

Středoevropské stepi z pohledu motýlů

O fragmentech stepí na území České republiky nebo v některé sousední zemi toho už bylo napsáno mnoho. Stepí jsou druhově bohaté, plné unikátních druhů, zajímavé pro badatele, přitažlivé pro návštěvníky – a kriticky ohrožené. Jsou předmětem častých sporů, týkajících se jejich vzniku, vývoje a kontinuity ve středoevropské krajině. Jednou z možností, jak historii stepí zkoumat, je studium genetické variability jejich specializovaných obyvatel a modelování změn jejich historických areálů ovlivněných klimatem.

Starobylé, nebo sekundární ekosystémy?

Ve vědecké literatuře toho o středoevropských stepích, ale i dalších typech stanovišť s převahou trav a bylin najdeme spoustu. Stepí zde nechápeme jen jako pláně s převahou kavylu (*Stipa* spp.), ale jako bohatou škálu nelesních biotopů, od skalních stepí po mozaiku suchých a vlhčích trávníků s bohatým bylinným porostem až téměř polopoušť s výrazným zastoupením otevřeného podloží.

Dlouhodobě se o nich mluvilo jako o sekundárních trávnících, v anglicky psané literatuře se používá pojem trávníky polopřírodní (seminatural grassland). Tento tradiční pohled vychází z předpokladu, že během holocénu, tedy současné doby meziledové, došlo k pozvolnému pokrytí střední Evropy lesem. Až s rozšířením zemědělství, klučením lesů a opětovným otevřením krajiny se mohla travobylinná společenstva, plošně rozšířená v dobách ledových, znovu vytvořit. Tomuto pohledu nahrává i známá skutečnost, že pokud tato místa neudržujeme, postupně zarostou dřevinami.

K pochopení vývoje středoevropských trávníků bychom měli přestat ekosystémy vnímat staticky. Ekosystémy jsou dynamické v čase i prostoru v návaznosti na měnící se klima, ovlivňují je jejich obyva-

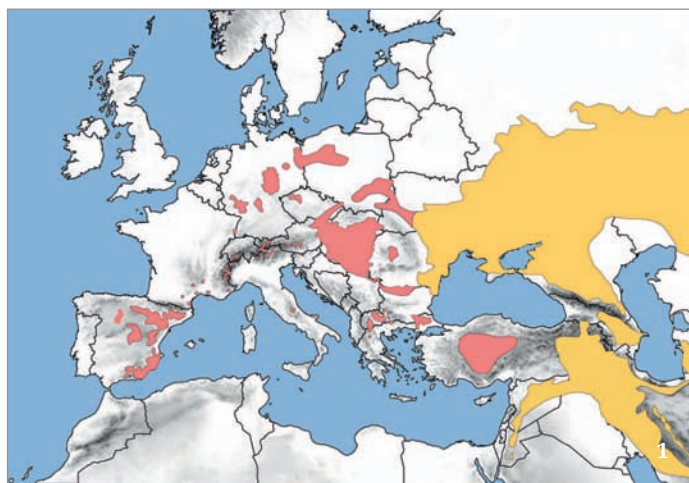
telé (mezi ekosystémové inženýry můžeme zahrnout také člověka), svou roli hraje i náhoda. Kromě toho biodiverzita různých typů otevřených biotopů je v Evropě daleko vyšší než v případě uzavřeného lesa. Většina současných zdejších druhů se totiž v alespoň částečně otevřeném prostředí vyvinula. Nesmíme uvažovat pouze o holocénu (posledních ca 12 tisíc let), ale o celém období, kdy došlo k evoluci většiny recentních druhů, čili o několika miliolech let. Během třetihor nastalo postupné ochlazení planety, způsobené nejen výkyvy v množství slunečního záření dopadajícího na Zemi, ale i změnami v rozmištění kontinentů a mořských proudů (blíže také v Živě 2021, 5: 212–218). Ochlazení znamenalo zkázu pro teplomilnou eocenní biotu. Současná flóra a fauna se pak vyvíjela v podmínkách neustále se měnícího klimatu. Postupně se měnila délka glaciálních cyklů. V posledních zhruba 700 tisících let mají cykly periodu kolem 100 tisíc let, přičemž naprosto převažuje glaciální klima nad interglaciálním. Evropskou krajinu v glaciálu si někdy představujeme jako mrazovou pustinu, po které se proháněli mamuti. Pravda je ale jiná. Obrovský biom, rozšířený od Španělska po Aljašku, kde se proháněli nejen mamuti, ale i stáda různých kopytníků a již vyhynulé šelmy, byl druhově velmi pestrý a kombinoval sever-

