*), jež požírají mravenčí plod a chovají se tedy jako parazité. Populace „kukaččích“ druhů jsou ovšem mnohem stabilnější než je tomu u predátorských druhů, kam řadíme i modráska bahenního. (Nowicki et al., 2005a, Nowicki et al., 2005b). Sala et al. (2014) ovšem uvádí skutečnost, že alimentární strategie *P. nausithous* nebyla dosud plně objasněna, a někteří autoři ho řadí k dravým nebo „kukaččím“ druhům, jiní jsou pro koexistenci obou způsobů obživy.

3.6.2.3 Hostitelské druhy mravenců

Pro modráška bahenního (Bergsträsser, 1779) je hostitelským druhem mravenců, jak uvádí Van Swaay et Warren (1999) převážně *Myrmica rubra* (příloha č. 5) a ve Španělsku a Rumunsku je také zmiňován *M. scabridonis* (příloha č. 6).

Mravenci druhů rodu *Myrmica* obývají vlhké a chladné biotopy si mraveniště staví zpravidla pod zemí, ale někdy je možné nalézt jejich mraveniště také pod kameny nebo dřevem. Mraveniště obsahuje tzv. solarium, které se nachází v chomáčku trávy a je zodpovědné za zvýšení teploty uvnitř mraveniště a mravenci ho vyhotovují z půdy a zbytkových částí rostlin. V suchých biotopech jsou mraveniště poměrně nenápadná s dvěma vchody. Potrava mravenců je rozmanitá a obsahuje rostlinnou hmotu, medovici, hmyz a mrtvé části živočichů a rostlin. Průměrná kolonie *Myrmica rubra* čítá 1200 jedinců. Housenky rodu *Phengaris* jsou do mraveniště přineseny koncem léta a začínají se živit mravenčím plodem. Touto činností mohou narušit přirozenou obnovu kolonie mravenců (Elmes et al., 1991).

3.7. Vývojový cyklus druhu *Phengaris nausithous* v podrobnostech

Phengaris nausithous (Bergsträsser, 1779) má poměrně složitý vývojový cyklus, který zahrnuje fáze se zcela odlišnými ekologickými požadavky. U housenek dochází k myrmekofilním interakcím, neboť se živí mravenčím plodem, zatímco dospělci sají nektar (Fiedler, 1997).

3.7.1 Reprodukční chování

Faktory, které spouštějí reprodukční chování, jsou u entomologů stále v oblasti studia. Jako možný spouštěč se uvádí například délka dne a teplota. Pro vyhledání partnerky slouží u samců dva typy strategie a to patrolování (patrolling) nebo vyčkávací strategie (perching). U patrolujících samců dochází přelétávání z jednoho místa na druhé a

vyhledávání samic, které jsou často pro jednodušší nalezení pestře zbarveny. Při vyčkávací strategii je samec usazen na vyvýšeném místě a čeká na samice, které budou okolo prolétat. Podle typu posedu samce se vyčkávací strategie dělí na treetopping (vrchol keře) a hilltopping (skalnatý povrch či holá půda). Pro každý druh motýla je typický jiný druh strategie (Capinera, 2008, Beneš et al., 2002).

Lederhouse (1982) zmiňuje další typ strategie typický pro některé druhy motýlů, který pozoroval u otakárka černého (*Papilio polyxenes*). Jedná se o shromažďovací místo samců, kam přilétají samice, aby si zde vybraly vhodného partnera ke spáření.

3.7.2. Kopulace

Při kopulaci se motýli k sobě stočí zadečkya dojde k přitisknutí špičky jejich břišní části. Samec pak přenáší spermatofor (váček plný spermií) do těla samice, kde dojde k oplodnění. Při vlastním aktu páření jsou některé druhy schopny letu, ale mnohem častěji dojde k přistání na rostlinu nebo na zem (Capinera, 2008).

Obr. č. 5: Kopulace *Phengaris nausithous*

foto: autorka práce



3.7.3 Klazení vajíček

Dospělé samice *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779) kladou vajíčka pouze na květ rostliny *Sanquisorba officialis*. Preferují při tom určité fenologické stádium rostliny, které se vyznačuje vyšší dozrálostí květu, tedy mohutnějšími hlávkami. Samice kladou obvykle na jednu hlávkou1 resp. 2-3 vajíčka, a to po celou letovou periodu. Pro zvolení vhodné rostliny využívají zraku, hmatu, chuti a smyslových receptorů na chodidlech. Líhnutí vajíček trvá asi po dobu jednoho týdne. Druh *P. nausithous* se často vyskytuje na své lokalitě s *P. teleius*, jež je svým životním cyklem také spjat s rostlinou krvavec toten. Jelikož však *P. teleius* upřednostňuje kratší a mladší květní hlávky pro klazení vajíček, je zde tedy částečná přírodní segregace vajíček obou druhů. (Figurny and Woyciechowski, 1998, Beneš et al., 2002). Thomas et al. (1998) zjistil, že samice *P. nausithous* kladou vajíčka i do rostlin, které jsou již zakladené od jiných samic, a také pro ně není stěžejní výběr rostlin v blízkosti mraveniště hostitelského druhu mravenců. Samice při klazení vajíček je znázorněna v příloze č. 1.

3.7.4 Vývoj housenky

Vylíhlé housenky (příloha č.2) se prokoušou květními obaly a uvnitř květu žijí endofyticky (požírají obsah semeníku) v období přibližně od července do srpna. Jejich vývoj je poměrně rychlý a probíhá ve čtyřech stádiích. Do posledního stádia vývoje se dostávají už po 2-3 týdnech. Přírůstek z krmení na hostitelské rostlině na začátku konečné přeměny je u larev 1-2 % finální biomasy. Housenkámá také ve finálním stádiu přeměny plnou škálu orgánů, které používá především k přilákání či uklidnění hostitelských druhů mravenců. Dále má také funkci stridulace, která napodobuje dělníky mravenců rodu *Myrmica*. Krátce po dosažení čtvrtého stádia se housenka prokouše ven a následuje vypadnutí z rostliny a čekání na adopci dělnicí hostitelského mravence (Pullin, 2012).

3.7.5 Adopce larvy

Elmes et al. (1991) zmiňuje zajímavou informaci, kdy motýlí larva finálního instaru opouští hostitelskou rostlinu v době, která je shodná s vrcholem potravní aktivity mravenců rodu *Myrmica*. Jedná se o dobu mezi 18:00 – 20:00. Ve svém výzkumu zaznamenal dobu adopce larvy od vypadnutí na 90 minut. Adopce po setkání s mravencem proběhla velmi rychle a to po 1 – 4 sekundách.

Přežití larev modrásků bahenních závisí na místě vypadnutí z rostliny, protože aktivně nevyhledávají mravenčí hnízdo. Larva tedy uhynie do dvou dnů po vypadnutí, pokud se v blízkosti nenachází žádná kolonie mravenců rodu *Myrmica* (Bryant et al., 1977). Po nalezení je mravenec oklamán feromony, které larva motýla vylučuje, a proto ji považuje za mravenčí plod (Pullin, 2012). Elmes et al. (1991) se ve své studii zmiňuje o dotykových feromonech mravenců, které mohou larvy motýla napodobit a usnadnit tak adopci (příloha č. 3). Do mraveniště jsou odnášeny koncem léta a jako potrava jim slouží mravenčí plod. Witek et al. (2006) uvádí skutečnost, že výživa housenek v mraveništi má mnohem větší nutriční význam než krmení na rostlině. Housenka přibere v mraveništi až 98 % hmotnosti.

Thomas (1995) popisuje dobu vývoje motýla v mravenčím hnízdě, která trvá okolo jedenácti měsíců a počet housenek v jednom mraveništi (Beneš et al., 2002) může dosáhnout až desítek jedinců.

3.7.6 Komunikace housenky a mravence

Mravenci ovládají většinu suchozemských ekosystémů a jsou známí mimo jiné svým velice agresivním postojem pro obranu svého mraveniště. S tímto přístupem působí jako perfektní úkryt pro myrmekofilní členovce jako jsou motýli rodu *Phengaris*. Čím bližší je vztah motýlů s hostitelskými mravenci, tím více specializované jsou dané adaptace motýlů pro překonání bariér kolonie a komunikačních kódů. Mravenci si vyvinuli komplexní sadu signálů, které jsou založeny zejména na výměně chemických podnětů, ale také zahrnují akustické signály. Ve většině případů jsou zvukové podněty účinné pouze při malých vzdálenostech a mravenci je používají při žádosti o páření, zastrasování, při ohrožení, nebo jako signály poplachu. Též modráskovití si vyvinuli řadu úprav v chování, morfologii a v chemických a

akustických způsobech komunikace s hostitelskými mravenci pro vlastní prospěch. Housenka tzv. „kukaččích druhů“ mezi něž se řadí i *P. nausithous* (Bergsträsser, 1779) je schopná dosáhnout v mraveništi vyššího společenského postavení v rámci hierarchie kolonie díky napodobování akustického signálu mravenčí královny (Sala et al., 2014). U motýlích housenek, které jsou přítomny v mraveništi s mravenčí královnou však byla zjištěna 3x vyšší úmrtnost než v mraveništi bez královny. Příčinou těchto úmrtí je pravděpodobně kontakt s pokožkou velkých mravenčích larev při jejich požívání, které jsou dělnicemi záměrně odstraňovány, aby se z nich nemohly vyvinout nové královny. Tato hrozba je pro housenky přítomna v prvních deseti dnech po adopci. Thomas et Wardlaw (1990) hovoří o tzv. „efektu mravenčí královny.“

3.7.7 Kukla

V chráněném prostředí mraveniště stráví motýl 11 – 23 měsíců (Sala et al., 2014). Housenky se mohou po přezimování v mraveništi na začátku léta zakuklit, anebo při pomalejším růstu zůstávají ve čtvrtém stádiu vývoje a zakuklí (příloha č. 4) se na jaře nebo v létě následujícího roku (Witek et al., 2006). Ve stádiu kukly motýl zůstává po dobu 11-23 měsíců a po vylíhnutí dospělec ihned opouští mraveniště (Thomas et al., 1998).

3.7.8 Dospělec

Vývoj v dospělého jedince trvá 1-2 roky. Sezóna letu *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779) začíná koncem června a končí v první polovině srpna, ale některé exempláře je možné vzácně vidět ještě na začátku září (Beneš et al., 2002, Pullin, 2012).

P. nausithous a další zbývající druhy rodu *Phengaris* žijící v Evropě se nacházejí převážně v uzavřených populacích se zanedbatelnými přelety jedinců mezi jednotlivými populacemi, které jsou vzdálené více jak 2-10 km. Při přeletech hraje důležitou roli terén výskytu motýlů. Typická populace modrásků obývá plochu o rozměrech 0,5 – 5 ha a je složena z pár desítek nebo stovek jedinců (Pullin, 2012). *P. nausithous* se průměrně dožívá 2-3 dnů, ale v laboratorních podmínkách se doba průměrného přežití může navýšit až na 6 dní (Nowicki et al., 2005a).

3.8. Denzita populace

3.8.1 Vliv na denzitu populace *Phengaris. nausithous*

Jak již bylo zjištěno, pro výskyt druhu motýla *P. nausithous* (Bergsträsser, 1779) je důležitá přítomnost hostitelského druhu mravence *Myrmica rubra* a rostliny *Sanguisorba officinalis* (Dierks and Fischer, 2009). Dosud bylo zjištěno, že hustota vajíček a dospělců se zvyšuje s hustotou hostitelského mravence a nikoli zmíněné rostliny. Hustota housenek však nebyla spojenas převahou výskytu rostlin či mravenců (Anton et al., 2008).

3.8.2 Početnost *Phengaris. nausithous*

Faktory určující rozložení a množství druhů patří mezi zásadní otázky v populační ekologii. Dierks et Fischer (2009) se ve své studii zabývali snahou identifikovat faktory ovlivňující početnost dvou ohrožených motýlů *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779) a *Phengaris teleius*. Tyto dva druhy se často vyskytují sympatricky z důvodu jejich velice podobných požadavků na biotop. *P. nausithous* je v rámci střední Evropy z těchto dvou druhů mnohem hojnější. Studie proběhla v německém Westerwaldu a zahrnovala především zjištění počtů těchto motýlů tvořících metapopulaci. Předmětem zájmu byla také struktura vegetace, hojnost hostitelské rostliny (*Sanguisorba officinalis*) a výskyt mravence *Myrmica rubra*. Studie zahrnovala 120 stanovišť. Ve výsledku byla zjištěna pozitivní souvislost početnosti obou druhů s výškou vegetace, přítomností mravenců *M. rubra* a rostliny *Sanguisorba officinalis*, která měla výraznější vliv na výskyt *P. teleius*.

Jubete et Román (2016) uvádějí příklad, kdy byl *Phengaris nausithous* nalezen v 38 nových populacích ve dvou horských oblastech v severní části Pyrenejského poloostrova. Průzkum proběhl v červenci a srpnu v letech 2012 – 2015 a metapopulací bylo objeveno celkem sedm. Pro zachování stavu tohoto druhu bohužel nebyl tento objev příliš významný z důvodu projektu konsolidace pozemků a zavedení těžby rašeliny v této oblasti. Nicméně

průzkum a zjištění stavů *P. nausithous* tohoto území může pomoci při zavedení ochranných opatření vedoucích k podpoře zmíněných populací.

3.8.3. Monitoring početnosti motýlů

Spolehlivý odhad velikosti populace je základním kritériem v mnoha ekologických studiích a také pro zachování biologické rozmanitosti. Volba vhodné metody k odhadu hojnosti je často velmi obtížná, zejména pokud jsou údaje o daném živočišném druhu vzácné (Grimm et al., 2014). Monitoring početnosti živočišných druhů je předpokladem pro zhodnocení jejich stavu k provedení dalších kroků v rámci jejich ochrany a realizace ochranných opatření. Ochránáři se velice často soustředí na živočichy, kteří jsou ukazateli ve změnách kvality prostředí a celkového stavu ekosystému. V rámci druhů vhodných k bioindikačnímu využití jsou pro takové účely používáni denní motýli díky jejich schopnostem citlivě reagovat na antropogenní vlivy působící v přírodním prostředí. Jejich početnost a rozšíření se mění na základě změn v krajině, biotopu i klimatu. Druhová pestrost a početnost jednotlivých druhů u denních motýlů je obvykle zjišťována na základě pravidelného sčítání jedinců v pevně stanovených liniových transektech v rámci jejich letové sezóny. Výsledky sčítání na transektech jsou pak agregovány pro konkrétní lokalitu a pro každý druh vychází specifický index (Pellet et al., 2012).

Beneš et al. (2002) rozlišují v obecném měřítku dva typy metod odhadu početnosti populace a to metody relativní a absolutní.

Relativní metody slouží k odhadu stupně hojnosti, který nemůže být vztažen na jednotku plochy či stanoviště a umožňuje tedy pouze porovnání mezi podobnými vzorky z jiných stanovišť nebo s daným problémem z jiného roku. Nejčastější využití je v aplikovaném výzkumu zabývajícím se rybářským a mysliveckým hospodařením. Metody jsou z hlediska náročnosti poměrně jednoduché a rychlé, ale bohužel z nich nemůžeme získat počet přítomných jedinců (v našem případě motýlů). Při použití po delší časový úsek může být těmito metodami zhodnocen i stav celkové populace. Naopak u absolutních metod je vždy znám přesný počet jedinců (s přítomností statistické chyby), kterými se v rámci studie zajímáme. Bohužel využití těchto metod je poněkud pracnější a vyžaduje použití náročnějších výpočetních metod. Používají se jen u některých populačních struktur a nejsou využívány u

migrujících druhů. U motýlů se metody monitoringu početnosti dělí na odhad podle dospělců a odhad podle vývojových stádií – viz. Henderson (2003), Beneš et al. (2002). Podrobné rozdělení jednotlivých metod je znázorněno v tabulce č. 3. V souvislosti s početností motýlích populací se Saccheri et al. (1998) zmiňuje o možné příčině snížení populační hustoty. Jedná se o vliv inbreedingu, který přispívá k úpadku a eventuálnímu zániku malých a izolovaných populací. Průzkum proběhl u hnědáka kostkovaného (*Melitanea cinxia*). Dostatečné důkazy snížení fitness v důsledku příbuzenské plemenitby existují v rámci výzkumu u populací žijících v zajetí, ale terénní studie ve volné přírodě jsou zatím nedostatečné. V přírodě dopad inbrední deprese na přežití populace zanedbatelný ve srovnání s demografickou a environmentální stochasticitou. U hnědáka kostkovaného byl zkoumán vliv inbreedingu na lokální vyhynutí ve velké metapopulaci. Bylo zjištěno, že riziko vyhynutí se významně zvyšuje s klesající heterozygotností, a to i po zohlednění účinků příslušných ekologických faktorů. Bylo také prokázáno, že faktory jako je přežití larev, dospělců a rychlost líhnutí z vajíček, mohou nepříznivě ovlivnit příbuzenskou plemenitbu a zdají se být základem pro vztah mezi inbreedingem a zánikem populace.

Tab. č. 3: Rozdělení metod monitoringu motýlů (Beneš et al., 2002)

Odhad podle dospělců	Relativní metody	Transektová sčítání	
		Metoda pozorování za jednotku času	
		Odchyt do pastí	<u>Moerickeho misky</u>
	Absolutní metody	Zpětný odchyt značených jedinců	Závěsné korunové pasti
			<u>Lincoln-Petersonův index</u>
			<u>Bailyho korekce</u>
		Metody s opakovaným značením	<u>Craigova metoda</u>
			<u>Fisher-Fordův index</u>
			<u>Bailyho metoda tří odchytů</u>
			Metody pro uzavřené populace s nestejnými pravděpodobnostmi zpětných odchytů
<u>Cormack-Jolly-Seberova metoda</u>			
Robust design			
Odhad podle vývojových stádií	Sčítání vajíček nebo mladých larev		
	Sčítání hnízd housenek		
Kombinované metody			

3.9. Metapopulace

Metapopulace je ekologický termín, který je definován jako soubor lokálně propojených subpopulací, které zachovávají rovnováhu mezi kolonizací a vyhynutím. Jednotlivé subpopulace se navzájem ovlivňují a žijí ve svém habitatu, což je lokální stanoviště. Studium metapopulace zahrnuje jak živočišné, tak rostlinné druhy v rámci větších oblastí jejich působiště fragmentované krajiny (Harrison, 1991). Popisováno je pět typů metapopulací (Hanski, 1999). První je klasická (Levinova) metapopulace, což je síťovitý celek utvářený z jednotlivých stanovišť, kde se vyskytují dané subpopulace. Subpopulace má intenzivnější dynamiku. Kolonizace a extinkce jsou zde v rovnováze. Druhou je nerovnovážná populace, u které převažuje extinkce nad kolonizací anebo naopak. V extrémním případě dochází k zániku v důsledku celkového regionálního poklesu určitého druhu, neboť jedinci nejsou schopni překonat vzdálenosti mezi stanovišti. Tento pokles je tedy způsoben příliš velkými vzdálenostmi mezi populacemi a následným narušením migrace mezi jedinci. Třetím typem je Pevnina – ostrov, kde je existence metapopulace závislá na výskytu populací, které jsou v dosažitelné vzdálenosti. Odolnost vůči zániku je u této metapopulace velká. Čtvrtým typem jsou Zdroje – Propady (Source – sink), kdy se jedná o stanoviště metapopulace, na kterých při nízké populační hustotě a neprobíhající migraci dochází buď k nárůstu, nebo k propadu. Přežití druhu je zde závislé na kvalitě jednotlivých stanovišť. Poslední je mozaikovitá populace, jež se vyznačuje přítomností druhu na všech vhodných stanovištích s volnou migrací mezi nimi. Extinkce je neustále vyrovnávána kolonizací, což je podporováno dostatečným množstvím vhodných biotopů pro výskyt druhu.

