

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ
GEOINFORMATIKY A ÚZEMNÍHO
PLÁNOVÁNÍ

Repatriace modráška hořcového pravého:
implementace nástrojů GIS v druhové ochraně

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Mgr. Vít Kašpar

Autor: Kristína Mokrenová

2020

Zadání BP

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kristína Mokrenová

Environmentální vědy

Aplikovaná ekologie

Název práce

Repatriace modráška hořcového pravého: implementace nástrojů GIS v druhové ochraně

Název anglicky

Repatriation of Alcon blue: implementation of GIS tools in wildlife conservation

Cíle práce

Cílem práce je na základě zdokumentovaných ekologických nároků modráška hořcového pravého (*Phengaris alcon alcon*) vymezit potenciální místa repatriace tohoto druhu na území Česka.

V první části práce studentka provede podrobnou rešerši literatury v otázce ekologie modráška hořcového pravého, včetně živné rostliny hořce hořepniku a hostitelských druhů mravenců.

Z rešerše vzejdou hlavní kritéria vhodnosti prostředí pro výskyt motýla, které studentka využije při multikriteriální GIS analýze. Při vymezení lokalit repatriace by měla studentka zohlednit jak zvolené faktory, tak dlouhodobou udržitelnost lokalit a jejich vzájemnou propojenost.

Se zřetelem na dostupnost dat a typ práce by výsledkem neměly být natolik inovativní postupy v GIS analýzách, jako spíše jejich použití v novém kontextu druhové ochrany.

Metodika

V rešerši části autorka prostuduje publikované zahraniční výzkumy o ekologii kriticky ohroženého modráška hořcového pravého (*Phengaris alcon alcon*). České zdroje pak využije ke zhodnocení současného výskytu tohoto druhu na území Česka, případně velikosti jednotlivých populací. Dále představí i některé studie, ve kterých byly nástroje GIS použity k vymezení lokalit repatriace živočišných druhů.

V praktické části provede s využitím překryvných funkcí multikriteriální GIS analýzu v aplikaci ArcMap. Jako vstupní data přitom převede nálezoř tabulární data (např. současného výskytu motýla) do prostorových vrstev a dohledá a aplikuje i další prostorová data (např. o výskytu živné rostliny nebo vhodných stanovišť).

Doporučený rozsah práce
40-50

Klíčová slova

modrásek hořcový pravý, ochrana druhů, GIS

Doporučené zdroje informací

- Beneš, Konvička (2002): Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana I, II. Společnost pro ochranu motýlů, Praha. s. 1-478, 479-857.
- Broeck et al. (2017): Gene flow and effective population sizes of the butterfly *Maculinea alcon* in a highly fragmented, anthropogenic landscape. *Biological conservation* 209, p. 89 – 97.
- Nowicki, Vrabec (2011): Evidence for positive density-dependent emigration in butterfly metapopulations. *Oecologia* 167(3), p. 657–665.
- Van Dyck et al. (2000): Does the presence of ant nests matter for oviposition to a specialized myrmecophilous *Maculinea* butterfly? *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 1446: p. 861-866.

Předběžný termín obhajoby
2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce
Vít Kašpar

Garantující pracoviště
Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2020

doc. Ing. Petra Šimová, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.
Děkan

V Praze dne 15. 03. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci „Repatriace modráška hořcového pravého: implementace nástrojů GIS v druhové ochraně“ vypracovala samostatně, pod vedením Mgr. Víta Kašpara, pouze s použitím níže uvedené literatury.

V Praze, 30.6.2020

.....

Poděkování

Především chci poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Vítovi Kašparovi, za cenné rady, ochotu, trpělivost a podporu. V neposlední řadě patří poděkování také mé rodině a přátelům za psychickou podporu při psaní práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá využitím nástrojů GIS v druhové ochraně a možnosti jejich využití k mapování vhodných stanovišť pro potencionální repatriaci. Konkrétně se jedná o ochranu kriticky ohroženého motýla modráška hořcového pravého (*Phengaris alcon alcon*). Rešeršní část práce pojednává o současném výskytu modráška na území Česka a podrobné charakteristice faktorů, které ovlivňují jeho vývoj a existenci. V další části jsou představeny některé studie, kde byly nástroje GIS využity k vymezení lokalit repatriace živočišných druhů. Praktická část práce se zabývá využitím zvolených faktorů v prostorových analýzách na základě znalostí jednotlivých ekologických faktorů, vyplývajících z rešeršní části této práce. Prostorové informace o současném výskytu modráška hořcového pravého a živné rostliny hořce hořepníku (*Gentiana pneumonanthe*) byly získány z dostupných nálezových databází. Doplněny o vhodné habitaty výskytu živné rostliny a známou doletovou vzdálenost motýla, byly následně všechny prostorové faktory zohledněny v překryvných funkcích multikriteriální GIS analýzy v programu ArcMap. Výsledkem je nález potencionálně vhodných dvou lokalit – Kocelovický rybník a Za hory, pro budoucí repatriaci, které vhodně doplňují síť současného výskytu modráška. Práce demonstruje příkladný postup mapování nových repatričních lokalit s využitím nástrojů GIS.

Klíčová slova: modrásek hořcový pravý (*Phengaris alcon alcon*), ochrana druhů, GIS, hořec hořepník (*Gentiana pneumonanthe*)

ABSTRACT

Bachelor thesis focuses on the application of GIS tools in animal protection and mapping of suitable habitat for its repatriation. In particular, it concerns the protection of critically endangered butterfly *Phengaris alcon alcon*. In the first part, a review of ecology, influential factors and current distribution within Czechia is presented. Additionally, the use of GIS tools in the context of repatriation

campaigns are also introduced. In the practical part, spatial multicriterial analysis of ecological factors is carried out in ArcMap software. Spatial information about the distribution of butterfly *Phengaris alcon alcon* and host plants *Gentiana pneumonanthe* is based on publicly available databases. The result explores new localities (Kocelovický rybník a Zahory) with a high potential for the repatriation of critically endangered blues. The thesis thus demonstrates an exemplary procedure of mapping new repatriation sites by using GIS tools.

Key words: Alcon Blue (*Phengaris alcon alcon*), conservation, GIS, Marsh Gentian (*Gentiana pneumonanthe*)

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍLE PRÁCE.....	10
3	REŠERŠE	11
3.1	MODRÁSEK HOŘCOVÝ PRAVÝ A JEHO EKOLOGIE.....	11
3.2	ŽIVNÁ ROSTLINA A JEJÍ EKOLOGIE.....	17
3.3	HOSTITELSKÉ DRUHY MRAVENCŮ A JEJICH EKOLOGIE	23
3.4	SOUČASNÝ VÝSKYT V ČR.....	24
3.5	POKUSY O REPATRIACI	28
3.6	GIS V REINTRODUKCI DRUHŮ	32
4	METODIKA	35
4.1	ZVOLENÉ FAKTORY.....	35
4.2	IDENTIFIKACE VHODNÝCH LOKALIT.....	37
5	VÝSLEDKY	38
6	DISKUZE	40
7	ZÁVĚR.....	41
8	CITOVANÁ LITERATURA.....	42

1 ÚVOD

Denní motýly (*Rhopalocera*) tvoří v řádu *Lepidoptera* velmi homogenní skupinu, o níž je s jistotou známo, že se vyvinula z jediného společného předka – jde tedy o skupinu monofyletickou (Beneš et al. 2002a).

Specifikum denních motýlů je skutečnost, že mnozí prodělávají larvální vývoj na neaparentních živných rostlinách. Britský ekolog Feeny (1991) dokázal, že mnoho druhů těchto motýlů žije na rostlinách malých vzrůstem, často krátkověkých a zhusta vázaných na ranně sukcesní plochy. Některé rostliny mají schopnost se bránit proti herbivorům syntetizací látek, které zahrnují těžko požitelné až jedovaté chemické sloučeniny. (Feeny 1976).

Proto druhy na nich žijící jsou často monofágní – živí se jen jedním druhem rostliny. To znamená, že jsou specializované na překonání jednoho, nebo několika málo typů obranných látek. To je důvod proč většina denních motýlů má tak úzce vyhraněné požadavky na živné rostliny (Beneš et al. 2002a).

Jednotlivé populace modráška hořcového v České republice jsou velmi slabé. Životaschopnější populace se nacházejí na Příbramsku a v jižních Čechách. Oproti jiným druhům modrásků dospělci zpravidla létají málo a neochotně, což přispívá k ohrožení mikropopulací (Pech 2017).

Další ohrožení představuje především zarůstání zbývajících lokalit a zmenšování populací živných rostlin meliorace. Ochrana motýlích populací by měla uvažovat o kilometrech až desítkách čtverečních kilometrů. Mělo by být bráno v potaz rozmístění biotopů v prostoru a jejich trvání v čase. Pro zachování životaschopných populací je nezbytné zajištění vhodného managementu na všech stávajících lokalitách, jakož i obnova vhodných lokalit živné rostliny v jejich blízkosti, aby se nastartovaly podmínky pro obnovu metapopulační dynamiky druhu (Beneš et al. 2002b).

Obecně lze říct, že aby byla ochrana motýlů účinná, musí být vycházeno z ochrany jejich biotopů a z péče o jejich přirozená stanoviště. Jejich

ochrana často závisí na aktivních lidských zásazích do prostředí, které mohou být finančně náročné nebo poněkud drastické. Často využívají více typů stanovišť najednou. Například larvální vývoj a páření mohou probíhat jinde. Jejich populace proto často vyžadují rozsáhlé a pestře strukturované biotopy. To je důvod, proč jen málokterá stanoviště budou dostatečně velká a diverzifikovaná, aby zajistila dlouhodobé přežívání populací v horizontu až stovek let. Prioritou při ochraně motýlů by tedy měla být metapopulační teorie, která bere v potaz rozmístění biotopů v prostoru a jejich trvání v čase (Beneš et al. 2002a).

Existence populací některých druhů raně sukcesní povahy je často závislá na lidské činnosti. Důležité je proto studování rozmístěných biotopů v krajině. Pokud je cílem udržení větší množství druhů na biotopech, měl by management udržovat pestrou mozaiku všech typů mikrostnovišť, neboť i druhy obývající zdánlivě stejný biotop se mohou značně lišit v individuálních nárocích. Jsou-li známy specifické nároky jednotlivých druhů, může být ochrana motýlů velmi snadná a málo nákladná.

Počet lokalit s výskytem modráška v České republice velmi malý a stále klesá, proto je kromě správného managementu nutná repatriace druhu (Pech 2017).

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je na základě zdokumentovaných ekologických nároků modráška hořcového pravého (*Phengaris alcon alcon*) vymezit potencionální místa repatriace tohoto druhu na území Česka.

V rešeršní části práce je rozebírána podrobná literatura v otázce ekologie a životních nároků a současného výskytu modráška hořcového pravého, včetně živné rostliny hořce hořepníku (*Gentiana pneumonanthe*) a hostitelských druhů mravenců.

Z rešerše vzejdou hlavní kritéria vhodnosti prostředí pro výskyt motýla, které budou využity při multikriteriální GIS analýze. Při vymezení lokalit repatriace by měly být zohledněny jak zvolené faktory, tak dlouhodobá udržitelnost lokalit a jejich vzájemná propojenost. Se zřetelem na

dostupnost dat a typ práce by výsledkem neměly být natolik inovativní postupy v GIS analýzách, jako spíše jejich použití v novém kontextu druhové ochrany.

3 REŠERŠE

3.1 MODRÁSEK HOŘCOVÝ PRAVÝ A JEHO EKOLOGIE

Modrásci rodu *Phengaris* byli donedávna známy pod rodem *Maculinea*. Výsledky fylogenetických analýz ale všechny členy rodu *Maculinea* přesunuly do rodu *Phengaris*. Ten pochází z dálného východu. O obou rodech bylo známo, že sdílejí specifický způsob vývoje v hnízdech mravenců rodu *Myrmica*, a tak nebyla synonymizace těchto dvou druhů překvapením (Pech 2017).

V České republice jde o velmi lokální druh, který zde žije ve dvou ekotypech (Šumpich et Vítek 2014). Prvním je modrásek hořcový pravý (*Phengaris alcon alcon*). Druhým ekotypem je modrásek Rebelův (*Phengaris rebeli*) (Hirschke 1904 Bereczky et al. 2005).

Modrásek Rebelův (*Phengaris rebeli*) byl donedávna téměř morfologicky k nerozeznání od modráska hořcového pravého (*Phengaris alcon alcon*) (Sielezniew 2011). Lišil se od něho obývaným biotopem (spíše suché louky a pastviny), živnou rostlinou (hořec křížatý – *Gentiana cruciata*) a také nejčastěji využívanými hostitelskými mravenci. Dále mají obě formy motýlů odlišné období letu (Meyer-Hozak 2000).

Později byl modrásek Rebelův popsán jako poddruh modráska hořcového pravého (pod jménem *Lycaena alcon rebeli*) Hansem Hirschkem v roce 1904 v Alpách ve Štýrsku (Beneš et al. 2002), a to na základě přítomnosti světlého proužku na vrchní straně především zadních křídel samic. Tento proužek u klasického modráska hořcového chybí (Thomas et al. 1989) (Obr.1)



Obrázek 1: Světlý proužek na křídlech samic (Pech 2017)

Protože živnou rostlinou modráška Rebelova byl na těchto horských loukách hořec křížatý (*Gentiana cruciata*) (Beuret 1949), začaly se postupně nazývat tímto jménem všechny populace modráška hořcového, které tuto rostlinu využívaly. Nebral se však ohled na přítomnost diagnostického znaku na křídlech (Pech 2017).

