

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 sebesprosazujícím 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 náleží, 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 celebritu 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 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 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 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.

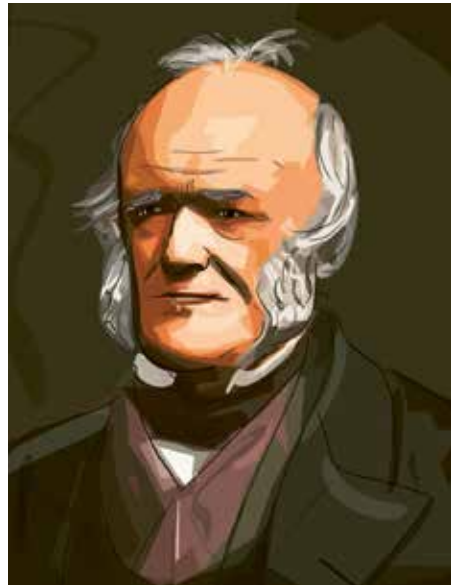
Má-li být ovšem evoluce vhodným vysvětlovacím principem, nesmí jí být „příliš mnoho“. Evoluční změny, které proběhly dejme tomu před deseti miliony let, nám o minulosti takto staré něco řeknou pouze tehdy, nebyly-li během následujících deseti milionů let každoročně přemazávány dalšími a dalšími evolučními novinkami srovnatelného řádu. Tento požadavek je 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 nejlepším 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 *přirozeného 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; zajíci 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 přišší 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 podezřívavě, co tím darwinisté sledují, že prosazují zrovna toto, měli bychom se ptát neméně podezřívavě, co tím sledují antidarwinisté, že jim zrovna toto tak vadí.) Každý zahrádkař, 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

záměrném sebeomezení, na jasné definici toho, co věda spolehlivě *není* (a toho je dost). Od dob rakousko-britského filozofa Karla Raimunda Poppera (1902–1994) se vcelku shodneme, že věda je to, co produkuje testovatelné, potenciálně vyvratitelné (*falzifikovatelné*) hypotézy, pak je opravdu testuje a buď vyvrací, anebo ponechává jako (dosud) nevyvrácené. Vědecká hypotéza se přímo těší na oponenturu: proto je formulována tak, aby ji bylo možno vzít za slovo. Klasický příklad vědecké hypotézy je věta „všechny labutě jsou bílé“ – stačí uvidět jednu černou, abychom tuto hypotézu vyvrátili, přičemž nezáleží na tom, kolik bílých labutí jsme viděli předtím; tato věta je vědecká (vyvratitelná), protože obsahuje slovo „všechny“, a zůstává korektně vědeckou i po svém vyvrácení, zatímco s větou „labutě bývají bílé“ se nedá nic dělat, a proto vědecká není. Nežijeme tedy mezi „fakty“, ale mezi (dosud) nevyvrácenými hypotézami o nich.