3.9.1 Metapopulační teorie

Metapopulační teorie vznikla na základě studia motýlů, kteří slouží jako modelový druh pro studium metapopulace (Bonelli et al., 2013). U většiny motýlů nejsou lokální populace stabilní a jejich disperze je omezena na malé vzdálenosti. Pro lepší porozumění populační dynamiky u motýlů byla zpracována metapopulační teorie (Gutierrez et al., 2001). Pro jednotlivé lokální populace se posuzuje jejich propojení a pro jejich přežití je velmi důležitá

nejen vzájemná výměna genetického materiálu s dalšími populacemi, ale i vhodná charakteristika obývaného biotopu (Dennis et Eales, 1977) a prostorové uspořádání daných ploch obývaných cílovým druhem v krajině (Dover et Settele, 2008). Přístup z hlediska metapopulace je pro pochopení péče o daný druh mnohem efektivnější než z hlediska jedné populace. U lokálních motýlích populací dochází k zániku velmi často, ale právě kolonizace nových míst je pro přežití druhu klíčová.

Tato teorie má zvláštní význam pro biology, kteří se snaží pochopit proces regionálního vymírání a přežívání druhů v krajině (Hanski, 1999). Velikost motýlí populace je obecně vysvětlována dvěma hlavními přístupy a to - metapopulační teorií a kvalitou stanoviště. Motýlí populace jsou často v krajině roztržštěné do stanovišť, které jsou obklopeny nehostinnými oblastmi a tvoří prostorově strukturované metapopulace (Thomas et al., 2001).

Metapopulační teorie a velká většina metapopulačních modelů předpokládají, že schopnost rozptylu je druhově charakteristickým znakem (Bonelli et al., 2013). Nowicki et al. (2007) uvádí za hlavní předpoklad metapopulační teorie poměrně časté populační vymírání a rekolonizaci nastanovištích. Její zájem je také zaměřen na prostorové modely zachycující přítomnost či nepřítomnost daného druhu. V menší míře se zabývá místní hustotou populace a její dynamikou.

3.9.2 Rozptyl v metapopulaci

Rozptyl druhu je v rámci metapopulační teorie jedním z klíčových mechanismů s významem pro přežití budoucí populace. Fragmentace biotopu a globální změny jsou na vzestupu a přežití druhu bude stále více záviset na schopnosti přežít jako metapopulace a kolonizovat nové lokality. Pochopení rozptylu druhu má velký význam pro tvorbu rozumné strategie vedoucí k jeho zachování do dalších generací (Hovestadt et al., 2011).

Modelování přeletů jednotlivých motýlů mezi populacemi je dáno funkcemi pevných rozptylových vlastností a vysoce variabilních prostorových konfigurací stanovišť motýlů. Nicméně, nedávno začal vzrůstat počet empirických studií dokumentujících značnou variabilitu uvnitř specifického rozptýlení motýlů. Klasické příklady intra-specifické variability v rozptylových schopnostech u populací jsou morfologické změny, jako je například větší

tělesná hmotnost, širší hrudník a delší a užší křídla (Bonelli et al., 2013). Stevens et al. (2010) ve své studii poukazuje na lepší mobilitu u nově vzniklých populací, na základě lepších rozptylových vlastností. Beneš et al. (2002) uvádí fakt, že dispersalita (rozptyl) je v rámci ochrany druhů spojena s dalšími třemi pojmy, kterými jsou koridor, nášlapné kameny („stepping stones“) a charakter daného území („matrix“).

Pravděpodobně nejvíce populární strategií jsou koridory (lineární pásy spojující izolované plochy stanoviště). Za koridory mohou být uvedeny například násypy silnic či železnic. Menší pozornost je poté věnována „nášlapným kamenům“ (série malých plošek, bez možnosti trvale hostit populace, spojující jinak izolované plochy), které mohou být vhodnější v případech jako je pohyb mezi plochami, na které není snadný přístup, anebo v rámci vhodnější reprezentace přirozené konfigurace krajiny. Strategie ochrany často vyzývají k využívání koridorů nebo „nášlapných kamenů“ k podpoře rozšíření vzájemně vzdálených populací. Fragmentace, degradace a ztráta habitatu jsou jedny z nejzávažnějších hrozeb pro zachování populace. Málo rozsáhlé plochy jsou charakteristickým výskytem malých populací s nízkým nebo žádným procentem imigrace a se vzrůstající pravděpodobností extinkce. Koridory a „nášlapné kameny“ byly navrženy jako strategie pro zvýšení spojení mezi danými plochami habitatů a následné zlepšení průchodnosti pro dané organismy (Baum et al., 2004).

Hanski et al. (2004) dodává, že rozptylové vlastnosti mohou mít vztah i k dané struktuře krajiny, kde se populace nachází. Byla prokázána pozitivní korelace mobility motýlů s izolací nově osídleného stanoviště. Naopak u populací setrvávajících déle v izolaci se mobilita snižuje.

Jedním z výsledků mnoha teoretických modelů je, že podíl disperze u jednotlivců je malý, jakmile je rozptýlení riskantní a populace jsou dostatečně velké a stabilní. Většina motýlích pohybů pravděpodobně není řízena touhou vyhledat partnera, ale jednoduše pouze uspokojit každodenní potřeby jako je například shánění potravy (Hovestadt et al., 2011).

Rozptyl populace je také charakterizován migrací a migračními modely. Migraci motýlů si můžeme vyložit jako pravidelný, předvídatelný pohyb populace z jedné oblasti na druhou ovlivněný ročním obdobím, někdy též označován jako behaviorální proces s ekologickými důsledky (Scoble, 1992). Pro populaci je výhoda migrace především v obohacení o nový genetický materiál (Beneš et al., 2002). U motýlů je ale míra migrace ovlivněna především jejich krátkodobou životností. Pfeifer et al. (2000) a Nowicki et al.

(2005b) udávají, že životnost *P. nausithous* (Bergsträsser, 1779) se pohybuje kolem tří dnů (2,2 – 3,3 dnů), a letová perioda se uvádí kolem 40 dnů (23 – 40 dnů). Životnost dospělců je tedy ve srovnání s jejich aktivní letovou periodou poměrně krátká. Toto tvrzení ovšem platí pro druhy motýlů rodu *Phengaris* (*P. alcon*, *P. nausithous*, *P. teleius*), kteří žijí na vlhkých loukách. Naopak je tomu u druhů rodu *Phengaris* (*P. arion* a *P. rebeli*) s preferencí suchých luk, jejichž životnost je delší než letové období.

Během výzkumu metapopulací u motýlů jsou též hodnoceny parametry jako je emigrace a imigrace. Nowicky et Vrabc (2011) se zabývali pozitivním efektem metapopulační hustoty v případě emigrace. Výsledky byly vyhodnoceny ze sedmileté studie nedaleko města Přelouč u motýlích druhů *Phengaris nausithous* a *Phengaris teleius*. Na základě monitoringu byla použita metoda zpětného odchyty a parametry odchyty byly odvozené modelem virtuální migrace. Hustoty metapopulace byly v rámci sledovaného období nestabilní a poměrně silně kolísaly. Pozitivní korelace hustoty populace s emigrací byla u samic zvýšena až trojnásobně a u samců dvojnásobně. Výhoda zde byla především pro samice, které tak mohly naklást vajíčka na nová stanoviště, kde byla pro potomstvo vnitrodruhová konkurence podstatně nižší z důvodu slabšího osídlení tímto druhem.

3.9.3 Metapopulační model

První model metapopulační ekologie byl sestaven americkým ekologem Richardem Levinem v roce 1969. Levinsův model (Levins, 1969) je základem, z něhož vycházejí všechny metapopulační modely. Jeho princip je založen na populaci, jejíž jedinci mají stejnou pravděpodobnost kolonizace a extinkce na plochách, které jsou poměrně velmi početné, stejně rozsáhlé a se stejnými vzdálenostmi mezi sebou. Jinými slovy, metapopulace je ve stochastické rovnováze mezi kolonizací a extinkcí a u jednotlivých ploch můžeme rozeznat (Dyke, 2008) zda jsou či nejsou osídleny. Použití tohoto modelu je vhodné pro druhy, které mají krátký životní cyklus, časově stabilní stanoviště a rychlou dynamikou kolonizace a extinkce (Harrison, 2000). Použití tohoto modelu je tedy pro motýly, kteří splňují předchozí požadavky, vhodný. Beneš et al. (2002) dodává, že na základě metapopulační teorie může druh vyhynout buď zmenšením obývaného biotopu, nebo vzniku velkými vzdálenostmi mezi biotopy, i když k zániku obývaných ploch nedojde.

U většiny metapopulačních modelů se předpokládá, že rozptyl je pevně fixován na danou vlastnost živočišného druhu. Ve skutečnosti jsou ale rozptylové schopnosti velmi citlivé na selektivní tlak. U metapopulací, které jsou izolovány od ostatních, neprobíhá emigrace ani imigrace. Dochází tedy ke snížení fitness jedinců a je zde silná selekce proti rozptylu (Bonelli, 2013).

3. 10 Ochrana *Phengaris nausithous*

Motýli rodu *Lycaenidae* jsou považováni za vlajkové lodě ochrany přírody v Evropě. Počet všech pět evropských druhů rodu *Phengaris* se rapidně snížil a v mnoha zemích jsou v ohrožení. Hlavní hrozbou je bezpochyby zhoršení kvality či ztráta biotopů průmyslovými nebo rekreačními činnostmi a dále opouštění tradičního zemědělství. Evropské druhy modrásků jsou proto často žijící v malých a izolovaných populacích (Nowicki et al., 2005a).

Modrásci rodu *Phengaris* se v Evropě řadí k jednomu z nejohroženějších druhů fauny (van Swaay et Warren, 1999) a ochrana těchto druhů je znázorněna v tabulce č. 1. Tato skutečnost se stala pádným důvodem pro jejich zařazení k celoevropsky chráněným druhům v soustavě Natura 2000 (Horák et al., 2008). Za přípravu soustavy Natura 2000 je zodpovědné Ministerstvo životního prostředí. Pro vysvětlení se jedná o soustavu chráněných území, jež jsou vytvářena podle shodných principů všemi státy Evropské unie. Hlavním cílem je ochrana fauny, flóry a přírodních stanovišť, která jsou pro evropské státy endemická, vzácná svým výskytem, cenná či velmi ohrožená. Natura 2000 je charakterizována dvěma právními předpisy EU na ochranu přírody: směrnice 2009/147/ES (o ochraně volně žijících ptáků a směrnice 92/43/EHS (o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin), ve které je řazen *Phengaris nausithous* do příloh II a IV. Obě směrnice jsou zakotveny v národní legislativě zákonem 114/1992 sb. o ochraně přírody a krajiny (<http://www.nature.cz/natura2000-design3/sub-text.php?id=2102>) a na základě tohoto zákona je zařazen k druhům silně ohroženým (Horák et al., 2008).

Modrásek bahenní, jak zmiňuje Beneš et al. (2002) a stejně tak další evropské druhy modrásků z rodu *Phengaris* jsou zařazeny v Červeném seznamu ohrožených druhů ČR, který zaštiťuje Mezinárodní unie pro ochranu přírody a přírodních zdrojů (IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). IUCN rozděluje živočichy podle stupně ohrožení do několika kategorií. Druh málo dotčený (LC, Least Concern), téměř

ohrožený (NT, Nearly threatened), zranitelný (VU, Vulnerable, ohrožený (EN, endangered), kriticky ohrožený (CR, Critically Endangered), vyhynulý v přírodě (EW, extinct in the Wild), vyhynulý (EX, Extinct), chybí údaje (DD, Data deficient), nevyhodnocený (NE, Not Evaluated).

Modrásek bahenní je tedy podle IUCN v kategorii ohrožení Near threatened (NT – téměř ohrožený), (Horák et al. 2008), ale v České republice není v akutním stavu ohrožení s poměrně vysokou prostudovaností (Beneš et al., 2002). V Nizozemsku a některých částech Švýcarska a Německa se dokonce považují za vyhynulé převážně z důvodu narušení jejich habitatů a koridorů, které je spojují (Rákosy et Voda, 2008).

Tab. č. 4: Druhy rodu *Phengaris* a jejich ochrana (Horák et al. 2008)

Český název	Latinský název, autor, rok	IUCN Red List	ČS ČR	Vyhláška	Natura 2000
Modrásek hořcový	<i>Phengaris alcon</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	LR/nt	CR	KO	–
Modrásek černoskvrný	<i>Phengaris arion</i> (Linnaeus, 1758)	LR/nt	CR	KO	IV
Modrásek očkovaný	<i>Phengaris telejus</i> (Bergsträsser, 1779)	LR/nt	VU	SO	II, IV
Modrásek bahenní	<i>Phengaris nausithous</i> (Bergsträsser, 1779)	LR/nt	NT	SO	II, IV

Vysvětlivky k tab. č. 4: IUCN Red List – Evropský červený seznam ohrožených druhů, ČS ČR – Červený seznam ohrožených druhů České republiky, Natura 2000 – Zařazení druhu v přílohách Směrnice 92/43/EHS o stanovištích. LR/nt – téměř ohrožený, CR – kriticky ohrožený, VU – zranitelný, NT – téměř ohrožený, KO – kriticky ohrožený, SO – silně ohrožený, II – příloha II do které spadají druhy, jejichž ochrana vyžaduje vyhlášení zvláštních oblastí ochrany, IV – příloha IV do které spadají druhy, které vyžadují přísnou ochranu (Horák et al. 2008).

Pro ochranu motýlů jsou velice důležité podrobné znalosti z oblasti ekologie jednotlivých druhů. Většina motýlů je mobilních a zároveň se vyznačují individuálními nároky na prostředí, ve kterém žijí. Velmi časté je také využívání většího množství různých typů prostředí v různých stupních jejich vývoje (vývojový cyklus, rozmnožování, či obživa probíhá na různých místech). Často mají velice specifické nároky druhy, jež žijí na stejných biotopech. V rámci praxe je tedy důležité nejen vědět o početních stavech jednotlivých druhů motýlů, ale i o příčinách faktorů, které je ohrožují. Dále je nutné zjistit informace týkající se jejich vazby na biotop, bionomie rostlin, na něž je vývojový cyklus motýla vázán, ekologické a

etologické informace vztahující se k danému druhu, atd. Pro ochranu motýlů by měla být orientačním bodem metapopulační teorie, ze které by měla vycházet. Celkově by se mělo dbát na udržení všech typů mikrostanovišť (Beneš et al., 2002) Díky sběratelům navíc existují doklady o výskytu motýlů na různých lokalitách i z dob, kdy byla ochrana přírody neznámým pojmem, a tak lze vystopovat dlouhodobé trendy rozšíření některých druhů až do hloubi 19. století (Oates, 2004).

Beneš et al. (2002) uvádí, že Intenzivní zemědělská činnost v posledních desetiletích se velkou měrou zasloužila o snížení zemědělské biodiverzity. V rámci těchto činností byli zasaženy některé druhy motýlů a jedním z nich je i *Phengaris nausithous* (druh našeho zájmu). V Anglii, jak zmiňuje Fuentes-Montemayor (2011), činí podíl zemědělsky obhospodařovaných ploch až 75 % a v České republice je podíl na 54 %. Kvůli vedlejším vlivům intenzifikace zemědělské činnosti vznikla agroenvironmentální opatření (AEO), která byla zavedena v celé řadě států Evropy i Ameriky. V případě Anglie se procento obhospodařované plochy, na které se praktikuje alespoň jedno z AEO, pohybuje na úrovni 45 %. Ačkoliv se ročně na realizaci těchto opatření uvolňují nemalé částky, je efekt aplikovaného schématu v mnoha případech jen částečný, neboť jejich zavádění má pozitivní efekt pouze na některé taxony. Jak prokázala celá řada studií, výsledek je vázán na řadu atributů, jako je např. mobilita druhu a rozsah opatření v rámci managementu.

3.10.1 Agroenvironmentální opatření (AEO)

Cílem Agroenvironmentálního opatření je podpoření způsobů takového využívání zemědělské půdy, které podporuje ochranu a zlepšení životního prostředí a krajiny, dále se jedná o podporu zachování obhospodařovaných území, přírodních hodnot a zdrojů, biologické rozmanitosti a údržby krajiny. AEO spadá do Programu rozvoje venkova, který je schvalován Evropskou komisí. Povinnost vůči těmto opatřením je závazná pro každý členský stát. Pro zemědělce je závazné dodržet podmínky hospodaření po minimální dobu závazku, která je uvedena na 5–7 let pouze pokud aplikují dané agroenvironmentální opatření (Boháčková, 2009).

3.11. Motýli jako bioindikační organismy prostředí

Pro sledování velice složitých ekologických vztahů v prostředí a posouzení negativních dopadů lidské činnosti na životní prostředí se používají ekologické indikátory či bioindikátory. Jedná se tedy o organismy, jež se vyznačují schopností rozpoznat a reagovat na antropogenní vlivy zasahující a měnící životní prostředí. Jejich citlivost je například zaměřena na stav znečištění vody či ovzduší. Na základě změn v početnosti jejich populace je poté možné odhadnout stav daného prostředí, které je cílem výzkumu.

Andersen (1999) popisuje bioindikátor jako určitou složku bioty, která se používá pro poskytnutí informací o komplexnosti daného ekosystému, v němž se tato složka nachází a hraje klíčovou roli v ochraně přírodního prostředí i managementu dané lokality. Velice zajímavá je skutečnost, že u bezobratlých organismů je použito pro bioindikační studie kolem 40 % druhů. Pro využití bioindikátorových druhů byly vyhotoveny podmínky, které musí daný druh splňovat, aby nedošlo k tomu, že bude pro bioindikaci v prostředí aplikován jen některý druh bezobratlého živočicha. Mezi takovéto podmínky řadíme abundanci, rozšíření, citlivost k změně v prostředí a schopnost být podroben sběru a identifikaci.

Beneš et al. (2002) uvádí, že motýli se vyznačují velmi krátkým životním cyklem a proto je pro ně typická rychlá reakce na změny prostředí. Citlivost na jemné změny v životním prostředí je způsobena jejich omezenou rozptylovou schopností, specializací na živnou rostlinou a detailní spolehlivost na podnebí a konkrétní počasí. McGeogh (1998) prokázal, že role bioindikátorů je u motýlů velmi úspěšná narozdíl od některých bioindikátorových druhů ptáků a rostlin. Motýli se vyskytují ve všech hlavních druzích pozemních stanovišť, a proto mají potenciál působit jako indikátory pro velmi širokou škálu biotopů. Na rozdíl od většiny ostatních skupin hmyzu jsou motýli dobře zdokumentováni, jejich taxonomie je srozumitelná a snadno rozpoznatelná a máme velké množství informací o jejich ekologii a životní historii. Hmyz tvoří vysoké procento divoce žijící fauny (více než 50% druhů) a proto je při posuzování bioindikační skupiny hmyzu možné posoudit celkový stav biologické rozmanitosti.

Ochranáři obvykle vybírají pro zaměření ochrany lokality podle ukazatelů, které poukazují na zdravé ekosystémy s vysokou biodiverzitou. Tedy místa s velkým počtem a rozmanitostí druhů. Inventarizace všech druhů žijících v dané oblasti je obvykle nemožná, a tak místo toho, vědci sledují výskyt bioindikátorových druhů, jejichž přítomnost naznačuje, že daná lokalita má vysokou biologickou rozmanitost. Nedávná studie deníku Tropical

Conservation Science testovala několik potenciálních kandidátních taxonů (brouci, netopýři a motýli) v Malajsii pro použití v bioindikaci. V oblasti Asie je ztráta stanoviště a druhů extrémní kvůli zdvojnásobení lidské populace v posledních 40 letech. V rámci této studie bylo zjištěno, že motýli jsou zde ve funkci bioindikace nejspolehlivější. Určení nejvhodnějšího bioindikátorového druhu je obtížný úkol, a standardizovaná metoda pro tuto činnost zatím neexistuje. Místo toho vědci do značné míry spoléhají při výběru indikátorových druhů na svoji intuici a zkušenosti (Syaripuddin et al., 2015).

3.11.1 Funkce bioindikátorů v různém stupni jejich bioindikace

Underwood (2004) popisuje typy indikátorů a jejich funkce

environmentální indikátory

Jedná se o taxon, který reaguje předvídatelně, a to způsoby, které jsou snadno pozorovatelné a kvantifikovatelné při narušení životního prostředí nebo změny jeho stavu. Tyto organismy se používají pro včasné varování nebo k rozpoznání rušivých účinků v prostředí. Organismy mohou být použity například jako akumulátory chemických látek nebo ke kontrole stavu odpadních vod, přítomnosti škodlivin či ke zhodnocení znečišťujících látek v pořadí jejich toxicity.

