

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 biologií 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 sebesazujícím 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 Mihulky 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, Mihulka). 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 nepadně určuje, ale nevyrovnaný poměr pošuků a génů, 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 naší 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 sepisovaných 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 odpovědi hledáme, byl by to právě způsob vysvětlování současných jevů pomocí jejich minulosti.

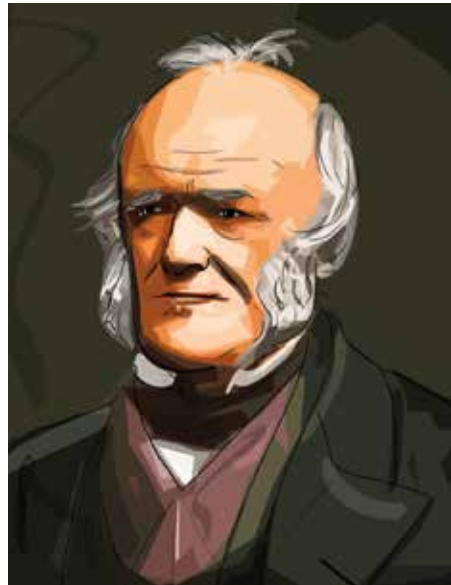
Má-li být ovšem evoluce vhodným vysvětlovacím principem, nesmí jí být „příliš mnoho“. Evoluční změny, které proběhly dejme tomu před deseti miliony let, nám o minulosti takto staré něco řeknou pouze tehdy, nebyly-li během následujících deseti milionů let každoročně přemazávány dalšími a dalšími evolučními novinkami srovnatelného řádu. Tento požadavek je našťastí 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 přetrvaly 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 zdědili 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

okolí různě vzdorovat a unikat, předělává se, opravuje a množí a předává své vlastnosti dalším generacím. Tím vším nám mimoděk nabízí nesrovnatelně víc informací o své historii než kámen srovnatelné hmotnosti.

Není náhodou - ale je to hodné pozornosti - že myšlenka evoluce vznikla ve své rozvinuté podobě až nedávno, v 19. století, kdy si lidé začali naplno uvědomovat význam historické kontinuity pro porozumění současnosti, v níž žijí. Posun ve vnímání historie lze v tomto dějinném období zaznamenat právě v přírodních vědách. Ještě George Cuvier, zakladatel paleontologie (obr. 1.1), vnímal na přelomu 18. a 19. století historii Země jako sled nezávislých etap oddělených katastrofami (což je vcelku oprávněný pohled, neboť existence fosilních zbytků vymřelých organismů není důkazem evoluční kontinuity, zvláště když vymřelé organismy nejsou o nic méně „dokonalé“ než ty dnešní). O něco později už Charles Lyell, otec moderní geologie (obr. 1.2), věřil, že podobu zemského povrchu lze vysvětlit jako důsledek nesmírně starých a nesmírně pomalých procesů, třeba sedimentace nebo vrásnění; a co je ještě důležitější: abychom mohli takové pochody rekonstruovat na základě analýzy jejich dnešních výsledků, musíme předpokládat, že tyto minulé procesy nebyly zásadně odlišné od procesů, které probíhají v přítomnosti (říká se tomu libozvučně „uniformitarianismus“). V jistém smyslu můžeme právě Lyella považovat za prvního zvěstovatele současného evolučního myšlení, byť ještě ne v biologii.



