

## Kdo najde víc, vyhrává – jedinečná metoda výzkumu lišejníkové diverzity



V restauracích a vinárnách občas vznikají zajímavé nápady. Jednou nás nad sklenkou vína udivilo, že jsme dosud neslyšeli o soutěži, kdo najde víc druhů nějaké skupiny organismů (např. cévnatých rostlin) na určitém území. Přítom taková soutěž se přímo nabízí např. při inventarizacích (průzkumech biodiverzity) přírodních rezervací. Je přece známá věc, že víc očí víc vidí, a navíc oči, které nechtějí prohrát, se i víc snaží. A tak jsme se rozhodli, že uspořádáme soutěž (vědecký experiment) „kdo najde větší počet druhů, vyhrává“ za účelem studia diverzity lišejníků vybraného území. Později jsme se dozvěděli, že podobné soutěže pořádají třeba botanici, ovšem pokud víme, nikdo takové experimenty nevyužívá jako metodickou součást při seriózních inventarizacích.

### Proč jsme začali přemýšlet nad metodikou studia diverzity lišejníků?

Po několika let jsme navštěvovali různé lesní rezervace ve střední Evropě a sepisovali nalezené druhy lišejníků. Naše práce se tak podobala klasické floristice, což nestačilo na vědecké srovnání jednotlivých lokalit. Zřetelně se ukázalo, že se počty druhů a druhové složení lišejníků z různých lokalit značně liší. Rozdílly jsme zaznamenali i mezi velmi podobnými lokalitami v rámci jediného pohoří. Rozhodli jsme se výzkum zacílit na srovnávání lišejníků ve zbytkách pralesovitých porostů střední Evropy a na rozdílly v diverzitě lišejníků mezi pralesovitými a kulturními porosty. Získaná data nám pomohou zjistit, o kolik druhů a o které konkrétně jsou ochuzeny lesní porosty narušené např. fragmentací, znečištěním ovzduší nebo hospodářskými zásahy v minulosti. Bude také možné rozlišit, které druhy jsou vázány na pralesy (pra-

1 Národní přírodní rezervace Cahnov-Soutok v oblasti soutoku Moravy a Dyje, kde se uskutečnily experimenty, patří k nejcennějším ukázkám pralesovitých lužních lesů v České republice. Pro území jsou charakteristické několik set let staré exempláře dubu letního (*Quercus robur*) jako pozůstatek pastevních lesů v minulosti. Z dalších dřevin jsou zastoupeny hlavně jasan úzkolistý (*Fraxinus angustifolia*), habr obecný (*Carpinus betulus*) a javor babyka (*Acer campestre*).

lesní indikátory) a které s větší nebo menší pravděpodobností mohou růst i mimo ně.

Abychom získali představu o znalostech lišejníků ve stredo-evropských pralesích, seznámili jsme se s desítkami prací zabývajících se diverzitou ve starých lesích. Nebylo překvapující, že jednotlivé studie se velmi lišily kvalitou získaných dat. Většina zdrojů jednoznačně obsahovala jen soupis náhodně sebraných druhů. Pouze v několika jsme našli zmínku o metodice a vždy šlo o výzkum na náhodně zvolených plochách malých rozměrů či na plochách pravidelně rozmístěných v lesním porostu. Dosavadní práce se téměř nezabývaly problematikou úplnosti dat o lišejníkové diverzitě a nikdo se nepokusil inventarizace lišejníků standardizovat tak, aby bylo možné zachytit reprezentativní diverzitu lokalit, zopakovat inventarizaci na stejném místě stejnou metodikou a smysluplně srovnat lokality. My se nyní snažíme používat metody, které tyto tři body zohledňují.

### Experimenty v lužním lese

Nápad z vinárny se nám podařilo realizovat a na jaře 2014 jsme uspořádali první lichenologický závod. Jeho účelem bylo

provést inventarizaci lišejníků starého lužního lesa chráněného v rámci národní přírodní rezervace Cahnov-Soutok (11 ha, obr. 1) v oblasti soutoku Moravy a Dyje na jižní Moravě a ukázat, jak mohou soutěživí odborníci přispět ke zvýšení kvality inventarizačních průzkumů. Experiment jsme uskutečnili začátkem dubna, kdy jsou pravděpodobně nejlepší podmínky k výzkumu lužního lesa (dostatek světla, absence kopřiv i komárů). Kromě autorů tohoto článku jsme do soutěže pozvali dalších 6 zkušených evropských specialistů na lišejníky.