Ekologické indikátory

Taxony jsou používány, spíše než jen jako měřidla změny životního prostředí, pro demonstraci účinku změny stanoviště nebo pro změny klimatu. Reakcí na změny může být pokles velikosti populace nebo změna v prostorové distribuci daného indikátoru.

Indikátory biodiverzity

Indikátor biodiverzity je skupina taxonů (např. Rod, kmen, řád) nebo funkční skupina, jejíž rozmanitost odráží určitou míru rozmanitosti dalších druhů v prostředí. Podle těchto indikátorů lze určit druhové bohatství, úroveň endemismu či genetickou diverzitu.

3.11.2 Výhody biologického monitoringu pomocí hmyzu

Underwood (2004) popisuje výhody biologického monitoringu pomocí hmyzu v následujících pěti bodech.

1. Mnoho taxonů se liší s ohledem na jejich citlivosti na změny životního prostředí a stanovišť. Můžeme se zaměřit na funkční skupiny, jako jsou primární spotřebitelé nebo hlavní predátoři při monitoringu funkcí ekosystému
2. Obecný nedostatek etických omezení v odběru vzorků hmyzu
3. Hmyzí populace bývají velmi velké, takže usmrcení několika set jedinců nebude mít negativní dopad na jejich populaci
4. Hmyz může být považován za „kanárky“ při rozpoznání poškozeného životního prostředí (jako je například kvalita vody nebo hromadění toxických chemikálií), které může mít negativní dopad na lidskou populaci.
5. Jedním z hlavních cílů pro monitorování životního prostředí je zjištění účinků na prenatální život dítěte.

3.12 Management stanovišť *Phengaris nausithous*

Jak zmiňuje Beneš et al. (2002), na území České republiky se nachází 161 druhů řadících se k denním motýlům, z tohoto počtu je však již 18 druhů (11 %) vymřelých a 16 druhů (10 %) se k tomuto stavu neustále přibližuje. Polovinu druhů již nalezneme v různých stupních ohrožení (45 %). Elmes et al. (1991) uvádí u projektů se zaměřením na ochranu motýlů rodu *Phengaris* důležitý klíčový faktor, a to stav místní komunity mravenců rodu *Myrmica*. Tito mravenci jsou bezpochyby důležití při určování velikosti a stability populací motýlů.

Na základě velmi kritického stavu motýlí fauny je také důležitým faktorem především ochrana stanovišť s výskytem motýlů. V rámci ochrany stanovišť motýlích populací se

uvažuje v kilometrech či dokonce až v desítkách čtverečních kilometrů. Důležitým vodítkem by měla být metapopulační teorie (viz. Kapitola 3.9.1), která poukazuje na trvání biotopů v čase a na jejich rozmístění v prostoru. Mnoho motýlů můžeme zařadit k mobilním živočichům, neboť mají velmi jedinečné nároky na své prostředí výskytu (Beneš et al., 2002). Nejinak je tomu i u druhu *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779), který je svým vývojovým cyklem úzce spjat s určitým typem stanoviště, druhu mravence a hostitelské rostliny. Thomas (1995) zmiňuje motýly rodu *Phengaris* jako jedny z mála živočichů z říše hmyzu, pro které byla přijata zvláštní ochranná opatření a jsou považováni za „vlajkové druhy“ velkým množstvím ochránců přírody. Za „vlajkový druh“ se považuje rostlina nebo živočich, které se těší oblibě veřejnosti. Na základě jejich ochrany se zajistí i ochrana druhů žijících ve stejném prostředí a dále i ochrana prostředí, ve kterém je zaznamenán jejich výskyt. Obecně je známo, že hmyz je veřejností méně oblíben než vyšší obratlovci jako je například Panda velká (*Ailuropoda melanoleuca*), jež je symbolem Světového fondu na ochranu přírody. Ovšem zaměření na vlajkové druhy hmyzu podporuje dva hlavní cíle a to širší perspektivu využití této skupiny živočichů na základě jejich všudypřítomnosti a vysokého počtu a dále jejich možnost upozornit na ochranu přírody v obecném měřítku (Quiney a Oberhauser, 2008).

Beneš et al. (2002) uvádí hlavní příčiny problému úbytku a destrukce stanovišť modráška bahenního a to konkrétně intenzifikaci zemědělství, spontánní sukcesí, orbu, melioraci a zalesňování. Za nejhůře postižené oblasti těmito procesy, které mají dopad na modráška bahenního, je podle Thomase (1995) oblast Střední Evropy a to zejména Španělsko, jižní Francie a severní Itálie a dále všechny východoevropské země. Romo et al. (2015) udává skutečnost, že během posledních desítek let je více než jasné, že výskyt mnoha druhů živočichů a rostlin se mění s narůstajícími změnami životního prostředí. Takovéto změny mají velmi vysoký vliv na ektotermní živočichy, kterými jsou i motýli. Pro tyto účely je v dnešní době velká pozornost věnována modelům s rozšířením ohrožených druhů. Jeden z nejpoužívanějších modelů se nazývá MaxEnt program (Elith et al., 2011). Hlavním úkolem tohoto programu je předpovědět distribuci daného druhu na základě jeho údajů a vhodná místa k jeho případnému rozšíření.

Beneš et al. (2002) udává, že metody menagementu se rozdělují podle jednotlivých biotopů a intenzity ohrožení druhů. Biotopy modráška bahenního jsou ve větší míře uváděny rašelinné louky a pastviny, eutrofní mokřady, hygrofilní ruderaly a v menším měřítku jsou to

pak pastviny podhůří i nížin a mezofilní květnaté louky. Management těchto biotopů je podrobněji vysvětlen v tabulce č. 5. *Phengaris nausithous* je v dnešní době velmi prozkoumaným druhem, což napomáhá realizaci managementu jeho prostředí. Elmes et Thomas (1992) poukazují na skutečnost, že pro zachování větších populací u motýlů rodu *Phengaris* je vhodné udržovat biotopy tak, aby byla optimalizována početnost a rozšíření mravenců rodu *Myrmica* a dále pak rozšíření hostitelské rostliny Krvavce totenu. Tohoto cíle může být dosaženo pod podmínkou, že opatření pro ochranu těchto druhů budou podložena detailně vypracovaným autekologickým výzkumem.

Tab. č. 5: Management biotopů s výskytem *P. nausithous* (Beneš et al., 2002)

Rašelinné louky a pastviny	Jednoroční mozaikové kosení s ponecháním širokých lemů na začátku června a následné podzimní přepasení, nebo celoroční pastva malého počtu dobytka (max. 5 ks/ha). Dále se nedoporučuje hnojit, zalesňovat a odvodňovat.
Eutrofní mokřady	Sečení jednou ročně v květnu až červnu, nebo až na podzim, nikdy ne v době květu krvavce totenu. Při senoseči ponechávat neposečené pruhy a lemy. Bránit expanzi rákosu. Na dříve odvodněných nivních loukách provádět umělé povodňování.
Hygrofilní ruderaly	Blokace invaze rákosu, obnova mozaikovitého sečení, potlačování sukcese dřevin, snaha přiblížit stanovištím eutrofních mokřadů.
Pastviny podhůří a nížin	Extenzivní pastva dodržující tradiční postupy. Nepřístupné je pást po celou sezónu na jednom místě. Nedovolit neúnosné koncentrace zvířat, zcela vyloučit „zlepšování“ pastviny dosevem jetelotravních směsí. Na pastvinách ponechávat staré solitérní stromy a keře či jejich skupiny.
Mezofilní květnaté louky	Při senoseči nikdy nekosit celou louku, vždy postupovat v mozaice či v pruzích, ponechávat nesečené okraje a lemy, jež mohou být posečeny při další seči o několik dní později, při otavách, nebo až příští rok. Louky nehnojit a neodvodňovat.

Doporučení pro zachování motýlů ve volné krajině

Beneš et al. (2002) ve své knize doporučuje určitá obecná opatření, která by měla zvýšit potenciál krajiny pro zachování motýlů ve volné krajině.

- Podpora ekologického zemědělství, obnova květnaté a křovinaté meze a dále lemů polních cest.
- Biologické hodnocení pro rozsáhlé stavební projekty by měla obsahovat výzkumem denních motýlů dané lokality.
- Rekultivace těžebních prostorů, hald a výsypek s využitím spontánní sukcese, výsadbou vhodných druhů rostlin a řízenou reintrodukcí živočišných druhů.
- Upřednostňování květnatých lučních trávníků před nízcí sekanými trávníky s jedním druhem trav (anglické trávníky).

Na stavy *P. nausithous* má velmi vysoký vliv doba kosení trávy na stanovištích. Nevhodně zvolená doba kosení má za následek zničení jak larev, tak i vajíček těchto motýlů (Johst et al., 2006). Rákosy (2003) proto zmiňuje vhodnou dobu pro sečení luk z hlediska ochrany motýlů, a to nejlépe před dnem 1. června a podruhé po 20. srpnu. Tímto způsobem se mohou na hostitelské rostlině vyvinout první tři larvální instary a také mohou být přijaty hostitelskými mravenci. Nejvhodnější je podle Beneše et al. (2002) ruční sečení luk a pokud možno mimo letovou aktivitu modrásků anebo je vhodné alespoň ponechat několikametrový neposečený pás pro zachování přítomných jedinců.

Jak už bylo zmíněno *P. nausithous* je druh vyskytující se na vlhčích loukách a jeho ohrožení může být způsobeno odvodněním luk. Jak je tomu ale při zaplavení uvádí Kajzer-Bonk et al. (2013). Tato zajímavá studie o působení přírodních záplav na stanoviště motýlů rodu *Phengaris* v jižním Polsku proběhla ve dvou po sobě jdoucích letech, a to roku 2009 (s "normálním" počasím) a 2010 (s extrémními srážkami a následnými povodněmi). Výsledky ukázaly, že dočasné záplavy vyskytující se po dlouhodobých deštích nemají negativní vliv na zkoumané druhy a to i během larválního období v mravenčím hnízdě. To poskytuje pádný argument proti drenážním pracím probíhajícím na vlhkých loukách s motýly rodu *Phengaris*.

4. Metodika

4.1 Charakteristika zkoumané lokality

Chráněná krajinná oblast Broumovsko byla založena v roce 1991 na ploše 430 km². Nachází se v severovýchodním koutu Čech – mezi Orlickými horami, Krkonošemi a územím polského Kladska. Magnetem a nejcennějším klenotem Broumovska jsou skalní města

kvádrových pískovců. Jsou významná celkovou rozlohou přes 30 km², reliéfem s převýšením skal až 100 m i inverzním klimatem, umožňujícím existenci vzácné květeny a zvířeny. Národní přírodní rezervace Adršpašsko-teplické skály patří se svými 17 km² k největším územím s pískovcovým reliéfem ve střední Evropě. Stejně ochrany požívají i Broumovské stěny, oddělující náhlým vzedmutím Broumovskou kotlinu od Polické vrchoviny. Nedávno byla část hřebene stěn vyhlášena jako národní přírodní památka Polické stěny. Zejména první z uvedených území patří zároveň k nejnavštěvovanějším přírodním lokalitám v ČR (Heinzlová et al., 2011).

Obr. č. 6: Výhled na CHKO Broumovsko

foto: autorka práce



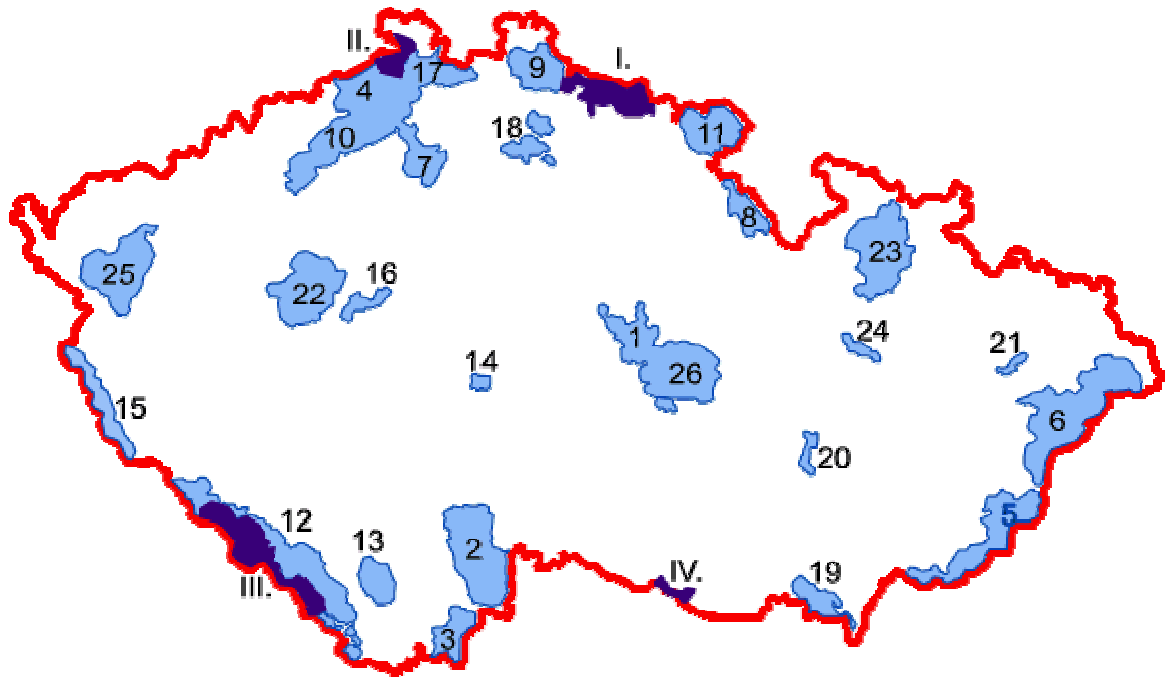
Jednotlivé plochy, na kterých byl prováděn výzkum, se nacházejí východně a severovýchodně od maloplošného zvláště chráněného území Adršpachu. Kritéria pro určení cílových ploch byly stavy motýlů v roce 2016, přítomnost živné rostliny krvavec toten a pokrytí co největšího rozsahu území pro výzkum, nicméně vzdálenost mezi plochami byla vybírána v závislosti na předpokládané komunikaci ploch prostřednictvím přeletu motýlů a

jedním z cílů studia bylo potvrdit tyto přelety a tím zapojení ploch do metapopulačních struktur. Detail jednotlivých ploch, kterých bylo zvoleno 13, je znázorněn v příloze č. 9.

Obr. č. 7: CHKO Broumovsko je znázorněna pod číslem 11 (slepá mapa CHKO v ČR)

zdroj:<http://gymnaziumhranice.cz/soubory/predmety/ProjektZemepis/TEMPLATE/mapa.htm>

m



Charakteristika jednotlivých ploch:

Plocha č. 1: Ruprechtice 1 (R1, příloha č 16)

Lokalizace (GPS): 50°38'13.136"N, 16°15'25.963"E

Rozloha: 11264 m²

Parcela: 813/1, část 866, část 817

Popis: Jedná se o louku obklopenou lesním porostem, která je využívána po určitý čas jako pastvina. Krvavec se zde nachází v menší míře. Dochází zde tedy pravděpodobně k péči o louku pravidelným kosením a pasením. Tato plocha je nejvzdálenější od obce Ruprechtice.

Plocha č. 2: Ruprechtice 2 (R2, příloha č.17)

Lokalizace (GPS): 50°37'39.205"N, 16°16'14.011"E

Rozloha: 39509 m²

Parcela: 659, 662,16, část 663, část 645, část 644, část 1669

Popis: Lokalita se nachází v obci S a SZ od kostela a zaujímá též mělké údolí v západní části lokality. Tato lokalita je krvavcem hojně osídlena. Sečení je zde pravděpodobně pravidelné.

Plocha č. 3: Ruprechtice 3 (R3, příloha č. 18)

Lokalizace (GPS): 50°37'29.012"N, 16°16'17.101"E

Parcela: část 582, část 1748/1, část 598/1

Rozloha: 5097 m²

Popis: Živná rostlina se na tomto území vyskytuje v jednotlivých fragmentech a poměrně hojně a to podél železniční tratě jižně od kostela a v místě vedení tratě přes mostek je její porost slabší. Louka mezi tratí a kostelem je pravidelně sečena, ale výskyt krvavce zde byl též patrný.

Plocha č. 4: Ruprechtice 4 (R4, příloha č. 19)

Lokalizace (GPS): 50°37'22.151"N, 16°16'4.433"E

Rozloha: 9169 m²

Parcela: část 1632, část 1608, 1606,1686,1607,1618

Popis: Plocha se nachází severně od odbočky silnice na Hynčice a je v údolí Stěnavy západně od rybníků. Krvavec byl zde přítomen ve velmi hojném počtu, a jak bylo sděleno majitelem, tato plocha je každý rok kosena. Nicméně po dobu odchytu seč louky odložil.

Plocha č. 5: Vižňov 1 (V1)

Lokalizace (GPS): 50°38'16.541"N, 16°14'16.904"E

Rozloha: 5768 m²

Parcela: část 334, část 1461/1, 333/1, 335/1, 1461/6

Popis: Jedná se o poměrně velkou louku v proluce mezi nemovitostmi, která se při pohledu severním směrem v obci line po levé straně silnice a krvavec je zde hojný ale spíše ve spodnější části louky.

Plocha č. 6: Vižňov 2 (V2)

Lokalizace (GPS): 50°38'40.349"N, 16°14'21.693"E

Rozloha: 8360 m²

Parcely: část 230, část 232, část 1523, 1215/2

Popis: Plocha je situovaná kolem kostela a krvavec je zde hojně rozšířen a to především v ostrůvkovitých fragmentech v jihozápadní části.

Plocha č. 7: Vižňov 3 (3a a 3b) (Meziměstí) (V3a, V3b)

Lokalizace (GPS): 3a: 50°37'47.731"N, 16°13'46.159"E; 3b: 50°37'51.553"N, 16°13'49.249"E

Rozloha 3a: 40243 m²

Rozloha 3b: 3631 m²

Parcely 3a: 431/9, 431/14, 431/1

Parcely 3b: 434, 433/2

Popis: Jedná se o rozlehlou louku za benzínovou pumpou západně od Meziměstí a mokřad vyskytující se severně od železniční trati.

Plocha č. 8: Hynčice 1 (H1)

Lokalizace (GPS): 50°37'30.188"N, 16°17'16.427"E

Rozloha: 17979 m²

Parcely: část 345, část 351/1, část 347/1, 507/8, 322, 321, 346

Popis: Lokalita se nachází za železniční zastávkou s přístupem od silnice podchodem. Živná rostlina se tu vyskytuje v hojném počtu.

Plocha č. 9: Hynčice 2 (H2)

Lokalizace (GPS): 50°36'58.626"N, 16°18'35.529"E

Rozloha: 34504 m²

Parcely: část 448, část 449/1, část 447/1

Popis: Plocha je velká a nachází se mezi silnicí a lesním okrajem s korytem Stěnavy po obou stranách železniční trati vedené podél silnice. Krvavec je pouze v lokálních místech mezi tratí a lesem, ale v hojném počtu mezi tratí a silnicí.

Plocha č. 10: Hynčice 3 (H3)

Lokalizace (GPS): 50°37'1.763"N, 16°18'5.557"E

Rozloha: 35250 m²

Parcely: 597/2

Popis: Jedná se o velkou louku v ohybu Stěnavy severně od železniční trati v k. ú. Hejtmánkovice. Podél trati se na tuto lokalitu můžeme dostat z H4 A H2 lesní cestou. Krvavec se zde nachází ve fragmentech.

Plocha č. 11: Hynčice 4 (H4)

Lokalizace (GPS): 50°37'2.155"N, 16°18'18.998"E

Rozloha: 11099 m²

Parcely: část 565, 461

Popis: Tato lokalita s velkou loukou se nachází severním směrem od železniční trati a jižně od silnice ve směru Hynčice – Broumov. Krvavec se vyskytuje pouze jednotlivě.

