

Sezónní aktivita včelstev ve vztahu k biodiverzitě lomů

Projekt soutěže The Quarry Life Award 2018



Vedoucí projektu: Lubomír Tichý

Členové týmu: Peter Dundek, Lucie Růžičková, Stanislava Švédová

Final Project Report

1. Contestant profile

▪ Contestant name:	Lubomír Tichý
▪ Contestant occupation:	Docent
▪ University / Organisation	Ústav botaniky a zoologie, Masarykova univerzita, Brno
▪ Number of people in your team:	4

2. Project overview

Title:	Sezónní aktivita včelstev ve vztahu k biodiverzitě lomů
Contest: (Research/Community)	Výzkum
Quarry name:	Mokrá u Brna

Abstract

Cíle projektu: Je lom Mokrá vhodným prostředím pro hmyzí opylovače? Může lom poskytnout dostatečné zdroje potravy pro hmyz v průběhu celé vegetační sezóny? Jsou měřitelné rozdíly mezi aktivním lomem, opuštěným lomem a kulturní krajinou? Může sezónní aktivita včelstev včely medonosné indikovat hustotu populací samotářských včel? Lze měřit a porovnávat hnízdní aktivitu samotářských včel mezi lokalitami? Odráží analýza medu vlastnosti prostředí, v němž med vznikl?

Metodika: Zkoumaným územím byl lom Mokrá, referenčními lokalitami byly pak rekultivovaný lom Hády s vysokou druhovou pestrostí a vesnice Lažánky jako druhově chudá kulturní krajina. Ve všech třech územích jsme instalovali po dvou včelích úlech, které byly umístěny na úlovou váhu. Data pořízená v 5–15min. intervalech o hmotnosti, teplotě v úlech a teplotě okolí byla po celou dobu zasílána on-line na datový server a jsou dostupná na webu. Současně jsme na každé lokalitě instalovali pět hnízdních pastí na samotářské včely. Z důvodu lepší vzájemné porovnatelnosti sledovaných lokalit jsme v průběhu jara zaznamenávali informace o rozkvětu, plném květu a odkvětu vybraných druhů rostlin. Získaný med jsme nechali analyzovat na obsah kovů a pesticidů v akreditované laboratoři.

Výsledky: Přínos sladiny včelami vykazoval výkyvy způsobené počasím a dostupností nektarodárných rostlin. Nejvyrovnanější hmotnostní přírůstky jsme zaznamenali na Hádech, nejdelší pauzy mezi snůškami byly patrné v Lažánkách. Hnízdní aktivita samotářských včel byla na všech lokalitách srovnatelná přibližně do 15. května. Po tomto datu na lokalitě Lažánky hnízdní aktivita téměř ustala, zatímco na ostatních dvou lokalitách pokračovala dále intenzivně až do konce června. Celkem jsme získali 229 fenologických údajů o 58 druzích. Lokality Lažánky a Mokrá byly v časném jaru fenologicky posunuty o ca. 5-7 dnů proti Hádům, později se fenologický rozdíl mezi Mokrou a Hády zmenšil. Analýza medu ukázala zvýšené zastoupení některých prvků ve vzorku z Mokré, pesticidy nebyly nikde detekovány v měřitelném množství.

Diskuze: Sledování hmotnostních přírůstků včelích úlů ukázalo rozdíly v jednotlivých lokalitách dobře interpretovatelné strukturou krajiny a její druhovou pestrostí. Podobným způsobem reagovaly i samotářské včely. Ty jsou však citlivější na nedostatek potravy a používání pesticidů v kulturní krajině, proto jsou jejich pozdně jarní populace ohroženější než sociálně žijící hmyz. Zajímavé bylo zjištění postupného zmenšování fenologického rozdílu mezi lokalitou Hády a Mokrá, které je zřejmě způsobeno přítomností jevu tepelného ostrova v rozsáhlém aktivním dobývacím prostoru. Vliv tepelného ostrova lomu zkracuje dobu kvetení rostlin, a tak ovlivňuje i opylovače. Zvýšená prašnost aktivního lomu je zřejmě příčinou přítomnosti vyšší hladiny některých kovů v medu, ale zjištěné hodnoty byly mimo zdravotní riziko spotřebitelů.

Závěr: Projekt demonstroval aplikaci několika inovativních přístupů (úlová váha, monitoring včelstev, hnízdní pasti pro samotářské včely), které jsou využitelné kdekoli na světě. Výsledky výzkumu pak i na malém vzorku dat ukázaly významné rozdíly mezi lokalitami a mohou být podnětem pro zlepšení kvality rekultivací vápencových lomů s ohledem na podporu diverzity hmyzích opylovačů.

Úvod

Hlavním cílem našeho projektu bylo posoudit potravní zdroje hmyzích opylovačů v okolí lomu. Přestože se zdejší monitoring živé přírody lomu provádí již od 90. let minulého století, nebyla zde tato velmi rozmanitá skupina živočichů nikdy v minulosti detailněji studována. Současně jsme chtěli tímto projektem upozornit na skutečnost, že veškerý hmyz jako jeden ze základních článků potravního řetězce v Evropě rychle ubývá (Hallman et al. 2017). Extrémní úbytek hmyzu pak může do budoucna ohrozit mimo jiné i úspěšné rozmnožování kvetoucích rostlin. A není jich málo. Hmyz se alespoň zčásti podílí na opylování téměř dvou třetin všech volně rostoucích rostlinných druhů ve střední Evropě (Kühn et al. 2004). Na hmyzu jsou také přímo či nepřímo potravně závislé mnohé jiné skupiny živočichů, jejichž populace často již dnes významně klesají.

Mezi entomology se aktivita a hustota hmyzích opylovačů měří například pomocí barevných lapacích misek (*colour pan traps*) nebo nárazových pastí (*Malaise traps*). Nevýhodou těchto metod je jejich destruktivní působení na populace (Campbell & Hanula 2007). Velmi omezená je také vypovídací hodnota těchto pastí například pro opylovače dřevin (Cane et al. 2001).

Rozhodli jsme se proto pro zcela nový přístup. Pestrost potravních příležitostí pro opylovače jsme se pokusili měřit nepřímo kvantitativními metodami, a to nezávisle pomocí sledování dvou modelových skupin organismů. Tou první bylo sledování hmotnostních přírůstků včelstev včely medonosné (*Apis mellifera*), tou druhou pak sledování hnízdní aktivity samotářských včel.

Včela medonosná je jedním z mála hmyzích druhů, který se podařilo celosvětově domestikovat. Včelaření je v České republice velmi rozšířenou zábavou či povoláním. V roce 2017 bylo u nás celkem asi 58 500 včelařů chovajících 637 000 včelstev (Anonymus 2017), což reprezentuje obrovský potenciál nashromážděných zkušeností o chovu tohoto hmyzu. Včela medonosná je potravním generalistou (Butz Huryn 1997; Coffey and Breen 1997). Celkově se odhaduje, že tento druh je schopen opylovat na světě až 40 000 rostlinných druhů (Crane 1990).

Metodika

Monitorované lokality

Hlavní lokalitou našeho soutěžního projektu byl (1) aktivní vápencový lom Mokrý. Tento rozlehlý dobývací prostor v užívání firmy Českomoravský cement, a.s. má rozlohu 2,65 km². V jeho okrajích se nacházejí zachovalé dubohabřiny i druhově bohatá vápencová lesostep s mnoha ohroženými druhy rostlin. V samotném dobývacím prostoru však převažují plochy těžby bez vegetace a plochy rekultivované či zarůstající několika nepůvodními druhy. Protože jsme se rozhodli získat informace o dostupnosti potravních zdrojů pro hmyzí opylovače zcela novým

Výživa včelstev závisí na potravní nabídce v okolí úlů. Množství nektaru a pylu posbíraného včelami přibližně odpovídá zastoupení přírodních trávníků a listnatých lesů, zatímco kulturní krajina jejich produkci ovlivňuje negativně (Donkersley et al. 2014).