Modrášek hořcový pravý naproti tomu žije na vlhkých loukách a klást vajíčka na květy hořce hořepníku (*Gentiana Pneumonanthe*) (Valdés a Ehrlén 2017). Na základě série morfologických a molekulárních analýz bylo dokázáno, že mezi oběma poddruhy modrášků není žádný rozdíl (Sielezniew a Stankiewicz 2007). Existují známé populace modráška hořcového pravého, v jejichž areálu se vyskytují oba druhy hořců a samice tak kladou vajíčka na oba. Dnes je prakticky známo, že všechny populace modráška „Rebelova“ jsou pouze na suchých loukách žijícími populacemi modráška hořcového. Využívání různých hostitelských rostlin je tedy pouze důsledkem odlišné biotopové preference. Nejistota nastává u původní populace modráška Rebelova z Alp se světlými proužky. Je zde pravděpodobnost, že jde pouze o vzácnou barevnou odchylku některých jedinců horských populací modráška hořcového pravého. Proto se často populace žijící na suchých loukách zahrnují pod jméno modráška hořcového (Beneš et al. 2002, Thomas et al. 1989).

Tento motýl je mezofil 1. typu, což znamená, že je vázán na svěží až vlhké stanoviště. Modrásek hořcový pravý žije ve střední Evropě především na vlhkých bezkolencových oligotrofních loukách, vlhkých pastvinách a vřesovištích (Beneš et al. 2002). Jeho areál je světově eurosibiřský, v západní a střední Evropě je velmi ostrůvkovitý. (Winhoff 1998). Na rozdíl od ostatních modrásků rodu *Phengaris* převládají mezi preferovanými biotopy častěji spíše přírodní, méně narušená stanoviště (Uříčář 2013).

Jde o myrmekofilní druh, což může být považováno za „potravní vybíravost“. Modráskovití jsou do určité míry závislí na soužití s mravenci. Dalo by se to označit „modráskofilie“ mravenců, kteří housenky modrásků chrání a většinou je i přímo chovají, případně jim umožní i kuklení přímo v hnízdě. Modrásci jim za to poskytují sladké a na bílkoviny bohaté šťávy (Beneš et al. 2002a). Někdy je vzájemný vztah pouhou koexistencí, více či méně specifickou symbiózou či dokonce parazitismem (Fiedler et al 1996, Van Dyck et al. 2000). Larvy modrásků dále z tohoto vztahu těží ochranu před parazitoidy a predátory z řad členovců (Hans van Dyck 2014).

U modrásků je vztah k mravencům různě úzký. Může dojít až k obligátní myrmekofilii. V takovém případě motýl nemůže bez mravenců ukončit svůj vývoj. Velmi specializovaná vazba se vyvinula právě u modrásků rodu *Phengaris* a mravenců rodu *Myrmica*. Jejich ochrana je tedy velmi obtížná, neboť kromě motýlů a jejich živných rostlin musí být zajištěny i příhodné podmínky pro konkrétní druhy mravenců (srov. JA Thomas et al. 1998a)

Vývoj modráska je univoltinní až semivoltinní (VII. – VIII.). Vrcholové období pro jeho let je začátek července až polovina srpna (Michael 2003). Modrásek využívá větší počet mravenčích hostitelů z rodu *Myrmica*. Druh hostitelského mravence se liší v různých částech Evropy a na různých typech stanovišť. Poté prochází jednoletým až dvouletým vývojem v samotných hnízdech mravenců. Samice kladou okolo 100 relativně velkých bílých vajíček na listy, poupata a květy živné rostliny (Bonelli et al. 2005). Počet vajíček na hořci ale záleží hlavně na období letu motýla (Hans van Dyck 2014).

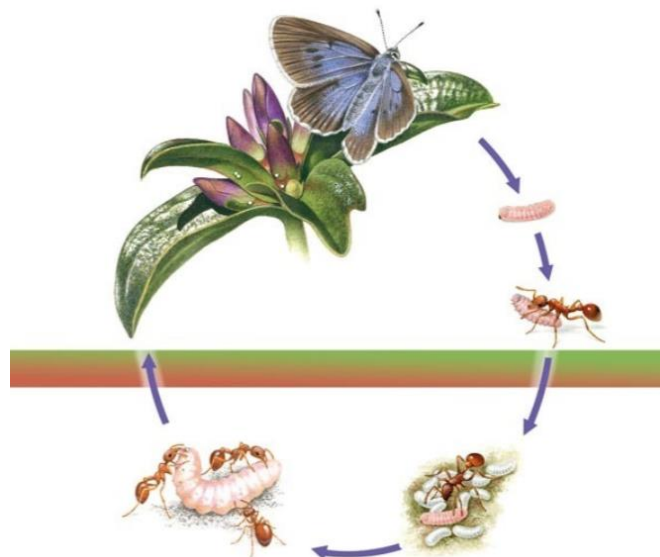
Samice upřednostňují kladení vajíček na přiléhající stranu listů ke stonku (Árnyas et al. 2006). Často také raději kladou vajíčka na list první větve než na poupata, a to i přes to, že květy jako takové jsou pro ně atraktivnější. To vyplývá pravděpodobně ze skutečnosti, že poupata květin poskytují mnohem menší povrch pro kladení než listy (Árnyas et al. 2006). Dalším důležitým faktorem, který ovlivňuje výběr rostliny, je výška rostliny vzhledem k okolní vegetaci. Nejčastěji si motýli vybírají hostitelské rostliny, které jsou vyšší než okolní vegetace. Nejjednodušší interpretace takového chování je, že jsou pro samice snadněji vizuálně detekovatelné (Vilbas 2016). Kladení vajec není nikdy náhodné. Samice hledají vhodné místo poskytující dostatečnou ochranu i zajištění vhodných potravních zdrojů pro své potomstvo (Van Dyck and Regniers 2010). Zároveň byl zjištěn výrazně vyšší počet vajíček kladených motýly, kteří létali brzy v sezoně. Housenky od prvních letců měly také vyšší přežití. Také nevykazovaly zpoždění ve vývoji ve srovnání s housenkami z pozdějšího období (Arnaldo et al. 2013).

Housenky po 2-3 týdny vyvírají semeníky hořců, kdy dosahují necelé 2 % váhy dospělce (Michiel 2003). Pokud je jich více v jednom semeníku, může docházet ke kanibalismu. Poté, co dosáhne housenka čtvrtého instaru, prokouše si otvor ve spodní části semeníku, kterým propadne pod rostlinu, a tak přechází z endofytického způsobu života na myrmekofilní. (Schroth a Maschwitz 1984). Tam čeká, až ji objeví dělnice hostitelského mravence. Pravděpodobnost, že ji mravenci „adoptují“, prudce klesá s dobou, po kterou housenka čeká pod živnou rostlinou (Obr. 2). Akční radius jednoho mraveniště je v případě rodu *Myrmica* uváděn na přibližně 2 m (Elmes a Thomas 1992). Není-li v tomto okruhu k dispozici mraveniště vhodného hostitelského druhu, housenka zahyne (Elmes a Thomas 1992). Je diskutabilní, zda samice motýla již při kladení na živnou rostlinu dokáže identifikovat přítomnost mravenců a aktivně preferují rostliny v blízkosti mraveniště. Výsledky většiny výzkumu to však vyvracejí (Fürst a Nash 2010).

V průběhu adopčního obřadu a později v mraveništi komunikují housenky s mravenci prostřednictvím chemických atraktantů. Tyto atraktanty vylučují z drobných epidermálních žláz po celém těle a

z hřbetní Newcomerovy žlázy. V důsledku působení těchto chemických látek považují mravenci housenky za své vlastní larvy (a jako o takové o ně pečují). V mraveništi dosahují postupně zbylých 98% velikosti dospělého (Thomas et al. 1998, Wardlaw et al. 2000, Elmes et al. 2001) V mraveništích jsou housenky uloženy dělnicemi do části mraveniště určené k odchovu mravenčího potomstva.

Po zanesení do mraveniště mají housenky dvě strategie, mezi kterými mohou přecházet. Buď se živí kuklami a larvami mravenců, nebo se začnou chovat jako parazité a nechávají se krmit mravenci, což by se dalo označit jako tzv. kukaččí strategie. Hlavním zdrojem potravy se pro ně stane kořist přinášena mravenčími dělnicemi. Důležité je i to, že dělnice housenky průběžně čistí od exkrementů, protože jinak by velká část housenek uhynula v důsledku napadení plísněmi. Zajímavá je dvojitá rychlost vývoje housenek v jednom mraveništi. Po prvním přezimování část housenek roste velmi rychle, zakuklí se koncem dubna a dokončí svůj vývoj v červenci. Ostatní housenky se po prvním přezimování vyvíjejí pomalu a přezimují v mraveništi i další rok. Líhnoucí se imága nejsou před mravenci chráněna již žádnými chemickými atraktanty a unikají jen díky peříčkovitým šupinkám na těle, které zůstávají v kusadlech mravenců (Beneš et al. 2002; Thomas et al. 2013).



Obrázek 2: Vývoj modráška hořcového pravého (*Phengaris alcon alcon*): samice naklade vajíčka na rostlinu. Vylíhlá housenka, která spadne na zem je „adoptována“ mravenci. Poté je zanesena do mraveniště, kde se o ní starají dělnice. Nakonec se housenka zakuklí a dokončí svůj vývoj. (Pilátová 2014)

Když housenka modráška dosáhne 4. instaru a pustí se z květu hořce na zem, začne vylučovat látky mimikující feromonovou značku mravenčích larev. Látka začne lákat mravence, kteří je poté odnesou do svého mraveniště. Každý druh modráška je schopný vylučovat látky specifické pro jeden druh mravenců, pokud jsou však adoptovány jiným druhem, přestanou feromony vylučovat a závisejí jen na všudypřítomném pachu mraveniště. Tento přístup však není spolehlivý a většina takových housenek je během několika prvních hodin zlikvidována (Thomas et al. 2013).

Analýzou délky, intenzity a frekvence zvuků vyluzovaných dělnicemi a královnami mravenců bylo zjištěno, že se zvuky u obou kast liší. Když se nahrávky pouštěly mravenčím dělnicím, dělnice reagovaly mnohem výrazněji na královnin zpěv než na ten z vlastních řad. Při srovnání se zvuky vydávanými modráškou se ukázalo, že housenky využívající kukaččí strategii napodobují spíše královnu a ty, které se v mraveništi živí jako predátoři spíše dělnice (Pilátová 2014, Thomas et al. 2013, Barbero et al. 2016, Barbero et al. 2009, Di Salvo et al. 2019, Sala et al. 2014).

Motýli se v přírodě vyskytují v populacích. Každou populaci lze charakterizovat natalitou, mortalitou a migrací. Protože izolovaný jedinec z hlediska přírodních procesů nic neznamená (nemůže se ani rozmnožit), jsou populace základní jednotkou, o které při ochraně motýlů uvažujeme. (Beneš et al. 2002a)

Modrášek hořcový pravý tvoří uzavřené populace. Většina motýlů obývá po celý svůj život definované území, které má jednoznačně stanovené hranice, není to ale pravidlem. Častá je velká koncentrace jedinců na relativně malé ploše, na které jsou dobře dostupné všechny zdroje pro larvální vývoj i život dospělců. (Beneš et al. 2002a)

Důležitým faktorem je vývoj početnosti populace, který lze popsat takzvanou rychlostí růstu a nosnou kapacitou prostředí. Pokud má totiž malá populace dostatek zdrojů, její početnost roste a její natalita je vyšší než mortalita. Problém nastává v případě, že dojde k překročení nosné kapacity prostředí. Tehdy může dojít ke zdecimování živné rostliny, což zhorší podmínky pro vývoj motýla. Dále se může stát, že mortalita převyší natalitu a početnost motýla začne klesat (Beneš et al. 2002).

Protože druhy *Phengaris* mají velmi složité životní cykly a vysoké nároky na svá stanoviště, je nutná prostorová propojenost mezi stávajícími populacemi.

3.2 ŽIVNÁ ROSTLINA A JEJÍ EKOLOGIE

Hořec hořepník (*Gentiana pneumonanthe*) je vytrvalá bylina patřící do čeledi hořcovitých (*Gentianaceae*) sekce *Pneumonanthe*. Většina druhů z této sekce roste v Severní Americe a východní Asii. Hořec roste v nižších nadmořských výškách, nejedná se o horskou rostlinu. Značná morfologická plasticita hořepníku vedla k popsání různých poddruhů a variet. Jejich taxonomická hodnota je však diskutabilní (Křenová 2014).



Obrázek 3: Detail květu hořce hořepníku (Křenová 2014).

Dospělé rostliny vytvářejí 20-40 cm vysoké lodyhy, které jsou většinou nevětvené. Přízemní listová růžice zcela chybí. Spodní listy jsou malé, často šupinaté, horní kopinaté, vzácněji vejčité, na vrcholu tupé a obvykle podvinuté, s jednou žilkou. Květenství jsou nevětvená a jednotlivé lodyhy nesou 1-25, zřídka více pětičetných květů. Koruna je zvonkovitě nálevkovitá a 2,5-4 cm dlouhá. Většinou je azurově modrá (Obr. 3), vzácně bílá. U báze a ve světlejších pruzích bývá zeleně tečkovaná. Ve vřetenovitém semeníku dozrává 300-700 (až 1000) drobných zploštělých a mírně křídlatých semen (Kaplan et al. 2019).