Plocha č. 12: Hynčice 5 (H5)

Lokalizace (GPS): 50°37'22.641"N, 16°17'32.495"E

Rozloha: 15010 m²

Parcely: část 288/8, 288/7, 288/1, 507/14

Popis: Tato plocha je propojená s plochou H1 a je ohraničena východně od parkoviště u zastávky a severně od trati. Krvavec je zde pouze v hojných fragmentech.

4.2. Vlastní metodika práce

4.2.1. Způsob sběru dat

Vlastní výzkum motýla druhu *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779) probíhal od 4. července až do 5. srpna roku 2016. Správa CHKO Broumovsko udělila výjimku z ochranných podmínek pro rod *Phengaris* a v souvislosti s navazujícím výzkumem mravenců i pro rod *Formicapod* č. j. 01275/BR/16. Než byla výjimka obdržena, probíhala pouze lokace ploch s největší denzitou živné rostliny krvavce totenu a to z veřejných komunikací a turistických stezek. Krvavec toten je nezbytnou součástí vývojového cyklu cílového druhu motýla a jeho vymapování se jevílo nejjednodušší cestou, jak vyhledat potenciálně vhodná stanoviště. V tabulce č. 6 je tedy obsažena kvalita zkoumaných ploch z hlediska managementu, denzity krvavce a celkové početnosti *P. nausithous* (vyhodnoceny programem

MARK). Pro hustotu porostu krvavce byla zvolena pomyslná stupnice v rozmezí 1 – 3. (1 - hojný výskyt (plošný výskyt), 2 – střední výskyt (ostrůvkovitý výskyt), 3 – vzácný výskyt (rostliny přítomny jednotlivě).

Tabulka č. 6: Tabulka managementu, denzity krvavce a Celkových početností *P. nausithous*

Plocha	Management v roce 2016	Denzita krvavce	Celk.počet P. nausithous
R1	částečně vypásáno, velkoplošně koseno v nevhodnou dobu	3	105
R2	část v obci ladem, ve směru od obce velkoplošně koseno ve vhodný termín	1	153
R3	ladem, přilehlá louka velkoplošně kosena v nevhodný termín	2	81
R4	koseno nepravidelně, majitel části ochoten nastavit seč vhodnou pro modrásky	1	199
H1	velkoplošně koseno v nevhodný termín, okraje, ostrůvky a křižení cest ladem	2	38
H2	část u lesa velkoplošně kosena relativně ve vhodném termínu, mezi silnicí a tratí ladem	2	367
H3	velkoplošně koseno v relativně vhodném termínu	2	250
H4	velkoplošně koseno v relativně vhodném termínu	3	230
H5	koseno ve vhodném termínu	2	172
V1	koseno velkoplošně a v nevhodném termínu, nejvlhčí okraj u silnice ladem	2	189
V2	v roce 2016 nekoseno, příležitostně zřejmě ano	3	102
V3a	koseno v relativně vhodném	2	193

	termínu		
V3b	nekoseno, ladem	3	0

K získání dat byla používána metoda zpětného odchyty značených jedinců (MMR metodika, CRM - Capture – Recapture Method),(White et al. 1982). Na jednotlivých plochách (příloha č. 9) byl prováděn odchyt každý den přibližně od 9 do 17 hodin. Pracovníků, bylo dohromady šest a každý měl přidělené své plochy, na kterých prováděl monitoring a značení motýlů. Plocha byla pracovníkem vždy procházena 1x či 2x za den se snahou strávit na každé ploše zhruba stejný časový úsek. Nicméně pro možnost statistického zpracování byly nakonec s větší prioritou sledovány plochy s větší hustotou populace modrásků. Odchyt byl vzhledem k personálním možnostem týmu ukončen dříve. Po ukončení odchyty trvala letová sezóna modrásků ještě po několik dní.

Samotný odchyt probíhal pomocí entomologické sítě (příloha č. 14). Patří k nezbytnému náčiní k odchyty motýlů v terénu. Skládá se z rukojeti, kruhu a sítě, která je přes kruh natažená. Optimální průměr kruhu je 30 cm. Entomologické sítě (příloha č. 8) se vyrábějí v různých velikostech, často z hedvábného nylonu či silonu. Rukojeť je složena z několika dílů a je možné ji prodloužit nebo zkrátit (Novák, 1969). Barva sítě natažená na kruh je nejčastěji tmavě zelená, černá nebo bílá. Při odchyty nesměla být síťka a stejně tak ostatní náčiní sloužící k manipulaci motýlů mokrá nebo potřísněná repelentem, neboť by hrozilo poškození motýla.

K uchopení chyceného jedince sloužila entomologická pinzeta (příloha č. 7), kterou se motýl zafixoval. Pro fixaci se pinzeta vedla směrem nad hlavou k zadečce s následným uchopením přiměřeným tlakem obou párů křídel. Délka pinzety je 16 cm. Takto znehybněný motýl se po vyndání ze sítě (příloha č. 15) natočil na bok a druhou rukou se označil lihovým fixem centropen (2636 permanentní OHP F) příslušným kódem na druhý pár křídel a to pouze z jedné strany. Každý pracovník měl přidělenou svoji barvu lihového fixu pro lepší orientaci ve značení. Kód pro každého pracovníka byl unikátní, tak aby umožnil identifikaci značitele i konkrétního jedince motýla. Dalším krokem po označení motýla příslušným kódem bylo jeho vypuštění a zapsání daných informací do protokolu. Pro zápis informací byly používány čísla a písmena. Prvním krokem po fixaci motýla bylo zjištění pohlaví a následoval jeho zápis M (samec) a F (samice). Dále se zapsal přesný čas (hodina a minuta) a další údaje: číslo imaga (kód), olétanost (I - neolétaný, II – mírně olétaný, III – olétaný), chování (N –

nektarink, F – létání, B – slunění, K – kopulace, R – odpočinek), oslunění (1 – jasno, 2 – polojasno, 3 – zataženo), větrnost (1 – bezvětří, 2 – mírný vítr, 3 – silný vítr), lokalita, poznámky a chování (O – kladení, P – hledání samice samce, T – ostatní). Po odchycení již označeného motýla (retrap) byl proveden též zápis do protokolu. Odchyt byl prováděn osobami: Kateřina Hejretová, Tomáš Husák, Anežka Štěpánková, Šárka Valachová a Vladimír Vrabec.

Obr. č. 8: Uchycení *P. nausithous* pinzetou s označením

foto: Kateřina Hejretová



Obr. č. 9: Značení jedince *P. nausithous* autorkou práce na lokalitě H2

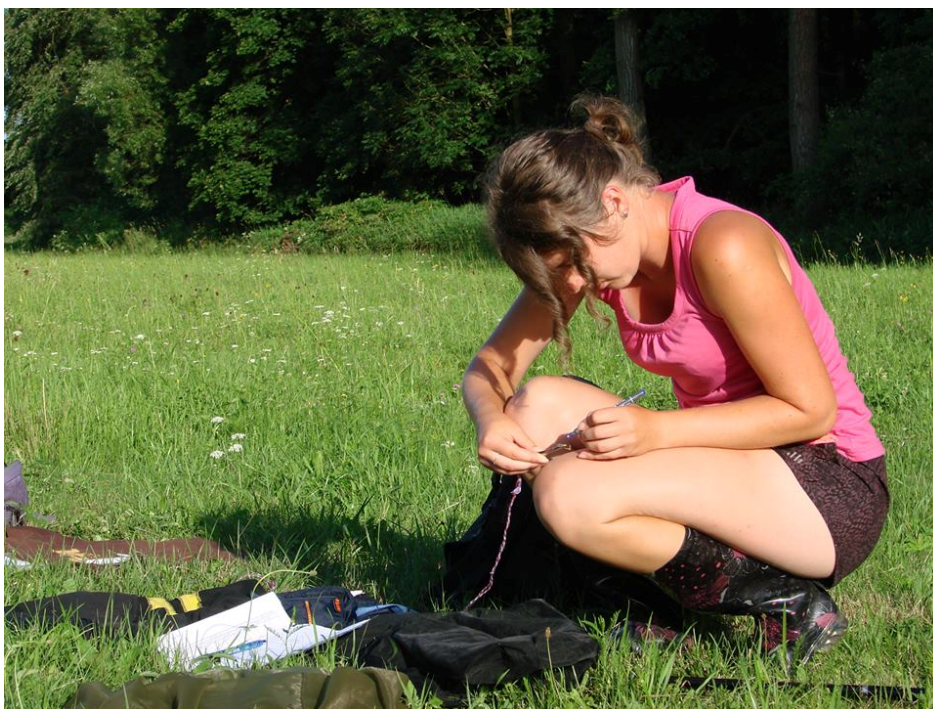


Foto: Kateřina Hejretová

4.2.2. Způsob zpracování dat

Po dokončení práce v terénu byla data z terénních protokolů přepsána do programu Microsoft Excel. Každý záznam motýla byl převeden na 1 (motýl chycen) a 0 (motýl nechycen) a byl připraven design excelové tabulky, která byla vyhodnocena programem MARK 8.1.(White et Burnham 1999).Tento program poskytuje řadu sofistikovaných analýz. Mezi jeho pokročilé funkce patří např: grafy parametrů odhadu z jednoho nebo více modelů, modely konstruované s návrhem maticí pro odhad průměru ze souboru reálných parametrů či model průměrování (Beissinger et McCullough, 2002). Beneš et al. (2002) uvádí jako jeho hlavní využití odhady míry přežití a dále parametrů jako jsou migrace, rozdíly v míře odchytů mezi lokalitami a pohlavími zkoumaných jedinců. Zpracování a výpočet byl proveden na katedře zoologie a rybářství (bez titulů: T. Bubová, H. Potočková, M. Kulma, a V. Vrabec). Pro vypočtení statistických parametrů byla použita metoda Cormack-Jolly-Seber(viz. Schwarz and Arnason 1996; Schwarz and Seber 1999).Pro *P. nausithous* byl použit model : $\phi(\cdot)p(t)$, kdy se jedná o model, se stejnou denní přežitelností a varírující pravděpodobností zachycení, kdy se pravděpodobnost odchyty mění v průběhu času, ale je stejná pro pohlaví.Tyto specializované výsledky mně byly pro účely diplomové práce poskytnuty.

Sama jsem ve výsledném statistickém vyhodnocení vytvořila v procesoru Microsoft Excel příslušné tabulky, a na základě nich grafická vyjádření těchto dat. V programu Statistika(verze???) v rámci t-testů jsem zvolená data porovnála a vyhodnotila.

5. Výsledky

5.1. Výsledky vyhodnocení početností *Phengaris nausithous*

Tabulka č. 7 udává výsledné počty *P. nausithous*, které jsou popsány následovně. Počet označených *Phengaris nausithous* na jednotlivých plochách je označen písmenem n. maximální odhadnuté množství modrásků (celková metapopulace), kteří se na ploše mohli pohybovat je značeno písmenem N. Denní přežitelnost je označena řeckým písmenem, p označuje průměrnou pravděpodobnost odchyty a P označuje sezonní pravděpodobnost odchyty. Na 13 zvolených lokalitách Broumovska bylo pro rok 2016 označeno 687 jedinců *Phengaris nausithous* (Jedná se o počet označených motýlů, který nebere v úvahu opakované záchyty - retraps). Nejvyšší počet označených modrásků byl na lokalitě Hynčice 2 (149 jedinců) a naopak nejnižší počet zahrnovala plocha Hynčice 1 (15 jedinců). Pro výslednou metapopulaci všech lokalit bylo výpočtem odhadnuto 1487 jedinců. Lokality s největším počtem cílového druhu v rámci metapopulace (maximální odhadnutý počet motýlů na lokalitách) jsou Hynčice 2 (367 jedinců), Hynčice 3 (250 jedinců) a Hynčice 4 (230 jedinců).

Odhadovaný počet vylíhlých modrásků celkové populace je stanoven na 1592 a počet imigrantů (modrásci, kteří přiletěli) celkové populace na 486 jedinců. Detailní znázornění tab. č. 7 je obsaženo v tab. č. 8.

Tabulka č. 7: Statistické vyhodnocení početností *Phengaris nausithous* jednotlivým plochám Broumovska pro rok 2016

Plocha	n	Fí (.)	p (.)	N (celkem)	p (celkem)	Počet vyhlíhlých imigrantů
H1	15			38	0,40	31 6
H2	149	0,83	0,23	367	0,41	241 126
H3	35	0,82	0,08	250	0,14	143 107
H4	61	0,71	0,17	230	0,27	111 119
H5	65	0,76	0,35	172	0,38	159 13
R1	37	0,91	0,17	105	0,35	98 7
R2	62	0,82	44,00	153	0,41	147 6
R3	33	0,80	0,30	81	0,41	42 39
R4	46	0,95	0,13	199	0,23	156 43
V1	99	0,69	0,45	189	0,52	173 16
V2	50	0,74	0,35	102	0,49	102 0
V3	86	0,87	0,20	193	0,45	189 4
součet/průměr				2079	0,37	1592 486
všechny plochy celkem	687			1487		

Tab. č. 8: Výsledky analýzy MRR dat pro *P. nausithous*

Příloha 2: Výsledky analýzy MRR dat pro *P. nausithous* Broumovsko 2016

Plocha	Zachycení jedinci n	Parametry pro výpočet		Odhad sezónní velikosti populace			Sezónní pravděpodobnost odchyty \hat{p}_{total}	Odhadovaný počet jedinců	
		denní přežitelnost $\hat{w}(t)$ ^a	průměrná pravděpodobnost odchyty $\hat{p}(t)$ ^a	N_{total}	SE	95% CI-		95% CI+	Vylíhlí jedinci v průběhu sezóny
H1	15	-	-	38			0,40	31	6
H2	149	0,83	0,23	367	*	*	0,41	241	126
H3	35	0,82	0,08	250	*	*	0,14	143	107
H4 ^b	61	0,71	0,17	230	*	*	0,27	111	119
H5	65	0,76	0,35	172	*	*	0,38	159	13
R1	37	0,91	0,17	105	*	*	0,35	98	7
R2	62	0,82	44,00	153	*	*	0,41	147	6
R3 ^b	33	0,80	0,30	81	*	*	0,41	42	39
R4	46	0,95	0,13	199	*	*	0,23	156	43
V1	99	0,69	0,45	189	*	*	0,52	173	16
V2 ^b	50	0,74	0,35	102	*	*	0,49	102	0
V3a	86	0,87	0,20	193	*	*	0,45	189	4
V3b ^b	0	-	-	0	*	*	0,40		
Suma				2079			0,37	1592	486
Všechny plochy				1487	*	*			

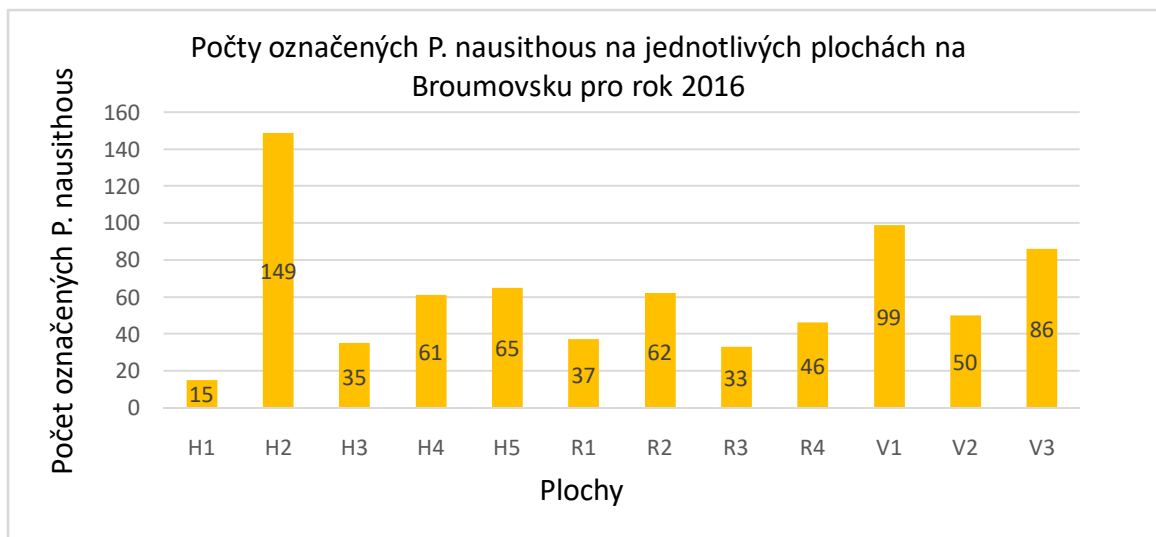
^a Uváděno pouze pro účely porovnání, zdali použitý model nebral v úvahu konstantní denní přežitelnost ani konstantní pravděpodobnost odchyty

^b \hat{p}_{total} bylo dopočteno bez odhadů MRR pomocí průměru 0,40

* Výpočet nebylo možné provést.

V grafu č.1, který porovnává jednotlivé počty *P. nausithous* zřejmá dominance v početnosti na plochách Hynčice 2 (149 jedinců), Vižňov 1 (99 jedinců) a Vižňov 3 (86 jedinců). Nejmenší počty byly zaznamenány na plochách Hynčice 1 (15 jedinců), Ruprechtice 3 (33 jedinců), Hynčice 3 (35 jedinců) a Ruprechtice 1 (37 jedinců). Na ostatních plochách bylo označeno: Hynčice 4(61 jedinců), Hynčice 5 (65 jedinců), Ruprechtice 2 (62 jedinců), Ruprechtice 4 (46 jedinců) a Vižňov 2 (50 jedinců).

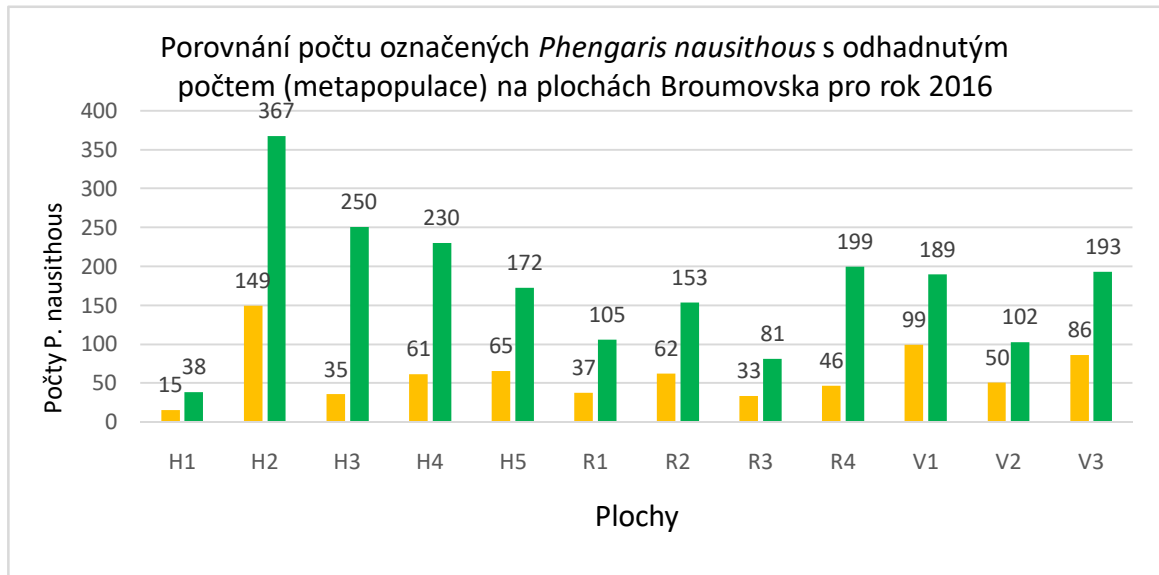
Graf č. 1 Počty označených *Phengaris nausithous* na jednotlivých plochách na Broumovsku pro rok 2016



Graf č. 2 znázorňuje porovnání počtu označených *P. nausithous* s odhadnutým počtem (metapopulace) *P. nausithous*. Jednotlivé sloupce počtů jsou barevně odlišeny. Žlutě jsou vyobrazeny počty označených a zeleně odhadnuté počty. Největší rozdíly jsou

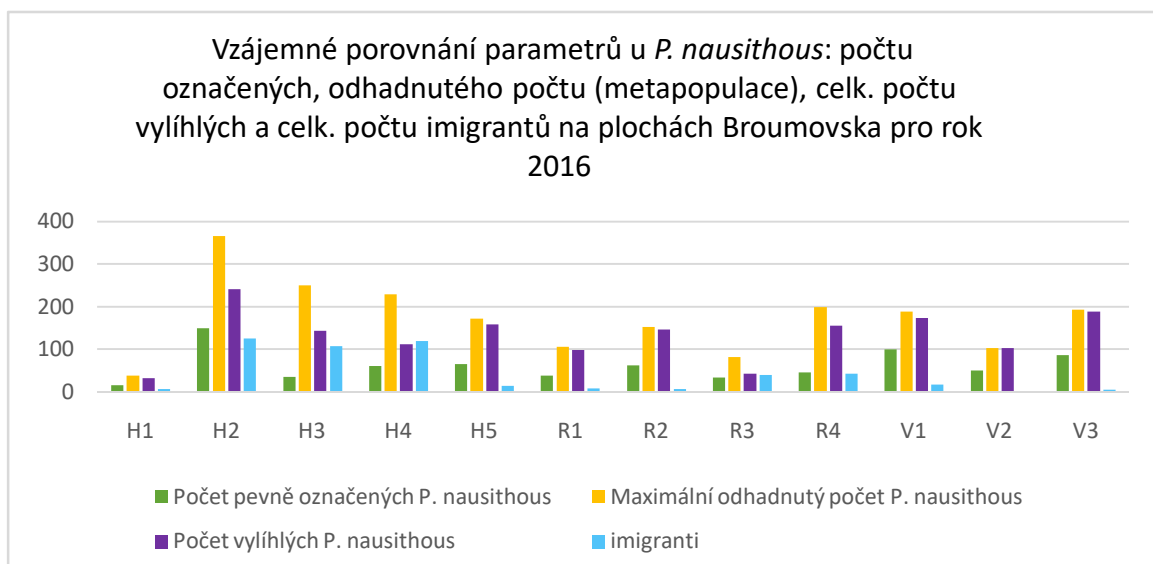
vyobrazeny na sloupcích plochy Hynčice 2 (předpokládáno bylo navýšení o 218 *P. nausithous*) a Hynčice 3 (předpokládáno bylo navýšení o 215 *P. nausithous*).