**Obr. 1.1:** George Léopold Chrétien Frédéric Dagobert Cuvier (1769-1832).



**Obr. 1.2:** Charles Lyell (1797-1875).



Ovšem o historii přímo nic nevíme, neboť historie není, v nejlepší případě *byla*, když my jsme ještě nebyli; dokážeme ji pouze rekonstruovat z nalezených stop. Pohybujeme se tak trochu v kruhu: současným jevům se snažíme porozumět prostřednictvím jejich historie, ale tu rekonstruuujeme právě na základě jevů pozorovaných v současnosti (i fosilie jsou toliko *současné* zbytky čehosi – patrně – minulého). S ochotou aplikovat zákonitosti dnešního dění na vysvětlování minulosti to nesmíme přehnat: podstatou evoluce je přece právě změna, a tedy možná i změna zásadních procesů. V dobách, kdy v zemské atmosféře nebyl žádný kyslík (který až později vyprodukovaly živé organismy) a Měsíc byl mnohem blíže než dnes (čili relativně obrovský a gravitačně velmi vlivný, takže vyvolával gigantické přílivy a odlivy), probíhala eroze tehdejších hornin jistě trochu jinak než dnes. Analogicky můžeme z psychologického či sociologického poznání dnešních lidí cosi vyvozovat o chování husitů či lovců mamutů, a přece víme, že ještě naši pradědové mívali ke svému chování motivace, o nichž se nám dnes ani nesní.

Nicméně není pomoci – jinak to nejde. Pozorované jevy prostě dáváme do vzájemných souvislostí, aby nakonec byly součástí jednoho velkého a logicky konzistentního příběhu, kterému *říkáme* evoluce. Že se nám to povedlo, poznáme nejlépe podle toho, že do tohoto příběhu bez problému zapadnou i jevy, které objevíme až dodatečně (je to vlastně analogie běžně rozšířené představy, že správná věda má být schopna předvídat budoucnost, což zaprvé nelze, neboť historie je určována i ději náhodnými, a zadruhé se to v praxi špatně ověřuje, neboť budoucnost dosud nenastala). Ano, evoluce je *příběh*, který jsme si vymysleli, abychom vysvětlili to, co pozorujeme. Může jít o vysvětlení existence fosilií nepodobných dnešním organismům. Nebo o vysvětlení patrného hierarchického uspořádání druhů, kdy některé jsou si jaksi „blíže“ než jiné. Nebo o orgány, které dnes očividně k ničemu nejsou, ale možno je interpretovat jako stopy předchozích evolučních stadií. Anebo o pozorování, že organismy se dokážou překvapivě rychle měnit, doslova před našima očima.

Budeme-li evoluci chápat prostě jako nevratnou změnu a unikátní historii, najdeme ji všude – evoluci mají galaxie, planety, hory a třeba i sněhové vločky. Biologická evoluce je však něco víc: je to proces, který vytváří *účelné* vlastnosti organismů, jež jim pomáhají žít, přežít a rozmnožovat se. Můžeme se ptát, k čemu slouží či za jakým účelem vznikly třeba plíce, zatímco analogická otázka, za jakým účelem vznikly Alpy, nemá žádný smysl – přesto, že i planety a horstva mají svou evoluci. Původ takových účelných vlastností neboli *adaptací*, jako jsou plíce, pak vyžaduje vysvětlení. Lze vůbec vysvětlit evidentní účelnost organismů jinak, než že ji svedeme na vědomou intervenci vyšších sil?

Podle koncepce *přírozeného výběru* (*selekce*), s níž přišel Charles Darwin (box 1.3) v polovině 19. století, lze přirozený vznik účelnosti vysvětlit kupodivu velmi jednoduše. V historii se toho děje moc, ale jen něco se zachovává do

přítomnosti, kdežto většina toho, co se odehrálo, nenávratně mizí v nepozorovatelnou. Jenom něco má šanci přetrvat; a o tom, co přežije, nerozhoduje náhoda, ale závisí to na vlastnostech toho, co přežilo. Přetrvání je odměnou za ty správné neboli užitečné, účelné vlastnosti. Jen je třeba dát pozor, aby nás slova, která užíváme, nezavedla na scestí: „účelné“ vlastnosti jsou ty, které jsou k něčemu dobré, slouží nějakému účelu, ne nutně ty, které byly za tímto účelem úmyslně sestrojeny. Tady narážíme na naši – obvykle špatnou – intuici: ta nám říká, že složité a účelné věci mohou vznikat *bud'* tak, že je někdo zkonstruoval (jako kupříkladu tramvaj), *anebo* náhodou, což je samozřejmě krajně nepravděpodobné, tedy vlastně nemožné. Ve skutečnosti ale existují i jevy účelné neúmyslně, účelné samy od sebe, které vznikají třetím způsobem, jímž mohou povstávat složité a účelné věci – přirozeným výběrem (box 2.1).