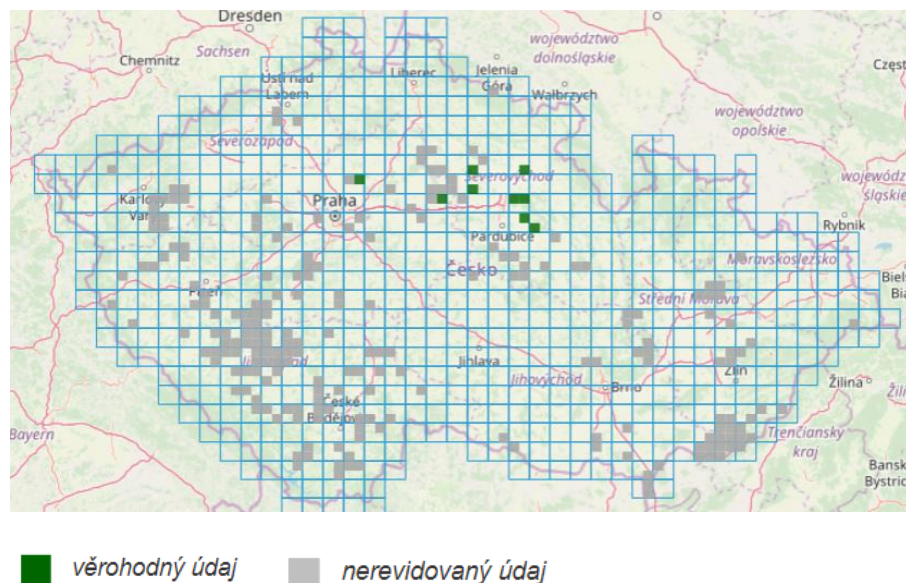
Hořec hořepník (*Gentiana pneumonanthe*) se vyskytuje v mírném pásu Evropy a nejzápadnější Asie. Jeho areál však zasahuje až do oblasti jihozápadní Sibiře. V západní Evropě roste na vlhkých kyselých vřesovištích s kolísající hladinou podzemní vody. Půdní pH na těchto biotopech se pohybuje mezi neutrálním až mírně zásaditým. Objevuje se ale i na lesních světlinách, pasekách a na okrajích borových nebo olšových lesů. V takových oblastech jde ale obvykle o pozůstatek bývalých luk a pastvin (Křenová 2014). Dle klasifikace Katalogu biotopů České republiky (Chytrý et al. 2010) jde o následující biotopy:

T1.9 Střídavě vlhké bezkolencové louky

Jedná se o středně vysoké, zapojené luční porosty s převládajícími travinami, které posléze přerůstá dominantní bezkolenec rákosovitý (*Molinia arundinacea*) nebo bezkolenec modrý (*Molinia caerulea*). Druhové složení této vegetace v České republice se liší podle oblasti výskytu a nadmořské výšky. Z hlediska dostupnosti živin jde o chudší až středně bohaté půdy. Bezkolencové louky jsou jednou ročně sečeny. Nachází se roztroušeně od nížin do podhorských oblastí v jižních a západních Čechách; na Českomoravské vrchovině a na Moravě vzácněji.

T1.10 Vegetace vlhkých narušovaných půd

Jde o středně vysoké travinobylinné porosty. Půdy jsou střídavě vlhké až vlhké, oglejené až glejové se silně kolísající hladinou podzemní vody. Vyskytují se na kyselých i karbonátových podkladech, často na prameništích, podmáčených svahových polohách a sesuvech. Porosty jsou mechanicky narušovány, zejména pasoucím se dobyt看kem, a mohou být i nepravidelně sečeny. Je to vzácně roztroušený biotop. Acidofilní porosty jsou známy z různých oblastí Českého masivu, bazofilní typy byly zaznamenány na vápencích, opukách a slínech středních, severozápadních a východních Čech.



Obrázek 4: Výskyt hořce hořečnického (*Gentiana pneumonanthe*) v ČR. Zdroj: Pladias (2019)

Hořec hořečnický představuje diagnostický druh vysychavých bezkolencových luk svazu *Molinion*. V České republice tvořily těžiště výskytu hořečnického zejména oblasti s úvalovými, slatinnými a lesními loukami (Obr. 4). V současné době patří hořečnický mezi druhy silně ohrožené, a to jak podle Červeného seznamu, tak podle vyhlášky Ministerstva životního prostředí (Křenová 2014).

Tento hořec náleží k typickým představitelům vzácných rostlin, které byly ještě v 60. letech 20. století dosti hojné. Např. ze 16 lokalit uváděných Josefem Vaněčkem (1969) na Hrozd'ovicku zůstaly v současnosti dvě, ze čtyř lokalit na Plzeňsku (Hadač et. al. 1968) dožívá poslední. V rámci jižních Čech se druh hodnotí jako vzácný a jen někde roztroušený (Lepší et. al. 2013). Podobný osud postihl hořečnický i v mnoha dalších evropských zemích, u všech nejbližších sousedů se řadí mezi rostliny silně či kriticky ohrožené (Křenová 2014).

Nyní je to druh s vysokou památkovou hodnotou ve všech regionech, kde přežívá (Rose a kol. 1998) a používá se jako klíčový ukazatel pro výběr mokřadů mezinárodního významu podle smlouvy RAMSAR (k dispozici online, Mouquet 2005). Nyní je hodnocený v aktuálním Červeném seznamu jako silně ohrožený (Grulich 2012).

Tato rostlina je dlouhověká a s obnovovacími pupeny při povrchu země, tudíž ji lze označit jako vytrvalý hemikryptofyt. Dospělé rostliny mohou

žit i několik desítek let (Oostermeijer et al. 1994, Rose et al. 1998). Teplejší vegetační období může rostlinám prospět natolik, že v dalších dvou letech vede k nadprůměrnému květu i produkci semen (Rose et al. 1998).

Hořec hořepník (*Gentiana pneumonanthe*) se rozmnožuje pouze semeny. Úspěšné klíčení a přežívání semenáčků je možné pouze na plochách s obnaženým půdním povrchem (Křenová a Lepš 1996), které na řadě lokalit, a to včetně chráněných území, chybí. Z tohoto důvodu mnoho populací hořce stárne. Jsou tvořeny výhradně generací dospělých jedinců a mohou být bez vhodného managementu společně s modráskem odsouzeny k zániku. Radikálním asanačním zásahem, při kterém dojde v okolí dospělých rostlin k vytvoření obnažených plošek vhodných pro klíčení a růst semenáčků, je možné populace hořců zmladit. U dlouhodobě neobhospodařovaných pozemků se jako velmi vhodné ukázalo pokosení křovinořezem a extenzivní přepasení skotem, který úspěšně rozšlapává trsy dominantních trav jako bezkolonec nebo metlice (*Molinia caerulea*, *Deschampsia cespitosa*). Vhodnější je intenzivní krátkodobá pastva začátkem léta (před kvetením hořců), případně na podzim po dozrání semen. Při pouhém kosení, kterým jsou nahrazovány tradiční způsoby hospodaření v mnoha chráněných územích, sice dominantní trávy nevytvářejí vysoké trsy, ale drn je hustě zapojený. Proto dochází k částečné akumulaci opadu a v porostu chybí místa pro klíčení. Tam, kde není možné zajistit optimální způsob hospodaření pro celou lokalitu, je možné přikročit i k rozdělení území na několik částí obhospodařovaných ob rok (Beneš et al. 2002).

Hnízda hostitelských mravenců se vyskytují na většině hořcových lokalit, ale pravidelné kosení pro ně může znamenat výrazný stres. Z tohoto hlediska je nutné preferovat ruční sečení před sečením strojovým, eventuálně na kosených lokalitách ponechávat nekosené pásy nebo lemy (Beneš et al. 2002).

Každým rokem vyrůstají vodorovně v nejvyšší části kořenového systému nové adventivní kořeny, které tak vytvářejí patra, naznačující stáří jedince. Toto je způsob, jakým se báze rostliny stále udržuje na povrchu půdy i na stanovištích, kde každoročně dochází k velké akumulaci

odumřelé biomasy. Díky tomu mohou rostliny dlouho přežívat na neobhospodařovaných lokalitách. Pokud je však hořepník příliš dlouho a intenzivně zastíněn okolní vegetací, má polehlé lodyhy, málo květů, které jsou jen zřídka opyleny a většinu semeníků zničí plíseň nebo herbivoři. Na takových lokalitách nemohou přežívat semenáčky a populace chřadne (Křenová 2014).

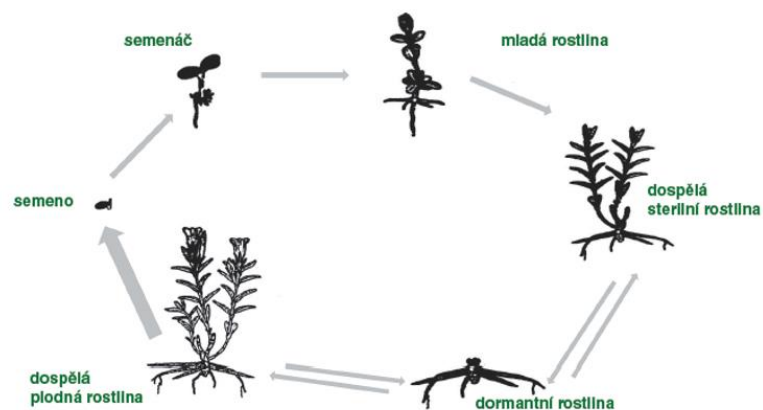
Fenologicky patří tyto hořce k pozdějším druhům. Kvetou od července do konce srpna, semena dozrávají v září až říjnu. Od konce srpna se na bázi rostliny objevují tzv. přezimující lodyhy, což jsou pouze několik cm vysoké výhony porostlé šupinatými listy. Z těchto přezimujících orgánů vyrůstají v následujícím roce nové lodyhy (Křenová 2014).

S ohledem na sezonní výkyvy počasí může v jednotlivých letech dojít k posunu fenologických fází. Mezi populacemi existují značné rozdíly, často způsobené adaptací rostlin na pravidelný termín obhospodařování lokality. Špatně načasovaný hospodářský zásah může hořepníku znemožnit úspěšné kvetení a tvorbu semen. Bezkolencové louky se dříve kosily na stelivo, ideálním obdobím pro kosení hořepníkových lokalit je doba, kdy většina květů odkvetla a nejméně polovina semeníků dozrála, tj. velmi pozdní léto nebo začátek podzimu. Při kosení v červenci nebo srpnu dojde k odstranění kvetoucích rostlin, což znamená nulovou produkci semen.

Obdobný efekt jako špatně načasované kosení má také okus. Spárkatá zvěř a pasoucí se dobytek s oblibou vyhledávají hořce a využívají je na podporu trávení. U početnějších populací některé rostliny odolají, ale pokud se na pastvině vyskytuje pouze několik kvetoucích jedinců, bývají zcela okousány. Důležitá je také doba okusu – počátkem sezony rostliny ještě regenerují, byť produkce semen zůstává velmi nízká, ale pozdější okus má z hlediska tvorby semen fatální následky. Hořec hořepník se na rozdíl od některých jiných druhů hořců rozmnožuje pouze semeny. Opylení zajišťují hlavně čmeláci. Květy jsou schopné i samoopylení, byť s menší produkcí semen. Drobná (1,5 mm v průměru) mírně křídlatá semena se ze semeníku roznášejí mechanicky a větrosnubně, pouze však na malé vzdálenosti (Křenová 2014).

Podobně jako jiné hořce potřebují hořepníky pro úspěšné přežívání správný typ maloplošné disturbance se správnou intenzitou a vhodnou dobu. Z abiotických faktorů mohou působit na lokalitách především zaplavení a oheň. Tyto faktory vždy hrály větší roli na západoevropských vřesovištích než na lokalitách ve střední Evropě. V ČR se hořepníkové lokality, na rozdíl od Velké Británie nikdy pravidelně nevypalovaly. Některé české populace jsou nepravidelně zaplavované a na rostliny to má kladný vliv, protože krátkodobé záplavy narušují půdní pokryv, a proto pozitivně ovlivňují klíčení semen. V našich oblastech se z různých typů disturbancí nejčastěji uplatňují pravidelná narušení travního drnu při pastvě nebo sečení luk (Křenová 2014).

U hořce hořepníku (*Gentiana pneumonanthe*) bylo popsáno šest vývojových stádií (Obr. 5): semena, semenáčky, mladé (juvenilní) rostliny, sterilní dospělé rostliny, plodné dospělé rostliny a dormantní jedinci (Mouquet 2005).



Obrázek 5: Vývojová stádia hořce hořepníku (Křenová 2014).

Kritickým momentem pro zachování populace je úspěšné klíčení a uchycení semenáčků. Dospělé rostliny jsou poměrně odolné i k nepříliš příznivým vlivům. Poněkud neprozkoumanou fází životního cyklu je dormance dospělé rostliny, kdy nedojde k vytvoření nadzemních částí po dobu jedné či více sezon. Dormantní rostliny se mohou vrátit do stadia sterilního nebo plodného jedince, ale také uhynout (Křenová 2014).

