

## **Tonći Kokić**

Sveučilište u Splitu, Filozofski fakultet, Sinjska 2, HR–21000 Split  
tkokic@ffzg.hr

# **O podrijetlu prvog života**

### **Sažetak**

*Znanstveno proučavanje postanka prvog života unutar zasebnog područja teorijske biologije počinje pedesetih godina 20. stoljeća. To područje do danas nema stabilan oblik niti vladajuću teoriju, nego je predstavljeno brojnim teorijama koje proučavaju zasebne dijelove velike slagalice koja objašnjava podrijetlo prvog života. Ovaj rad: 1) daje kratak pregled i problematiku područja; 2) predstavlja najvažnije teorije postanka prvog života; 3) izdvaja odgovore na pitanje kada je nastao prvi život; 4) pita se kakvog je bio oblika; te 5) tumači empirijske podatke iz filozofske perspektive. Razmatranje postojećih teorija i tumačenje empirijskih podataka ukazuje na jalovost dosadašnjih pokušaja kojima nedostaje teorijska konzistentnost ili empirijska potpora, iz čega se mogu interpretirati divergentne tvrdnje o naravi živog svijeta.*

### **Ključne riječi**

biologija, LUCA, mehanizam, podrijetlo prvog života, život

## **Uvod**

Zasebno proučavanje pojave prvog života već je pedesetak godina oblikovano u područje istraživanja oslonjeno na spoznaje prirodnih znanosti. Povijesno-problemski pregled područja ukazuje na nedostatnost prirodoznanstvenog proučavanja naravi podrijetla prvog života bez filozofskog promišljanja problema. Filozofija upućuje na dublje metafizičke pretpostavke proučavanja postanka prvog života, na nužnost proučavanja pojmovnog i logičkog odnosa različitih načela, hipoteza i teorija, na usporedbu korištenih metodoloških alata te na provjeru stupnja prihvatljivosti empirijske potkrijepljenosti ponuđenih teorija. Teorije postanka prvog života razlikuju se u odgovorima na pitanja o mjestu i vremenu nastanka prvog života (na Zemlji ili izvan nje, odmah po oblikovanju Zemlje ili u njezinim kasnijim razdobljima, iznenadnim bljeskom ili dugotrajnim nastajanjem), o njegovom obliku (sličan današnjem životu ili drugačiji, autotrofan ili heterotrofan u tvorbi potrebnih sastavnica živoga) i načinu postanka (slučajnost ili neizbježnost njegovog postanka). Razmatranje ovih teorija zahtjeva pregled razvitka područja i suvremene spoznaje prirodnih znanosti, poznavanje pojmova, pojava i zakona fizike, kemije i biologije, pa ovaj rad ponegdje detaljnije razmatra prirodoznanstvene spoznaje potrebne za filozofsko proučavanje problema. U tom smislu je proučavanje postanka prvog života unutar posebnog područja interdisciplinarni poduhvat udruženih prirodoznanstvenih i filozofskih napora. Ovaj rad razmatranjem postojećih teorija o postanku prvog života želi razmotriti plodove znanstveno-filozofskog istraživačkog poduhvata i provjeriti njihove filozofske implikacije.

## 1. Povijesno-problemski pregled područja

Postanak prvog života, uz teološku perspektivu, počeo se prirodnoznanstveno objašnjavati pedesetih godina 20. stoljeća (Schopf, 2002a), a Fry (2000) u isto razdoblje smješta početak zasebnog područja teorijskog i empirijskog proučavanja postanka prvog života. Oba datiranja prirodnoznanstvenog proučavanja postanka prvog života za prijelomnicu uzimaju Miller-Ureyeve pokuse iz 1952–1953. godine kojima se pokušalo oponašati uvjete na ranoj Zemlji, ali i Watson-Crickovo otkriće modela DNK iz 1953. Znanstveno proučavanje postanka prvog života nije značilo potpuni odmak od teologije jer brojni znanstvenici među novim kreacionistima tvrde potpuni neuspjeh prirodne znanosti u naturalističkom objašnjenju podrijetla prvog života (Fry, 2000: 203). Kreacionisti iz jedinstvene kompleksnosti molekularne biologije i brojnih teorijskih i empirijskih poteškoća naturalističkog objašnjenja tvorbe prvog života izvode konkluziju o jalovosti objašnjenja naturalističkim mehanizmom. Neki u naturalističkom pristupu nalaze metodološku pogrešku smatrajući da kritičko proučavanje postanka prvog života ne smije biti ograničeno na prirodne uzroke. Tako Bradley i Thaxton (1994: 197) pišu:

»Znanstvenici u pravilu odbacuju mogućnost alternative prirodnom procesu razmišljaju li u dvojnim pojmovima prirodno–natprirodno... Bez obzira postoji li natprirodno ili ne, oni kažu, znanosti moramo pristupati pojmovima prirodnih procesa, nema drugog pristupa znanosti.«