Otázka, zda je darwinismus „věda či ideologie“ (viz box 3.7), nemá smysl, dokud si neuvědomíme, že se tu setkáváme nejméně s třemi různými úrovněmi problému. První a v praxi nejdůležitější se týká reálné činnosti reálných evolučních biologů. Jednotlivé evoluční hypotézy („vznikla lidská ruka z rybí ploutve?“, „je altruismus v haplodiploidním systému geneticky výhodný pro altruistu?“ a podobně) jsou perfektně vyvratitelné – a každodenně vyvrácené jsou, úspěšně či neúspěšně, experimentálně či fylogeneticky. To jsou ty desetitisíce článků ročně, zmíněné v Předmluvě. Jak je to ale s vyvratitelností darwinismu jako takového? V principu existují dva moderní pokusy o jeho *vědecké* vyvrácení, přitom oba se vracejí do dob předdarwinovských a oba problematizují jeden z pilířů darwinismu, totiž teorii přirozeného výběru jako motoru evolučních změn. V 90. letech proběhl pod praporem „*biologického strukturalismu*“ pokus o obnovu obecně platných evolučních zákonů, které – tedy nikoli selekce z neúčelné variability – jsou zdrojem diverzity živých forem. Nic z toho nakonec nebylo, „strukturalisté“ nedokázali předložit žádnou ucelenou teorii, která by se stala prostorem pro vytváření a testování evolučních hypotéz. Druhým a vážnějším nebezpečím pro darwinismus je možný návrat *lamarckismu*, tedy nauky předpokládající, že organismy se neadaptují mimoděk, nýbrž schválně, že zdrojem adaptací je přímá adaptivní variabilita (protože se v posledních desetiletích o znovuzrození lamarckismu mluví stále častěji, podíváme se na to detailněji v kapitole o adaptacích). Ale sám fakt, že tu soupeří několik zásadních alternativních vysvětlení, ukazuje na možnost vyvrácení každého z nich, tedy i darwinismu. O to důležitější je, že vyvrácen (dosud?) *nebyl*.

Zato třetí úroveň, obecný evoluční přístup ke světu, vyvratitelná není. „Evoluce“ v té nejobecnější podobě opravdu není věda, ale světonázor: je to rozhodnutí vidět svět v pohybu, aniž bychom museli hledat a zkoumat nevyzpytatelného Hybatele. Evoluční teorie je logická konstrukce, kde do sebe všechno zapadá,

Box 1.4: Kreacionismus a pes baskervillský

Kreacionisté jsou dvojího druhu. Kreacionismus tvrdého jádra popírá evoluci úplně a v čisté podobě věří i na Zemi starou několik tisíc let. U nás je toto orientální blouznění k vidění jen vzácně; v Americe, kde zakladatelský hlas 17. století dosud mocně zní, jde o ideologii běžnou a politicky vlivnou. Mentalita popíračů evoluce až překvapivě odpovídá mentalitě popíračů přistání na Měsíci či hledačů (jiného než skutečného) spikleneckého pozadí 11. září 2001 (ve zvláště politováníhodných případech se to všechno sejde v jedné osobě). Jde o zvláštní kombinaci vpravdě boží prostoty s koženě nehumornou předsudečností, to celé okořeněno značnou dávkou paranoie. Tohle všechno pochopitelně málo oslovuje lidi aspoň trochu sofistikovanějšího duševního založení.

Soft verze kreacionismu („inteligentní design“, ID) se proto tváří civilizovaně. Dává si pozor, aby „inteligentního designéra“ nepojmenovala přímo, protože s tím by ji v Americe vyhodili ze škol (jak se zatím vesměs děje, neboť krycí jméno je tu poměrně průhledné), a naznačuje, že by to třeba mohl být i mimozemšťan. Jak známo, mimozemšťané se při vývoji Země tu a tam nachomýtlí, například stěhovali sochy *moai* na Velikonočním ostrově a dodnes dělají kruhy v obilí; nicméně vzhledem k nevyváženému poměru křesťanů a ufologů v běžné populaci lze předpokládat, že ani většina kreacionistů nepředpokládá, že Stvořitel pochází z planety Coruscant. Teorie ID uznává, že svět je starý miliardy let, uznává, že evoluce jest, jenom popírá, že by mohla vytvořit něco nového. Kombinace ID a víry v dlouhodobou evoluci je zvláště vnitřně rozporná. Měl-li inteligentní designér vytvořit bakteriální bičík i srážení obratlovcí krve, musel se tím zabývat v různě dávné minulosti, neboli vlastně neustále. Inteligentní designér tedy nebyl dost inteligentní, aby své dílo nemusel po pár milionech let zase napravovat či doplňovat; pracoval tedy tak chaoticky a neplánovaně, jako by tu ani nebyl, vlastně úplně jako evoluce. Tradiční kreacionismus je jistě legitimní způsob nazírání světa, ale „vědecký kreacionismus“ je nesmysl: kreacionismus z principu nemůže nabídnout žádnou vyvržitelnou hypotézu o tom, jak Tvořce tvořil. Však také – na rozdíl od evoluční teorie – kreacionisté žádná konkrétní vysvětlení údajných záhad nenabízejí. Tvrdí, že bakteriální bičík nemohl vzniknout sám od sebe, ale nic víc nám o vzniku bakteriálního bičíku neřekají, poněvadž nemohou. Kreacionismus je podbíhání latky: nemůže nám v poznávání světa pomoci proto, že všechno už ví předem a nabízí jen laciné řešení bez práce.

