Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství

Změny populace modrásků *Phengaris nausithous* (Lepidoptera: Lycaenidae) v okolí Lohenic u Přelouče

Diplomová práce

Bc. Barbora Hejlová

Zájmové chovy

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

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Změny populace modrásků *Phengaris nausithous* (Lepidoptera: Lyceanidae) v okolí Lohenic u Přelouče" 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 24.7.2020 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Mgr. Vladimírovi Vrabcovi, Ph.D., za vedení práce, cenné rady a přátelský přístup. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Lence Šindelářové za její pomoc v terénu při sběru dat. Velké díky patří i celé mé rodině a partnerovi za oporu při psaní diplomové práce.

Změny populace modrásků *Phengaris nausithous* (Lepidoptera: Lycaenidae) v okolí Lohenic u Přelouče

Souhrn

Tato diplomová práce je zaměřena na jeden druh modráska, a to *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779). Sledovaný modrásek patří mezi zvláště chráněné druhy se složitým vývojem. Ke svému přežití vyžaduje přítomnost živné rostliny krvavce totenu a zároveň hostitelské mravence *Myrmica rubra* Linnaeus, 1758, u kterých ve čtvrtém larválním stádiu vývoje housenky tohoto motýla parazitují.

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit změny v početnosti celkové metapopulace a porovnat je s vývojem modrásků na jednotlivých plochách. Porovnávána byla data z celkem šestnácti ploch 2008 – 2019. Sběr dat probíhal metodou zpětného odchytu značených jedinců a jeho vyhodnocení bylo provedeno programem MARK na Katedře zoologie a rybářství České zemědělské univerzity v Praze.

Z výsledných grafů byly stanoveny tři gradační vrcholy, a to v letech 2010, 2013 a 2018. Stanovením gradace v roce 2018 byla potvrzena první formulovaná hypotéza: „Po populačním propadu zjištěném v roce 2016 bude v roce 2018 pokračovat růst početnosti motýlů“.

Při porovnání trendu vývoje početnosti populací na jednotlivých plochách vůči celkové metapopulaci v okolí Lohenic u Přelouče bylo zjištěno, že některé kolonie modrásků nekopírují trend metapopulace. Tím nebyla potvrzena druhá hypotéza: „Dochází-li k růstu početnosti celkové metapopulace, jednotlivé kolonie kopírují trend tohoto růstu a jejich populace se zvyšují v obdobném poměru“. Neshodnost s trendem růstu metapopulace je nejvíce patrný na plochách 5 a 6, kde v roce 2015 došlo k jejich devastaci v souvislosti s opravou mostu. Rozpory vůči trendu, kdy kolonie plochy klesá a metapopulace roste, lze v těchto případech odůvodnit špatným managementem nebo zásadním narušením plochy. K dalšímu významnému rozdílu došlo na ploše 9. U této plochy naopak výrazně vzrostl počet jedinců v roce 2017 oproti trendu metapopulace. Příčinou růstu byl správně provedený management na této ploše. Tento fakt potvrzuje důležitost správného managementu na plochách.

Při hodnocení vývoje jednotlivých ploch můžeme dále konstatovat, že jako nejvýznamnější pro populace *Phengaris nausithous* se zdají být plochy 1, 2 a 15. Plocha 15 sice nemá časovou řadu výzkumu dlouhou, jako plochy 1 a 2, přesto se ukazuje její velký význam pro populace modrásků.

Klíčová slova: Modráskovití, modrásek bahenní, populace, zpětný odchyt, trend vývoje

Changes in the *Phengaris nausithous* (Lepidoptera: Lyceanidae) population around Lohenice near Přelouč

Summary

This diploma thesis is focused on one species of Large Blue, called *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779). The observed butterfly is classified as a specially protected species with complex evolution. For Large Blues´ survival, the presence of the Sanguisorba officinalis plant, commonly known as great burnet, is essential as well as their „adoption“ by host ants *Myrmica rubra* Linnaeus, 1758 into ant nests, in which they parasitize in the fourth larval stage of evolution.

The intention of this diploma thesis was to evaluate the fluctuations in the abundance of the Large Blue metapopulation and compare them with the evolution of Large bluesin individual monitored areas. Data gathered from a total of 16 patches within years 2008 – 2019 were compared. Data were collected through recapturing of marked individuals and their evaluation was performed by the MARK program at the Department of Zoology and Fisheries of the Czech University of Life Sciences in Prague.

The resulting graphs shown three gradation peaks, namely in 2010, 2013 and 2018. Determining the gradation in 2018 confirmed the first formulated hypothesis: „After the large blue population decline experienced in 2016, the number of butterflies will continue to grow in 2018“.

When comparing the large blue occurrence in individual monitored areas against the total metapopulation growth or decline in the proximity of Lohenice village near Přelouč town, it was revealed that some Large blue colonies do not copy the metapopulation trend. The second hypothesis, therefore, was not confirmed: „If the total metapopulation becomes more abundant, the individual colonies copy this growth trend and their populations increase.“ The inconsistency with the growth trend of the metapopulation is most evident in patches 5 and 6, that were devastated in 2015 with bridge repair. Such an inconsistency, when selected patch colonies are declining while the entire metapopulation is growing can usually be explained either by poor area management or by major area disturbance. Another significant difference occurred in the patch 9 where in 2017, the number of butterfly individuals has significantly growed in contrast with the metapopulation decline. Such a phenomenon confirms the importance of the proper area management.

When evaluating the development of individual areas, we can further state that the most important for the populations of *Phengaris nausithous* appear to be patches 1, 2 and 15. Despite the monitoring of the patch 15 does not have a long time series of research, as patches 1 and 2, nevertheless its great importance for the Large blue population.

Keywords: Gossamer-winged butterflies, Dusky Large Blue, population, recapture, development trend

Obsah

1 Úvod 1

2 Vědecká hypotéza a cíle práce 2

3 Literární přehled 3

3.1 Čeleď Lyceanidae (modráskovití) 3

3.2 Rod *Phengaris* 4

3.2.1 Sledovaný druh *Phengaris nausithous* (modrásek bahenní) 4

3.2.2 Rozšíření a vhodná stanoviště 5

3.3 Živná rostlina 6

3.3.1 Management luk s výskytem modrásků a živné rostliny 8

3.4 Myrmekofilie 9

3.4.1 Hostitelští mravenci *Myrmica rubra* Linnaeus, 1758 10

3.5 Ochrana modrásků 11

3.6 Metody odhadu početnosti populací 12

3.6.1 Absolutní metody 12

3.6.2 Relativní metody 13

3.7 Metapopulace 14

3.7.1 Metapopulační modely 14

3.7.2 Alleeho efekt 14

3.7.3 Rozptyl 15

4 Metodika 17

4.1 Charakteristika zkoumaných lokalit 17

4.1.1 Sledované plochy 17

4.2 Sběr a zpracování dat 23

4.2.1 Legislativní opatření 24

4.2.2 Metoda odchytu 24

4.2.3 Zpracování dat 25

5 Výsledky 27

5.1 Počet skutečně označených jedinců na jednotlivých plochách 27

5.2 Počet odhadnutých jedinců na jednotlivých plochách 28

5.3 Počet jedinců na jednotlivých plochách ve srovnání s celkovou metapopulací 29

6 Diskuze 46

7 Závěr 49

7.1 Doporučení pro praxi 49

8 Literatura 51

1 Úvod

Motýli, především denní, představují díky své barevné pestrosti a tvarové rozmanitosti jeden z nejkrásnějších řádů hmyzu. Jsou modelovou skupinou při výzkumu biodiverzity. Jejich výzkumu se věnuje nejen řada vědců, ale i velká část amatérských badatelů. Na území České republiky je v současnosti známo 3372 druhů (Farkač et al. 2005). Bohužel vlivem působení člověka klasická pestrá krajina ustoupila rozsáhlým/monokulturním lánům, melioracím, rozorávání mezí, což citlivé druhy, jako jsou právě někteří motýli, odsoudilo k pomalému vymírání.

Modrásci rodu *Phengaris* Doherty, 1891 patří mezi fascinující druh motýlů. Jejich úzká specializace na hostitelskou rostlinu a jejich specifický vztah k mravencům rodu *Myrmica* Latreille 1804 vyvolaly široký zájem vědců. Právě kvůli své úzké specializaci jsou ale také velmi ohroženi působením člověka. Ke svému přežití potřebují vhodný management na loukách a zároveň je potřeba zohlednit i ochranu hostitelských mravenců, bez nichž nejsou schopni dokončit svůj vývoj. Sledovaný druh *Phengaris nausithous* (modrásek bahenní) je v červeném seznamu ČR zařazen do kategorie NT – téměř ohrožen. Jeho populace patří mezi stabilní, nicméně při současné podobě managementu jeho stanovišť je potřeba ho nadále studovat a sledovat.

Výzkum stanovišť na Lohenicích probíhá již déle než deset let. Začal původně na Slavíkových ostrovech u Přelouče v návaznosti na připravované plány splavnění Labe z Chvaletic do Pardubic. Postupně se výzkum rozšířil o dalších 16 ploch na Lohenicích, které jsou v rozptylové vzdálenosti a mohly by být důležité i pro populace ze Slavíkových ostrovů.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem studie je zjistit aktuální stav populace modráska *Phengaris nausithous* v okolí Lohenic na Přeloučsku v roce 2018, porovnat jej s údaji z předchozích let a posoudit trendy vývoje kolonií motýla na jednotlivých loukách.

Testovány byly hypotézy:

1. Po populačním propadu zjištěném v roce 2016 bude v roce 2018 pokračovat růst početnosti motýlů

2. Dochází-li k růstu početnosti celkové metapopulace, jednotlivé kolonie kopírují trend tohoto růstu a jejich populace se zvyšují v obdobném poměru.

3 Literární přehled

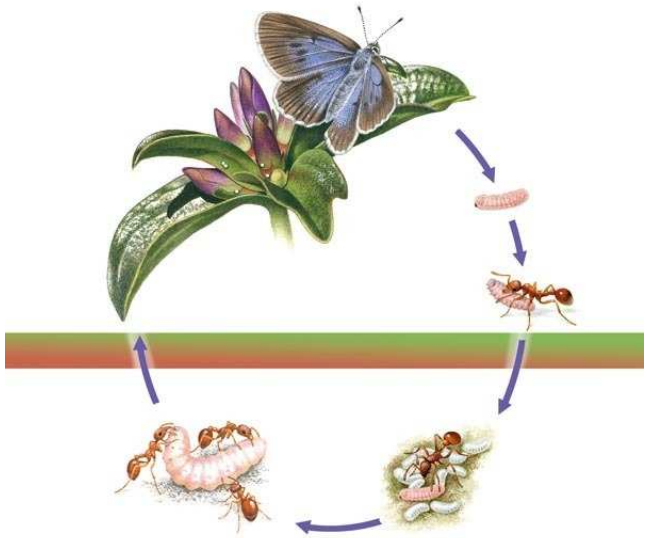
Diplomová práce je zaměřena na druh *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779). Taxonomicky se řadí do čeledi Lyceanidae (modráskovití), řád Lepidoptera (motýli). Čeleď patří mezi denní motýly, kteří se dělí do dvou blízce příbuzných nadčeledí, a to Hesperioidea a Papilionoidea. První skupina zahrnuje pouze čeleď soumračníkovití (Hesperiidae). Druhá skupina se skládá ze čtyř čeledí: otakárkovití (Papilionidae), vláskovití (Pieridae), babočkovití (Nymphalidae) a modráskovití (Lyceanidae; Beneš a kol. 2002).

3.1 Čeleď Lyceanidae (modráskovití)

Z čeledi modráskovitých je známo přes 6000 druhů, což představuje cca jednu třetinu všech Papilionoidea (Pierce et al. 2002). Do této čeledě nepatří jen modrásci, ale také ohniváčci, pestrobarvci a ostruháčci (Landman 1999). V České republice žije pouze 45 druhů a většina je řazena mezi druhy ohrožené (Farkač et al. 2005).

Modrásci byli pojmenováni podle svého kovově modrého odlesku na svrchní straně křídel. Jedná se o skupinu malých až středních motýlů, která má velice nápadný pohlavní dimorfismus. Samečci jsou zbarveni výrazněji než samičky, které jsou nenápadné (Hrabák 1985; Landman 1999). Jednotlivé druhy jsou si velice podobné a rozpoznat je jde lze pouze podle kresby a barvy na spodní straně křídel (Landman 1999).

Housenky modrásků se živí obsahem semeníků svých živných rostlin, což jsou převážně různé druhy vikvovitých (Novák et Severa 2002). Většina modráskovitých má vztah s mravenci, který může být fakultativní (vývoj proběhne i bez mravenců) nebo obligatní (bez mravenců nedokončí vývoj). Tento vztah může mít rozsah od mutualismu až po parazitismus (Beneš et al. 2002; Pierce et al. 2002).



Obrázek 1: *Životní cyklus modrásků (zdroj: https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2014/cislo-12/jak-si-modrasek-povida-mravenci.html)*

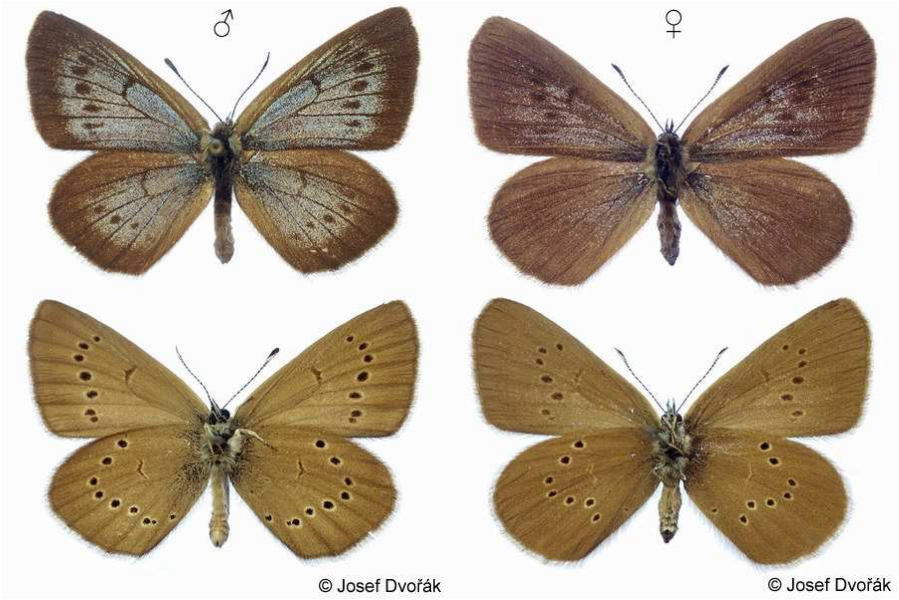
3.2 Rod *Phengaris*

Rod *Phengaris* Doherty, 1891 se stal, díky své úzké specializaci a myrmekofilii, modelovou skupinou pro řešení ochranářských, etologických i evolučních otázek (Beneš et al. 2002).

Původně se z území ČR a střední Evropy uvádělo 5 druhů, a to *Phengaris alcon* (Denis & Schiffermüller, 1775), *P. rebeli* (Hirschke, 1904), *P. arion* (Linnaeus, 1758), *P. telejus* (Bergsträsser, 1779) a *P. nausithous* (Bergsträsser, 1779; Beneš et al 2002). V pozdějších letech byl taxon *P. rebeli* zkoumám a bylo zjištěno, že se jedná pouze o ekologickou formu *P. alcon.* Všechny uvedené druhy byly v minulosti řazeny do rodu *Maculinea* Van Eecke, 1915, ale na základě fylogenetické analýzy založené na studiu morfologie a DNA došlo ke spojení rodů *Maculinea* a *Phengaris*. Název *Phengaris* je starší než *Maculinea*, a proto je *Maculinea* považováno za mladší synonymum (Fric et al. 2007; Lašťuvka et Uřičáš 2013). Vzhledem k tomuto faktu a jednotnosti celého textu této diplomové práce bude nadále užíván pouze název *Phengaris*.

3.2.1 Sledovaný druh *Phengaris nausithous* (modrásek bahenní)

Sledovaný modrásek bahenní je menší motýl s rozpětím křídel 28 – 34 mm. Křídla samice jsou hnědá s minimem modré barvy na horní straně křídel. Naopak samec má křídla tmavomodře zbarvená s širokými hnědými lemy na rubu křídel a černými skvrnami na horní straně křídel (Macek et al. 2015). Pohlaví jde u většiny modrásků dobře určit díky výraznému pohlavnímu dimorfismu (viz Obrázek 2; Malický 1969).



Obrázek 2: *Pohlavní dimorfismus u modráska bahenního (vlevo - samec, vpravo - samice; Autor: Josef Dvořák www.lepidoptera.cz)*

Samci modráska bahenního se líhnou o několik dní dříve než samice, takovým druhům říkáme, že jsou protandrický. Důvod je prostý, samice jsou schopny oplození krátce po

vylíhnutí, ovšem samčí pohlavní buňky dozrávají déle. Po vylíhnutí samic dochází okamžitě ke kopulaci (Beneš et al. 2002). Před samotnou kopulací probíhá párovací chování – samec aktivně vyhledává a nahání samici. Samice k nalákání samců vylučuje feromony. Samotné páření probíhá v klidu na rostlině (Landman 1999). Motýli jsou při kopulaci k sobě otočeni zadečkem kvůli spojení špičky jejich břišní části. Při aktu samec přenáší spermatofor do těla samice a dochází k oplození (Capinera 2008).

Samice klade vajíčka do květní hlávky rostliny krvavec toten. Přednost dává starší a vyšší květní hlávce a při nalezení vhodné lokality, svou snůšku rozdělí. Část naklade na místě vylíhnutí a druhou část na nové ploše, čímž zvýší životaschopnost populace (Beneš et al. 2002). Vajíčka mají na povrchu malé důlky a žebra. Přibližně týden po nakladení dochází k líhnutí (Hochberg et al. 1992). První instar housenek vzhledem připomíná plže (Landman 1999). Další instary jsou ploché, schopné zatáhnout hlavu do prvního hrudního článku a jsou jemně chlupaté (Hrabák 1985). V květní hlávce se housenky živí fytofágně (Hochberg et al. 1992), rychle se vyvíjejí a do posledního stádia se dostávají za 2 – 3 týdny (Thomas 1984). V semenících se vyvíjejí do třetího larválního stádia a ve čtvrtém žijí jako sociální paraziti v mraveništích mravenců rodu *Myrmica* Latreille 1804 (Vilbas et al. 2016).

Imaga jsou krátkověká, průměrná doba jejich života činí 2,2 – 3,3 dne (Nowicki et al. 2005). Jsou schopna delších přeletů a jednotlivé mikrokolonie bývají navzájem propojeny do systému metapopulací (Beneš et al. 2002).

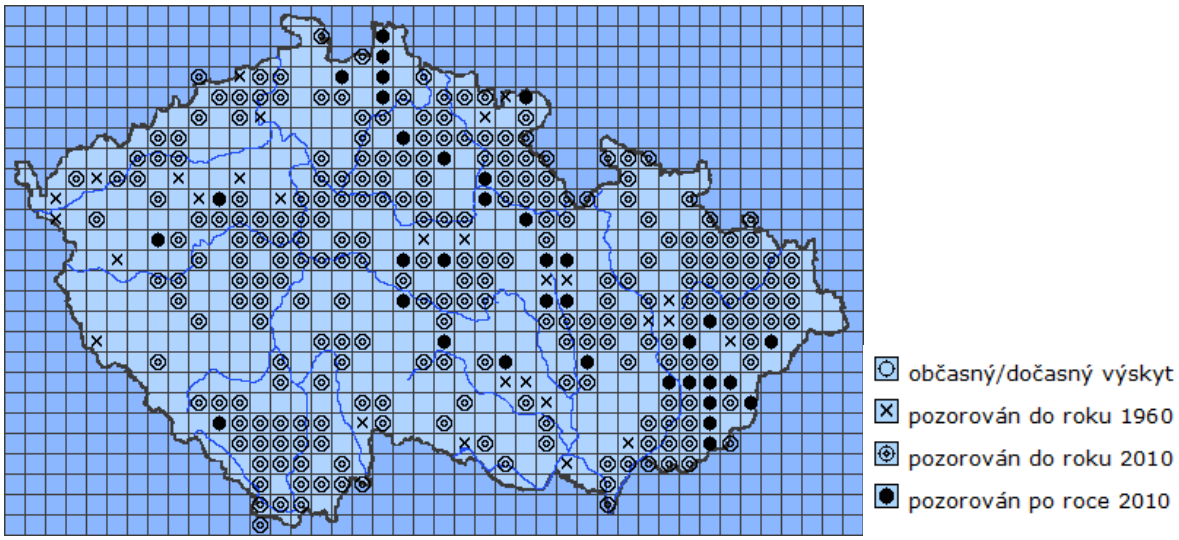
3.2.2 Rozšíření a vhodná stanoviště

Beneš et al. (2002) uvádí, že modrásek bahenní obývá zapadopalearktický areál. Rozšířen je v pásu od západní Evropy (Francie) po střední Sibiř (zhruba po Jenisej), s izolovanými oblastmi v severní části Pyrenejského poloostrova, v jižní části Balkánu (Bulharsko), východním Turecku a na Kavkaze (Lašťůvka & Uřičář 2013). Jedná se o nejrozšířenějšího modráska rodu *Phengaris*, který je po celém území ČR, především v nivách při dolních a středních tocích řek. Těžištěm výskytu je střední Evropa, v současné době nejvíc populací přežívá v České republice, jižním Polsku a Německu (Wynhoff 1998; Beneš et al. 2002). Na našem území jsou známé oblasti výskytu severní Morava, Bílé Karpaty, Českomoravská vrchovina a jižní a východní Čechy. Nevystupuje však do vysokých poloh (viz Obrázek 3; Beneš et al. 2002).

Phengaris nausithous je dle Beneše et al. (2002) celkem hlášen z 294 lokalit a trend jeho úbytku dosahuje asi 24 %, což opět vedlo k jeho zařazení do Červeného seznamu (Farkač et al. 2005).

Modrásek bahenní je monofágní druh, a proto je úzce vázán na výskyt živné rostliny - krvavce totenu (*Sanguisorba officinalis*). Preferuje především vlhké, nehnojené, extenzivně kosené krvavcové louky, ale dokáže žít i na druhotných biotopech jako jsou vlhké příkopy podél silnic a na podmáčených ruderálních stanovištích. Není schopen přežívat na loukách, kde probíhá druhá seč v době od začátku července do začátku září, tj. v období letu dospělců, kladení vajíček a časného vývoje housenek (Beneš et al. 2002).

Jako vhodná stanoviště uvádí Beneš et al. (2002) hydrofilní ruderály (degradovaná stanoviště často podél melioračních kanálů, blízko zemědělských objektů), eutrofní mokřady (všechny typy slanišť, černav, psárkových a ostřicových luk v nivách větších nížinných řek podobná stanoviště), rašelinné louky a pastviny. Modrásci se mohou vyskytovat také na mezofilních květnatých loukách (pastvou neovlivněné jedno- a dvousečné louky všech typů v podhůří, pahorkatinách a nížinách) nebo na pastvinách podhůří a nížin (extenzivní mezofilní pastviny). Podle studie Batáry et al. (2009) se ukazuje, že P. *nausithous* upřednostňuje okrajové oblasti se stromy.



Obrázek 3: *Mapa rozšíření Phengaris nausithous v České republice (Zdroj: https://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id436/)*

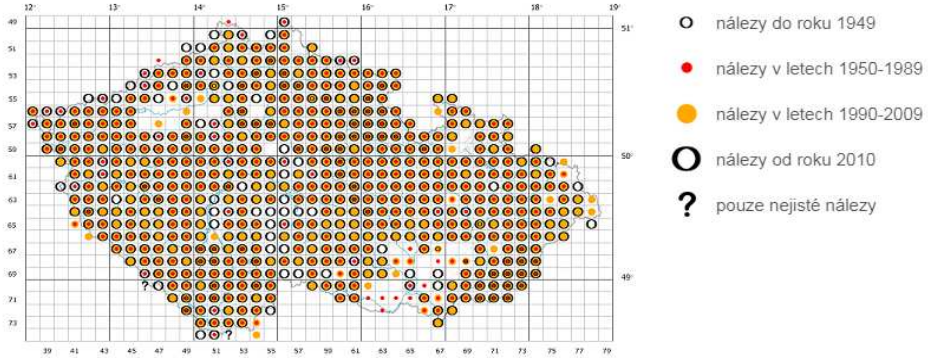
3.3 Živná rostlina

Výskyt modráska bahenního je vázán na přítomnost hostitelské rostliny krvavce totenu *Sanguisorba officinalis* (Linnaeus, 1753).

Krvavec toten patří do čeledi růžovitých (*Rosaceae*). Jedná se o vytrvalou, planě rostoucí bylinu o výšce 30 – 120 cm, se silným, krátkým a rozvětveným oddenkem (viz Obrázek 4; Randuška 1983). Květy jsou oboupohlavné, tmavě karmínové. Květenství tvoří hustý klas, který je nejdříve kulovitý, připomínající strboul a později se prodlužuje. Tyčinky mají tvar dlouhé přímé nitky, nanejvýš stejně dlouhé jako kalich. Lístky jsou 1 – 6 cm dlouhé s 8 – 20 zuby na každé straně (Kaplan et al. 2019; Skalický 1995). Kvete od konce června do konce září (Raduška 1983), což přesně odpovídá letové sezóně a kladení modrásků (Thomas et al. 1998).

