

Jan Zrzavý, Hynek Burda, David Storch,
Sabine Begallová, Stanislav Mihulka

JAK SE DĚLÁ EVOLUCE

Labyrintem evoluční biologie



argo / dokořán

Jan Zrzavý, Hynek Burda, David Storch,
Sabine Begallová, Stanislav Mihulka

Jak se dělá evoluce

Labyrintem evoluční biologie

Copyright © Jan Zrzavý, Hynek Burda, David Storch,
Sabine Begallová, Stanislav Mihulka, 2004, 2009, 2013, 2017
Illustration © Jan Burda, 2009, 2013, 2017

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace
nesmí být rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem
bez předchozího písemného svolení nakladatele.

Vydání páté, v českém jazyce třetí (první elektronické).
Ilustrace Jan Burda.

Odpovědný redaktor Zdeněk Kárník.

Redakce Marie Černá.

Obálka a sazba Michal Puhač podle návrhu Pavla Růta.

Konverze do elektronické verze Michal Puhač.

V roce 2017 vydalo nakladatelství Dokořán, s. r. o.,

Holečkova 9, 150 00 Praha 5,

dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz,

jako svou 899. publikaci (266. elektronická).

ISBN 978-80-7363-849-8

Jan Zrzavý, Hynek Burda, David Storch,
Sabine Begallová, Stanislav Mihulka

JAK SE DĚLÁ EVOLUCE

Labyrintem evoluční biologie

ARGO / DOKOŘÁN

OBSAH

Předmluva 9

ČÁST PRVNÍ EVOLUCE 13

Historie, evoluce a příběhy 15
Přirozený výběr 19
Evoluce a věda 24
„Důkazy evoluce“ 27
Adaptivní krajina 33
Genetika, neodarwinismus, genocentrismus 37
Evoluční hry aneb o nezamýšlené účelnosti 44
Kolik je evolučních biologů aneb „Evoluce není nic než...“ 48

ČÁST DRUHÁ STRATEGIE 53

Neodarwinistické repetitorium 55
Proč má jelen parohy a páv dlouhý ocas 60
Hendikep 67
Všechno je móda 71
Kořeny sexuálních preferencí 73
Strategie a stabilita 77
Červená královna 85
Altruismus 91
Skupinový výběr 94
Rodinná protekce 98
Pomocníci a původ eusociality 102
Příbuznost a lidé 107
Zelené vousy 111
O původu kooperace 113
Kooperace a paměť 117
Prestiž a drby 119
Hry kooperativní a kompetitivní 121

ČÁST TŘETÍ FENOTYP 127

Geny, „geny“ a negeny 129
Veslice, epistáze a rovnovážná selekce 135
Haldaneovo dilema 140
Pod nadvládou náhody 144

Neutrální evoluce	147
Rozšířený fenotyp	151
Od parazitů k sebeprosazujícím genům	157
Horizontální přenos genů	164
Sobecké pohlaví	168
Sexuální konflikty	174
Chiméry	177

ČÁST ČTVRTÁ GENEALOGIE 183

Jak vznikl člověk aneb O potřebě fylogeneze	185
Fylogeneze	187
Druhy, klady, taxony	192
Homologie	196
Fenetika: první revoluce v systematice	201
Kladistika: druhá revoluce v systematice	206
Jak se dělá kladogram aneb Konflikt znaků	210
Od molekul po genomy	217
Fylogenetika a rychlost evoluce	224
Fylogeneze a paleontologie	229
Rekonstrukce běhu anageneze	233

ČÁST PÁTÁ INOVACE 237

Kambrijská exploze	239
Jak vznikali obratlovci a jejich „tělní plán“	244
Kořenohlavci, Henrietta Lacksová a infekční pes	249
O vzniku velryb	253
Geny a evoluce	256
Genové rodiny a vznik nových genů	262
Jak se dělá moucha	265
Křídla, nohy, rohy a paví oka	270
Jak se dělá diverzita: květy a zobáky	274
Evoluce očí	277
MacGyverův princip aneb O původu očních čoček a mléka	280
Evoluce vývoje	284
Je raná ontogeneze konzervativní?	294
Neredukovatelná komplexita	300

ČÁST ŠESTÁ ADAPTACE 307

Nohy, plíce a mozky	309
---------------------	-----

Proč má žirafa dlouhý krk	312
Adaptace a stabilita	315
Doktor Panglos, nebo strukturalismus?	319
Jak studovat adaptace	323
Adaptace a fylogeneze	327
Exaptace	332
Návrat lamarckismu?	335
Jak naučit rybu žít na suchu	341
Neadaptace	348
Adaptace, pleiotropie a genokulturní koevoluce	351
Historické mantinely	354
Dollovo pravidlo	357
„Spandrelly“	360
Adaptace, nebo „spandrel“?	366

