

# IZUMIRANJE

LOŠI GENI ILI  
LOŠA SREĆA?



# Izumiranje

*Loši geni ili  
loša sreća?*

---

Dejvid Raup

Preveli  
Jelena Dimitrijević  
i Milan M. Ćirković



*Naslov originala*

David M. Raup

EXTINCTION: Bad Genes or Bad Luck?

Copyright © 1991 by David M. Raup

Copyright © 2015. za srpsko izdanje, Heliks

*Izdavač*

Heliks

*Za izdavača*

Brankica Stojanović

*Urednik*

Bojan Stojanović

*Lektor*

Vesna Đukić

*Štampa*

Artprint Media, Novi Sad

Prvo izdanje

Knjiga je složena  
tipografskim pismom

*Warnock Pro*

ISBN: 978-86-86059-62-8

Smederevo, 2015.

[www.heliks.rs](http://www.heliks.rs)

# Sadržaj

---

<i>Predgovor prvom izdanju</i>	vii
<i>Predgovor sprskom izdanju</i>	ix
<i>Uvod</i>	xi
<b>1</b> Skoro sve vrste su izumrle	3
<b>2</b> Kratka povest života	20
<b>3</b> Kockarev bankrot i srodni problemi	42
<b>4</b> Masovna izumiranja	59
<b>5</b> Selektivnost izumiranja	82
<b>6</b> Potraga za uzrocima	101
<b>7</b> Biološki uzroci izumiranja	112
<b>8</b> Fizički uzroci izumiranja	132
<b>9</b> Kamenje koje pada s neba	148
<b>10</b> Da li je udar meteorita uzrok svih izumiranja?	159
<b>11</b> Pogledi na izumiranje	172
<i>Epilog</i>	185
<i>Indeks</i>	191



---

## Predgovor prvom izdanju

Ovo je knjiga o istoriji života na Zemlji, o bezbroj preokreta koji su neobičnom putanjom doveli do nas. Pisana je u ubeđenju da je naše biološko poreklo barem podjednako značajno – i podjednako zanimljivo – kao i fizičko poreklo univerzuma.

Potpuno sam se usredsredio na izumiranje – smrt vrste – pošto je ono, posmatrano iz ugla organske evolucije, do sada privuklo iznenađujuće malo pažnje. Najvažnije pitanje, kojem ćemo se iznova i iznova vraćati, glasi: da li je na milijarde vrsta izumrlo u geološkoj prošlosti zato što su bile manje prilagodljive (loši geni) ili zato što su se zatekle na pogrešnom mestu u pogrešno vreme (loša sreća)? Da li se vrste bore ili kockaju za opstanak? Ovo vodi delikatnijem pitanju: jesmo li mi ovde zbog prirodne superiornosti (palca postavljenog odvojeno od ostalih prstiju, velikog mozga i tako dalje) ili smo samo puki srećkovići? Drugim rečima, da li je evolucija života fer igra, kao što doktrina o opstanku najjačih tako izrazito implicira?

Nezavisno od inherentne važnosti iskustava iz prošlosti, ova tema je takođe bitna za tekuće probleme zbog ugroženih vrsta, gubitka biodiverziteta te izumiranja uzrokovanog

ljudskim delovanjem. Istorija izumiranja vrsta obezbeđuje dragocen pogled na globalnu ekologiju, kako prošlosti tako i budućnosti.

Zadovoljstvo je zahvaliti ljudima i institucijama bez čije pomoći ova knjiga ne bi mogla nastati. Nasin egzobiološki program je nekoliko godina podržavao moja istraživanja o izumiranju, kao deo produženog istraživanja sprovedenog u okviru te Agencije o životu u univerzumu, i veoma sam zahvalan na toj podršci. Univerzitet u Čikagu mi je obezbedio intelektualnu atmosferu i podsticajne studente, tako neophodne pri pokušaju razmišljanja o starim problemima na nov način.

Dužnik sam svom kolegi Džeku Sepkoskom, jer mi je besplatno ustupio svoje opsežne kompilacije podataka o izumiranju. Takođe zahvaljujem Džeku i našem zajedničkom kolegi Dejvu Jablonskom za bezbrojne diskusije o fenomenu izumiranja. Pretresali smo ove probleme toliko često da je teško reći koja ideja je potekla od koga. Ipak, ni Džeka ni Dejva ne treba smatrati odgovornim za neke od bizarnijih ideja izraženih na stranicama koje slede.

Što se tiče produkcije, zahvalan sam svojoj ženi Džudi Jammoto na konstantnoj podršci i toleranciji i na čitanju rukopisa, verziju za verzijom. Značajna i veoma cenjena bila je podrška Veslija Greja u održavanju kompjutera. Takođe zahvaljujem Klarku Čepmenu, Merijen Fons, Kubetu Luhterhandu, Danijelu Makšeu, Metjuu Niteki, Džeku Sepkoskom i Džinu Šumejkeru, koji su pročitali rukopis i ponudili pregršt dobrih sugestija. Konačno, Ed Barber iz izdavačke kuće Norton je u potpunosti podržao projekat. Njegovo uređivanje rukopisa je bilo konstruktivno i veoma sam mu na tome zahvalan.

Čikago  
Novembar 1990.



---

## Predgovor srpskom izdanju

Charles Darwin je mnogo pisao o izumiranju vrsta. Fosilna svedočanstva su bila dobro poznata u njegovo vreme i on je bio uveliko svestan činjenice da je većina biljnih i životinjskih vrsta koje su ranije živele izumrla. Zbog toga je uzročima izumiranja posvetio zamašan prostor u svom ključnom delu *Postanak vrsta* (1859). Po Darwinu, izumiranje je bilo neizbežna posledica nastanka vrsta. Nove vrste se pojavljuju i takmiče sa živima. Jače vrste prežive, slabije izumru. On je ovo zamišljao kao postepeni proces u kom se fauna i flora polako menjaju, uvek se pomerajući u pravcu bolje prilagođenih formi života. Pomoću misaonog eksperimenta, u desetom poglavlju je utvrdio da bi drevnu faunu, kada bi mogla nekako biti vraćena u život, „sigurno potisnuli i istrebili...” njeni živi naslednici. Prema tome, izumiranje vrsta je uslovljeno njihovom urođenom nesposobnošću da se takmiče s bliže srodnim vrstama. Drugim rečima, loši geni!