Suprotno kreacionistima, metodologija prirodnih znanosti, izostavljajući špekulativne hipoteze stupnjeva povijesti živoga, ograničava istraživanje na hipoteze koje se mogu analizirati teorijskim i eksperimentalnim epistemološkim alatima normativnih znanosti (Griesemer, 2008: 274). Ipak, nema dogovora oko metodologije istraživanja (Scott, 2009: 26). Područje prirodnoznanstvenog istraživanja postanka prvog života je nepostojano, podložno dramatičnim pojmovno-metodološkim razlikama, sve do prešutnog ili izričitog prihvaćanja kreacionističkih tvrdnji da odgovor na ovo pitanje treba tražiti izvan znanstvenih okvira (Griesemer, 2008: 264). Divergentnost naturalističkih objašnjenja postanka prvog života ukazuje da je ovo područje još uvijek unutar predparadigmatskog razdoblja nezrele znanosti. Raznovrsnost popisa problema postanka prvog života (što je život, kada je i kojom brzinom nastao, gdje je i kako nastao te kakvog je bio oblika), kao i mogući odgovori na ova pitanja (brojne definicije živoga, rani ili kasni postanak prvog života, postanak na Zemlji ili izvan nje, slučajni ili nužni postanak u vrelim ili hladnim uvjetima, autotrofni ili heterotrofni oblik prvog života i prvonastanak replikatora ili metabolizma) te nužnost proučavanja problema iz perspektive više znanstvenih područja i disciplina ukazuju na interdisciplinarnu složenost područja u izgradnji. Dvojbe oko teorijske, logičke i empirijske (ne)sumjerljivosti pojmova, načela i hipoteza korištenih unutar područja, oko dosega znanosti o životu i opravdanosti uporabe različitih metodoloških alata (Griesemer, 2008) te filozofskih implikacija ponuđenih odgovora, upućuju na nedostatak čvrstih standarda područja. Ipak, većina autora teoriju o postanku prvog života temelji na Oparin-Haldanovoj hipotezi o predbiotičkom postanku organskih molekula. Prihvaćanje povoljnog tumačenja rezultata pokusa o predbiotičkoj sintezi biokemijskih spojeva ipak ostavlja veliku pukotinu između takve sinteze i evolucijskog prijelaza od nje prema *Last Universal Common Ancestor* (LUCA) svih živih bića (Bada i Lazcano, 2009: 73–74). Već načelno zaključivanje podrijetla prvog života proučavanjem rodoslovnog srodstva ostavlja dvojbe jer pretpostavlja slijed između predstaničnih i protostaničnih organizama prema LUCA s jedne, i od LUCA prema bakterijama s druge strane, a osporavatelji ovih tvrdnji nalaze da život nije rodoslovan, da nije bilo LUCA,

nego zajednice entiteta s bočnim prijenosom nasljednih informacija bez jasno povezane linije tako umjetno povezanih entiteta. Razmatranje teorija postanka prvog života pretpostavlja ontološku zbilju klase živih predmeta koja se prepoznatljivo razlikuje od klase neživih predmeta. No, ta predteorijski jasna obilježja klase živih predmeta postaju nejasnima u pokušaju jednoznačnog utvrđivanja sadržaja te klase.

## 2. Teorije postanka prvog života

### 2.1. Pretpostavke proučavanja postanka prvog života

Proučavanje postanka i naravi prvog života krije u sebi ontološku pretpostavku o zasebnoj zbiljnosti živog svijeta prema neživom. Pretpostavljajući jednostavnost i pravilnost svijeta, materijalistički monizam vidi živo tek kao drugačiju, možda čak i *višu* razinu organizacije fizikalne prabiti. Monizmu je živo tek posebno organizirana materija koja se u potpunosti može objasniti mehanistički ili fizikalistički – vječno pokretnom i promjenjivom materijom. Materijalni sastav živih predmeta istovjetan je sastavu neživih predmeta i nema događaja ili procesa u živim predmetima koji su u suprotnosti s fizikalno-kemijskim pojavama na razini atoma i molekula (konstitutivni redukcionizam). Proučavanje postanka prvog života nužno pretpostavlja ontološki pluralizam, vjerovanje da postoje različite vrste stvari i zbiljska zasebnost područja živog, jer bi u suprotnom takvo proučavanje bilo istovjetno pitanju o podrijetlu same materije. Materijalističko određenje razlike između neživih i živih predmeta još uvijek se raspravlja unutar različitih naturalističkih definicija živoga i ostaje prvorazredni problem za biologiju jer suvremena filozofija biologije nema pravog odgovora na pitanje što razdvaja živo od neživoga.

Izbjegavajući poteškoću rasprave problema koji se proučava unutar posebnog područja, ovaj rad za određenje živoga koristi Orgelovu (1973: 195) definiciju živoga:

»Živi organizmi su CITROENS – kompleksni informacijsko-transformacijsko reproduktivni predmeti koji evoluiraju prirodnim odabirom.«

Ovoj definiciji može se pridodati nadopuna o negentropijskoj fizikalnoj naravi živih predmeta koja označava red u živim predmetima nasuprot neredu neživog svijeta (Oró, 2002: 8). Teorije o postanku prvog života mogu se razdijeliti prema različitim obilježjima, a u ovom radu za načelo razdiobe uzima se mjesto postanka prvog života: izvanzemaljsko ili zemaljsko.

### 2.2. Teorije o izvanzemaljskom podrijetlu života

Proučavanje postanka prvog života većinom pretpostavlja njegov postanak na Zemlji. Suprotno općem usmjerenju istraživanja podrijetla prvog života koje traži korijene prvog života na Zemlji, nalaze se dvije teorije koje vide izvanzemaljsko podrijetlo prvog života: teorija panspermije (grč. *pan*, sve, cijelo i grč. *sperma*, sjeme) i eksobiologija (grč. *exō*, izvanjski, vanjski).

#### 2.2.1. Teorija panspermije

Lord Kelvin, Leslie Orgel, nobelovci Svante Arrhenius i Francis Crick najpoznatiji su zastupnici teorije panspermije. Osnovna tvrdnja starije inačice teorije panspermije je u sveprisutnosti života koji nikada nije nastao nego je vječan. Svevremenošću živoga uklanja se predteorijska misao da smještanje

podrijetla života izvan Zemlje znači tek premještanje i odlaganje njegovog postanka u beskonačno vrijeme i daleki svemir. Suprotno tome, riječ je o preoblikovanju postojećeg, o nepromjenjivom kružnom gibanju, a ne o stalnoj promjeni. Fry (2000: 59) nalazi da su sve starije inačice teorije panspermije:

»... temeljene na filozofskom dualizmu prema kojem život nije mogao nastati od nežive tvari jer živo i materijalno pripadaju dvjema različitim kategorijama.«

Starije inačice teorije temelje se na dualističkom kategorijalnom razlikovanju neživog od živoga i nerazdvojivoj svrhovitosti biološke organizacije (Fry, 2000: 60), no tvrdnjom o vječnosti živoga poriču potrebu Stvoritelja. One pretpostavljaju mogućnost naturalističkog objašnjenja funkcioniranja i razvitka oduvijek postojećeg života. Takav oduvijek postojeći život nije morao odmah biti sadašnjeg oblika niti je morao biti oduvijek na Zemlji pa se ove inačice teorije panspermije usmjeravaju prema objašnjenju načina njegovog razvitka i prijenosa na Zemlju.