### Box 1.1: Evoluce a pravděpodobnost

Pravděpodobnost v evoluci je ošemetná věc. Všechny evoluční události jsou unikátní a neopakovatelné, stejně jako jsou unikátní a neopakovatelné všechny události v lidské historii. Každá událost má při pohledu zpět pravděpodobnost buď 1 (= 100 % neboli *stalo se*), nebo 0 (*nestalo se*), přičemž události, které se nestaly, nás obvykle nenapadne zkoumat. Při pohledu do budoucnosti je pravděpodobnost kterékoli unikátní události blízka nule, dokud se to nestane, pak už je stoprocentní. Každý z nás je geneticky unikátní, a tedy zcela nepravděpodobný jedinec, jaký tu nikdy nebyl a nikdy nebude, nemluvě už o tom, že se museli potkat a najít v sobě zalíbení naši rodiče, prarodiče a tak dále. Jaká byla v roce 1800 pravděpodobnost, že se narodí Charles Darwin? Skoro nulová, v každém případě nevyčísitelná; a přece, o devět let později... Aby snad nedošlo k omylu, tato mimořádnost zrození Charlese Darwina nemá nic společného s jeho skutečnou historickou mimořádností, stejná úvaha o neaplikovatelnosti pravděpodobnostního uvažování v unikátní historii platí i pro zrození vašeho morčete, pro vznik savců či bakteriálního bičíku i pro založení Říma. Až si někdy přečtete, že pravděpodobnost nějaké evoluční události je tak propastně nízká, že k ní nikdy nemohlo dojít (třeba že pravděpodobnost „vzniku Života“ je – aspoň dle Freda Hoyla – dokonce  $1 : 10^{40\,000}$ ), a budete mít pocit, že když je to *Číslo* a napsal to *Vědec* (k siru Hoylovi blíže box 4.7), *musí* to něco znamenat, zkuste aplikovat stejná kritéria třeba na Bitvu národů – co všechno se muselo stát, aby k ní došlo, a přitom to mělo mizivou pravděpodobnost. V historii se dějí samé nepravděpodobné věci; jenže to, co má jakkoli nízkou, ale nenulovou pravděpodobnost, se *může* přihodit. Když vás kousne černá mamba, máte – dejme tomu – 99% pravděpodobnost, že zemřete. Kousla vás mamba a zemřeli jste, všechno je tedy v pořádku, věta o 99% pravděpodobnosti nebyla vyvrácena. Anebo vás kousla mamba a vy jste nezemřeli. Kupodivu je zase všechno v pořádku a věta o 99% pravděpodobnosti zase nebyla vyvrácena. Prostě patříte do toho jednoho procenta, jež bylo předpovězeno, jen se nevědělo, že to budete zrovna vy. Teprve kdyby vás mamba kousla desetkrát a vy jste to pokaždé přežili, bylo by s očekávanou pravděpodobností patrně cosi v nepořádku. To se ovšem špatně aplikuje na evoluci, v níž se desetkrát neděje nic.

## PŘIROZENÝ VÝBĚR

Vidíme to, co se z minulosti zachovalo. Různé vlastnosti organismů tedy jaksi „soutěží o přežití“; jenže ve světě, kde jednotlivé organismy nemají dlouhého, natož nekonečného trvání, lze dlouhodobě „přežívat“ pouze metodou produkce nových jedinců, tedy rozmnožování (*reprodukce*). Nerozmnožit se je totéž jako zahynout; kdo nezanechal potomky, ten jako by vlastně neexistoval (pro útlocitnější čtenáře dodáváme: v kapitolách o kulturní evoluci a o příbuzenské selekci uvidíte, že i toto lze nějak obejít a prosadit se i bez množení, ale teď jde o obecný princip). Vůbec nemusí jít o to, kdo koho zabije či kdo co nepřežije (i když i to se počítá, pokud to nastane); lze v pohodě přežít, a přece být extrémně neúspěšný.