Nejlépe nám to osvětlí jeden případ Sherlocka Holmese. Když za ním přišli z panství Baskerville, že jim tam řádí pekelný pes, celkem oprávněně se dotázal, co on tedy má s touto aférou činit. Nadpřirozené vysvětlení zločinu je principiálně nepřijatelné, má-li jít o poctivou detektivku, ne o gotický román nebo něco podobného; to je otázka čistoty žánru. Máte-li podezření, že vám prádlo ze šňůry krade Dábel, nevolejte Sherlocka Holmese (nakonec se ovšem ukázalo, že ani pekelný pes baskervillský není až tak úplně pekelný a jde zase jenom o dědictví po bohatém strýčkovi). Máte-li analogicky podezření, že Vesmír, Život či Člověk stvořil Bůh, nevolejte vědce.

vcelku bez ohledu na to, zda to tak opravdu chodí i v reálném světě. To platí pro všechny pravé teorie, stejně jako pro matematické modely. Model je pravdivý, když je vnitřně konzistentní, což ale neznamená, že musí nutně čemukoli

v přírodě odpovídat. Testovat se dá tedy jen to, zda teorie odráží něco v reálném světě, ne teorie samotná.

Z nechápání této víceúrovňové struktury evoluční teorie plynou mnohá nedorozumění. To, s čím Darwin přišel, stojí na dvou zásadních pilířích - na představě společného původu všech organismů a na teorii přirozeného výběru. Laikové (a kreacionisté) říkají „darwinismus“ spíše tomu prvnímu, biologové (včetně autorů této knihy) zásadně tomu druhému - to proto, že Darwin přišel s jedním z možných řešení skutečného problému, totiž otázky, co je hlavním motorem evolučních změn. Přirozený výběr může a nemusí být hlavním motorem evoluce, zatímco o společném původu druhů pochybují právě jenom kreacionisté. Posun od klasického kreacionismu k „teorii inteligentního designu“ (box 1.4) s sebou nese i nové akcenty v antievoluční polemice. Zatímco tradiční kreacionisté (vesměs nábožensky zaměřeni odpůrci evolučního pohledu na svět) bojovali proti evolučnímu světonázoru jako takovému (s proměnlivými úspěchy), nová, *soft* verze kreacionismu se zaměřuje především na spory o jednotlivé evoluční hypotézy; musí to dělat, protože se tím snaží budovat zdání své vědeckosti. Tím si ale dvakrát nepomohli, protože se octli v oblasti, na které vlastně až tak úplně nezáleží, a lze očekávat, že budou jednou šeredně zklamáni: bez ohledu na to, jak dopadnou spory o původu bakteriálního bičíku (viz kapitola o „neredukovatelné komplexnosti“) či slepého střeva (box 6.12), s evolučním myšlením jako takovým to nepohne ani o píď. To, oč se dnes biologové přou, je pro kreacionisty pod hranici rozlišitelnosti. Pokud by tedy jednou pod společným útokem lamarckistů, strukturalistů a evo-devo výzkumníků padl darwinismus, nahradí ho nějaká jiná *evoluční* teorie a kreacionisté zase přijdou zkrátka. Těžko si představit, s jakým důkazem neevoluce by kreacionisté mohli přijít, abychom jim uvěřili; totéž ovšem platí i naopak.