Iako je Darwin uvažavao uticaj klimatskih promena i drugih prirodnih opasnosti, on je ovo video samo kao pojačavanje intenziteta takmičenja između vrsta, koje time ubrzava proces izumiranja. Nije ostavljao mesta za masovna izumiranja poput onog koje je uklonilo dinosauruse na kraju perioda krede, pre 65 miliona godina. Mada su ovakvi događaji bili dobro poznati Darwinu,

on je smatrao da su oni iluzije koje odslikavaju nepotpunosti i praznine u nizu stena nastalih u različitim epohama.

Darvin je ubedljivo iskazivao svoje viđenje uzroka izumiranja. U uvodu za *Postanak* napisao je da „prirodno odabiranje gotovo *neizbežno prouzrokuje u velikoj meri izumiranje manje usavršenih oblika života...*“ (Prevod Nedeljko Divac, Akadem-ska knjiga, Novi Sad. – *Prim. ur.*). Ovo objašnjenje izumiranja vrsta bilo je dominantno u biologiji i geološkim naukama više od stotinu godina.

Koliko su se samo okolnosti promenile! Sve više novih otkrića i njihove teorijske analize vode do stava da su vrste izumrle zbog izlaganja iznenadnim, retkim događajima koji prevazilaze njihova iskustva i zbog toga obično nisu predmet prirodne selekcije. To je sada definitivno pre stvar loše sreće nego loših gena.

U ovoj knjizi težište sam stavio na upotrebu fosila u pronalaženju odgovora na suštinska pitanja o izumiranju. Da li je vrste uopšte lako uništiti ili moraju postojati zaista ekstremni uslovi da se eliminiše čitava vrsta? Je li neke vrste lakše ukloniti nego druge? Obezbeđuje li izumiranje konstruktivnu silu u istoriji života ili je ona samo negativna? Da li masovna izumiranja mogu stvarno strukturno uticati na evoluciju – ili ona nakon kraja epizode masovnih izumiranja jednostavno nastavlja tamo gde je stala? Da li bismo mi uopšte bili ovde da nije bilo masovnog izumiranja u kom su iščezli dinosaurusi? Jesu li udari kometa i asteroida važan element, kako velikih, tako i malih epizoda izumiranja? Ova i mnoga druga pitanja dovela su do mog konačnog pitanja: *da li je ovo bezbedna planeta?*

*Dejvid M. Raup*

Ostrvo Vašington, Viskonsin

Decembar 2014.

---

## Uvod

Priroda i Zemlja su tradicionalno personifikovane kao žene; ali sve profesije i institucije (kao komentar na našu ličnu potrebu za kontinuitetom i na seksizam našeg društva) imaju konvencionalne očeve – Vašington je otac svoje zemlje, Kopernik moderne astronomije. Čarls Lajel je priznat kao otac geologije, pre svega zbog savremene kodifikacije ove oblasti u njegovoj višetomnoj knjizi *Principi geologije* (1830–1833). Lajel je smestio svoju filozofiju u doktrinu koja je kasnije nazvana *uniformitarizam*, a to je kompleksan skup verovanja zasnovanih na katehizmu po kome je „sadašnjost ključ za prošlost“. Lajel argumentuje da će tekući domen prirodnih procesa i učestalost njihovog delovanja, u principu, biti dovoljni za objašnjenje impresivnog niza prošlih uzroka u celokupnoj istoriji Zemlje i života. Lajel je video ovaj princip kao metodološku reformu koja otklanja fantastične (i kvaziteološke) „katastrofične“ uzroke i izražava punu veličinu prethodne promene sporom i konstantnom akumulacijom običnih malih promena (uklanjanje i erozija zrno po zrno) tokom dužeg vremenskog perioda.

Ideja zvuči tako mudro i razumno. Čak i najveće moderne revolucije u geologiji, pomeranje kontinenata i tektonika ploča, otelotvoruju uniformitarijanski pogled, to jest njegovu viziju

delovanja kontinentalnih pokretanja od nekoliko centimetara godišnje ekstrapoliranih do velike kumulativne promene kroz nemerljivo dugo geološko vreme. Pa ipak, s dva drugačija staništa (teorijskog i empirijskog), Lajelov kreda ima malo smisla, i njegov status kao dogme može samo reflektovati naše socijalne i psihološke preferencije. Prvo, kolika je verovatnoća da parčence vremena koje mi opažamo treba da obuhvati pun domet potencijalnih procesa koji mogu menjati Zemlju? Šta je s velikim, ali savršeno prirodnim događajima koji se pojavljuju toliko retko da su nam male šanse da opazimo makar jednu takvu pojavu u istorijskom vremenu? Drugo, kako Lajelova postepenost može objasniti osnovnu činjenicu iz paleontologije – rasprostranjene i naizgled nagle preokrete faune („masovna izumiranja“) koji su se pojavljivali nekoliko puta u istoriji života? (U tradicionalnim objašnjenjima vide se pokušaji da se „izglade“ ova velika umiranja tako što im se trajanje proširi na više miliona godina, a razlog za to pripiše pojačavanju običnih uzroka – promenama temperature i nivoa mora, na primer – ali ti argumenti uvek izgledaju nategnuto.)

Teorija o vanzemaljskom uticaju na masovno izumiranje – nju je lako konceptualizovati, ali tek su joj 1980. godine pridruženi podaci koji joj idu u prilog – može preokrenuti ne samo naše viđenje istorije života, nego i čitav koncept istorijske promene, pri čemu ponovo postaje legitimno razmatrati katastrofizam. Prema tome, kako istoričar nauke Vilijam Glen obrazlaže, teorije o dejstvu udara mogu biti konceptualno važnije i imati dalji domet nego teorija o tektonici ploča, koja je reformisala naše viđenje planetarne mehanike, ali nije uticala na lajelovsko viđenje promene.

Scenario o udaru je sada dobro dokumentovan samo kad se odnosi na izumiranje u kredi – ni u kom smislu najveće,

ali posebno drago našim srcima, zato što je uklonilo dinosau- ruse i dalo sisarima šansu, omogućavajući time našu sopstvenu evoluciju. Ali proširenje na druga masovna izumiranja postaje uzbudljiva mogućnost i vruća tema tekućih istraživanja. Fosilni ostaci su naš izvor podataka za ovaj predmet, a kvantifikacija obrazaca izumiranja je najvažnija tema koja najviše obećava. Ipak, sve donedavno izumiranje je dobijalo mnogo manje pažnje nego što je to očigledno povoljna pozicija te pojave garantovala. U pretežno darvinističkom svetu adaptacije, postepene promene i poboljšanja, izumiranje izgleda nekako negativno – krajnji neuspeh, tamna strana evolucionističkog „pravog“ rada, nešto što treba da bude obznanjeno ali o čemu se ne raspređa u pristojnom društvu.