Cahnov byl vybrán z několika důvodů. Nikdo ze zúčastněných v tomto lese předtím nebyl, takže nikdo neměl výhodu „domácího prostředí“. U vybrané lokality se dala předpokládat vysoká diverzita lišejníků díky pralesovitému charakteru porostu a přítomnosti více druhů stromů včetně starých exemplářů (hlavně dubů). A v neposlední řadě, lišejníková diverzita lužních lesů je málo známa a přitom se předpokládá, že zachovalé zbytky starých lužních lesů mohou sloužit jako poslední útočiště nížinných epifytických lišejníků, které se nevyskytují v jiných typech lesů.

Udělalí jsme dva pokusy. „Velký experiment“ trval dva dny (dvakrát 6 hodin) na území oploceného Cahnova, s výjimkou vyznačené plochy 1 ha určené pro „malý experiment“. Každý z 8 lichenologů pracoval v území samostatně a zaznamenával nálezořová data odděleně pro každou hodinu trvání pokusu. V rámci malého experimentu, který probíhal pouze tři hodiny, lichenologové pracovali ve dvou soutěžících týmech spolupracujících odborníků a zaznamenávali data po půlhodinách. Hlavním účelem bylo porovnat celkovou zjištěnou diverzitu lišejníků a diverzitu zaznamenanou jednotlivými badateli nebo týmy v rámci převážně homogenního lesního porostu.

Mnohé druhy lišejníků je těžké nebo dokonce nemožné poznat v terénu a jejich sebrané vzorky musíme zkoumat mikroskopicky, případně zjistit jejich sekundární metabolity („lišejníkové kyseliny“), např. pomocí tenkovrstvé chromatografie (Žíva 2012, 6: 276–278). Soutěžící proto měli několik měsíců čas na určení sběrů. Poté jsme získali od všech data – kolik druhů kdo našel v jednotlivých periodách obou experimentů. Po značném úsilí vynaloženém na kontrolu správných určení jednotlivých druhů a po vytvoření jednotného druhového konceptu jsme mohli data analyzovat – výsledek byl velmi překvapivý.

### Kumulativní křivky nalezených druhů

Základní analýza velkého experimentu, kumulativní křivka nalezených druhů (viz obr. 2), odhalila nečekané zjištění. Zatímco rozmezí nálezů jednotlivých odborníků za 12 hodin bylo 87–127 druhů, celkový počet druhů na lokalitě čítal 194. To znamená, že jednotlivci byli schopni najít pouze 45–66 % ze všech zjištěných druhů. Podobný výsledek, i když ne tak extrémní, ukazují i kumulativní křivky z malého experimentu (obr. 3). Výsledky z obou analýz budí dojem, že ani sebelepší lichenolog-florista nemůže nikdy zvládnout inventarizaci určitého území natolik vyčerpávajícím způsobem jako skupina soutěžících



lichenologů. Některé druhy lišejníků jsou dokonce tak nenápadné, že bývají často sebrány jen náhodně. Mnoho lišejníků navíc roste pouze na jednom či několika málo stromech v celé rezervaci a není v silách jednotlivce prozkoumat detailně všechny stromy v 10hektarovém území. Abychom podrobněji demonstrovali naše přesvědčení o důležitosti každého odborníka, vytvořili jsme křivku závislosti počtu nalezených druhů na počtu zahrnutých soutěžících (obr. 4). Je zřejmé, že v podstatě každý z vybraných účastníků přispívá k úplnosti inventarizačního průzkumu.