Obrázek 4: *Kopulace modrásků na hlávce krvavce totenu (vlevo; Foto: Hejlová Barbora) a krvavec toten (vpravo; Autor: Jiří Novák www.biolib.cz)*

Krvavec toten je rozšířen po celém území České republiky. Od nížin po podhůří, spíše na vlhčích stanovištích, v horách do 900 m se jedná hlavně o mezofilní oblasti. Vzácně roste v polohách nad 1000 m, kde ho najdeme především v travinných lemech komunikací. Dříve se jednalo o velice hojný druh, ale v důsledku meliorací luk je na stanovištích silně potlačen. Přesto je jeho výskyt v České republice doposud častý, anebo je alespoň v některých místech roztroušen (viz Obrázek 5; Skalický 1995). Vyskytuje se hlavně na vlhčích loukách, pastvinách a příkopech (Kaplan et al., 2019). Nejčastěji roste na půdách hlinitých až jílovitých, které jsou slabě alkalické až mírně kyselé a chudší na dusík (Skalický 1995). Upřednostňuje prosvětlené louky, na kterých svítí většinu dne sluneční paprsky.



Obrázek 5: *Výskyt krvavce totenu v jednotlivých periodách podle nálezové databáze ochrany přírody (Zdroj: ND OP 2015)*

Výsledky výzkumu Dierks & Fischer (2009) poukazují na skutečnost, že výskyt *P. naustihous* by nemusel záviset pouze na bohatosti vegetace krvavce totenu. Nižší důležitost hostitelské rostliny by mohla souviset se skutečností, že v jedné hlávce květu může koexistovat několik larev *Phengaris nausithous* (Thomas 1984; Figurny & Woyciechowsky 1998). Rozhodující vliv na výskyt modráska bahenního by pak mohla mít spíše přítomnost mravenců než výskyt krvavce (Dierks & Fischer 2009).

3.3.1 Management luk s výskytem modrásků a živné rostliny

Ochrana motýlů musí vycházet i z ochrany jejich biotopů a důsledné péče o ně (Beneš et al. 2002). Péče o biotopy motýlů neustále balancuje mezi dvěmi riziky. Prvním je nedostatečná péče, kvůli které může stanoviště vlivem sukcesních změn ztratit požadovaný charakter. Druhým je zase přílišná péče, což může motýly zbavit zdrojů potřebných k jejich vývoji, nebo přímo zdecimovat populaci. Tato rizika souvisí s rozlohou území – u malých existuje krátkodobě velké riziko nadměrné péče, z dlouhodobého pohledu naopak riziko nedostatečné péče. Opakem jsou velká chráněná území, kde je největším rizikem finanční náročnost péče (Konvička et al. 2016).

Faktory a činnosti, které mohou negativně ovlivnit populaci modráska bahenního, dle Marhoul & Turoňová (2008):

- Zarůstání náletem či invazivními druhy, sukcesní změny
- Plošné sečení nebo pastva (bez ponechání neposečených/nepasených enkláv), sečení/pastva v nevhodném termínu
- Změny vodního režimu (např. meliorace, odvodňování), terénní úpravy
- Zmenšování rozlohy vodních biotopů (výstavba, orba, skládky)
- Používání biocidů a hnojiv při obhospodařování travnatých biotopů
- Změny ve využívání biotopů (zalesnění, změna na polní kultury)

Management luk je potřeba zaměřit na zachování vhodného vodního režimu na lokalitách, tzn. zamezení odvodňování luk či zasypávání sníženin. Vhodná je i úprava vodního režimu na lokalitách, které byly v minulosti nevhodně meliorovány (Marhoul & Turoňová 2008). Největší hrozbou pro populaci modrásků je podle Thomase (1984) i Wynhoffa (1998) nevhodně načasovaná seč. Podle Konvičky et al. (2016) je nejpřirozenější ochranou biodiverzity takzvaná mozaiková seč. Při takové seči se nikdy neseká celá plocha luk, naopak jejich rozloha je rozčleněna na více drobných úseků, což je vhodnější pro minimalizaci rizika likvidace všech zdrojů nezbytných pro obživu a vývoj modrásků. Sečeny jsou vždy jen části ploch, zbytek se ponechá do dalšího termínu seče, tj. v následujícím kalendářním roce. Marhoul & Turoňová (2008) doplňují, že seč by se měla provádět na malých plochách ručně a na velkých lištovou sekačkou se zvýšenou lištou. Rotace ploch posečených a neposečených je důležitá pro jistou minimální květnatost lemů a závětrných míst (Konvička et al. 2016). Podíl pro dočasně neposečené plochy činí, dle Marhoul & Turhoňová (2008) při rozloze lokality: do 1 ha – 1/2 lokality; do 5 ha – 1/3 lokality; nad 5 ha – 1/4 lokality.

Při určování vhodného termínu seče musíme brát v úvahu více proměnných. Seč nejen ničí vajíčka a larvy v hlávkách krvavce, ale způsobí i nedostupnost hlávek krvavce totenu pro kladení vajíček a také nedostatek nektaru pro dospělce (předpokládaná tolerance nedostupnosti krvavce u *Phengaris nausithous* je pět týdnů; Johnst et al. 2006). Marhoul & Turhoňová (2008) se domnívají, že nejvhodnější doba seče je v červnové senoseči, nejlépe do 15. června, v nižších polohách dříve, ale nikdy později.

3.4 Myrmekofilie

Dle Beneše et al. (2002) se jedná o zvláštní typ potravní specializace, kdy jedinci jsou závislí na soužití s mravenci. Housenky modrásků potřebují být přijmuty do kolonií mravenců *Myrmica* Latreille 1804, aby dokončily svůj vývojový cyklus (Thomas & Settele 2004).

Housenky po vylíhnutí vyžírají hlávky krvavce totenu (2 – 3 týdny) a vyvíjejí se v nich až do 4. larválního instaru. V tomto stádiu opouští hostitelskou rostlinu a padají na zem. Poté musí mravenci rodu *Myrmica* larvy modrásků najít a dopravit je do svého mraveniště. Tam jsou adoptovány do mravenčí kolonie jako larvy a nakonec opouští hnízdo jako imaga (Solazzo et al. 2014; Macek et al. 2015).

Modrásci během evoluce dokázali prolomit soukromý kód mravenců. Ve čtvrtém stádiu istaru jsou zaměněny za zatoulané mravenčí larvy a proto je mravenci přenáší do svých mravenišť (Akino et al. 1999). Za účelem komunikace s mravenci mají housenky modrásků myrmekofilní orgány. Při jejich použití imitují chemické a akustické signály mravenčích larev (Ueda et al. 2016). Díky těmto orgánům dokážou vyměšovat chemické látky, které housenkám zajistí oklamání dělnic mravenců. Ty je pak, v domění, že se jedná o jednu z mravenčích larev, odnesou do mraveniště. Housenky modrásků také dokážou produkovat specifické uhlohydráty, které jsou součástí mimetických sloučenin. Mravenci tyto sloučeniny produkují kvůli identifikaci jedinců ze svého hnízda (Akino et al. 1999). Mraveniště je obvykle silně chráněno, a proto se pro larvy modrásků stává bezpečným útočištěm před jinými predátory (Ueda et al. 2016). Aby adopce byla úspěšná, musí být mraveniště vzdáleno maximálně dva metry od spadlé larvy, neboť ty nejsou schopny popolézt více než pár centimetrů. Adopce trvá, při správné vzdálenosti mraveniště, cca čtyři až šest minut (Fiedler 1990; Elmes et al. 1992). Fiedler (1990) rychlou adopci vysvětluje produkcí feromonu, který je podobný látkám, jež vylučují larvy mravenců rodu *Myrmica,* a také nejspíše tvarem larvy. Po spadnutí na zem zůstává larva *Phengaris nausithus* odhalená na povrchu, což zkracuje čas, než ji mravenci najdou (Thomas 1984).

Rozeznáváme dva typy myrmekofilie. U prvního typu se jedná o myrmekofilii fakultativní, kdy mravenci od vývojových stadií motýla odhání parazitoidy či predátory. Druhým typem je myrmekofilie obligátní, kdy modrásek potřebuje mravence ke svému vývoji. Obligátní myrmekofilie může být různě úzká, od volného vztahu motýla k celé řadě různých druhů mravenců, až po specifickou vazbu na jediný druh mravence, která se vyskytuje právě mezi rody *Phengaris* a *Myrmica* (Beneš et al. 2002).

Potravní strategie housenek v mraveništích může být obligátně predátorská, při které se housenky živí kuklami a larvami mravenců. U takové strategie může dojít až ke zničení celého mraveniště a housenky pak musí čekat, až bude znovu osídleno jinou kolonii mravenců. Tento způsob strategie je méně častý a velice náročný na počet dělnic pro jednu housenku (Thomas et al. 1998). Druhá strategie je kukaččí. Housenka napodobuje chování mravenčí larvy a je krmena dělnicemi, kterých je potřeba mnohem méně, než u první strategie (Thomas & Elmes 1998). Průměrná potřeba, u jednoho predátorského druhu, je cca 350 mravenčích dělnic, zatímco u kukaččího jich stačí pouze 50 (Thomas et al. 1998). Potravní strategie u *Phengaris nausithous* není zcela objasněna. Někteří autoři jako např. Thomas & Settele (2004) nebo Patricelli et al. (2010) naznačují koexistenci kukačkové i predátorské strategie, přičemž Patricelli et al. (2010) se přiklánějí spíše ke strategii kukačky. Stejně jako kukaččí druhy má totiž *Phengaris nausithous* určitou schopnost napodobovat feromony mravenců rodu *Myrmica*. Postrádá však energetické výhody, které mají kukaččí druhy, ale pravděpodobně získává zvýšenou ochranu mravenců a jsou tedy schopny žít déle než rok v mraveništi, což by mohla být značná výhoda, pokud je toto hnízdo přeplněné (Thomas & Elmes 1998).

Beneš et al. (2002) i Macek et al. (2015) se shodují, že hostitelským mravencem druhu *Phengaris nausithous* je *Myrmica rubra* Linnaeus, 1758, příležitostně *Myrmica scabrinodis* Nylander, 1846. Specifičnost *Phengaris nausithous* na mravence *Myrmica rubra* potvrzují i Witek et al. (2008), kteří při svém výzkumu v Polsku, na Slovensku a Ukrajině objevili larvy *Phengaris nausithous* převážně v mraveništích těchto mravenců. Tato vysoká specifičnost naznačuje, že kolonie *Myrmica rubra* jsou po celé Evropě chemicky velmi podobné (Elmes et al. 2002). V oblasti Krakova byly larvy *Phengaris nausithous* také potvrzeny ve dvou hnízdech mravenců *Myrmica ruginodis* a *Myrmica scabrinodis* (Witek et al. 2008), což bylo už dříve hlášeno ze Španělska (Munguira & Martin 1997) a Rumunska (Tartally et al. 2008). Witek et al. (2008) tuto skutečnost vysvětlují případy, ve kterých mohly být larvy nejdříve adoptovány kolonií *Myrmica rubra*, ale mravenci hnízdo následně opustili a bylo převzato kolonií jiného druhu.

3.4.1 Hostitelští mravenci *Myrmica rubra* Linnaeus, 1758

Myrmica rubra je malý agresivní druh mravence s žihadlem (viz Obrázek 6; Wetterer & Radchenko 2011). Zbarvení je od oranžové po červenočerné. Tykadla jsou hladká, bez výstupků. Hruď je 5 – 10 mm široká a kusadla jsou ozubená. Vyhledávají potravu v okruhu i více než 8 metrů od svého mraveniště (Elmes et al. 1998). Živí se drobným hmyzem, který si loví sami, zbytky mrtvých živočichů, medovicí od mšic nebo rostlinnou hmotou (Elmes & Thomas 1991). Kolonie *Myrmica rubra* patří k nejpočetnějším a mívají největší počet královen. Nejčastější rozmezí je 1 – 60 královen s několika stovkami dělnic, jejichž celkový počet může převyšovat i 2500 jedinců (Sadil 1955).

Obrázek 6: *Myrmica rubra (zdroj: antweb.org)*

Mraveniště může být postavěno pod kameny nebo ve dřevě, nejčastěji však v zemi. Vhodnou lokalitou jsou vlhké louky, lesy, štěrkové doly nebo okraje břehů. Tito mravenci obecně dávají přednost chladnějším stanovištím (Sadil 1955).

V období července a srpna královna klade velké množství vajíček, jejichž vývoj probíhá až do září. Na konci září se nalézá v mraveništi mnoho larev, které až do jara nerostou. V tomto období jsou do mraveniště přineseny housenky rodu *Phengaris* a v mraveništi se tak pro ně nachází velké, ale nikoliv neomezené, množství mravenčích larev (Elmes et al. 1991). Růst housenek je přerušen na podzim a pokračuje na jaře, kdy těsně před zakuklením dochází k velkému nárůstu jejich hmotnosti. Hmotnost larvy se může navýšit o 400 – 1500 % (Elmes & Thomas 1999).

Mravenčí kolonie většinou adoptuje dvakrát až třikrát více housenek než je schopna uživit (Thomas et al. 1998). V mraveništi žijí housenky 10 – 22 měsíců a jejich úmrtnost dosahuje 80 – 90 % (Thomas et al. 1998). Vysokou úmrtnost objasnili Thomas & Wardlaw (1990), kteří se domnívají, že na přežití motýlích housenek má vliv počet mravenčích královen v mraveništi. Pokud je přítomno více královen, stoupá mortalita housenek motýla. Mravenci totiž zabíjejí přebytečné samičí kukly, kterým se housenka velmi podobá. Při experimentu Solazze et al. (2013) byl zjištěn jev sympatrických a alopatrických dělnic u *Myrmica rubra*, který může také ovlivňovat přežitelnost larev. Alopatrické dělnice lépe rozpoznávají larvy mravenců od housenek. Proto v těchto koloniích mají modrásci menší šanci na uchycení a vytvoření životaschopné populace, což by mohlo ovlivňovat fungování metapopulace při vytváření nových ploch nebo migračních koridorů.

Imaga modrásků vylétávají z mravenišť časně z rána, nejspíše proto, že mravenci v této době nejsou ještě aktivní (Thomas 1984). Díky šupinkám na křídlech se daří modráskům unikat z hnízda mravenců (Křenová 2002). Šupinky zůstávají v kusadlech mravenců a imaga mají možnost co nejrychleji vylézt z hnízda.

3.5 Ochrana modrásků

Motýli rodu *Phengaris* jsou velice citliví vůči zásahům do jejich stanovišť. Proto jsou považovány za vlajkové druhy ochrany přírody v Evropě. V mnoha evropských zemích jsou ohroženy místním vyhynutím kvůli ztrátě nebo poškození biotopu, rekreační činnosti či opouštění od tradičního zemědělství (Nowicki et al. 2005). Lze je považovat za tzv. deštníkové druhy, jejichž ochranou zajistíme i ochranu dalších druhů bezobratlých.

Modrásek bahenní se řadí dle IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natura Resources) a Červeného seznamu ČR do kategorie NT (téměř ohrožený). V ČR je rovněž chráněn vyhláškou č. 395/1992 Sb. ve znění vyhlášky č. 175/2006 Sb., kde je zařazen mezi silně ohrožené druhy. Směrnicí, EHS č. 92/43 z roku 1992, o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin byl tento druh zařazen i do Natura 2000 (Farkač et al. 2005; https://www.iucnredlist.org). V některých oblastech ČR přesto patří jeho populace k nejsilnějším v Evropě, nicméně i tady se od poloviny 20. století jeho výskyt snižuje (Beneš et al. 2002).

3.6 Metody odhadu početnosti populací

V důsledku stále klesající početnosti motýlů se pro vědce stává výběr vhodné metody výzkumu čím dál důležitějším. Při monitoringu a výzkumu motýlů se používá mnoho různých metod odhadu početnosti. Každá z nich je však svým způsobem náchylná k lidské chybě a zkresleným výsledkům. Monitoring probíhá ve velkém měřítku. Motýli se v celé Evropě, a zejména ve Velké Británii, zkoumají již po několik desetiletí.(Kral et al. 2018).

Beneš et al. (2002) rozděluje metody sčítání dospělců na absolutní a relativní. Absolutní slouží k přesnému obrazu o početnosti, byť se statistickou chybou. Jejich použití je náročné na znalosti výpočetních metod a nelze je používat pro velmi migrující druhy. Relativní metody jsou ideální pro monitoring stavu populací.

3.6.1 Absolutní metody

Odhady početnosti motýlů se získávají ze zpětných odchytů značených jedinců (mark – relaese – recapture; MRR; Beneš et al. 2002). Metoda zpětného odchytu byla vyvinuta začátkem padesátých let. Má dlouholetou a úctyhodnou tradici. Jedná se o časově náročnou metodu a často může být omezena malými velikostmi vzorků, tj. malým počtem opětovného zachycení. Tato metoda má mnoho podob, ale obecný princip zůstává stejný. Chytač provádí odchyt motýlů pomocí síťky, označí je, vypustí a následně po uplynutí jistého časového intervalu je může nebo nemusí zachytit opětovně. Odhad velikosti populace a její struktury lze provést statistickými výpočty (viz níže; Kral et al. 2018).

- **Lincoln – Petersonův index**

Musí splňovat tři podmínky: populace musí být uzavřená, žádní motýli do populace nepřibývají ani se z ní neztrácejí, všichni jedinci musí být podruhé odchyceni se stejnou pravděpodobností. Populace ovšem stěží vyhovují těmto podmínkám, proto stačí, aby je splňovaly alespoň částečně.

- **Bailyho korekce**

Umožňuje pracovat s malými zpětnými odchyty. Je podobná první metodě a pracuje se třemi následnými odchyty.

- **Craigova metoda**

Slouží k odhadu populace po jediném dni značení. Počty všech odchytů motýlů se porovnávají s počty všech označených.

- **Fisher – Fordův index**

Umožňuje sledovat populaci v čase. Díky těmto výpočtům můžeme popsat růst a pokles početnosti populace během sezóny

- **Cormack – Jolly – Seberova metoda pro otevřené populace**

V současnosti nejpoužívanější. Dovoluje nám pracovat s populacemi, v nichž se rodí, umírají a migrují jedinci (Beneš et al. 2002).

- **Program MARK**

Poskytuje odhady parametrů od označených jedinců. Časové intervaly mezi odchyty nemusí být stejné. Dokáže odhadnout i velikost uzavřené populace. Tento program zjednodušil výpočet, který byl získán pomocí několika na sebe navazujících aplikací. MARK provádí i srovnání s výsledky získanými Lincoln – Petersonovým indexem (White 2009).

3.6.2 Relativní metody

Slouží ke zjišťování změn v hustotě populace jednotlivých druhů zjištěných během sledovaného období na stejné ploše nebo ve stejné době na různých plochách (Novák 1969).

- **Transektové sčítání** (procházky dle Pollard)

Metoda vizuální identifikace při hledání motýlů podél určených transektů, někdy nazývána též procházky dle Pollard. Pozorovatelé prochází trasy jednou týdně, po celou sezónu (duben – září). Zaznamenávají motýly, které spatří před sebou v prostoru obvykle o rozměrech 5 m x 5 m x 5 m. Motýli mimo tuto oblast nejsou zahrnuti do pozorování. Existuje však mnoho variant transektů původně vytvořených Pollard (Beneš et al. 2002; Kral et al. 2018). Pozorovací protokol obsahuje údaje o druzích a o transektu, např. jeho délku a kolik z délky zaujímají biotopy (les, louka, pole, zástavba atd.; Beneš et al. 2002).

- **Metoda pozorování za jednotku času**

Jedná se o odhad relativní hojnosti či vzácnosti nejrůznějších druhů na lokalitě. Pozorovatel na lokalitě stráví předem určený čas a během tohoto času zaznamenává buď všechny jedince všech druhů, nebo počet odhadne na obvyklé logaritmické stupnici (1 kus, do 5 kusů, do 10 kusů, do 100 kusů atd.). Metoda se hodí především pro studium společenstev nebo pro rychlé zhodnocení lokality (Beneš et al. 2002).

3.7 Metapopulace

Ve stále roztříštěnější krajině se teorie metapopulace stala paradigmatem ochrany biodiverzity (Hanski & Gaggiotti 2004). Pro studium druhů v krajině je potřeba studovat i jevy na úrovni většího počtu navzájem komunikujících populací. Proto vznikl termín metapopulace, který označuje zjednodušeně populace populací (Beneš et al. 2002). Jedná se o soubor propojených subpopulací či kolonií, kdy jedinci mezi sebou mohou migrovat a žít společně na daném území. Tyto subpopulace udržují rovnováhu mezi kolonizací a extinkcí (Harrison 1991). Konvička et al. (2005) dodává, že rychlost kolonizace závisí na počtu obsazených stanovišť, ze kterých jsou vysíláni kolonisté. Stejně důležitý je i počet neobsazených stanovišť, jestliže jich je málo, není co obsazovat. Rychlost vymírání zas záleží na dějích v existující populaci. Pro přetrvání metapopulace v čase je proto důležité, aby kolonizace byla rychlejší než extinkce.

Základními jednotkami v ekologii metapopulace jsou tzv. biotopové plošky (patche). Tyto plošky jsou vhodné pro život daného druhu a jsou obývané lokální populací. V těchto lokálních populacích se uplatňují klasické populační procesy, včetně extinkce lokální populace a plošky mohou být opět kolonizovány (Beneš et al. 2002).

3.7.1 Metapopulační modely

Rozlišujeme pět typů metapopulace. **Levinsův model** předpokládá rovnocennost ploch. To znamená, že k vyhynutí populace na ploše nebo k její kolonizaci dojde se stejnou pravděpodobností. Takový předpoklad rovnocennosti však není realistický (Beneš et al. 2002). Harrison (1991) proto upozornila na existenci dalších modelů, jako jsou **kontinent – ostrovy**. V rámci tohoto modelu může zajišťovat přežití druhu jen jedna plocha. Ostatní plochy jsou závislé na emigraci z ústřední plochy, která zajišťuje doplňování těchto vedlejších ploch. Další podobný model se nazývá **zdroje – propady** - přežití populace závisí na kvalitě ploch. Čtvrtým typem jsou **nerovnovážné populace** - dochází k lokálnímu vymírání jedinců a imigranti ze stávající populace nejsou schopni vyrovnávat rychlost extinkce. Poslední typem je **mozaikovitá populace** - jedinci žijí na všech vhodných plochách a případná extinkce je ihned vyrovnávána migrací (Harrison 1991).

3.7.2 Alleeho efekt

Při nízkých populačních hustotách může nastat v metapopulaci zajímavý jev, označovaný jako Alleeho efekt. Jde o situaci, kdy na plochách s nízkou hustotou jedinců natalita klesá rychleji než mortalita. Často jde o problémy s nalezením partnerů. Samicím, v malé populaci déle trvá nalezení samce, a proto pak mají kratší čas na vlastní reprodukci (Beneš et al. 2002; Konvička et al. 2005). Tento efekt lze předpokládat u druhů vytvářejících párovací agregace nebo u nichž se projevuje tzv. konspecifická atrakce. Například u protandrických samečků motýlů, kteří netuší, zda se v jejich blízkosti vylíhne dostatek samiček, je největším příslibem dostatku samiček hojnost samců. Proto je pro ně výhodné emigrovat z málo obsazených ploch a imigrovat na plochy hustě obsazené, jelikož kde je hodně samců, objeví se i samičky. Což se ale v důsledku nemusí ukázat jako pravdivé.

A proto tento efekt může urychlit vymírání. Samci mohou marně pátrat po samičkách nebo hustě osídlených plochách a při tom uhynout (Konvička et al. 2005).

3.7.3 Rozptyl

V rámci teorie metapopulace je studium rozptylu, neboli disperze, jeden z hlavních mechanismů a má velký význam pro předpověď budoucnosti populace. Disperze je jedním z klíčových procesů, které řídí dynamiku metapopulace. V klasickém metapopulačním modelu (Levinsův model) se předpokládá konstantní tok emigrantů z obsazených ploch, nebo tok úměrný kapacitě stanoviště. Empirická data různých autorů však ukazují, že jednotlivci často reagují na určité impulsy, které se pak stanou spouštějícími prvky emigrace. Mezi spouštěcí faktory se řadí např. predační tlak, sociální konflikty, velikost ploch nebo hustota populace (Hovestadt & Poethke 2006). Vztah hustoty populace k emigraci a další disperzní parametry zkoumali Nowicki & Vrabec (2011). Výzkum probíhal po dobu 7 let, v okolí Přelouče u motýlů *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779) a *Phengaris teleius* (Bergsträsser, 1779). U těchto motýlů se předpokládá, že emigrace samic není vyvolávána sexuálním obtěžováním. Odchyt byl proveden metodou MRR a disperzní parametry byly vyhodnoceny za pomoci virtuálního migračního modelu. Byl potvrzen pozitivní vliv na emigraci při vysoké hustotě populace, zvláště v případech hustoty převyšující nosnou kapacitu prostředí. V takových případech emigrace vzrostla u samic trojnásobně a u samců dvojnásobně, ve srovnání s normálními hodnotami. Ovšem na ostatní disperzní parametry měla hustota malý vliv. Emigrace u samic je výhodná hlavně z důvodu vyšší pravděpodobnosti přežití potomstva. Dává jim možnost klást vajíčka do méně přeplněných míst, kde je vnitrodruhová konkurence menší. Samci naopak mohou mít více příležitostí k páření při setrvání na jedné ploše (Nowicki & Vrabec 2011).