Pro samotné populace hořce hořepníku je hlavní klíčení a přežívání semenáčků, které úspěšně probíhá pouze v mezerách v porostu s obnaženým půdním povrchem. V minulosti vhodné prostředí vytvářelo

při tradičním způsobu hospodaření. Bezkolencové louky se ručně kosily koncem léta a následně přepásaly různými druhy dobytka. Mezery pro klíčení a růst hořepníků vznikaly vyšlapáváním drnu zvířaty, např. v místech, kde projel povoz. Dnes však takovéto plochy na většině lokalitách chybí. Jako velmi vhodné se ukazuje pokosení křovinořezem a přepasení skotem, který úspěšně rozšlapává trsy dominantních trav, jako jsou bezkolenec modrý (*Molinia caerulea*) nebo metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*). Lepší je intenzivní a krátkodobá pastva začátkem léta, před vytvářením květů. Následně potom na podzim, když dozrávají semena (Křenová 2014).

Za úspěšný model managementu lokalit se stabilními populacemi hořce hořepníku lze označit každoroční a dobře načasovanou kombinaci seče a pastvy ovcí nebo skotu (Michiel 2003). V chráněných územích s výskytem různých předmětů ochrany a v oblastech, kde není snadné optimalizovat dobu kosení nebo pastvy pouze s ohledem na fenologii hořce, se doporučuje organizovat obhospodařování v blocích a střídat ob rok plochy kosené s nekosenými. Tento způsob údržby vyhovuje také ekologickým nárokům mravenců rodu *Myrmica* (Křenová 2014).

3.3 HOSTITELSKÉ DRUHY MRAVENCŮ A JEJICH EKOLOGIE

Dalším faktorem pro výskyt modrásky je výskyt mravenců druhů rodu *Myrmica*. Celkově existuje asi 180 popsáných druhů patřících do tohoto rodu. Většina z nich se nachází v Evropě a Asii, zatímco menší podíl se vyskytuje v Severní Americe (Radchenko and Elmes 2010).

Hostitelské druhy mravenců pro modrásku hořcového pravého (*Phengaris alcon alcon*) však představují pouze mravenec drsný (*Myrmica scabrinodis*) (Nylander 1846), mravenec rezavý (*Myrmica ruginodis*) (Nylander 1846, Als et al. 2002) a mravenec žahavý (*Myrmica rubra*) (Linnaeus 1758, Als et al 2002). Tito mravenci rodu *Myrmica* jsou jediní, kteří mohou modrásky rodu *Phengaris* hostit. Lze je nalézt prakticky ve všech lokalitách mírného pásma (Witek 2013). Výhodné stanoviště

zahrnují pastviny nebo lesní mýtiny se shnilými pařezy (Elmes et al. 1998). Obecně je ale jejich ekologická nika velmi široká.

Kolonie *Myrmica* obsahují v průměru 200-500 dělnic (*Myrmica rubra* má průměrně 1200 dělnic) a obvykle jednu, ale někdy i několik funkčních královen – například *Myrmica rubra* (Elmes a Petal 1990). Nová hnízda může založit jedině nově spářená královna (Elmes et al. 1998).

Druhy rodu *Myrmica* obvykle budují svá mraveniště přímo v zemi. Vhodná stanoviště jsou pastviny (Elmes et al. 1998). Někdy ale žijí pod kameny nebo mrtvým dřevem. Ve vlhkých nebo chladných biotopech jsou jejich hnízda postavena v chomáčcích trávy a jejich zastřešení je vyhotoveno ze zbytků rostlin a kousků půdy. Toto opatření způsobuje uvnitř mraveniště zvýšení teploty. Za to v horkých a suchých biotopech nejsou na povrchu jejich mraveniště patrné žádné změny a jsou vybavena pouze dvěma malými vchody (Uříčář 2013).

Mravenci mají velmi široké spektrum potravy. Loví drobný hmyz, konzumují různé části rostlin a živí se také pozůstatky mrtvých rostlin i živočichů. Vyhledávají také kolonie mšic a živí se medovicí. Činností housenek se omezuje velikost kolonie, což opačně ovlivňuje počet housenek, které zde naleznou dostatek potravy (Uříčář 2013).

3.4 SOUČASNÝ VÝSKYT V ČR

Modrásek hořcový pravý (*Phengaris alcon alcon*) byl dřív zřejmě lokálně rozšířen po celém území státu (Beneš et al. 2002). Vymizel z většiny známých lokalit (nejvíce ve středních Čechách), ačkoliv přesné srovnání se stavem v minulosti není možné, protože nebyl odlišován od modráska Rebelova (*Phengaris rebeli*). Živná rostlina – hořec hořepník (*Gentiana pneumonanthe*) bývala v některých oblastech na vlhkých loukách obecně rozšířena, a proto je pravděpodobné, že rozšíření v minulosti odpovídá společné mapce výskytu nerozlišovaného modráska hořcového pravého a modráska Rebelova. Recentní výskyt je znám pouze z jihozápadu Čech, z Polabí a z jižních svahů Nízkého Jeseníku (VVP Libavá) (Beneš et al. 2002a; Kupková 2017).

Modrásek hořcový pravý (*Phengaris alcon alcon*) je globálně ohroženým druhem (IUCN 1990). Dle Červeného seznamu (Farkač 2005) je řazen do kategorie kriticky ohrožených druhů. Podle práce Beneše et al. (2002) je řazený do vymírajících druhů. To znamená, že patří mezi druhy, které jsou odsouzeny k brzkému vyhynutí, nebude-li pro všechny jejich zbývající lokality zajištěna důsledná ochrana a management. Je potřeba, aby jejich ochrana byla podložena vypracováním záchranných programů. Jsou bezpodmínečně nutná aktivní opatření ke zvýšení počtu populací prostřednictvím tvorby nových lokalit, které by druhy mohly zpětně osídlit, případně cestou vědecky řízených reintrodukcí (Beneš et al. 2002b).

Důvodů pro ohrožení motýla je několik. Jako hlavní se ale jeví meliorace a rostoucí tlak na intenzivně obdělávanou půdu.

Změnou způsobu hospodaření se směřovalo k zarůstání zbývajících lokalit a zmenšování populací živých rostlin. To vše vede k izolovanosti kolonii, a protože má velmi omezenou doletovou vzdálenost imág, která činí 2-3 km (Beneš et al. 2002) má problém se samovolným návratem na zaniklé lokality.

Další příčinou byl trend, při kterém docházelo v nelesní krajině k nahrazování pestré mozaiky biotopů s poli, sady, loukami, pastvinami, polními cestami, mezemi a úhory na uniformní nehostinné lány (Skaloš et al. 2012, Beneš et al. 2002).

Za jednu z dalších příčin je považována chemizace zemědělství. Masové užívání biocidů a umělých hnojiv.

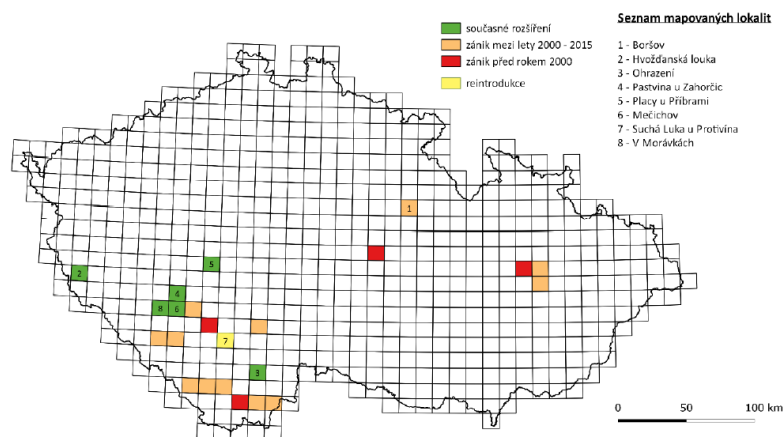
Příčinou byly ale také nenápadnější změny. Ty souvisely s měnicími se postupy v obhospodařování či zánikem pastvy na nelesních lokalitách, nebo naopak s příliš intenzivní a dlouhodobou pastvou velkých stád dobytka.

Všechny tyto trendy zaháněly, více a více druhů motýlů do posledních refugií, způsobovaly fragmentaci a izolaci jejich populací, a tím je odsuzovaly k lokálnímu i celoplošnému vymírání.

Ztráta a fragmentace stanovišť je dnes jednou z nejvýznamnějších hrozeb pro biologickou rozmanitost, neboť stále více druhů je nuceno žít v roztráštěné krajině (Caughley 1994; Hanski a Gaggiotti 2004).

Všechny tyto důvody přispěly k zařazení těchto druhů motýlů do národních i mezinárodních předpisů a úmluv na ochranu druhů a biodiverzity (Vyhl. 395/1992 Sb. v aktuálním znění, Natura 2000, Farkač et al. 2006).

V průběhu pětiletého průzkumu (1996–2000) bylo v oblasti jihozápadních Čech, kde byla do roku 1995 známa jediná recentní lokalita, navštíveno přes 50 lokalit hořce hořepníku coby potencionálních lokalit modráska (Křenová 2001). Modrásek hořcový pravý byl tehdy ještě potvrzen na 15 lokalitách. Na základě revize nálezových databází o modrásku hořcovém pravém (NDOP 2016; Entomologický ústav BC AV ČR 2017), kterou provedla Kupková (2017), byl zachycen aktuální stav přeživších populací na území Česka (Obr. 6). Zatímco ještě v roce 2000 byl potvrzen výskyt modráska na 11 lokalitách, dnes modrásek přežívá pouze na 6 lokalitách Česka. Jsou to: PP Hvožd'anská louka, PP Ohrazení, PP Pastvina u Zahořčic, Placy u Příbrami, Mečichov a PR V Morávkách. Tyto lokality se dají popsat jako střídavě vlhké bezkolencové louky. Ty jsou často ohroženy odvodněním, následnou mineralizací půdních organických látek a z toho vyplývající eutrofizací. Obohacení o živiny může nastat i v důsledku hnojení nebo depozice atmosférického dusíku a vede k nárůstu dominance konkurenčně siných trav (např. *Alopecurus pratensis*, *Dactylis glomerata* a *Festuca pratensis*) nebo k expanzi stanovištně nepůvodních druhů (např. *Calamagrostis epigejos*). S útlumem hospodaření dochází také k opuštění pozemků a jejich následnému zarůstání dřevinami. Optimální pro zachování diverzity je seč jednou ročně, a to spíše v druhé polovině vegetačního období (Botta-Dukát et al. 2005, Hájková et al. 2007, Chytrý 2010).



Obrázek 6: Mapa zobrazující minulý a současný stav rozšíření modráška hořcového pravého v České republice. Převzato z Kupková 2017, na základě nálezových dat z NDOP (2016) a Entomologického ústavu BC AV ČR (2017).

Na zbylých 5 lokalitách druh prokazatelně vyhynul (PP Boršov u Litětín, VVP Libavá, Jindřichovice, PR Kovašínské louky, PR Na Volešku). Celkově se tato ekologická forma modráška hořcového pravého vyskytuje pouze na ploše 20 ha. Dramatický pokles rozšíření modráška jen potvrzuje jeho kritické ohrožení v Česku na samé hranici existence. Útěchou současného stavu může být uskutečněná úspěšná repatriace v roce 2016 na lokalitu Podhorský rybník u Protivína, která vykazovala vhodný stav populace živné rostliny a přítomnost hostitelských mravenců (*Myrmica scabrinodis*). V následujícím roce 2017 bylo potvrzeno uchycení a reprodukce (Kupková 2017).

Na současných lokalitách výskytu modráška bylo nalezeno v průměru 290,2 jedinců živné rostliny, hořce hořepníku. Nejmenší počet rostlin byl zjištěn na lokalitě Mečichov (36 kvetoucích jedinců), nejvíce hořců bylo potvrzeno na lokalitách Placy (465 kvetoucích jedinců) a V Morávkách (482 jedinců) (Tab. 3). Hořce se na těchto lokalitách vyskytují v poměrně velkých hustotách v rozmezí 27,7 jedinců/ha (Mečichov) po 198,5 jedinců/ha (V Morávkách), průměrná hustota na všech lokalitách byla 96,1 jedinců/ha (Kupková 2017).

Z hlediska výskytu modráška hořcového charakterizovaného počtem nakladených vajíček je nejpočetnější populace na lokalitě Placy u Příbrami ve Středočeském kraji. Na této lokalitě bylo v rámci mapování v srpnu 2016 nelezeno celkem 12077 vajíček. Další početné populace modráška

hořcového byly nalezeny na lokalitě Pastvina u Zahočic (3775 vajíček) a Hvožd'anská louka (2939 vajíček). Naopak nejméně vajíček na živných rostlinách bylo objeveno na lokalitě Mečichov, celkem 477 kusů (Kupková 2017).

Na jednotlivých lokalitách bylo okladeno v průměru 61,2 % hořců, nejméně na lokalitách Hvožd'anská louka a V Morávkách (shodně 42 %), největší podíl hořců byl okladen na lokalitě Mečichov (81 %). Počet okladených rostlin se tak pohyboval od 29 ks (Mečichov) po 329 (Placy u Příbrami), průměr na lokalitu byl 161,8 rostlin (Kupková 2017).

Na jedné rostlině byla nalezena v průměru přes všechny lokality 12,2 vajíček, nejvíce vajíček na jednu rostlinu byl na lokalitě Placy u Příbrami (v průměru 26,0 vajíček), nejméně na lokalitě V Morávkách (v průměru 4,1 vajíček) (Kupková 2017).

Výskyt modráška byl pozitivně korelován s velikostí populace hostitelské rostliny. Naprostá většina populací je navzájem izolovaná. Vyskytují se obvykle na marginálních pozemcích, případně v bývalých vojenských výcvikových prostorech, kde by vojenskými aktivitami úspěšně simulován vhodný management. V průběhu výzkumu byl na jihu Čech pozorován zánik pěti populací a žádná z nich nebyla znovu samovolně osídlena (Beneš et al. 2002a).