Graf č. 2 Porovnání počtu označených *P. nausithous* s odhadnutým počtem (metapopulace) na plochách Broumovska pro rok 2016



V grafu č. 3 je vyobrazeno porovnání čtyř parametrů s počty *P. nausithous*. Počet vylíhlých *P. nausithous* celkové populace s maximálním odhadnutým počtem (metapopulace) *P. nausithous* výrazně převyšuje počet označených *P. nausithous*. Celkové počty imigrantů jsou v porovnání s ostatními třemi parametry velmi slabé. Odhadnuté počty převyšují všechny parametry v rámci všech lokalit. Počty vylíhlých *P. nausithous* jsou vyšší než počty označených a počty imigrantů a naopak nižší než odhadnuté počty. Pro jednodušší představu jsou jednotlivé počty v grafu barevně odlišeny.

Graf č. 3: Vzájemné porovnání parametrů u *Phengaris nausithous*: počtu označených, odhadnutého počtu (metapopulace), celk. počtu vylíhlých a celk. počtu imigrantů na plochách Broumovska pro rok 2016



plochách Broumovska pro rok 2016

5.2 Výsledky vyhodnocení počtu apřeletů *Phengaris nausithous*

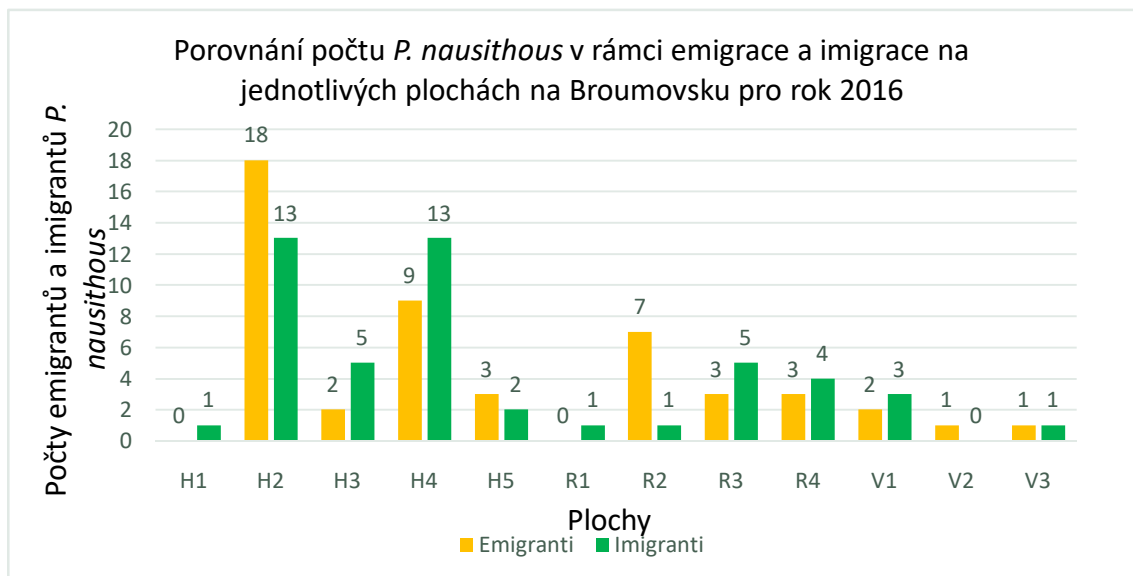
Na lokalitách Broumovska bylo zjištěno, že mezi nimi dochází k přeletům. Z tabulky č. 9 je patrné, že nejvíce přeletů bylo zaznamenáno z plochy Hynčice 2 na Hynčice 4 (11 přeletů) a dále z plochy Hynčice 4 na Hynčice 2 (7 přeletů). Počet imigrantů byl 49 a počet emigrantů 58. Počet retraps (odchycení již označení motýli) byl 278 jedinců. Nejvíce emigrací bylo z ploch Hynčice 2 (18), Hynčice 4 (9) a z plochy Ruprechtice 2 (7). Naopak největší množství imigrací bylo na plochu Hynčice 2 (13), Hynčice 4 (13) a Ruprechtice 3 (5).

Tabulka č. 9: Počty přeletů mezi jednotlivými lokalitami na Broumovsku pro rok 2016

Graf č. 4 znázorňuje počty emigrantů a imigrantů na jednotlivých plochách. Nejvíce jedinců *P. nausithous* emigrovalo z ploch Hynčice 2 (18), Hynčice 4 (9) a Ruprechtice 2 (7). Naopak imigrace byla nejsilnější v rámci ploch Hynčice 2 a Hynčice 4 s třinácti jedinci. Emigranti jsou znázorněni žlutou barvou a imigranti zelenou.

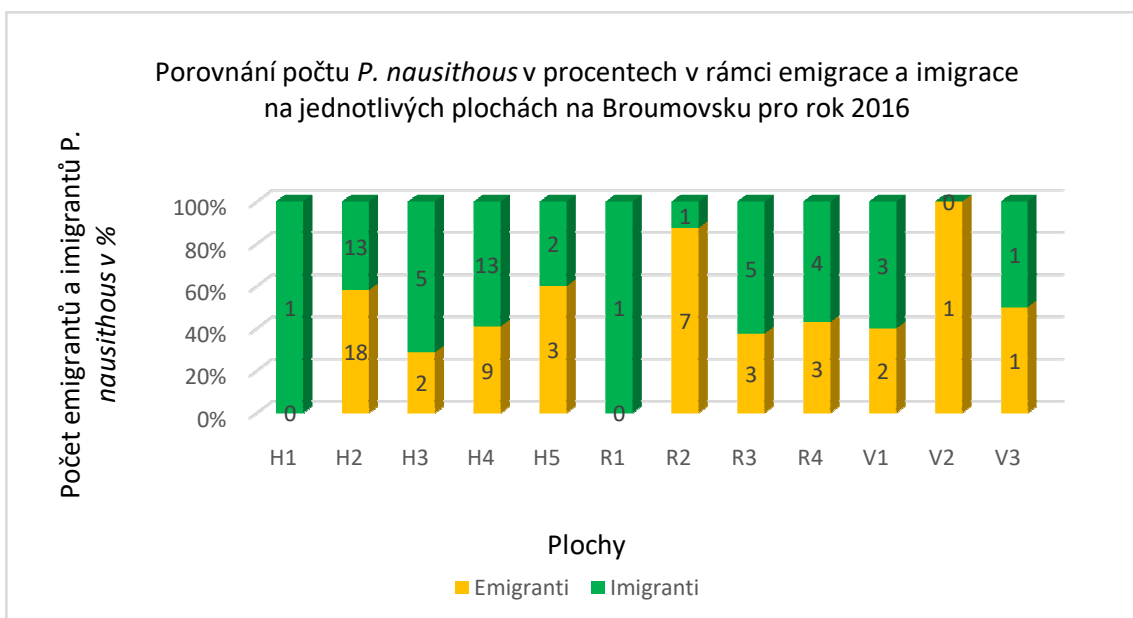
Přelety mezi plochami														
z/na	H1	H2	H3	H4	H5	R1	R2	R3	R4	V1	V2	V3	Emigranti	
H1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
H2	1	0	3	11	2	0	1	0	0	0	0	0	18	
H3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
H4	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
H5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
R1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
R2	0	1	0	1	0	1	0	3	1	0	0	0	7	
R3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	
R4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	3	
V1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	
V2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
V3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
Imigranti	1	13	5	13	2	1	1	5	4	3	0	1		

Graf č. 4: Porovnání počtu *P. nausithous* v rámci emigrace a imigrace na jednotlivých plochách na Broumovsku pro rok 2016



Porovnání počtů emigrantů a imigrantů *P. nausithous* na jednotlivých plochách v procentuálním zastoupení je vyobrazeno v grafu č. 5. Převládající imigrace modrásků bahenních byla na plochách Hynčice 1 (100 %), Ruprechtice 1 (100%), Hynčice 3 (71,4 %), Ruprechtice 3 (62,5 %), Vižňov 1 (60 %), Hynčice 4 (59,1 %), Ruprechtice 4 (57,2 %). Naopak více emigrantů měly plochy Ruprechtice 2 (87,5 %), Hynčice 5 (60 %), Hynčice 2 (58,1 %). Ve stejném poměru emigrantů a imigrantů je vyobrazena plocha Vižňov 3.

Graf č. 5: Porovnání počtu *P. nausithous* v procentech v rámci emigrace a imigrace na jednotlivých plochách na Broumovsku pro rok 2016



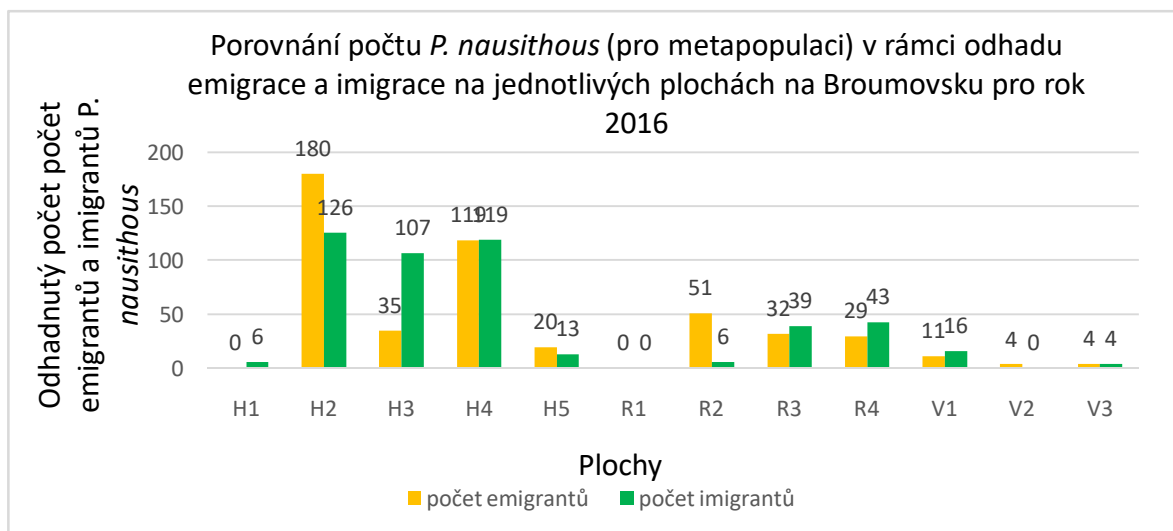
V tabulce č. 10 jsou znázorněny odhady max. počtu přeletů (metapopulace). Největší počet přeletujících modrásků bahenních byl odhadnut z plochy Hynčice 2 na Hynčice 4, kdy se jednalo o 102 motýlů. Nejvyšší počet emigrantů byl vypočten na ploše Hynčice 2 (180) a nejvyšší počet imigrantů přijmula plocha Hynčice 2. Celkový počet imigrantů byl stanoven na 479 jedinců a počet emigrantů na 485 jedinců.

Tabulka č. 10: Odhady maximálního počtu přeletů (matapopulace) mezi jednotlivými lokalitami na Broumovsku pro rok 2016

Odhady přeletů mezi plochami													
z/na		H1	H2	H3	H4	H5	R2	R3	R4	V1	V2	V3	Emigranti
		0,40	0,41	0,14	0,27	0,38	0,41	0,41	0,23	0,52	0,49	0,45	
H1	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2	0,41	6	0	53	102	13	6	0	0	0	0	0	180
H3	0,14	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
H4	0,27	0	65	54	0	0	0	0	0	0	0	0	119
H5	0,38	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
R1	0,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0,41	0	6	0	9	0	0	18	11	0	0	0	51
R3	0,41	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	32
R4	0,23	0	0	0	0	0	0	21	0	8	0	0	29
V1	0,52	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	4	11
V2	0,49	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
V3	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
Imigranti		6	126	107	119	13	6	39	43	16	0	4	

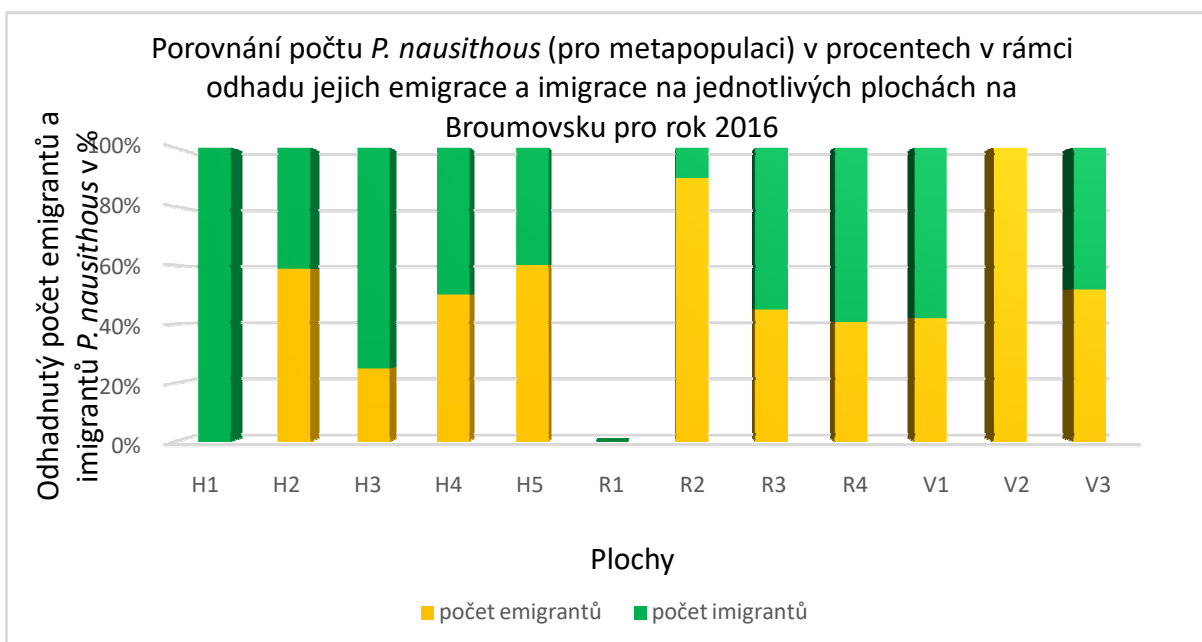
Počty motýlů, kteří na plochy emigrovali nebo imigrovali, vysvětluje graf č. 6. Nejvyšší počet imigrantů (126 jedinců) obsahovala plocha Hynčice 2. Naopak nulový počet imigrantů a emigrantů bylo zaznamenáno na ploše Ruprechtice 1.

Graf č. 6: Porovnání počtu *P. nausithous* (pro metapopulaci) v rámci odhadu emigrace a imigrace na jednotlivých plochách na Broumovsku pro rok 2016



V grafu č. 7 jsou porovnávány počty emigrantů a imigrantů *P. nausithous* na jednotlivých plochách v procentuálním zastoupení. Převládající imigrace ze strany modrásků bahenních byla na plochách Hynčice 1 (100%), Hynčice 3 (75,4 %), Ruprechtice 4 (60 %), Vižňov 1 (59,1 %) a Ruprechtice 3 (55 %) a naopak více emigrantů obsahovaly plochy Vižňov 2 (100 %), Ruprechtice 2 (89,5 %), Hynčice 5 (60,6 %) a H2 (58,9 %). Ve stejném poměru emigrantů a imigrantů jsou vyobrazeny plochy Hynčice 4 a Vižňov 3. Na ploše Ruprechtice 1 nabyla zaznamenána ani jedna ze zkoumaných aktivit.

Graf č. 7: Porovnání počtu *P. nausithous* (pro metapopulaci) v procentech v rámci odhadu jejich emigrace a imigrace na jednotlivých plochách na Broumovsku pro rok 2016



Tabulka č. 11znázorňuje přehled jednotlivých vzdáleností v km mezi plochami na Broumovsku. Nejdelší vzdálenost byla naměřena 6 km (mezi plochami Vižňov 2 – Hynčice 2 a Vižňov 3b – Hynčice 2) a nejkratší 0,2 km(mezi plochami Hynčice 4 – Hynčice 3 a Vižňov 3b – Vižňov 3a).

Tabulka č. 11: Vzdálenosti mezi jednotlivými plochami Broumavska uvedené v km

	R1	R2	R3	R4	H1	H2	H3	H4	H5	V1	V2	V3a	V3b
R1	0	1,60	1,70	1,80	2,50	4,40	3,90	4,00	2,90	1,40	1,60	2,10	2,10
R2	1,60	0	0,40	0,60	1,40	3,30	2,60	2,80	1,70	2,40	2,80	2,80	2,90
R3	1,70	0,40	0	0,30	1,20	2,90	2,30	2,60	1,50	2,80	3,20	3,00	3,10
R4	1,80	0,60	0,30	0	1,50	3,10	2,50	2,70	1,80	2,70	3,20	2,80	2,90
H1	2,50	1,40	1,20	1,50	0	1,90	1,40	1,50	0,40	3,80	4,10	4,20	4,20
H2	4,40	3,30	2,90	3,10	1,90	0	0,60	0,40	1,50	5,60	6,00	5,90	6,00
H3	3,90	2,60	2,30	2,50	1,40	0,60	0	0,20	1,00	5,10	5,40	5,30	5,40
H4	4,00	2,80	2,60	2,70	1,50	0,40	0,20	0	1,10	5,30	5,60	5,50	5,60
H5	2,90	1,70	1,50	1,80	0,40	1,50	1,00	1,10	0	4,20	4,50	4,50	4,60
V1	1,40	2,40	2,80	2,70	3,80	5,60	5,10	5,30	4,20	0	0,70	1,10	1,00
V2	1,60	2,80	3,20	3,20	4,10	6,00	5,40	5,60	4,50	0,70	0	1,80	1,60
V3a	2,10	2,80	3,00	2,80	4,20	5,90	5,30	5,50	4,50	1,10	1,80	0	0,20
V3b	2,10	2,90	3,10	2,90	4,20	6,00	5,40	5,60	4,60	1,00	1,60	0,20	0

V tabulce č. 12jsou vyhodnocené údaje týkající počtu emigrantů a imigrantů s jednotlivými vzdálenostmi ploch v km. Dále je zde uveden přehled migrací mezi plochami a průměrná vzdálenost ploch v km. Nejvíce modrásků emigrovalo, jak uvádí tabulka, z plochy Hynčice 2 (18) na vzdálenost 3,30 km. Z ploch Hynčice 1 a Ruprechtice 1 nebyla zaznamenána emigrace. Nejméně modrásků emigrovalo z plochy Vižňov 2 (1) na vzdálenost 0,70 km a dále z plochy Vižňov 3 (1) na vzdálenost 1,10 km.