U *Phengaris nausithous* byla zjištěna statistická závislost emigrace na hustotě až 99 %. Je lépe přizpůsoben rozptylu než jeho blízký příbuzný *Phengaris teleius*, což se odráží v jeho mírně vyšší emigrační náchylnosti, ale také v nižší disperzní úmrtnosti a delších rozptylových vzdálenostech (Nowicki & Vrabec 2011).

Z hlediska populační genetiky je migrace jakási pojistka. Pokud populaci obohatí nové geny jediného imigranta za generaci, neprojeví se vlivy příbuzenské plemenitby ani genetického driftu. Motýlí populace jsou zjevně ohrožené i právě proto, že si nevyměňují geny s jinými populacemi. Výměna jedinců s jinými populacemi souvisí hlavně se dvěma vzájemně propojenými procesy, a to s fragmentací krajiny a s izolací kolonií (Beneš et al. 2002). Izolovaná populace znemožňuje jakýkoliv příliv nových jedinců a tím i nových genů, čímž se snižuje fitness. Disperzní schopnosti u izolovaných a neizolovaných metapopulací zkoumali Bonelli et al. (2013). Zjistili, že mortalita během disperze u izolované populace byla dvakrát až pětkrát vyšší a disperzní vzdálenost byla výrazně snížená. Doletová schopnost u *Phengaris* je do 5 km, při delších vzdálenostech stanovišť ztrácí populace schopnost rekolonizovat (Nowicki et al. 2005; Bonelli et al. 2013).

V souvislosti s disperzí se také hovoří v literatuře o koridorech a tzv. nášlapných kamenech (stepping stones). Koridory můžeme chápat jako lineární pásy spojující jinak

izolované plochy. Můžou to být železniční náspy, zářezy, náspy silnic nebo hráze říčních regulací. Jsou možná nejoblíbenější strategií a mnoho studií podporuje velkou roli koridorů při zvyšování schopnosti propojení ploch. Studie ukazují, že mohou zvyšovat velikost populace, pohyb mezi plochami a tok genů. Nášlapné kameny, známé také jako stepping stones, označují plochy málo rozsáhlých biotopů. Nehostí trvale populace, ale spojují izolované plochy a umožňují tak pohyb mezi plochami, které nejsou jinak dostupné. Můžou to být všechny možné stezičky v polích, mokřadní loučky, lesní lemy, pískovny a podobná stanoviště. Kombinace koridorů a nášlapných kamenů při ochraně motýlů může zvýšit rozptyl pro fragmentované populace a tím usnadnit životaschopnost druhů v celé krajině (Beneš et al. 2002; Baum et al. 2004).

4 Metodika

Monitoring lokalit a sběr dat, na kterém jsem se osobně podílela v roce 2018 a 2019, probíhal v okolí obce Lohenice u Přelouče. Použita byla metoda zpětného odchytu značených jedinců. Data z předchozích let jsem získala od vedoucího mé diplomové práce. Od roku 2008, kdy bylo sledováno jen 8 lokalit, se počet studovaných ploch v okolí rozšířil na 16. Monitoring probíhal vždy od července do srpna, v době letu cílového druhu motýla *Phengaris nausithous* (Bergsträsser, 1779).

4.1 Charakteristika zkoumaných lokalit

Přelouč se nachází ve východním Polabí v Pardubickém kraji. Leží na řece Labi v nadmořské výšce 220 m. Pod její správu spadají části: Klenovka, Lhotka, Lohenice, Mělice, Škudly, Štěpánov a Tupesy. Sledované plochy se nachází v obci Lohenice, která leží 2,5 km východně od města Přelouč.

Monitorování v okolí města Přelouč začalo před více než deseti lety. Důvodem monitoringu je plánovaná výstavba říčního koridoru zajišťujícího splavnost Labe. První výzkumy začaly nejdříve na Slavíkových ostrovech a později se monitoring rozšířil i o plochy na Lohenicích. Ve studii Vrabec et al. (2017) se uvádí, že po stavbě bude klíčová správná údržba všech zbývajících ploch, a to i na Lohenicích, které jsou v rozptylové vzdálenosti modrásků od Slavíkových ostrovů.

4.1.1 Sledované plochy

Zde je uveden stručný popis jednotlivých ploch. Rozměry a GPS souřadnice jsou uvedeny v tabulce 1, pod popisem sledovaných ploch. Zároveň je zde přiložen obrázek 7 a 8 znázorňující zkoumané plochy i s jejich číslováním, který byl získaný a upravený ze serveru ww.mapy.cz.

Obrázek 7: *Část 1 před ramenem Labem (Poskytl: Vladimír Vrabec)*

Obrázek 8: *Část 2 za ramenem Labe (Poskytl: Vladimír Vrabec)*

Plocha 1

Malá loučka ihned u kraje silnice Přelouč – Lohenice s velmi vysokou denzitou živné rostliny motýlů – krvavce totenu. Nejspíše je vhodná pro rozmnožování motýlů rodu *Phengaris*, ale rozloha je příliš malá pro dlouhodobou existenci stabilní populace.

Obrázek 9: *Plocha 1 (Foto: Barbora Hejlová)*

Plocha 2

Rozsáhlejší ruderalizovaná louka po pravé straně silnice Přelouč – Lohenice (směrem k Labi). Na louce je vysoká abundance krvavce, která je ovšem potlačována konkurenčně úspěšnějšími rostlinami např. pcháčem, jasanem apod. Rozloze louky i množství živné rostliny odpovídá i počet motýlů, kteří se zde patrně rozmnožují. V období žní jsou její části destruovány zemědělskou technikou, která plochu využívá pro otáčení nebo odkládání kombajnových lišt. Období žní je navíc shodné i s letovou sezónou modrásků.

Obrázek 10: *Probíhající výzkum na ploše 2 (Foto: Barbora Hejlová)*

Plocha 3

Příkopy a okraje silnice Přelouč – Lohenice v místě křížení se struhou před Lohenickým ramenem. Občasný výskyt krvavce.

Plocha 4

Okrajová loučka v depresi Lohenického ramene. Bývá částečně kosena pro lepší přístup rybářů k vodě, a také narušována zajížděním osobních aut rybářů nebo sešlapem. Krvavec roste ve větším počtu pouze na několika místech, jinak spíše jednotlivě. Motýli se zde pravděpodobně mohou rozmnožovat, ale rozloha plochy je příliš malá pro stabilní populaci.

Obrázek 11: *Plocha 4 (Foto: Barbora Hejlová)*

Plocha 5

Plocha vedle silnice Přelouč – Břehy hned vedle propustku potoka (resp. ve směru od Přelouče vpravo před ním). Jde o velmi diverzifikovanou plochu s přechodem od xerotermního okraje k velmi vlhkým depresím u náspu silnice. Výskyt krvavce je na této ploše velmi početný. Nejsilnější populace motýlů, byla zjištěna zde, pravděpodobně se zde

rozmnožují. Plocha je bez hospodaření, lze ale předpokládat, že v minulosti byla nepravidelně kosena.

Plocha 6

Plocha vedle silnice Přelouč – Břehy, podél potoka (vpravo za ním ve směru od Přelouče, blíž k Břehům). Jde o udržovanou a na golfový trávník kosenou větší a sušší květnatou louku s porostem krvavce pouze v nedosečených okrajích a u potoka. Motýli se zde vyskytují sporadicky. Místa s výskytem motýlů byla narušena v důsledku opravy přemostění, stavby chodníku a kanálu.

Plocha 7

Plocha vedle silnice Přelouč – Břehy, první travnaté místo vpravo od náspu ve směru od Přelouče. Poměrně xerotermní, ale na vlhčích úsecích s krvavcem. Není zde závětří a motýlů je velice málo. Pravděpodobně má význam jako stepping stone. Příležitostně bývá kosena (2008), ale také ohrožena neustálým přioráváním. Je zde zvažována výstavba stezky pro pěší či cyklostezky.

Plocha 8

Malý travnatý úsek (cca 40 x 5 m) u lávky přes potok mezi plochami 5 a 6 s asi třemi trsy krvavce. Pravděpodobně se uplatňuje jako stepping stone. V roce 2008 i 2009 byla částečně pokosena, od té doby dosud zanedbávána.

Plocha 9

Louka ve vlhké depresi vlevo od silnice Přelouč – Lohenice u Lohenického ramene, částečně zarůstající rákosem. Potenciálně vhodná jako stanoviště populace motýlů. Byl tu zaznamenán jednotlivý výskyt krvavce, a dochází i k občasnému kosení travnaté plochy mimo rákos. V roce 2008 nebyla sledována, v roce 2009 byla bez motýlů. V roce 2017 byla posečena vhodně a krvavec začal hojněji růst v části u silnice. V souvislosti s tím pozorováno i více motýlů.

Obrázek 12: *Plocha 9 (Foto: Barbora Hejlová)*

Plocha 10

Velmi malý zatravněný úsek vedle stavení po levé straně náspu silnice Přelouč – Břehy. Jednotlivý, ale hojný výskyt krvavce, příležitostně bylo přítomno poměrně hodně motýlů, v posledních letech žádní. Pravděpodobně zde dochází k rozmnožování, ale rozlohou je plocha příliš malá pro udržení stabilnější populace.

Plocha 11

Lem silnice Přelouč – Lohenice, především levá strana s betonovými studnami při pohledu k Lohenicím, která je dostatečně široká a díky studnám nemůže být přiorána. Četný výskyt krvavce a příležitostné pozorování motýlů v uplynulých letech.

Plocha 12

Luční pás východně od Zajícova rybníka s poměrně bohatým výskytem krvavce. Než zde došlo ke spojení starého ramene se Zajícovým rybníkem, zajišťovaly jeho lemové porosty závětří a modrásci zde byli výrazně početnější (plocha však v té době nebyla studována zpětným odchytem). Nyní jsou tu modrásci vzácní.

Obrázek 13: *Plocha 12 (Foto: Barbora Hejlová)*

Plocha 13

Plocha se nachází jihozápadně od Lohenic mezi Labem a Zajícovým rybníkem. Louka je pravidelně sečená a navíc narušována projížděním automobilů rybářů. Krvavec místy velmi početný, ale louka byla v roce 2018 nevhodně posečena, právě v období letu motýlů na přelomu července a srpna.

Plocha 14

Typická nivní louka u slepého ramene Labe jihozápadně od obce Lohenice. Ze severovýchodu je v přímém kontaktu se slepým ramenem, z jihozápadu navazuje polní kultura. Stromy se zde nachází při okraji lokality, avšak nevytváří potřebné závětří. Terénní

deprese jsou podmáčené a nachází se v části louky hraničící se slepým ramenem Labe. Louka je intenzivně sečena a také intenzivně hnojena močůvkou. Krvavce se vyskytují velmi hojně ve vysoké pokryvnosti na většině plochy (pokryvnost více než 30 % plochy). Společně s kakostem lučním lze krvavce označit za dominantní druh na této ploše. Bohužel vždy pravidelně kosena v době letu motýlů.

Obrázek 14: *Plocha 14 (Foto: Barbora Hejlová)*

Plocha 15

Nivní louka v dosahu slepého ramene Labe, jehož břehový porost vytváří hranici plochy ze severozápadu. Z jihovýchodu jsou pole, ze severovýchodu další louka. Část louky je extenzivně sečena po částech, avšak ve výsledku posečena zřejmě celá v témže roce, zbylá část ruderalizuje a zde se udržuje kolonie motýlů. Vegetace má heterogenní charakter, dominují pcháče, psárka a další druhy trav. Na louce se vyskytuje krvavec toten v počtu jednotlivých rostlin (pokryvnost do 5 % plochy). Pro účely odchytu odlišujeme severní část od rozcestí k Lohenicím (15/2) a jižní od krmelce u křižovatky polních cest asi 60 m jižně (15/1). Ovšem pro lepší přehlednost této práce nebude plocha ve výsledcích rozdělena na dvě, ale data budou sečtena a uváděna celkově jako plocha 15.

Obrázek 15: *Plocha 15/1 (vlevo) a 15/2(vpravo; Foto: Barbora Hejlová)*

Plocha 16

Typická nivní louka ležící u Labe, které tvoří její jižní hranici, při severní hranici protéká bezejmenný tok, z ostatních světových stran je lokalita obklopena polní kulturou. Louka má protáhlý tvar kopírující vodní tok a je poměrně rozlehlá. Nachází se zde terénní deprese, které jsou po silných deštích naplněny vodou. Plocha je udržována intenzivním kosením většinou v nevhodnou dobu. Krvavec se zde vyskytuje roztroušeně na celé ploše v počtu jednotlivých rostlin. Zaznamenané dominantními druhy byly kakost luční, jitrocel kopinatý a řebříček obecný.

Tabulka 1: *Rozloha jednotlivých ploch v m^2 a GPS souřadnice (Poskytl: Vladimír Vrabec)*

Plochy	Rozloha [m^2]	GPS souřadnice
1	351	50°2'33.306"N, 15°35'3.941"E
2	3 053	50°2'32.338"N, 15°34'41.115"E
3	5 409	50°2´34.338"N, 15°34´52.087"E
4	1 607	50°2'33.306"N, 15°35'3.941"E
5	1 258	50°2´51.056"N, 15°34´35.285"E
6	3 258	50°2´51.056"N, 15°34´35.285"E
7	3 409	50°2´43.565"N, 15°34´33.316"E
8	688	50°2'50.957"N, 15°34'43.165"E
9	6 777	50°2'45.190"N, 15°35'19.741"E
10	555	50°2'46.715"N, 15°34'29.646"E
11	5 538	50°2'36.955"N, 15°35'22.213"E
12	7 116	50°2'24.701"N, 15°35'24.840"E
13	14 347	50°02.404'N, 15°35.201'E
14	16 400	50°2'29.888"N, 15°35'38.710"E
15	5 400	50°2'26.778"N, 15°35'57.889"E
16	26 300	50°2'10.693"N, 15°36'9.063"E

4.2 Sběr a zpracování dat

Pro účely výzkumu byla užita metoda zpětného odchytu značených jedinců tzv. MMR (mark-release-recapture; metodika viz kapitola 3.6.1).

Zpracovávány byly výsledky z odchytů v letech 2008 – 2019. V jednotlivých letech se na jejich sběru podílelo více osob, které zde nevypisuji. Jednotlivá data byla shromážděna v různých časových intervalech s ohledem na letovou sezónu cílového druhu modráska a zároveň na možnostech terénních pracovníků.

Níže popsaný postup odkazuje na letovou sezónu 2018, neboť v tomto roce jsem byla hlavním terénním pracovníkem, a proto je možné, aby byla vlastní data podrobněji vyhodnocena. V tomto roce se na odchytu podíleli (abecedně): Drbohlavová Lucie, Hanykýřová Hana, Hejlová Barbora, Šindelářová Lenka, Vrabec Vladimír.

4.2.1 Legislativní opatření

Vzhledem k faktu, že *Phengaris nausithous* patří mezi zvláště chráněné motýly, bylo nutné zajistit potřebná povolení ke sběru dat. Toto povolení bylo uděleno odborem životního prostředí a zemědělství Krajského úřadu Pardubického kraje. Pro výzkum byla udělena výjimka č. j. 47185/2014/OŽPZ/Si, vydána na jméno vedoucího práce.

4.2.2 Metoda odchytu

Jak již bylo zmíněno výše, ke sběru dat byla použita metoda zpětného odchytu jedinců. V roce 2018, probíhal odchyt v termínu od 28. 6. do 11. 8. 2018. V závislosti na počasí se prováděl každý den od 9 do 17 hodin, při dešti se nechytalo a vždy se čekalo na vyjasnění. Plochy byly procházeny minimálně 1x denně, podle časových možností i 2x denně, v náhodném pořadí a vždy v jiný čas. Na některých plochách se ovšem s ohledem na denzitu motýlů muselo trávit více času, což však neznamenalo, že byly opomíjeny méně významné plochy. Kvůli získání objektivních dat bylo především nutné střídat čas a pořadí chytaných ploch.

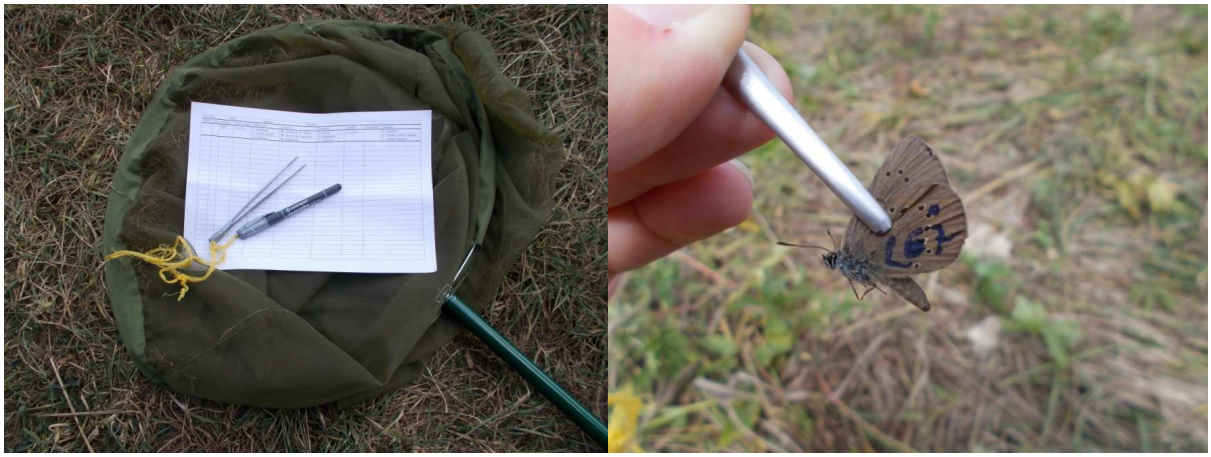
Modrásci byli značeni unikátním číselným kódem umožňující jejich identifikaci. Kód se skládal z určeného písmene a pořadového čísla.

Před začátkem odchytu bylo nutné si připravit potřebné pomůcky, bez kterých se chytač v terénu neobejde (viz Obrázek 16). Odchyt byl prováděn entomologickou síťkou, která je velice jemná a má malý průměr ok. Síťka nesměla přijít do kontaktu s vodou, a proto se v dešti nechytalo. Zároveň nesměla přijít do kontaktu ani s repelentem, neboť by to mohlo způsobit poškození motýla. Důležitá byla i její barva – obecně se doporučuje bíla. Ta umožňuje lepší pozorování a nestoupá v ní rychle teplota. Pro účely odchytu byla použitá síťka zelená. Motýl byl po odchycení zafixován lékařskou pinzetou za přední část křídel v blízkosti těla. Pinzeta nesmí mít výrazné výstupky, které by mohly poškodit jemná křídla motýlů, a měla by mít široké zakulacené hroty. K označení číselného kódu na křídla motýla byl zapotřebí fix centropen waterproof s tenkým hrotem o průměru 0,6 – 1 mm. Označení se provádělo na levou stranu spodního křídla (viz Obrázek 16). U označeného motýla jsme zaznamenali pohlaví dle charakteristických znaků popsaných v této práci v kapitole 3.2.1. Správně označený motýl byl vypuštěn zpět na plochu v místě odchytu a byl zapsán do záznamového archu. Záznamový arch je nepostradatelný a pro sběr dat velice důležitý. Obsahuje důležité informace pro výzkum, a proto by se měl vždy uchovávat i v elektronické podobě např. v mobilu nebo fotoaparátu, aby nedošlo ke ztrátě dat.

Záznamový arch obsahoval následující údaje:

- **Čas odchytu** – přesná hodina i minuta
- **Pohlaví** – samice (F), samec (M)
- **Číslo imaga** – unikátní kód
- **Olétanost** – neolétaný (I), mírně olétaný (II), olétaný (III)
- **Chování** – nektarink (N), létání (F), slunění (B), kopulace (K), odpočinek (R), kladení (O), hledání samce/samice (P), ostatní (T)

- **Oslunění** – jasno (1), polojasno (2), zataženo (3)
- **Větrnost** – bezvětří (1), mírný vítr (2), silný vítr (3)
- **Lokalita** (1 – 16)
- **Poznámky**



Obrázek 16: *Potřebné vybavení (vlevo) a správně označený motýl (vpravo; Foto: Barbora Hejlová)*

4.2.3 Zpracování dat

Data ze zpětných odchytů byla přepsána do programu Microsoft Excel, který umožňuje převod do dalšího PC programu. Pro statistické vyhodnocení byl použit program MARK, vždy v aktuální verzi, která byla k dispozici (naposledy MARK 8.1). Výpočet byl proveden na Katedře zoologie a rybářství České zemědělské univerzity v Praze dle metody Cornack-Jolly-Seber (viz Schwarz & Amason 1996; Schwarz & Seber 1999). Na zpracování se podíleli Terezie Bubová a Vladimír Vrabec. Použity byly různé modely výpočtu pro jednotlivé roky, vybrané tak, aby nejlépe a nejpravděpodobněji vysvětlovaly situaci v daném roce, které uvádím níže.

- **2008:** model $\varphi(.)p(.)$**,** pro který nebyly v letové sezóně zjištěny značné rozdíly v počasí, a odchyt byl pravidelný, je stálý v čase i ve skupinách a parametry jsou konstantní v čase a stejné pro obě pohlaví,
- **2009:** $\varphi(.)p(t)$, tj. model se stejným denním přežíváním a varirující pravděpodobnosti odchycení, kdy se pravděpodobnost odchycení mění v průběhu času, ale je stejná pro obě pohlaví,
- **2010:** $\varphi(.)p(.)$ tj. model, se stejným denním přežíváním a stejnou pravděpodobnosti odchycení, kdy pravděpodobnost odchycení je stejná v průběhu času a stejná pro pohlaví,
- **2011:** model $\varphi(.)p(.)$,
- **2012:** nebylo statisticky hodnoceno**,**
- **2013:** model $\varphi(.)p(.)$,

- **2014:** model *φ(.)p(g)* se stejnou denní přežitelností a varirující pravděpodobností zachycení, kdy pravděpodobnost odchytu je měnící se v průběhu času, ale stejná pro pohlaví,
- **2015:** *φ(.)p(.)* se stejnou denní přežitelností a pravděpodobnosti zachycení. Model je konstantní v čase a pohlaví,
- **2016:** *φ(.)p(.)* model, se stejnou denní přežitelností a se stejnou pravděpodobnosti zachycení. Model je konstantní v čase a pro pohlaví,
- **2017:** *φ(.)p(.)* model, kde nebyly v letové sezóně zjištěny značné rozdíly v počasí, a odchyt byl pravidelný. Jedná se o model stálý v čase i ve skupinách a parametry jsou konstantní v čase a stejné pro obě pohlaví,
- **2018:** *φ(t)p(.)*; Jedná se o model, s různým denním přežíváním, kdy se denní přežívání mění v průběhu času. Avšak pravděpodobnost odchycení motýlů je konstantní v čase i pro skupiny. Jinými slovy *φ*=parametr přežívání, je v čase různý,
- **2019:** *φ(.)p(t)*; Jedná se o model, se stejným denním přežíváním a varirující pravděpodobnosti odchycení, kdy se pravděpodobnost odchycení mění v průběhu času, ale je stejná pro obě pohlaví.

Vzhledem k tomu, že jsem měla k dispozici data za všechna uvedená léta, kdy byla shromážděna, musela jsem je nějakým způsobem porovnat, abych mohla potvrdit nebo vyvrátit hypotézy formulované v cílech práce. To jsem provedla následně:

Nejprve jsem přepsala výsledky do tabulek MS Excel, ze kterých jsem vygenerovala grafy. Jako první jsem sestavila tabulku, která zaznamenává skutečné počty jedinců pro jednotlivé plochy a pro celkovou metapopulaci (všechny plochy dohromady). Celkový počet motýlů v metapopulaci v letech 2008 – 2019 pak byl znázorněn graficky. Obdobně jsem zpracovala také výsledky odhadu početnosti jedinců z programu MARK a tento graf je dále použit jako standard k porovnávání výkyvů jednotlivých ploch.

Obdobně jsem graficky vyjádřila početnost populací samostatně pro jednotlivé plochy a průběh porovnala, zda odpovídá průběhu grafu pro celou metapopulaci. Pokud jsem zjistila nesrovnalosti, pokusila jsem se je v diskusi komentovat.