3.5 POKUSY O REPATRIACI

Druhy, které se většinu života vyskytují na jednom místě, trpí neustále se snižující kvalitou svého stanoviště (Thomas et al. 2001) a nepřírozeným rozdělováním metapopulací (Hanski 1999). Pokud jsou od sebe jednotlivé populace nebo potencionálně vhodná stanoviště hodně vzdáleny je genetická výměna a přirozená kolonizace velmi málo pravděpodobná až nemožná (Fahrig and Merriam 1994). V takových případech je reintrodukce z dostatečně velkého zdroje populace často jediným východiskem pro jejich záchranu (Seddon et al. 2007; Chauvenet et al. 2013). Kvůli nepřírozenému narušení stanoviště jako celku a klimatickým změnám, nejsou tyto druhy vždy schopny najít jejich optimální ekologickou niku, a proto je přemístění jednotlivců do klimaticky

vhodných stanovišť může být vhodným opatřením pro zachování druhu (McLachlan et al. 2007; Willis et al. 2009; Thomas 2011).

S tématem repatriace druhu hovoříme o ekologii obnovy (anglicky „restoration ecology“), která funguje jako strategický základ ochrany globální diverzity (Young 2000).

Pro odpůrce repatriací, kteří toto vidí jako nepřirozený zásah do přirozených společenstev, je vhodné dodat, že společenstva jsou vždy výsledkem kolonizací a vymírání. Současná krajina je natolik ochuzená, že druhy se na nově vznikající biotopy nedokáží samy šířit nebo je osídlit z okolí. Zároveň tyto zásahy nejsou o nic více nepřirozené než lidské aktivity, které ústup druhů způsobily v první řadě. (Beneš et al. 2002b)

Mnohé druhy zároveň mohou být omezeny na tak malé areály, že v nich nemohou dlouhodobě přežít, přitom však pro ně existují vhodné biotopy, které jen nejsou schopny osídlit. (Beneš et al. 2002b)

K rizikům patří možnost ochuzení dárcovské populace, vysazení jedinců do nevhodného prostředí či genetická eroze přežívající populace. Vhodně připravené repatriace jsou ale cenným nástrojem péče o biodiverzitu (Beneš et al. 2002b).

Cílová stanoviště musí splňovat všechny podmínky jeho existence. To zahrnuje typ prostředí, živné rostliny, a mravence na kterých jsou modrásci závislí. Na cílových lokalitách by také měly být dlouhodobě vyřešeny vlastnické vztahy, aby nehrozila změna užívání pozemků a vlastníci neměli námítky. Motýli by také měli pocházet z lokality co možná nejbližší naší cílové lokalitě a s odpovídajícím typem biotopu. Odběr živočichů pro repatriaci nesmí ohrozit stávající přirozené populace. Je vhodné namnožit motýly v polopřirozeném chovu s maximálně dvěma generacemi, aby nedošlo k selekci na nepřirozené prostředí. (Beneš et al. 2002b)

Po reintrodukčním pokusu musí následovat minimálně pětileté sledování. Cílem průzkumu by měla být především dokumentace úspěchu výsadku, odhad velikosti nově založené populace a odhad jejího rozšíření. Celý průběh repatriace musí být řádně dokumentován. Všechny kroky včetně přípravy, vlastní reintrodukce i následného monitorování

archivovány nebo publikovány, neboť nezdokumentované výsadky již způsobily mnoho faunistických a biogeografických zmatků. Všechny profesionálně prováděné reintrodukce denních motýlů v ČR jsou od roku 2016 řádně zaznamenávány do protokolů s předepsanou strukturou. Zahrnují podrobné informace o historickém vývoji lokality a výskytu druhu v minulosti, o managementových opatřeních vedoucích ke zlepšení podmínek odpovídajících ekologii vysazovaného druhu, dále informace o zdrojové populaci, detailech místa výsadku, počtu a stadiu vypuštěných jedinců (vajíčko, housenka, kukla, dospělec) i následném sledování. Samozřejmostí je také obsáhlá fotodokumentace (Sedláček a Kadlec 2019).

Veškeré protokoly jsou archivovány prostřednictvím Nálezové databáze ochrany přírody (NDOP). Ta slouží nejen k dohledání všech podrobností o samotné reintrodukci, ale poskytuje cenná data k vyhodnocení úspěšnosti výsadku a vyvarování se případných chyb v budoucnosti (Sedláček a Kadlec 2019).

Posilování dosud přežívající populace kriticky ohrožených druhů jedinci pocházející z jiných lokalit či regionů. Mohou totiž být adaptovány na specifické místní podmínky a při páření s motýly cizí provenience mohou tyto adaptace ztratit. V takovou chvíli by se jednalo o „erozi genofondu“.

Pro správné provedení slouží Kodex pro reintrodukci denních motýlů v České republice (Sedláček et al. 2013) s následujícími podmínkami:

- i) Druh vyhynul v rámci ČR nebo prodělal silný ústup v posledních desetiletích a hrozí jeho vyhynutí v celostátním nebo regionálním měřítku.
- ii) Přednostně musí být investováno do ochrany stávajících, přirozených populací druhu v rámci ČR nebo v daném regionu.
- iii) Je dostatečně známa biologie druhu a jeho komplexní nároky na prostředí ve všech stádiích vývoje. Jsou známy nebo alespoň tušíme příčiny vyhynutí druhu v regionálním či celostátním měřítku.
- iv) Lze s dostatečnou jistotou potvrdit (několikaletý monitoring), že druh na dané lokalitě skutečně vyhynul.

v) S rozumnou jistotou lze vyloučit spontánní návrat druhu na lokalitu přirozenou formou, tj. další populace neexistují v dosahu předpokládaných disperzních schopností druhu.

vi) Druh by měl být reintrodukován pouze uvnitř přirozeného areálu výskytu. Pro introdukci na zcela nové lokality by měl být rozumný důvod, např. vznik nových antropogenních typů biotopů (výsypky, lomy, odkaliště, haldy hlušiny apod.) mimo disperzní dosah stávajících populací.

vii) Cílová lokalita je vhodná z hlediska nabídky zdrojů, vegetační struktury a managementu, a to i v dlouhodobějším výhledu. Byly odstraněny hlavní příčiny vymizení druhu na lokalitě nebo v daném regionu.

viii) Lokalita je dostatečně velká na to, aby mohla hostit dlouhodobě stabilní populaci. Je třeba důkladně zvážit prostorové nároky druhu, fungování metapopulační dynamiky, uzavřenost/otevřenost populací. Odstranění příčin vyhynutí v lokálním měřítku (např. na jedné louce) ještě nemusí zajistit přežití reintrodukované populace.

ix) Nutný je souhlas vlastníků dotčených pozemků a odborné veřejnosti. Důrazně lze doporučit konzultaci záměru s autoritami v oboru.

x) U zájmových druhů a i dotčených lokalit podléhajících zákonné ochraně je nutný písemný souhlas příslušného orgánu ochrany přírody.

xi) Zdrojové jedince pro reintrodukci je třeba vybrat co nejpečlivěji. Nejdůležitějšími hledisky jsou maximální genetická, fylogeografická (= shodné či sousední povodí, pohoří, bioregion) a současně ekologická (např. nadmořská výška) blízkost zdrojové populace. Mělo by být minimalizováno riziko vnesení cizorodého genetického materiálu.

xii) Odběr jedinců nesmí ohrozit zdrojovou populaci. U druhů s uzavřenými populacemi je před zásahem i po něm vhodné objektivními metodami odhadnout velikost zdrojové populace. Reintrodukce nesmí ohrozit jiné klíčové druhy (včetně taxonomicky vzdálených) na lokalitě.

xiii) K založení nové populace s dostatečnou genetickou rozmanitostí je nutné použít dostatečný počet jedinců (potomstvo minimálně 30, ideálně 50 samic). V případě nutnosti (zdrojová populace je relativně malá) lze přenos jedinců provádět v několika letech po sobě.

xiv) Po reintrodukčním pokusu musí následovat minimálně pětiletý monitoring vzniklé populace (především odhad velikosti populace a monitoring oblasti výskytu).

xv) Celý průběh reintrodukce musí být řádně dokumentován, všechny kroky (příprava, vlastní reintrodukce, následný monitoring) archivovány nebo publikovány. Nezdokumentované reintrodukce již způsobily mnoho faunistických a biogeografických zmatků.

Je důležité provádět reintrodukci pečlivě, protože nepromyšlená a špatně provedená reintrodukce je nejen zbytečná, ale může přinést i mnoho negativních důsledků.

3.6 GIS V REINTRODUKCI DRUHŮ

Pojem GIS je běžně používán pro označení počítačových systémů orientovaných na zpracování geografických dat, prezentovaných především v podobě různých map. Využívá pro to mapové vrstvy, které můžeme vhodně kombinovat právě za účelem nalezení vhodných lokalit pro modráška hořcového pravého.

Existují dva přístupy použití GISu v reintrodukci. První má základ v překryvu vektorů, druhý ve statistickém modelování. Tento přístup je novější, ale vyžaduje kvalitní plošná data s dobrým rozlišením. Tyto statistické modely se nazývají species distribution models a fungují tak, že na absenčních a presenčních datech současného výskytu hledají vztah s environmentálními faktory. Takto lze zjistit význam jednotlivých faktorů. Jelikož se jedná o rastrová data, lze je využít i pro modelování. Tato metoda je čím dál využívanější v ochraně přírody (Hodgson et al. 2009; Guisan et al. 2013; Wood et al. 2018), jelikož je stále více dostupných environmentálních dat s vhodným prostorovým rozlišením, a to například díky satelitním snímkům.

Jedním z nejčastějších využití takových modelů je vyhodnocení vhodných lokalit pro reintrodukci (Martinez-Meer et al. 2006; Anderson et al. 2009; Kalle et al. 2017; Brooker et al. 2018)

Nevýhodou tohoto modelu je, že některé důležité proměnné faktory (jako jsou mikroklima, množství výskytu hostitelské rostliny, výška

podzemní vody atd.) většinou nejsou dostupné na větších plochách (např. kontinenty), a proto nemohou být zahrnuty do těchto modelů. Z tohoto důvodu jsou důležité lokální odborné znalosti o těchto druzích a jejich habitatech, aby bylo jasné, odkud sesbírat jedince pro reintrodukci a jaké místo vybrat pro její uskutečnění (White et al. 2015). Absence druhů na některých lokalitách nemusí znamenat, že se jedná o nevhodné prostředí.

Reintrodukce obecně zahrnuje analýzu, plánování a výběr optimálních oblastí.

Mnoho studií přineslo testovatelné hypotézy týkající se suchozemských druhů, které byly hodnoceny na základě měření fyzikálních faktorů prostředí (Simpson 1964, Terborgh 1970). V posledních desetiletích se začaly k porozumění živočichů v krajině stále častěji používat satelitní snímky (Saxon 1983, Scott et al. 1993).

Při analýze a kategorizaci zkoumaných stanovišť za použití dálkově snímaných údajů a GIS lze poté předpovídat očekávané shromáždění druhů na takových stanovištích (Debinski et al. 1999).

Každá databáze, která se zabývá informacemi o biologické rozmanitosti, by měla být geograficky založena a schopna předvídat potencionální místa výskytu druhů. GIS je proto důležitý při sledování biologické rozmanitosti v cílených průzkumech s monitorovacími schémata (Salem 2003, Aspinall 1995). Záznamy o druzích a stanovištích lze uložit do databáze a pracovat s nimi tak, aby se nám ukázal jejich výskyt (Marqules a Austin 1991).

Jsou druhy, které mohou být na některých místech kriticky ohroženy, ale v širším měřítku tomu tak být nemusí. GIS umožňuje vytvořit hierarchickou strukturu a stanovit jasné priority ochrany založené na vědeckých informacích (Stein 1997). Díky tomu, že může obsahovat různé typy dat, je možné je kombinovat, porovnávat a analyzovat v jedné databázi. Tak lze vytvářet např. vztahy mezi environmentálními vlastnostmi a asociacemi mezi různými biotopy (Davis et al. 1990). Takovou interpretaci a sledování biologické rozmanitosti je možné využít také v územním plánování a správě (Salem 2003).

Technologie GIS poskytuje schopnost konstruovat modely stanovišť, které spoléhají na existující nebo snadno získatelné informace (např. vzdáleně snímané obrazy, průzkumy půdy, digitální výškové modely,

geologické průzkumy, topografické mapy atd.). Tyto modely nabízejí možnost minimalizovat práci v terénu a zaměřit aktivity v terénu do mnohem menších oblastí a modely založené na GIS se snadno aktualizují, jakmile jsou k dispozici nové informace (Storms et al. 1992).

Storms et al. 1992 použili kombinaci induktivních a deduktivních přístupů GIS pro modelování k predikci potenciálního stanoviště pro dva druhy ptáků (*Ammodramus henslowii* a *Dendroica cerulea*) žijících ve vápencových cedrových pustých společenstvích ve Fort Knox (Kentucky). V tomto přístupu využili k vytvoření modelů řadu vrstev prostorových dat, včetně typu půdy a geologie stanoviště. Tyto modely tolik nespolehaly na přesnost dané vrstvy.

V jedné z mála studií modelování biotopů, které mají integrovat deduktivní i induktivní přístupy, použil Sperduto a Congalton (1996) GIS k predikci potenciálního stanoviště pro malé *Isotria medeoloides*, nejvzácnější orchidej v Severní Americe. Použitím habitatového modelu, který zahrnoval například charakteristiky svahu a půdy ze známých míst orchidejí, správně předpovídali 78 % známých míst výskytu této orchideje v New Hampshire a Maine.