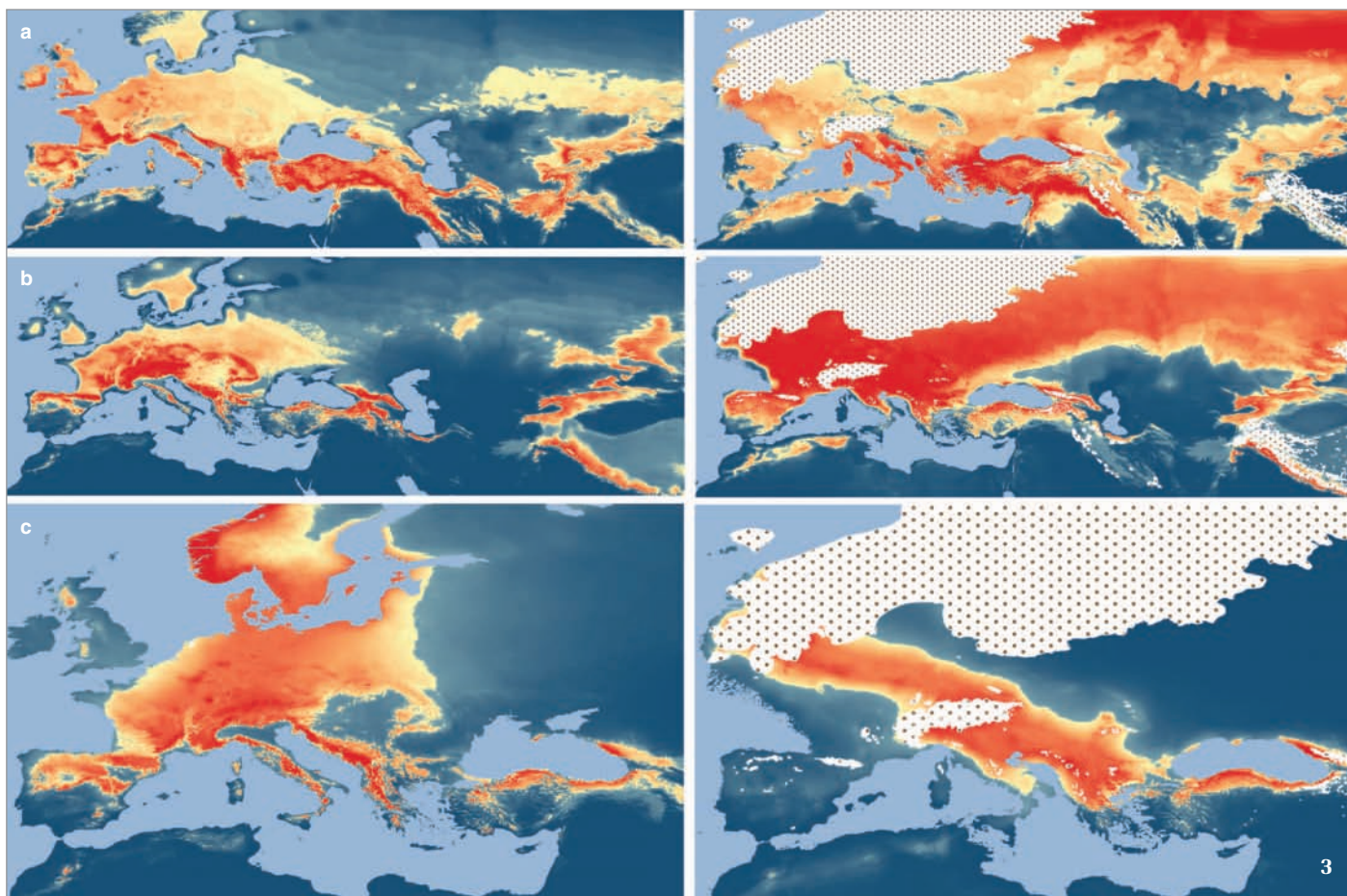
ské tundrové prvky s kontinentálními stepními (viz Živa 2019, 1: 35–37). Sestával z mozaiky různých biotopů jako např. travnatých suchých stepí, keříčkové tundry nebo rašelinišť, jejichž jemnou škálu udržovala právě megafauna. V interglaciálech pak expandovaly temperátní prvky – především ty, jež nyní označujeme jako lesní druhy. Velcí savci ale pravděpodobně nikdy nedovolili, aby interglaciální střední Evropu pokryly souvislé uzavřené lesy. Udržovali zde parkovou krajinu.