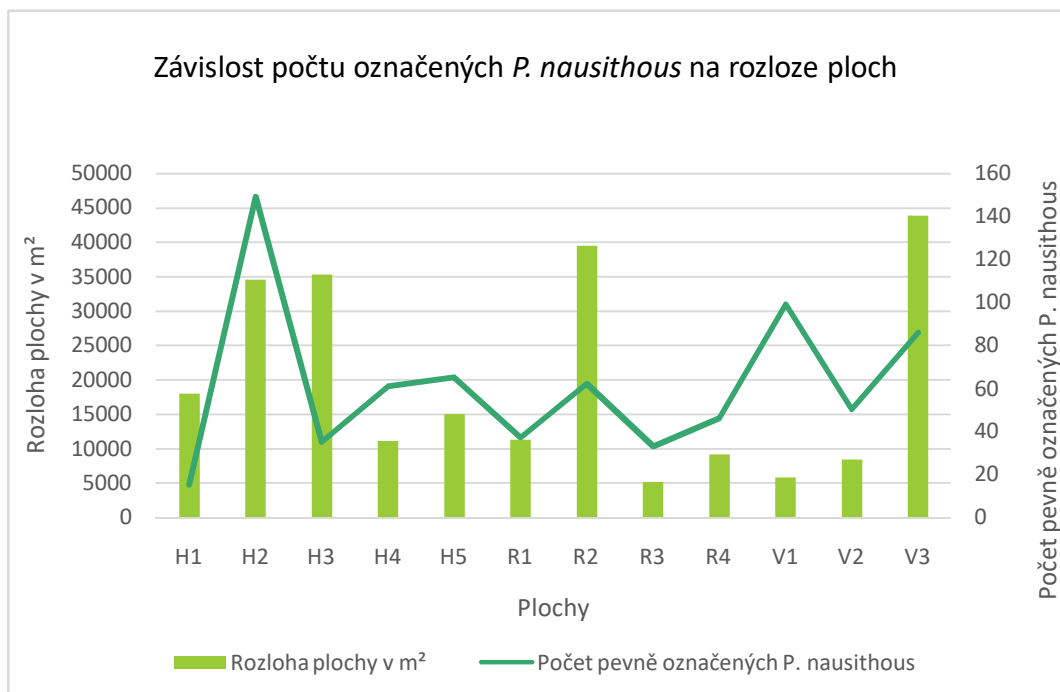
V rámci délek migrací byl nejdelší přelet modráška ve vzdálenosti 5,3 km a byl uskutečněn mezi plochami Vižňov 1 – Hynčice 4. Nejkratší přelet byl pozorován u dvou modrásků s vzdáleností 0,2 km mezi plochami Hynčice 4 – Hynčice 3. Průměrná vzdálenost migrací u modrásků bahenních byla stanovena na 1,46 km.

Tabulka č. 12: Přehledy emigrantů a imigrantů *P. nausithous* a vzdálenosti ploch

Emigrace z plochy	Emigrace na plochu	Počet emigrantů	Celkový počet emigrantů	vzdálenost ploch v km	Průměrná vzdálenost ploch v km
H1		0	0		
H2	H1, H3, H4, H5, R2	1,3, 11, 2, 1	18	1,90, 0,60, 0,40, 1,50, 3,30	1,54
H3	H2	2	2	0,60	0,6
H4	H2,H3	7,2	9	0,40, 0,20	0,3
H5	H2	3	3	1,50	1,5
R1		0	0		
R2	H2,H4, R1, R3, R4	1,1,1, 3,1	7	3,30, 2,80, 1,60, 0,40, 0,60	1,74
R3	R4	3	3	0,30,	0,3
R4	R3,V1	2,1	3	0,30, 2,70	1,5
V1	H4, V3	1,1	2	5,30, 1,10	3,2
V2	V1	1	1	0,70	0,7
V3	V1	1	1	1,10	1,1

Porovnání počtu *P. nausithous* rozlohou jednotlivých ploch znázorňuje graf č. 8. Největší rozlohu zaujímá lokalita Vižňov 3 (43874 m²) s počtem 86 označených jedinců. Naopak nejnižší rozlohu má plocha Ruprechtice 3 (5097 m²) s počtem 33 označených jedinců.

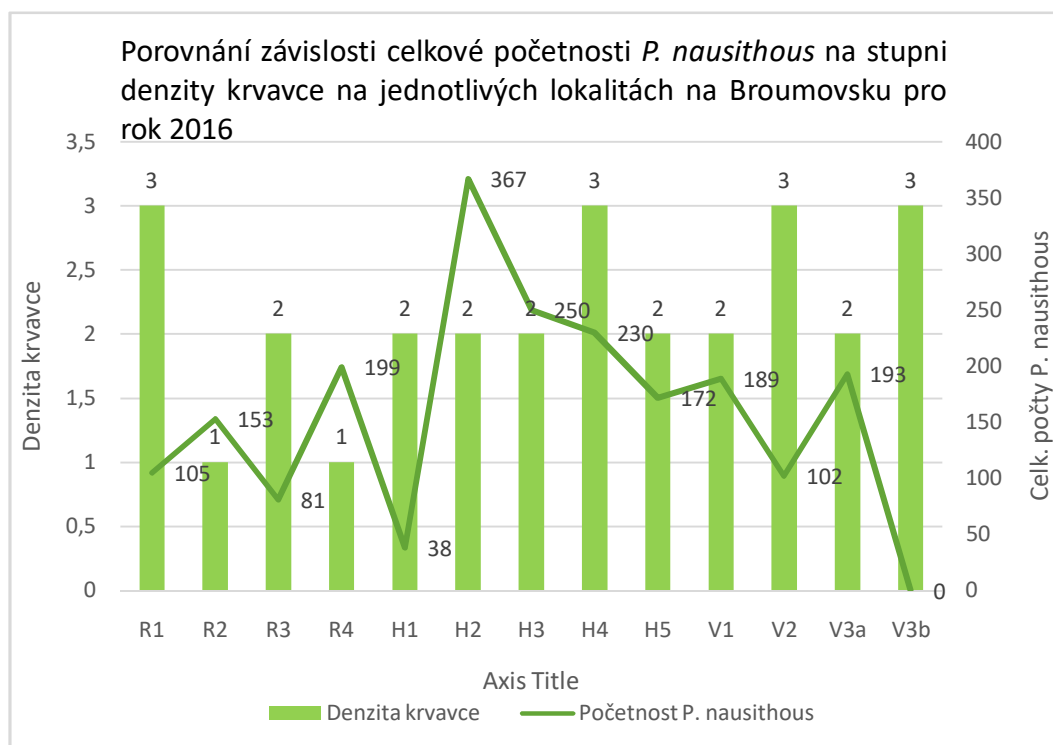
Graf č. 8: Závislost počtu označených *P. nausithous* na rozloze ploch



5.3 Výsledky početnosti *Phengaris nausithous* v závislosti na denzitě krvavce

Graf č. 9 porovnává početnosti *P. nausithous* vypočtené programem MARK s denzitou krvavce. Z grafu je patrné, že závislost modrásků bahenních na hustotě porostu krvavce není stěžejní. Ukazují to např. lokality V3b s nulovým počtem motýlů a nejvyšší denzitou krvavce (3) a naopak lokalita H2 s nejvyšším počtem motýlů (367) a střední denzitou krvavce (2).

Graf č. 9: Porovnání závislosti Početnosti *Phengaris nausithous* na stupni denzity krvavce na jednotlivých lokalitách na Broumovsku pro rok 2016



5.4 Výsledky statistických srovnání

5.4.1 Výsledky t- testu (souvislost počtu emigrantů a průměru vzdáleností ploch)

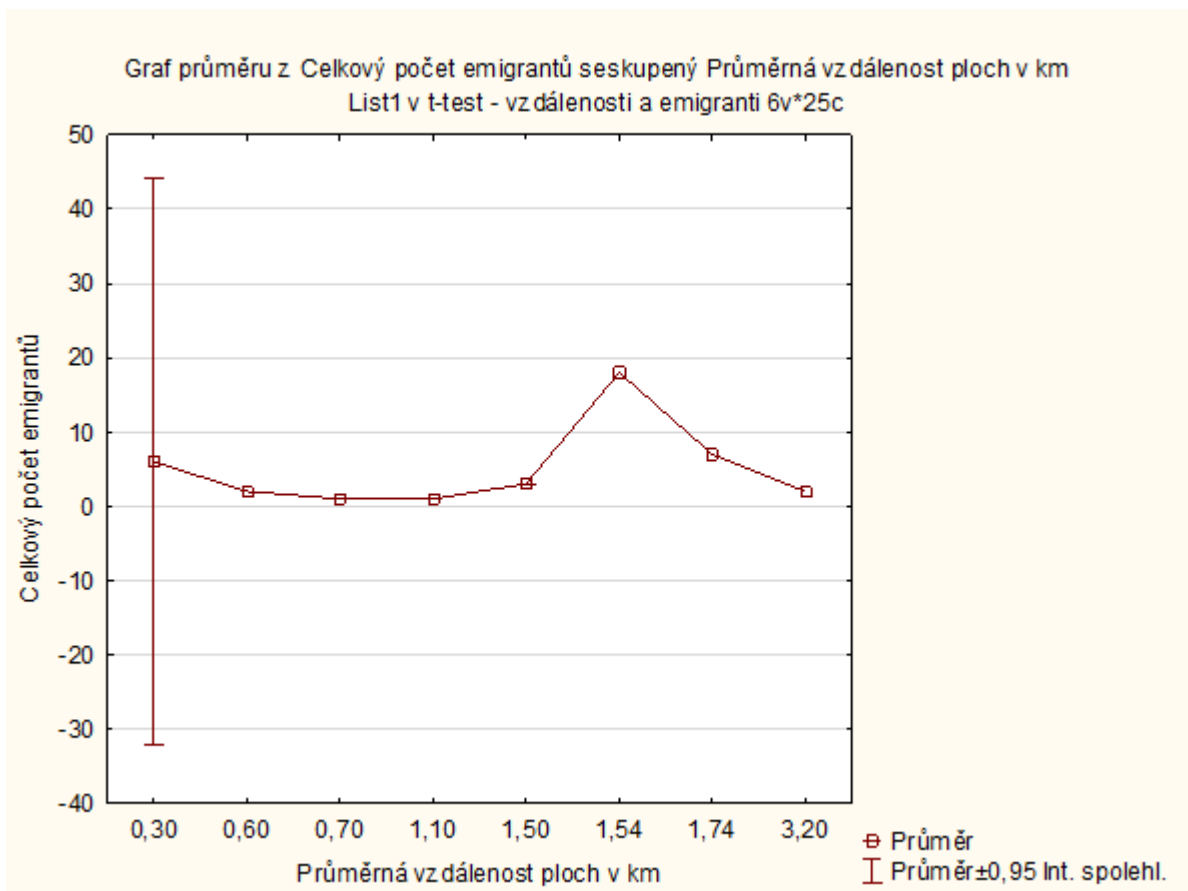
V rámci tabulky č. 13 je zjišťováno, zda je početnost emigrantů druhu *Phengaris nausithous* ovlivněna vzdáleností ploch mezi kterými probíhala migrace. V programu Statistika byl zpracován dvouvýběrový t-test. Pro nulovou hypotézu bylo stanoveno – H₀: mezi početností emigrantů druhu *Phengaris nausithous* a délkou migrací mezi jednotlivými plochami neexistuje statisticky významný rozdíl. T- test byl proveden s intervalem spolehlivosti 95 % a hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Ve výsledné tabulce je hodnota $p = 0,101557$. V rámci výsledku vyšší hodnoty p než hladina významnosti ($\alpha = 0,05$), můžeme přijmout nulovou hypotézu (mezi početností *P. nausithous* délkou migrací jednotlivých ploch neexistuje statisticky významný rozdíl).

Tabulka č. 13: T- test porovnávající celkový počet emigrantů *Phengaris nausithous* s průměrnou vzdáleností ploch v km.

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (List 1 v vzdálenosti ploch)										
	Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky										
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	Poč. plat. skup. 1	Poč. plat. skup. 2	Sm. odch. skup. 1	Sm. odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
Celkový počet emigrantů vs. Průměrná vzdálenost ploch v km	4,083333	1,248000	1,716302	20	0,101557	12	10	5,142662	0,869493	34,98194	0,000010

V grafu č. 10 je porovnáván celkový počet emigrantů *P. nausithous* s průměrnou vzdáleností ploch v km, mezi kterými proběhla migrace. U jedinců s nejméně emigracemi je z grafu patrné, že proběhly v rámci hodnot 0,7 – 1,1 km průměrné vzdálenosti ploch. Naopak u jedinců s nejvyšším počtem emigrací byla zaznamenána horní hranice vzdálenosti 1,54 km.

Graf č. 10: Grafické znázornění průměru porovnávajícího celkový počet emigrantů *P. nausithous* a průměrné vzdálenosti ploch v km.



5.4.2 Výsledky t-testu (souvislost počtu migrací a průměrné délky migrace)

V tabulce č. 14 byl zjišťován v rámci dvouvýběrového t-testu statistický vztah počtu přeletů a průměrné délky přeletů v km u *P. nausithous*. Pro nulovou hypotézu bylo stanoveno – H_0 : mezi počtem přeletů a průměrnou délkou přeletů v km u *P. nausithous* neexistuje statisticky významný rozdíl. T-test byl proveden s intervalem spolehlivosti 95 % a hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Výsledná hodnota $p = 0,031364$. Z důvodů nižší hodnoty p než bylo u hladiny významnosti ($\alpha = 0,05$), nemůžeme přijmout nulovou hypotézu (mezi počtem přeletů a průměrnou délkou přeletů v km u *P. nausithous* neexistuje statisticky významný rozdíl). Průměrná délka pro jedince s jedním zaznamenaným přeletem byla 2,22 km a u jedinců s nejvíce zaznamenanými přelety 0,4 km. Se zvyšujícím počtem přeletů se postupně délka přeletů snižovala.

Tabulka č. 14: T-test porovnávající počet (četnost) přeletů a průměrnou délku přeletů v km u *P. nausithous*

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (List1 v porovnání pro statistiku - plochy a množství přeletů) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky										
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	Poč.plat. skup. 1	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
Počet přeletů vs. Průměrná délka přeletů v km	4,666667	0,795000	2,501547	10	0,031364	6	6	3,723797	0,711161	27,41803	0,002429

V tabulce č. 15 je znázorněn souhrn počtu přeletů a průměrné délky přeletů v km u *P. nausithous*. Průměrná délka jednoho přeletu byla 2,22 km, dvou přeletů 0,65 km, tří přeletů 0,7 km, čtyř přeletů 0,4 km, sedmi přeletů 0,4 km a u jedenácti přeletů též 0,4 km. Tabulka byla zpracována v Excelu a doplněna o počty pevných přeletů a o průměrné vzdálenosti těchto přeletů, které jsem pro jednotlivé přelety sečetla a následně vypočetla jejich průměr

Tabulka č. 15: Souhrn četností přeletů a průměrné délky přeletů v km

Počet přeletů	Průměrná délka přeletů v km
1	2,22
2	0,65
3	0,7
4	0,4
7	0,4
11	0,4

6. Diskuze

6. 1 Výsledky vyhodnocení početností *Phengarisnausithous*

V roce 2016 bylo na Broumovsku pro monitoring motýla *P. nausithous* vybráno 13 lokalit. Do monitoringu tohoto druhu však nebyly zapojeny všechna možná stanoviště z důvodu jejich nedostatečného zmapování. I přesto, že lokalita Broumovsko byla pro průzkum populací tohoto druhu zvolena poprvé, se podařilo označit velké množství jedinců a výsledky statisticky zpracovat s pozitivním zjištěním přítomnosti funkční metapopulace. V rámci statistického vyhodnocení byl počet označených jedinců stanoven na 687 jedinců, to je o 494 modrásků víc než na lokalitě Dolní Labez roku 2011 (Bubová et al., 2011) kde monitoring probíhal na 17 plochách a celkový počet byl stanoven na 193 jedinců.

Na lokalitách u Přelouče jak popisují Nowicki et Vrabec (2011) bylo během sedmi let označeno 1880 *P. nausithous* s 591 přelety mezi jednotlivými plochami. Přibližné počty označených jedinců jsou znázorněny v grafu přílohy č. 20. Nejvyšší počet označených jedinců byl zaznamenán v roce 2006 (1000 jedinců) a v roce 2010 (590 jedinců). Po prvním roce monitoringu (2004) bylo zaznamenáno výrazné navýšení počtů až do roku 2006 a v roce 2007 došlo k náhlému poklesu (400 jedinců), který vytrval až do roku 2009.

Nejvíce odchytlů i odhadnutých jedinců (v rámci metapopulace) *P. nausithous* bylo na lokalitách v okolí Hynčic s výjimkou lokality Hynčice 1. Tato skutečnost by mohla být přisuzována přítomnosti koridorů (Beneš et al., 2002) jako je vodní koryto řeky Stěnavy, vlaková trať či dopravní komunikace, které se v některých místech přímo spojují s „modrásčími“ loukami. V rámci všech lokalit bylo nalezeno i spoustu „nášlapných kamenů“ (Beneš et al., 2002) a jednalo se o ostrůvkovité trsy krvavce totenu mimo souvislý luční porost. Vysoká distribuce modrásků na louce Hynčice 2 může být způsobena také efektem zvaným fragmentace biotopu. Jedná se o rozdělení biotopu (Batáry et al., 2009), jehož důsledkem je zvýšení poměru hrany a samotné plochy. U *P. nausithous* byla zjištěna preference hrany a to konkrétně okraje stromových porostů, které byly u lokality ve významném zastoupení.

Početnosti populací na všech lokalitách byly vyhodnoceny v rámci metapopulace velmi slibně jak znázorňuje graf č. 2, kdy odhadnuté počty *P. nausithous* v rámci metapopulace výrazně převyšovaly početnost skutečně označených modrásků. K těmto výsledkům mohl přispět nejen fakt výskytu lokalit v oblasti CHKO, ale i vhodný management, jež byl na některých z vybraných lokalit již uplatňován. Celkový odhad pro výslednou metapopulaci u všech ploch se rovnal počtu 1487 jedinců.

Z grafu 8 není patrné, že by velikost rozlohy měla vliv na početnost přítomných jedinců. O mírnou závislost by se zde ovšem jednat mohlo. Tuto závislost nejlépe vystihují plochy: Vižňov 3 (43874 m²), kde bylo 86 modrásků, Ruprechtice 2 (39509 m²) – 62 modrásků, Hynčice 3 (35250 m²) – 35 modrásků, Hynčice 2 (34504 m²) – 149 modrásků, které se k této pomyslné střední hodnotě nejvíce přibližují.