V rámci projektu „Vyhodnocení migrační propustnosti krajiny pro velké savce a návrh ochranných a optimalizačních opatření“ byla navržena síť potencionálních migračních koridorů pro velké savce na území České republiky. Základem pro takové vymezení spojitě sítě migračních koridorů byla nálezová data o cílových druzích a podrobná analýza krajinných struktur, jako je rozložení lesů a lokalizace všech typů migračních bariér. Na to byly použity metody matematického modelování, konkrétně statistický model vhodnosti stanovišť v prostředí GIS (tzv. habitat suitability model) a model založený na expertním hodnocení podmínek prostředí a nároků na prostředí pomocí multikriteriální analýzy (model krajinného potenciálu). Matematický model byl založen na statistickém zhodnocení vhodnosti podmínek prostředí v místech výskytu zájmových druhů. Na výsledky modelů navazovaly prostorové analýzy za účelem určení jádrových území, která byla dále propojována systémem koridorů, navržených v prostředí GIS (Strnad et al. 2010).

Na téma výskytu migrace velkých savců vzniká mnoho geografických analýz dokazujících uplatnění nástrojů GIS v ochraně živočichů. V České republice se jimi zabývá především RNDr. Dušan Romportl, Ph.D. dále . Nakládalová 2013; Šťovíčková 2011.

Existují velmi sofistikované metody a přístupy k reintrodukcii a ochraně druhů, používané zejména v zahraničí. Například Wilson et al. 2010 použili kombinaci maximálního entropického modelování a generalizovaných lineárních modelů k identifikaci ekologických parametrů nezbytných pro podporu volně žijících populací, které poté použili v GIS analýzách. Výsledek jejich práce byl, že kombinování analytického přístupu zahrnující GIS analýzy a statistické modely poskytuje výbornou metodu, pomocí které lze identifikovat vhodná místa pro doplnění populace a restaurování ohroženého druhu.

Jiménez-Valverde et al. 2008 využili ve své studii o modrásku bahenním (*Maculinea nausithous*) generalizované aditivní modely.

Gutiérrez et al. 2012 také využili pro zkoumání rozšíření a hojnosti jasoně červenookého (*Parnassius apollo*) zobecněné lineární modely GLM.

4 METODIKA

4.1 ZVOLENÉ FAKTORY

Z rešerše literatury v první části práce vzešlo několik faktorů, zásadních pro výskyt modrásky hořcového pravého. Ty byly následně využity jako kritéria pro mapování potenciálně vhodných míst nového výskytu. Stanovená kritéria byla následující:

1. Výskyt živné rostliny – hořce hořepníku (*Gentiana pneumonanthe*)
2. Výskyt mravenců rodu *Myrmica* (*Myrmica ruginodis*, *Myrmica rubra* a *Myrmica scabrinodis*)

Pro vytvoření vzájemně propojené sítě lokalit (kapitola 3.5 Pokusy o repatriaci) byly dále zohledněny:

3. Současný výskyt modráška hořcového pravého
4. Doleťová vzdálenost 3 km (Beneš et al. 2002, Caughley 1994; Hanski a Gaggiotti 2004)

Pro dlouhodobou udržitelnost lokalit bylo na vyhledaných místech dále posuzováno, zda se lokality nachází v rámci území s určitým statusem již stávající ochrany přírody dle zákona č. 114/1992 Sb., či se lokality nenachází v rámci jinak regulovaných území (vojenský prostor, ochranné pásmo vodního zdroje atd.), které by mohly limitovat nutná managementová opatření (např. extenzivní pastva) nutná pro dlouhodobou existenci hostitelské rostliny (viz. kapitola 3.3). Na základě těchto kritérií pak byl stanoven seznam vhodných lokalit.

Pro každý zvolený faktor byla následně dohledána data. Mapová vrstva pro současný výskyt modráška hořcového pravého byla převzata z diplomové práce Kupkové (2016), její revidovaná nálezová data se dají považovat za momentálně nejlepší zdroj rozšíření modráška v Česku.

Zdrojem pro datovou vrstvu výskytu hořce hořepníku byla databáze Pladias (Plant Diversity Analysis and Synthesis Centre). Byla použita jak verifikovaná, tak neověřená data. V případě takovýchto databázových dat jsou zeměpisné souřadnice místa nálezu získány často s použitím elementárních GPS lokátorů s horizontální chybou měření až několik desítek metrů, případně vyčtením souřadnic z mapy, jako doplňující vrstvu byla použita mapa biotopů z mapování Natura 2000 (NDOP 2016). Byly vybrány pouze vhodné biotopy možného výskytu hořce (Chytrý et al. 2010), tedy Střídavě vlhké bezkolencové louky a Vegetace vlhkých narušovaných půd. Pokud se bodová informace s výskytem hořce neshodovala s polohou daného biotopu, byla taková lokalizace považována za mylnou. V takovém případě byl výskyt hořce přiřazen nejbližšímu biotopu (polygonu), a to v maximální vzdálenosti 1 km.

Nálezová data výskytu mravenců rodu *Myrmica* se nepodařilo dohledat. Jelikož jsou tyto druhy považovány za nejběžnější evropské mravence, s výskytem na několika mnoho možných ekotypů (Elmes et al., 1994, 1998; Radchenko & Elmes, 2010), tento faktor musel být vědomě opomenut.

4.2 IDENTIFIKACE VHODNÝCH LOKALIT

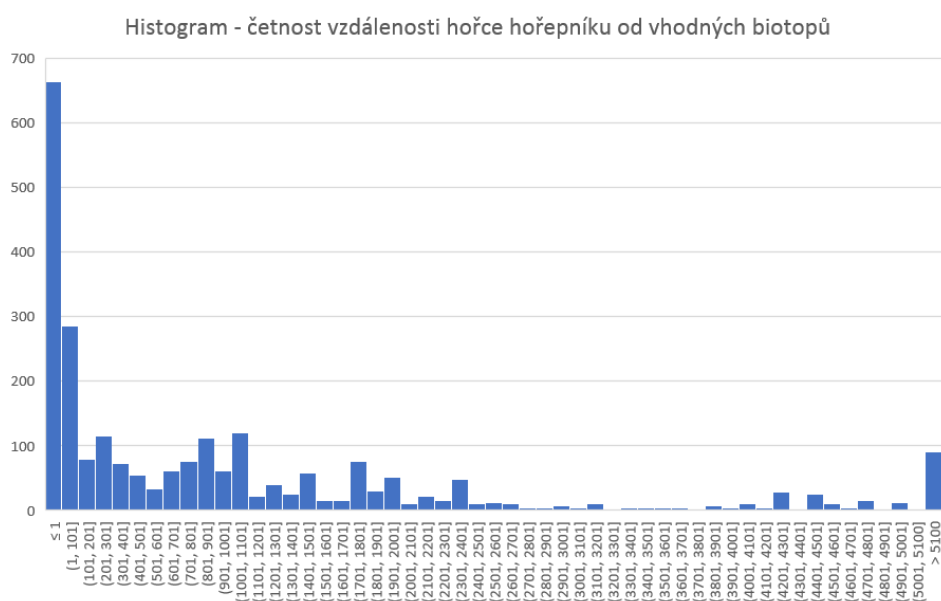
Prostorové analýzy nad zvolenými prostorovými faktory probíhaly v programu Arc Map 10.5.1 za použití z extenze Spatial Analyst.

Nejprve bylo nutné některá neprostorová tabulární data převést do vektorové podoby ve formátu shp.

Dále byly všechny vrstvy převedeny do souřadnicového systému JTSK/Krovak East North. Na základě práce Kupková (2017) byly všechny revidované nálezové lokality modráska hořcového zvektorizovala při použití měřítka 1 : 5 000. Jako podkladovou vrstvu byl použit letecký snímek z WMS služby Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního.

Dále byla použita funkce *Buffer*, ohraničující místa výskytu modráska do vzdálenosti, kterou je schopný modrásek uletět. Na základě literatury byl zvolen okruh 3 km u vrstvy s lokalitami, kde se modrásek vyskytuje.

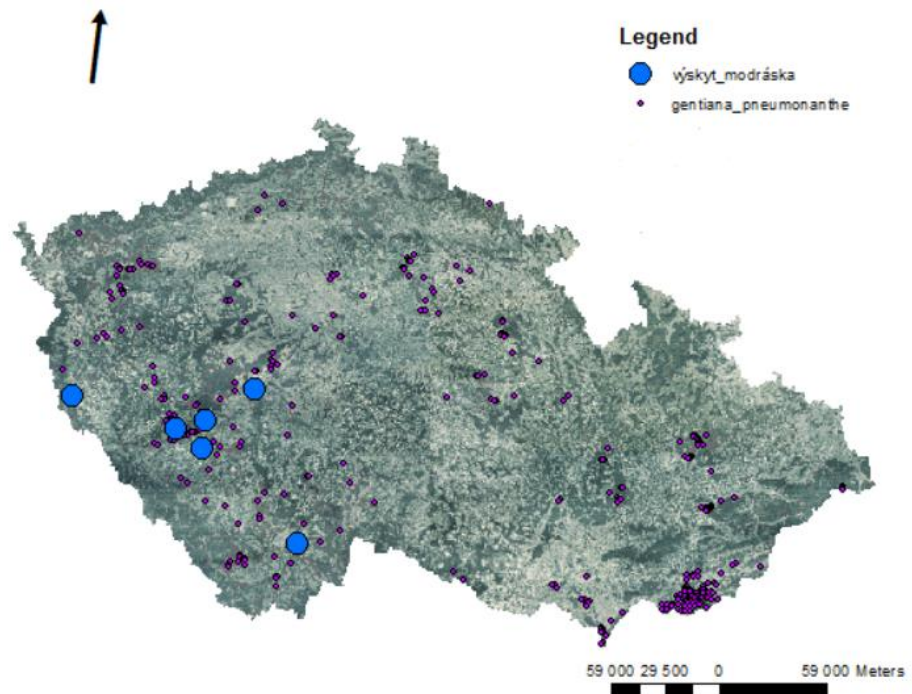
Jelikož při zadávání polohové informace místa výskytu hořce hořepníku mohlo při mapování dojít k potencionální chybě měření (danou nedostatečnou přesností GPS lokátoru), byla použita funkce *Near*, aby bylo možno zjistit v jaké blízkosti do vhodných biotopů hořec hořepník nachází. Na základě dat z atributové tabulky byl vytvořen histogram (Obr. 7).



Obrázek 7: Histogram četností vzdáleností hořce hořepníku od vhodných biotopů. Osa X jsou vzdálenosti v metrech.

Z histogramu lze vidět, že největší četnost výskytu hořců je přímo ve vhodném biotopu. Dále se však podstatná část hořců nachází do 100 m, které odpovídají nálezům, kdy byly při zápisu nálezu pravděpodobně zeměpisné souřadnice vyčteny pouze z topografické mapy. Všechny tyto biotopy do této vzdálenosti včetně byly považovány za místa výskytu hořce. Jejich spojení proběhlo pomocí funkce *Union*.

Nakonec bylo užito funkce *Intersect*, kdy byl zmapován průnik všech těchto vrstev, výhodný biotop, s výskytem hořce a doletová vzdálenost motýla. Výsledkem tak byly vymezeny místa vhodná k repatriaci, která jsou zároveň v dostatečné doletové vzdálenosti od již existujících lokalit.



Obrázek 8: Mapa s výskytem modráška hořcového pravého a hořce hořepníku v ČR

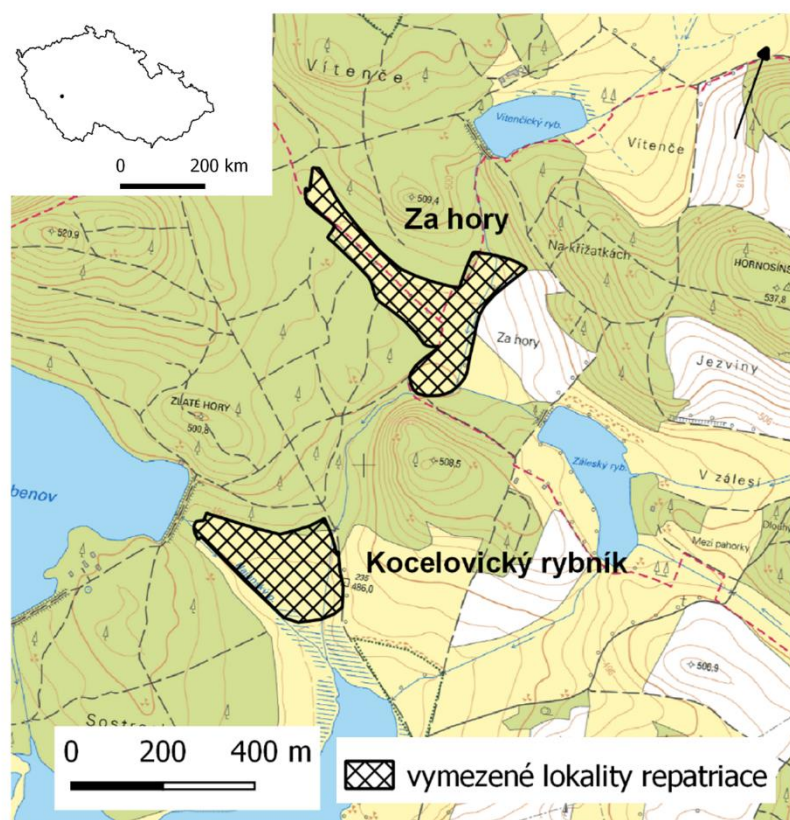
5 VÝSLEDKY

Po použití funkce *Intersect* vznikly dvě potencionální lokality pro repatriaci modráška hořcového pravého, a to Kocelovický rybník o ploše 312,7 m² a Za hory o ploše 70,7 m².