Rozsáhlé vápencové lomy jako například Mokrý nebo Hády bývají prezentovány jako ostrovy zvýšené biodiverzity rostlin a hmyzu (Tichý 2005). Aktivní lom v Mokrém u Brna je znám druhově bohatou květenou (Tichý unpubl.) a jako jedna z velmi bohatých lokalit motýlů na jižní Moravě (Laštůvka 2014). Zajímalo nás tedy, zda a jakým způsobem se bude lišit hmotnostní přírůstek včelích úlů v této lokalitě od dalších dvou vybraných referenčních lokalit.

Přestože je včela medonosná ve sběru nektaru a pylu v krajině velmi úspěšná, s ostatními druhy divokých (především samotářských) včel se vzájemně významně potravně ovlivňovat vůbec nemusí (Steffan-Dewenter & Tschardtke 2000). Zatímco akční rádius včely medonosné dosahuje i několik kilometrů (Beekman & Ratnieks 2001), populace samotářských včel mají mnohem lokálnější charakter. Vzdálenost mezi hnízdem a potravou samotářských včel obvykle nepřesahuje 250 m (Gathmann & Tschardtke 2002). Zajímalo nás proto, zda dostupnost potravních zdrojů nepřímo měřených hnízdní aktivitou samotářských včel bude ve shodě s hmotnostními přírůstky úlů včely medonosné. Sledovali jsme proto v průběhu jarního období také kvantitativně hnízdní aktivitu samotářských včel hnízdicích v úzkých dutinkách a stéblech, abychom obě informace mohli vzájemně porovnat.

V rámci projektu jsme si stanovili tyto dílčí cíle: (1) Poskytuje lom dostatečné zdroje potravy pro hmyz v průběhu celé vegetační sezóny? (2) Vyskytuje se v lomu Mokrý dostatek hmyzích opylovačů? (3) Jsou měřitelné rozdíly mezi aktivním lomem, opuštěným lomem a kulturní krajinou? (4) Je sezónní aktivita včelstev ve vztahu s hustotou populací samotářských včel? (5) Lze měřit a porovnávat hnízdní aktivitu samotářských včel mezi lokalitami? (6) Odráží analýza mezi vlastnosti prostředí, v němž med vznikl?

způsobem, potřebovali jsme zjištěné údaje z tohoto prostředí porovnat také s jinými lokalitami. Vybrali jsme si proto (2) rozsáhlý, zrekultivovaný a přirozeně zarůstající bývalý vápencový lom na Hádech jako příklad velmi pestré postindustriální krajiny. Hády jsou známy velkým druhovým bohatstvím rostlin i velkou koncentrací přírodovědně cenných lokalit. Další referenční lokalitou (3) byla obec Lažánky nedaleko Brna v předhůří Českomoravské vrchoviny coby ukázka druhově chudé krajiny. Tato obec je obklopena polními kulturami. Intenzitu zemědělství v této lokalitě můžeme však označit spíše jako prů-

měrnou – krajina je zvlněná, zůstaly zachovány mnohé aleje, remízky a zmole, okolí je obklopeno listnatými lesy. Plošné porovnání diverzity těchto tří vybraných území je znázorněno na Obr. 1.



Obr. 1. Vizuální charakteristika ploch 2 x 2 km v okolí vybraných lokalit (zdroj fotografií: Google Earth, 05-12-2017). Zeleně jsou vyznačeny druhově nejbohatší místa – křoviny, úhory, stepní stráně, zahrady, extenzivní sady a lesní okraje. Žlutě jsou označena méně pestrá území lesů, zarůstajících částí lomů, zastavěná území s rezidenčním bydlením, louky atd. Červeně jsou vyznačena nejméně pestrá území - pole, průmyslová zástavba, železniční nádraží, aktivní plochy těžby atd. V každém obrázku jsou dvě kružnice – ve vzdálenosti 500 a 1000 metrů kolem umístění úlů.

Z obrázku je patrné, že nejvíce ploch s vysokou druhovou diverzitou lze nalézt na Hádech. Území Mokrá se vyznačuje spíše střední druhovou pestrostí, přičemž těžené plochy představují pro opylovače víceméně nehostinnou pouštinu. Nejvíce heterogenním prostředím se vyznačuje obec Lažánky, kde zdejší zástavba se zahradami a sady poskytuje značnou diverzitu příležitostí, avšak u zbytku zemědělské krajiny lze po většinu roku předpokládat minimální zájem hmyzích opylovačů.

Hmotnostní přírůstky včelstev

Získání analyzovatelných dat předcházela poměrně rozsáhlá přípravná fáze. Nejprve byla sestavena a odladěna tři elektronická zařízení vlastní konstrukce speciálně vyvinutá pro tento projekt. Tato zařízení zaznamenávají on-line hmotnostní přírůstky paralelně vždy dvou včelích úlů, teplotu uvnitř úlů i okolního prostředí. Jádrem konstrukce je osmibitový počítač Arduino. Fotografie prototypu měřicího přístroje je na Obr. 2. Schéma zapojení celého zařízení je znázorněno na Obr. 3. Měření dat a jejich zaslání na datový server je umožněno díky kombinaci vhodných hardwarových komponent a komplexnímu software vytvořenému opět na míru speciálně pro tento projekt. Lokalita Mokrá navíc vyžadovala zásadní konstrukční změny zařízení z důvodu absence možnosti trvalého připojení k elektrické síti. Tato přípravná fáze trvala od července 2017 do března 2018. V této době bylo nutno všechna tři zařízení zkonstruovat, otestovat jejich funkčnost a vzájemně je zkalibrovat.

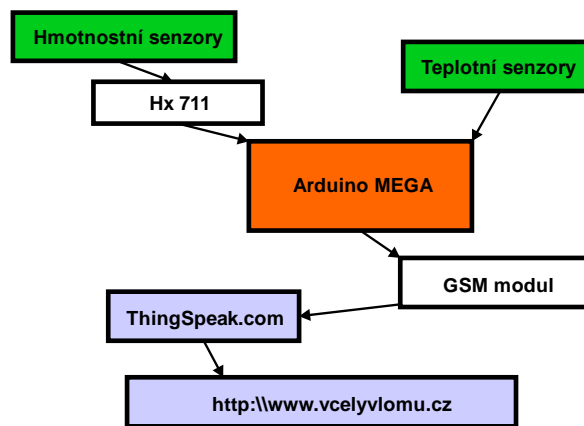
Na začátku vegetační sezóny (25. března až 3. dubna) byly na tři vybrané lokality (Mokrá, Hády, Lažánky) umístěny vždy dva včelí úly s přezimovanými včelstvy, do nichž byly instalovány hmotnostní a teplotní senzory. Sledováním paralelně dvou včelstev na jediném stanovišti byla zajištěna větší objektivita získaných dat při zachování rozumného rozsahu celého projektu. Naměřená data (ve 3 až 15min. intervalech) byla okamžitě odesílána na datový server. Bylo

tak možno průběžně kontrolovat funkčnost všech zařízení.



Obr. 2. Zařízení určené pro lom Mokrá s Li-Pol power bankou 30 000 mAh, které je schopno nepřetržitě měřit a v 15min. intervalech po dobu 3 týdnů zpřístupňovat data on-line.

V průběhu měření se vyskytly celkem tři závady, které bylo možno díky takto navrženému systému okamžitě zjistit a prakticky obratem odstranit, takže nedošlo k poškození ani jedné z časových řad měření. Měření jsme ukončili 31. července, tedy tři týdny po zahájení umělého doplňování zásob řepným cukrem. V této době již včelstva obvykle nejsou schopna ve vyschlé a odkvetlé krajině sama najít dostatečné zásoby nektaru, a tedy další sledování přírůstků hmotnosti je zbytečné.