Organismy tedy v principu nebojují o přežití, nýbrž o reprodukci. Zajíc prchá před liškou proto, aby se rozmnožil; zajáci jsou reprodukčně různě úspěšní, neboť různě úspěšně unikají liškám, a lišky se různě dobře množí, neboť různě úspěšně loví zajíce. Právě vědomí, že nejde o život, nýbrž o rozmnožování, že život je jenom nezbytnou podmínkou reprodukce, nám umožňuje pochopit mnohé podivné jevy, s nimiž se v přírodě běžně setkáváme, především různé příklady spolupráce, altruismu či podvádění. Evoluční hry, které organismy hrají, jsou nesrovnatelně komplikovanější, než kdyby šlo opravdu natvrdo o život, anebo smrt.

O tom, jaká je skutečná role darwinovského přirozeného výběru v reálně proběhlé evoluci života na Zemi, pojednává tato kniha. Jedna věc je ale jistá: je to

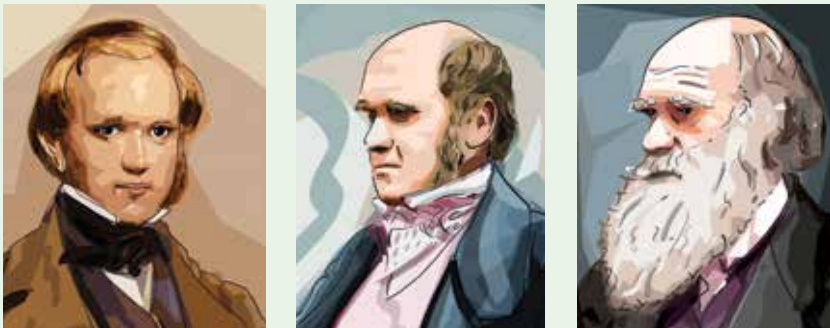
### Box 1.2: Civilizace a evoluce dnešního člověka

Široce rozšířený blud, že evoluce člověka se zastavila, neboť přirozený výběr přestal fungovat („moderní medicína udržuje při životě i ty, kteří by v přirozených podmínkách zahynuli“), je založen na zásadním nepochopení podstaty přirozeného výběru. Měřítkem evoluční úspěšnosti není (nutně) přežití nebo nepřežití, nýbrž jemné odlišnosti v individuálním reprodukčním úspěchu. Vidíme-li kolem sebe jedince, kteří mají hodně dětí, i jedince, kteří nemají žádné, a vidíme-li, že některé lidské populace zažívají demografickou expanzi, zatímco jiné se stěží dokážou reprodukovat, těžko brát řeči o zastavení přirozeného výběru vážně. Civilizace a kultura nezpomalují naši biologickou evoluci; spíše naopak: otvírají pro ni nové cesty (v moderní společnosti je mnoho způsobů, jak být reprodukčně úspěšný či neúspěšný, o nichž se lidoopům ani nesní). Z toho, že lidé s nemocemi kdysi fatálními dnes přežívají a rozmnožují se, plyne – pokud ty nemoci mají nějaký dědičný základ, což obvykle asi mají – že genetické složení budoucích populací bude jiné, než kdyby titíž jedinci na své nemoci umírali. Neznamená to nicméně, že se už člověk nevyvíjí, maximálně snad naše evoluce míří trochu jinam, než kam by mířila, kdyby se nestalo to, co se stalo. To ovšem platí pro každou historii.