Holocén je v tomto směru neobvyklý. Už z důvodu, že jde o interglaciál, tedy vzácnější formu pleistocenního klimatu. A také tím, že z většiny povrchu souše zmizela megafauna, která svou činností i v předchozích interglaciálech otevírala krajinu (Živa 2021, 5: 268–273). Uzavřený les, typický pro holocén, je zcela novým typem krajiny.

A jsme zpět u otázky holocenní kontinuity stepí (ale i luk, ruderálních porostů, řídkých lesů a otevřených biotopů vůbec), která se objevuje v literatuře rovněž pod pojmem „stepní otázka“. V holocénu expandovaly stromy. Pořadí a rychlost nástupu jednotlivých druhů byly opakovaně do detailů popsány. Podstatné je, že k zapojení lesa nedošlo nikdy zcela. V pylových analýzách se stále objevuje minimálně 9 % travních pylů a má se za to, že první zemědělci se také usazovali spíše na zbytcích otevřených biotopů než v hustém lese (Pokorný a kol. 2015). Je důležité zmínit, že myšlenku kontinua bezlesých společenstev u nás prosazoval už asi od 60. let 20. století Vojen Ložek, čtenářům Živy dobře známý znalec přírody kvartéru (např. Živa 2020, 5: CXIV).

Moravské panonské stepi nebo bělokarpatké louky lze pokládat za součást travinných ekosystémů východní Evropy. Nejsou příliš vzdáleny od území, kde dostatečná kontinuita a historický kontext nikdy nedovolily úplné zapojení lesů. Před jiné otázky nás staví stepi českého termofytika a podobné biotopy v Německu či Polsku (obr. 1). Pomocníkem při řešení jejich původu ale může být genetická informace nesená charakteristickými druhy takových stanovišť. U různých rostlin i živočichů se ukazuje, že jejich populace obývající náš region jsou geneticky unikátní a současně mohou nést velkou vnitropopulační diverzitu. Znamená to, že se zde buď mohly dlouhodobě vyvíjet, nebo naopak patřit k původně velkým a propoje-





1 Přibližné rozšíření větších stepních celků v Evropě. Růžově jsou naznačeny extrazonální stepi a lesostepi, žlutě zonální stepi. Orig. J. Marešová, upraveno podle: L. Kajtoch a kol. (2016) a P. Kirschner a kol. (2020)

2 Severní svah Rané, České středohoří. Biotop okáče skalního (*Chazara briseis*) a donedávna také modráška ligrusového (*Polyommatus damon*)