Jedná se o lokality na INSPIRE chráněném území Kocelovické pastviny o rozloze 12847 m². Nachází se v územním obvodu, kde státní správu katastru nemovitostí ČR vykonává Katastrální úřad pro Jihočeský kraj,

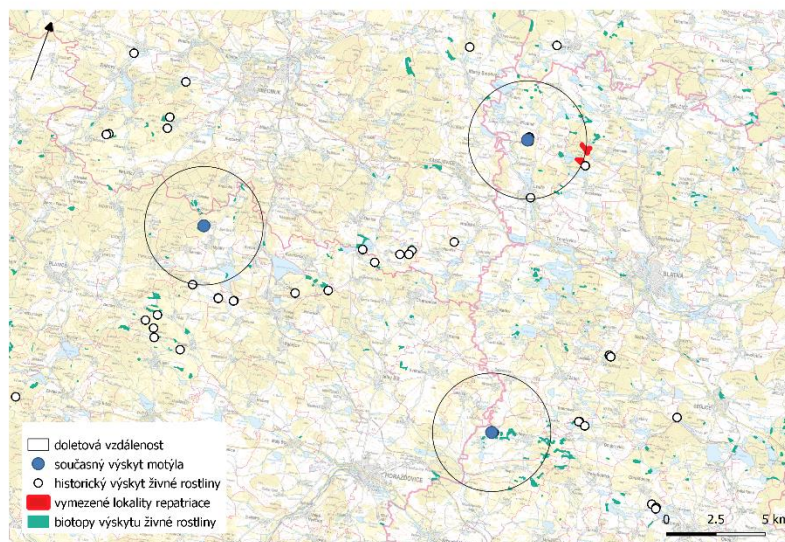
Katastrální pracoviště Strakonice. Vlastnické právo náleží Obci Kocelovice.

Jde o přírodní lesní oblast Středočeská pahorkatina. Klimatická oblast je mírně teplá. Z hlediska geomorfologické jednotky se nachází v Blatenské pahorkatině. Kocelovické patviny, kde se tyto dvě lokality nachází jsou přírodním útvarem s výskytem travinných ekosystémů luk a pastvin a smilkových trávníků. Obě lokality se dají popsat jako vlhké louky, sloužící jako pastvina. Obsahují také cenná rostlinná společenstva přechodu mezi svazy *Molinion coerulea* a *Violion caninane*. Kromě hořce hořepníku zde roste také hořeček drsný. Celé území se nachází v nadmořské výšce mezi 482 a 458 m nad mořem. (CENIA, © 2005).



Obrázek 9: Vymezené lokality repatriace – Kocelovický rybník a Za hory

Tyto lokality jsou označeny jako chráněné území. Je dokumentováno, že na nich roste hořec hořepník. Jediné, co lokality ohrožuje je intenzivně hospodářsky využívaná půda kolem jejich území. Pokud bude udržen správný management krajiny, může to být ideální místo pro repatriaci modráška hořcového pravého. Na lokalitě dochází k pravidelnému kosení.



Obrázek 10: Mapa celého územi s lokalitami

6 DISKUZE

Smysl vložení úsilí a času do navrácení modráška hořcového tkví v tom, že využijeme denních motýlů jako nástrojů pro ochranu jiných druhů i celých biotopů. Jsou skvělým prostředkem pro objasnění problémů s obecným úbytkem biodiverzity veřejnosti. Management ve prospěch modráška hořcového zahrnuje péči o střídavě vlhké louky se zachovalým vodním režimem, absenci hnojení, dobře nastavenou mozaikovitou seč, a drobné disturbance. Tento typ péče vede k podpoře bohatých populací hořce hořepníku i vysoké početnosti hostitelských mravenců (Sedláček a Kadlec 2019).

Při volbě potencinálních míst k reintrodukcii druhů přístupy nejsou náhodné. Většinou jsou podloženy prostorovými nebo statistickými analýzami.

Oproti studiím (Gutiérrez et al. 2012, Jiménez-Valverde et al. 2008, Wilson et al. 2010), které využily sofistikované geostatické metody, je moje práce založena pouze na jednoduchých vektorových analýzách. Přesto je takový přístup v České republice celkem ojedinělý, a v kontextu repatriací modráška dokonce jediný.

Zároveň nebylo třeba využít složitějších statistických modelů, neboť modrášek je druh s úzkou specializací (Beneš et al. 2002).

Vrstvu pro hostitelské mravence jsem nakonec přes konzultace s Entomologickým ústavem Akademie věd České republiky nedokázala dohledat. Tato skutečnost poukazuje na to, že nálezová data v Česku u bezobratlých nejsou zpracovaná natolik, jako například botanická nálezová data zpracovaná v databázi Pladias. Z toho vyplývá, že data pro méně atraktivní bezobratlé živočichy jsou nedohledatelná.

Na druhou stranu existují důkazy, které naznačují, že samice modráška vybírají lokality pro kladení vajíček na základě vegetačních charakteristik, bez ohledu na přítomnost hostitelských druhů mravenců (Thomas a Elmes 2001; Musche a kol. 2006, Fuřst a Nash 2010). Proto bylo usouzeno, že vrstva s daty pro hostitelské mravence není v metodické části práce nezbytná.

Je nutné podotknout, že housenka motýla má šanci na přežití, pokud má v okruhu k dispozici mraveniště hostitelského druhu ve vzdálenosti 2 m (Elmes a Thomas 1992). Vzhledem k tomu, že data mravenců nebyla k dispozici, jsou vybrané plochy pouze hrubým návrhem. Proto je před výběrem konkrétní lokality pro repatriaci nutné provést terénní průzkum, který by potvrdil nebo vyvrátil přítomnost hostitelských mravenců. Je to důležitý ale v GIS analýze nezohledněný parametr.

Ačkoliv byla nalezena pouze jedna potencionální lokalita pro výskyt modráška, dá se výsledek považovat za úspěch, neboť jeho doletová vzdálenost není příliš velká a jeho nároky na životní podmínky jsou velmi specifické.

Takovýto výzkum by se dal vylepšit. Jedna z možností je ta, kdyby se podařilo vytvořit analýzu výskytu hostitelských mravenců, která by se dala využít jako další faktor pro přesnější určení výskytu modráška.

7 ZÁVĚR

V první části práce byla popsána ekologie a výskyt modráška hořcového pravého (*Phengaris alcon alcon*), stejně jako jeho hostitelské rostliny hořce hořepníku (*Gentiana pneumonanthe*) a hostitelských mravenců. Dále na základě dostupných databází a revize podle diplomové práce Kupkové (2017) byl popsán výskyt modráška. Tyto informace byly poté

využity ke stanovení faktorů ovlivňujících jeho výskyt. Faktory byly použity v GIS analýze k vyhodnocení existujících lokalit, na které by se mohl modrásek samovolně navrátit a vytvořit nové populace. Neboť je jeho doletová vzdálenost poněkud malá, lokality byly nalezeny pouze dvě, a to Kocelovický rybník a Za hory. Zároveň je nutné podotknout, že data s výskytem hostitelských mravenců v České republice nebylo možné dohledat, je vybraná plocha pouhým hrubým návrhem. Přesto v práci nešlo tolik o nalezení mnoha lokalit, jako demonstrovat, že aplikace GIS analýz je vhodným doplněním pro ochranu ohrožených druhů v ČR. Tato práce by mohla sloužit jako inspirace pro podobné projekty a výzkumy v Čechách a popularizaci práce s GIS analýzami.

8 CITOVANÁ LITERATURA

Als, T. D., Nash, D. R., & Boomsma, J. J. (2002). Geographical variation in host-ant specificity of the parasitic butterfly *Maculinea alcon* in Denmark. *Ecological Entomology*, 27(4), 403–414. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2002.00427.x>

Anděl P., Mináriková T. a Andreas M. (eds.) 2010: Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce. Evernia, Liberec, 137 s.

AOPK ČR (2012): Nálezová databáze ochrany přírody. [On-line databáze, URL: portal.nature.cz]

Arnaldo, P. S., Gonzalez, D., Oliveira, I., van Langevelde, F., & Wynhoff, I. (2014). Influence of host plant phenology and oviposition date on the oviposition pattern and offspring performance of the butterfly *Phengaris alcon*. *Journal of Insect Conservation*, 18(6), 1115–1122. <https://doi.org/10.1007/s10841-014-9721-x>

Árnyas, E., Bereczki, J., Tóth, A., Pecsénye, K., & Varga, Z. (2006). Egg-laying preferences of the xerophilous ecotype of *Maculinea alcon* (Lepidoptera: Lycaenidae) in the Aggtelek National Park. *European Journal of Entomology*, 103(3), 587–595. <https://doi.org/10.14411/eje.2006.079>

Aspinall, R.J. (1995). Geographic information systems: their use for environmental management and nature conservation. *Parks*, 5: 20–31.

Barbero, F., Bonelli, S., Thomas, J. A., Balletto, E., & Schönrogge, K. (2009). Acoustical mimicry in a predatory social parasite of ants. *Journal of Experimental Biology*, 212(24), 4084–4090. <https://doi.org/10.1242/jeb.032912>

Barbero, F., Thomas, J. A., Bonelli, S., Balletto, E., Balletto, E., & Schonrogge, K. (2016). *Linked references are available on JSTOR for this article : Queen Ants Make Distinctive Sounds That Are Mimicked by a Butterfly Social Parasite*. 323(5915), 782–785.

Beneš J, Konvička M, Dvořák J, Fric Z, Havelda Z, Pavlíčko A, Vrabec V, Weidenhoffer Z (eds) (2002) Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana I,II/ Butterflies of the Czech Republic: Distribution and conservation I, II. SOM, Praha 857 pp.

Bereczki, J., Pecsénye, K., Peregovits, L., & Varga, Z. (2005). Pattern of genetic differentiation in the *Maculinea alcon* species group (Lepidoptera, Lycaenidae) in Central Europe. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 43(2), 157–165. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.2005.00305.x>

Beuret, H., 1949: Contribution à l'étude du groupe *Maculinea alcon* Schiff.-rebeli Hirschke. Bull. Soc. ent. Mulhouse H 1, 7/8.

Bonelli, S., Crocetta, A., Barbero, F. & Balletto, E. (2005) Oviposition behaviour in the myrmecophilous butterfly *Maculinea alcon* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Studies in the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Species Ecology along a European Gradient: Maculinea Butterflies as a Model* (ed. by J. Settele, E. Kuhn and J. A. Thomas), pp. 65–68. Pensoft, Sofia, Bulgaria.

Botta-Dukat Z., Chytrý M., Hajkova P. & Havlova M.(2005): Vegetation of lowland wet meadows along a climatic continentality gradient in Central Europe. *Preslia* 77: 89–111.

Casacci, L. Pietro, Schönrogge, K., Thomas, J. A., Balletto, E., Bonelli, S., & Barbero, F. (2019). Host specificity pattern and chemical deception in a social parasite of ants. *Scientific Reports*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38172-4>

Clark, J. D., J. E. Dunn, and K. G. Smith. 1993. A multivariate model of female black bear habitat use for a geographic information system. *J. Wildl. Manage.* 57(3):519-526.

Coulson, R. N. (1992). Intelligent geographic information systems and integrated pest management. *Crop Protection*, 11(6), 507–516. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(92\)90167-4](https://doi.org/10.1016/0261-2194(92)90167-4)

Davis, F.W., Stoms, D.M., Estes, J.E., Scepan, J. & Scott, J.M. (1990). An information systems approach to the preservation of biological diversity. *International Journal of Geographic Information Systems*, 4: 55–78

Debinski, D. M., Kindscher, K., & Jakubauskas, M. E. (1999). A remote sensing and GIS-based model of habitats and biodiversity in the greater yellowstone ecosystem. *International Journal of Remote Sensing*, 20(17), 3281–3291. <https://doi.org/10.1080/014311699211336>

Di Salvo, M., Calcagnile, M., Talà, A., Tredici, S. M., Maffei, M. E., Schönrogge, K., ... Alifano, P. (2019). The Microbiome of the Maculinea-Myrmica Host-Parasite Interaction. *Scientific Reports*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44514-7>

Elmes G.W. and Petal J. 1990. Queen number as an adaptable trait:evidence from wild populations of two red ant species (genus Myrmica). *J. Anim. Ecol.* 59: 675–690

Elmes, G. W., Thomas, J. A., Wardlaw, J. C., Hochberg, M. E., Clarke, R. T., & Simcox, D. J. (1998). The ecology of Myrmica ants in relation to the conservation of Maculinea butterflies. *Journal of Insect Conservation*, 2(1), 67–78. <https://doi.org/10.1023/A:1009696823965>

Elmes, G.W., Thomas, J.A., Hammarstedt, O., Munguira, M.L., Martin, J. & van der Made, J.G. (1994) Differences in host-ant specificity between Spanish, Dutch and Swedish populations of the endangered butterfly, *Maculinea alcon* (DENIS et SCHIFF.) (Lepidoptera). *Memorabilia Zoologica*, 48, 55– 68.

Elmes, G.W., Thomas, J.A., Munguira, M.L. & Fiedler, K. 2001) Larvae of lycaenid butterflies that parasitize ant colonies provide exceptions to normal insect growth rules. *Biological Journal of the Linnean Society*, 73, 259–278.