**Box 1.3: Darwin a Wallace**

Charles Darwin je rozhodně jedním z nejvýznamnějších přírodovědců vůbec; jeho evoluční teorie zásadně změnila nejen biologii, ale i náš pohled na svět. Darwin je pozoruhodný i jako konkrétní osoba – byl mimo jiné také vzorovým příkladem britského přírodopysce staré školy. Neměl žádné formální biologické vzdělání; na přání otce začal studovat medicínu, ale po roce studium přerušil; pak tři roky studoval teologii, kterou absolvoval s bakalářským titulem. Ale už jako dítě sbíral přírodniny a přírodovědné (a zahradnické a chovatelské) zájmy ho nikdy neopustily. Byl neuvěřitelně plodný a dotkl se všech představitelných oblastí přírodovědy – od vzniku korálových atolů přes tvorbu půdy působením žízá, pohyby rostlin, masožravé rostliny, systematiku svjonožců až po výrazy emocí u zvířat.

Kolem roku 1837 začal formulovat svou evoluční teorii. Nakonec ale nepublikoval své dílo v plánované podobě a zamýšleném rozsahu, protože roku 1858 mu britský přírodovědec Alfred Russel Wallace odkudsi z Nizozemské Indie, kde právě přebýval, zaslal s prosbou o posouzení a případnou publikaci rukopis své vlastní práce, v níž představil evoluční teorii té Darwinově velmi podobnou. Darwin v první panice považoval Wallaceovu teorii za totožnou se svou vlastní, ale zásadní rozdíly tu jsou – Wallace akcentuje vnější tlaky (ne konkurenci mezi jedinci) a skupiny (ne jedince); paralelní vznik obou evolučních teorií nicméně ukazuje, že doba už byla zralá (ta zásadní Malthusova kniha už vyšla). Darwin, vzorný britský džentlmen, Wallaceův dopis neutajil, jak bychom automaticky předpokládali, a Darwinovi přátelé (zejména Charles Lyell) pak zařídili, že Wallaceův rukopis a výtah z Darwinova díla byly roku 1858 společně předneseny na zasedání Linnéovské společnosti. Lze mít za to, že Darwin by na svém životním díle vskrytu pracoval ještě mnohem déle; i dnes známe řadu přepečlivých vědců, kteří pro svou přebujelou akribii nakonec nikomu nestihnou sdělit, na čem celý život pracovali, a nějaký Wallace číhající kdesi v pralesním přišetí a hrozící ztrátou priority by se jim hodil. Darwinova evoluční teorie byla nakonec publikována 24. listopadu 1859 pod názvem *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (O původu druhů prostřednictvím přirozeného výběru, aneb zachování upřednostňovaných ras v zápase o život). I po zveřejnění *Původu druhů* Darwin pracoval dále na svém učení a v roce 1871 publikoval v knize *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex* (česky vyšlo nadvakrát: *O původu člověka a O pohlavním*



**Obr. 1.3:** Tři vývojové fáze Charlese Roberta Darwina (1809–1882).

výběru) další důležitý koncept evoluční teorie, totiž pohlavní výběr.

Stýkání a potýkání se s Wallacem pokračovalo a Darwin se v mnoha ohledech projevoval jako pravý vzor boží trpělivosti. Wallace byl jedním z aktivních bojovníků za prosazení darwinismu a k rozvoji evoluční teorie významně přispěl například koncepcí výstražného (aposematického) zbarvení, čímž vyřešil významné Darwinovo dilema (housesenky i motýli jsou hnědí či zelení, aby je neviděli predátoři, dobře... jiní motýli jsou jasně zbarvení, aby lákali pohlavní partnery, také dobře – ale proč jsou tedy jasně zbarvené některé housesenky, které žádné pohlavní partnery nemají?). Ale Wallace je také nejčastěji citovaným autorem v Darwinově *Původu člověka*, a to obvykle ve vyhraněně negativním smyslu: Wallace zásadně nevěřil na pohlavní výběr (zlé jazyky tvrdí, že proto, že on sám s ním zdaleka neudělal takové štěstí jako šťastně ženatý Darwin), a tak podle něho vše, co jest, muselo vzniknout přímým přirozeným výběrem, tedy jako adaptace na vnější prostředí. Protože mu bylo jasné, že vyšší mentální schopnosti takto jednoznačně adaptivní nejsou (neboli: vyšší mentální schopnosti nejsou k ničemu), nemohly vzniknout selekcí, ale nějak jinak. Wallace dokonce i věděl jak, protože kromě darwinismu propadl (o něco později) také spiritismu, a to včetně aktivní účasti na příslušných seancích; jeho verze evoluční teorie zahrnovala i víru v to, že Evoluce má Účel a že centrem všeho dění je Člověk. Není vcelku divu, že Darwinova mohl vzít čert; na druhé straně se upřímně snažil Wallaceovi, v normálním životě málo použitelnému, nějakým způsobem pomoci, což se mu podařilo až rok před vlastní smrtí, kdy vláda Jehoji Veličenstva udělila Wallaceovi roční penzi 200 liber za celoživotní zásluhy o vědu...