3 Klimatické modely (příznivost klimatu pro daný druh vypočítaná ze současného areálu rozšíření a projektovaná do minulosti) pro okáče skalního (*C. briseis*, a), modráška ligrusového (*P. damon*, b) a m. komonicového (*P. dorylas*, c) v současnosti (vlevo) a v posledním glaciálním maximu (vpravo). V případě modráška komonicového došlo k většímu ústupu klimaticky vhodných míst až v mladším dryasu, pravděpodobně kvůli suchu (model zobrazen v publikaci Sucháčková Bartoňová a kol. 2021). Oranžové až červené barvy značí vhodnost klimatu pro daný druh – čím červenější, tím vhodnější. Tečkovaně jsou vyznačeny ledovce. Orig. A. Sucháčková Bartoňová

ným sítím populací v temperátní Eurasii. Např. křeček obecný (*Cricetus cricetus*) má v Evropě několik samostatných linií, jednu německou, druhou panonsko-českou a třetí ukrajinsko-východopolskou. Stepní kravec *Coraeus elatus* tvoří v Evropě několik linií, které se vyvíjely samostatně, ale pravděpodobně prošly v minulosti opakovaným smršťováním areálu a jsou geneticky ochuzené. Naopak len žlutý (*Linum flavum*) má svou nejzápadnější exklávu v Německu, tamní populace představují

izolovanou a zároveň geneticky bohatou linii nesoucí značnou část celkové genetické diversity druhu. Hlaváček jarní (*Adonis vernalis*) tvoří v různých regionech (Německo, nížinné Rakousko, Maďarsko a převážně rumunská Dobruďža) geneticky unikátní populace, ale část vnitropopulační variability je sdílená, takže populace musely v minulosti komunikovat. Rozsáhlá práce na celých genomech několika stepních druhů rostlin a hmyzu (Kirschner a kol. 2021) ukázala, že unikátní jsou také horské stepi na úbočí Alp, zatímco populace v panonské nížině bývají často geneticky propojené se stepmi dále na východ. Podstatné je, že jen málo zkoumaných stepních druhů má strukturu nově vzniklých populací. Ty by byly odvozené z jiných populací situovaných dále na východ nebo na jih. Stepní druhy u nás tedy žily dlouhodobě.

Rozsah střeoevropských stepí se někdy v polovině holocénu, před příchodem prvních zemědělců, zcela jistě dočasně zmenšil. Klimatické podmínky přály růstu stromů, krajina již byla zhabena většiny megafauny (podrobnosti ve zmíněném článku v Živě 2021, 5). Otevřená stanoviště však nikdy nezmizela zcela. Po jejich opětovném rozšíření vlivem lidské činnosti se příslušné druhy vyskytovaly v dostupném okolí, jejich populace mohly znovu narůstat. Vzhledem k dynamičnosti systému až tolik nevádí, jsou-li některé jeho části vzniklé „sekundárně“. Stepní lokality na skalních výchozech např. nad údolím Ohře jsou pro druhy obývající bezlesí stejně cenná jako prakticky identická „sekundární“ stanoviště v okolních lomech (Úhošť) nebo zcela nová stanoviště na nepříliš vzdálených popílkovištích a výsyp-

kách (Tušimice). Vděčíme za to metapopulační dynamice nelesních organismů – následují vznikající biotopy a tak dokážou vyrovnávat případné lokální ztráty.

Hluboké stepní půdy jsou typicky kvalitní živinami bohaté černozemě, proto není divu, že byly velké plochy rozorány a zúrodněny, jak si může všimnout návštěvník jižní Moravy. Takto zanikla téměř veškerá plocha pontických stepí na Ukrajině, kde jako enklávy stepní bioty slouží neobdělávatelné části země, např. říční břehy a nánosy, skalnaté výstupy nebo náhrobní pahorky dávných kočovníků (kurgany). Stepí, které se naopak vyvinuly na neúživných místech nebo mělkých skalnatých půdách, sloužily jako pastviny. Dnes čelí degradaci a zarůstání po opuštění tradičního hospodaření. Naproti tomu i příliš intenzivní pastva se uvádí jako další důvod mizení stepních druhů.