Obr. 3. Schéma zapojení elektronických vah.

Včelstva byla umístěna ve stejném typu včelích úlů a byla ošetřována v týdenních až dvoutýdenních intervalech srovnatelným způsobem. Úspěšnost celého monitoringu závisela na úspěšném překonání dvou zásadních hrozeb – poškození celého zařízení vandaly a vyrojení či odumření včelstev. Obě rizika se nám ale podařilo zcela eliminovat. Pro maximální ochranu jsme včelstva umístěná volně v krajině v lomu Mokrá oplotili. Včelstva byla současně vedena tak, aby nedošlo k jejich vyrojení. Při zvýšení teploty nad 35 °C nastává okamžik, kdy se včelstvo začne připravovat na vyrojení (Seeley & Tautz 2001), proto byla rojová nálada kontrolována mimo jiné pomocí vnitřní teploty plodiště úlů.



Obr. 4. Včelí úly v časně jarním období umístěné na speciálním podstavci s integrovaným váhovým senzorem.

Odhad zatížení krajiny těžkými kovy a pesticidy

Vedlejším produktem našeho výzkumu byl získaný med. Rozhodli jsme se proto zadat kompletní analýzu obsahu kovů (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Te, Ti, Tl, V, Zn, Zr) a celkem více než 100 druhů pesticidů akreditované laboratoři, abychom mohli porovnat jeho kvalitu. Do laboratoře byly zaslány vzorky medu ze všech tří lokalit z druhého vytáčení (konec června až začátek července).

Sledování aktivity samotářských včel

Ke sledování hnízdní aktivity samotářských včel byly navrženy speciální pasti standardizovaného vzhledu a velikosti tak, aby současně co nejvíce splynuly s okolním prostředím. Jako základní korpus byl zvolen surový kmen lípy o průměru 25 cm a délce 30 cm, do nějž byly vyvrtány 3 otvory o průměru 4 cm a hloubce 26 cm. Do každého otvoru byly vsazeny a upevněny plastové slámky černé barvy v počtu 40 ks o průměru 5 mm a délce 24 cm (Obr. 5). Každá past tedy obsahovala 120 hnízdních rourek.

Výsledky

Hmotnostní přírůstky včelstev

Celkem se podařilo získat a uložit od 25. března do 31. července téměř 80 tisíc měření. Neupravená data zasláná on-line z měřících přístrojů na datový server jsou volně k dispozici na webu <http://www.vcelyvlomu.cz>. Upravená data (po odstranění vlivu včelařských zásahů na aktuální hmotnost úlů) jsou zobrazena na Obr. 6. Hmotnostní záznamy byly zkombinovány s fenologií šesti sledovaných hlavních nektarodárných rostlin vyskytujících se ve všech lokalitách.

První přírůstky hmotnosti byly zaznamenány teprve s rozkvetem trnky obecné (okolo 15. dubna). V této době postupně rozkvétaly další ovocné stromy (jabloně, třešně, slivoně, hrušně), takže do doby odkvětu



Obr. 5. Standardizované včelí pasti připravené k instalaci. Mají přirozený vzhled lipového kmene, v němž jsou 3 otvory a v každém je instalováno 40 rourek stejné barvy.

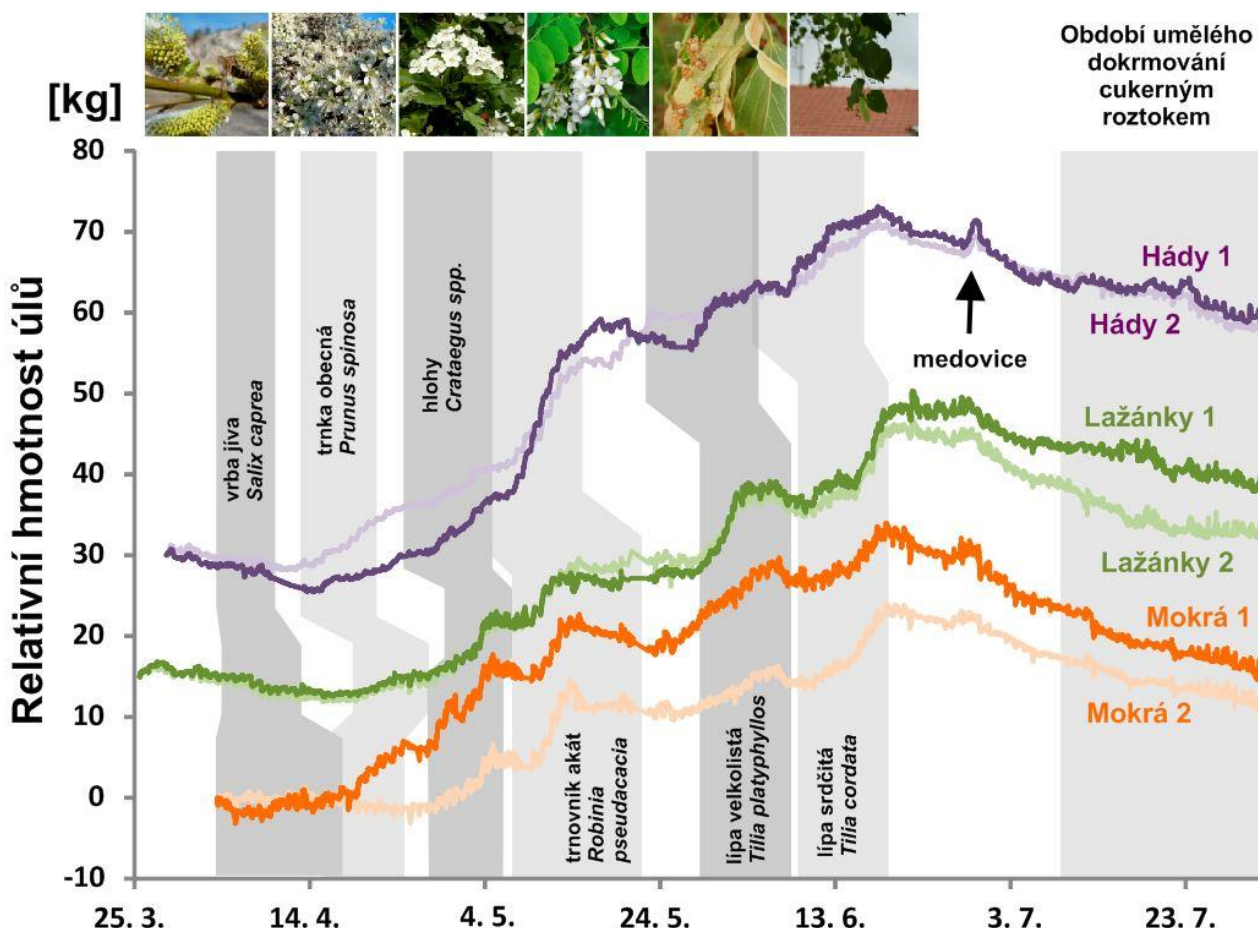
Pro každou ze tří lokalit (Mokrá, Hády, Lažánky) bylo vyrobeno 5 pastí, které byly umístěny na přibližně stejná stanoviště v různých vzdálenostech od monitorovaných včelích úlů (15–350 m). Přední strana pastí byla orientována na jih, umístěna do výšky 0,7–1,2 m nad zemí na osluněné stanoviště. Jejich instalace proběhla 23. března 2018, tedy krátce po posledních silných mrazech. Pasti byly dále sledovány do poloviny července v přibližně dvoutýdenních intervalech. Získaná data byla vyhodnocena v programu Statistica (Dell Software 2015).