Fahrig L, Merriam G (1994) Conservation of fragmented populations. *Conserv Biol* 8:50–59. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1994.08010050.x>

Fuřst MA, Nash DR (2010) Host ant independent oviposition in the parasitic butterfly *Maculinea alcon*. *Biol Lett* 6:174–176

Grulich, V. (2012). Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition. *Preslia*, 84(3), 631–645.

Gutiérrez, D., Harcourt, J., Díez, S. B., Gutiérrez Illán, J., & Wilson, R. J. (2013). Models of presence-absence estimate abundance as well as (or even better than) models of abundance: The case of the butterfly *Parnassius apollo*. *Landscape Ecology*, 28(3), 401–413. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9847-3>

Hajkova P., Hajek M., Blažkova D., Kučera T., Chytrý M., Řezníčková M., Šumberova K., Černý T., Novak J. & Simonova D. (2007): Louky a mezofilní pastviny. In: Chytrý M. (ed.), *Vegetace České republiky 1. Travnina a keříčková vegetace*, Academia, Praha, pp.165–280.

Hanski I (1999) Habitat connectivity, habitat continuity, and metapopulations in dynamic landscapes. *Oikos* 87:209–219. <https://doi.org/10.2307/3546736>

HETTENBERGEROVÁ, Eva a Karel FAJMON. Hořec hořepník (*Gentiana pneumonanthe*): rozšíření a management v Bílých Karpatech. 2014. Praha.

Chauvenet ALM, Ewen JG, Armstrong DP, Blackburn TM, Pettorelli N (2013) Maximizing the success of assisted colonizations. *Anim Conserv* 16:161–169. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2012.00589.x>

J Insect Behav 19:631–643

Jiménez-Valverde, A., Gómez, J. F., Lobo, J. M., Baselga, A., & Hortal, J. (2008). Challenging Species Distribution Models: The Case of *Maculinea nausithous* in the Iberian Peninsula. *Annales Zoologici Fennici*, 45(3), 200–210. <https://doi.org/10.5735/086.045.0305>

KAPLAN, Zdeněk, Jiří DANIHELKA, Jindřich CHRTEK, Jan KIRSCHNER, Karel KUBÁT, Milan ŠTĚCH a Jan ŠTĚPÁNEK, ed. *Klíč ke květeně České republiky*. II. Praha: ACADEMIA, 2019. ISBN 978-80-200-2660-6.

KŘENOVÁ, Zdenka a Jiří BRABEC. Hořce, hořce, hořečky VII. Hořcově modrá. *Živa*. Praha: Academia, **2014**(4), 159-162.

Kubiček F & Opravilová V. (2005): Tricladida (trojvětvení), pp. 45-48. – In: Farkač J., Král D. & Škorpík M. (eds), Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. List of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. – Agentura ochrany ochrany přírody a krajina ČR, Praha, 760 pp.

KUPKOVÁ, Barbora. *Rozšíření, ekologie a ochrana kriticky ohroženého modráška hořcového (Phengaris alcon f. alcon) v ČR*. Praha, 2017. Diplomová práce. Univerzita Karlova Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce RNDr. Ondřej Sedláček, PhD.

Lycaenid, E., & Maculinea, B. (2005). Conserving Community Modules : a Case Study of the. *America*, 86(12), 3160–3173.

Marqules, C.R. & Austin, M.P. (Eds) (1991). Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis. Australia: CSIRO.

Marqules, C.R. & Austin, M.P. (Eds) (1991). Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis. Australia: CSIRO.

McLachlan JS, Hellmann JJ, Schwartz MW (2007) A framework for debate of assisted migration in an era of climate change. *Conserv Biol* 21:297–302. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00676.x>

Meyer-Hozak, C. (2000) Population biology of *Maculinea rebeli* (Lepidoptera: Lycaenidae) on the chalk grasslands of Eastern Westphalia (Germany) and implications for conservation. *Journal of Insect Conservation*, 4, 63–72.

Musche M, Anton C, Worgan AW, Settele J (2006) No experimental evidence for host ant related oviposition in a parasitic butterfly.

Nowicki, P., Deoniziak, K., Dziekańska, I., Kostro-Ambroziak, A., Plazio, E., Rutkowski, R., & Sielezniew, M. (2019). What keeps ‘living dead’ alive: demography of a small and isolated population of *Maculinea* (= *Phengaris*) *alcon*. *Journal of Insect Conservation*, 23(2), 201–210. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-0078-4>

Pech Pavel a Horák Jakub. Fascinující těžkosti soužití našich specializovaných modrásků s mravenci. *Živa*. Praha: Academia, **2017**(6), 309-313.

Prendergast, J. R., Quinn, K. R., Lawton, J. H., Eversham, B. C., and Gibbons, D. W., 1993, Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature*, **365**, 335± 336

Radchenko A.G. and Elmes G.W. 2010. Myrmica ants (Hymenoptera, Formicidae) of the Old World. Natura Optima Dux Foundation, Warszawa, pp 789

Radchenko, A.G. & Elmes, G.W. (2010) Myrmica Ants (Hymenoptera: Formicidae) of the Old World . Pensoft, Sofia, Bulgaria.

Rose, R. J., Clarke, R. T., & Chapman, S. B. (1998). Individual variation and the effects of weather, age and flowering history on survival and flowering of the long-lived perennial *Gentiana pneumonanthe*. *Ecography*, *21*(3), 317–326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1998.tb00569.x>

Sala, M., Casacci, L. Pietro, Balletto, E., Bonelli, S., & Barbero, F. (2014). Variation in butterfly larval acoustics as a strategy to infiltrate and exploit host ant colony resources. *PLoS ONE*, *9*(4), 20–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094341>

Salem, B. B. (2003). Application of GIS to biodiversity monitoring. *Journal of Arid Environments*, *54*(1), 91–114. <https://doi.org/10.1006/jare.2001.0887>

Saxon, E. C., 1983, Mapping the habitats of rare animals in the Tanami Wildlife Sanctuary of central Australia: An application of satellite imagery. *Biological Conservation*, **27**, 243± 258.

Scott, J. M., Davis, F. W., Csuti, B., Noss, R., Butterfield, B., Groves, C., Anderson, H., Caicco, S., D’Erchia, F., Edwards, T. C. Jr., Ulliman, J., and Wright, R. G., 1993, Gap Analysis: A geographic approach to the protection of biological diversity. *Wildlife Monographs*, **123**, 1± 41.

Seddon PJ, Armstrong DP, Maloney RF (2007) Developing the science of reintroduction biology. *Conserv Biol* *21*:303–312. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00627.x>

Sielezniew, M., Rutkowski, R., Ponikwicka-Tyszko, D., Ratkiewicz, M., Dziekańska, I., & Švitra, G. (2012). Differences in genetic variability between two ecotypes of the endangered myrmecophilous butterfly *Phengaris* (=Maculinea) alcon- the setting of conservation priorities. *Insect Conservation and Diversity*, 5(3), 223–236. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2011.00163.x>

Simpson, G. G., 1964, Species diversity of North American recent mammals. *Systematic Zoology*, **13**, 57± 73.

SKALOŠ, J. – MOLNÁROVÁ, K. – KOTTOVÁ, P. Land reforms reflected in the farming landscape in East Bohemia and in Southern Sweden - Two faces of modernisation. *Applied Geography*, 2012, roč. 35, č. 1-2, s. 114-123. ISSN: 0143-6228.

Sperduto, M. B., and R. G. Congalton. 1996. Predicting rare orchid (small whorled pogonia) habitat using GIS. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 62(11):1269-1279.

Stein, B.A. (1997). Designing information systems to support biodiversity conservation. In: Hawksworth, D.L., Kirk, P.M. & Clarke, S.D. (Eds), *Biodiversity Information Needs and Options*, pp. 5–20. Proceedings of the 1996 International Workshop on Biodiversity Information. CAB International.

Stoms, D. M., F. W. Davis, and C. B. Cogan. 1992. Sensitivity of wildlife habitat models to uncertainties in GIS data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 58:843- 850.

STRNAD, Martin, Dušan ROMPORTL a Tereza MINÁRIKOVÁ. Migrační koridory velkých savců ČR. *Ochrana přírody*. Praha, 2013, **2010**(zvláštní číslo), 50-53.

ŠŤOVÍČKOVÁ, Kateřina. *Geografická analýza výskytu velkých šelem v moravských Karpatech: aplikace pro environmentální výchovu*. Praha, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Karlova Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce RNDr. Dušan Rompoltr, Ph.D.

Šumberova K. (2010) : Bahnité říční náplavy, In: Chytrý M, Kučera T., Kočí M, Grulich V. & Lustyk P. (eds), *Katalog biotopů České republiky*. Ed 2, agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, pp. 76-91

Terborgh, J., 1970, Distribution on environmental gradients: Theory and a preliminary interpretation of distributional patterns of avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Peru. *Ecology*, **52**, 24–40.

Thomas JA et al (2001) The quality and isolation of habitat patches both determine where butterflies persist in fragmented landscapes. *Proc R Soc Lond B* 268:1791–1796. <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1693>

Thomas JA, Elmes GW (2001) Food-plant niche selection rather than the presence of ant nests explains oviposition patterns in the myrmecophilous butterfly genus *Maculinea*. *Proc R Soc Lond B* 268:471–477

Thomas, A. J. A., Elmes, G. W., Wardlaw, J. C., Woyciechowski, M., Thomas, J. A., Elmes, G. W., ... Woyciechowski, M. (2017). *International Association for Ecology Host Specificity among Maculinea Butterflies in Myrmica Ant Nests Host specificity among Maculinea butterflies in Myrmica ant nests*. 79(4), 452–457.

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

Turner, M. G., 1989, Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **20**, 171–197.

Urban, D. L., O'Neil, R. V., and Shugart, H. H. Jr., 1987, Landscape ecology: A hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns. *BioScience*, **37**, 119–127.

UŘIČÁŘ, RNDr. Jan a Prof. RNDr. Zdeněk LAŠTŮVKA. *Plán managementu druhu: Modrásek hořcový (Phengaris alcon)*. Praha, 2013.

Valdés, A., & Ehrlén, J. (2017). Caterpillar Seed Predators Mediate Shifts in Selection on Flowering Phenology in Their Host Plant. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, 98(2), 153–156. <https://doi.org/10.1002/bes2.1303>

Van Dyck H, Regniers S (2010) Egg spreading in the ant-parasitic butterfly, *Maculinea alcon*: from individual behaviour to egg distribution pattern. *Anim Behaviour* 80:621–627

Van Dyck, H., Oostermeijer, J. G. B., Talloen, W., Feenstra, V., Van Der Hidde, A., & Wynhoff, I. (2000). Does the presence of ant nests matter for oviposition to a specialized myrmecophilous *Maculinea* butterfly? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 267(1446), 861–866. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1082>

Vanden Broeck, A., Maes, D., Kelager, A., Wynhoff, I., WallisDeVries, M. F., Nash, D. R., ... Mergeay, J. (2017). Gene flow and effective population sizes of the butterfly *Maculinea alcon* in a highly fragmented, anthropogenic landscape. *Biological Conservation*, 209, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.001>

Vilbas, M., Esperk, T., Edovald, T., Kaasik, A., & Teder, T. (2016). Oviposition site selection of the Alcon blue butterfly at the northern range margin. *Journal of Insect Conservation*, 20(6), 1059–1067. <https://doi.org/10.1007/s10841-016-9939-x>

Wardlaw, J.C., Thomas, J.A. & Elmes, G.W. (2000) Do *Maculinea rebeli* caterpillars provide vestigial mutualistic benefits to ants when living as social parasites inside *Myrmica* ant nests? *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 95, 97–103.

Wickman, P. (2009) Thermoregulation and habitat use in butterflies. *The Ecology of Butterflies in Europe* (ed. by J. Settele, T. Shreeve, M.Konvicka and H. Van Dyck), pp. 55–61. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Willis SG, Hill JK, Thomas CD, Roy DB, Fox R, Blakeley DS, Huntley B (2009) Assisted colonization in a changing climate: a test study using two UK butterflies. *Conserv Lett* 2:45–51. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2008.00043.x>

Wilson, C. D., Roberts, D., & Reid, N. (2011). Applying species distribution modelling to identify areas of high conservation value for endangered species : A case study using *Margaritifera margaritifera* (L .). *Biological Conservation*, 144(2), 821–829. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.11.014>

Witek, M., Barbero, F., & Markó, B. (2014). *Myrmica* ants host highly diverse parasitic communities: from social parasites to microbes. *Insectes Sociaux*, 61(4), 307–323. <https://doi.org/10.1007/s00040-014-0362-6>

Wynhoff, I., 1998. The recent distribution of the European Maculinea species. J. Insect Conserv. 2,15–27

ZAPLETAL, Michal. *Proměna fauny denních motýlů na střední škále: Situace v Jihočeském kraji*. České Budějovice, 2011. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Doc. Mgr. Martin Konvička, Ph.D.

AOPK ČR, © Agentura ochrany přírody a krajiny, dostupné on-line: Národní geoportál INSPIRE <<http://geoportal.gov.cz>>.

Česká informační agentura životního prostředí. CENIA [online]. [cit. 2020-06-30]. Dostupné z: <https://www.cenia.cz>

ČUZK [online]. Copyright © [cit. 30.06.2020]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz>

Maloplošná zvláště chráněná území. [online]. Dostupné z: https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?SHOW_ONE=1&ID=1800