Tři druhy na pokraji vymření

Degradaci stepí ve střední Evropě můžeme pozorovat téměř v reálném čase. Jako důkaz poslouží stepní motýli. Materiál uchovaný v muzeích spolu s výsledky desítek let intenzivního mapování dokládají jejich razantní ústup. Jako příklady jsme v naší studii (Sucháčková Bartoňová a kol. 2021) použili okáče skalního (*Chazara briseis*), modráška ligrusového (*Polyommatus damon*) a modráška komonicového (*P. dorylas*). Vyhodnotili jsme jejich aktuální rozšíření ve střední Evropě, porovnali sekvence mitochondriální DNA střeoevropských populací s jinými částmi areálu a pomocí dat o současném výskytu jsme modelovali jejich klimatickou niku v posledním glaciálním maximu a v průběhu holocénu. Všechny tři druhy nám mizí

z mapy prakticky před očima. Mohli bychom podlehnout dojmům, že populace na našem území jsou v rámci celých areálů druhů okrajové a přijít o ně tolik nevdí. Pokud se ale shromáždí údaje z celé střední Evropy, tak bohužel ukážou neslavný obrázek na mnohem větší ploše. Přicházíme o velkou část unikátní vnitrodruhové diverzity.

Okáč skalní obývá rozvolněná stanoviště ve Středozeří i pravé stepi východní Evropy a západní Asie, jeho areál sahá od severozápadní Afriky po Altaj. Populace druhu se rychle zmenšují v celé střední Evropě. V Německu byl v r. 2020 nalezen pouze ve 21 polích síťového mapování oproti 40 polím v r. 2000 a téměř 300 polím obývaným historicky. Z původně rozsáhlých metapopulací zbývají poslední lokality. V Polsku byl naposledy pozorován r. 2004, na Slovensku v r. 2005. V Rakousku přežívá v jednom aktivním vojenském prostoru a v jedné přírodní rezervaci, v Maďarsku v síti stepních lokalit v Bakoňském lese. U nás se udržela jediná funkční metapopulace, a to v Českém středohoří (obr. 2). Od 50. let 20. století vymizel z velké části našeho území (celkově byl historicky zaznamenán ve 106 mapových polích). Osudným mu bylo zarůstání skalnatých stepí. Okáč skalní potřebuje velké rozlohy krátkostébelných stepí udržované pastvou a vhodným disturbančním režimem, kde se daří jeho živným rostlinám – trsnatým kostřavám (*Festuca* spp.).

V genetické struktuře populací vidíme, že byly dlouhodobě propojené napříč Eurasií. Někdy v pleistocénu, kdy se široce rozšířily kontinentální stepi, okáč skalní expandoval. Zároveň ale mezi středoevropskými populacemi existovaly bariéry a jejich vývoj probíhal částečně nezávisle. Němečtí okáči jsou příbuznější okáčům z jihozápadní Evropy než těm z Českého středohoří. V Českém středohoří byl nalezen jeden unikátní haplotyp (specifická sekvence DNA) a jeden haplotyp společný s populacemi z Maďarska a Rakouska. Klimatické modely (obr. 3) ukázaly, že převratné změny klimatu typické pro pleistocén tomuto druhu v šíření nebránily. Okáč skalní se tudíž jeví jako typický druh mamutí stepi, který prospíval v dobách, kdy krajina byla dostatečně otevřená a velcí byložravci udržovali obnažené skalnaté plochy s nízkými trsnatými travami.