Z tvarů kumulativních křivek na obr. 2 a 3 se dá usoudit, že experimenty by mohly dále probíhat a celkový počet zaznamenaných druhů by ještě rostl. Toho jsme si byli vědomi už v průběhu inventarizace, ovšem lze těžko zajistit, aby soutěžící pracovali se stejným úsilím na téže ploše dalších několik hodin. Motivace většiny by klesala poté, co se výrazně sníží přírůstky nově nalézaných druhů. Snížovala by se i jejich pozornost, kterou lze sotva udržet při prohlížení stále se opakujících lišejníkových společenstev, což pak vede k přehlížení nových druhů. Předpokládáme tedy, že by celková kumulativní křivka i individuální křivky velmi záhy přestaly růst.

### Podíl soutěživosti na získaných datech

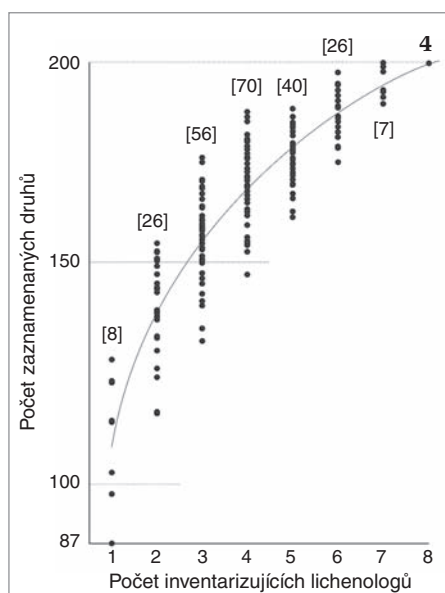
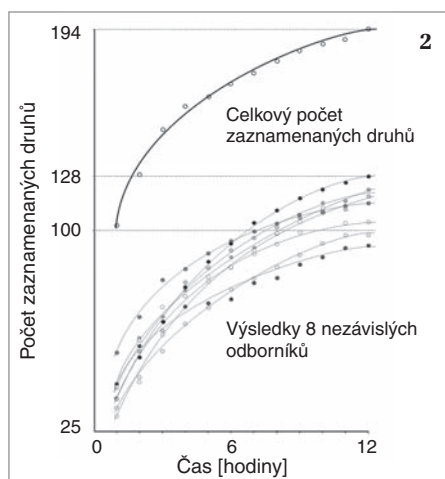
Použití soutěž „kdo najde víc, vyhrává“ jako součást metodiky inventarizačních průzkumů považují mnozí za odvážné: výzkum není sport, a skutečnost, že více odborníků najde více druhů, je tak triviální, že ani nestojí za to se o ní zmiňovat v metodikách. Soutěživost navíc nebyla při našich experimentech testována a nemůžeme tedy dokázat její vliv na získaná data.

Testovat soutěživost při inventarizačních průzkumech je i teoreticky problematické a prakticky téměř nezvládnutelné, už kvůli řadě komplikujících proměnných, které budou testy ovlivňovat (přínejmenším např. momentální podmínky výzkumu a kondice badatelů). Na druhou stranu, soutěživost mezi odborníky podle nás není třeba testovat, protože většina specialistů v oblastech diverzity jakýchkoli organismů si zakládá na své znalosti obořu. Potom jsou inventarizace uskutečněné v jednom území nezávisle několika odborníky vlastně sportem, kdy se každý snaží najít něco nového nebo větší počet organismů než jiní. Pozitivní efekt soutěživosti na zvyšování výkonu sportovců chápeme jako přirozený jev, obecně přijímaný bez jakýchkoli vědeckých testů.

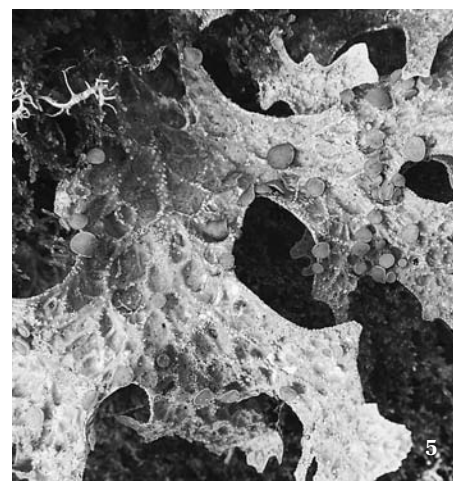
### Kolik odborníků a času vyžaduje kvalitní inventarizace

V současné době je moderní inventarizovat nejrůznější území, často přírodní rezervace. Přestože taková práce poskytuje důležitá data, obvykle narážíme na stejný problém – výsledky nejsou mezi sebou rozumně srovnatelné. Mnohé průzkumy dělá jen jeden odborník a často nedostatečně detailně, přičemž oficiální metodiky průzkumů většinou o těchto jevech mlčí.