Suvremene inačice teorije panspermije ne nalaze kategorijalnu odvojenost neživoga i živoga niti im je prihvatljiva pretpostavka o vječnosti života u svemiru. Starije i novije inačice teorije panspermije slažu se samo u tome da su neki oblici živoga na Zemlju prenešeni iz svemira. Novije inačice teorije obnovile su ideju o prijenosu života, ili barem nekih faza u njegovom nastanku, iz udaljenog svemira na Zemlju. Krajnost ovakvih zamisli je u Crickovoj i Orgelovoj ideji izravne panspermije (Crick, 1988: 148):

»Leslie Orgel i ja (...) došli [smo] do ideje da je život na Zemlji možda nastao iz mikroorganizama poslanih ovdje od više civilizacije automatski upravljanim svemirskim brodom.«

Ovaj dvojac tvrdnju o namjernom slanju života na Zemlju utemeljuje u jednodolnosti genskog koda i dvostruko većoj starosti svemira od Zemlje koja bi dopuštala ponovljenu evoluciju inteligentnog života. Njihova ideja izravno ne poriče vječnost života u svemiru nego tek onoga na Zemlji, u konačnici ipak smještajući postanak prvog života u područje veoma udaljenog vremena i magičnog događaja (Fry, 2000: 132). Crick (1981: 39) piše:

»Kako je život vjerojatno sretan slučaj, koji je čak i u rasprostranjenom laboratoriju površine planete trebao milijune godina za nastanak...«

Teorija izravne panspermije uklanja problem nevjerojatnosti postojanja ili pojave povoljnih fizikalno-kemijskih uvjeta za nastanak života premještanjem njegovog prvog izvorišta dublje u prošlost, ali bez uklanjanja prešutne dvojbe oko načelne mogućnosti da se materija pod bilo kojim uvjetima, pa i najpovoljnijim, samoorganizira u živi sistem (Fry, 2000).

Prema teoriji panspermije, život je nastao u svemiru prije oblikovanja Zemlje koju je napucao s već riješenim temeljnim biokemijskim problemima, jer je njegov postanak vjerojatnošću nastanka enzimskog seta slučajnim miješanjem amino-kiselina teško zamisliv (Fry, 2000: 201). Unatoč pretpostavljenoj visokoj nevjerojatnosti, život je ipak nastao, a teorija izravne panspermije se tvrdnjama o malo vjerojatnom slijedu slučajnih događaja u uzročnom nizu događaja postanka prvog života opasno približila nekim inačicama kreacionističkih tvrdnji o nemogućnosti postanka prvog života prirodnim mehanizmom.

### 2.2.2. Eksobiologija

Druga teorija o izvanzemaljskom postanku prvog života je eksobiologija koja proučava podrijetlo i raspodjelu života na izvanzemaljskim planetima, postojanje nastanjivih svemirskih tijela te mogućnost prilagodbe života na Zemlji

ili izvan nje u budućnosti. Potraga za izvanzemaljskim životom u mnogome je potaknuta programom *Search for Extraterrestrial Intelligence* (SETI) koji od 1992. pomoću radio signala pokušava pronaći izvanzemaljsku civilizaciju (Oró, 2002: 39). Manjkavost SETI potrage je u usmjerenosti pronalasku inteligentnog života razvijene tehnologije, a ne života samoga. Pretpostavke SETI programa idu od postojanja malog broja tehnološki razvijenih civilizacija do razbacanih, ali brojnih takvih civilizacija.

Za proučavanje podrijetla prvog života mnogo je važniji dio potrage za načelno nastanjivim nebeskim tijelima, pri čemu postoji spor kakva bi ta tijela trebala biti i uolikoj mjeri bi mogla odgovarati uvjetima kakvi su na Zemlji. Biokemija živih organizama sastoji se iz CHON elementa koji čine 99,9% njihovog sastava: ugljika, vodika, kisika i dušika (C, H, O i N). Za većinu je život temeljen na *ugljkovodnoj*<sup>1</sup> (*carbaquist*) pretpostavci prema kojoj život funkcionira na Zemlji. Organska kemija temeljena na ugljiku i vodi osigurava stabilnost i raznolikost velikih i kompleksnih organskih molekula, iako *ugljkovodna* pretpostavka sadrži i probleme s vodom, a postoji i načelna mogućnost zamjene ugljika drugim elementima sličnih svojstava (Fry, 2000: 245). Shapiro i Feinberg (1990) smatraju da se proučavanje prvog života ne smije ograničiti na *ugljkovodnu* pretpostavku potvrđenu na Zemlji. Umjesto vode, otapala mogu biti fluorovodik i klorovodik te amonijak koji bi mogao biti otapalo na hladnim planetima, a ugljik bi mogao biti zamijenjen silicijem koji ima slične mogućnosti tvorbe dugačkih lanaca molekula i veza s drugim atomima. Za Shapira i Feinberga, *ugljkovodni* pristup znači prihvaćanje života kao rijetke pojave u svemiru koju se može naći isključivo na planetima sličnima Zemlji. Suprotno tome, oni smatraju život unutarnjim svojstvom materije.