U poslednjih deset godina to čudno zanemarivanje se izgu- bilo i nema teme koja zavređuje više pažnje među paleontolo- zima od izumiranja. Razlozi su mnogi, s vidljivim korenom u uticajnoj teoriji masovnog izumiranja. Ali primarni arhitekta ovog preokreta bio je moj briljantni kolega Dejvid M. Raup. Dejv se možda bolje snalazio pred kompjuterskim ekranom nego pred prašnjavom kutijom fosila (za šta je dobio nemalo kritika od tradicionalista), ali je svejedno priznati gospodar kvantitativnog pristupa fosilnim zapisima. Video je moć sce- narija o udaru od samog početka, dok je većina paleontologa besno urlala ili se smejala, odbijajući da ozbiljno razmotri pred- log. On je doveo do najznačajnijih otkrića i predložio najza- nimljivije i najsmelije hipoteze u toj oblasti i izneo zamisao da se masovna izumiranja možda ciklično ponavljaju na 26 miliona godina. U maniru likova iz Pekovih filmova, Dejv je loš momak paleontologije – težak je čin zadržati tu titulu do pedesetih godina (ja sam mu u tome konkurencija), ali istinski je najuzvišenija od svih statusa u nauci. Ako Dejv ima moto,

to može samo biti: *misli nemislivo* (i onda napravi matematički model da pokažeš kako bi to moglo da radi); uzmi smelu ideju sa ograničenom sferom opravdanosti i vidi ne bi li ona mogla da se proširi tako da objasni sve. Ova knjiga je prelepa izložba potencijalno opravdanih ikonoklastija, jer Dejv ne samo da opravdava scenario udara za jedno veliko izumiranje nego potom i pita: pretpostavimo da su sva izumiranja, ne samo masovna umiranja nego i manje seobe u lokalnim oblastima, izazvana udarima varirajućih veličina. Kako bi istorija života tada izgledala? Da li aktuelna istorija života posle svega ne izgleda kao ta zamišljena?

Bavljenje paleontologijom, mada je prožeto uobičajenom uzavrelom debatom tako karakterističnom za sve zanimljive nauke, relativno je prijateljska profesija. Volim skoro sve svoje kolege, ali posebnu naklonost čuvam za šaćicu onih koji su me nadahnuli svojim uvidima i gurnuli me u razmatranje smelih, neobičnih novina. Dejv Raup je najbolji od najboljih. Pre nego što smo se lično upoznali, on je prvi rad koji sam napisao pregledao s maksimalnom prijateljskom podrškom (tada nesigurnom diplomcu i ukazao mi na značajne greške bez imalo nipodaštavanja. Radili smo zajedno na mnogim naučnim radovima u 70-im i 80-im (o moći slučajnih procesa da se stvori očigledan red koju bi većina paleontologa pogrešno protumačila kao prima facie svedočanstvo klasične uzročnosti). Dejv se tada bavljao idejom da su sva masovna izumiranja artefakti, čija konačna stopa nikad ne varira u vremenu, i da su vidljivi ostaci samo prividi zasnovani na nesavršenim fosilnim zapisima. („Ali Dejve“, često sam se bunio, „nije valjda da stvarno to misliš. Nije poenta u tome da 95 posto vrsta umire pred kraj perma, nego da se nikad više ne pojavljuju u trijasu – a to je nepobitan dokaz da su izumrle.“ Mislim da sam iz

te rasprave izašao kao pobjednik, ali u razgovoru se pokazalo da Dejv može smisliti bilo šta i jednako brzo može promeniti svoje mišljenje.)

Danas je moderno smatrati ljubomoru, popustljivost i prevaru normama u uzajamnim odnosima naučnika. Ali samo se čini da ovo sumnjivo ponašanje preovlađuje, jer je zlonamernost mnogo vidljivija od ljubaznosti, pomoći i kolegijalnosti. Deset hiljada pažljivih gestova, nikad zabeleženih, više nego uravnotežuju svaki novinski naslov o pojedinoj pokvarenosti. Ova kolegijalnost kao lepak drži nauku neraspadnutu i izvor je prosvetljenja u profesiji koja bi u suprotnom skončala pod dosadnim i ludački nezdravim pritiskom raznih obaveza. Izuzetno sam ponosan što imam kolege kakav je Dejv, ljude nepokolebljivog integriteta i istraživačkog duha. S prijateljima i saradnicima poput njega, nikad nećemo postati stari i zajedljivi.

*Stiven Džej Guld*

Muzej komparativne zoologije  
Harvardski univerzitet





# IZUMIRANJE

LOŠI GENI ILI  
LOŠA SREĆA?



# 1

---

## Skoro sve vrste su izumrle

**S**koro svi profesionalni igrači fudbala još su živi. Verovatno isto važi i za nuklearne fizičare, prostorne planere i poreske savetnike. Pobrojani su preživeli donekle zato što su profesionalni fudbal i nuklearna fizika nove profesije, a donekle zahvaljujući rastu populacije – ima mnogo više ljudi sada nego ikad ranije. Nejtan Kejfic, veliki demograf, proračunao je 1966. da je tada bilo živo četiri procenta od broja svih ljudi koji su dotad živeli. Ponovo, novina i rast populacije.

Ovo ne važi za vrste! Postoje milioni različitih životinja i biljaka na zemlji – verovatno 40 miliona. Ali tokom vremena je postojalo između pet i pedeset *milijardi* vrsta. Dakle, otprilike samo jedna od hiljadu vrsta je još uvek živa – zaista bedno svedočanstvo preživljavanja: neuspeh od 99,9 procenata! U ovoj knjizi razmatraju se dva osnovna pitanja: zašto je toliko mnogo vrsta izumrlo i kako su one izumrle?

## Da li je izumiranje bitno?

Da, smatram da je veoma bitno. Svi mi odrastamo uz stečeni skup ideja o prirodnom svetu oko nas, njegovoj istoriji i njegovoj budućnosti. Dobijamo ove ideje iz hiljadu izvora – iz stripova i učionica i televizijskih humorističkih serija – i ove ideje predstavljaju kolektivne stavove u našoj kulturi. Mislim da većina nas ima zajednički stav da je Zemlja prilično bezbedno i gostoljubivo mesto za život – pritom se ne računa ono što ljudi mogu da urade planeti i jedni drugima. Zemljotresi, uragani i epidemije bolesti mogu nas pogoditi, ali u celini gledano, naša planeta je stabilna. Niti je previše toplo, niti previše hladno, godišnja doba su predvidiva i sunce izlazi i zalazi po očekivanom redu.