Kumulativní křivky nalezených druhů nás přivedly na myšlenku jednoduché standardizace intenzity inventarizačních průzkumů. Jde o zaznamenávání nálezo- vých dat periodicky v průběhu výzkumu.



To mohou být půlhodiny u hektarových inventarizací nebo třeba dny u velkých území. Pokud se výzkum dostane do stadia, že se v inventarizačních periodách již nenacházejí nové druhy a byly prozkoumány všechny přítomné biotopy, lze ho považovat za ukončený (obr. 7). Tento metodický postup řeší otázku času vyžadovaného pro inventarizaci, ne však počet odborníků potřebných pro výzkum. To je mnohem složitější otázka a obáváme se, že na ni nelze odpovědět. Každý odborník má totiž unikátní znalosti, vlastní způsob terénní práce a schopnost lišejníky v terénu nacházet a rozpoznávat. Celý metodický problém navíc komplikují nestojné podmínky na jednotlivých plochách, např. rozdíl v počasí, kdy za vlhka mnohé druhy vůbec nenajdeme. Momentální fyzická kondice badatelů také hraje roli. Nakonec dojdeme k prostému pravidlu: čím více odborníků se na inventarizaci podílí, tím lépe (viz obr. 4).



**2** Kumulativní křivky nalezených druhů v průběhu velkého experimentu (blíže v textu) při inventarizaci lišejníků lužních lesů v NPR Cahnov-Soutok. Celková kumulativní křivka je znázorněna tučně a leží vysoko nad křivkami jednotlivých badatelů.

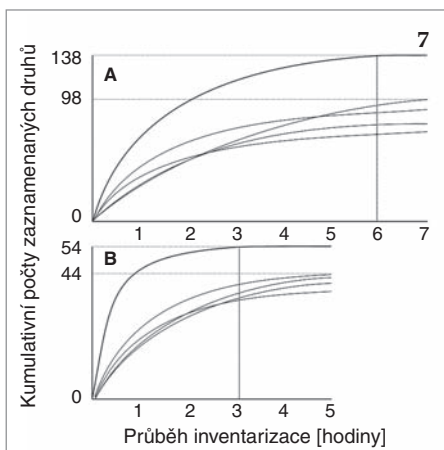
**3** Kumulativní křivky nalezených druhů při malém experimentu. Křivky obou týmů opět leží zřetelně pod tučně vyznačenou celkovou kumulativní křivkou.

**4** Závislost počtu zaznamenaných druhů na počtu inventarizujících lichenologů – na základě dat z velkého experimentu. Byla použita nálezo- vých data od 8 odborníků pracujících na lokalitě samostatně 12 hodin. Čísla v hranatých závorkách vztahující se k hodnotám osy x vyjadřují počet možných kombinací lichenologů při dané velikosti skupin.

**5** Důlkatec plicní (*Lobaria pulmonaria*) lze ve střední Evropě považovat za indikátor pralesovitých porostů. Např. v alpských údolích se však může vyskytovat i na mladých dřevinách mimo staré lesy. Vyžaduje vysokou vzdušnou vlhkost, dostatek světla a čisté ovzduší.