### 2.3. Teorije o zemaljskom podrijetlu života

Oni koji smještaju postanak prvog života na Zemlju nalaze potrebnim objasniti sintezu organskih sastavnica živoga u uvjetima rane Zemlje. Pri tome većina uzima Oparin-Haldanovu hipotezu o predbiotičkom postanku organskih molekula za temelj izgradnje teorije postanka prvog života, prihvaćajući da svojstva živoga postoje od razine kompleksne stanice koja uključuje brojne enzime i multifunkcionalnu unutarnju strukturu. Oparin je pukotinu između svijeta bezživotne materije i onoga živih sistema spajao koloidnom kemijom (grč. *kolla*, ljepilo) koja je razlikovala koloide od kristaloida zbog njihove sposobnosti djelomičnog rastapanja i kristalizacije. Njegova je pretpostavka zahtijevala visoku koncentraciju organske tvari iz koje su koloidni polimeri s visokom specifičnom koncentracijom zgušnjavali polimere poput šećera ili soli. Koloidi su zatim ove polimere zatvorili u mikroskopske kapljice, koacervate, sposobne upijati tvari iz okoline (šećere, amino-kiseline i veće molekule slične bjelančevinama). Fry (2000: 69) navodi da su pokusima dokazane sposobnosti koacervatnog upijanja organske tvari i održanja metaboličkih reakcija. Oparinu su koacervati međustadij između neživoga i živoga, što znači da živi sustav nije prvenstveno samoreplicirajući sustav. Uz njegovu ideju o metaboličkom prvenstvu, u slijedu postanka prvog života postoje i druge teorije koje vide zemaljsko podrijetlo prvog života: teorija o prvonastanku replikatora, teorija o prvonastanku bjelančevina, teorija o dualnom postanku,

1

Ugljik se može vezivati s do četiri druga atoma, a molekule vode zbog svoje bipolarnosti

tvore slabe vodikove veze između sebe i s drugim molekulama koje lako ulaze u otopinju.

teorija o prvonastanku ribosoma, teorija o željezno-sumpornom svijetu i *take-over* teorija (Griesemer, 2008: 265). U ovom radu teorije o zemaljskom podrijetlu života razmatram s obzirom na prvenstvo nastanka replikatora (gena) ili metabolizma.

### 2.3.1. Teorije prvonastanka replikatora

Skupina teorija prvonastanka replikatora u postanku prvog života oslanja se na dio Orgelove definicije živoga (vidi potpoglavlje 2.1.) koji nalazi reproduktivnost i evolutivnost kao osobine živih predmeta. Potvrda ove ideje nalazi se u citatu Bade i Lazcana (2009: 63):

»Neovisno o kompleksnosti predbiotskog okoliša, život kakav poznajemo nije mogao nastati bez mehanizma genske replikacije koji jamči održanje, stabilnost i diverzifikaciju osnovnih komponenti živoga s obzirom na djelovanje prirodnog odabira.«

Autori ovdje tvrde da pojava molekularnih predmeta sposobnih za replikaciju, katalizu i umnažanje označava postanak prvog života i početak biološke evolucije. U početku su teorije o prvonastanku gena vidjele pojavu prvog života kao malo vjerojatni, slučajni događaj. Ovo objašnjenje povezano je s pretpostavljenim vrlo dugim raspoloživim vremenom. Fry (2000: 194) navodi da ovaj pristup danas nema previše pobornika:

»Danas, kada su mnogo realnije procijenjeni geokemijski uvjeti i detalji predbiotske kemije, i kada je bolje shvaćena kompleksnost čak i veoma primitivnih bioloških sustava, većina istraživača postanka prvog života odbacuje slučajnost njegovog postanka. Nevjerojatnost uključena u scenarij slučajnog postanka života jednostavno je previsoka da bi je ozbiljno razmatrali.«

Nesloga oko mehanizma postanka prvog života ostavlja neriješenim pitanje prijelaza pukotine između neživoga i živoga koje u sebi sadržava sve nepoznanice koje pokušava otkriti znanost o postanku prvog života: na koji je način prijedena pukotina koja dijeli dvije tako različite ontološke pretpostavke, neživo od živoga. Koliko god jednostavni bili ti prvi stupnjevi replikacijskog (ili drugdje metaboličkog) scenarija, morali su biti integrirane i cikličke prirode.

Proučavanje postanka prvog života nije oblikovalo službenu ili standardnu teoriju o postanku prvog života, iako većina istraživača u području smatra da je život na primitivnoj Zemlji nastao procesom predbiotske kemijske evolucije (Schwartz i Sherwood, 2002: 46). Predbiotska kemijska evolucija označava sintezu organskih kemijskih prethodnika bjelančevina, nukleinskih kiselina i membrana u ranoj atmosferi ili oceanu, sve do pojave samoumnazajućih živih oblika. Život na Zemlji pretpostavlja vodu i organske polimere (nukleinske kiseline i bjelančevine), a molekularni entiteti sposobni za umnažanje i katalizu označavaju postanak života i evolucije. Čini se da život kakvog danas znamo nije mogao nastati bez mehanizma genske replikacije koja jamči održanje, stabilnost i raznolikost osnovnih sastavnica živoga, no kako se to dogodilo, nije jasno. Bada i Lazcano (2009: 64) pišu:

»Skok od biokemijskih monomera i oligomera prema živim entitetima je zaista ogroman skok.«

Teorija o prvonastanku gena najspominjanija je teorija koja pokušava objasniti tako veliki skok, sa začetkom u RNK molekulama i RNK svijetu.<sup>2</sup> Ferris (2002: 120) napominje da dogovor o važnoj ulozi RNK za rani nastanak života na Zemlji ne znači da je RNK polimer bio prvi biopolimer. To su mogli biti PNK i TNK<sup>3</sup> (Bada i Lazcano, 2009: 64). Pretpostavka o RNK svijetu prepoznata je kao ideja koja opisuje ranu etapu biološke evolucije gdje je RNK živog sistema bila katalizator i informacijska makromolekula (Miller i