5 Výsledky

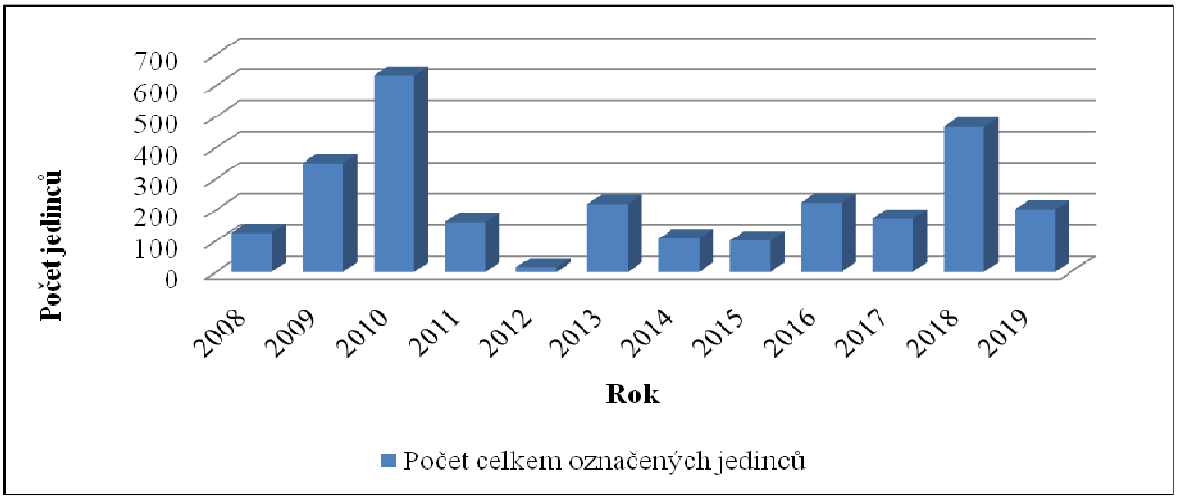
5.1 Počet skutečně označených jedinců na jednotlivých plochách

Následující tabulka 2 zobrazuje skutečný počet odchycených jedinců *Phengaris nausithous* na jednotlivých plochách (1 - 16) v letech 2008 – 2019 na Lohenicích. Jak je vidět z tabulky, v roce 2008 se počítala populace jen na 8 plochách a postupně byly v jednotlivých letech objevovány nové. Teprve od roku 2016 byla populace *Phengaris nausithous* počítána na všech 16 plochách. Trend vývoje celkové populace skutečně odchycených jedinců, který vychází z tabulky 2, ukazuje obrázek 17.

Tabulka 2: *Počet skutečně označených jedinců na plochách 1 - 16*

Plochy	Roky											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	25	24	86	28	2	39	47	13	10	8	51	43
2	51	73	148	48	7	116	36	70	132	63	242	110
3	1	30	77	32	4	37	12	1	0	1	3	1
4	8	41	69	5	0	12	1	14	17	3	11	4
5	42	169	195	10	0	10	10	0	0	0	1	0
6	5	18	17	0	0	2	0	0	0	0	0	0
7	5	17	13	6	1	0	13	1	2	0	0	0
8	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	*	0	45	4	0	6	1	2	2	21	0	0
10	*	26	16	10	0	0	6	0	0	0	0	0
11	*	*	19	14	0	2	0	2	1	1	1	0
12	*	*	22	24	2	7	2	9	1	13	23	2
13	*	*	25	6	0	15	3	5	6	8	1	0
14	*	*	*	*	*	*	*	*	37	13	37	17
15	*	*	*	*	*	*	*	*	27	38	146	55
16	*	*	*	*	*	*	*	*	5	2	9	0
celkem	**126**	**351**	**631**	**160**	**15**	**219**	**108**	**101**	**223**	**171**	**467**	**201**

*** na těchto plochách neprobíhal výzkum**



Obrázek 17: *Grafické znázornění celkového počtu skutečně označených jedinců v letech 2008 - 2016*

5.2 Počet odhadnutých jedinců na jednotlivých plochách

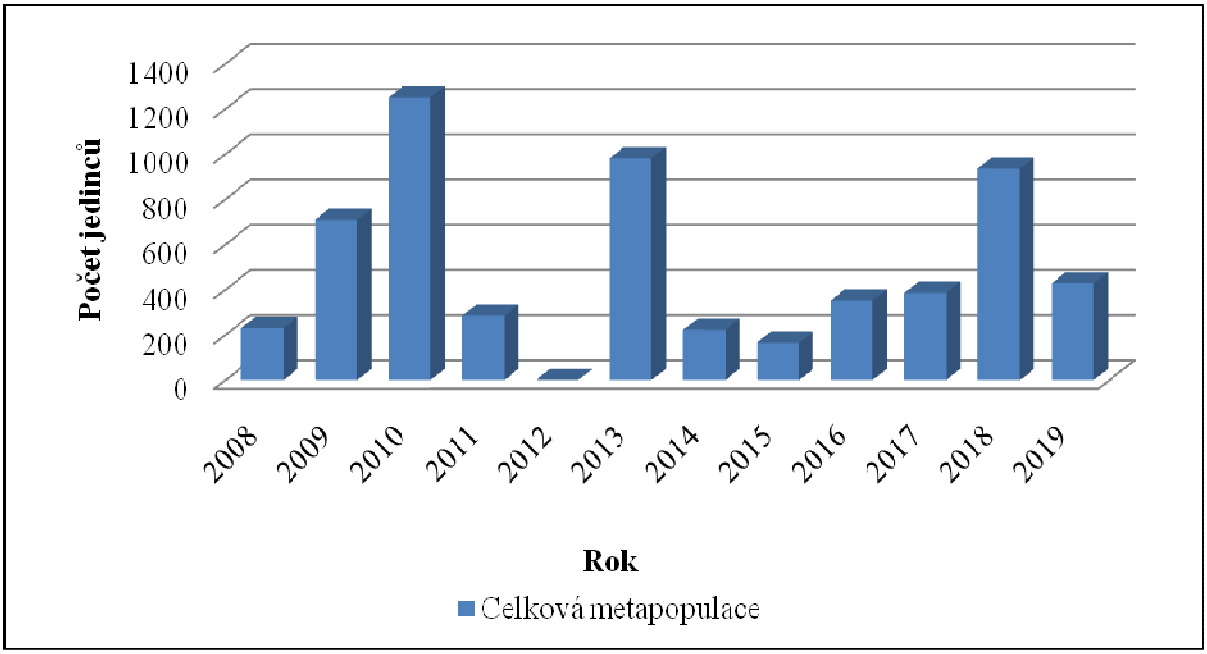
Tabulka 3 zobrazuje počet odhadnutých jedinců programem MARK (metodika viz Beneš et al. 2002) na jednotlivých plochách (1 – 16) v letech 2008 – 2019 na Lohenicích. V roce 2008 byla celková metapopulace odhadnuta z pouhých 7 kontrolních návštěv v druhé polovině letové sezóny. Pro rok 2012 bylo málo dat ze zpětných odchytů, a proto nebylo možné provést odhad metapopulace programem MARK.

Tabulka 3: *Počet odhadnutých jedinců v programu MARK na plochách 1 – 16*

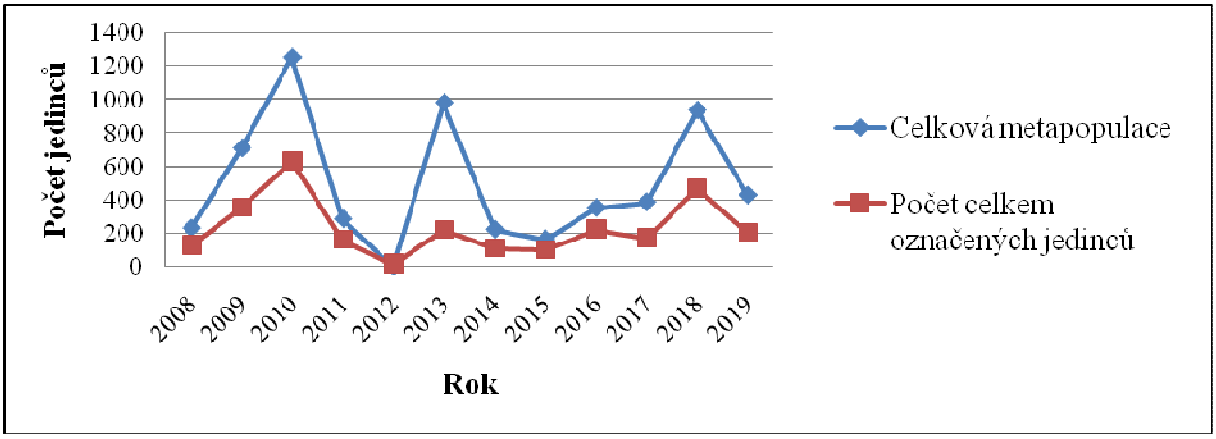
Plochy	Roky												Součet
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
1	65	46	146	39	-	418	66	24	17	18	140	87	**1001**
2	97	214	287	166	-	376	125	113	169	97	420	187	**2154**
3	2	50	186	59	-	53	24	2	0	2	7	2	**385**
4	16	86	111	10	-	34	2	25	28	7	24	9	**336**
5	79	293	431	20	-	29	20	0	0	0	2	0	**795**
6	10	52	34	0	-	6	0	0	0	0	0	0	**92**
7	10	31	26	12	-	0	26	2	3	0	0	0	**100**
8	4	0	0	2	-	0	0	0	0	0	0	0	**2**
9	*	0	90	8	-	17	2	4	3	36	0	0	**160**
10	*	82	32	20	-	0	12	0	0	0	0	0	**146**
11	*	*	38	28	-	6	0	4	2	2	2	0	**82**
12	*	*	44	48	-	20	4	16	2	29	51	4	**218**
13	*	*	50	12	-	43	6	9	10	18	2	0	**150**
14	*	*	*	*	*	*	*	*	94	29	158	38	**319**
15	*	*	*	*	*	*	*	*	47	343	379	107	**876**
16	*	*	*	*	*	*	*	*	8	4	20	0	**32**
Celkem	**230**	**709**	**1251**	**285**	**0**	**982**	**222**	**165**	**352**	**386**	**936**	**428**	**5716**

*** na těchto plochách neprobíhal výzkum**

Grafické znázornění (obrázek 18) ukazuje trend změn celkové metapopulace *Phengaris naustihous* v letech 2008 – 2019. Z grafu je patrné, že první tři roky výzkumu měla metapopulace stoupají charakter. V roce 2009 byly sledovány i nově dvě plochy (9 – 10) a následně objeveny další tři plochy (11 – 13), které byly přidány do výzkumu v následujícím roce, což navýšilo celkový počet metapopulace. K velkému propadu došlo v roce 2011. Bohužel, rok 2012 nelze hodnotit z důvodu malého počtu dat ze zpětných odchytů. Metapopulace, jak je patrné z grafu, v roce 2013 začala opět růst a předpokládal se možný gradační charakter, který se bohužel nepotvrdil; v roce 2014 došlo k propadu. Teprve od roku 2016 se sleduje všech 16 ploch a metapopulace opět mírně roste až do roku 2018. V roce 2019 opět došlo k náhlému propadu.



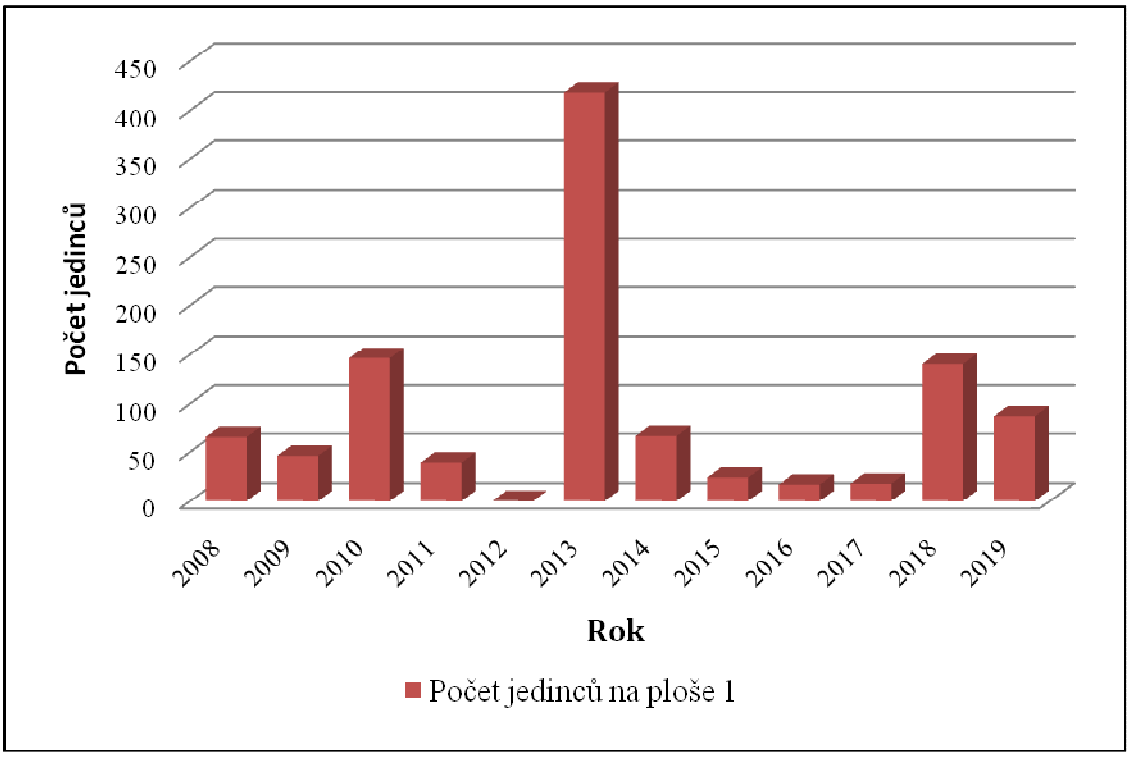
Obrázek 18: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace v programu MARK v letech 2008 - 2019*



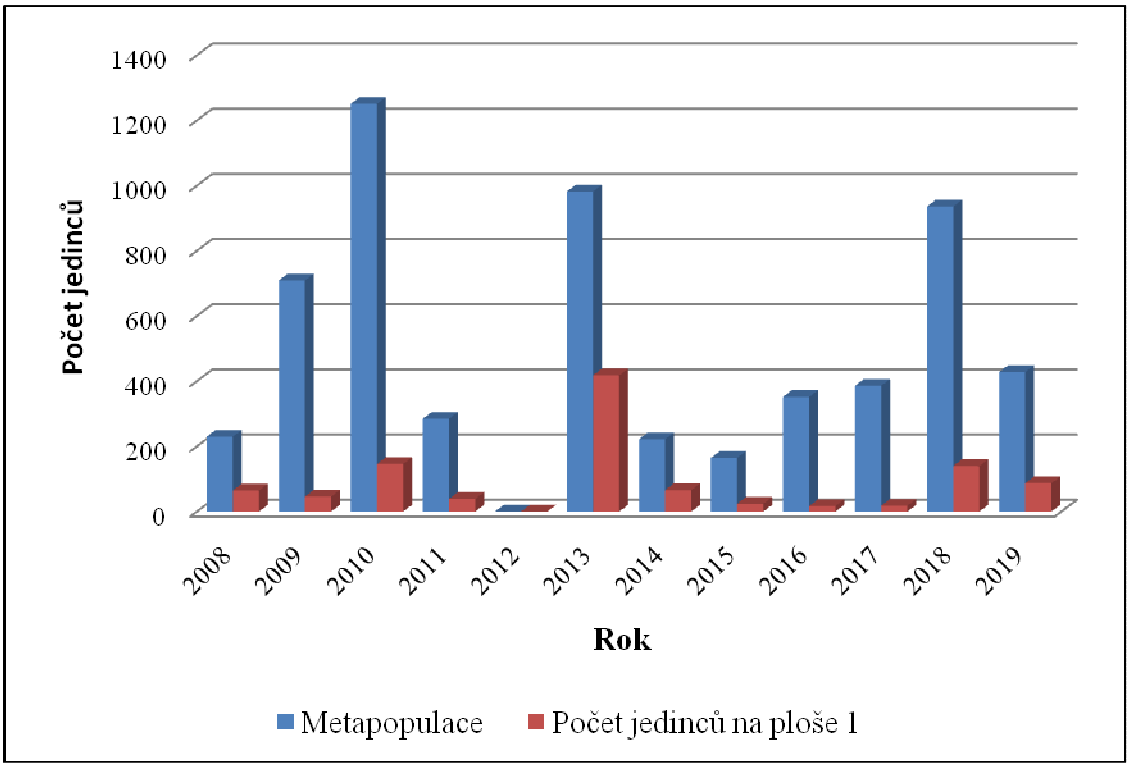
Obrázek 19: *Grafické znázornění celkem označených jedinců ve srovnání s odhadnutou metapopulací v programu MARK*

5.3 Počet jedinců na jednotlivých plochách ve srovnání s celkovou metapopulací

Následující obrázky (20 – 51) znázorňují porovnání trendu růstu či poklesu metapopulace *Phengaris nausithous* pro jednotlivé plochy (1 – 16) na lokalitě Lohenice. První obrázek na stránce vždy znázorňuje vývoj populace určité plochy pro jednotlivé roky a druhý srovnání celkové metapopulace s populací plochy.

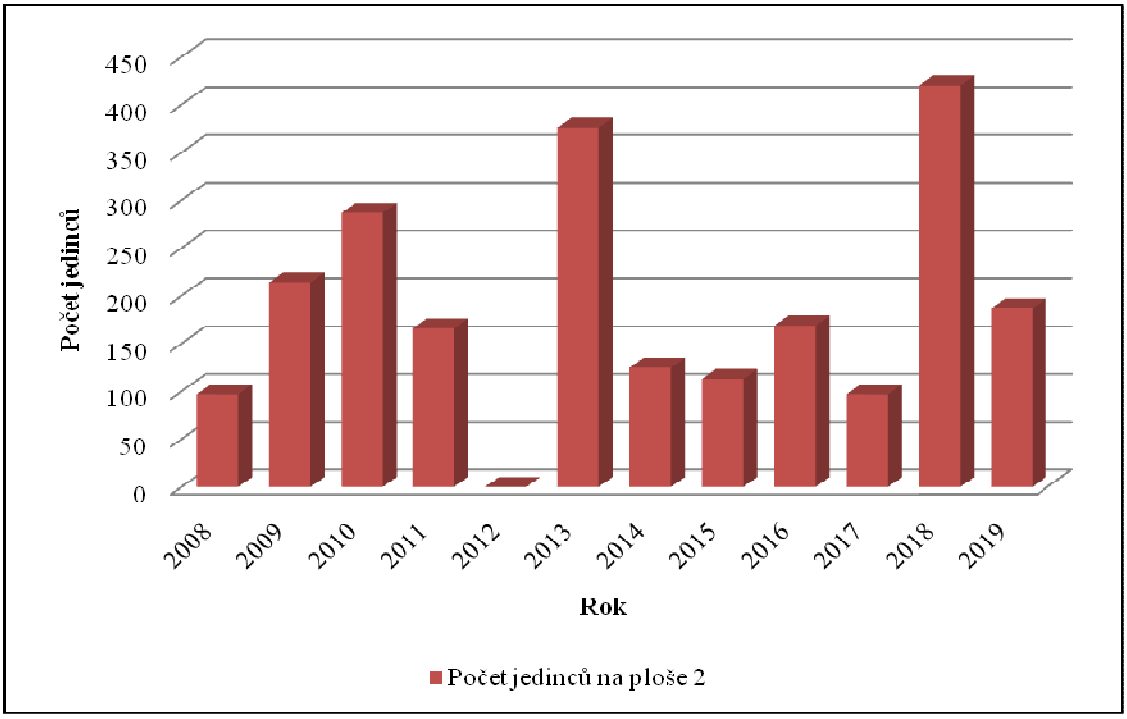


Obrázek 20: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 1 v jednotlivých letech*

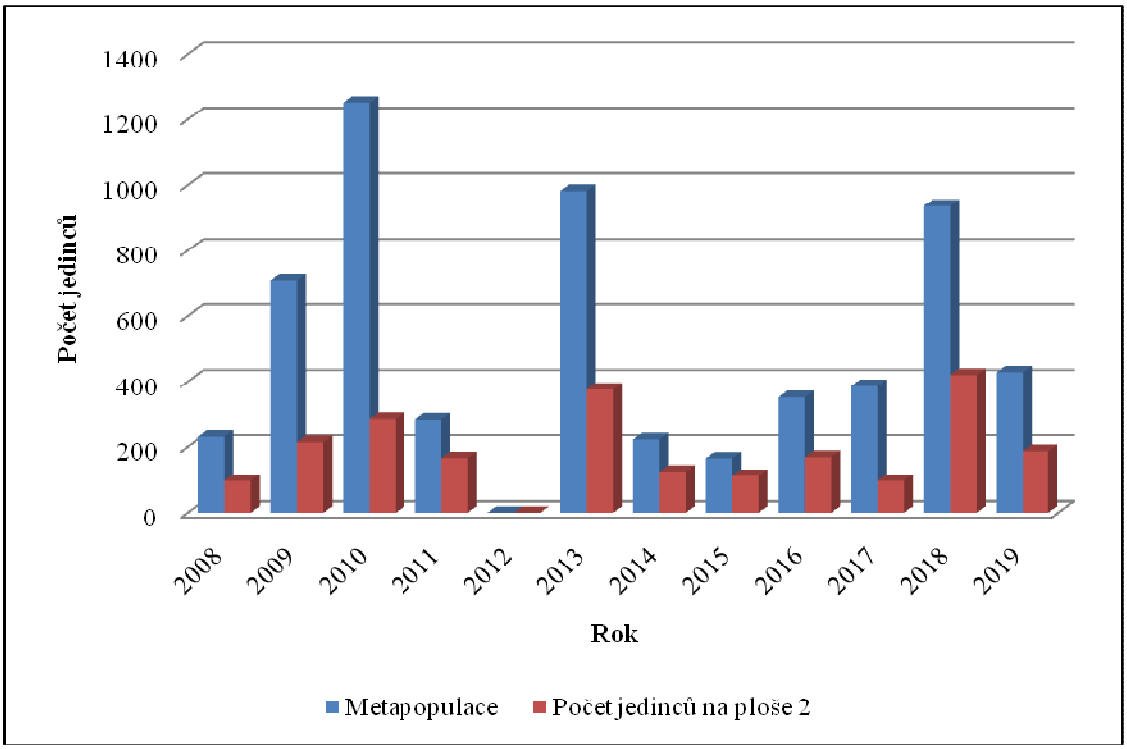


Obrázek 21: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 1 v jednotlivých letech*

Na vývoji početnosti plochy 1 je patrný opačný trend vůči metapopulaci v roce 2009, kdy se početnost celkové metapopulace navyšovala, ale počet motýlů na ploše 1 klesal.