**6** Z rodu kalichovka patří mezi lichenizované houby jen několik druhů (tj. ostatní tvoří lišejníky). Kalichovka okoličnatá (*Lichenomphalia umbellifera*) je nejojnějším evropským bazidiolišejníkem (mykobiontem je stopkovýtusná houba – *Basidiomycota*). V lesních porostech vyhledává vlhké tlející dřevo, na kterém ji rozeznáme podle stélky tvořené tmavě zelenými granulkami. Hojná je především v horských přirozených smrčínách a rašelinných borech. Snímky J. Malíčka

7 Stanovení času potřebného pro inventarizaci. V konkrétních případech jde o lišejníky smrkových lesů na plochách 1 ha za účasti čtyř odborníků. A – Pralesovitý porost bohatý na vzácné druhy, v němž došlo k nasycení celkové nálezové křivky po 6 hodinách výzkumu. B – Kulturní smrčina, kde se tak stalo již po třech hodinách. Předběžná data z výzkumů kulturních a pralesovitých smrčín v Hrubém Jeseníku. Obě plochy se nacházejí v národní přírodní rezervaci Praděd. Všechny orig.: J. Vondrák



Chceme-li tedy zastihnout většinu lišejníků, které se na dané lokalitě vyskytují, můžeme tento postup vřele doporučit. Uznáváme však, že realizace je náročná na organizaci a také zpracování dat, především na kontrolu výstupních údajů od jednotlivých odborníků.

### Vycházejí vědecké studie z dostatečně kvalitních primárních dat?

Výsledky našich experimentů vlastně narážejí na další závažný problém, který se týká vědeckých prací. Typickým příkladem mohou být různé ekologické studie

pracující s lišejníky na určitých plochách. Získávání těchto dat se zpravidla nevěnuje velká pozornost, alespoň co se týče intenzity a podrobnosti průzkumu. Často dokonce průzkum dělá více odborníků, avšak každý na jiných plochách a nikoli společně. To jistě platí nejen v případě lišejníků. Snadno tak může dojít k získání zkrleslých dat, z nichž pak vycházejí nepřesné, možná až mylné výsledky.

Zajímavé je, že diskuze odborníků nebo recenze různých prací se většinou soustředí právě na složité statistické metody, kterým někdy rozumí jen hrstka lidí, málokdo se už zabývá úplným základem, a to jestli máme sebrána kvalitní a vzájemně porovnatelná data. Všichni přitom vědí, že existuje obrovský rozdíl např. mezi fytoocenologickým snímkem od začínajícího studenta a snímkem zkušeného fytoocenologa, který pečlivě určí i veškeré sterilní rostliny. A přitom není výjimkou, že taková data bývají srovnávána.

Zvláště při studiu diverzity nenápadných skupin organismů tedy musíme věnovat zvýšenou pozornost právě sběru primárních dat, aby výsledky byly vůbec relevantní a srovnatelné. Náš článek se dotýká pouze části metodické problematiky inventarizací, další aspekty (např. výběr ploch pro detailní průzkum) budou zpracovány v samostatném článku.

Z našich průzkumů vyplývá především poznatek, že údaje o diverzitě lišejníků bývají silně podceněné a realizace průzkumu zachycujícího většinu skutečné diverzity je velmi náročná.

## Náprstkovy medaile 2016

Akademie věd České republiky 10. února 2016 ocenila medailí Vojtěcha Náprstka za zásluhy v popularizaci vědy tři osobnosti. Ocenění od předsedy Akademie věd prof. Jiřího Drahoše převzali Ivan Boháček (vedoucí redakce časopisu Vesmír), Radek Mikuláš (vědecký pracovník Geologického ústavu AV ČR, v. v. i.) a Daniel Stach (moderátor a reportér České televize).

Medaile se udělují od r. 2002, nejen pracovníkům AV ČR a vědcům, ale i těm, kteří se svou každodenní činností zabývají popularizací vědy. Ceremoniálu se také