Fenologická pozorování

Pro snadnější interpretaci výsledků a definici rozdílů mezi pozorovanými lokalitami jsme zaznamenávali datum rozkvetu (do 10 % rozvitých květů), plného květu (nad 50 % rozvitých květů) a odkvětu důležitých pyloidárných a nektarodárných rostlin (Hagrasim 2013). Fenologické projevy jsme pak srovnali se záznamy hmotnostních přírůstků včelstev. Pomocí druhů, které jsme byli schopni zaznamenat na dvou nebo všech třech lokalitách ve stejné fenologické fázi, jsme stanovili průměrný fenologický rozdíl mezi lokalitami.

Statistické analýzy byly zpracovány v programu R-project (R Development Core Team 2017).

hlohů byla všechna tři stanoviště srovnatelná. Později se lokalita Hády výrazně odlišila od ostatních téměř kontinuálním nárůstem hmotnosti i v dalším období, který byl přerušen pouze jedinou významnější periodou nedostatku (15–30. května). Obě ostatní lokality (Mokrá a Lažánky) se vyznačovaly nepravdělným přínosem nektaru, který byl přerušován dobře patrnými obdobími nedostatku. Ty byly zřetelně delší v lokalitě Lažánky, kde významnější přínos sladiny byl soustředěn pouze do 4 krátkých epizod následovaných dlouhým obdobím stagnace nebo dokonce hmotnostního úbytku. Snůškově výhodné podmínky skončily na všech lokalitách přibližně kolem 20. června a celkově trvaly asi jen 65 dnů. Kolem 27. června se krátkodobě objevila medovice, ale její přínos trval velmi krátce a z hlediska zásob zůstal nepodstatný.



Obr. 6. Čisté hmotnostní přírůstky včelstev od 25. března do 31. července 2018 upravené tak, aby byl odstraněn rušivý vliv veškerých včelařských zásahů. Počáteční hmotnost úlů byla nastavena uměle na 0, 15 a 30 kg v době počátku měření tak, aby byly jednotlivé záznamy vzájemně dobře vizuálně porovnatelné. V grafu jsou vyznačeny počátky a konce kvetení šesti vybraných významných medonosných dřevin.

Nejméně zásob měly včely k dispozici okolo 15. dubna, naopak nejvíce okolo 20. června. Celkový rozdíl sezónní čisté hmotnosti zásob (viz tabulka na Obr. 7) se pohyboval ca. mezi 27–48 kg. Z toho byla část zkonsumována včelami v období nedostatku, takže bylo možné odebráním části zásob získat přibližně 15–25 kg medu na jedno včelstvo. V období od 4. dubna do 10. července (celkem 97 dnů) bylo zaznamenáno 53–64 dnů s pozitivním přírůstkem hmotnosti. Od 10. července (po vytočení poslední části medu) bylo nutno včely postupně začít dokrmovat na zimu.

	Celkový počet měření	Celkový počet dnů měření	Celkový počet dnů s přírůstkem hmotnosti od 4. 4. do 10. 7.	Celkový absolutní rozdíl hmotnosti (max-min) (kg)	Počet vytáčení medu	Celkem získáno medu na jedno včelstvo (kg)
Mokrá 1	16202	120	53	37.2	2	14.4
Mokrá 2			55	27.1		
Hády 1	22803	126	63	47.7	2	22.8
Hády 2			64	43.1		
Lažánky 1	39498	128	54	35.2	3	20.7
Lažánky 2			59	37.9		

Obr. 7. Základní charakteristiky sledovaných včelstev.

Měření teploty uvnitř včelích úlů ukázalo převažující teplotu 34.5 °C výhodnou pro vývoj plodu. Pouze v několika málo epizodách teplota vystoupila nad 35

°C, velmi rychle však opět poklesla. Ve většině úlů se díky efektivnímu větrání při silnějších poklesech teploty dostávala teplota v okolí čidla i pod 25 °C, což snižovalo pravděpodobnost vyrojení včelstev.

Odhad zatížení krajiny těžkými kovy a pesticidy

Většina prvků byla pod hranicí stanovitelnosti, proto nebylo možno lokality srovnat ve všech zadaných parametrech. Prvky, které vykazovaly rozdíl mezi lokalitami, jsou uvedeny v tabulce na Obr. 8. U nich má lokalita Mokrá vždy vyšší hodnoty. U zinku pak hodnota dvojnásobně překonala také nejvyšší hodnotu uváděnou v bakalářské práci K. Matějkové (2015), která analyzovala 45 vzorků českých medů.

	Mokrá (mg/l)	Hády (mg/l)	Lažánky (mg/l)	Maximum (45 vzorků) (mg/l)	Limity a doporučení (různé neformální zdroje) (mg/kg)
Hliník	5,6	<2,0	<2,0	9,6 (Dolní Rožínka)	5,0
Měď	0,43	<0,20	<0,20	1,2 (Pržno)	max. 2,5 (DDD)
Železo	2,3	2,3	<1,0	4,94 (Pržno)	max. 15,0 (DDD)
Mangan	5,19	0,69	2,29	15,0 (Čerenčany)	max. 9,0 (DDD)
Nikl	0,67	<0,50	<0,50	0,707 (Sebranice)	1,0
Zinek	4,22	1,57	2,03	2,58 (Zvole)	max. 10,0 (DDD)

Obr. 8. Tabulka obsahu vybraných prvků v medu s hodnotami nad mezní hranicí stanovitelnosti akreditovanou laboratoří. Hodnoty ostatních prvků nebyly na žádné z lokalit nad hranicí stanovitelnosti. První tři sloupce ukazují naše vzorky medu, ve čtvrtém sloupci jsou maximální hodnoty zjištěné ze 45 vzorků medu posbíraných po České a Slovenské republice (Matějková 2015). Pátý sloupec ukazuje limity a doporučení pro potraviny. Med je však potravina pro zvláštní výživu s malou denní spotřebou, proto jeho kvalita s výjimkou těžkých kovů, pesticidů a antibiotik není ošetřena vyhláškou (DDD – doporučená denní dávka; 1l medu = 1,4kg).

Ve vzorcích medu nebyl zjištěn žádný druh pesticidu nad hranicí rozlišitelnosti akreditovanou laboratoří.

Sledování aktivity samotářských včel

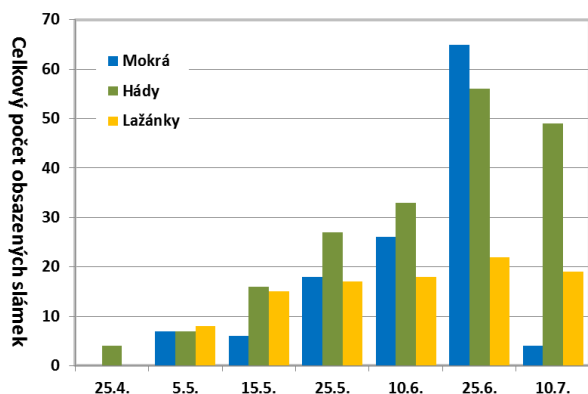
Vzhled, parametry i funkčnost hmyzích pastí se v terénu jednoznačně osvědčily. Pouze 3 pasti zůstaly zcela neobsazené a celková obsazenost jednotlivých klastrů (skupina 40 slámek v jednom otvoru) přesáhla někdy i více než 50%.

	Max. počet obsazených slámek		
	Mokrá	Hády	Lažánky
Past 1	31 (31)	30 (21)	0 (0)
Past 2	5 (4)	11 (11)	4 (0)
Past 3	7 (6)	0 (0)	18 (4)
Past 4	3 (1)	9 (2)	0 (0)
Past 5	23 (23)	8 (6)	2 (2)
Suma	69 (65)	60 (40)	24 (6)

Obr. 9. Tabulka souhrnného počtu všech obsazených rourek a počtu všech rourek obsazených po 20. květnu (v závorce) samotářskými včelami na třech sledovaných lokalitách.