6.2 Výsledky vyhodnocení počtu a přeletů *Phengaris nausithous*

Pro rok 2016 bylo na lokalitě Broumovsko zachyceno 49 přeletů (viz. tab. č. 2). Migrace *P. nausithous* (v rámci poměru odchycených jedinců, kteří migrovali) byla stanovena na 31 %. Migrace mezi plochami (v rámci předpokládaného celkového počtu imigrantů) dosahovala 18 %. Například na lokalitě Dolní Labe z roku 2011, kde bylo porovnáváno 17 ploch vynesl výsledek 8 % migrujících jedinců *P. nausithous* (Bubová et al., 2011). Nicméně Nowicki et al. (2005a) zmiňuje průměrnou migraci dosahující až k 25 %. Důsledek nižšího procenta přeletů na Broumovsku mohl být způsoben nedostatečnou prochytností ploch či většími vzdálenostmi některých ploch mezi sebou nebo pokosením některých částí zkoumaných ploch, kdy i ztráta relativně malé části motýlího stanoviště (Batáry et al., 2009) může bránit volnému pohybu nebo migraci druhů. Hovestadt et al. (2011) a Bubová et al. (2011)(2012) prokázali, že u *P. nausithous* se průměr doletové vzdálenosti pohybuje v rozmezí 0,5 km – 0,87 km. Na Broumovsku se tyto výsledky shodují s průměrnou délkou 0,4 km s jedinci, kteří migrovali pouze jednou. U nejvyššího počtu přeletů (11) byla vyhodnocena mnohem delší průměrná vzdálenost a to 2,22 km. Nicméně mezi lokalitami Vižňov 1 a Hynčice 4 byl zaznamenán přelet odpovídající vzdálenosti cca 5,3 km, u něhož jde pravděpodobně o jeden z rekordních zachycených přeletů druhu *P. nausithous* vůbec (srov. Nowicki et al., 2005a). Bubová et al. (2011) uvádí rekordní přelet ze své studie u *P. nausithous* ve vzdálenosti 3,910 km.

Nejvíce modrásků emigrovalo a imigrovalo na Broumovsku z plochy Hynčice 2. Tato skutečnost, jako v předchozí kapitole, může být předpokládána na základě působení přírodních fragmentů, jako jsou nášlapné kameny a koridory (Beneš et al., 2002) pro usnadnění přechodu jedinců mezi jednotlivými plochami. Výskyt lokality Hynčice 2 se dokonce nacházel mezi dvěma koridory a to řekou Stěnavou a železniční tratí. Nowicki et Vrabec (2011) uvádějí pozitivní zjištění závislosti emigrace na hustotě populace v dané lokalitě. V našem výzkumu by se tato skutečnost shodovala, neboť na lokalitě Hynčice 2 bylo zaznamenáno nejvíce emigrantů a zároveň i nejvyšší počet označených jedinců.

Na základě těchto výsledků můžeme uvažovat vzájemné propojení Broumovských ploch přelety s předpokládanou výměnou genů atedy funkční metapopulační strukturou. Trajektorie přeletů zřejmě nebude probíhat přímo vzdušnou čarou mezi nejvzdálenějšími plochami, ale kontinuálně postupnou migrací („přeskakováním“) jedinců z jedné plochy na

druhou s využitím nášlapných kamenův krajíně (Beneš et al. 2002), kterých zde bylo nalezeno velké množství.

Pro uskutečnění migrace mezi jednotlivými plochami je důležitá především kvalita, velikost a její tvar, z důvodu nižší aktivity motýlů ve vyhledávání malých ploch (Nowicki et al. 2005). Také záleží na přítomnosti živné rostliny krvavce totenu (Dierks et Fischer, 2009), spojené s vývojem druhu *P. nausithous*, a na přítomnosti mravenců rodu *Myrmica* (Swaay et Warren., 1999). Všechny tyto faktory jsou našem případěsplněny a přispívají pozitivnímu výsledku z hlediska zjištění propojení jednotlivých populací do metapopulace. V neposlední řadě záleží také na managementu, který je na příslušné lokalitě přítomen (Beneš et al., 2002).

6.3 Výsledky početnosti *Phengaris nausithous* v závislosti na denzitě krvavce

Lokality Ruprechtice 1 a Ruprechtice 2 jsou v tabulce znázorněny jako plochy s nejmenším zastoupením živné rostliny. V rámci plochy Ruprechtice 1 by nízká intenzita živné rostliny mohla být způsobena faktem, že část je využívána jako pastvina, a to během části aktivní letové sezóny motýlů. U lokalit Hynčice 4, Vižňov 2 a Vižňov 3b byla hustota rostlin na nízké úrovni. V rámci kvality populace a stanoviště jsou na tom poměrně dobře plochy Ruprechtice 2, Hynčice 2, Hynčice 3, Hynčice 5 a Ruprechtice 4 či Vižňov 3a. Z toho vyplývá, že případný management je vhodné cílit na posledně zmíněné plochy a přehled jednotlivých doporučení pro tyto úkony je popsán na konci kapitoly č. 10. Kajzer - Bonk et al. (2016) uvádějí výsledky početností výskytu *P. nausithous* na zvolených typech stanovišť v letech 2011 – 2012 v oblasti Kraków a Tarnów v Polsku. Velmi pozitivní vliv na počty modrásků měly vlastnosti travního porostu (50%), vlhkost půdy (20%) a zvolený management dané lokality (10%). Vliv živné rostliny byl ovšem stanoven na 10 % i přesto, že je důležitá pro vývoj studovaného druhu motýla. V této práci jsou nejvyšší počty modrásků bahenních (vypočteny MARKEM) uvedeny na plochách se střední denzitou živné rostliny. Rozložení populací *P. nausithous* na Broumovských plochách je poměrně rovnoměrné a nejedná se tedy o metapopulační model „kontinent – ostrovy“ (srov. Beneš et al., 2002) z důvodu dělby více ploch o nejvyšší počty kolonií. V grafu č. 9 je rovnoměrnost počtů poměrně dobře patrná u ploch s denzitou krvavce na střední úrovni. Tato skutečnost může

souviset s umístěním ploch v blízkosti řeky Stěnavy, kdy ve vlhčím údolí mohou být podmínky pro výskyt krvavce a *P. nausithous* příhodnější

6.4 Výsledky statistických srovnání

6.4.1 Výsledky t-testu (souvislost počtu emigrantů a průměru vzdáleností ploch)

Na základě nulové hypotézy, která byla potvrzena, je možné usoudit, že vzdálenosti ploch nebyly pro početnost emigrantů stěžejní. Tato skutečnost může souviset s vysokou proloveností stanovišť, tudíž se skutečné výsledky nemohly projevit. Další vysvětlení by mohlo souviset s výskytem některých ploch blízko sebe. Tento faktor pravděpodobně nenutí motýly migrovat na delší vzdálenost. Naopak u stanovišť, které mezi sebou mají mnohem větší vzdálenosti, se motýlům nemusí podařit naleznout cílovou lokalitu. Dalším faktorem ovlivňujícím výsledek by mohla být nízká doba přežitelnosti u *P. nausithous*, jež se udává v rozmezí 2-3 dnů. Plochy Broumovska měly mezi sebou průměrnou vzdálenost 3 km. Vztah početnosti emigrantů a délky migrace by spolu tedy neměl souviset, protože nejvyšší počty emigrantů byly zachyceny na stupnici grafu č. 10 v migrační vzdálenosti 1,54 km a nejvyšší průměrná vzdálenost ploch byla 3,20 km. Nejnižší migrující četnosti *P. nausithous* (jeden nebo dva jedinci) migrovali v průměrné vzdálenosti 0,7 – 1,1 km a nejnižší možná migrace proběhla v rámci 0,3 km. Vliv zde může mít také počasí v aktivní letové sezóně modrásků. Nejnižší i nejvyšší četnosti přeletujících modrásků migrovali v průměru kolem jednoho kilometru. To může být způsobeno faktem, že ani jedna populace ze studovaných lokalit nebyla nadprůměrně fyzicky zdatnější.

6.4.2 Výsledky t-testu (souvislost počtu migrací a průměrné délky migrace)

V rámci tohoto t-testu byl v programu Statistika porovnáván u *P. nausithous* vztah počtu přeletů a průměrné délky přeletů v km. Nulová hypotéza (mezi počtem přeletů a průměrnou délkou přeletů v km u *P. nausithous* neexistuje statisticky významný rozdíl) se nepotvrdila a mezi zkoumanými parametry byl nalezen vztah. V rámci migrace mezi plochami bylo potvrzeno, že čím vyšší počet přeletů, tím nižší byla průměrná vzdálenost v km. Tento

výsledek by mohl být ovlivněn chudšími potravními zdroji v místě výskytu početnějších populací motýlů, či jejich rychlejšímu úbytku právě v rámci větší hustoty motýlů. Jedinci z těchto populací si tedy pravděpodobně raději zvolí kratší trasu přeletu, aby byl pro ně nález potravního zdroje v nejvyšší možné míře pravděpodobnosti. Další možnost výsledku hypotézy je v krátké době jejich přežitelnosti. Na sousedních stanovištích (kratší trasa migrace) je tedy možné nalézt více jedinců a to i partnera v období rozmnožování neboť migraci na delší vzdálenost nemusí přežít. Dalším důsledkem je míra prolovenosti stanovišť nebo vliv počasí při migraci *P. nausithous*. Možná příčina negativního výsledku hypotézy mohla být způsobena i nedostatečnou prostudovaností dané oblasti. Z tohoto důvodu nebyly do monitoringu zařazeny všechny lokality s výskytem cílového druhu, a proto nemohla být v t-testu použita dostatečná data k získání výsledku.

7. Shrnutí

Monitoring druhu *Phengaris nausithous* probíhal v roce 2016 na 13 lokalitách v rámci území Chráněné krajinné oblasti Broumovsko poprvé. Lokality pro výzkum byly vybírány na základě denzity živné rostliny krvavce totenu. Přesto však bylo odchyceno a označeno velké množství jedinců. Celkový počet označených *P. nausithous* byl 687 jedinců. Na základě vypočtení celkových odhadů populací, které byly vyšší na všech zkoumaných lokalitách, můžeme usuzovat na vhodné prostředí pro výskyt tohoto druhu. Vhodnost prostředí může být zapříčiněna nejen ochranou území správně zvoleným managementem ale též vhodným stupněm utváření prostředí a přítomností přírodních fragmentů k usnadnění migrace mezi některými lokalitami. V rámci migrací druhu mezi lokalitami bylo zjištěno, že nejvyšší počet *P. nausithous* migroval na vzdálenost 1,54 km, ale zaznamenán byl i rekordní přelet u jednoho jedince ve vzdálenosti 5,3 km. V rámci migrace mezi plochami bylo na základě t-testu zjištěno, že čím vyšší počet přeletů, tím nižší byla průměrná vzdálenost přeletů v km. Výrazná souvislost závislosti vysokého počtu *P. nausithous* na vysoké denzitě živné rostliny na základě grafického znázornění nebyla potvrzena.

Formulovaná hypotéza („Všechny zkoumané plochy spolu komunikují prostřednictvím přeletů motýlů a systém lze považovat za jedinou metapopulaci“) byla potvrzena. Jednotlivé lokality spolu komunikují přelety *P. nausithous*. Těchto přeletů bylo zaznamenáno celkem 49 a jejich teoreticky odhadnutý počet je vyšší. Broumovské plochy tedy tvoří funkční metapopulační celek a dochází u nich ke genetickému propojení motýlích populací.

8. Doporučení pro praxi

Pro udržení životaschopných stavů populací *P. nausithous* je velice důležitý, kromě výskytu mravence rodu *Myrmica* a rostliny Krvavec toten, také stav managementu na daných lokalitách. V rámci monitoringu na vymapovaných lokalitách Broumovska v roce 2016 byla navržena následující opatření pro management zkoumaných lokalit.

Doporučený management pro Broumovské plochy:

Plocha R1 (Ruprechtice)

Tato lokalita je částečně využívána jako pastva a v rámci managementu by bylo vhodné tuto činnost tak dva roky vynechat a poté se věnovat dalším úpravám. Kosení by se mohlo naplánovat do období před letovou aktivitou motýlů. Lokalizace plochy je znázorněna v příloze č 10.

Plocha R2 (Ruprechtice)

Údolní část této plochy směrem k její západní části je poměrně vhodně kosena a proto se nedoporučuje do této části zasahovat. Nicméně část této plochy ve směru k přítomné vozovce se v roce 2016 vůbec nekosila a byla tak zarostlá velmi vysokou vegetací, jež bránila růstu živné rostliny. Pro vhodnější hospodaření by se doporučovalo ji mozaikovitě kosit v rámci dvouročního prodlení. Lokalizace ploch R2, R3 a R4 je znázorněna v příloze č. 11.

Plocha R3 (Ruprechtice)

Tato plocha je složena z části, která se neobhospodařuje a z přilehlé louky. Pro první část by se doporučovalo jednorázové kosení jednou za tři roky před letové aktivitě motýlů pro vhodnější podmínky růstu krvavce totenu. Pro přilehlou louku by se hodila střídavá

pásová seč v odlišných obdobích, aby se období květu živné rostliny mohlo shodovat s letovým obdobím motýlů.

Plocha R4 (Ruprechtice)

Hustota krvavce v této lokalitě je poměrně velká, ale zdá se, že je zde rostlina napadena houbovitou chorobou a proto by byl vhodný po kosení její odkliz. Seč by se doporučovala jednou za dva roky a to i v pozdním létě. Vlastník pozemku byl ochotný počkat se sečí až do skončení monitoringu motýlů a proto by mu mohla být navržena vhodná doba pro kosení této louky.

Plocha V1 (Vižňov)

Kosení by zde bylo vhodné do 70 m od silnice a zabránit vykonání této činnosti během letové aktivity motýlů. Tak by neměla být populace motýla v ohrožení. Plochy Vižňova jsou znázorněny v příloze č. 12.

Plocha V2 (Vižňov)

Tato plocha by v rámci managementu mohla být ponechána obci či osobě v rámci svého hospodaření.

Plocha V3 (3a a 3b), (Vižňov, Meziměstí)

V rámci části 3a se v roce 2016 postupovalo velmi uspokojivě. Proto zde není potřeba něco měnit. V části 3b by se doporučovalo kosit jednou za tři roky. Možné by bylo i kosení během podzimu pro zabránění zarůstání náletem. Management je zde všem vhodné pravidelně kontrolovat a případně poupravit podle situace.

Plocha H1 (Hynčice)

Na této ploše se doporučuje spíše nezasahovat a ponechat již probíhajícímu hospodaření. V rámci křižovatky, která je zde přítomna, nedochází k úplnému pokosení. Vyskytují se tu proto ostrůvky krvavce, které mohou sloužit jako „stepping stone“. Lokalizace ploch H1 – H5 je znázorněna v příloze č. 13.

Plocha H2 (Hynčice)

V rámci louky H2 by se měl změnit způsob a čas kosení aby vyhovoval letové sezóně motýlů. To by znamenalo kosit vždy jednou za tři roky v příčných pruzích (3 pruhy rotačním systémem, první na konci května, druhý v půlce června a třetí poté nechat v daném roce bez zasahování, v příštím roce opakovat rotaci) mezi lesním porostem a železniční tratí.

Plocha H3 (Hynčice)

Zde byla seč provedena ve vyhovujícím období a proto se tu úprava managementu nedoporučuje.

Plocha H4 (Hynčice)

Management by na této ploše mohl být prováděn stejně jako na lokalitě H3.

Plocha H5 (Hynčice)

Zde by bylo vhodné provádět pásovou seč jako je tomu u plochy H2.

9. Seznam použité literatury

Anton, Ch., Musche, M., Hula, V. Settele, J. 2008. Myrmica host-ants limit the density of the ant- predatory large blue *Maculinea nausithous*. *Journal of insect conservation*. 12 (5). 511-517.

Andersen, N. A. 1999. My bioindicator or yours? Making the selection. *Journal of Insect Conservation*. 3. 61–64.

Balleto, E., Bonelli, S., Settele, J., Thomas, J. A., Verovnik, R., Wahlberg, N. 2010. *Maculinea Van Eecke, 1915 (Lepidoptera: Lycaenidae): proposed precedence over Phengaris Doherty, 1981*. *Bulletin of Zoological Nomenclature*. 67 (2). 129-132.

Batáry, P., Korosi, A., Orvosy, N., Kovér, S., Peregovits, L. 2009. Species-specific distribution of two sympatric *Maculinea* butterflies across different meadow edges. *Journal of Insect Conservation*. 13. 223-230.

Baum, K. A, Haynes, K. J., Dilleuth, F. P., Cronin, J. T. 2004. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. *Ecological society of America*. 85 (10). p. 2671-2676.

Beissinger, S. R., McCullough, D. R. 2005. *Population Viability Analysis*. University of Chicago press. Chicago. p. 577. ISBN: 0-226-04178-6

Beneš, J., Konvička, M., Dvořák, J., Fric, Z., Havelda, Z., Pavlíčko, A., Vrabec, V., Weidenhoffer, Z. 2002. *Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana I., II. SOM*. Praha. 857 s.

Bonelli, S., Vrabec, V., Witek, M., Barbero, F., Patricelli, D., Nowicki, P. 2013. Selection on dispersal in isolated butterfly metapopulations. *Population Ecology*. 55. 469.

Boháčková, I. 2009. *Strukturální politika EU*. C H Beck. Praha. 188 s.

Bryant, S., Thomas, Ch., Bale, J. 1997. Nettle-feeding nymphalid butterflies: temperature, development and distribution. *Ecological entomology*. 22 (4). 390-398.

Bubová, T., Břečková, K., Vrabec, V. 2011. Migrace motýlů *Phengaris teleius* a *Phengaris nausithous* (Lepidoptera: Lycaenidae) na Dolním Labi v roce 2011. ČZU. Fakulta agrobiologie, přírodních a potravinových zdrojů, Katedra zoologie a rybářství, v: Kubík, Š., Barták, M. 2012. Workshop on Biodiversity, Jevany. Česká zemědělská Univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. 186 s. ISBN: 978-80-213-2343-8

Capinera, J. L. 2008. *Encyclopedia of Entomology*. Second Edition. Springer. Gainesville (USA). p. 4346. ISBN: 978-1-4020-6242-1

Dennis, R. L. H., Eales, H. T. 1997. Patch occupancy in *Coenonympha tullia* (Muller, 1764) (Lepidoptera: Satyrinae): habitat quality matters as much as patch size and isolation. *Journal of Insect Conservation*. 1. 167–176.

Dierks, A., Fischer, K. 2009. Habitat requirements and niche selection of *Maculinea nausithous* and *M. teleius* (Lepidoptera: Lycaenidae) within a large sympatric metapopulation. *Biodiversity and Conservation*. 18. 3663.

Dover, J., Settele, J. 2008. The influences of landscape structure on butterfly distribution and movement: a review. *Journal of Insect Conservation*. 13. 3-27.

Dyke, F. V., 2008. *Conservation Biology*. Springer. Illinois (USA). p. 478. ISBN: 978-1-4020-6890-4

Elmes, G. W., Thomas, J. A. 1992. Complexity of species conservation in managed habitats: interaction between *Maculinea* butterflies and their hosts. *Biodiversity and Conservation*. 1. 155-169.

Elmes, G. W., Thomas, J. A., Wardlaw, J. C. 1991. Larvae of *Maculinea rebeli*, a large blue butterfly, and their *Myrmica* host ants: wild adoption and behaviour in ant-nests. *Journal of Zoology*. London. 223. 447-460.

Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., Yates, C. J., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologist. *A Journal of Conservation Biogeography*. 17 (1). 43-57.

Fiedler, K. 1996. Host-plant relationship of lycaenid butterflies: large-scale patterns, interaction with plant chemistry, and mutualism with ants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 80. 259-267.

Fiedler, K. 1997. Life-history patterns of myrmecophilous butterflies and other insects: their implications on tropical species diversity. *Tropical biodiversity and systematics*. 24. 71-92.

Fiedler, K. 1998. Lycaenid-ant interactions of the *Maculinea* type: tracing their historical roots in a comparative framework. *Journal of Insect Conservation*. 2. 3-14.

Figurny, E., Woyciechowski, M. 1998. Flowerhead Selection for Oviposition by Females of the Sympatric Butterfly Species *Maculinea teleius* and *M. nausithous* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Entomologia Generalis*. 23. 215–222.

Fuentes-Montemayor, E., Goulson, D., Park, K.J. 2011. The effectiveness of agri-environment schemes for the conservation of farmland moths: assessing the importance of a landscape-scale management approach; *Journal of Applied Ecology*. 48. 532-542.

Grimm, A., Gruber, B., Henle, K. 2014. Reliability of different Mark-recapture methods for population size estimation tested against reference population sizes constructed from field data. *Plos one*. 9 (6). 102-112.