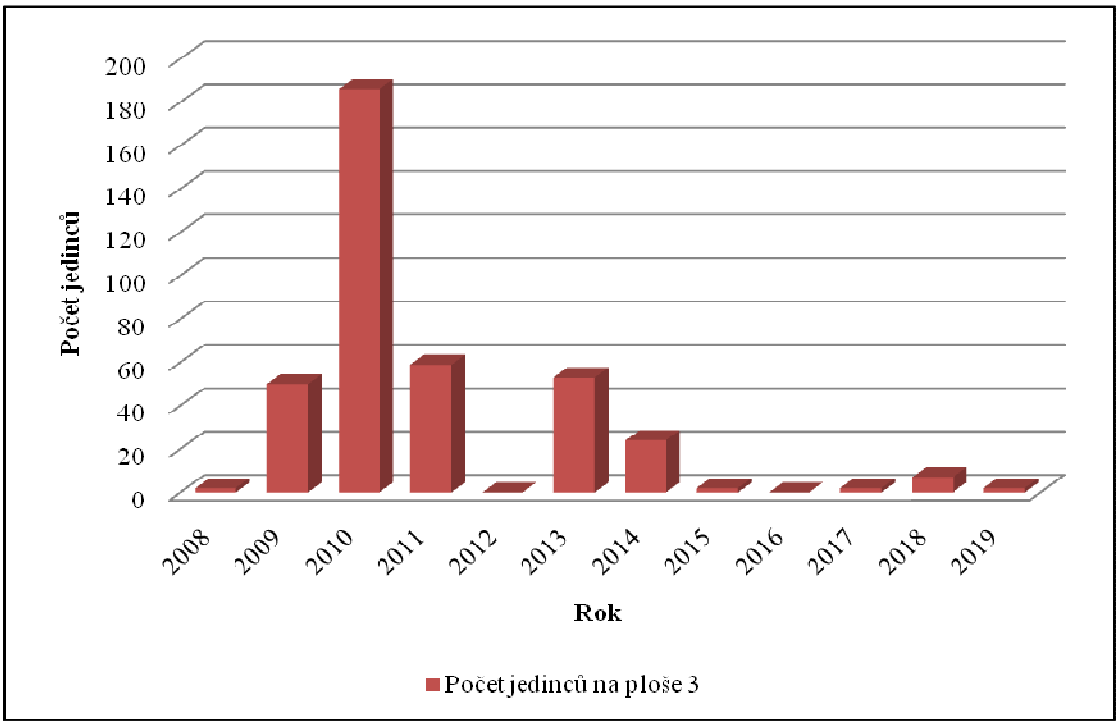


Obrázek 22: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 2 v jednotlivých letech*

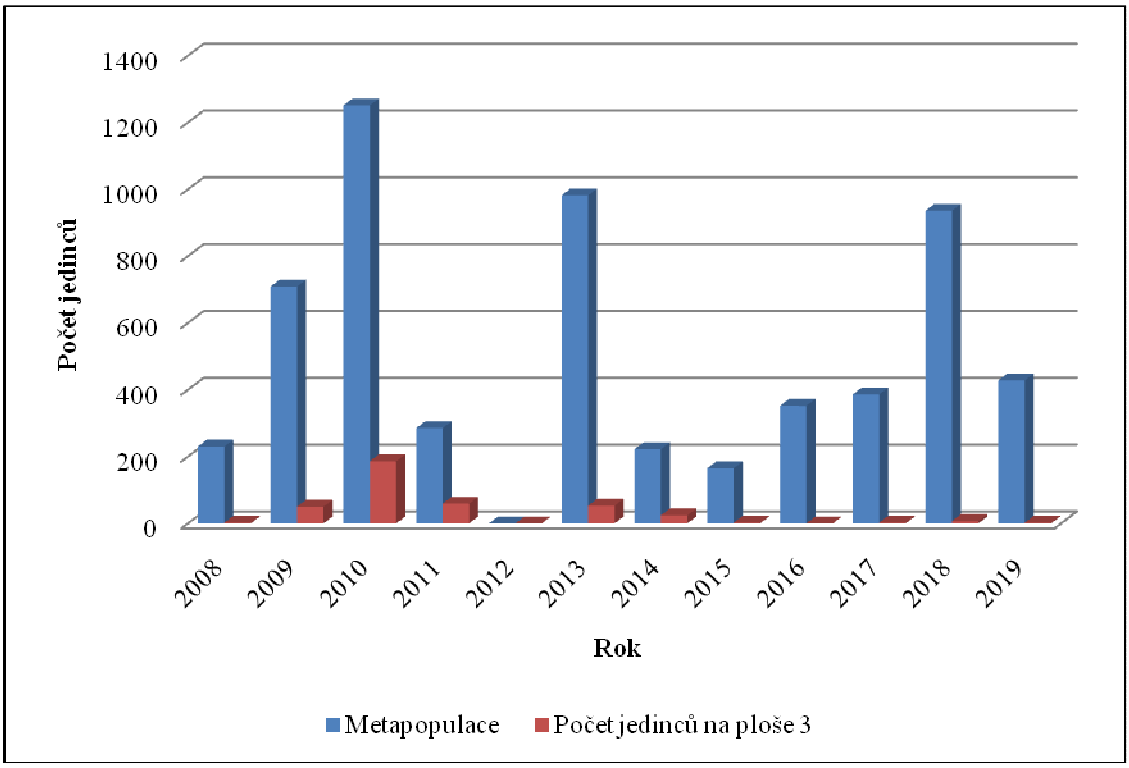


Obrázek 23: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 2 v jednotlivých letech*

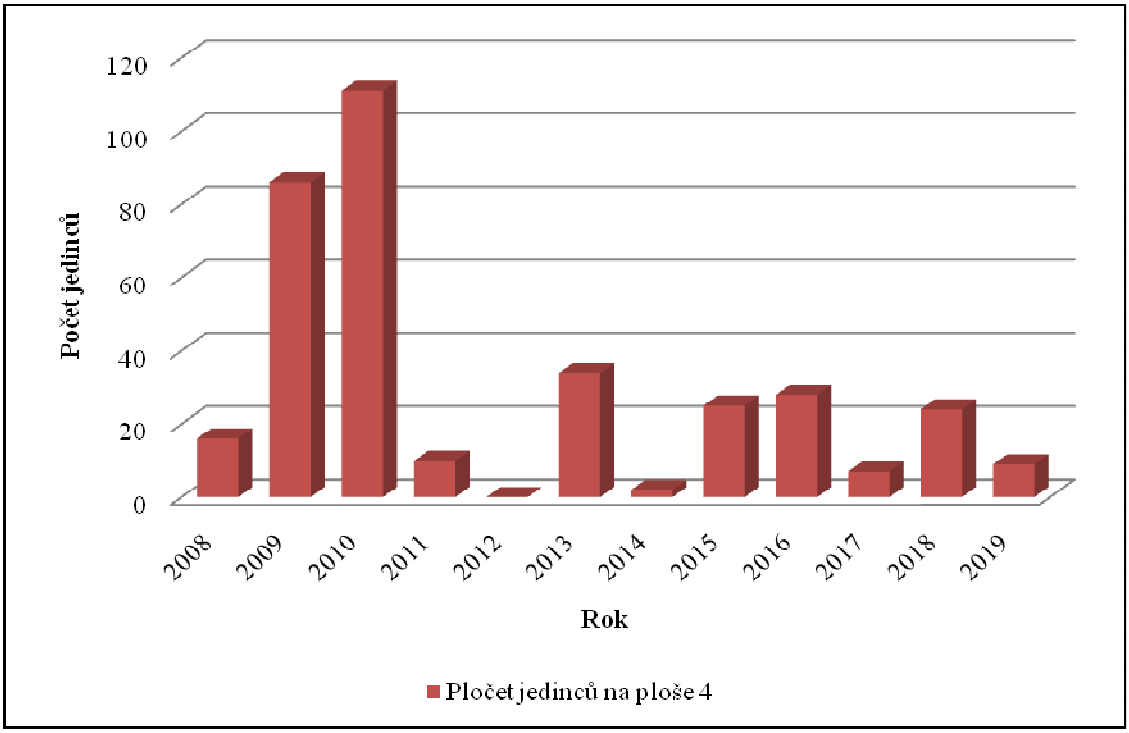
Vývoj plochy 2 je zajímavý v roce 2014, kdy početnost celkové metapopulace poklesla oproti předchozímu roku zhruba na 1/5, ale pokles na ploše 2 nebyl zdaleka tak výrazný.



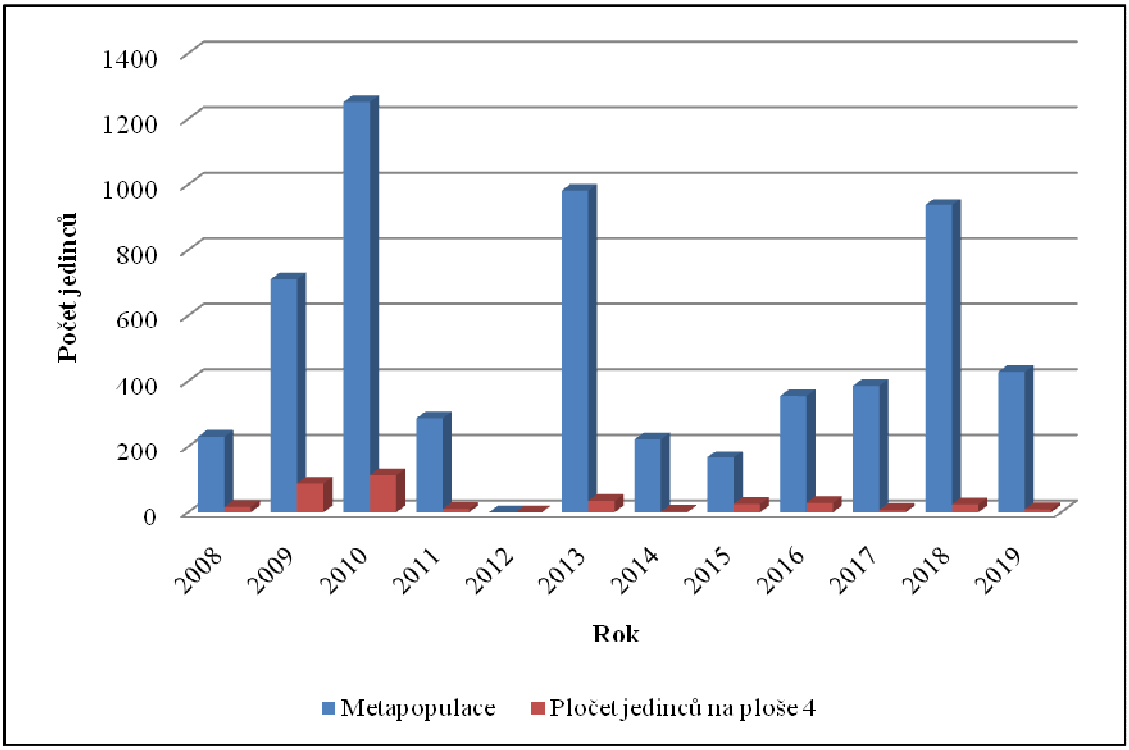
Obrázek 24: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 3 v jednotlivých letech*



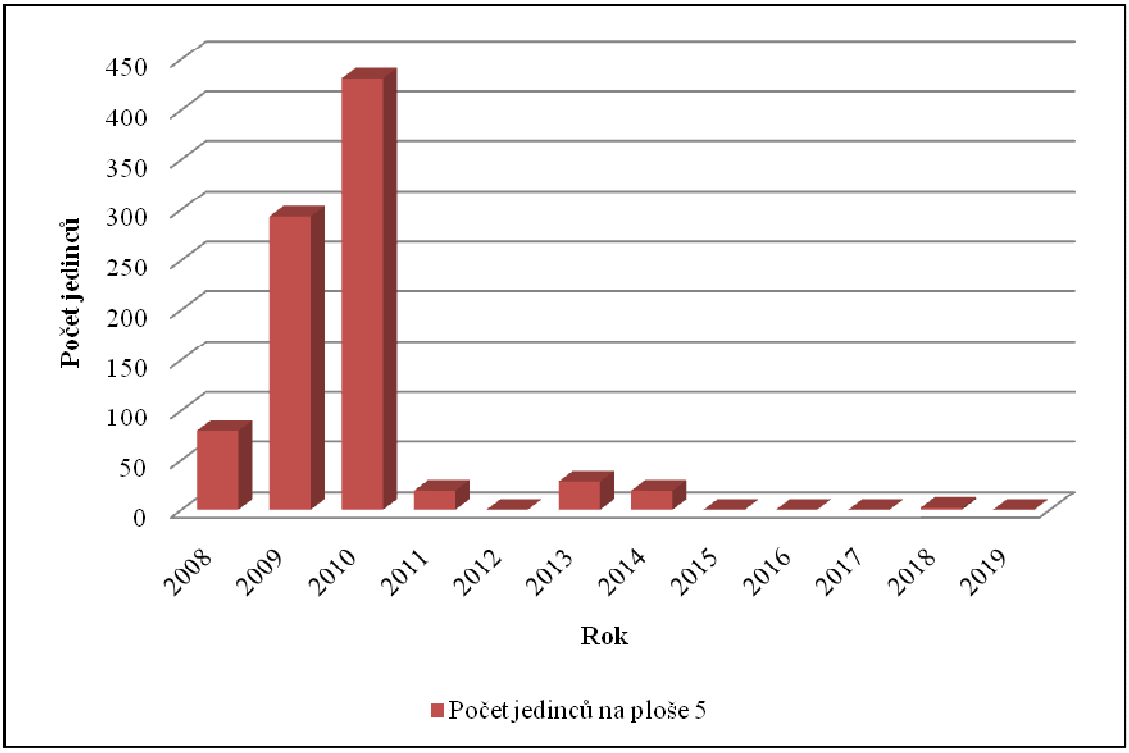
Obrázek 25: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 3 v jednotlivých letech*



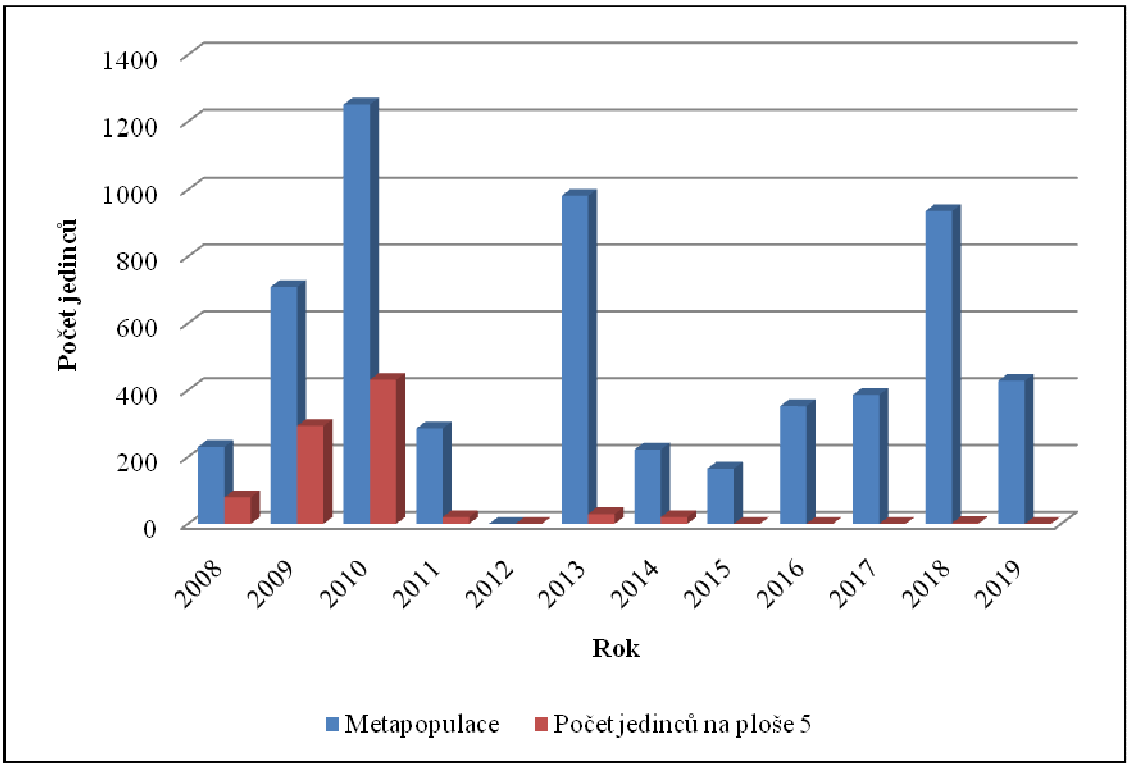
Obrázek 26: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 4 v jednotlivých letech*



Obrázek 27: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 4 v jednotlivých letech*

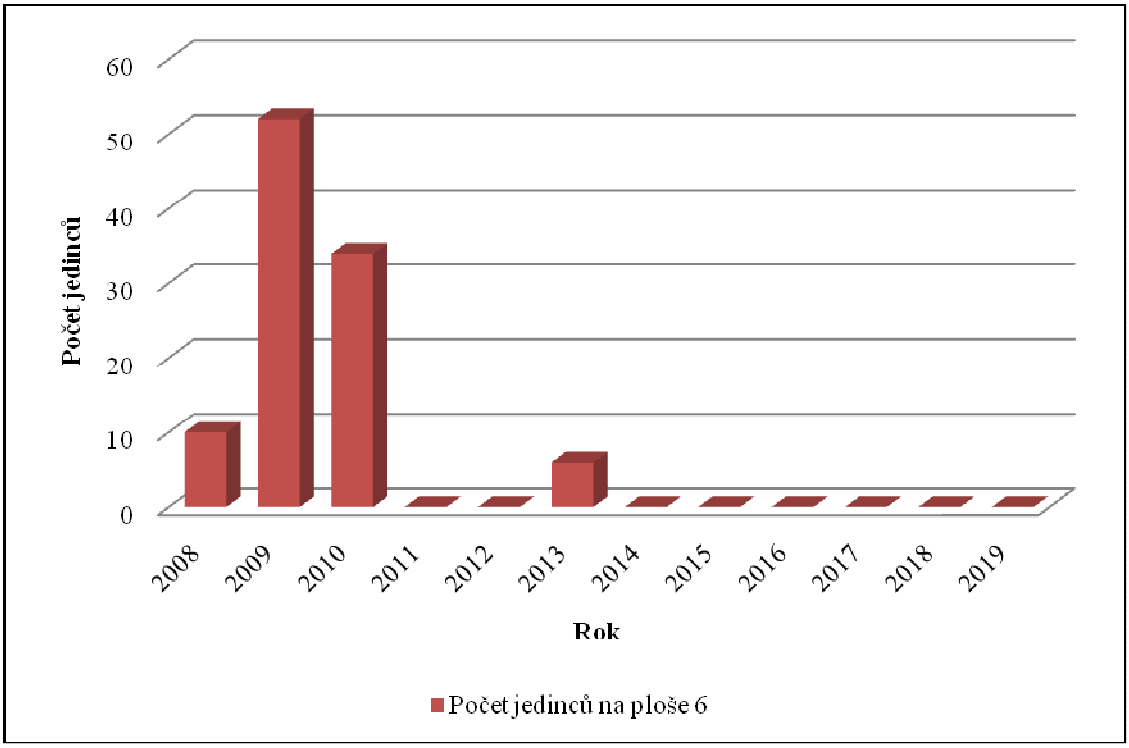


Obrázek 28: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 5 v jednotlivých letech*

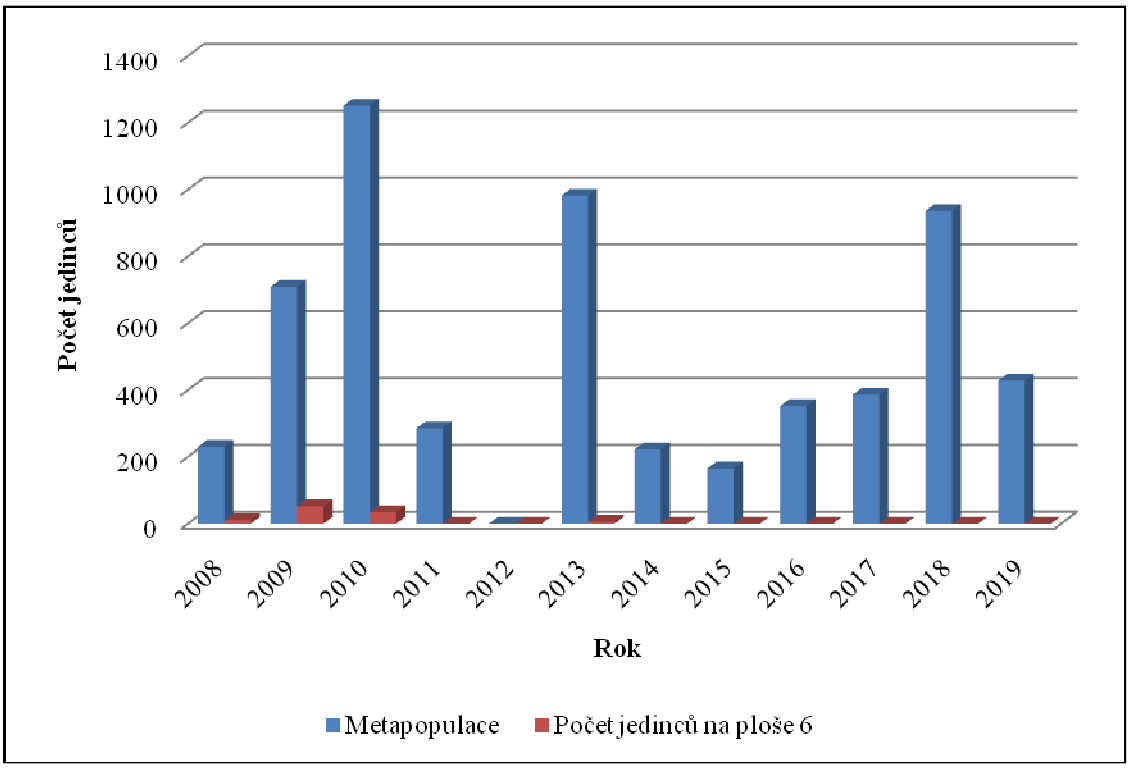


Obrázek 29: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 5 v jednotlivých letech*

Výrazný propad na ploše 5 je vidět od roku 2015, kdy zde nebyli odchyceni téměř žádní motýli.

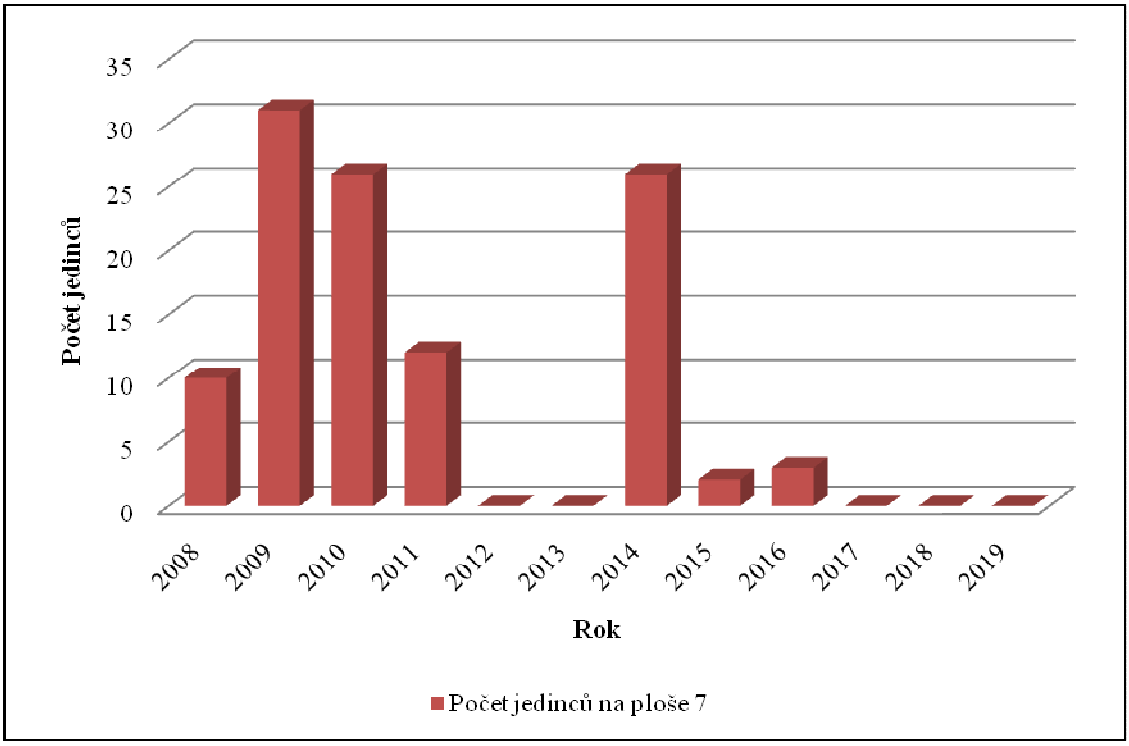


Obrázek 30*: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 6 v jednotlivých letech

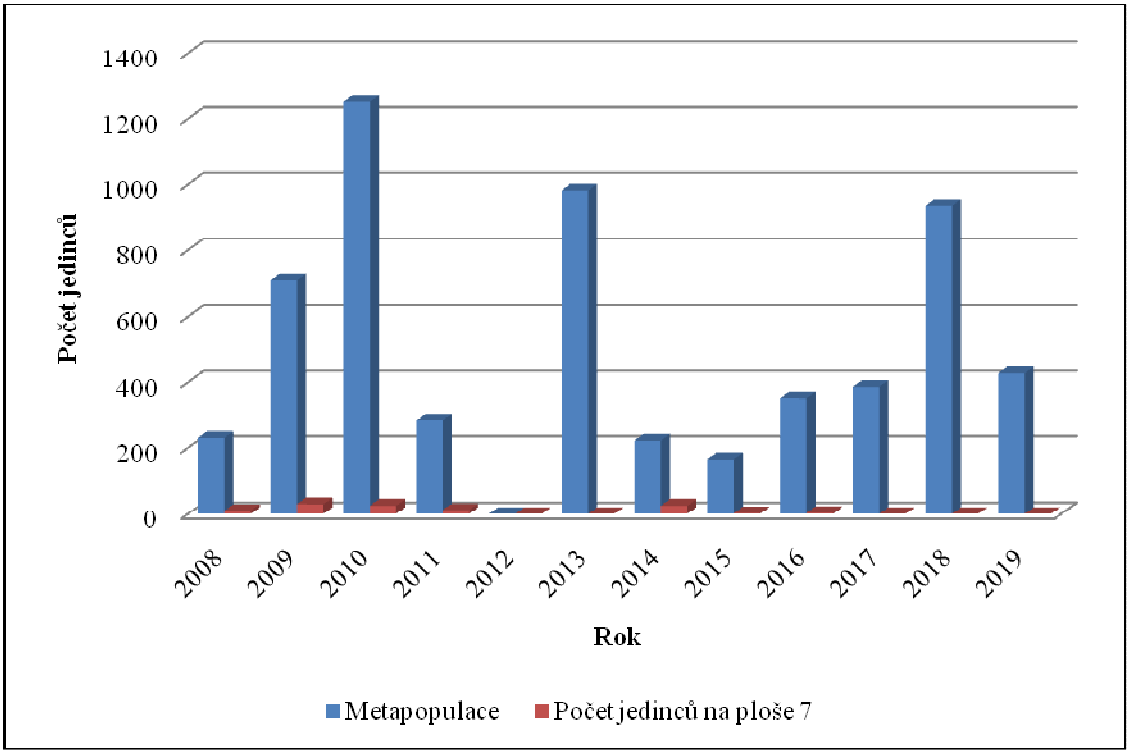


***Obrázek 31:** Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 6 v jednotlivých letech*

Nápadné je, že na ploše 6 zmizeli motýli okolo roku 2011 až do současnosti s výjimkou několika záchytů v roce 2013.