Lazcano, 2002). Prednost RNK je u sposobnosti skladištenja genske informacije, kataliziranju više biološki važnih sastojaka i evoluiranju u molekularnu strukturu s različitim katalitičkim funkcijama (Ferris, 2002: 120). Objasnjen je sljedećeg koraka u pretpostavljenoj evoluciji prvih živih molekularnih entiteta u entitete nastale u cijelosti na RNK temeljilo se na evolucijskim pokusima u epruveti (*test-tube-evolution*) koji su potvrdili da katalitička RNK molekula ribozim<sup>4</sup> može obavljati važne i brojne biokemijske reakcije. Pokušaji ipak nisu uspjeli dokazati kompleksne reakcije potrebne za multiplikaciju, genski transfer i varijacije potrebne pretpostavki RNK svijeta. Uz to je ostalo neriješeno pitanje što je život i koje su njegove sastavnice jer u različitim inačicama definicija života zahtjeva: samo RNK, RNK i polupropusnu membranu ili i bjelančevine (Ferris, 2002: 114–115). Glavno ograničenje RNK svijeta je u krajnjoj nestabilnosti RNK. Unatoč tome, zagovornici prvonastanka replikatora smatraju da se pojava života najbolje može razumjeti pojmovima dinamike i evolucije skupa kemijskih replikanata (Bada i Lazcano, 2009). Pretpostavku o mjehurićima s lipidnom membranom dokazuju pokusi omatanja RNK u mjehuriće masne kiseline upijene u minerale gline (montmorilonit). Ovaj postupak može katalizirati dodatne micerne masnih kiselina uvećavši te mjehuriće i dijeleći ih tako da u njima ostane dio potreban za replikaciju RNK.

Ipak, ostaje više poteškoća sa scenarijem RNK svijeta jer Orgelova eksperimentalna replikacija bez enzima kopiranjem predloška lanca treba enzime bjelančevine za kopiranje kopije sintetizirane u prvoj fazi (Fry, 2000: 142). Ako takvo kopiranje nije izvedivo, pitanje je kako je nastao izvorni RNK samoreplicirajući sustav. Postoje i teškoće oko predbiotske sinteze mononukleotida RNK (i DNK): šećera riboze i nekih dušičnih baza i fosfata. Tu je i Eigenovo ograničenje<sup>5</sup> veličine genoma kao i druge poteškoće RNK scenarija, ali i drugi kandidati jednostavnih genskih sustava temeljenih na organskim molekulama. Uz Cairns-Smithov model mineralnog gena i *take-over* teoriju (vidi 5. poglavlje), to su piranosilna RNK i PNK (peptidna nukleinska kiselina). Svi kandidati pretpostavljenih jednostavnih replikacijskih sustava imaju prednosti i manjkavosti koje priječe donošenje konačne prevage u natjecanju za mjesto prvog genskog sustava.<sup>6</sup> Griesemer (2008: 270) nalazi da hipoteza RNK svijeta uklanja ili smanjuje paradokse poput različitih funkcija bjelančevina i DNK, istovremeno tvoreći nove paradokse poput dvojbi o prvenstvu autokatalitičkih ili heterokatalitičkih funkcija.

### 2.3.2. Teorije prvonastanka metabolizma

Alternativa vladajućoj pretpostavci RNK svijeta je biokemijski ili metabolički pristup, koji vidi prve žive sustave kao organizirane cjeline koje obavljaju

<sup>2</sup> W. Gilbert je uveo je pojam RNK svijeta 1986. u časopisu *Nature*.

<sup>3</sup> PNK je peptidna nukleinska kiselina, a TNK je treosna nukleinska kiselina.

<sup>4</sup> Ribozim (ne ribosom) je RNK molekula koja djeluje enzimski katalizirajući kemijske reakcije.

<sup>5</sup> Eigenovo ograničenje dopušta postojanje samo malog genoma jer tek DNK ima mehanizam sprječavanja mutacija svojom stabilnom građom i uspješnijim mehanizmom popravaka od RNK.

<sup>6</sup> Prednost je rješenje problema asimetričnosti ili hiralnosti (grč. *cheir*, ruka) i manja osjetljivost na ultraljubičasto zračenje, a manjkavost što se rana samoreplikacija nukleotida možda nije temeljila na polimerizaciji kao u suvremenih stanica.

različite katalitičke kemijske reakcije. Svim metaboličkim teorijama je zajednička pretpostavka o prvenstvu nekog oblika metaboličkog ciklusa pred pojavom primitivnog genoma, njegovom povećanju i evoluciji bez genske replikacije. Poznatije teorije prvonastanka metabolizma su Oparinova (1924), Kauffmanova (1986), Wächtershäuserova (1988; 1990), De Duveova (1991) i Morowitzova (1992) te Dysonova (1985) teza dvostrukog podrijetla. Oparin je bio prvi teoretičar prvonastanka metabolizma opisujući koacervate koji upijaju organske molekule slične bjelančevinama koje bi mogle funkcionirati kao enzimi tvoreći prvi metabolizam. Fry (2000: 69) navodi da je Oparin različitim pokusima dokazao sposobnost koacervatnog upijanja organske tvari i održanja metaboličkih reakcija, osporavajući prvenstvo samo-replicirajućim genskim sustavima. Za razliku od modela prvonastanka replikatora koji pretpostavljaju visoko nevjerojatnu sintezu samo-reproducirajućeg slijeda dovoljnog za nastanak prvog života, teorije o prvonastanku metabolizma ustraju na fizikalno-mehaničkim putovima ili kanalima nastanka organiziranog metaboličkog sistema.