„DŮKAZY EVOLUCE“

Evoluce je příběh; na otázku, proč vyprávíme zrovna tenhle příběh a ne nějaký jiný, se obvykle těžko odpovídá. Bylo by dobré mít nějaké důkazy, že náš příběh je jediný správný. S „důkazy evoluce“ - i když jsou jich plné učebnice - je tradičně ta potíž, že ani 150 let dokazování nepřesvědčilo ty, kdo přesvědčení být nechtějí.

Prvním důkazem evoluce je přítomnost fosilií. Tu lze jistě nejlépe interpretovat jako důkaz, že v minulosti obývali Zemi jiní tvorové než dnes; nicméně nahlédnutí do libovolné kreacionistické příručky naznačuje, že obecně přijatelným důkazem evoluce to není. I otec paleontologie George Cuvier před 200 lety viděl ve fosiliích důkaz opakovaného stvoření spíše než evoluce. Také je jisté - to za druhé - že organismy jsou flexibilní, schopné změny. Problém je v tom, že skutečně

pozorovatelné změny, trvající pár let, maximálně století, jsou drobné a jejich důležitost pro evoluční teorii je závislá na tom, zda evoluční teorii zastáváme či odmítáme. I když si dokážeme bez problémů představit, jak udělat z malého králíka velkého králíka či naopak (což se v historii chovu králíků prokazatelně povedlo), přesvědčení, že z takovýchto procesů lze bez problémů extrapolovat vznik obratlovců nebo jehličnanů, je zase jen věcí víry.

Box 1.5: Darwinovy „důkazy evoluce“

Už Darwin uvádí deset jevů, které dobře odpovídají evoluční teorii, ale špatně by se hodily do představy nezávislého stvoření jednotlivých druhů (ponechme teď stranou možnost, že Stvořitel schválně tvoří tak, aby to pak vypadalo jako evoluce, a aby tudíž jeho účast či dokonce existence nebyla z výsledku jasně patrná – byť uznáváme, že svět je plný entit, které nejdřív něco činí, ale pak si z nějakého důvodu nepřejí, aby to na ně prasklo). Darwinův přehled zahrnuje tyto body: 1. umělý výběr je schopen vytvořit nové „druhy“ i „rody“; 2. organismy vytvářejí „stromovitou“ hierarchii („druhy–rody–čeledi–řády...“), přičemž analýzou jakýchkoli znaků obvykle dospějeme k obdobné hierarchii příbuzenských vztahů; 3. organismy mají vlastnosti, které jim k ničemu nejsou, ale sdílejí je s příbuznými druhy, což těžko vysvětlíme jinak než společným původem; 4. je relativně málo zásadně odlišných orgánů a struktur, tedy zásadně odlišných způsobů řešení problémů, s nimiž se organismy střetávají („příroda je skoupá na novinky“), a proto běžně nacházíme i různé primitivní a přechodné formy; 5. ve fosilním záznamu nacházíme v čase více či méně kontinuální přítomnost jednotlivých skupin organismů (taxonů), přičemž zkameněliny dvou po sobě následujících období jsou si bližší než zkameněliny dvou časově vzdálených období; 6. fosilní skupiny jsou ve starších vrstvách méně rozrůzněné; 7. rozšíření organismů vykazuje předvídatelná pravidla, například fosilní zástupci skupin endemických pro určitou oblast se nacházejí ve stejné oblasti jako současné druhy těchto skupin; anebo dnešní horské tropické druhy jsou bližší druhům z mírného pásma než druhům z tropických nížin (což souvisí s fungováním hor jako útočišť při změnách klimatu); 8. příbuzné organismy obývají často omezenou oblast a hrají tam odlišné ekologické role, kdežto stejným ekologickým rolím v jiných oblastech se věnují nepříbuzné druhy; 9. ostrovní organismy jsou blíže příbuzné druhům nejbližší pevniny; 10. rozšíření vyšších taxonů je obvykle souvislé, přičemž rozloha areálů bývá větší u širěji definovaných taxonů; 11. embrya příbuzných druhů jsou si podobnější než dospělci a často mají i struktury, které nemají žádný vztah k současnému způsobu života druhu, spíše odrážejí způsob života předků tohoto druhu (třeba embryonální žaberní oblouky savců); 12. orgány plnící různé role mají u příbuzných organismů přesto společný základ a tělní plány vyšších skupin organismů jsou překvapivě homogenní. Jsou to jistě argumenty nestejné úrovně a týkají se různých aspektů evoluce, ale v zásadě platí dodnes, i když ke každé tezi bychom dnes mohli dodat spoustu námitek; celá tato kniha je v podstatě komentářem k Darwinovu výčtu „důkazů evoluce“ (stejně jako desítky jiných knih). I když to, co dnes vyznáváme, rozhodně není původní Darwin, pořád se pohybujeme v koridoru, který Darwin před 150 lety vytýčil.