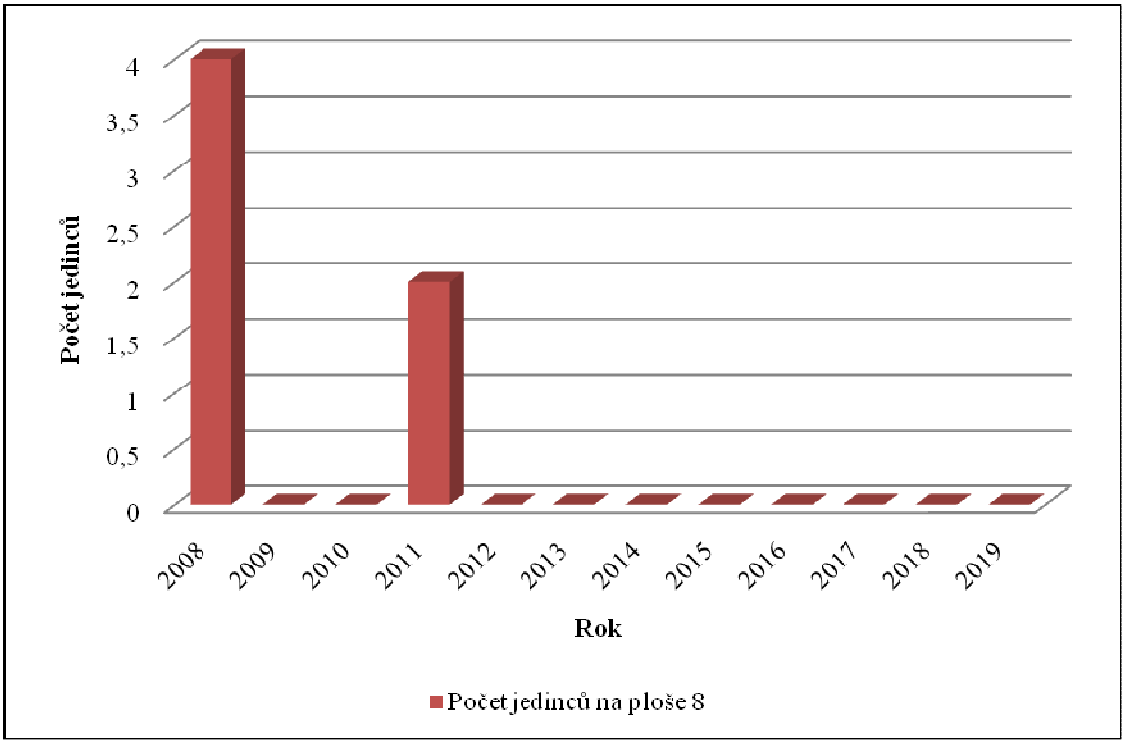


Obrázek 32: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 7 v jednotlivých letech*

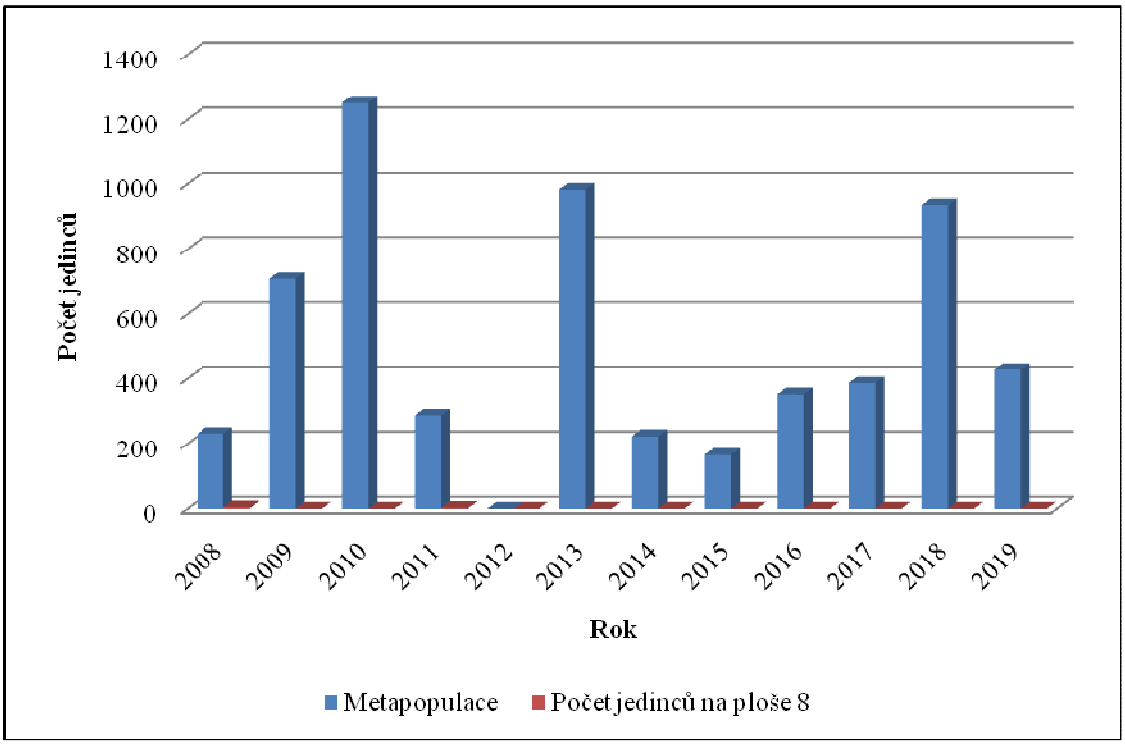


Obrázek 33: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 7 v jednotlivých letech*

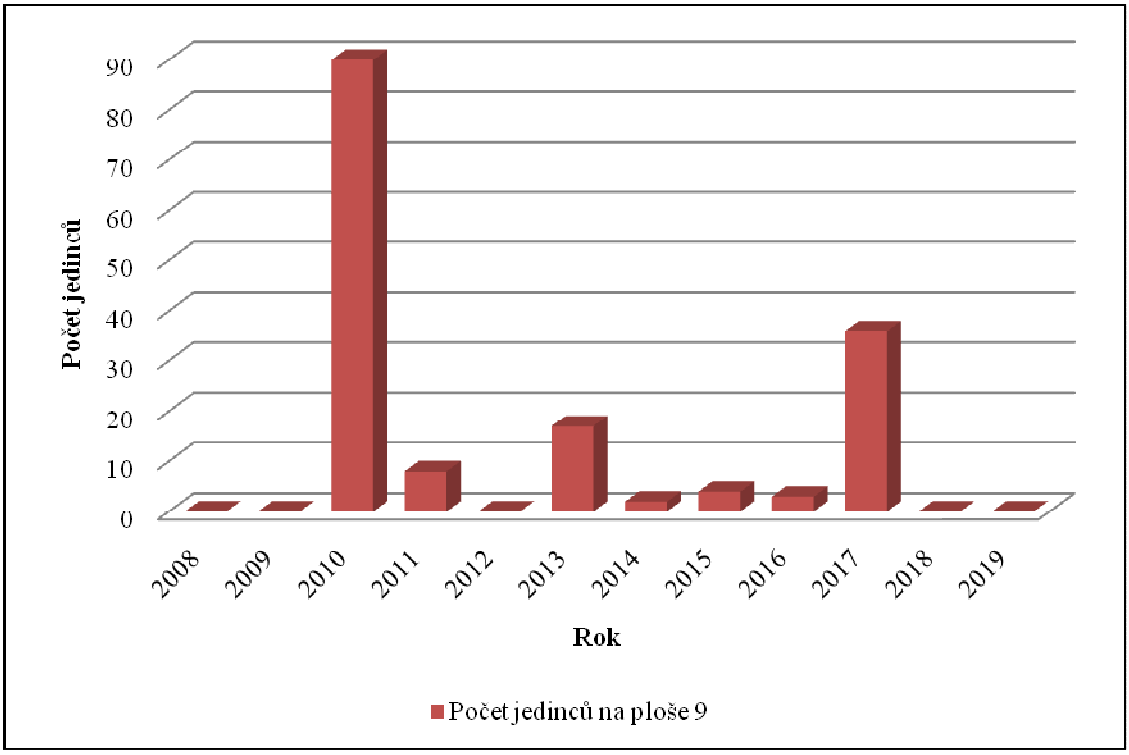
Vývoj počtu jedinců na ploše 7 se v roce 2010 oproti rostoucímu trendu snížil, obdobný jev se dá pozorovat i v letech 2013 a 2018.



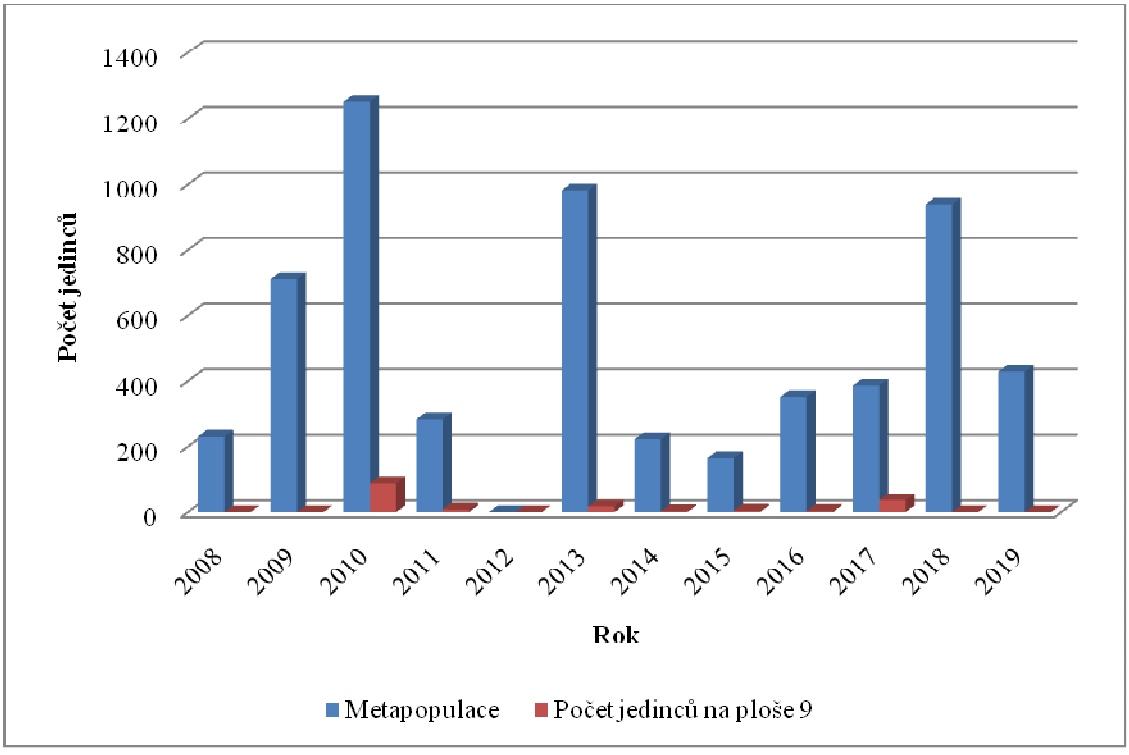
Obrázek 34: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 8 v jednotlivých letech*



Obrázek 35: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 8 v jednotlivých letech*

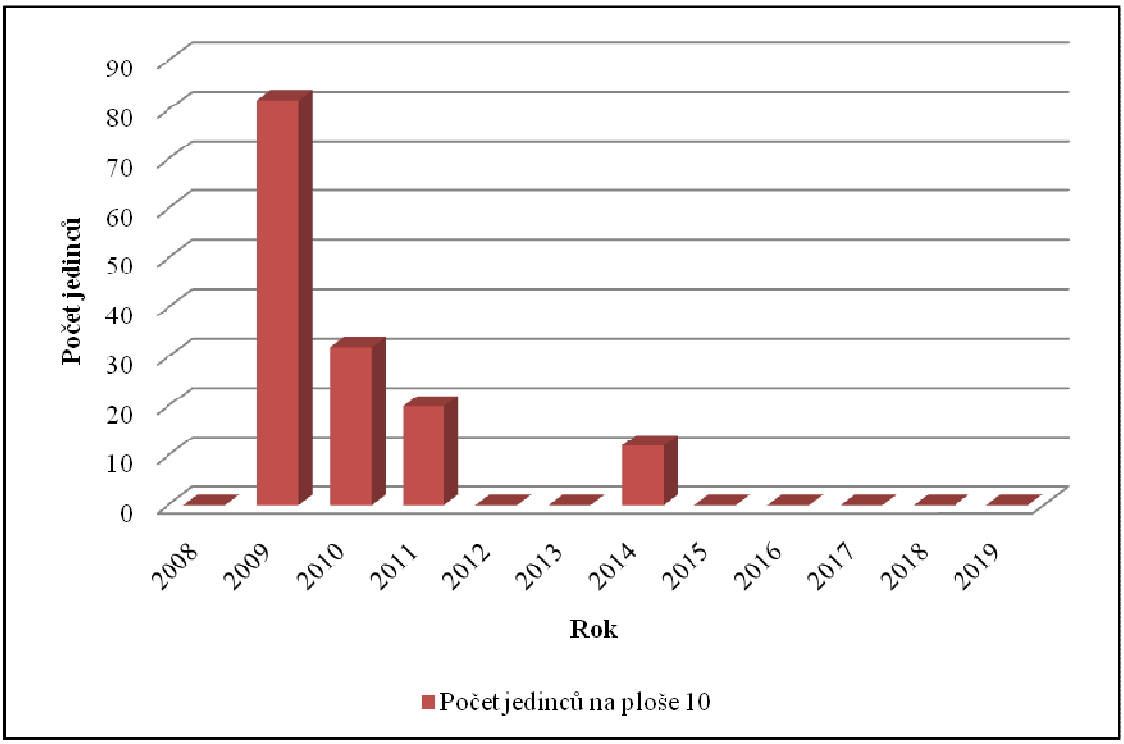


Obrázek 36: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 9 v jednotlivých letech*

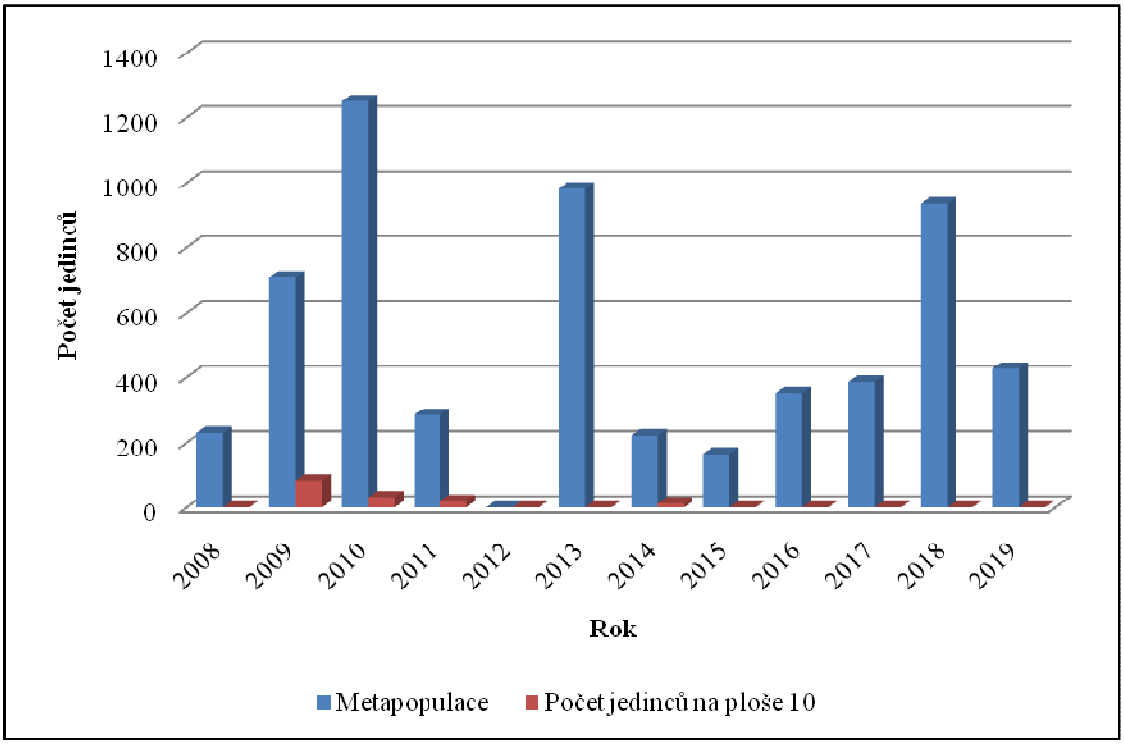


Obrázek 37: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 9 v jednotlivých letech*

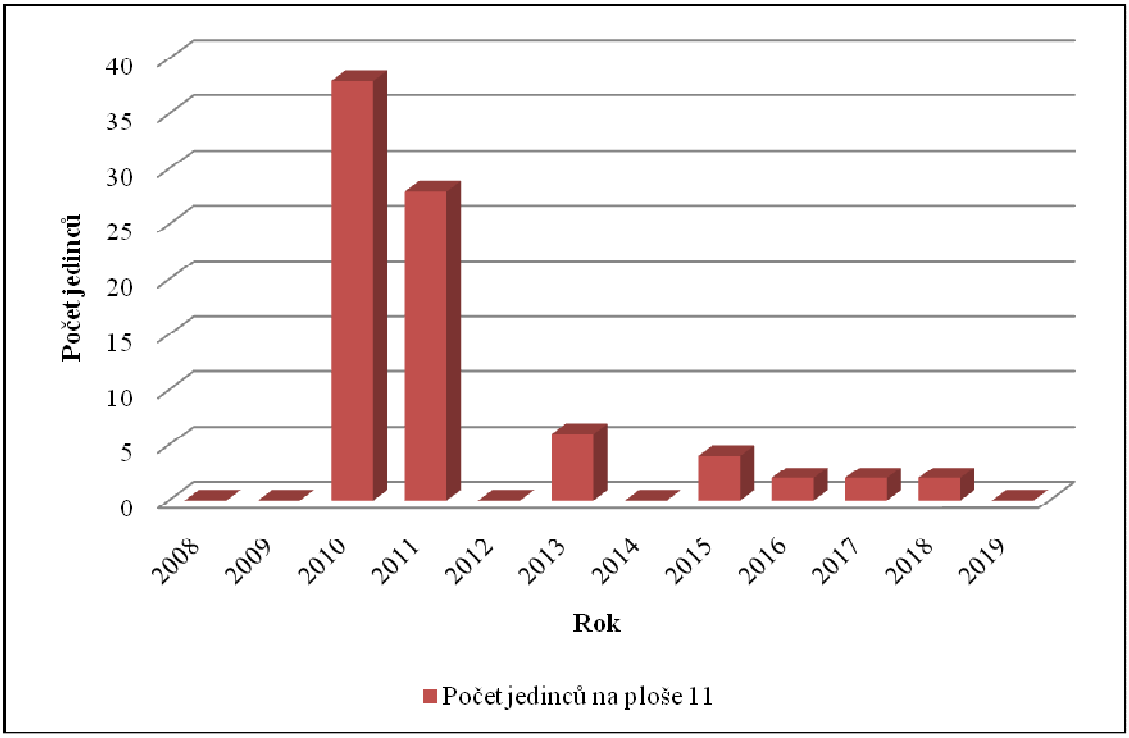
Zajímavý nárůst na ploše 9 byl zaznamenán v roce 2017, kdy populace mnohonásobně vzrostla oproti předchozím třem rokům.



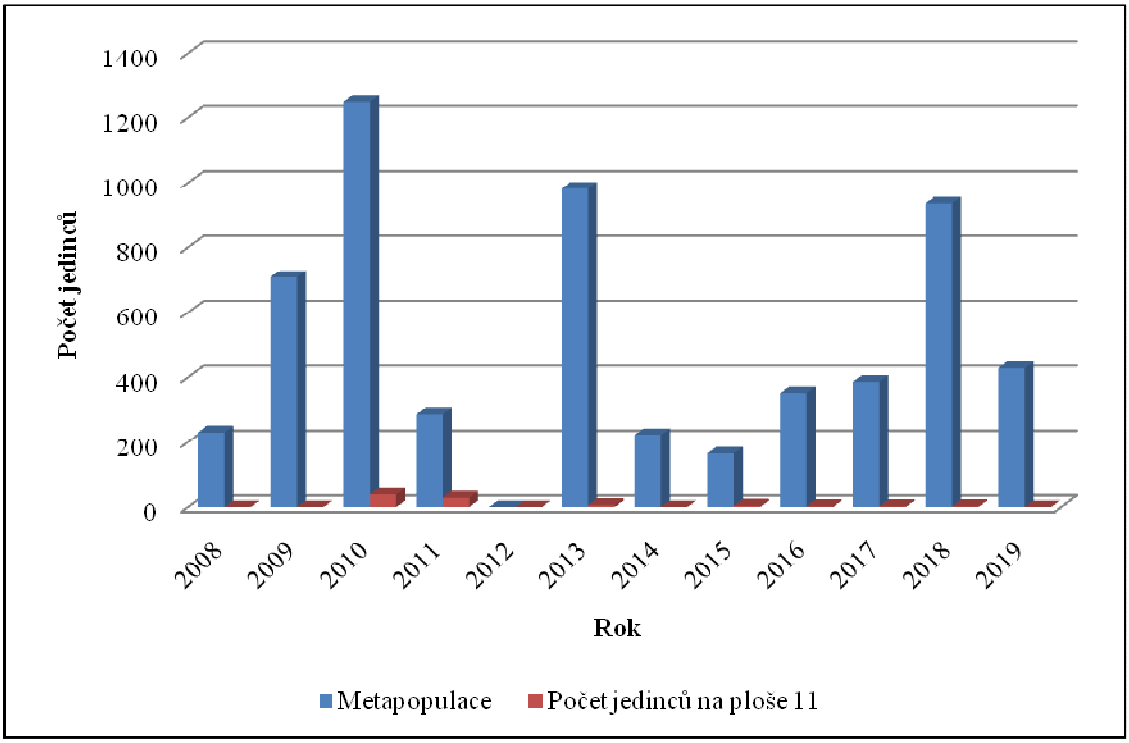
Obrázek 38: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 10 v jednotlivých letech*



Obrázek 39: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 10 v jednotlivých letech*

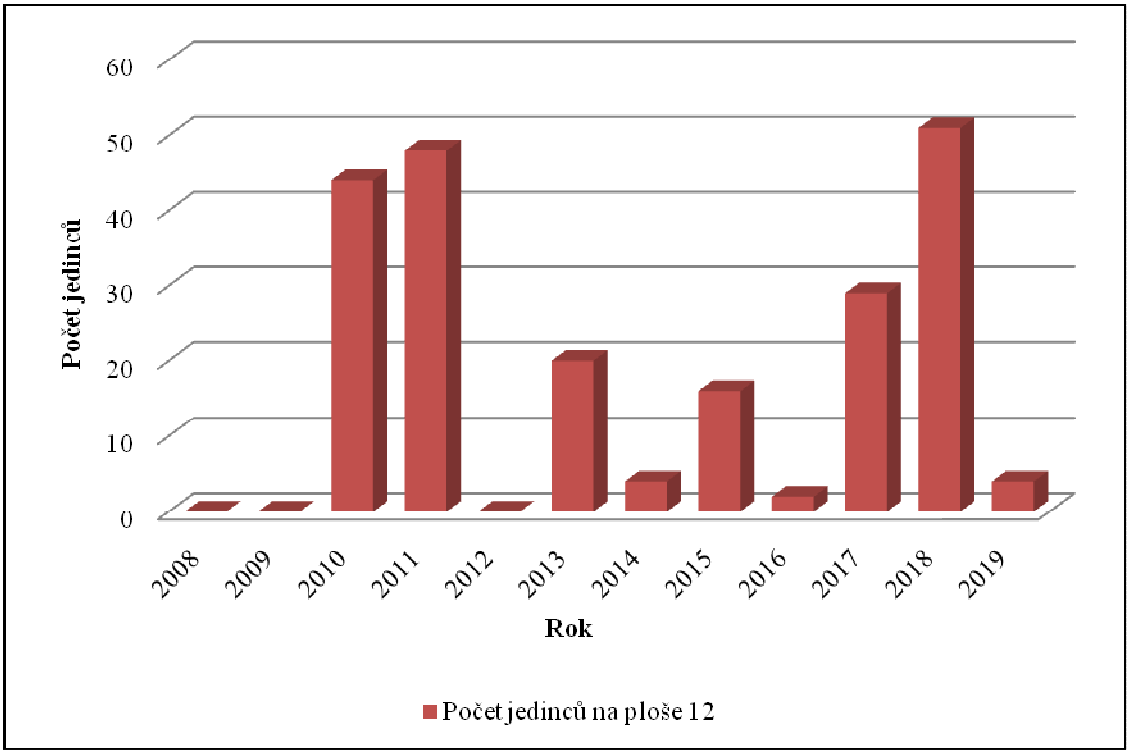


Obrázek 40: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 11 v jednotlivých letech*

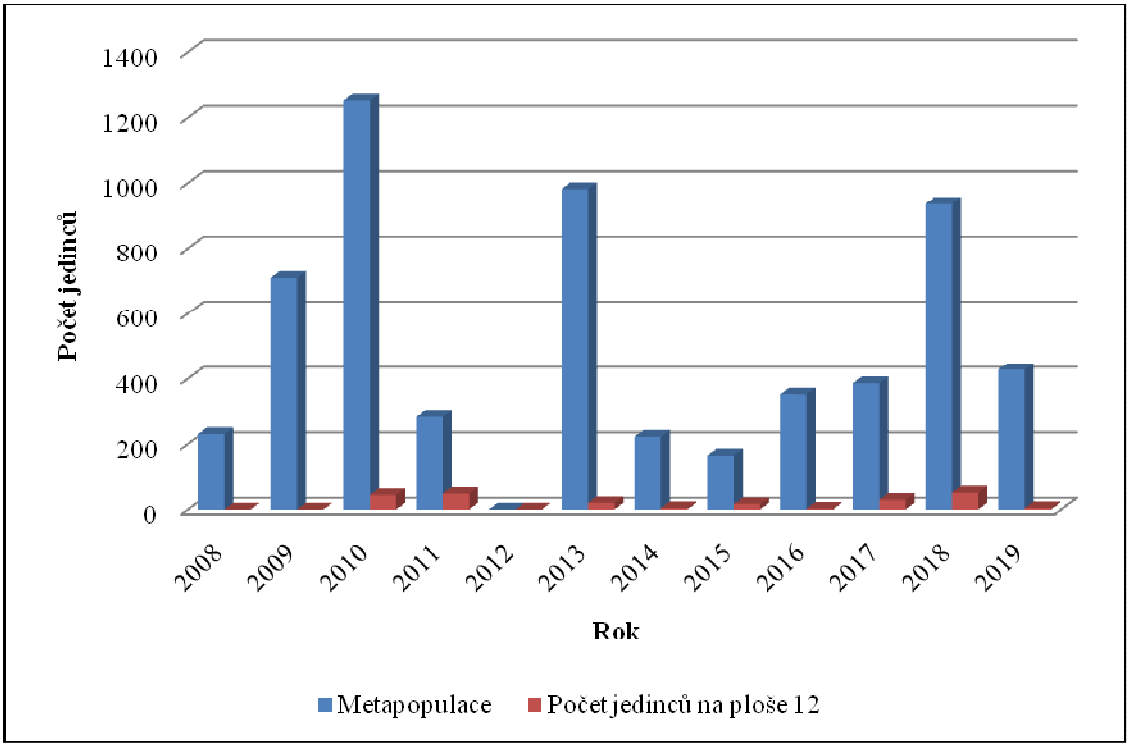


Obrázek 41: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 11 v jednotlivých letech*

U plochy 11 byl zajímavý rok 2011. V poměru k celkovému poklesu metapopulace zde populace poklesla řádově jen o několik málo jedinců.