ČÁST SEDMÁ DIVERZITA 369

Galapágy, Havaj a africká jezera:	
kolébky biologické rozmanitosti	371
„Biologické druhy“ aneb Druh jako reprodukční jednotka	375
„Fylogenetické druhy“ aneb Druh jako evoluční linie	381
Kolik je na Zemi druhů?	387
Čím jsou druhy odděleny aneb	
Druh jako komunikující společenství	392
Jak dokončit speciaci	399
Speciace: geografická izolace nebo pohlavní výběr?	404
Vznik druhů a adaptace	409
Proč se druhy rozrůžňují	414
Vymírání	419
Příležitost dělá diverzitu	422
Anageneze, kladogeneze a čas	428
Druhový výběr	437
Klíčové evoluční novinky	441
Historie diverzity: vzestupy a pády	444

EPILOG POKROK, EVOLUCE A (LIDSKÉ) DĚJINY 453

Seznam ilustrací	457
Seznam boxů	463
Literatura	465
Rejstřík	473

PŘEDMLUVA

Chceme-li zpětně zrekonstruovat komplikovanou evoluci této knihy o evoluci, máme - kromě mlhavých vzpomínek na to, co se dělo na přelomu tisíciletí - k dispozici to, co evoluční biologové k dispozici obvykle mívají, totiž to, co přežilo z minula v různě fosilizovaném stavu, v tomto případě českou knihu *Jak se dělá evoluce* (Praha, Paseka, 2004) autorů Zrzavého, Storcha a Mihaluky a dvě vydání německé knihy *Evolution: Ein Lese-Lehrbuch*, z nichž první z roku 2009 (Heidelberg, Spektrum) má stejné tři autory, ale k tomu záhadný nápis „Deutsche Ausgabe herausgegeben von Hynek Burda und Sabine Begall“, zatímco druhé vydání z roku 2013 (Berlin-Heidelberg, Springer Spektrum) už má pětičlenný autorský kolektiv (Zrzavý, Burda, Storch, Begallová, Mihaluka). Německá vydání vznikla tak, že Hynek Burda na Essenské univerzitě použil některé kapitoly české *Evoluce* jako podklad pro svou přednášku z evoluční biologie. Legenda praví, že němečtí studenti si vyžádali přeložit i zbytek; zkušenosti s českými studenty se tato část příběhu poněkud vzpírá, ale prý se to tak stalo. Německé nakladatelství ovšem přišlo s požadavkem, aby vznikla skutečná učebnice evoluční biologie; to zrodilo nezvyklý útvar, jakousi učebnici naruby - obvykle je normální text učebnicovitý a v boxech jsou ukryty různé příběhy a podivnosti, zatímco tady se učebnicovité části odsunuly do boxů; to celé doprovázeno ilustracemi Jana Burdy, který si k ilustrování knih svého otce odsakuje od produkce zvláštních efektů pro *Hru o trůny* a podobně. Když se pak začalo uvažovat o druhém českém vydání, stal se jeho základem rozšířený, německý text. Přeložen do češtiny byl zákonitě shledán poněkud příliš učebnicovitým, navíc musel být samozřejmě aktualizován, doplněn, zbaven německých reálií - a tak začala klopotně vznikat v pořadí už třetí ta samá kniha.

Tak jako před 10-15 lety, i nyní jsme se rozhodli zachovat původní koncepci, tedy napsat knihu o evoluci jinak, než se obvykle píšou. Soustředili jsme se na to, co vlastně máme na mysli, když říkáme, že o evoluci „něco víme“, jakými metodami či jakými myšlenkovými postupy jsme k takovým závěrům dospěli. Nejde tedy jen o knihu o evoluci, ale především o evoluční biologii. Titul *Jak se dělá evoluce* je tak dvojsmyslný: zajímá nás nejen to, jak se evoluce sama od sebe „dělá“, ale také (ne-li více) to, jak ji děláme *my*. Chtěli jsme ukázat evoluční biologii jako obor, kde jsme sice odsouzeni k životu mezi hypotézami spíše než mezi „fakty“ - stejně jako v jiných vědách, ale na rozdíl od většiny jiných věd si toho jsme a musíme být stále vědomi, neboť evoluci nelze přímo uvidět, ale pouze (re)konstruovat z toho, co uvidět lze. Proto se nijak neostýcháme přiznat, že

něčemu evoluční biologie nerozumí, ba dokonce že něčemu rozumí čím dál hůř.