Modrásek ligrusový je druh horských a kontinentálních stepí, sporadicky rozšířený od Pyrenejí po Bajkal. Ve střední Evropě stále přežívá v Alpách, kde jej najdeme na výslunných exponovaných vysokohorských trávnících na bazických podkladech. Naopak nížinné populace vymírají v celé střední Evropě. V Německu přežívá v méně než 20 mapových polích oproti 34 polím v r. 2000 a 176 polím v dřívějších dobách. Vyhybnul v Polsku, na Slovensku a v Rumunsku. V Maďarsku zanikla poslední populace po r. 2014, z celé Ukrajiny zůstává jediná známá ve Lvovské oblasti a v nížinném Rakousku přežívá rovněž poslední. U nás donedávna žil ve dvou vzájemně izolovaných oblastech, na jižní Moravě a v Českém středohoří. Na Moravě bylo v rezervaci Kamenný vrch u Kurdějova (obr. 4 a 5) pozorováno v r. 2018 posledních pět jedinců. Tři byli spatřeni



téhož roku v nedaleké rezervaci Na Adamcích, kde bylo o rok později nalezeno pouze jedno vajíčko. V Českém středohoří byla v r. 2021 zaznamenána jediná samice a v r. 2022 rovněž pouze jedno vajíčko. Je tak možné, že se modrásek ligrusový u nás nedožije r. 2023.

V nížinách žije modrásek ligrusový na suchých bazických trávnících s vyšší, ale nepřilíhlostou vegetací s bohatým zastoupením bylin. Dospělci se objevují od července do září, což je pro motýly relativně pozdní doba letu. Vajíčka kladou na odkvétající rostliny, zejména na nezralé semeníky, ale housenky se před přezimováním živí na přizemní listové růžici statných vičenců – v. písečného (*Onobrychis arenaria*) a v. ligrusu (*O. vicifolia*). Zarůstání stanovišť proto modráska ovlivní později než jiné stepní motýly. Statné trsy vičence ovšem rostou na místech, kde v minulosti nějaké narušení substrát obnažilo. Dobře miněné zavádění ovčí pastvy pro údržbu jihomoravských stepních lokalit tedy bylo vyloženě destruktivní, protože ovce přednostně spásají bobovité rostliny. Vhodnější je v tomto případě lokality chránit např. mozaikovou sečí, pastvou s dočasným oplocením, nebo šetrnou pastvou v době, kdy jsou motýly v kuklách, což se ale může meziročně měnit. Poslední izolované populace mohou zničit náhodné výkyvy počasí. To byla v našem případě suchá léta 2016–19, následovaná studenými jary 2019 a 2020. Sucho zabilo semenáčky vičenců a znemožnilo dospělým rostlinám kvést, studená jara byla zhojbná pro vyvíjející se housenky.

Genetická struktura populací ukázala, že bariérou pro modráska ligrusového byly v dobách ledových horské ledovce. Po odlednění vystoupaly populace z nížin opět nahoru do horských stepí. Populace ve východních Alpách jsou příbuzné s populacemi z nížin střední až severní Evropy, včetně sibiřské části areálu. Eurasijská populace musela tak být dlouhodobě propojená, což ukazuje sdílení haplotypů mezi odlehlejšími regiony (od Rakouska až po Kazachstán) a stabilní populační struk-

tura bez známek expanze. Klimatické modely potvrdily, že tohoto modráska mohou limitovat vysoké letní teploty a sucha. Optimální klima pro druh panovalo ve vrcholném glaciálu (obr. 3), zatímco v interglaciálu se motýl uchyluje více do hor, což se – v kontinentálním měřítku – pravděpodobně děje i nyní. Jeho nížinné populace se tím nacházejí v suboptimálních podmínkách, které jim ještě ztěžuje zánik stanovišť.