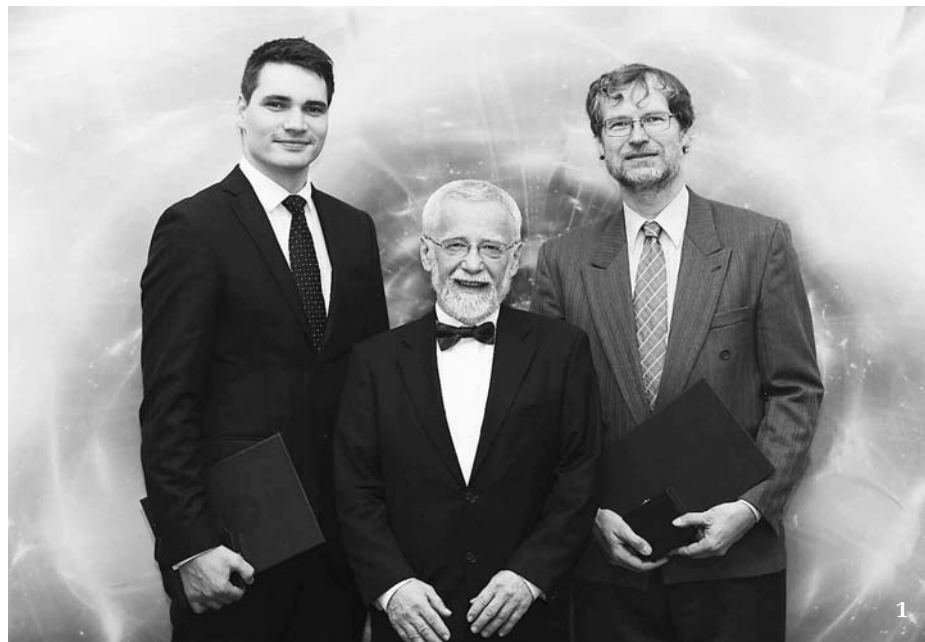
účastnil prof. Pavel Janoušek, předseda Rady pro popularizaci vědy AV ČR, která kandidáty na ocenění vybírá.

Mgr. Ivan Boháček absolvoval Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy v Praze. V Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského se zabýval molekulovou spektroskopii (do r. 1977) a pak detektory ionizujících částic v pevné fázi v Ústavu pro výzkum, výrobu a využití radioizotopů (do r. 1985). Spolu se Z. Pincem a F. Běhounkem je autorem knihy o fyzice a fyzicích s názvem Newton by se divil (Albatros,

Praha 1975) a se Z. Pincem spoluautorem publikace o chemii Elixíry života a smrti (Albatros, Praha 1976). Spolupracuje také s Českým rozhlasem.

RNDr. Radek Mikuláš, DSc., vystudoval geologii na katedře paleontologie Přírodovědecké fakulty UK v Praze. V Geologickém ústavu AV ČR se zabývá studiem biogenního přepracování hornin, paleobiologií a geomorfologií, je světově uznávaným odborníkem na fosilní stopy (viz také Živa 2014, 3: LII–LIII). Pomohl založit a etablovat ichnologií (nauku o stopách fosilních organismů). V r. 2011 objevil druhou stopu dinosaura v ČR. Napsal desítky populárně-naučných článků (Lidové noviny, Respekt, Vesmír, Živa), vystupuje v rozhlasových a televizních pořadech zaměřených na vědecká témata. Je autorem úspěšných publikací – např. Na bruslích Česko republikou (Dokořán, Praha 2005) a čtveřice knih Nakladatelství Academia: Atlas pískovcových skalních měst ČR a SR (2010), Ledové Čechy (2010), Současná umělecká díla v krajině (2014) a Divoká příroda Prahy a blízkého okolí (2015).

Ing. Daniel Stach se stal vůbec nejmladším laureátem medaile Vojtěcha Náprstka. Vystudoval obor mezinárodní obchod na Fakultě mezinárodních vztahů Vysoké školy ekonomické v Praze a obor mediální komunikace na Fakultě sociálních věd UK v Praze. Od r. 2010 pracuje v České televizi, kde v současné době moderuje pořad Hyde Park Civilizace, zaměřený na otázky vědy a klíčová celospolečenská témata, a ranní vysílání Studia 6. Je také reportérem zpravodajského kanálu ČT24. S pořadem Hyde Park Civilizace již získal několik ocenění včetně Novinářské křepelky, TýTý a Ceny Václava Havla.



1 Laureáti medaile Vojtěcha Náprstka v r. 2016 (zleva): Daniel Stach, Ivan Boháček a Radek Mikuláš. Foto S. Kyselová, Akademický bulletin AV ČR