Přesvědčivými příklady, jak se vlastnosti rostlin, zvířat a mikroorganismů mohou během krátké doby změnit, mohou být umělý výběr, tedy úmyslné šlechtění organismů, či vznik rezistence bakterií vůči antibiotikům. Zrovna na příkladu antibiotikové rezistence je vidět, že rozdíl mezi přirozeným a umělým výběrem není nijak evidentní (box 1.9). Bakterie se sice naučily bránit antibiotikům, která člověk uměle vpravuje do jejich prostředí, ale naučily se to samy od sebe, bez naší rady a pomoci. Také intenzivní ovlivňování přírodních populací lidskou činností,

Box 1.6: Experimentální evoluce v laboratoři

V poslední době už máme možnost průběžně sledovat genetické změny, které za příběhy krátkodobé evoluce (box 3.4) stojí, a přesně rekonstruovat jejich historii. Pozorované krátkodobé změny (dlouhodobé změny lze těžko pozorovat) totiž vůbec nemusí spočívat v nevratných změnách spojených se vznikem skutečných evolučních novinek. Rádi bychom, aby tyto změny spočívaly v tom, že stará varianta nějakého genu opravdu zmizela a byla nahrazena novou; takováto změna by byla skutečně nevratná, a tedy v pravém slova smyslu *evoluční*. Jenže změna, kterou pozorujeme, může také spočívat v pouhé změně procentuálního poměru několika od počátku koexistujících variant, aniž by vzniklo něco nového. Když selektujeme populaci po krátký čas, zachová si původní genetickou rozmanitost a po návratu do původního prostředí se obnoví původní stav. V úplně nejhorším případě jsme narazili na pouhou *fenotypovou plasticitu* (viz kapitolu o tom, jak naučit ryby žít na suchu), jejíž pomocí jedinec reaguje na změnu prostředí (například kdo málo jí, je menší, nebo sportovec pobývající před šampionátem ve vysokých horách má víc červených krvinek); v tom případě se tu na genetické úrovni nestalo vůbec nic.

Základním poznávacím znamením evoluce je její nevratnost – a to se dnes dá zkoumat i laboratorně. Budeme chovat nějaké organismy v podmínkách co nejpodivnějších tak dlouho, až se na ně adaptují, a pak je vrátíme do původních podmínek. Vráť se i studované organismy k původnímu vzhledu či chování? Jenže i to má háček: co když se organismy nevrátily k tomu původnímu stavu, ale prostě drutně vytvořily stav jiný, tomu původnímu tak podobný, že to nedokážeme rozlišit? Když totiž odchýlení od původního stavu trvá dostatečně dlouho, skutečný návrat už není možný – právě proto, že proběhly nějaké evoluční změny – a populace ho mohou leda „napodobit“. Abychom zjistili, zda jsou pozorované změny opravdu nevratné, nezbyvá než číst během pokusu genetickou informaci mnoha jedinců v následujících generacích a dívat se, jaké – a zda vůbec nějaké – genetické změny způsobily pozorovanou změnu a co – a zda vůbec něco – se děje během návratu. Tak třeba mouchy drozofily, oddělené ze základního chovu a chované v selekčních režimech podporujících buď rané, nebo naopak pozdní rozmnožování, různou odolnost vůči hladovění či různou délku larválního vývoje, se těmto prostředím vskutku přizpůsobily; „zpětná evoluce“ (tedy návrat do podmínek původního chovu), trvající 50 generací, pak ukázala, že něco málo *skutečné*, tedy nevratné (ireverzibilní) evoluce se i za tuto nesmírně krátkou dobu opravdu odehrálo (Teotónio a spol., 2009).