Mnogo od našeg dobrog mišljenja da je Zemlja gostoljubiva potiče iz izvesnosti da je život postojao bez prekida više od tri i po milijarde godina. Naučili su nas, takođe, da je većina promena u prirodnom svetu spora i postepena. Vrste evoluiraju u malim koracima tokom eona; erozija i neвреme menjaju krajolik, ali skoro neizmerljivo malom brzinom. Kontinenti se pomeraju, kao što se sada Severna Amerika udaljava od Evrope, ali ovo udaljavanje se meri centimetrima na godišnjem nivou i ne utiče na naše živote i živote naše dece.

Da li je sve ovo istina ili je pre bajka kojom nas uljuljkuju? Ima li tu još nečeg? Mislim da ima. Skoro sve vrste u prošlosti nisu opstale. Ako su izumirale postepeno i tiho, i ako su zaslužile da umru zbog svoje inferiornosti, onda bi naše dobro mišljenje o Zemlji moglo ostati nepromenjeno. Ali ako su umrle nasilno a da nisu uradile ništa pogrešno, to znači da naša planeta nije tako bezbedno mesto.

## Loši geni ili loša sreća?

Uzeo sam naslov ove knjige iz istraživačkog članka objavljenog u Španiji pre nekoliko godina. Tada sam se interesovao za nestanak trilobita u paleozoiku. Od pre otprilike 570 miliona godina ovi kompleksni, kraboliki organizmi preovlašivali su među živim svetom na dnu okeana – u najmanju ruku, najzastupljeniji su među fosilnim ostacima iz tog doba. Ali tokom 325 miliona godina ere paleozoika trilobita je bivalo sve manje i bili su sve neraznovrsniji, pa su konačno potpuno nestali u masovnom izumiranju krajem ere, pre oko 245 miliona godina. Koliko znamo, trilobiti nisu ostavili potomke.

I tada u Španiji i sada postavljam isto pitanje: zašto? Da li su trilobiti uradili nešto pogrešno? Jesu li bili suštinski inferiorni organizmi? Da nisu bili glupi? Ili naprosto nisu imali sreće te su se zadesili na pogrešnom mestu u pogrešno vreme? Prva alternativa, loši geni, može se ispoljiti kao osetljivost na bolesti, nepostojanje dobrog čulnog opažanja ili skroman reproduktivni kapacitet. Druga, loša sreća, može biti neobična katastrofa koja je eliminisala život u oblasti u kojoj su trilobiti obitavali. U suštini, pitanje se svodi na sledeće: priroda ili iskustvo. Da li je sklonost izumiranju suštinsko svojstvo vrsta – njihova mana – ili to zavisi od čudljivosti slučaja u svetu punom rizika?

Naravno, problem je složeniji nego što sam ga predstavio, kao što je i pitanje o tome šta je presudno, priroda ili iskustvo, u ljudskom ponašanju složenije. Ali u obe situacije priroda (genetika) i iskustvo (sredina) deluju na istom nivou, i izazov je pronaći koji proces preovlađuje i da li neuravnoteženost varira u vremenu i prostoru.

## Priroda izumiranja

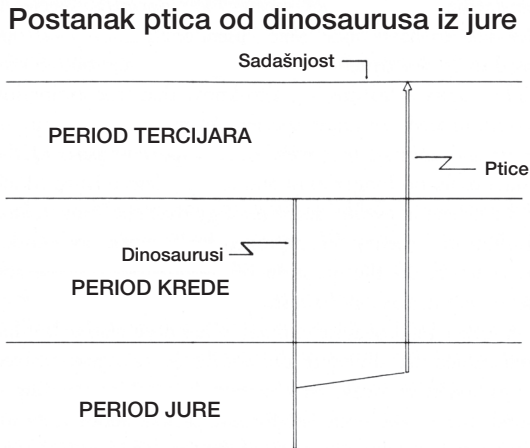
Možemo izbeći problem izumiranja – a time i ovu knjigu – ukoliko negiramo tu pojavu. Možemo uočiti da prosečna biljna ili životinjska vrsta ima geološki životni vek od samo četiri miliona godina, a da život seže hiljadama miliona godina unazad. Na osnovu ovoga možemo tvrditi kako je sasvim prirodno da vrste imaju kratak životni vek. Vil Kapi u svojoj divnoj knjizi eseja naslovljenoj *Kako da izumrete* piše da se „doba reptila završilo zato što je trajalo suviše dugo i bilo je greška od početka“.

Ako prihvatimo da je smenjivanje vrsta samo ispoljavanje odlike prirode, baš kao što je priroda dala ljudima ograničen životni vek, onda nema ničega vrednog čuđenja u izumiranju vrsta. Ali izjednačavanje životnog veka vrste sa životnim vekom ljudskih jedinki potpuno je bez osnova. Nema svedočanstva o starenju vrsta niti ikakvog poznatog razloga zbog kog vrste ne bi mogle zauvek živeti. Zapravo, tvrdilo se da su takozvani živi fosili stvarno besmrtni (bubašvabe i ajkule, na primer).

Možemo se takođe rešiti problema tvrdeći da vrste ne izumiru, već da samo evoluiraju u druge vrste (po svojoj prilici bolje) putem prirodne selekcije. Suština Darwinovog *Postanka vrsta* jeste to da se vrste postepeno preobraćaju u nove vrste. Kada se nova vrsta formira na ovaj način, predačka vrsta ne umire: ona se preobražava u drugu vrstu. Tada se kaže da je predačka vrsta podlegla pseudoizumiranju, što je suprotnost istinskom izumiranju. Premda se pseudoizumiranje zasigurno javlja u prirodi, mi takođe znamo da je istinskim izumiranjem eliminisano bezbroj vrsta. Mnoge veće grupe biljaka i životinja, koje su nekad bile važni delovi globalnog ekosistema, više ne postoje i nisu ostavile potomke. Mnoge polemike u evolucionoj biologiji u vezi s teorijom punktuirane ravnoteže (čiji je zagovornik

Stiven Džej Guld) tiču se razmere između pravog izumiranja i pseudoizumiranja u istoriji života.\*

Zastupala se teza o još jednoj vrsti lažnog izumiranja. Tvrđilo se da dinosaurusi nisu izumrli nego su im se samo razvila krila i odleteli su! Na izvesnom nivou, ovakvo zaključivanje je smisljeno. Ptice su nastale u juri, pre oko 150 miliona godina, od dinosaurusa iz tog vremena (slika 1.1). Prvi fosili ptica jedva