To, co platilo už před deseti lety, platí teď měrou vrchovatou – za každým slovem v textu se skrývá celá knihovna vědeckých prací, která by více či méně stála za komentování (a tak není vyloučeno, že je všechno složitější, než si my autoři myslíme). Slovo „evoluce“ (a jeho odvozeniny) se například v průběhu roku 2014 objevilo v názvech a abstraktech vědeckých článků 75 000krát, ale to může být kdovíco; v explicitním spojení s něčím „biologickým“ máme přes 5 000 nálezu, slovo „fylogeneze“ (a odvozeniny) dají přes 15 000 zmínek, časopisy, které mají slovo „evoluce“ či „fylogeneze“ přímo v názvu, měly 969 článků. Můžeme tedy zodpovědně odhadnout současný počet evolučněbiologických vědeckých článků na zhruba 15 tisíc ročně; před deseti lety byly všechny tyto počty zhruba poloviční. Ale pozor: článků, které se explicitně zabývají evoluční teorií, darwinismem, lamarckismem či sobeckým genem, bylo jen 400 a „Darwin C. R.“ je jako autor přímo citován asi tisíckrát za rok, což na celebrity tohoto formátu rozhodně není mnoho – takže jen nějakých 5 % evolučněbiologických prací má něco explicitně společného s Darwinem a vůbec s evoluční teorií. Tohle je mimořádně důležité si uvědomit: evoluční biologové si skoro vůbec nepovídají o tom, že Evoluce jest a jaký byl Darwin pašák. Evoluční biologie není fanklub starého pána, ale ani rezervace pro myslitele se sklony k úvahám o podstatě Bytí. Evoluční biologie – a i to je především výsledek uplynulého desetiletí – je zcela praktický výzkumný program, kterým se zabývají tisíce rutinních výzkumných pracovníků, dnes obvykle molekulárních biologů, fylogenetiků či behaviorálních ekologů, lidí z laboratoří či od počítačů, kteří evoluci užívají jako rámec pro porozumění tomu, co pozorovali. Evoluční biolog se dnes nijak zásadně neliší od jiných biologů; i Darwina má spíše na tričku než v příruční knihovničce.

Při psaní druhého českého vydání jsme si přece jenom zpětně uvědomili určitou změnu stylu: nějak více než dřív obhajujeme hlavní proud proti výstřelkům, kterých je v evoluční biologii vždycky dost – evoluční biologie je podobným nehájeným revírem jako třeba kosmologie. Zatímco jen vzácně někdo napíše knihu o tom, že v současné mikrobiologii je všechno úplně špatně a věc si žádá zásadní změnu paradigmatu (to, že nerozumějí mikrobiologii, o sobě lidé obvykle vědí), v evoluční biologii se to děje ustavičně. Nikdo si o sobě bohužel nemyslí, že nerozumí evoluci, a za odborníky na evoluci se tudíž považují i ti právníci, inženýři a chemikové, kteří ji popírají. Ve vědě platí za jistou pohanu náležet k hlavnímu proudu, neboť skutečného génia vždy nalezneme spíše na okrajích intenzivně oraného vědeckého pole, tedy tam, kde se bohužel setkáváme také se šilenci. Kdo je génius a kdo pošuk, se obvykle nesnadno určuje, ale nevyrovnaný poměr pošuků a géniů, jaký známe například z parlamentu, lze očekávat i mezi autory vědeckých spisů. Velké objevy byly v minulosti obvykle přijímány s obtížemi, ale z toho neplyne, že podle obdobných obtíží se pozná

velký objev. Z minulosti známe jen ty, kdo tenkrát vyhráli; byli tehdy jistě obklopeni desítkami šilenců, kteří si dělali stejné ambice, a dnes už po nich oprávněně ani pes neštěkne. Tomu se – mimochodem – říká přirozený výběr a pojednává o tom tato kniha.