třeba průmyslový lov ryb, představuje faktor, na který populace přirozeně reagují výraznými změnami svého životního cyklu. I když je na počátku všeho úmyslná lidská aktivita, její důsledky jsou opět nezamýšlené a pro lidi obvykle i nežádoucí (každý rybolov je v nějaké míře selektivní, pokud jde o velikost těla kořisti, což vzhledem k neukončenému růstu většiny ryb znamená přednostní likvidaci starších jedinců, takže ryby odpovídají posunem pohlavní dospělosti a rozmnožovací aktivity do nižšího věku, a tedy i zmenšováním svých těl). Klasický příklad rychlé evoluce je industriální melanismus nočního motýla drsnokřídlece březového (*Biston betularia*), jehož tmavá varianta byla před průmyslovou revolucí v Anglii v populaci zastoupena jen asi 2 %, v průběhu průmyslové revoluce vzrostlo její zastoupení v populaci v průmyslových oblastech na 98 % a později, paralelně se zlepšením kvality ovzduší, její výskyt zase začal klesat. I když skutečná adaptivní výhoda tmavého zbarvení není zcela jasná (maskování před opticky se orientujícími ptačími predátory na různě zbarvených stromech zní sice věrohodně, nebylo však jednoznačně experimentálně potvrzeno), genová analýza nedávno ukázala, že tmavé varianty mají identický genetický základ a že tato genetická novinka opravdu vznikla teprve zcela nedávno (van't Hof a spol., 2013).

Takových příkladů dnes známe stovky a týkají se i člověka samého. Dlouhodobá studie kardiovaskulárních chorob ve městě Framingham ve státě Massachusetts (1948-2008), založená na studiu asi 5 tisíc lidí a dvou generací jejich potomků (celkem 14,5 tisíc jedinců), ukázala že reprodukční úspěch žen pozitivně koreluje s menší a tlustší postavou, snížením systolického krevního tlaku a hladiny cholesterolu, pozdější menopauzou a ranějším prvním porodem. Když budeme toto poznání extrapolovat na globální měřítko a příštích 400 let, vyjde nám, že roku 2409 bude průměrná žena na Zemi o dva centimetry nižší a o kilo těžší, než je dnes, a bude mít první dítě o pět měsíců dříve a menopauzu o deset měsíců později než průměrná žena dnešních dní (Byars a spol., 2010). Extrapolace z Framinghamu na celé lidstvo je samozřejmě absurdní a těžko ji brát vážně, ale důležité je uvědomit si, že po takto drobných krůčcích evoluce postupuje - a není důvod očekávat, že před milionem let probíhala rychleji, jen její výsledky měly delší čas na to, aby se nakumulovaly, takže dnes vypadají větší.

Experimentální evoluce nám umožňuje zkoumat do detailů dříve nepředstavitelných průběh „malé“, krátkodobé *mikroevoluce*; vznik velkých evolučních změn těmito metodami stěží zaznamenáme (i když ani to není úplně nemožné, jak uvidíme z příběhu nakažlivého ďábla). Jenže to už je náš úděl: evoluce tak, jak si ji představujeme, se obvykle skládá ze samých malých, téměř nepozorovatelných evolučních změn, a i ta evoluce, která je šíleně rychlá pro paleontologa, je pořád strašlivě (velice) pomalá a nudná pro lidského pozorovatele; je to jako sedět v jeskyni a sledovat, jak roste krápník (děj z geologického hlediska velmi rychlý!).