Souhrnný absolutní počet obsazených rourek v jednotlivých lokalitách ukazuje tabulka na Obr. 9. Časová osa postupného obsazování rourek včelami je naznačena v grafu na Obr. 10. Zatímco v obou lomech (Hády, Mokrá) počet obsazených rourek průběžně vzrůstal, v lokalitě Lažánky došlo po časné jarním nárůstu počtu srovnatelném s ostatními lokalitami ke dlouhodobé stagnaci, která měla za následek celkově více než dvojnásobně nižší obsazenost dutinek.

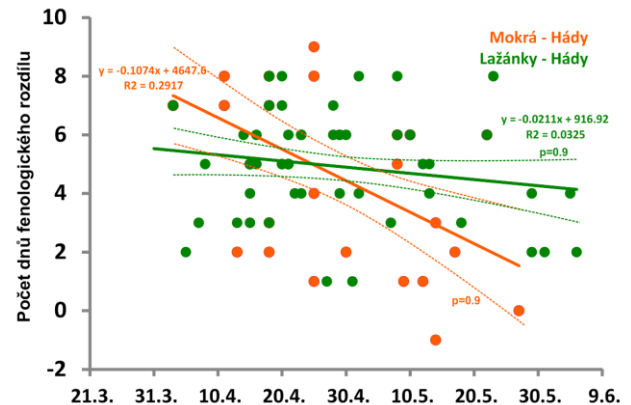
Vliv přímé konkurence včely medonosné na hnízdní aktivitu samotářských včel se ukázal jako statisticky nevýznamný (lineární regrese; $R^2=0,065$, $p=0,36$, $y=13,8805-0,0215x$). Regresní koeficient vzdálenosti pastí od úlů včely medonosné je dokonce negativní, protože dvě pasti nejbližší včelím úlům (Past 1, Hády i Mokrá; tabulka na Obr. 9) vykazovaly jedny z nejvyšších hodnot obsazenosti. Na vyhodnocení hnízdní aktivity samotářských včel proto neměla vzdálenost od včelích úlů rozhodující vliv.



Obr. 10. Celkový počet aktuálně obsazených slámek na jednotlivých lokalitách v průběhu jara a počátku léta 2018.

Slámky byly postupně obsazovány přibližně od 20. dubna, tedy asi měsíc po jejich instalaci. Po období

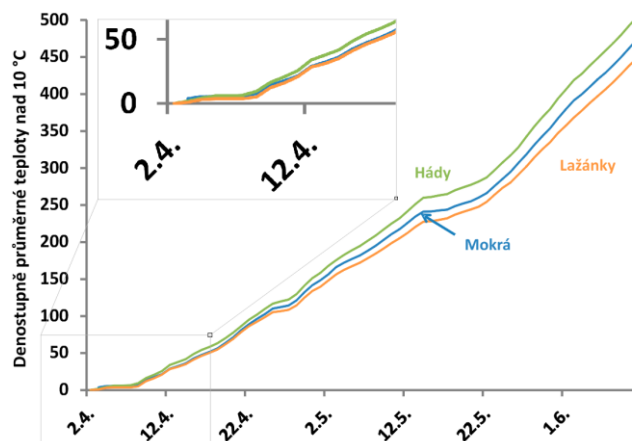
časné jarního nárůstu se počet obsazených pastí zvyšoval jen pomalu. K většímu nárůstu došlo později jen na lokalitách Mokrá a Hády v průběhu června. Dále se pak obsazenost slámek už pouze snižovala (ukončení vývoje, hnízdní parazitizmus).



Obr. 11. Mění se fenologický rozdíl počtu dnů mezi stejným fenologickým projevem na lokalitě Hády a lokalitě Mokrá (oranžově) nebo lokalitě Lažánky (Modře). Každý bod v grafu představuje jeden druh v jedné fenofázi na dvou lokalitách.

Vzhledem k rozkolísanosti hodnot obsazenosti jednotlivých pastí je celkový rozdíl mezi lokalitami za hranicí statistické průkaznosti (Mood's median test; $p=0.15$). Pokud se však zaměříme na rozdíl mezi přírůstkem v obsazenosti pastí po 15. květnu, je rozdíl mezi lokalitou Lažánky a oběma lomy (Mokrá, Hády) statisticky jednoznačně průkazný (Mood's median test; $p=0.03$). V obou lomech po tomto datu tedy přibývá významně více hnízd v porovnání s kulturní zemědělskou krajinou.

Některé hnízdní rourky byly v průběhu sledování obsazeny jinými skupinami hmyzu, zejména pak pavouky (řád *Aranea*) a škvory (řád *Dermaptera*). Jejich četnost ani konkurenční potenciál pro samotářské včely nebyly zjišťovány.



Obr. 12. Graf celkové sumy počtu denostupňů průměrné denní teploty nad 10 °C.

Fenologická pozorování

V průběhu jarní sezóny (březen – červen) jsme zaznamenali fenologické projevy celkem 58 kvetoucích rostlin na jedné až třech lokalitách v jedné až třech fenofázích (počátek květu, plný květ, konec kvetení).

Celkem jsme tedy nashromáždili 229 údajů o rostlinném druhu, místě, době a fenofázi. Nejrychlejší nástup jarního rozvoje vegetace proběhl na Hádech. Ostatní lokality byly zpočátku fenologicky srovnatelné (Obr. 11). Na lokalitách Mokrá a Lažánky v porovnání s lokalitou Hády se vegetace v časně jarním období zpozdila o 6–7 dnů. Z konfidenčních intervalů je patrné, že v Mokré se postupně tento rozdíl zmenšoval. Docházelo zde v porovnání s Lažánkami k postupnému zrychlování nástupu srovnatelných fenofází rostlin. Mokrá proto později fenologicky asi o 2–3 dny předstihla Lažánky. Podobně lze vysledovat měnící se rozdíl v počtu denostupňů průměrně

denní teploty nad 10 °C měřených na místech instalace včelích úlů (Obr. 12). Zatímco zpočátku je rozdíl v počtu denostupňů mezi lokalitou Lažánky a Mokrá zanedbatelný, od druhé poloviny dubna se zvětšuje tak, že lokalita Mokrá leží přibližně v polovině mezi lokalitou Hády a Lažánky.

Díky fenologickým pozorováním jsme měli možnost nejen porovnat lokality vzájemně mezi sebou, ale také zjistit, na které druhy včelstva nejvíce reagují přínosem sladiny a pylu. Tyto nejvýznamnější druhy monitorované na všech třech lokalitách byly promítnuty do Obr. 6.

Diskuze

Hmotnostní přírůstky včelstev

Rok 2018 byl pro včely klimaticky velmi neobvyklý. Na silné časně jarní oteplení včely nestačily rychle zareagovat a většinu jarního nektaru spotřebovaly pro jarní rozvoj. Jedno ze včelstev v lomu Mokrá znamenalo dokonce pozitivní přírůstky hmotnosti až koncem dubna. V porovnání se samotářskými včelami, které shromažďují především zásoby pylu, jsou včelstva včely medonosné (*Apis mellifera*) závislá na produkci nektaru především několika významných nektarodárných druhů. Také vzdálenost sběru nektaru od úlu je díky shromažďování energetických zásob významně vyšší – na místech s chybějící pastvou dosahuje až 9,5 km (Beekman & Ratnieks 2001), a tak nejsou včely závislé pouze na lokálních zdrojích nektaru. Většina včel se však pohybuje obvykle do vzdálenosti 800 m od úlu (Hagler et al. 2011), a tak je blízké okolí úlů pro včely velmi významné. I proto se chování včel na všech třech lokalitách značně lišilo.