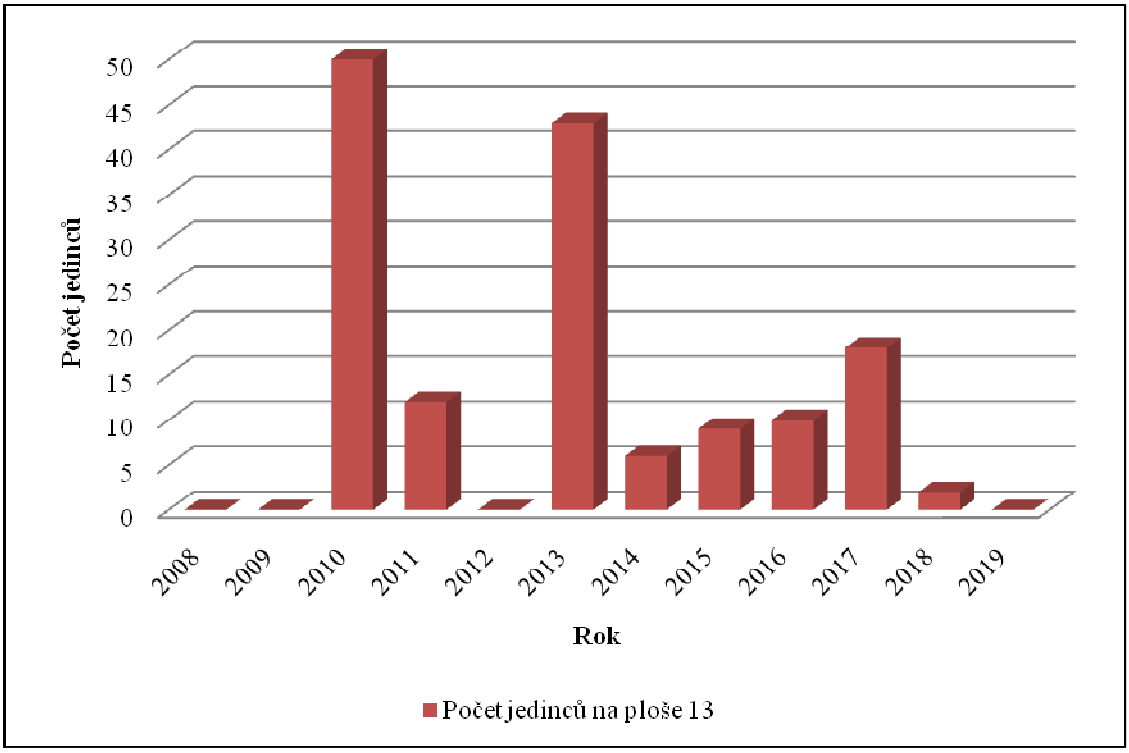


Obrázek 42: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 12 v jednotlivých letech*

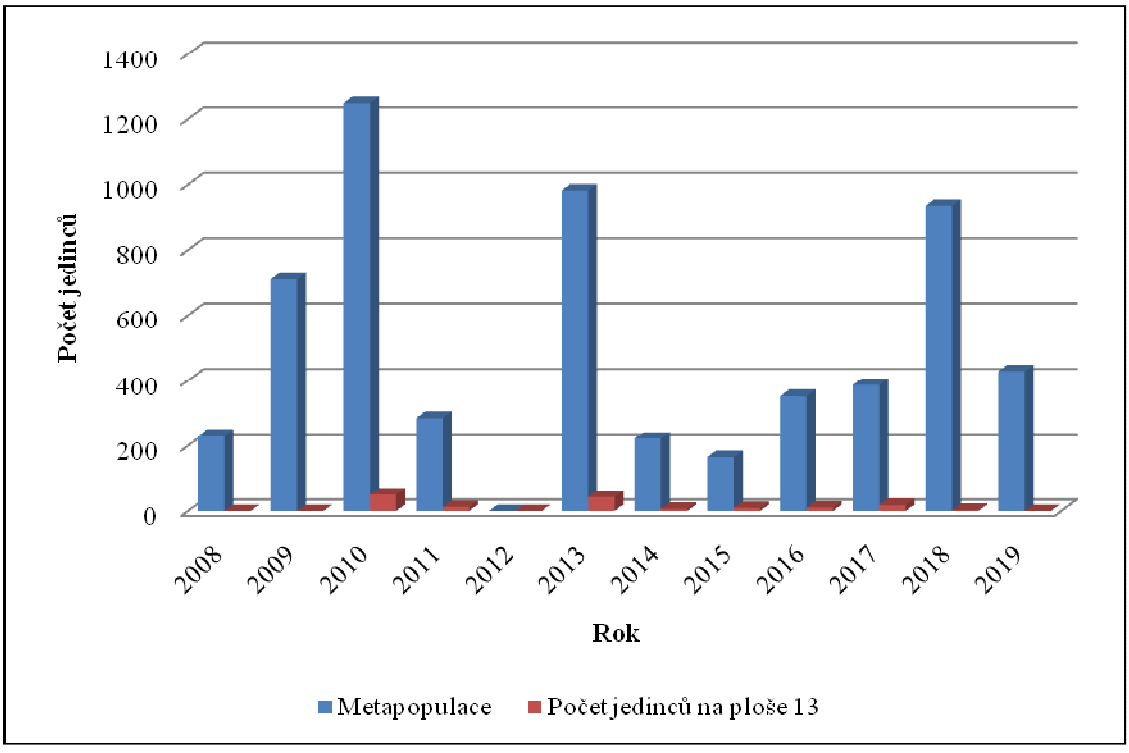


Obrázek 43: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 12 v jednotlivých letech*

Přes celkový propad metapopulace v roce 2011, počet jedinců na ploše 12 mírně vzrostl. Naopak v roce 2016 byl zaznamenán výrazný propad oproti trendu metapopulace.

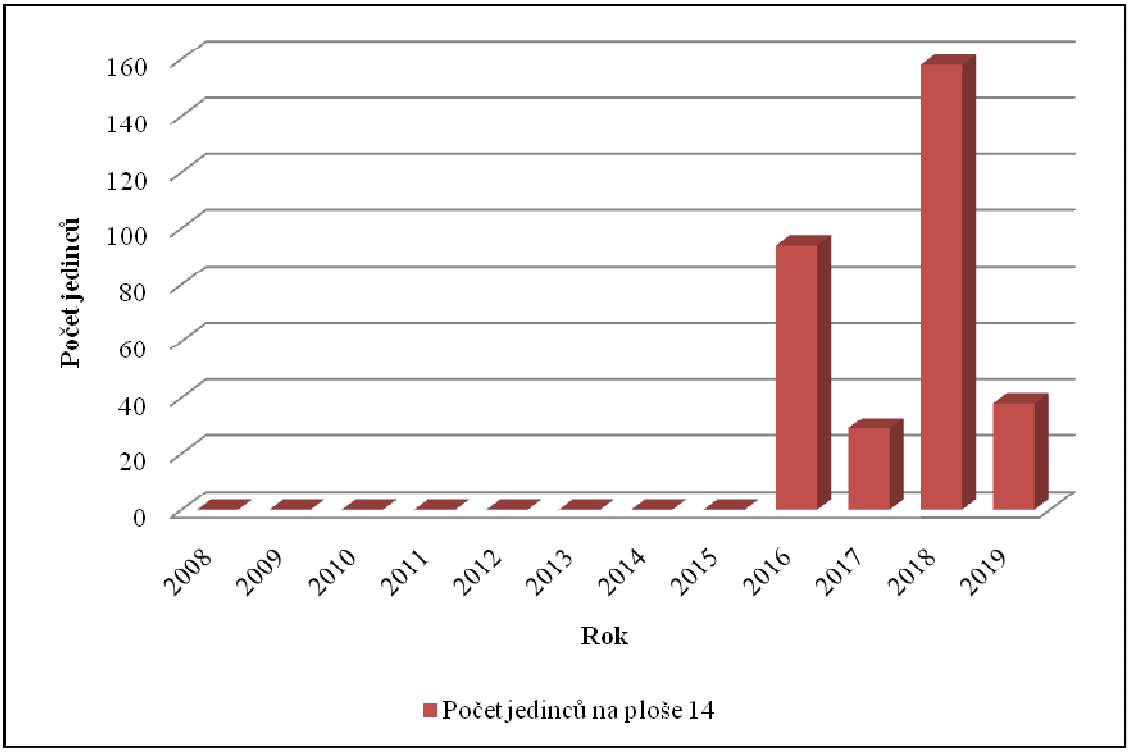


Obrázek 44: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 13 v jednotlivých letech*

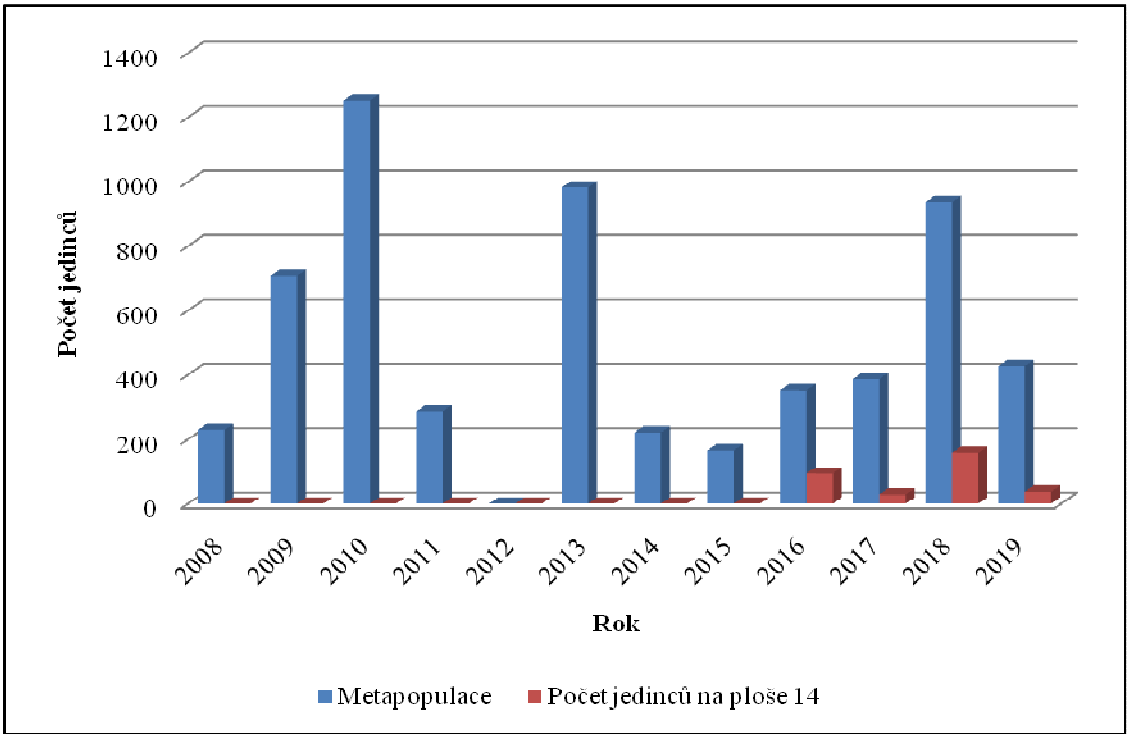


Obrázek 45: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 13 v jednotlivých letech*

Na ploše 13 došlo k zajímavému nárůstu populace v roce 2015, oproti klesajícímu trendu metapopulace, ale pouze v jednotkách jedinců.

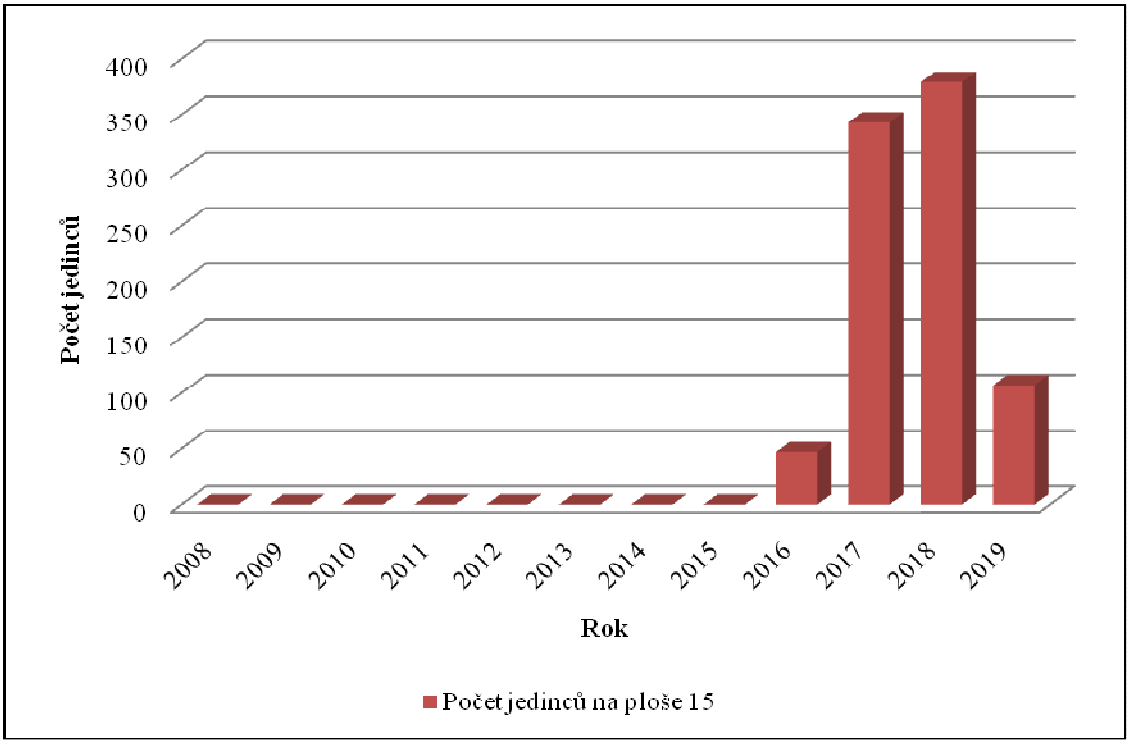


Obrázek 46: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 14 v jednotlivých letech*

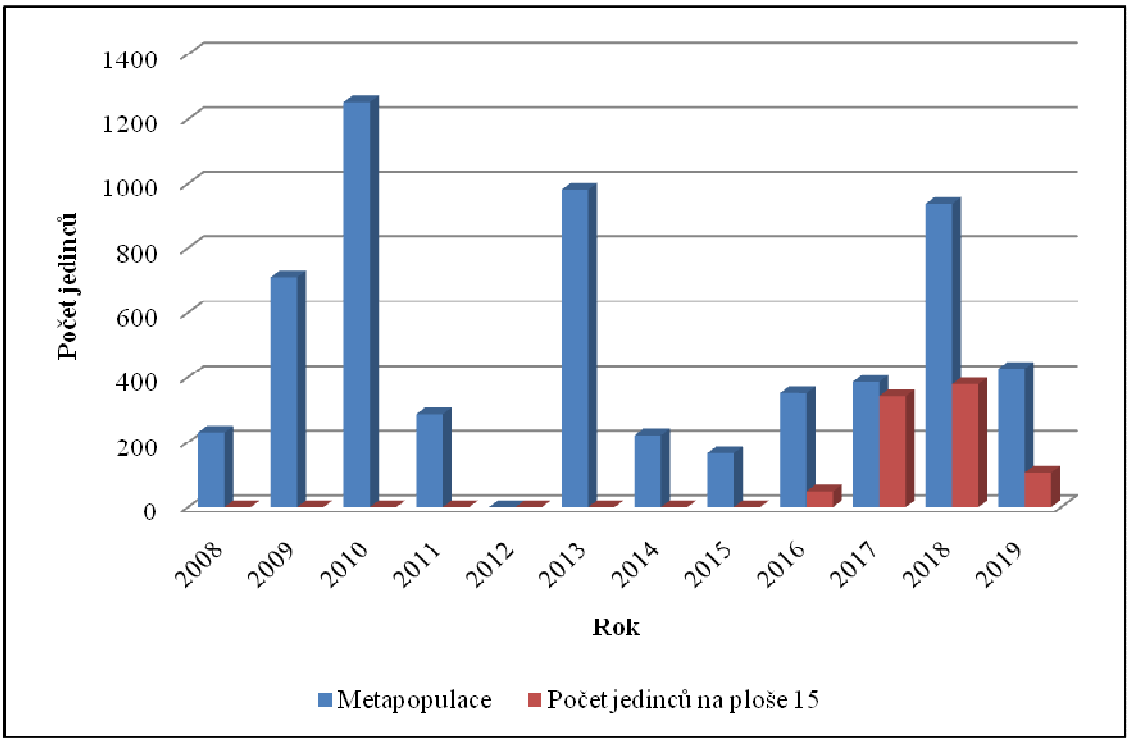


Obrázek 47: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 14 v jednotlivých letech*

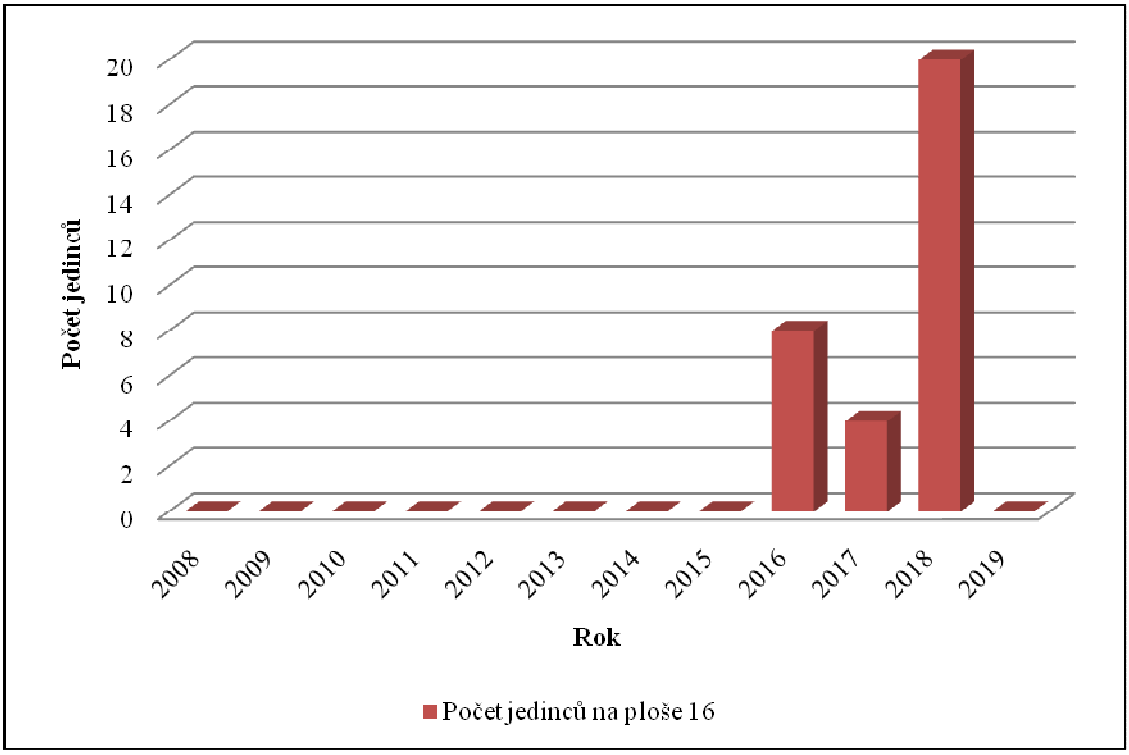
U plochy 14 je dobré zmínit rok 2017. V tomto roce došlo k nárůstu metapopulace, ovšem populace na této ploše klesla téměř o 2/3.



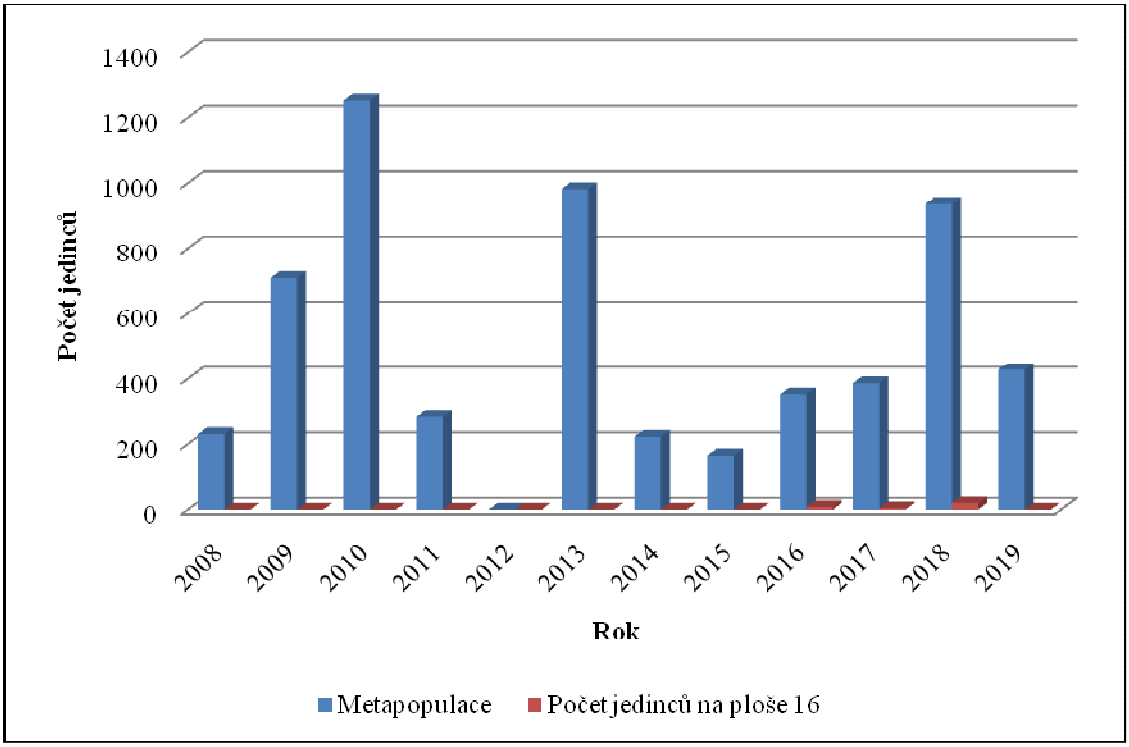
Obrázek 48: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 15 v jednotlivých letech*



Obrázek 49: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 15 v jednotlivých letech*



Obrázek 50: *Grafické znázornění vývoje odhadnuté populace P. nausithous na ploše 16 v jednotlivých letech*



Obrázek 51: *Grafické znázornění odhadnuté metapopulace P. nausithous ve srovnání s odhadnutou populací na ploše 16 v jednotlivých letech*

Patrný výkyv na ploše 16 můžeme pozorovat v roce 2017, ovšem jedná se jen o několik málo jedinců.