Požaduje-li někdo jako důkaz evoluce to, že před jeho očima vznikne dejme tomu z mouchy motýl (jako když se Cimrmanova Zlatovláska změnila za plného osvětlení před zraky diváků z ošklivého chlapa v krasavici), má smůlu: takovou „evoluci“ nikdy neuvidí, žádný evolucionista si nemyslí, že by se podobné děje někdy udály.

Existují i „důkazy evoluce“, které je dobré brát velmi vážně, poněvadž se týkají přímo klíčové otázky evoluční kontinuity: *hierarchie* a *oportunismus*. Předpokládáme-li evoluci, předpokládáme zároveň (a zase hlavně Darwinovou zásluhou), že na počátku bylo v dané skupině méně druhů než dnes („společný předek“) a pak jich přibývalo, jak se evoluční linie štěpily. Bylo-li tomu takto, je nutno předpokládat, že genetické, morfologické, fyziologické či ekologické vzdálenosti mezi jednotlivými druhy nejsou stejné, že druhy vytvářejí shluky: želvy jsou si podobné, protože měly svého společného předka, a ptáci jsou si podobní, protože také měli svého společného předka. Evolučně nazíráno je to prostě a jasně: z víry v evoluci *nutně* vyplývá tato hierarchie, kterou pozorujeme všude kolem sebe. Přestaneme-li věřit v evoluci, nezbyvá než uvěřit ve *Stvořitele, který tvořil shlukovitě* (i když pochopitelně nemusel). Tak jako měl Picasso období modré a období růžové, musel by mít Stvořitel období ptačí (přes 10 tisíc druhů), krátké období želví (přes 300 druhů) a především mimořádně dlouhé období broučích (nejméně kolem 400 tisíc druhů) – neboť Stvořitel vykazuje „nadměrnou zálibu v broucích“ („*an inordinate fondness for beetles*“), jak dle známého mýtu prý kdysi řekl (ale ve skutečnosti prý neřekl) jeden ze zakladatelů moderního darwinismu John Haldane. Z víry ve Stvořitele, který tvoří každý druh zvlášť, totiž žádná hierarchie nutně nevyplývá – a budeme-li spolu s „reformovanými“ kreacionisty věřit ve Stvořitele, který stvořil jen základní typy organismů a pak je nechal, ať se dál vyvíjejí samy, máme tu zpátky evoluci a spolu s ní i stěží rozřešitelnou otázku, co jsou vlastně ty „základní typy“ a jak se poznají. (V tom kreacionisté vykazují podivně nepravidelně zaostřený pohled. Obvykle uznají, že takovými základními typy jsou želvy a ptáci, ale rozhodně odmítnou, že by to snad mohli být savci, primáti, lidoopi a tak podobně; vždy je totiž nezbytné – přes veškerou předváděnou reformovanost a civilizovanost soft kreacionismu – udržet samostatné stvoření moderního člověka, tady se žádná evoluce netrpí.)

Organismy však nejsou jenom hierarchicky uspořádané; organismy jsou také oportunně sestrojené. Máme zkušenost, že chce-li člověk něčeho dosáhnout (dejme tomu optimalizovat dopravu ve velkoměstě), obvykle toho úplně nedosáhne, neboť se mu pod rukama pletou různá protivenství vyvolaná všeobecnou neovladatelností složitých systémů (jako je velkoměsto). Je rozumné očekávat, že každá evoluční změna musí způsobit také spoustu neočekávaných a nezamýšlených vedlejších důsledků, na něž organismus pravděpodobně zahyne; nezahyne-li, bude bizarní mozaikou vlastností užitečných (adaptivních)

a vlastností, s nimiž jen tak tak dokázal přežít. Právě očividné konstrukční nedostatky živých bytostí jsou nejsilnějším argumentem pro neplánovanou evoluci využívající příležitostí, které jsou zrovna po ruce, neboť skutečně inteligentní designér by za sebou podobné podivnosti nezanechal.