Budeme tedy uvádět i nové a divoké teorie, ale vynasnažíme se vždy uhájit tolik staré moudrosti, kolik ještě lze; nesnažíme se násilně smiřovat konfliktní pohledy (naopak: snažili jsme se uvést všechny konflikty v dnešní evoluční biologii, o nichž se domníváme, že stojí za řeč) – ale také přiznáváme, že občas mezi údajně konfliktními pohledy žádný skutečný konflikt nevidíme. Nové teorie by měly splňovat podmínku nepostradatelnosti: měly by vysvětlovat něco, co opravdu pozorujeme a opravdu to nelze vysvětlit jinak, postaru. Buďme ostražití vůči teoriím, které vysvětlují jevy, o nichž není ani obecná shoda, že existují, i vůči teoriím, které nabízejí nové, složité a sexy vysvětlení jevů, které dokážeme uspokojivě (ale ovšem i poněkud nudně) vysvětlit už dávno. Z toho také plyne, že naši ctižádostí bylo neříkat nic opravdu nového a originálního, a pokud by se to výjimečně (spíše žertem) přihodilo, explicitně na takovou nehodu upozornit. Toto je kniha o hlavním proudu evoluční biologie a o těch, kdo na hlavní proud útočí.

Naše poděkování patří kolegům, s nimiž jsme uplynulých deset let prožili; sice jsme s nimi příliš nediskutovali o plánovaných a sepsovaných knihách, nýbrž o životě, o zvířatech a o evoluci (právě z takového nezávazného povídání může vzniknout vzájemná inspirace) – a zvláště Lukáši Kratochvílovi z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze, který se nejprve uvolil přečíst a okomentovat pracovní verzi rukopisu a pak ji opravdu přečetl a okomentoval.

ČÁST PRVNÍ

EVOLUCE

HISTORIE, EVOLUCE A PŘÍBĚHY

Svět se mění. To je přirozená zkušenost lidí všech dob, a představa, že svět má svou evoluci, je jejím relativně novým vyjádřením. Jenže představa evoluce říká ještě něco navíc – že proběhlá historie dokáže vysvětlit dnešní podobu světa. To, jak organismy (včetně člověka) vypadají, jak se chovají a jaké jsou mezi nimi ekologické vztahy, vyvěrá z jejich historie, a pochopíme-li ji, porozumíme i dnešnímu světu. Představa evoluce jistě není omezená jen na biologii, ale právě pro ni je podstatná. Kdybychom chtěli něco označit za základní myšlenkový rámec současné biologie, jenž určuje, jak se ptáme a jaký druh odpovědí hledáme, byl by to právě způsob vysvětlování současných jevů pomocí jejich minulosti.

Má-li být ovšem evoluce vhodným vysvětlovacím principem, nesmí jí být „příliš mnoho“. Evoluční změny, které proběhly dejme tomu před deseti miliony let, nám o minulosti takto staré něco řeknou pouze tehdy, nebyly-li během následujících deseti milionů let každoročně přemazávány dalšími a dalšími evolučními novinkami srovnatelného řádu. Tento požadavek je našťáště obvykle splněn. Na dnešní podobě přírody se podílí různě dávná historie – a často opravdu hodně dávná historie. Jednou z nejpozoruhodnějších vlastností života je jeho překvapivá starobylost; dosti ku podivu, protože jsme navyklí vidět a obdivovat především jeho nestálost a proměnlivost. Lecjaké vlastnosti živé přírody jsou velmi stabilní, a to zejména v porovnání s geologickými strukturami, jako jsou pohoří, moře či poloha a tvar kontinentů, které nám naopak připadají extrémně neměnné. V době, kdy po dnešních pohořích nebylo ani stopy a jednotlivé kontinenty byly úplně jinde než dnes (takže bychom je na glóbu nepoznali), běhala už po Zemi zvířata často velmi podobná dnešním, s rozvinutými vzorci chování, jež přetrvávaly prakticky v nezměněné podobě dodnes. Buňku lidského typu (takzvanou buňku eukaryotní), všechny její základní životní funkce i geny, které je zajišťují, sdílíme s mnoha jinými organismy, třeba s houbami nebo rostlinami, a jde tedy o památky na doby, kdy vznikli předkové všech eukaryotních organismů; tento typ buňky vydržel bez podstatných změn dvě miliardy let. A nejzákladnější principy buněčné organizace i nejzákladnější biochemické a genetické vybavení buňky jsme zdédili ze samých kořenů života na Zemi, z minulosti staré více než 3,5 miliardy let. Za celou tuto dobu kontinuální linie buněk nikdy nepřestala existovat a nikdy také žádné nové buňky nevznikly jinak než dělením buněk mateřských. Na životě je tak vlastně nápadná především jeho schopnost uchovat si svou identitu nesrovnatelně déle, než to dokážou jakékoli struktury neživé; na této planetě nenajdete moc věcí starších 3,5 miliardy let. Není na tom nic mystického. Neživá struktura, třeba kámen, je jen pasivní hříčkou fyzikálních sil, které ji dříve nebo později zničí, kdežto živý organismus dokáže svému