Jiný prvek představuje poslední druh, modrásek komonicový (obr. 6). Obývá skalnatá úbočí středozeří a středoevropské lesostepi. Výskytem je omezen na Evropu od Pyrenejí po Kavkaz. V Německu výrazně ustoupil, z 255 mapových polí v minulosti přežívá v pouhých 48. Obstojná situace je pouze v bavorských Alpách, kde osídluje pasené jižní svahy. Na Slovensku stále žije např. v okolí CHKO Biele Karpaty nebo ve Slovenském krasu, v Maďarsku pak v Aggteleckém krasu, Bakoňském lese a Bukovských horách. V Polsku přežívá na jihu a severovýchodě země. V nížinném Rakousku je také několik populací, ale vyhybnul v okolí Vídně. V České republice je blízko vyhybnutí. Po r. 2018 ho najdeme pouze v Bílých Karpatech, ojediněle se objeví záznamy z dalších moravských lokalit.

Motýl k existenci vyžaduje bohaté porosty své živné rostliny, úročníku bolhoje (*Anthyllis vulneraria*). Pro klíčení úročníku jsou nutné disturbance narušující půdu. Samičky kladou pouze na statné rostliny převyšující okolní porost. Zdá se však, že k zachování vhodného biotopu stačí extenzivní pastva hovězího dobytka nebo mozaiková seč. I úročník bolhoj je náchylný na sucho, což se může stát osudným i specializovaným druhům hmyzu.

Podle genetické analýzy se od těch středoevropských odlišují populace z Anatólie, Apenin, Pyrenejí a západních Alp. Klimatické modely ukázaly, že modrásek komonicový preferuje vlhčí klima než předchozí dva druhy. Ve vrcholném glaciálu mohl v Evropě přežít díky vlhkosti z ledovců (obr. 3), v suchém mladším dryasu



4 a 5 Přírodní památka Kamenný vrch u Kurdějova v r. 2008 (obr. 4), kdy zdejší populace modráška ligrusového čítala několik set až tisíc jedinců. Poslední zde však byli pozorováni v r. 2018. Modrášek ligrusový na vičenci (*Onobrychis* spp.). Foto J. Lipárová (obr. 4 a 5)

6 a 7 Modrášek komonicový z Týnčanského krasu, kde proběhla jeho asistovaná kolonizace na připravená místa (obr. 6), a chov druhu v polopřírodních podmínkách (7).

8 a 9 Chované housenky okáče skalního (obr. 8) a vypouštění odchovaných okáčů na Radobýlu v Českém středohoří (9). Snímky P. Skaly, není-li uvedeno jinak



se stáhl na jihozápad, přežil ale v refugiích na Balkáně a v okolí Černého moře. Usuzujeme, že modrášek komonicový po skončení doby ledové kolonizoval střední Evropu z Balkánu. Jde tak o zástupce fauny stepních trávníků, který faunu našich (leso)stepí obohatil až v holocénu.

Více než u předchozích dvou druhů se klimaticky vhodné oblasti pro modráška komonicového shodují s holocenním rozšířením lesů mírného pásu. Nastává paradoxní situace, že motýl stepních trávníků je svázán s klimatem vhodným pro růst lesa. Tím pádem jeho expanze z jižních refugií vyžadovala existenci sítě otevřených ploch i v převážně lesní krajině. Stejný příběh se zřejmě týká i mnoha dalších druhů, které si dnes spojujeme s otevřenými stanovišti typu mezofilních luk.

Naplní se jejich osud?

Historie stepních druhů může být rozmanitá. Zatímco modrášek komonicový je relativně vlhkomilný motýl, který se k nám dostal v průběhu holocénu z balkánských refugií, okáč skalní i m. ligrusový jsou typické druhy glaciální mamutí stepi. Obzvláště modrášek ligrusový je překvapivě chladnomilný, jeho pleistocenní dynamika připomíná arktické druhy. Může se tak řadit mezi glaciální relikty – po poslední době ledové u nás nezbyly jen horské druhy typu ostružiníku morušky (*Rubus chamaemorus*) nebo myšivky horské (*Sicista betulina*), ale i druhy stepní. Modely ukazují holocenní ústup vhodného klimatu ze středu kontinentu včetně nížin střední Evropy. To se nejspíš dělo i v předchozích interglaciálech, ale degradace biotopů člověkem jejich situaci dále zhoršuje. Přestože přežily drsné čtvrtohorní klimatické oscilace, může jim očekávané oteplení kli-

matu ještě přitížit. V uniformní intenzivně obdělávané krajině totiž nemohou sledovat měnící se klimatické poměry a osídlit nově vzniklé biotopy. Osudná jim je homogenizace krajiny.