SLIKA 1.1 *Evolutivno stablo (znatno uprošćeno) pokazuje da ptice potiču iz roda dinosaurusa iz perioda jure. Na osnovu ovog obrasca pojedini autori počinju da tvrde kako dinosaurusi nisu izumrli na kraju krede, već su im se samo razvila krila i odleteli su.*

\* Teorija punktuirane ravnoteže koju su 1972. godine postavili Stiven Džej Guld i Najls Eldridž ključna je u makroevoluciji, odnosno u onom delu evolucione biologije koji se tiče promena na nivou vrsta i iznad njih. Za razliku od zagovornika preovlađujućeg gradualizma u pogledu specijacije, odnosno nastanka novih vrsta, Guld i Eldridž su sugerisali da se promene koje dovode do pojave nove vrste dešavaju naglo – s paleontološkog stanovišta – i da su razdvojene dugačkim periodima takozvanog stazisa, u kome se odlike vrste veoma malo menjaju. Nasuprot povremenim naivnim tumačenjima kreacionista, teorija punktuirane ravnoteže ne predstavlja nikakvo napuštanje darvinizma, nego naprotiv, njegovo produblјivanje i usavršavanje. – *Prim. prev.*

se razlikuju od manjih dinosaurusa iz jurskog perioda. Tako da ptice, kao grupa, jesu potekle od dinosaurusa i imaju mnogo anatomskih sličnosti s njima koje to potvrđuju. Svih 8600 vrsta ptica koje danas žive u nečemu su nasledile svoje pretke reptile.

Ali rod ptica se odvojio milionima godina pre nego što su dinosaurusi nestali u masovnom izumiranju koje se završilo u periodu krede. Dinosaurusi iz krede su, bez sumnje, umrli! Njihovo izumiranje je bilo potpuno. Ne možemo izbeći činjenicu da je istinsko izumiranje zahvatilo veliki deo evolutivnog potomstva života na Zemlji – iako se razmere tog dela ne znaju pouzdano.

## Ko proučava izumiranje?

Začudujuće, ali malobrojni naučnici proučavaju izumiranje. Nema naučne discipline koja nosi to ime. Bilo kako bilo, mi znamo mnogo o tom predmetu. U 19. veku, geolozi su otkrili da kratko trajanje fosilnih vrsta obezbeđuje najbolje sredstvo za ređanje geoloških događaja u vremenskom sledu. Obrnutim zaključivanjem, tako što će identifikovati fosile, geolozi mogu odrediti položaj stene u vremenu s velikom preciznošću. Čak i danas, mnoga istraživanja nalazišta ulja i gasa po svetu razvijaju se pomoću hronologije utemeljene na promenljivim fosilnim ostacima – drugim rečima, na postanku i izumiranju vrsta.

Ali geolozi i njihove kolege paleontolozi koji su uradili najveći deo težeg posla, nikad se nisu previše interesovali za izumiranje. Može biti da ti naučnici rade tako blizu fosilnim ostacima da su izgubili prirodno strahopoštovanje. Zaista, kad zaključite da su sve prirodne vrste koje se nalaze u kamenu izumrle, više se ne pitate zašto se to dogodilo nego kada je to bilo. Neobično



mali broj geologa i paleontologa se danas aktivno bavi problemom ugroženih vrsta i predviđanja budućih izumiranja.

Kada sam bio na doktorskim studijama paleontologije, naučio sam nekoliko stvari o izumiranju. Naučio sam da se vrste neprekidno takmiče jedna s drugom za mesto i resurse i da se uvek bore sa svojom fizičkom sredinom. Naučio sam da je stalno izumiranje koje se odvija u pozadini neizbežan deo istorije života, povremeno prekinut velikim događajima zvanim masovna izumiranja. Konvencionalna mudrost je otišla malo dalje. Iako je pažnja u predavanjima po školama i u udžbenicima bila posvećena masovnim izumiranjima, na te događaje se gledalo kao na previše složene da bi se ikad mogli razumeti. Naš zadatak u školi je bio da naučimo da identifikujemo najvažnije fosile i njihove domene u geološkom vremenu.

Ali ako geolozi i paleontolozi ne obraćaju ozbiljnu pažnju na izumiranje, sigurno se biolozi brinu? Organska evolucija je najvažnija u skoro svim aspektima biologije. Sve ponašanje je složeno. Naučnici iz čitavog niza poddisciplina – molekularne i populacione genetike, taksonomije i mnogih oblasti ekologije i biogeografije – pokušavaju da dokumentuju evolutivnu istoriju ili istraže procese u kojima su se organizmi razvili. Ko je stvorio koga i kad, zašto i kako? Međutim, tipičan biolog smatra da izumiranje igra začuđujuće malu ulogu u evoluciji.

U poslednjih nekoliko decenija u biologiji je važna tema bio fenomen poznat kao *specijacija*. Po konvenciji, pojam se odnosi na razdvajanje ili grananje jedne evolucione loze, pri čemu nastaju dve različite vrste tamo gde je bila jedna. Zanimljivo je da ovo nije postanak vrsta na koje se Čarls Darwin bio usredsredio. Glavni model darvinovske promene jeste postepena transformacija jedne vrste u drugu, bez povećavanja broja koegzistirajućih vrsta. Zapravo, Darwinovo shvatanje postanka

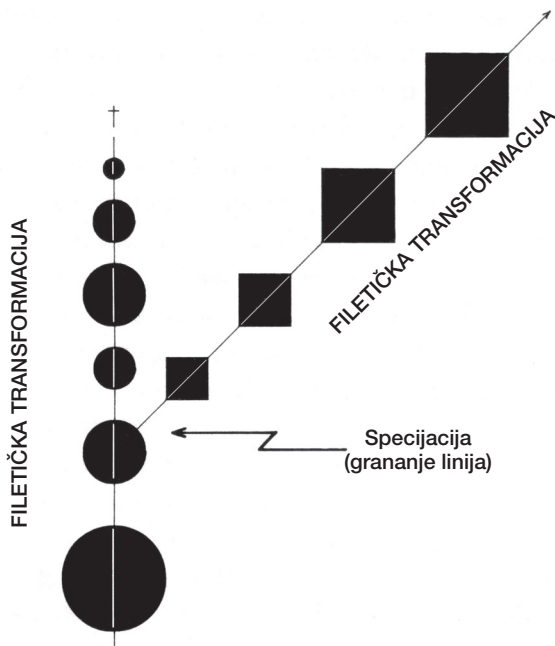
vrsta većina biologa čak i ne naziva specijacijom nego radije, i pomalo čudno, *filetičkom transformacijom*.