Mokrá. Přestože celkový medný výnos v této lokalitě byl nejmenší, byl zde zaznamenán celkově vyrovnanější přínos sladiny než v Lažánkách. Zdá se, že období nedostatku jsou kratší, což může být způsobeno větší diverzitou stanovišť (a tím i větší fenologickou rozrůzněností nektarodárných druhů) nebo větší druhovou pestrostí krajiny. Mokrá tedy vykazuje parametry příznivější než běžná kulturní zemědělská krajina.

Hády. Přírůstky hmotnosti v této lokalitě byly zaznamenány po značnou část sledované doby. Ty byly vyrovnanější než u zbylých dvou lokalit, a to pravděpodobně z důvodu vysoké druhové diverzity, a tedy řady příležitostí pro včely sehnat dostatek nektaru a pylu. To se projevilo i v nejvyšším medném výnosu včelstev ze všech tří lokalit. Opuštěný, správně rekultivovaný lom má tedy pro opylovače velký význam.

Lažánky. V této lokalitě se projevily značné výkyvy indikující závislost včel na několika málo nektarodárných rostlinách zastoupených v krajině. Přírůstky, a tedy i úspěšnost včelaře v daném roce, zde z větší části závisejí na plodinách aktuálně pěstovaných v okolí včelích úlů. V některých letech tak může dojít k úplnému výpadku přínosu nektaru

a k hladovění včelstev. Ta jsou pak odkázána na umělé dokrmování člověkem. Ostatní volně žijící opylovači tuto možnost nemají, proto je taková krajina pro ně velmi riziková a limituje přežití početnějších populací.

Odhad zatížení krajiny těžkými kovy a pesticidy

Pokud lze zajistit precizní stanovení obsahu prvků, je med dobrým nepřímým indikátorem kvality prostředí širšího okolí včelích úlů (Buldini et al. 2001). Jeho analýza prokázala, že med ze všech lokalit neobsahuje nadlimitní koncentrace kovů a pesticidů. Pro porovnání vzorků medu je však třeba pečlivě vybírat laboratoř, která nabízí přesné stanovení jednotlivých prvků i přesto, že jejich koncentrace nepřekračuje povolené limity. Pak by bylo možné lépe srovnávat charakter jednotlivých lokalit. Naše získaná data se omezují jen na několik málo prvků, kterými bylo možné lokality odlišit. Z nich lze pak jen přibližně usuzovat, že v aktivním vápencovém lomu dochází díky prašnosti k vyšší kontaminaci medu některými prvky. Tato kontaminace však zdaleka nedosahuje hodnot, které by byly pro člověka zdraví škodlivé. Med není vhodným indikátorem pro odlišení krajiny zatížené pesticidy. Dalo by se předpokládat, že v kulturní zemědělské krajině budou alespoň některé z nich v medu detekovatelné. Přesto ani jeden z našich vzorků medu žádné zjištěitelné koncentrace pesticidů neobsahoval. Včely jsou totiž efektivní ve filtrování škodlivin, a proto se do samotného medu dostává jen minimum škodlivých látek (du Rand et al. 2015).

Sledování aktivity samotářských včel

Naše pozorování nepotvrdila, že by samotářské včely obsazující námi vytvořené pasti byly v přímé konkurenci se včelou medonosnou, která by limitovala jejich hnízdní úspěšnost. Protože k podobnému závěru došli ve své studii také Steffan-Dewenter & Tschardtke (2000), není zřejmě nutné při výběru stanoviště zohledňovat míru zavčelení krajiny a vzdálenost od existujících včelích úlů.

V následujícím textu jsou analyzovány důvody odlišností mezi jednotlivými lokalitami:

Mokrá. Hnízdní aktivita samotářských včel byla zaznamenána ve všech instalovaných pastech. Počet

obsazených rourek na dvou stanovištích značně stoupl zejména v průběhu června, na začátku července však byla většina hnízd již opuštěna. Lze proto usuzovat, že v této době zde převládá jediný druh, který našel dostatečnou potravní základnu v druhově bohatých porostech na okraji lomu. Širší okolí této lokality navíc není zatíženo používáním pesticidů.



Obr. 13. Ukázka obsazenosti hmyzí pastí na stanovišti Mokrá (Past 1, 19. 6. 2018) vzdálené asi 20 m od včelího úlu. U některých obsazených rourek jsou drobné otvory patrně vytvořené hnízdními parazity samotářských včel.

Hády. Přestože hnízdní aktivita samotářských včel byla zaznamenána jen ve čtyřech pastech, vykazovala zde nejmenší výkyvy v průběhu jara. A to nejspíše proto, že jižní svah Hádů je dostatečně heterogenní a druhově pestrý. Lokalita tak poskytuje po celou jarní sezónu dostatečné množství rostlin produkujících nektar a pyl. S výjimkou zahrádek není území také zatíženo používáním pesticidů.

Lažánky. Více než dvojnásobně nižší počet obsazených slávek oproti ostatním dvěma lokalitám a celkovou obsazenost zaznamenanou pouze u 3 pastí lze vysvětlit jednak podstatně nižší potravní nabídkou pro samotářské včely v pozdním jaru a jednak významně častějším a plošným používáním pesticidů v zemědělské krajině. Zatímco v časném jaru poskytují významnou potravní základnu hmyzím opylovačům např. vrby (*Salix* spp.), časné plevelné a ruderální druhy (např. podběl, pampeliška) i ovocné stromy, ve druhé části jara krajina "přestane kvést". Na polích odkvete řepka olejka (*Brassica napus*), převládá kukuřice (*Zea mays*) a další většinou rostliny (obilniny), účinkem herbicidů zmizí kvetoucí plevely, pole jsou ošetřena insekticidy, a protože také okolní krajina je druhově chudá (viz. Obr. 1), potravní základna hmyzích opylovačů se v této době významně snižuje. To má zřejmě celkově za následek poměrně značný úbytek pozdně jarních a letních druhů samotářských včel v zemědělské krajině. K podobným výsledkům došli Hallman et al. (2017) v jedné z nejcitovanějších entomologických

studií z Německa (45 citací za 9 měsíců; zdroj: *PLoS ONE*) zabývající se úbytkem létajícího hmyzu za posledních 27 let. Tito autoři zjistili celkový úbytek hmyzu o 76%. Podstatné však je, že v letních měsících byl úbytek ještě o čtvrtinu vyšší (82%).

Zjištěné rozdíly dobře korespondují s údaji, které jsme získali z hmotnostních přírůstků sledovaných včelstev. Ve středoevropských podmínkách v době po odkvětu trnovníku akátu (*Robinia pseudacacia*) a před rozkvetem lípy velkolisté (*Tilia platyphyllos*) nastává přechodné období nedostatku nektaru i pro komerční včelstva. Zatímco na lokalitě Hády bylo toto období na hmotnostních přírůstcích patrné nejméně, výraznější bylo v lokalitě Mokrá a nejvíce patrné v lokalitě Lažánky.

Poměrně zajímavé by bylo také zjistit druhové zastoupení samotářských včel na jednotlivých lokalitách, které nemusí být triviální. Ze vzhledu zátek, kterými včely víčkují jednotlivé slámky, lze jen usuzovat na zastoupení více různých druhů na všech sledovaných lokalitách. V ČR žije více než 600 druhů včel (Macek 2010), přičemž určitá část z nich v podobných rourkách může hnízdit. Například výzkum druhového složení obsazovaných hnízdních pastí v podobě hmyzích domečků provedený ve Francii (Fortel et al. 2016) zaznamenal takto celkem 24 druhů samotářských včel. Rozhodli jsme se proto zachycené druhy determinovat, ale z důvodu kultivace larev nelze stihnout determinaci v časovém rámci projektu QLA (determinace je přislíbena předním expertem v ČR na blanokřídlé doc. Antonínem Přidalem, MENDELU Brno).