Všechny tři druhy v různé míře závisí na silách, které umožňují jejich živným rostlinám přežít v konkurenci ostatní vegetace. V minulosti to byla společenstva velkých býložravců, kteří všemožně rozrývali a rozdupávali půdu a redukovali rostlinnou biomasu. Různí býložravci navíc preferují různou potravu. Koně kupř. vypásají traviny a šetří většinu bylin. Protože se evropští motýli vyvinuli v takto ovlivněném prostředí, může se dnes zdát, že jsou obzvláště vybíraví. Pokud si chceme motýly udržet, je třeba činnost megafauny napodobit (sečí, ochrannářskou pastvou, těžkou technikou), nebo původní kopytníky vrátit do krajiny. Naopak osudným se motýlům může stát zalesňování otevřených stanovišť motivované bojem s klimatickou změnou, redukce pastvin i přeměna „nevyužitelných“ částí země, třeba skalních stepí, na sluneční elektrárny.

Ani okáče skalního, modráška ligrusového a m. komonicového nenecháváme vymírat se založenými rukama. Intenzivní snahy o záchranu zahrnují kromě péče o jejich biotopy také záchranné chovy, reintrodukce a asistované kolonizace (viz také Živa 2019, 6: 306–308). To vše bohužel nastává až ve chvíli, kdy jsou šance na úspěch minimální. Záchranný chov modráška ligrusového byl založen až poté, co česká a moravská populace prakticky vyhynuly, začínal s příliš malým počtem jedinců a nebyl úspěšný. Skutečnost, že motýl vymírá i v okolních zemích, ukazuje, jak snadno a rychle může ztratit jakékoli zdroje pro záchranu populací. Chov mod-

ráska komonicového probíhá dobře a housenky byly v r. 2018 vypuštěny na připravenou lokalitu v Týnčanském krasu ve středních Čechách (obr. 6 a 7). Repatriovaným motýlům se zde zpočátku dařilo, postupně vytvořili tři generace, ale v r. 2021 se je nepodařilo potvrdit, možná opět vinou chladných jarních měsíců. Opakovaná repatriace v r. 2022 se zatím jeví jako úspěšná.

Optimistická je situace okáče skalního v Českém středohoří (blíže v Živě 2009, 1: 30–33). Moderní ochrana motýlů usiluje o obnovu fungujících metapopulací, což bylo ještě před desetiletím téměř nemyšlitelné. V r. 2014, kdy motýl přežíval na poslední lokalitě, byl zahájen záchranný chov (obr. 8 a 9). Vychovaní motýli dnes znovu ožívují síť biotopů, pro něž je současně zajištěna vhodná péče. Okáč skalní se na některých místech opět stává nejhojnějším motýlem pozdního léta. Nádavkem se po několika neúspěšných pokusech vrací i do Českého krasu. Takto ambiciózních projektů najdeme v Evropě jen hrstku, záchranný program našeho okáče skalního patří mezi ně. Držme motýlům palce!

Kolektiv spoluautorů: Zdeněk Faltýnek, Fric, Miloš Andres, David Číp, Vladimír Hula, Tomáš Kadlec, Jana Papp Marešová, Pavel Skala a Martin Konvička

Práce byla podpořena z projektů Technologické agentury ČR (číslo SS01010526 a SS03010232).

Seznam použité literatury je uveden na webové stránce Živa.