Za Kauffmanu (1993), živi sistemi su kompleksni termodinamički otvoreni sistemi koji izgrađuju red i organizaciju suprotno smjeranju fizikalnog univerzuma i zatvorenih sistema prema najvećem neredu. Izgradnja i održavanje samo-organizacije ovih sistema temelji se na stalnom uvozu učinkovite vanjske energije i izvozu neučinkovite energije. Kauffmanova teorija kompleksnosti je općenita, poduprta je matematičkim i računalnim modelima, no njezina primjena na biološke sisteme nije potvrđena pokusima (Fry, 2000: 158). Zato je, barem u jednom dijelu, empirijski potvrđena Wächtershäuserova teorija željezno-sumpornog svijeta (*iron-sulphur world*) ili površinskog metabolista (*surface metabolist*) koja objašnjava pojavu ranih biokemijskih predložaka (Fry, 2000; Hazen, 2005). Wächtershäuserova teorija je usklađena s podmorskim scenarijem postanka prvog života i geokemijskim postavkama hidrotermalne hipoteze po kojoj su površinski metabolisti<sup>7</sup> termofili i barofili. Prednost ove teorije je u postojanju molekularnih dokaza iz usporedbe DNK koji izravno evolucijski povezuju hipertermofile s LUCA. Drugi dokazi su u sličnosti omjera temperature, pH vrijednosti i koncentracije različitih molekula na dnu hidrotermalnih izvora s prikladnim kandidatima za proces organske sinteze. Dokaz ove teorije su i uvjeti na ranoj Zemlji koja je bila stalno bombardirana različitim nebeskim tijelima pa su prvi organizmi morali biti zaštićeni, misli se pod morem. S druge strane, prihvatljivost podmorskog scenarija osporava se tvrdnjom da organska tvar nije mogla opstati na temperaturi od 350°C unutar vrućih izvora (Fry: 2000). Wächtershäuserova teorija predstavlja zasebnu kategoriju čija je narav pogodnija za razmatranje u poglavlju koje propituje oblik prvog života (4. poglavlje). Problem visokih temperatura i nestabilnosti RNK baza riješio je De Duve scenarijem tioesternog svijeta koji je sukladan hidrotermalnom i geokemijskom scenariju jer se tioesteri (sumporni spojevi koji djeluju u suvremenim metaboličkim predlošcima) lako sintetiziraju u vrućim i kiselim uvjetima. De Duve (1991: 141) osporava mogućnost postanka RNK svijeta besciljnim kemijskim procesima misleći time da ovi nisu vođeni genskim informacijama. Fry (2000: 200) opisuje De Duveovu konstrukciju anti-slučajnom zbog predodređenosti proizvoda početnim uvjetima. De Duve smatra da je život nastao prvo kao metabolizam, *napredujući* zatim kroz iskonski predbiotički svijet, tioesterni svijet, svijet RNK do današnjeg DNK svijeta. Morowitz (1992), pak, metabolički scenarij lipidno-protostanične koncepcije postanka života pretpostavlja predbiotski okoliš koji sadržava ugljikohidrate nakupljene na dnu oceana koji zatim interakcijom s mineralima proizvode amfifile (poput fosfolipida)



koji imaju dvostruku kemijsku prirodu: jedan kraj molekule je polaran i hidrofilan, a drugi kraj je ne-polaran i hidrofoban. Morowitzev scenarij usmjerio je pažnju na ranu predbiotsku sintezu i ključnu ulogu lipidne membrane pretpostavljajući da je ona spontano oblikovala mjehurić, zatvorivši u sebe vodenasti medij primordijalne juhe. Tako je, pretpostavlja, stvoren zatvoreni mjehurić supramolekularnog entiteta u kojem membrana sudjeluje u preoblikovanju svjetlosne energije u kemijsku, električnu ili osmotsku energiju. Orgel (2002: 154) glavni nedostatak svih teorija prvonastanka metabolizma nalazi u slaboj eksperimentalnoj potpori:

»Nema sloge oko razine do koje bi se metabolizam mogao razviti neovisno o genskom materijalu. Koliko znam, nijedan eksperimentalni dokaz ne podupire mogućnost spontane organizacije dugačkog slijeda reakcija (...) objašnjenje metabolista očajnički treba eksperimentalnu potporu.«

Nedostatak eksperimentalne provjerljivosti metaboličkih teorija pokušala je umanjiti Dysonova (1985) hipoteza dvostrukog podrijetla replikatora i metabolizma koja spada u skupinu metaboličkih teorija zbog njezinog naglaska na poveznici filozofske procjene naravi života i ideje o postanku prvog života. Naime, razlika između replikacijskog i metaboličkog pristupa više nije jasna kako je bila u prethodnom razdoblju (Fry, 2000: 151). Također, Dysonovo isticanje homeostatske naravi živih stanica oslanja se na održanje unutarnje kemijske ravnoteže, metabolizmu, a tek potom navodi istovremeni primitivni oblik nasljednosti prvih živih stanica. Primjenjujući Von Neumannovu ideju logičke analize živoga, Dyson uspoređuje žive organizme s računalima u kojima sklopovlje (*hardware*) procesira informacije, a programi (*software*) ih oličuju, pri čemu sklopovlje prethodi programu (Fry, 2000: 151). Organizam sastavljen samo od sklopovlja mogao bi održavati svoj metabolizam dok god ima hrane, no organizmi sastavljeni samo od programa mogu opstati samo ukoliko postoji sklopovlje nekog organizma s metabolizmom (poput bakteriofaga). Dysonovi prvi organizmi su primitivne stanice slične Oparinovim koacervatima, oni sadrže metabolički sustav vođen enzimima sličnima bjelančevinama, dok je RNK naknadno *zarazila* stanicu, stupila s njom u simbiozu i postala njezin sastavni dio. Dyson (1985), unatoč tvrdnji o eksperimentalnoj dokazanosti svoje teze, nudi tek matematički, također upitan, model. Uz to je pretpostavljao dugo vrijeme nastanka života, a razmatranje vremena postanka prvog života nudi drugačiju sliku vremena postanka prvog života.