Fenologická pozorování

V porovnání s průměrnými hodnotami nástupu plněného květu u řady dřevin za období 1991–2010 uváděnými v Atlase fenologických poměrů Česka (Hájková 2012) se v roce 2018 na všech třech lokalitách úspěšil fenologický rozvoj zpočátku o jeden týden. Tento rozdíl se však dále zvyšoval až na dva, a později dokonce téměř na tři týdny. Přitom vzájemný rozdíl mezi lokalitami se v letošním roce naopak postupně zmenšoval. Docházelo tak mnohdy k situaci, kdy dřeviny kvetoucí obvykle ve zcela jinou dobu rozkvetaly téměř současně. Toto netypické jaro bylo podpořeno absencí chladných period, které fenologické projevy rostlin zpomalují.

Fenologický rozdíl mezi lokalitou Hády a Mokrá se s postupujícím jarem zmenšoval, zatímco mezi lokalitou Lažánky a Hády zůstával víceméně stejný. Tento stav lze vysvětlit větší heterogenitou biotopů v lokalitě Mokrá, ale zřejmě také přítomností klimatického jevu zvaného tepelný ostrov, který se díky značnému úbytku vegetačního krytu a rozsáhlým plochám obnaženého podloží v tomto dobovacím prostoru vyskytuje.

Závěrečné shrnutí

Aktivita včelstev odpovídá především charakteru bezprostředního okolí včelích úlů. Mezi všemi sledo-

vanými lokalitami se ukázaly dobře odlišitelné rozdíly. Podle hmotnostních přírůstků včelstev lze tedy

dobře sledovat a popsat kvalitu a časové rozložení potravních zdrojů pro opylovače. I když se včelstva svou aktivitou úplně neshodují s hnízdní aktivitou samotářských včel, je možné dobře popsat vzájemný vztah obou nezávislých měření. Zdá se, že lokality s nárazovými potravními zdroji (navíc především v podobě dřevin) jsou pro samotářské včely méně vhodné. Přibližně mezi 15. a 30. květnem nastává v podmínkách střední Evropy pro všechny skupiny včel kratší období nedostatku. Skupina samotářských včel je zřejmě mnohem citlivější na používání pesticidů v krajině, protože jejich působení je vystaven každý dospělý jedinec v populaci. U kolonií včely medonosné dochází ke kontaktu s cizorodými látkami jen u létavek, které reprezentují asi 10–20 % velikosti včelstva. Při silném zasažení mají sociálně žijící včely v porovnání se včelami samotářskými mnohem větší potenciál regenerace populace. Proto se ve středoevropské kulturní krajině nedostává opylovačů zejména po 15. květnu.

Sledování aktivity včely medonosné a některých druhů samotářských včel bylo technicky náročným

pilotním ověřovacím projektem, u kterého nebylo předem možno předpovídat úspěšnost ani výsledek. Proto považujeme za velký úspěch, že se podařilo projekt ve všech předem definovaných směrech úspěšně dokončit a získat ucelené interpretovatelné výsledky. Sledování hmotnostních přírůstků včelstev ukázalo rozdíly mezi lokalitami, které lze interpretovat ve shodě s aktivitou samotářských včel.

Pasti pro samotářské včely se ukázaly jako vhodný nedestruktivní nástroj pro kvantitativní hodnocení hnízdní aktivity samotářských včel. I přes malý počet opakování bylo možno statisticky odlišit hustotu populací na jednotlivých lokalitách, která koresponduje s dalšími nezávisle zjišťovanými charakteristikami (druhovými diverzita a hmotnostní přírůstky sledovaných včelstev). Navíc jsme ověřili, že lze tyto pasti instalovat bez ohledu na vzdálenost od komerčních včelích úlů obsazených silnými populacemi včely medonosné (*Apis mellifera*). Vzhledem ke kosmopolitnímu rozšíření včel (nadčeleď *Apoidea*, asi 20000 známých druhů) lze pravděpodobně podobnou metodiku použít téměř po celém světě.

Popularizace projektu

Pokusili jsme se, aby se o našem projektu a jeho výsledcích dozvědělo co nejvíce lidí. Na oficiálních stránkách projektu <https://quarrylifeaward.com> jsme průběžně uveřejnili téměř 90 krátkých zpráv týkajících se zajímavostí ze života samotářských včel, včelaření a ošetřování včelstev a o postupu realizace našeho projektu. Všechny tyto zprávy jsme následně přenesli na speciálně vytvořené facebookové stránky "Včely v lomu". Z důvodu prezentace on-line záznamů ze včelích úlů vznikl celý specializovaný web <http://vcelyvlomu.cz>, jehož celková návštěvnost dosáhla za dobu trvání projektu více než 4000 přístupů, tedy přibližně 15 unikátních návštěv denně. Tyto stránky jsou atraktivní zejména pro včelaře, kteří na svém stanovišti úlovou váhu nemají. K projektu jsme vyrobili dva informační panely, z nichž jeden byl instalován v lomu Mokrý, druhý pak v Lamacentru Hády. To je navštěvováno ročně asi 15 000 návštěvníky. Dne 10. června jsme uspořádali zážitkovou akci pro veřejnost v Lamacentru Hády, kde jsme návštěvníkům kromě výkladu o včelách a včelaření nabídli možnost ochutnávek medu ze tří monitorova-

ných lokalit. Podobnou akci jsme pak zopakovali 8. září v cementárně Mokrý, kam přišlo přes 2000 návštěvníků. Dne 27. června jsme vydali tiskovou zprávu o stavu naší krajiny vzhledem k aktivitě samotářských včel, která byla v průběhu prázdnin publikována v několika internetových zdrojích (iDnes, BrněnskoDnes, Český svaz včelařů, Naše voda, En- vlivweb, Jihomoravské novinky, ZO ČSV České Budějovice a První zprávy).



Obr. 14. Prezentace projektu, včelaření a ochutnávka mnoha druhů medu z celého světa na oslavě 50. výročí provozu v cementárně Mokrý 8. září.

Výstupy a doporučení pro praxi

Ověření nových výzkumných metod

V rámci projektu bylo navrženo, sestrojeno a zprovozněno zařízení zaznamenávající on-line hmotnostní přírůstky včelích úlů. Otestovali jsme, že takové zařízení lze sestavit levně a s relativně nízkými provozními náklady i v lokalitách, kde není k dispozici elektrická energie (lom Mokrý). Protože jsou včelstva komerčně chována prakticky po celém světě, je námi navržená metoda sledování vlivu druhové pestrosti krajiny na opylovače snadno přenositelná. Elektronické zařízení je využitelné i mnoha jinými způsoby.

Výměnou senzorů a drobnou úpravou software je schopno přesně zaznamenávat např. kolísání hladiny spodní vody ve vrtech, okamžitý průtok povrchové vody, případně další měřitelné vlastnosti prostředí, které on-line předává ke zpracování. Zařízení je proto ideální například pro dlouhodobou veřejnou prezentaci kvality prostředí.

Také med může sloužit jako dobrý indikátor prostředí, pokud je k dispozici dostatečně velký soubor údajů z jiných lokalit. Vzhledem k našim malým zkušenostem však zatím není jasné, jak se vzájemně liší

medy z jedné lokality v průběhu vegetační sezóny, a jakou tedy má zjištěný rozdíl vypovídací hodnotu.

Dalším z významných výstupů tohoto projektu je návržení standardizovaných hnízdních pastí pro samotářské včely a ověření jejich funkčnosti. Projekt ukázal, že námi navržené pasti jsou (1) ve vhodném prostředí hojně obsazované samotářskými včelami, (2) mají standardizovanou podobu vhodnou pro srovnávací studie, (3) na rozdíl od jiných entomologicky využívaných metod sledování populací včel naše pasti neovlivňují negativně četnost dospělých jedinců lokálních populací.