Na slici 1.2 ilustrovao sam razliku između specijacije i filetičke transformacije. Dve linije s pridodatim simbolima označavaju linija vrste neke zamišljene zveri koje s vremenom evoluiraju. Anatomiju jedne vrste predstavljaju krugovi. S vremenom, ovi krugovi postaju (obično) manji, što znači da se evolucija usmerava ka manjim telima. Ova promena se javlja usled filetičke transformacije.

Negde na tom nizu na slici 1.2 dolazi do grananja: neki kružni organizmi se odvajaju i stvaraju rod kvadratnih organizama. Kvadrati se potom razvijaju filetičkom transformacijom; u ovom slučaju, anatomska promena koja se dogodila bila je povećanje organizama. Obratite pažnju: učinio sam da predačke vrste (krug) izumru, ali ostavljaju vrstu potomaka (kvadrate) koji ih nadžive.

Ako je 99,9% svih vrsta koje su ikad živele na Zemlji izumrlo, sledi da je zbir stvorenih vrsta gotovo jednak zbiru izumrlih vrsta. Iako sadašnji biodiverzitet – milioni živih vrsta – nama izgleda veliki, današnji ekosistem je rezultat male prednosti specijacije nad izumiranjima, akumulirane tokom dugog vremenskog perioda.

Kad gledamo ove slike, zbunjuje to što čak ni evolucionisti skoro da nisu posvetili pažnju izumiranju. O specijaciji su napisane velike monografije i knjige, a karijere se razvile iz ove teme. Ali izumiranje jedva da je dotaknuto. To podseća na demografa koji bi izučavao rast populacije a da ne razmatra stopu smrtnosti. Ili na računovođu zainteresovanog za kredite ali ne i za dugove. U knjigama o evoluciji malo se govori o izumiranju, sve se svodi na nekoliko trivijalnosti i tautologija kakve su ove: „Vrste izumiru kada nisu sposobne da podnesu



SLIKA 1.2 Hipotetičko evoluciono stablo pokazuje razliku između filetičke transformacije i specijacije. Zamišljeni organizmi (kružići i kvadrati) postepeno se menjaju u vremenu, postaju veći ili manji (FILETIČKA TRANSFORMACIJA). U tački razdvajanja (SPECIJACIJE), kružni organizmi stvaraju lozu kvadratnih organizama.

promenu“ ili „izumiranja su verovatna kada se veličina populacije približava nuli“. *Enciklopedija Britanika* (1987) kaže: „Izumiranje se javlja kada vrsta više ne može da nadomesti pređašnji nivo reprodukcijom“. Ove tvrdnje su gotovo bez sadržaja.

Ali u nauci se menjaju interesovanja, a to se dešava i sa izumiranjem. Zahvaljujući provokativnom izlaganju fizičara nobelovca Luisa Alvareza i njegovih kolega s Berklija, prolomila se žestoka debata u vezi s tim da li je pad meteorita izazvao izumiranje dinosaurusu. To se poklopilo s razmatranjem tekuće ugroženosti vrsta kako bi se podstaklo više ljudi da izučavaju

fenomen izumiranja i njegovu ulogu u istoriji života. Novo polje izučavanja izumiranja možda će jednoga dana čak dobiti ime koje će se završavati sa „logija“. U ovoj knjizi izvešćete vas o pokušajima mnogih od nas da bolje razumeju izumiranje.

Trebalo bi istaći da je izučavanje izumiranja još uvek veoma mala, zanatska delatnost. Nema u tome ulova kao u velikim naukama – ničega uporedivog s akceleratorima ili Projektom ljudski genom ili Hablovim svemirskim teleskopom. Pitanja o izumiranju su podjednako fundamentalna i zanimljiva u našem nastojanju da shvatimo gde nam je mesto u univerzumu i odgovore na ultimativno pitanje: zbog čega smo mi ovde?

## Reč o reči

Zanimljivo je da je reč *izumrli* (engl. *extinct*) pridev. Mi kažemo da vrsta (ili vulkan) postaju izumrli. Reč je pasivnog kvaliteta, ukazuje na neumitnost nestajanja. U engleskom jeziku je nekada ta reč bila glagol, ali je njegova upotreba nestala iz jezika u 17. veku. Biljke i životinje čine svakovrsne akcije: bore se, jedu, sele se, reprodukuju se, čak se i dele na nove vrste. Ali kad vrsta umre, postaje izumrla. Verovatno je izumiranje, kao smrt vrsta, pomalo zastrašujuće i mi nesvesno izbegavamo da se tako izražavamo. Ili je možda upotreba smišljena tako da ukazuje na to da su vrste postale izumrle usled spoljašnjih uticaja, izvan njihove kontrole. Ovo bi, mislim, bilo razumno, jer ne možemo pretpostaviti da je neka vrsta aktivno samoubilačka, iako neki njeni članovi to mogu biti.

Digbi Maklaren, poznati kanadski paleontolog koji izučava izumiranje, zagovara upotrebu termina *masovno ubijanje* umesto *masovno izumiranje*. Ali on time hoće da uvede razliku između

smrti pojedinačnih životinja i smrti vrsta. Maklaren je ubeđen da je najdramatičniji aspekt masovnih izumiranja iznenadno ubijanje mnoštva jedinki. Izumiranje vrste, za njega, jeste više nusprodukt u slučajevima gde je ubijanje bilo potpuno. Prema tome, Maklaren ne predlaže promenu u jeziku, već promenu u pristupu, od vrste ka jedinkama.

U nekoliko skorašnjih članaka ja sam bio još smeliji pa koristim *ubiti* i *ubijanje* umesto *izumro* i *izumiranje*. Čekam, pomalo vragolasto, da vidim hoće li tu upotrebu prihvatiti moje kolege. U najmanju ruku, očekujem da će to dovesti do živahnih rasprava s Digbijem Maklarenom.

## Definisanje vrste

Pre nego što još više odmaknemo, trebalo bi da razjasnim šta mislim pod terminom *vrste*. Vrsta je tradicionalna jedinica prihvaćena u većini studija o izumiranju, uprkos Maklarenovim pogledima na ovo.