### 3. Vrijeme postanka prvog života

Razmatranje vremena postanka prvog života na Zemlji pretpostavlja da su život ili njegove važne sastavnice nastali na Zemlji. Sam postanak i oblikovanje Zemlje smješta se u vrijeme od prije oko 4,5 milijardi godina (Scott, 2009: 29) ili 4,6 milijardi godina (Fry, 2000: 123). Predteorijska ideja početka života obično se veže uz oblike života iz fanerozoika (od prije 540–550 milijuna godina) koji pripadaju danas živućim skupinama, dok predkambrijsko razdoblje, koje je trajalo od oblikovanja Zemlje do pojave oklopljenih člankonožaca i mekušaca, ostaje nepoznatim ili neprepoznatim. Naime, danas živući mikroorganizmi iste veličine i oblika slični izumrlim iz tog eona mogu imati

7

Površinski metabolist je pretpostavljeni primitivni metabolički kemo-autotrofni organizam koji je mogao nastati na površini oslobođenog pirita snagom kemijskih reakcija.

Wächtershäuser (1988: 165) ga određuje kao cjelovitost svih površinski vezanih organskih sastavnica i njihovih piritnih baza.

značajno različite fiziološke i metaboličke osobine. Ovakav predteorijski stav o pojavi prvog života na Zemlji ukazuje na veoma dugačko razdoblje do pojave prvog života. Griesemer (2008: 270) o tome piše:

»... čini se da je bilo potrebno blizu 3,5 milijardi godina do pojave života – vrlo dugo vrijeme, u skladu sa stanovištem o visokoj nevjerojatnosti života...«

Određenje starosti Zemlje i utvrđivanje pojave prvog života je važno zbog spoznaje je li život nastao odmah po hlađenju Zemlje ili u dugačkom vremenskom razdoblju poslije toga. Implikacije rezultata ovih spoznaja su u postanku prvog života kao brzog, jednostavnog i neizbježnog proizvoda oblikovanja planeta, ili u sporom, teškom i neravnomjernom procesu utemeljenom u nizu visoko nevjerojatnih događaja. Kako je teško bombardiranje Zemlje trajalo do prije 3,8 milijardi godina, pojava života mogla je početi tek u nama najbližem razdoblju teškog bombardiranja nazvanom donjom ili nižom granicom (ovisno o kutu gledanja neki je nazivaju gornja granica) vremena tijekom kojeg je proces prebiotske kemijske evolucije doveo do pojave prvih primitivnih živih sustava. Fry (2000: 123) to razdoblje naziva vremenskim okvirom (*time window*). Ipak, život je mogao nastati ranije u skladu s Haldaneovom, Morowitzevom, De Duveovom, hidrotermalnom hipotezom ili bilo kojim drugim scenarijem koji pretpostavlja postanak života u oceanu gdje je ovaj mogao ostati zaštićen. Schopf (2002b: 160) navodi da neizravni dokazi izvedeni iz suvremenih organizama putem *Univerzalnog stabla života* ukazuju na evolucijsku i rodoslovnju povezanost svih danas živućih organizama:

»Svi živi sustavi su u svojoj osnovi slični – svi organizmi uvijek – vuku svoje korijene od iste roditeljske stanične linije. ‘Važne raznolikosti’ koje opažamo u živom svijetu zrcale evolucijske preinake, ali samo jednog biološkog plana.«

Slabost Univerzalnog stabla života je u oslanjanju na biokemijsko istraživanje danas živućih oblika, dok je 99% od svih ikada živućih oblika izumrlo. Druga slabost je u tome što ukazuje samo na povezanost živih oblika do LUCA. Međutim, život je na razini LUCA već visoko evoluirao što ne pomaže rasvjetljavanju postanka prvog života. Unatoč nekim neslaganjima oko naravi stromatolita (koji upućuju na postojanje visoko razvijenih stanica sposobnih za fotosinezu) pronađenih u Warawoonskoj skupini (Australija), istraživanja pomoću ugljikovih izotopa  $^{13}\text{C}$  dokazuju pojavu života na Zemlji prije 3,5 milijardi godina (Bada i Lazcano, 2009: 50).<sup>8</sup> Kako stromatoliti upućuju na visoko razvijene stanice, pretpostavka je da je život još stariji od njih (ili je prvi život već bio razvijen), a sličan zaključak o starosti prvog života od čak 4–4,2 milijarde godina iznosi i Griesemer (2008: 271) temeljem nalaza na Grenlandu. Fry (2000: 125) iz ovih nalaza izvlači jasnu konkluziju:

»Život na zemlji pojavio se izuzetno brzo: većinom tijekom nekoliko stotina milijuna godina, ili vjerojatno tijekom nekoliko milijuna godina – što je treptaj oka u geološkom vremenu.«

Za De Duvea je primitivni život nastao vrlo brzo po oblikovanju Zemlje, Lazcano i Miller misle da se to dogodilo u svega deset milijuna godina (Fry, 2000: 126), a Schopf (2002b: 178) datira starost prvog života na Zemlji na 3,8–3,9 milijardi godina. Točno određenje starosti života otkrilo bi oblik prvog života, a ovako stromatolitni ostatci one koji misle da su to najstariji oblici života uopće upućuju na postojanje stanica sposobnih za fotosinezu kao prvih oblika života, a one koji misle da su stromatoliti samo najstariji sačuvani oblici života u postojanje još ranijeg života nepoznatog oblika. Sljedeće poglavlje razmatra snagu i slabost suprotstavljenih pretpostavki o obliku prvog života.