Guiney, M. S., Oberhauser, K. S. 2008. Insect as flagship conservation species. *Terrestrial Arthropod Reviews*. 1. 111-123.

Gutierrez, D., Leon Cortes, J. L., Menendez, R., Wilson, R. J., Cowley, M. J. R., Thomas, C. D. 2001. Metapopulations of Four Lepidopteran Herbivores on a Single Host Plant, *Lotus corniculatus*. *Ecology*. 82. 1371-1386.

Hanski, I. 1999. *Metapopulation Ecology*. Oxford University Press. New York. p. 313. ISBN: 0-19-854065-5

Hanski, I., Erälahti, C., Kankare, M., Ovaskainen, O., Siren, H. 2004. Variation in migration rate among individuals maintained by landscape structure. *Ecology Letters*. 7. 958–966.

Harrison, S. 1991. Local extinction in a metapopulation context: an empirical evaluation. *Biological journal of the Linnean society*. 42 (1-2). 73-88.

Heinzlová, H., Kuna, P., Koppl, K., Spíšek, J., Semeráková, K., Velehradský, D. 2011. CHKO Broumovsko dvacetiletá. *Ochrana přírody*. 1. 2-7.

Henderson, P. A. 2003. *Practical methods in ecology*. Blackwell. Malden. USA. p. 176. ISBN: 1-40510-244-6

Horák, J., Zámečník, J., Hula, V. 2008. Nové nálezy modrásků z rodu *Phengaris* (syn. *Maculinea*) (Lepidoptera: Lycaenidae) v Pardubickém kraji (Česká republika) s poznámkami k péči o jejich stanoviště. *Vč. sb. přír.* 15. s. 265-279.

Hovestadt, T., Binzenhofer, B., Nowicki, P., Settele, J. 2011. Do all inter-patch movements represent dispersal? A mixed kernel study of butterfly mobility in fragmented landscapes. *Journal of animal ecology*. 80 (5). 1070-1077.

Johst, K., Drechsler, M., Thomas, J., Settele, J. 2006. Influence of mowing on the persistence of two endangered large blue butterfly species. *Journal of Applied Ecology*. 43. 333-342.

- Jubete, F., Román, J. 2016. New large threatened populations of *Phengaris nausithous* discovered in the SW of Europe. *Journal of Insect Conservation*. 20 (1). 155-158.
- Kajzer – Bonk, J., Nowicki, P., Bonk, M., Skórka, P., Witek, M., Woyciechowski, M. 2013. Local populations of endangered *Maculinea* (*Phengaris*) butterflies are flood resistant. *Journal of Insect Conservation*. 17 (6). 1105-1112.
- Kuras, T., Beneš, J. 2005. Metodika monitoringu evropsky významného druhu modrásek bahenní (*Maculinea nausithous*). UP AOPK .ČR. Praha. 43 s.
- Lederhouse, R. C. 1982. Territorial Defense and Lek Behavior of the Black Swallowtail Butterfly, *Papilio polyxenes*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 10 (2). 109-118.
- Malicky, H. 1969. Versuch einer Analyse der ökologischen Beziehungen zwischen Lycaeniden und Formiciden. *Tidschr. Ent.* 112. 213–298.
- McGeogh, M. A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. 73 (2). 181-201.
- Musche, M., Settele, J., Durka, W., 2008. Genetic Population Structure and Reproductive Fitness in the Plant *Sanguisorba officinalis* in Populations Supporting Colonies of an Endangered *Maculinea* Butterfly. *International journal of plant sciences*. 169 (2). 253-262.
- New, T. R. 1993. Conservation biology of Lycaenidae (Butterflies). IUCN. Switzerland. 173 s. ISBN: 2-8317-0159-7
- Novák, K. 1969. Metody sběru a preparace hmyzu, Academia, Praha, 243 s.
- Nowicki, P., Pepkowska, A., Kudlek, J., Skórka, P., Witek, M., Settele, J., Woyciechowski, M. 2007. From metapopulation theory to conservation recommendations: Lessons from spatial occurrence and abundance patterns of *Maculinea* butterflies. *Biological conservation*. 140 (1-2). 119-129.

Nowicki, P., Pepkowska, A., Kudlek, J., Skórka, P., Witek, M., Woyciechowski, M. 2005b. Landscape scale research in butterfly population ecology – *Maculinea* case study. p. 140-143. In: Settele J., Kühn E. & Thomas J. A, (Eds.). 2005. Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Vol. 2: Species Ecology along a European Gradient: *Maculinea* Butterflies as a Model. Pensoft Publishers. Sofia – Moscow. p. 289

Nowicki, P., Vrabec, V. 2011. Evidence for positive density – dependent emigration in butterfly metapopulations. *Oecologia*. 167 (3). 657-665.

Nowicki, P., Witek, M., Skórka, P., Settele, J., Woyciechowski, M. 2005a. Population ecology of the endangered butterflies *Maculinea teleius* and *M. nausithous* and the implications for conservation. *Population ecology*. 47. 193-202.

Oates, M. R. 2004. Butterfly conservation within the management of grasslands habitats. *Ecology and Conservation of Butterflies*. 84. 98-112.

Pecsenye, K., Bereczki, J., Tihanyi, B., Tóth, A., Peregovits, L., Varga, Z. 2007. Genetic differentiation among the *Maculinea* species (Lepidoptera: Lycaenidae) in eastern Central Europe. *Biological Journal of the Linnean Society*. 91. 11–21.

Pellet, J., Bried, J. T., Parietti, D., Gander, A., Heer, P. O., Cherix, D., Arlettaz, R. 2012. Monitoring butterfly Abundance : Beyond pollard walks. *Plos one*. 7 (7). 137.

Pfeifer, M. A., Andrick, U. R, Frey W., Settele, J. 2000. On the ecology of a small and isolated population of the Dusky Large Blue Butterfly *Glaucopsyche* (*Maculinea*) *nausithous* (Lycaenidae). *Nota Lepid*. 23. 147–172.

Pierce, N. E., Braby, M. F., Heath, A., Lohman, D. J., Mathew, J., Rand, D. B., Travassos, M. A. 2002. The ecology and evolution of ant association in the Lycaenidae. *Annual Review of Entomology*. 47. 733-771.

Pullin, A., S. 2012. Ecology and Conservation of butterflies. Springer.USA. p. 380. ISBN : 978-94-010-4559-9

Rákosy, L. 2001. Verbreitung und Schutz des Großen und des Schwarzbraunen Moorbläulings (*Maculinea teleius* und *Maculinea nausithous*, Lepidoptera, Lycaenidae) in Kärnten. Kärntner Naturschutzberichte. 6. 95-102.

Rákosy, L. 2003. Lista roșie pentru fluturii diurni din România. Bul. inf. Soc. lepid. rom. 13 (4). 9-26.

Rákosy, L., Voda, R., 2008. Distribution of *Maculinea* genus in Romania. Entomol. Rom. 13. 9-17.

Robbins, R. K., Aiello, A. 1982. Foodplant and oviposition records for Panamanian Lycaenidae and Riodinidae. J. Lepid. Soc. 36. 65–75.

Romo, H., Silvestre, M., Munguira, M. L. 2015. Potential distribution models and the effect of climatic change on the distribution of *Phengaris nausithous* considering its food plant and host ants. Journal of Insect Conservation. 19. 1101-1118.

Saccheri, I., Kuussaari, M., Kankare, M., Vikman, P., Fortelius, W., Hanski, I. 1998. Inbreeding and extinction in a butterfly metapopulation. Nature. 392. 491-494.

Sala, M., Casacci, L. P., Balletto, E., Bonelli, S., Barbero, F. 2014. Variation in butterfly larval acoustic as a strategy to infiltrate and exploit host ant colony resources. Plos one. 9 (4). 1-11.

Scoble, M. J. 1992. The Lepidoptera: Form, Function and Diversity. Oxford University Press. UK. p. 404. ISBN: 0-19854031-0

Schwarz, C. J., Arnason, A. N. 1996. A general methodology for the analysis of capture-recapture experiments in open populations. Biometrics. 52. 860–873.

Schwarz, C. J., Seber, G. A. F. 1999. Estimating animal abundance: Review III. Statistical Sci. 14. 427–456.

Syaripuddin, K., Sing, K., Wilson, J. 2015. Comparison of butterflies, bats and beetles as bioindicators based on four key criteria and DNA barcodes. *Tropical Conservation Science*, 8(1), 138-149.

Stevens, V. M., Turlure, C., Baguette, M. 2010. A meta – analysis of dispersal in butterflies. *Biological Reviews*. 85 (3). 625-642.

Thomas, J. A. 1995. The ecology and conservation of *Maculinea arion* and other European species of large blue butterfly. Springer. Netherlands. p. 180-197. ISBN: 978-94-010-4559-9

Thomas, J. A., Bourn, N. A. D., Clarke, R. T., Stewart, K. E., Simcox, D. J., Pearman, G. S., Curtis, R., Goodger, B. 2001. The quality and isolation of habitat patches both determine where butterflies persist in fragmented landscapes. *Proceedings of the royal society B*. 268 (1478). 12 – 24.

Thomas, J. A., Elmes, G. W., Wardlaw, J. C. 1998. Polymorphic growth in larvae of the butterfly *Maculinea rebeli*, a social parasite of *Myrmica* ant colonies. *Proceedings of the royal society B*. 265 (1408). 1895-1901.

Thomas, J. A., Wardlaw, J. C. 1990. the effect of queen ants on the survival of *Maculinea arion* larvae in *Myrmica* ant nests. *Oecologia*. 85. 87-91.

Underwood, T. D. A. 2004. Insects as bioindicators. *General Entomology*. 316. 1-9

Van Swaay, C. A. M., Warren, M. S. 1999. Red data book of European butterflies, Nature and environment. Council of Europe. Strasbourg. p. 260.

White, G. C., Anderson, D. R., Burnham, K.P., Otis. D. L. 1982. Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations. Los Alamos National Laboratory. Los Alamos. 235 p.

White, G. C., Burnham, K. P. 1999. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*. 46. 120–138.

Witek, M., Sliwinska, E. B., Skórka, P., Nowicki, P., Settele, J., Woyciechowski, M. 2006. Polymorphic growth in larvae of *Maculinea* butterflies, as an example of biennialism in myrmecophilous insects. *Oecologia*. 148. 729-733.

Wynhoff, I. 1998. The recent distribution of the European *Maculinea* species. *Journal of Insect Conservation*. 2. 15–27.

16.1 Seznam internetových zdrojů

Polívka, F. 2015. Názorná květena zemí koruny české: Toten lékařský, svazek 2. [online]. Olomouc. [cit. 2016-12-09]. Dostupné z <<http://botanika.wendys.cz/kvetena/kvetena.php?dil=2&page=516>>

Co je Natura 2000 [online]. 19.9.2006. [cit. 2012-2-17]. Dostupné z <<http://www.nature.cz/natura2000-design3/sub-text.php?id=2102>>

10. Přílohy

10.1 Seznam příloh:

Příloha č. 1: samice *P. nausithous* při kladení vajíček na Krvavec toten

Příloha č. 2: Larva *Phengaris nausithous* na květu Krvavce totenu

Příloha č. 3: Adopce dělnic mravence *M. rubra*

Příloha č. 4: Kukla *Phengaris nausithous*

Příloha č. 5: *Myrmica rubra*

Příloha č. 6: *Myrmica scabridonis*

Příloha č. 7: Tvrdá pinzeta

Příloha č. 8: Entomologická síťka

Příloha č. 9: Rozmístění ploch na severozápadě Broumovska (V = Vižňov, R = Ruprechtice, H = Hynčice)

Příloha č. 10: Lokalizace studované plochy Ruprechtice 1.

Příloha č. 11: Lokalizace studovaných ploch Ruprechtice 2 – 4.

Příloha č. 12: Lokalizace studovaných ploch Vižňov 1 – 3.

Příloha č. 13: Lokalizace studovaných ploch Hynčice 1 – 5.

Příloha č. 14: Autorka práce s entomologickou sítkou

Příloha č. 15: Autorka práce při vyndávání jedince *P. nausithous* z entomologické sítky

Příloha č. 16: Lokalita R1

Příloha č. 17: Lokalita R2 s pracovníkem

Příloha č. 18: Lokalita R3

Příloha č. 19: Lokalita R4

Příloha č. 20: Počty označených *P. nausithous* během let 2004-2010 na lokalitách u Přelouče

10.2 Vlastní přílohy

Příloha č. 1: samice *P. nausithous* při kladení vajíček na Krvavec toten

Zdroj: http://www.pyrgus.de/Maculinea_nausithous_en.html



Příloha č. 2: Larva *Phengaris nausithous* na květu Krvavce totenu

Zdroj: http://www.pyrgus.de/Maculinea_nausithous_en.html



Příloha č. 3: Adopce dělnicí mravence *M. rubra*

Zdroj: <http://www.arkive.org/scarce-large-blue/phengaris-teleius/image-G104906.html>



Příloha č. 4: Kukla *Phengaris nausithous*

Zdroj: http://www.flickrriver.com/photos/walter_pfliegler/popular-interesting/



Příloha č. 5: *Myrmica rubra*

Zdroj: http://fourmis-boutique.fr/product.php?id_product=225&id_lang=1



Příloha č. 6: *Myrmica scabridonis*

Zdroj: http://www.antwiki.org/wiki/Myrmica_scabrinodis



Příloha č. 7: Tvrdá lékařská pinzeta

Zdroj: <http://www.entosphinx.cz/cs/56-pinzety-tvrde>

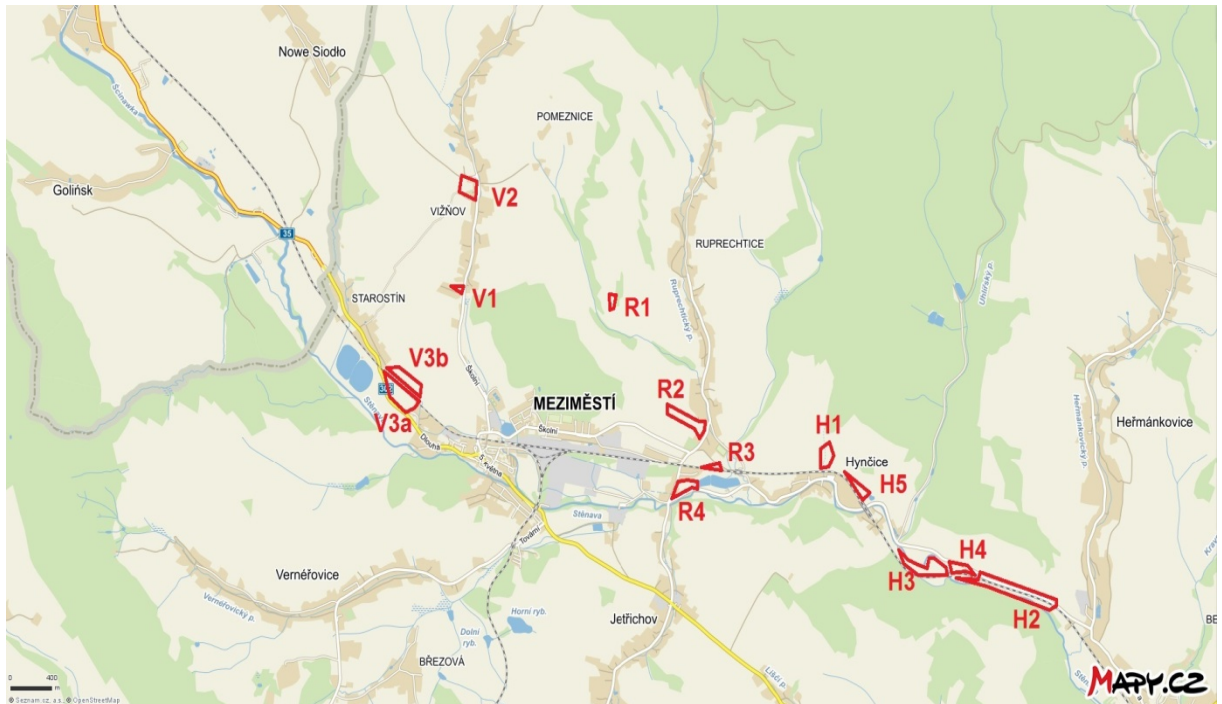


Příloha č. 8: Entomologická síťka

Zdroj: <http://www.entosphinx.cz/cs/45-sitky-na-lov-letaveho-hmyzu>

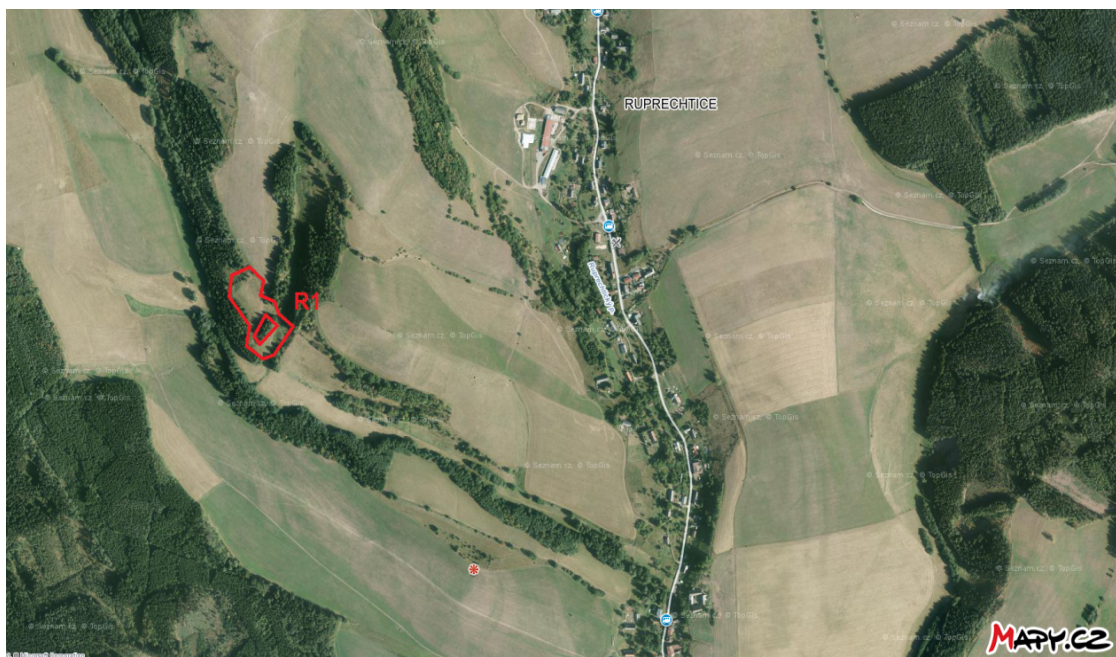


Příloha č. 9: Studované plochy na severozápadě Broumovska (V = Vižňov, R = Ruprechtice, H = Hynčice) Zdroj: podklad pro zakreslení - www.mapy.cz



Příloha č. 10: Lokalizace studované plochy Ruprechtice 1.

Zdroj: podklad pro zakreslení - www.mapy.cz



Příloha č. 11: Lokalizace studovaných ploch Ruprechtice 2 – 4.

Zdroj: podklad pro zakreslení - www.mapy.cz



Příloha č. 12: Lokalizace studovaných ploch Vižňov 1 – 3.

Zdroj: podklad pro zakreslení - www.mapy.cz



Příloha č. 13: Lokalizace studovaných ploch Hynčice 1 – 5.

Zdroj: podklad pro zakreslení - www.mapy.cz



Příloha č. 14: Autorka práce s entomologickou sítkou

Foto: Kateřina Hejretová



Příloha č. 15: Autorka práce při vyndávání jedince *P. nausithous* z entomologické sítě

Foto: Kateřina Hejretová



Příloha č. 16: Lokalita R1

Foto: autorka práce



Příloha č. 17: Lokalita R2 s pracovníkem Šárka Valachová

Foto: Kateřina Hejretová



Příloha č. 18: Lokalita R3

Foto: Kateřina Hejretová



Příloha č. 19: Lokalita R4

Foto: Kateřina Hejretová



Příloha č. 20: Počty označených *P. nausithous* během let 2004-2010 na lokalitách u Přelouče

Zdroj: Nowicki et Vrabec (2011)