Vrsta je vrsta – ako kompetentni taksonom kaže da ona to jeste. Iako pomalo cinična, ovo je delotvorna definicija koja se naširoko koristi u biologiji i paleontologiji. Ona funkcioniše zato što je svet biologije, zapravo, podeljen u prirodne zajednice. Profesionalni taksonomi troše mnogo vremena i energije da klasifikuju organski svet u njegove osnovne jedinice – vrste organizama koje se razlikuju od drugih vrsta. Kriterijumi obuhvataju anatomiju, biohemijska svojstva, boju, sistem razmnožavanja i ponekad ponašanje. Iskustvo taksonomâ se koristi da bi se izabrale karakteristike koje omogućuju doslednu klasifikaciju.

Može se načiniti i stroža definicija: *vrsta je grupa pojedinačnih organizama koji dele zajednički fond genetičkog materijala*

(*genom*). Svi ljudi pripadaju jednoj vrsti jer se svi mogu međusobno razmnožavati. Izuzev pola, razume se, jedine prepreke razmnožavanju među članovima naše vrste su geografske i kulturološke. Biološki svet predstavlja niz odvojenih i nezavisnih genoma i svaki se menja s vremenom, ali se ne meša s drugima. Zato što su vrste tako izolovane da se ne mogu međusobno razmnožavati, razvijaju se razlike u anatomiji i ponašanju.

Posao taksonoma je da prepozna i razlikuje prirodne vrste. Nažalost, eksperimenti s razmnožavanjem u cilju testiranja reproduktivne izolacije obično su nepraktični; ovakvi testovi mogu biti čak neizvodivi ukoliko organizmi žive u drugačijim područjima i ne ponašaju se prirodno u izolaciji. Zbog ovoga se taksonomi obično oslanjaju na pomoćne informacije – fizičku pojavu, ponašanje, cikluse razmnožavanja i tako dalje.

Zadatak taksonoma otežava činjenica da ima razlika unutar vrsta isto kao i među njima. Populacije vrsta koje žive u jednoj oblasti mogu biti različite – često upadljivo – od populacija iste vrste koje žive u drugoj oblasti. Razlike mogu poticati od manjih adaptacija na lokalne uslove ili su sasvim slučajne, razvile su se među populacijama koje se inače ne ukrštaju. Geografske varijacije vrsta se zovu *podvrste*, *varijeteti* ili *rase*, što ukazuje na to da bi se dotične vrste mogle međusobno razmnožavati da žive u istoj oblasti (i kada bi to htele). Podvrste su začeci vrste, to jest, originalne vrste u procesu specijacije. Podvrste postaju potpuno nezavisne vrste ako se geografska odvojenost održi dovoljno dugo.

Postoji povremeno uspešno ukrštanje među vrstama, posebno među biljkama (to važi za hrastove, na primer) i rezultati neretko zamagljuju granice među vrstama. Hibridi su često po formi prelazne vrste. Kada bi ukrštanje bilo neograničeno u našem svetu, čitava klasifikacija organizama u vrste bi se srušila.

Srećom po taksonome, i verovatno po evolucioniste takođe, to nije slučaj. U daljem razmatranju pokazuje se da postojanje genoma koji se nezavisno razvijaju omogućava da se razviju i istraju raznolike adaptacije, primera radi, letenje i plivanje. Bez granica naš svet bi bio veoma drugačiji i mi verovatno ne bismo postojali. U opštoj biologiji bi verovatno dominirali neodređeni organizmi koji mogu da urade ponešto od svega – ali ništa jako dobro.

Zbog toga što je testiranje sposobnosti razmnožavanja organizama retko moguće ili što gotovo da ne postoji u praksi, taksonomi moraju da naprave mnogo smislenih pretpostavki o granicama vrsta. Može se reći da ovaj pristup najčešće dobro funkcioniše upoređujući klasifikacije raznih taksonoma. Pogotovo su upečatljiva poređenja lista ptičjih vrsta u zabačenim delovima Nove Gvineje koje su, nezavisno jedni od drugih, sastavili zapadni ornitolozi i članovi lokalnih urođeničkih plemena. Poklapanje je skoro savršeno.

Paleontolozi klasifikuju fosile kao biolozi žive organizme. Razume se, eksperimenti s ukrštanjem nikako se ne mogu izvoditi s fosilima, a nema ni mnogo informacija o njihovom ponašanju i fiziologiji. Ali ograničenje na spoljnu pojavu nije toliko otežavajuća okolnost, kada se u obzir uzme da biolozi koji rade sa živim organizmima takođe donose većinu zaključaka na toj osnovi.

## Svrha izumiranja, ako je uopšte ima

Da li je izumiranje dobro ili je to uglavnom destruktivna nepriklina koju konstruktivne sile evolucije jedva uspevaju da prevaziđu? Na ovo zanimljivo i teško pitanje nema čvrstog odgovora.

Važi opšte mišljenje da je izumiranje, naravno, „dobra pojava, jer otklanja manje prilagodljive vrste“. Ovaj duboko usađen pojam može se naći u Darwinovom *Postanku vrsta*, iako on uvek ističe sposobnost prilagođavanja *unutar* vrste. Nekim ljudima je ideja da je izumiranje krajnje dobro toliko očigledna sama po sebi, da se uopšte ne mora testirati: prilagodljivije vrste mogu se razlikovati od manje prilagodljivih vrsta zbog same činjenice da su preživele.

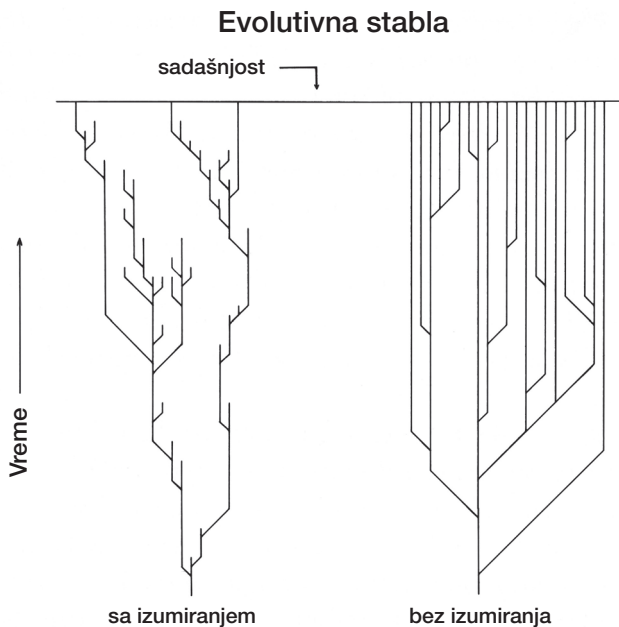
Ipak, postoji uznemirujuća činjenica: ni za jedno od na hiljade dobro dokumentovanih izumiranja u geološkoj prošlosti nemamo čvrsto objašnjenje zbog čega se desilo. Imamo mnogo pretpostavki za pojedinačne slučajeve, naravno: trilobiti su izumrli zbog takmičenja s novonastalim ribama; dinosaurusi su bili previše veliki ili previše glupi; rogovi irskog irvasa su postali previše teški. Ovo su sve verovatni scenariji, ali nezavisno od verovatnoće, ne može se pokazati da su istiniti a da se pritom zanemari opravdana sumnja. S lakoćom se mogu izmisliti podjednako verovatni drugačiji scenariji, i nijedan nema tu predviđalačku moć da može apriori pokazati kako su data vrsta ili anatomski tip bili predodređeni da izumru.