Hierarchie a oportunismus jsou tedy poněkud zvláštní „důkazy evoluce“ – nedokazují, že evoluce je, ale že musí být proto, že „Bůh by to tak nedělal“. Tento argument lze považovat za ne zcela korektní: je definitorickou vlastností Boha, že si může dělat, co Ho napadne. Jenže v tom je právě ten rozdíl: evoluci jsme si vymysleli jako vysvětlovadlo (*explanans*) právě těch věcí, které pozorujeme a které nějaké vysvětlení vyžadují (*explanandum*), tedy nikoli těch, které nepozorujeme, a evoluční teorie je použitelné vysvětlovadlo pouze tehdy, když toto velmi specifické vysvětlení dodá. Darwinistickou analogií inteligentního designéra, který může cokoli, by bylo tvrzení „všechno vzniklo přirozeným výběrem (a kdyby bylo vzniklo něco jiného, bylo by to také přirozeným výběrem)“, tedy tvrzení zaprvé neplatné, ale především – i kdyby bylo platné – absolutně nezajímavé. Abychom se mohli radovat, že naše vysvětlovadlo opravdu něco vysvětluje, nesmí být *a priori* vymyšleno tak, aby bylo schopno vysvětlit bez výjimek *cokoli*.

Box 1.7: Evoluce Terminátora

Dobrym příkladem přirozené evoluce, a to přímo z našeho praktického života, může být Terminátor. Jak známo, systém umělé inteligence Skynet se 29. srpna 1997 z nejasných důvodů vzbouřil proti lidstvu a začal jadernou válku; pak se události poněkud zkomplikovaly, ale důležité je, že budoucnost (a kupodivu i minulost, ale to teď nechme stranou) je plná terminátorů, robotů vraždících lidí. Jsou velcí a silní jako Schwarzenegger, kráčejí na ocelových nohách a v ocelových prstech svírají palné zbraně. Taková věc mohla vzniknout jen přirozeně, dejme tomu postupnou kyborgizací živých mistrů bojových umění, ale rozhodně ne činností alespoň elementárně inteligentního designéra. Kdybychom měli navrhnout, jak má Terminátor vypadat, aby fungoval, asi by měl spíše pásy nebo kola než nohy a především jeho zbraně by byly spíše zabudované přímo v něm po způsobu tanku, než aby je nosil v ruce (pouze pro nenápadnou infiltraci mezi lidi by se hodili terminátoraři-špioni podobní běžným občanům, aspoň do té míry, do jaké se člověku podobá Schwarzenegger). Roboti vytvoření inteligentními konstruktéry se lidem vůbec nepodobají, poněvadž k jednoduchým úkolům, jimiž se zabývají (od montování součástek aut na výrobní lince po vraždění lidí), lidskou anatomii nemohou využít. On by ji člověk také nevyužíval, kdyby nevznikl přirozenou evolucí z opice. Tohle platí obecně: co s sebou vláčí zjevné stopy své minulosti, to patrně vzniklo spíše evolucí. (Podotkněme na tomto místě, že jsme tu k evoluci Terminátora přistupovali tak, jak jsme zvyklí z evoluční biologie, tedy rekonstrukcí procesů, které proběhly a už nejsou vidět, pomocí toho, co se zachovalo. Znalci toho, jak se terminátoraři skutečně opravdu reálně vyvíjeli, pochopitelně existují – podobně jako znalci fungování Hvězdy smrti – ale na internetu si je musíte najít sami. My také nemůžeme rozumět všemu.)