Dnes je Wallace významný především jako zakladatel biogeografie, jinak se na něho (zase) spíše zapomíná (i autoři této knihy až po nějaké době psaní přišli na to, že Wallace tu chybí). Nicméně londýnská Linnéovská společnost od roku 1908 uděluje – na památku svého slavného zasedání v roce 1858 – společnou Darwinovu-Wallaceovu medaili za rozvoj evoluční biologie, mezi jejímiž nositeli najdeme mnoho významných vědců, s nimiž se v této knize ještě potkáme – Fishera, Haldanea, Mayra, Simpsona, Goulda i Maynarda Smithe. Medaile nese vyobrazení obou otců-zakladatelů; a zkuste hádat, kdo je na rubové straně.



Obr. 1.4: Alfred Russel Wallace (1823–1913).

mechanismus nesmírně jednoduchý a nesmírně účinný. Dokáže vyrobit cokoli (box 2.1). K vytváření účelnosti nepotřebujeme Velkého Montéra, který si je té účelnosti vědom a úmyslně ji dosahuje přímou intervencí do hmotného světa (papež František téže osobě říká „kouzelník s hůlkou“ a její existenci popírá i on). Ale nepotřebujeme ani vnitřní puzení organismů ke sebezdokonalování. Jedinci prostě jenom různě úspěšně přežívají a různě úspěšně se množí – a to je všechno. K tomu, aby se přirozený výběr spustil, není třeba nic, co by nebylo přímou součástí běžného života každého jednotlivého organismu – přirozený

výběr nutně vyplývá z faktu, že organismy jsou živé. Vyžaduje pouze rozmnožování, dědičnost, částečnou proměnlivost potomstva a také nadprodukcii potomstva a z ní vyplývající soutěž o omezené zdroje; selekce je právě jenom *nenáhodný* vztah mezi vlastnostmi jedince a jeho reprodukční úspěšností (ano, opravdu: *ne-ná-hod-ný*). Čím víc úspěšných potomků jedinec zanechá, tím víc jeho vlastností najdeme v dalších generacích; a kolik úspěšných potomků kdo zanechá, obvykle není náhoda, nýbrž důsledek těch jeho vlastností. O nic jiného tu nejde, účelnost v takto nastaveném světě vzniká sama od sebe.

Právě schopnost vytvářet komplikovaný řád z ničeho, bez účasti Montéra je, zdá se, natolik kontraintuitivní, že to mnoha lidem pořád nedochází, a tak pořád nesmyslně obviňují darwinisty z víry v náhodu. Pro jistotu to tedy řekněme tak jednoznačně natvrdo, jak to jenom dokážeme: *žádná složitá (natož účelná) věc nikdy nevznikla jednorázově z ničeho; žádná složitá (natož účelná) věc nikdy nevznikla náhodou; a k vysvětlení vzniku žádné složitě (ani účelné) věci nepotřebujeme Stvořitele.*