Nažalost, jedino svedočanstvo o inferiornosti žrtava jeste činjenica da su izumrle, a to je cirkularni argument. Slabost ovog argumenta je u tome što, ne utiče na pretpostavku da se izumiranje zasniva na prilagodljivosti: on samo odražava naše neznanje. Na primer, sisari iz kasne krede možda su bili bolje prilagođeni od dinosaurusu, ali mi ne znamo dovoljno o tim životinjama da bismo uočili tu superiornost.

Razmotrimo u misaonom eksperimentu kako bi evolucija izgledala da nikada nije bilo izumiranja vrsta.

Slika 1.3 pokazuje skice dva hipotetička evolutivna stabla. Kod oba vreme teče od dna ka vrhu, a svaka loza predstavlja





SLIKA 1.3 Hipotetičko evolutivno stablo pokazuje uticaj izumiranja vrsta na biodiverzitet. Stablo na levoj strani odslkava aktuelnu istoriju života, s mnogo vrsta formiranih grananjem rodova, ali većina ih izumire. Samo tri vrste preživljavaju do današnjeg dana. Drvo na desnoj strani pokazuje kako bi evolucija izgledala da nikada nije bilo izumiranja: broj koegzistirajućih vrsta (biodiverzitet) povećavao bi se sve dok ne bi nastalo prezasićenje.

lozu vrste. Sadašnjost je vodoravna loza duž vrha, tako da su vrste koje žive danas prikazane lozama koje sežu do te loze. Oba stabla se granaju nagore u vidu grmova bez centralnog stabla. Svaka tačka grananja pokazuje jedan događaj specijacije.

Evolutivno stablo na levoj strani predstavlja pravi izgled evolucije. Gledajući od dna, rodovi vrsta koji se završavaju pre dostizanja vrha su izumrli. Broj koegzistirajućih vrsta (biodiverzitet) menja se s vremenom, kako se nove vrste dodaju specijacijom, a druge gube kroz izumiranje.

Stablo na desnoj strani prati ista pravila, s tim što ovde vrste nikad ne umiru. Izgledom više podseća na živicu nego na žbun borovnice. Mi znamo da je stablo na levoj strani bolja slika aktuelne istorije života, zato što imamo obilje svedočanstava za postojanje izumiranja. Ali da li bi evolucija bez izumiranja funkcionisala?

Verovatno bi funkcionisala, ali ne naročito dobro. U evoluciji bez izumiranja nastalo bi nekoliko problema. Najvažniji se odnosi na to da bi biodiverzitet rastao eksponencijalno. Što bi više linija vrsta nastalo, više novih vrsta bi proisteklo iz tih linija. Verovatno bi sistem uskoro postao prezasićen: specijacija bi se zaustavila jer ne bi bilo prostora za nove vrste.

Prilagođavanje putem prirodne selekcije bi nastavilo da brusi i prečišćava postojeće vrste, i krajnji kvalitet prilagođavanja bi možda čak bio i bolji od onoga što vidimo danas, jer bi vrste pojedinačno imale više vremena. Prvi formirani organizmi možda bi razvili mnogo bolje strukture od današnjih organizama.

Dakle, možemo zamisliti evolucionu sistem uređen bez izumiranja – i on možda postoji na nekim planetama. Samo, da li bi svet u kome nema izumiranja proizveo toliko biološke raznovrsnosti koliko je razvijeno na Zemlji – organizmi različiti poput trilobita, riba, letećih reptila, kitova, i ljudi? Verovatno ne bi, ali mi to ne možemo tvrditi. Izumiranje ograničava potencijalno brojne loze – često rano u procesu adaptacije – ali tako nastaje prostor za evolutivne inovacije. Zbog toga u našem svetu, u najmanju ruku, izumiranje kontinuirano obezbeđuje nove prilike za različite organizme koji mogu otkriti nova staništa i načine života. Ovaj proces može biti neophodan da bi se postigao varijetet životnih formi, u prošlosti i sadašnjosti.

Iz pomenutog se može zaključiti da izumiranje može biti neophodan sastojak za evoluciju, ali slučaj ni u kom smislu nije zaključen. Vraćićemo se ovom pitanju u kasnijim poglavljima, gde ćemo videti da dosta zavisi od toga je li evolucija slučajna ili selektivna u izboru svojih žrtava.

### IZVORI I PREDLOZI ZA DALJE ČITANJE

- Cuppy, Will. 1983. *How to become extinct*. Čikago: University of Chicago Press. Reprint klasika iz 1941. godine.
- Darwin, Charles. 1859. *On the origin of species*. London: Murray. Dostupno u mnogim izdanjima i reprintima. Najnovije srpsko izdanje je *Postanak vrsta* (Novi Sad: Akademska knjiga, 2009).
- Erwin, T. L. 1988. The tropical forest canopy. U *Biodiversity* (referenca data dole), str. 123–129. Rezime pionirskog istraživanja koje je dovelo do procene da danas možda živi i do 40 miliona vrsta.
- Keyfitz, N. 1966. How many people have ever lived on earth? *Demography* 3: 581–582. Izvor procene za udeo ljudi koji su još uvek u životu.
- Raup, D. M. 1981. Extinctions: Bad genes or bad luck? *Acta Geologica Hispanica* 16 (1–2): 25–33.
- Wilson, E. O. (urednik) 1988. *Biodiversity*. Vašington.: National Academy Press. Zbirka eseja i istraživačkih članaka o problemima sadašnjih i budućih izumiranja; zasnovana na izlaganjima s Nacionalnog foruma o biodiverzitetu, održanog u Vašingtonu u septembru 1986. godine.