6 Diskuze

V okolí Lohenic u Přelouče bylo do roku 2019 zjištěno celkem 16 ploch využívaných modrásky *Phengaris nausithous*. Dle grafického znázornění na obrázku 18 můžeme konstatovat, že vrcholy početnosti metapopulace motýlů *Phengaris nausithous* byly v letech 2010, 2013 a 2018. Tomu odpovídá i výsledek odhadu početnosti metapopulace v tabulce 3, který byl v těchto letech nejvyšší v porovnání s ostatními roky. Je škoda, že, vzhledem k chybějícím datům z roku 2012, není v tomto roce možné komentovat vývoj populace modráska bahenního. Nicméně velký nárůst populace byl zaznamenán v roce 2010, který byl výrazný v porovnání s rokem 2008. Možným částečným vysvětlením by mohlo být zařazení nových lokalit do monitoringu, a to konkrétně ploch 9 – 13. Nicméně celková početnost kolonií motýlů na těchto plochách jistě neovlivnila výsledek tak výrazně. Každopádně je z grafů vidět, že po roce 2016 dochází k populačnímu růstu, který v roce 2018 vrcholí, což představuje potvrzení jedné z formulovaných hypotéz.

Nejvyšší počet odhadnutých (viz Tabulka 3) i skutečně odchycených (viz Tabulka 2) motýlů za celé sledované období byl zaznamenán na ploše 2 (celkem 2154 odhadnutých jedinců za celé sledované období 2008 - 2019). To ukazuje na vyšší význam této plochy v metapopulačním systému (srov. Beneš et al. 2002). V takovém případě by teoreticky z toho bylo možné předpokládat, že populace nepředstavuje klasický metapopulační model (označovaný jako Levinsův model), ale mohla by odpovídat metapopulačnímu modelu kontinent – ostrovy nebo zdroje - propady (popsáno Beneš et al. 2002; Harrison 1991). V roce 2014 nejspíše i udržela stabilní celkovou metapopulaci (viz Tabulka 3), což poukazuje na její velký význam. Možným vysvětlením by mohla být vysoká denzita krvavce totenu na této ploše.

Následně lze komentovat výchylky ve vývoji početnosti populací jednotlivých ploch vůči početnosti celkové metapopulace takto:

Z porovnání obrázků 20 a 21 můžeme soudit, že plocha 1 vykazuje stabilní množství motýlů ve všech letech, i přes její malou rozlohu (351 m^2). V roce 2009 plocha propadla oproti celkovému trendu metapopulace. K poklesu zřejmě došlo z důvodu absence managementu. Ovšem zajímavý nárůst naopak nastal v roce 2013, nicméně v ostatních letech se gradace nepotvrdila a populace opět prudce klesala. Tento pokles můžeme přisuzovat postupnému zarůstání plochy náletovými dřevinami.

Hodnotíme-li plochu 3 (viz Obrázek 24 a 25) je vidět postupný nárůst populace až do roku 2010, odpovídající celkovému trendu. Ovšem od roku 2015 populace výrazně klesá a nic nenaznačuje její další gradaci. Jelikož plocha leží mezi plochami 2 a 4 modrásci ji nejspíše využívají jen jako stepping stone (popsáno Beneš et al. 2002).

Populace *Phengaris nausithous,* na ploše 4, měla největší početnost motýlů v začátcích výzkumu a mírně kopíruje trend celkové metapopulace (v současnosti vázne údržba – kosení).

Plocha 5 v začátcích výzkumu, především v letech 2009 – 2010, hostila velmi početnou kolonii motýlů *Phegaris nausithous* (viz Obrázek 28) a můžeme vidět, že do roku 2011

kopírovala i trend vývoje metapopulace. Dokonce v roce 2010 zde byl odhadnut nejvyšší počet jedinců za sledované období (viz Tabulka 3). Takové plochy jsou velmi významné pro uchování populace (srov. Beneš et al. 2002; Baum et al. 2004). Ovšem v roce 2015 došlo k jejímu zániku v důsledku planýrování a přehrnutí povrchu kvůli opravě mostu. Plocha byla úplně rozježděna a přeorána těžkou mechanizací. V současné době se sem jen velmi pomalu vrací původně hojná živná rostlina. Na ploše se neprovádí žádný management a postupně zarůstá.

Další významné poklesy můžeme vidět na plochách 6 a 10 (srov. Obrázky 30 a 38). Plocha 10 se sice sledovala až od roku 2009, ale od tohoto roku mírně kopíruje trend metapopulace stejně jako plocha 6. Obě plochy stagnují od roku 2015 a nedochází zde k odchytu žádných motýlů. Plocha 6 se sice jeví jako vhodná pro modrásky alespoň zčásti, ale z důvodu špatného managementu (kosení na golfový trávník) se zde stabilní populace nedokáže udržet. Plocha 10 je opakem, není udržována vůbec a krvavec zde od roku 2012 spíše ustupuje.

Statisticky méně významnou se jeví i plocha 7. Pro rok 2013 a následně 2017 - 2019 jsou hodnoty populace nulové (viz Tabulka 2 a 3). Důvodem úpadku populace by mohl být špatný management a odorávání kraje, což snižuje rozlohu louky.

Jako nevhodná lokalita se jeví plocha 8. Tato plocha se vymyká trendu metapopulace. Nejsou zde chytáni žádní motýli stabilně, pouze příležitostně zde bylo pár jedinců, což odpovídá denzitě živné rostliny. Nejspíše slouží pouze jako stteping stone při dálkové disperzi. Důvodem malého výskytu modrásků je určitě i nízký počet hostitelských rostlin na ploše, přestože podle studie Dierks et Fischer (2009) by tento vliv nemusel být tak zásadní.

Na ploše 9 byl zaznamenán velký výskyt motýlů v roce 2010 (viz Obrázek 36), což by mohlo naznačovat provedení správného managementu v předchozím roce. Obdobný trend se potvrdil i v roce 2017, což byla reakce na správně provedený management v předchozích letech a to se odrazilo i na konečném počtu odhadnutých jedinců v tomto roce (viz Tabulka 3). Ovšem v roce 2018 byla louka kompletně posečena a populace nejspíše zdevastována. Na této ploše lze dobře demonstrovat dopady nevhodné seče, na které upozorňuje ve své práci např. Wynhoff (1998) nebo Johst et al. (2006).

Z prvního pohledu na obrázek 40 pro plochu 11 je patrný až exponenciální pokles populace *Phengharis nausithous*. Porovnáním trendu této plochy s celkovým trendem metapopulace, lze konstatovat, že se plocha vymyká celkovému trendu, kdy v letech 2013 a 2018 mělo dojít k citelnému nárůstu počtu jedinců. Na této ploše je třeba vyzdvihnout rok 2011, kdy v poměru k celkovému poklesu metapopulace poklesla tato populace jen nepatrně. Vzhledem k tomu, že tato plocha leží v blízkosti ploch 9, 12 a 14 zdá se, že její hlavní význam spočívá v její funkci jako koridoru šíření (viz Beneš et al. 2002). Stabilní populace modráska zde není schopna dlouhodobě existovat, ale právě jako migrační koridor je plocha nepostradatelná. Tuto domněnku potvrzují i čísla skutečně odchycených jedinců modráska bahenního na této lokalitě. Snižování počtu záchytu souvisí s absencí kosení a úbytkem živné rostliny.

Obrázek odhadnuté populace pro plochy 12 a 13 (viz Obrázky 42 a 44) naznačuje mírnou shodu s celkovým trendem metapopulace. U plochy 12 je pozorovatelný mezi léty 2013 až 2017 každý druhý rok pokles populace. Tento jev může být vysvětlen nejspíše špatným managementem plochy a také místními povětrnostními podmínkami. Při vhodné seči v diverzifikovaných pásech a vytvořením závětří se jeví tato plocha jako atraktivní pro modrásky. U plochy 13 došlo v roce 2015 k nárůstu populace oproti klesající metapopulaci, ale nárůst je na hranici pozorovatelnosti, jelikož se jedná řádově o jednotky jedinců. V roce 2018, oproti předpokládanému růstu počtu jedinců, byl naopak zaznamenán výrazný propad, který pokračoval i v roce 2019. K poklesu mohl přispět fakt, že v roce 2018 zde byla provedena seč v naprosto nevhodnou dobu, a to na přelomu července a srpna. Což je v přímém rozporu s tvrzením Marhoul & Turhoňové (2008).

V roce 2016 byly do výzkumu nově zařazeny plochy 14, 15 a 16, a proto u nich nelze jednoznačně určit shodnost s vývojovým trendem celkové metapopulace za sledované období. U těchto ploch je patrný velký nárůst v roce 2018 (srov. Obrázků 46 – 51), ale v roce 2019 se gradace nepotvrdila ani u jedné plochy. U plochy 14 bude důvodem poklesu nejspíše nevhodná seč v roce 2017 i 2018, která zapříčinila zničení vajíček a larev v hlávkách krvavce, a proto i přes vhodný management v roce 2019 nedošlo k růstu populace (srov. Johnst et al. 2006). Obdobný pokles je pozorován i u plochy 16 (viz Obrázek 50), ale ze statistického hlediska je tato plocha nevýznamná. Modrásek *Phengaris nausithous* se zde řádově vyskytoval jen v počtu několika málo jedinců ve všech studovaných letech. Důvodem může být její velká rozloha (26 300 m2), což může zapříčinit malou prochytanost plochy, a také určitě nevhodný management v nevhodnou dobu (srov. Konvička et al. 2016; Johnst et al. 2006).

Plochu 15 je potřeba vyzdvihnout, jelikož i přes krátkodobý výzkum můžeme z obrázku 48 a 49 soudit, že se jedná o významnou plochu do budoucna. Všechny čtyři roky kopíruje trend metapopulace a její populace se tu ukazuje, při vhodném managementu, jako stabilní. Výpočty svědčí o tom, že zde žila většina populace Lohenického okruhu, což je zvláštní. Buď jsou zde extrémně vhodné podmínky, nebo musela nastat chyba ve výpočtech. Při porovnání s celkovým počtem skutečně odchycených jedinců se spíše přikláním k ovlivnění parametrů a tím spojené chybě ve výpočtu.

Vzhledem k výše popsaným případům nemohu potvrdit druhou formulovanou hypotézu, protože v některých letech jdou některé plochy počtem motýlů opačným trendem, než je celková početnost metapopulace. Výše jsem se snažila i navrhnout vysvětlení, proč k takovému vývoji na daných plochách došlo. Většinou jde o zásahy (či naopak ponechání ladem) v souvislosti s lidskou činností v krajině. Nicméně se domnívám, že takový vývoj je v dobře fungující metapopulační struktuře obvyklý (některé plochy mohou přechodně zanikat, jiné vznikat a být kolonizovány; viz Hanski 1999).

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit změny v početnosti celkové metapopulace a porovnat je s vývojem modrásků na jednotlivých plochách. Z výsledných grafů byly stanoveny tři gradační vrcholy, a to v letech 2010, 2013 a 2018. Potvrzením gradace v roce 2018 byla potvrzena první formulovaná hypotéza: „Po populačním propadu zjištěném v roce 2016 bude v roce 2018 pokračovat růst početnosti motýlů“.

Při porovnání trendu vývoje početnosti jednotlivých ploch vůči celkové metapopulaci v okolí Lohenic u Přelouče bylo zjištěno, že kolonie modrásků nekopírují trend metapopulace. Tím nebyla potvrzena druhá hypotéza: „Dochází-li k růstu početnosti celkové metapopulace, jednotlivé kolonie kopírují trend tohoto růstu a jejich populace se zvyšují v obdobném poměru“. Neshodnost s trendem růstu metapopulace je nejvíce patrný na plochách 5 a 6, kde v roce 2015 došlo k jejich devastaci spojené s opravou mostu. Rozpory vůči trendu, kdy kolonie plochy klesá a metapopulace roste, lze většinou odůvodnit špatným managementem nebo zásadním narušením plochy. K dalšímu významnému rozdílu došlo na ploše 9. U této plochy naopak výrazně vzrostl počet jedinců v roce 2017 oproti trendu metapopulace. Příčinou růstu byl správně provedený management na této ploše. Tento fakt jen opět potvrzuje důležitost správného managementu na plochách.

Při hodnocení vývoje jednotlivých ploch můžeme dále konstatovat, že jako nejvýznamnější pro populace *Phengaris nausithous* se zdají být plochy 1, 2 a 15. Plocha 15 sice nemá časovou řadu výzkumu dlouhou, jako plochy 1 a 2, přesto se ukazuje její velký význam pro populace modrásků.

7.1 Doporučení pro praxi

Během monitoringu v terénu byl na některých plochách zaznamenán nesprávný management z hlediska udržení životaschopné populace modráska bahenního. Bylo by vhodné zavést některá opatření, aby se stejná situace již neopakovala, ta spočívají zejména v řízené fragmentovité seči ve vhodných termínech a zabránění hnojení luk nebo naopak provedení základní údržby tam, kde louky zarůstají náletem. Jako další krok je třeba činit osvětu mezi místními obyvateli, kteří plochy obhospodařují či jinak využívají k soukromým účelům, jako např. k rekreaci a rybaření, atd. Jedná se zejména o plochy 4, 9, 13 a 14. Je vhodné, aby seč byla dodržována jak z hlediska její frekvence, tak i potřebného rozsahu. Přesto, že se diverzifikovaná seč mimo letovou sezónu jeví jako nejlepší z hlediska životního cyklu modrásků, nebyla donedávna na řadě ploch realizována. Nicméně v roce 2019 se situace zlepšila a dle současných informací se bude lepšit i v roce 2020.

Díky faktu, že na plochách 5 a 9 došlo k velkému úbytku počtu jedinců modráska bahenního, je vhodné se soustředit na vylepšování managementu na těchto konkrétních plochách, zejména na možnou rekonstrukci vegetace na ploše 5. Avšak nejen zde, ale na všech plochách je třeba monitoring dále provádět a věnovat se výzkumu možných vlivů na stabilní populaci tohoto modráska. Díky dlouholetému výzkumu bude v budoucnu možné lépe pochopit tak těsné vazby, jaké má právě modrásek bahenní s hostitelskými mravenci

a současně s živnou rostlinnou a výstupy umožní zabránit škodám souvisejícím s výstavbou kanálu splavnění Labe.

8 Literatura

Akino T, Knapp JJ, Thomas JA, Elmes GW. 1999. Chemical mimicry and host specifity in the butterfly Maculinea rebeli, a social parasite of Myrmica ant colonies. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences **266**: 1419-1426.

Batáry P, Körösi A, Örvössy N, Kövér S, Peregovits L. 2009. Species - specific distribution of two sympatric *Maculinea* butterflies across different meadow edges. Journal of insect conservation. **13**: 223-230.

Baum KA, Haynes KJ, Forrest P, Dillemuth FP, Cronin JT. 2004. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stone. Ecology **85**:2671-2676.

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. Společnost pro ochranu motýlů, Praha.

Bonelli J, Vrabec V, Witek M, Barbero F, Patricelli D, Nowicki P. 2013. Selection on dispersal in isolated butterfly metapopulations. Popululation Ecology **55**:469 – 478.

Capinera JL. 2008. Encyclopedia of entomology. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Dierks A, Fischer K. 2009. Habitat requirements and niche selection of Maculineanausithous and M. teleius (Lepidoptera: Lycaenidae) within a large sympatric metapopulation. Biodiversity and Conservation **18**:3663-3676

Elmes GW, Thomas JA, Wardlaw JC. 1991. Larvae of Maculinea rebeli, a large blue butterfly, and their Myrmica host ants: wild adoption and behaviour in ant-nests. Journal of Zoology **223**:447-460

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

Elmes GW, Thomas JA, Wardlaw JC, Hochberg ME, Clarke RT, Simcox DJ. 1998. The ecology of Myrmica ants in relation to the conservation of Maculinea Butterflies. Journal of Insect Conservation **2**:67–78.

Elmes G, Akino T, Thomas J, Clarke R, Knapp J. 2002. Interspecific differences in cuticular hydrocarbon profiles of Myrmica ants are sufficiently consistent to explain host specificity by Maculinea (large blue) butterflies. Oecologia **130**:525-535.

Farkač J., Král D., Škorpík M. 2005. Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. List of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

Fiedler K. 1990. New information on the biology of Maculinea nausithous and M. teleius (Lepidoptera: Lycaenidae). Nota Lepidopterologica **12**:246–256.

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.

Fric Z., Wahlberg N., Pech P., Zrzavý J. 2007. Phylogeny and classification of the *Phengaris-Maculinea*clade (Lepidoptera: Lycaenidae): total evidence and phylogenetic species concept. Systematic Entomology **32**:558-567.

Hanski I. 1999. Metapopulation Ecology. Oxford University Press, New York.

Hanski I, Gaggiotti OE. 2004. Ecology, Genetics and Evolution of Metapopulations. Academic Press, USA.

Harrison S. 1991. Local extinction in a metapopulation context: an empirical evaluation. Biological Journal of the Linnean Society **42**:73-88.

Hochberg ME, Thomas JA, Elmes GW. 1992. A modelling study of the population dynamics of a large blue butterfly, Maculinea rebeli, a parasite of red ant nests. Journal of Animal Ecology. **61**: 397-409.

Hovestadt T, Poethke HJ. 2006. The control of emigration and its consequences for the survival of populations. Ecological Modelling. **190**:443-453.

Hrabák R. 1985. Kapesní atlas našich motýlů. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

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.

Kaplan Z, et al. 2019. Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha.

Konvička M, Beneš J, Čížek L. 2005. Ohrožený hmyz nelesních stanovišť: ochrana a management. Sagittaria, Olomouc.

Konvička M, Beneš J, Spitzer L, Bartoňová A, Zaplétal M. 2016. Management stanovišť ohrožených druhů denních a nočních motýlů v České republice. Akademie věd ČR. České Budějovice. Available from www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/motyli_brouci/$FILE/ODOIMZ_motyli_20170817.pdf (accessed 2016).

Kral K, Harmon J, Limb R, Hovick T. 2018. Improving our science: the evolution of butterfly sampling and surveying methods over time. Journal of Insect Conservation **22**:1-14.

Křenová Z, Janda M, Pech P. 2002. Modrásci rodu Maculinea: ohrožení motýli se zvláštní ekologií. Živa **4**:169-171.

Landman W. 1999. Encyklopedie motýlů. Rebo Productions. Praha.

Laštůvka Z, Uřičář J. 2013. Plán managementu druhu Modrásek bahenní (*Phengaris nausithous*). Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Available from https://www.ochranaprirody.cz/res/archive/210/026685.pdf?seek=1418652637 (accessed November 2013).

Macek J, Laštůvka Z, Beneš J, Taxler L. 2015. Motýli a housenky střední Evropy IV. Academia, Praha.

Malicky, H. 1969. Versucht einer Analyse der ökologischen Beziehungen zwischen Lycaeniden (Lepidoptera) und Formiciden (Hymenoptera). Tijdschr. Entomol. **112**:213 – 298.

Munguira ML, Martín J. 1997. Action Plan for the Maculinea Butterflies in Europe (Nature and Environment No. 97). Council of Europe Publishing, Strasboug.

Novák I, Severa F. 2002. Motýli. Aventium, Praha.

Novák K. 1969. Metody sběru a preparace hmyzu. Academia, Praha.

Nowicki P, Vrabec V. 2011. Evidence for positive density – depedent emigration in butterfly metapopulations.Oecologia **167**:657 – 665.

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

Patricelli D, Witek M, Barbero F, Casacci PL, Bonelli S, Balletto E. 2010. Evidence of High Larval Host ant (Hymenoptera: Formicidae) Specificity in the First Post-Adoption Phase fot the Myrmecophilus Butterfly *Phengaris* (*Maculinea*) *nausithous* (Lepidoptera: Lyacaenidae). Sociobiology **55**:861 – 869.

Pierce NE, Braby MF, Heath A, Lohman DJ, Mathew J, Rand DB, Travassos MA. 2002. The ecology and evolution of ant association in the Lycaenidae (Lepidoptera). Annual Review of Entomology. **47**:733-771.

Randuška D. 1983. Barevný atlas rostlin. Obzor, Bratislava.

Sadil J. 1955. Naši mravenci. Orbis. Praha.

Skalický V. 1995. *Sanguisorba* L. – krvavec. Pages 240 – 246 in Slavík B, Smejkal M, Dvořáková M, Grulich V, edtitors. Květena České republiky. Academia, Praha.

Solazzo G, Moritz RFA, Settle J. 2013. Choice behaviour of Myrmica rubra workers between ant larvae and larvae of their Phengaris (Maculinea) nausithous nest parasites. Insectes Sociaux **60**:57–64.

Solazzo G, Moritz RFA, Settele J. 2014. The social parasite *Phengaris* (Maculinea) *nausithous* affects genetic diversity within *Myrmica rubra* host ant colonies. Journal of Insect Conservation **18**: 69-75.

Tartally A, Rákosy L, Csaba VT, Goia M, Varga Z. 2008. Maculinea nausithous exploits Myrmica scabrinodis in Transylvania: Unusual host ant species of a myrmecophilous butterfly in an isolated region (Lepidoptera: Lycaenidae; Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology **51**:373-380

Thomas JA. 1984. The behaviour and habitat requirements of *Maculinea nausithous* (the Dusky Large Blue Butterfly) and M. teleius (the Scarce Large Blue) in France. Biological Conservation **28**:325 - 347.

Thomas JA, Wardlaw JC. 1990. The effect of queen ants on the survival of *Maculinea arion* larvae in *Myrmica* ant nests. Oecologia **85**: 87-91.

Thomas JA, Elmes GW. 1998. Higher productivity at the cost of increased host-specificity when Maculinea butterfly larvae exploit ant colonies through trophallaxis rather than by predation. Ecological Entomology **23**:457-464.

Thomas JA, Clarke RT, Elmes GW, Hochberg ME. 1998. Population dynamics in the genus *Maculinea* (Lepidoptera: Lycaenidae). Pages 261–290 in Dempster JP. McLean IFG, editors. Insect Populations In theory et in practice. 19th Symposium of the Royal Entomological Society. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.

Thomas JA, Settele J. 2004. Butterfly mimics of ants. Nature **432:** 283–284.

Turoňová D, Marhoul P. 2008. Zásady managementu stanovišť druhů v evropsky významných lokalitách soustavy Natura 2000. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

Ueda S, Komatsu T, Itino T. Arai R, Sakamoto H. 2016. Host-ant specificity of endangered large blue butterflies (*Phengaris* spp., Lepidoptera: Lycaenidae) in Japan. Scientific Reports (6:36364) DOI: 10.1038/srep36364.

Vilbas M, Esperk T, Teder T. 2016. Host ant use of the Alcon blue butterfly at the northern range margin. Journal of Insect Conservation. **20**: 879 - 886.

Vrabec V, Kulma M, Bubova T, Nowicki P. 2017. Logt-term monitoring of Phengaris (Lepidoptera: Lyceanidae) butterflies i the Přelouč surroundings (Czech Republic): is the waterway construction a serious threat. Journal of Insect Conservation **21**:393 – 400.

Wetterer JK, Radchenko AG. 2011. Worldwide spread of the ruby ant, Myrmica rubra (Hymenoptera: Formicidae). Myrmecological news **14**: 87-96.

White GC, Burnham KP. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. Bird Study **46**:120-139

Witek M, Śliwińska EB, Skórka P, Nowicki P, Wantuch M, Vrabec V, Settele J, Woyciechowski M. 2008. Host ant specificity of large blue butterflies Phengaris (Maculinea) (Lepidoptera: Lycaenidae) inhabiting humid grasslands in East-central Europe. European Journal of Entomology **105**:871-877.

Wynhoff I. 1998. Lessons from the reintroduction of Maculinea teleius and M. nausithous in the Netherlands. Journal of Insect Conservation **2**: 47–57.

Internetové zdroje

2008. World Conservation Monitoring Centre 1996. Phengaris nausithous. The IUCN Red List of Threatened Species. Available from https://www.iucnredlist.org/species/12662/3371835 (accessed August 1996).