Je vlastně spíše podivné, že se darwinismus objevil až tak pozdě. Kromě nepopíratelné Darwinovy geniality tušíme i další důvod. Teprve svět, v němž Darwin žil, svět divokého kapitalismu z přelomu 18. a 19. století, umožňoval nahlédnout některé - z dnešního pohledu evidentní - jevy a uvědomit si jejich význam. (Vědecké pravdy produkují lidé žijící v určité konkrétní době na určitém konkrétním místě. I ta pravda o světě, kterou předkládá dnešní verze darwinismu, je jistě nějak ovlivněna světem, v němž žijí dnešní darwinisté. Až budeme mít pár

století odstup, poznáme, v čem to ovlivnění spočívalo. Ten, kdo se toto sociální, ekonomické či politické ovlivnění pokouší identifikovat a eventuálně odstranit už dnes, je ovšem sám sociálně, ekonomicky a politicky ovlivněn tímž světem, jehož vliv jakoby usiluje odhalit. Ptáme-li se podezíravě, co tím darwinisté sledují, že prosazují zrovna toto, měli bychom se ptát neméně podezíravě, co tím sledují antidarwinisté, že jim zrovna toto tak vadí.) Každý zahradník, když pleje záhon (což lidstvo činí nejméně deset tisíc let), je konfrontován se základními principy darwinismu: mladých rostlinek je víc, než kolik jich může na záhonu zůstat, až vyrostou; různé rostlinky mají různé vlastnosti, proto mají různé šance být úspěšné (mimo jiné úspěšné ve stupni zalíbení, které



**Obr. 1.5:** Thomas Robert Malthus (1766–1834).

v zahradníkovi vyvolají), a tak se liší i jejich šance na přežití, přičemž každý zahradník ví, že dobré vlastnosti vybraných rostlin se nějak přenesou i na jejich potomstvo. Ale teprve Robert Malthus (obr. 1.5) aplikoval prostou pravdu, že rostlin je zpočátku na záhonu víc, než kolik se jich tam nakonec vejde, i na vývoj lidské ekonomiky a populace – a Darwin Malthuse znal.

Darwin pochopil, že to, co se děje na záhoncích, by šlo i bez zahradníka. Jeho roli (tedy roli toho, komu je třeba se přizpůsobit) může hrát i jiný predátor (barevné a chutné plody umožňující svým semenům dálkový transport v něčích střevech jsou samozřejmě nesrovnatelně starší než naše zemědělství), ale třeba i kyselost půdy nebo výška sněhové pokrývky. I kdyby zahradník aktivně nezasáhl, nějaké rostlinky na záhonu by stejně uhynuly; podle toho, co by bylo bezprostřední příčinou jejich skonu (zima, mokro, sucho, slimáci...), zachovaly by se pokaždé nějaké jiné vlastnosti (jahodníky, které přežijí sucho na zanedbaném záhonu, jsou obvykle jiné, než ty, kterým by dal přednost zahradník). Až potud nic, co by nevěděl každý. Antika, evropský středověk či tradiční čínská společnost se samozřejmě také setkávaly s rozmnožováním, dědičností a selekcí, na nichž Darwin postavil svou představu světa – jenže tenkrát se žilo a myslelo jinak a těchto jevů si nikdo pořádně nevšiml, leda jako trivialit ze života rostlin a zahradníků, ne jako pilířů, na nichž stojí svět.

Darwinismus je nesmírně přitažlivý proto, že umožňuje vysvětlovat podobu našeho světa pomocí příběhů, které se odehrávají v kosmickém měřítku (neboť doba existence pozemského života zaujímá celou čtvrtinu existence vesmíru), ale zároveň jako příběhy, v nichž rozhoduje to, oč i nám bezprostředně jde: přežití a rozmnožení. Podobně jako kdysi Newton uvedl do souvislosti běžnou lidskou zkušenost, jako je padání jablek, s pohyby vesmírných těles, Darwin ukázal souvislost každodenního hemžení živých tvorů s miliardami let vývoje naší planety.