Zkvalitnění biologických rekultivací

Náš projekt ukázal, že pro podporu hmyzích opylovačů je spíše než zastoupení vzácných rostlin výhodné dostatečné zastoupení mnoha i zcela běžných kvetoucích druhů. Uvedeme zde několik příkladů našich domácích dřevin, které jsou zásadními producenty pylu a nektaru pro fytofágní blanokřídlý hmyz, a přitom se dosud v rekultivacích zcela nebo téměř neobjevují:

Vrba jíva (*Salix caprea*). Jedná se o rychle a spontánně se šířící druh, který je z rekultivovaných ploch spíše vytlačován jako plevelná dřevina. Jde o dvoudomou rostlinu se samčími a samičími exempláři, přičemž samčí jedinci poskytují v průběhu časného jara obrovské množství pylu a nektaru pro motýly, brouky, včely a další hmyz. Přes možnost snadného množení řízků se pro výsadbu v rámci rekultivací vůbec nepoužívá. Pokud by bylo třeba zamezit následnému šíření tohoto druhu po výsadbě, lze vysazovat pouze vegetativně pěstované samčí jedince, kteří neprodukují semena.

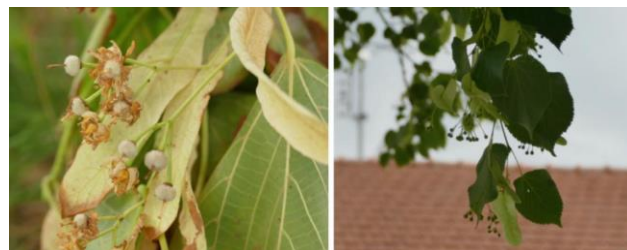


(Plané) ovocné stromy (jabloně, hrušně, třešně, slivoně, trnky atd.). Jako příměs do rekultivačních výsadeb se používají zřídka. Přitom jak kombinace druhů, tak kombinace sadovnický roubovaných kultivarů ovocných stromů i jen jediného druhu (např.

třešně) mohou prodloužit dobu jeho kvetení až na několik týdnů, protože právě rozdílný čas kvetení je vlastností mnoha kultivarů. Výsadbou starých ovocných odrůd lze navíc nahrazovat pestrost zanikajících extenzivních sadů ve volné krajině. Pro rozrůznění fenologických projevů výsadeb pomůže také rozdílná topografie terénu.



Lípa srdčitá vs. lípa velkolistá (*Tilia cordata* vs. *T. platyphyllos*). Jsou to dvě naše původní, velmi podobně vypadající dřeviny s podobnými ekologickými nároky, které se však od sebe liší značně rozdílnou dobou květu. Ta je posunuta asi o čtrnáct dnů a prodlužuje tak období dostatku pro hmyzí opylovače od poloviny června do začátku července. Pro reálné výsadby se obvykle nakupují sazenice pouze jednoho druhu, i když by bylo velmi vhodné nejen vysazovat oba dva druhy současně, ale sazenice také střídát.



V rekultivačních projektech by zcela jistě velkou výhodou pro hmyzí opylovače bylo podporovat šíření hmyzosubných rostlin a zakládat (ale také dlouhodobě udržet) co možná největší druhovou pestrost budoucích přírodě blízkých trávníků, křovin a lesních porostů.

Zavedením těchto drobných úprav lze dosáhnout druhově pestřejší postindustriální krajiny nejen z pohledu vegetačního krytu, ale také s ohledem na živočišné druhy, které jsou na rostlinách potravně závislé. Radost lze tak bezděky udělat také včelařům podpořením produkce a kvality medu.

Citovaná literatura

Anonymus. 2017. Aktuální počet chovaných včelstev v ČR. *Moderní včelař* 14(12):7. Beekman M & Ratnieks FLW. 2001. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. *Functional Ecology* 14: 490-496. Buldini PL, Cavalli S, Mevoli A & Sharma JL. 2001. Ion chromatographic and voltammetric determination of heavy and transition metals in honey. *Food Chemistry* 73: 487-495. Butz Huryn VM 1997. Ecological impacts of introduced honey bees. *The Quarterly Review of Biology* 72:275-297. Campbell JW & Hanula JL. 2007. Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *J. Insect Coserv.* 11:399-408. Cane JH, Minckley R, Kervin L. 2001. Sampling bees (Hymenoptera: Apiformes) for pollinator community studies: pitfalls of pan-trapping. *Journal of the Kansas Entomological Society* 73:208-214. Coffey MF & Breen J. 1997. Seasonal variation in pollen and nectar sources of honey bees in Ireland. *Journal of Apicultural Research* 36: 63-76. Crane E. 1990. *Bees and Beekeeping: Science, Practice and World Resources*. Ithaca, NY: Cornell University Press. Donkersley P, Rhodes G, Pickup RW, Jones KC & Wilson K. 2014. Honeybee nutrition is linked to landscape composition. *Ecology and Evolution* 4:21. Fortel L. et al. 2016. Use of human-made nesting structures by wild bees in an urban environment. *Journal of Insect Conservation* 20:239-253. Gathmann A & Tscharrnke T. 2002. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology*. 71:757-764. Hagler JR, Shannon M, Teuber LR, Machtley SA & Deynze AV. 2011. Foraging Range of Honey Bees, *Apis mellifera*, in Alfalfa Seed Production Fields. *Journal of Insect Science* 11:144. Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, Stenmans W, Müller A, Sumser H, Hörrn T, Goulson D & de Kroon H. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12(10): e0185809. Hájková L. 2012. *Atlas fenologických poměrů Česka*. Český hydrometeorologický ústav, Praha. Hagrasm O. 2013. *Včelařské dřeviny a byliny*. Grada, Praha. Kühn I, Durka W & Klotz S. 2004. BIOLFLOR – a new plant-trait database as a tool for plant invasion ecology. *Diversity and Distributions* 10:363-365. Laštůvka Z. 2014. Druhové spektrum a změny taxocenóz motýlů (*Lepidoptera*) v prostoru lomu Mokrá. Ms. Macek J. 2010. *Blanokřídlí České republiky I.: Žahadloví*. Academia, Praha. Matějková K. 2015. Stanovení stopových prvků ve vzorcích českého medu. Vyoká škola chemicko-technologická v Praze. Ms. du Rand EE, Smit S., Beukes M., Apostolides Z, Pirk CWW & Nicolson SW. 2015. Detoxification mechanisms of honey bees (*Apis mellifera*) resulting in tolerance of dietary nicotine. *Scientific reports* 5:11779. Seeley TD & Tautz J. 2001. Worker piping in honey bee swarms and its role in preparing for liftoff. *Journal of Comparative Physiology A* 187:667-76. Steffan-Dewenter I & Tscharrnke T. 2000. Resource overlap and possible competition between honey bees and wild bees in central Europe. *Oecologia* 122:288-296. Tichý L. 2005. *Rekultivace blízké přírodě*. ZO ČSOP Pozemkový spolek Hády, Brno. 47 p.

Project tags (select all appropriate):

This will be use to classify your project in the project archive (that is also available online)

Project focus:

- Beyond quarry borders
- Biodiversity management
- Cooperation programmes
- Connecting with local communities
- Education and Raising awareness
- Invasive species
- Landscape management
- Pollination
- Rehabilitation & habitat research
- Scientific research
- Soil management
- Species research
- Student class project
- Urban ecology
- Water management

Flora:

- Trees & shrubs
- Ferns
- Flowering plants
- Fungi
- Mosses and liverworts

Fauna:

- Amphibians
- Birds
- Insects
- Fish
- Mammals
- Reptiles
- Other invertebrates
- Other insects
- Other species

Habitat:

- Artificial / cultivated land
- Cave
- Coastal
- Grassland
- Human settlement
- Open areas of rocky grounds
- Recreational areas
- Sandy and rocky habitat
- Screes
- Shrub & groves
- Soil
- Wander biotopes
- Water bodies (flowing, standing)
- Wetland
- Woodland

Stakeholders:

- Authorities
- Local community
- NGOs
- Schools
- Universities