Jenže Darwinova teorie je něco úplně jiného než Newtonovy zákony a v tom spočíval a spočívá ten skutečný skandál s Darwinovým učením. Darwin rozhodně nevynechal evoluci – o té se cosi tušilo už před ním – a vlastně ani neobjevil, že „člověk pochází z opice“ (spojitost mezi lidmi a lidoopy je zjevná každému, kdo je vidí, byť interpretace této spojitosti bývá v očích přírodních národů, které se s lidoopy bezprostředně setkávají, spíše opačná: lidoopi vznikli z lidí, kteří se odebrali do lesů buď pro nějaké provinění, anebo aby nemuseli pracovat; asi jako Rumcajs). Hádky o to, kdo je a kdo naopak není potomkem té které opice (box 4.14), jsou jen viktoriánským koloritem a nejdou vůbec ke kořenům problému; skandál s Darwinem vězel v něčem jiném. V 19. století převládala (leckde dosud přežívající) víra v existenci přírodních zákonů nezávislých na prostoru a čase, zákonů, které jsou pro nás principiálně dokonale poznatelné; a je na vědcích, aby je hledali a našli. Úvahy o evoluci

před Darwinem vycházely z představy, že evoluce je něco jako individuální vývoj (*ontogeneze*): z želvího vajíčka se má vylíhnout želva určité velikosti, tvaru a zbarvení, a když se nevylíhne, vidíme, že je něco špatně. Můžeme také zkoumat, jaký vliv na úspěšné líhnutí želv má teplota či mechanické poškození, a tedy i vypočítat, co s líhnutím těchto želv v *budoucnosti* udělá třeba klimatická změna. Něco takového by mělo platit i v evoluci (angličtina rozlišuje slova *to evolve* pro evoluci a *to develop* pro individuální vývoj, v češtině slovo „evolvovat“ vypadá divně a stěží se vžije, ale hodilo by se): organismus se vyvíjí, „evolvoje“, protože musí, jsa poslušen evolučních zákonů, například se aktivně přizpůsobuje prostředí, schválně se zdokonaluje, a tak můžeme i predikovat, jak budou vypadat jeho potomci za milion let. Takto pojatá evoluce se podobá autičku na setrvačnicku, a otázka, kdo ten setrvačnicku natáhl, je tu jaksi nasnadě.

Do tohoto světa přišel Darwin s teorií přirozeného výběru, která nemá s klasickou biologií, tedy s morfologií, embryologií či fyziologií, mnoho společného. Žádné vnitřní puzení k evoluci neexistuje a přirozený výběr není žádný „přirodní zákon“, který by umožňoval predikovat, jak věci dopadnou; je to záležitost v podstatě „sociologická“ či „ekonomická“. O tom, kdo bude úspěšný a čím vlastnosti se budou dále šířit, rozhoduje konkrétní historická situace: s kým a o co si jedinec právě teď konkuruje. Evoluce je hra, již hrají ti hráči, kteří se zrovna sešli. Je to něco jako šachová partie či burzovní seance – o své úspěšnosti nerozhodujete sám a žádné obecné zákony (například „za všech okolností táhněte věží co nejvíc doleva“ nebo „vždycky je lepší akcie prodávat než kupovat“) tu neplatí. V konkrétních historických podmínkách se někdy vyplácí být spíše složitější a jindy spíše jednodušší (analogicky větší/menší, agresivnější/méně agresivní, chytřejší/hloupější). Je to jako na olympiádě: vítězem je ten, kdo má medaili, ale nelze říct předem, jaké vlastnosti ten medailista bude mít, někdy je to třicetkilová holčička s copánky, jindy velký tlustý chlap, a společné mají jen to, že úspěšně porazili ty své konkurenty, s nimiž opravdu soupeřili. Neexistuje žádná obecná vlastnost (dejme tomu „síla“, „rychlost“ či „bojovnost“), která by byla vždy a všude úspěšná a která by spolehlivě vedla k vítězství těch silných, rychlých a rvavých.

## EVOLUCE A VĚDA

Na tomto místě si dovolíme malou odbočku k teorii vědy, která je tu – bohužel – nezbytná (ta odbočka i ta teorie). Stalo se zvykem považovat vědu za vrchol poznání a věta „je vědecky dokázáno, že...“ patří k nejtěžšímu násilí, které lze v polemice použít proti bližnímu. Skutečná věda je založena především na