#### 4. Oblik prvog života

Proučavanje oblika prvog života prvenstveno je usmjereno na pitanja kakvog je oblika bio prvi život i jesu li prvi oblici života bili slični današnjima, i ako jesu, u kojoj mjeri? Standardna polazna pretpostavka područja se iz oba smjera proučavanja (kemijska od dna prema vrhu i biološka od vrha prema dnu) oslanja većinom na metaboličke heterotrofne ili autotrofne procese slične današnjima. Razlog prihvaćanja ove pretpostavke je u brojnim heurističkim ograničenjima koja ne dopuštaju špekulativne hipoteze stupnjevanja povijesti živoga radikalnim preoblikovanjem veoma različitih starih oblika u one suvremene (Griesemer, 2008: 274). Zahtjeva se poštivanje načela neprekinutosti (*Principle of Continuity*)<sup>9</sup> koje objašnjava događaje iz prošlosti isključivo danas postojećim uzrocima. Penny (2005: 643) piše:

»Pristup unatrag (biološki ili od vrha prema dnu) počinje životom kakav nam je danas poznat i stupnjevitim pojednostavlivanjem. Koji je najjednostavniji sistem koji je mogao evoluirati u 'život kakav poznamo', koristeći poznate mehanizme?«

Griesemeru (2008) načelna neprihvatljivost radikalnog preoblikovanja starijih i značajno različitih oblika u suvremene nije potaknuta nemogućnošću takvog preoblikovanja, nego mnogo manjom dostupnošću proučavanja, iako mehanistički pristup odbacivanjem statističkih objašnjenja već u osnovi ne dopušta čuda (Penny, 2005).<sup>10</sup> Odgovori na pitanje o prvom obliku živoga tako dijele istraživače u heterotrofni i autotrofni tabor.

Heterotrofni (grč. *hetero*, drugačiji i *trophe*, hrana) organizmi su životinje, gljive i mikrobi koji energiju za održavanje organizma i rast dobivaju razlaganjem gotove *tude* hrane. Heterotrofni oblici su jednostavniji od onih autotrofnih pa se čine predodređeni biti *primitivnijima*. Većina teorija postanka prvog života smatra da su prvi živi organizmi ovisili o uzimanju hrane u organskom obliku iz okoliša (Fry, 2000: 163). Oparin je opisao heterotrofni oblik prvog života kao anaerobni heterotrofni mikroorganizam koji se hrani fermentacijom (proces dobivanja energije oksidacijom organskih spojeva) iz postojećih organskih sastavnica okoliša. Haldane je također nalazio postanak prvog života u *toploj razrijeđenoj juhi* sintezom organskih sastavnica u dušikom bogatim oceanima bez prisutnosti kisika. Heterotrofna pretpostavka mogućnosti nastanka organskih sastavnica izvan živih organizama dokazana je Ureyevim pokusom iz 1952. koji je uspješno sintetizirao predbiotske aminokiseline u pretpostavljenim uvjetima rane Zemlje (Miller i Lazcano, 2002: 85). Pokusima proizvedene aminokiseline pokazuju mogućnost nastanka organskih sastavnica bez živih sistema, uklanjajući problem nastanka organskih sastavnica izvan živoga. Međutim, organizmi sadržavaju aminokiseline i šećere samo jednog hiralnog<sup>11</sup> izomera, a Fry (2000: 144) navodi da:

8

Fry (2002: 125) piše da neki znanstvenici osporavaju dokaz ugljikovih izotopa <sup>13</sup>C tvrdeći da isti omjer izotopa može nastati bez bioloških uzroka.

9

Načelo neprekinutosti inačica je načela mikroskopske povratnosti po kojoj su svi mali prijelazni koraci prema životu mehanički i povratni (reverzibilni) pa nema čuda u njihovom slijedu.

10

Pennyjeva (2005: 639–642) metodološka načela proučavanja prvog života su: načelo neposredne koristi, neprekinutost, Eigenovo ograničenje ili očuvanje/gubitak informacija, Darwin-Eigenov ciklus, vremenska univerzalnost, nemogućnost preuzimanja katalitičke funkcije RNK od bjelančevina i autokatalitički ciklus.

11

Molekule koje se razlikuju samo u svom zrcalnom odrazu (*handedness* ili *chirality*) nije moguće razdvojiti uobičajenim tehnikama. Jedan od oblika je biološki, a drugi je njegov zrcalni odraz.

»... suprotno kemijskim reakcijama u stanicama, sinteza organskih sastavnica izvan stanica uvijek proizvodi kolikoćom ujednačenu mješavinu dvaju optičkih izomera.«

Shwartz i Chang (2002) tvrde slično, da su prvi predbiotički polimeri ili male nukleinske kiseline bile sastavljene od L i D oblika u podjednakom omjeru, što ne omogućava oblikovanje makromolekularnih struktura potrebnih za biološko djelovanje. Miller i Lazcano (2002) pak tvrde suprotno. Heterotrofna pretpostavka prihvatljivija je većini znanstvenika zbog jednostavnosti heterotrofnog oblika i dokazane mogućnosti nastanka predbiotske organske tvari u primordijalnoj juhi. Rauchfuss (2008: 88) tvrdi da je posebna privlačnost ove pretpostavke u znanstvenom optimizmu nastalom Miller-Ureyevim pokusom:

»Ovi pokusi su prvi dokazali da je pitanje postanka prvog života znanstveni problem kojem se može pristupiti (možda ga i riješiti) znanstvenom metodologijom.«

Glavni nedostatak ove teze je u tome što sinteza aminokiselina u pretpostavljenim uvjetima rane Zemlje predstavlja tek mali korak sa sporom oko tumačenja ovog pokusa ili omjera L i D oblika nukleinskih kiselina. Drugi značajan nedostatak je što se mora potvrditi činjeničnost stromatolitnih ostataka koji jasno upućuju na visoko razvijeni autotrofni oblik.

Najozbiljniji suparnik heterotrofnoj pretpostavci i teoriji primordijalne juhe u objašnjenju nastanka prvog života je Wächtershäuserova (1988) autotrofna metabolička teorija ili teorija željezno-sumpornog svijeta prema kojoj je život nastao pojavom autokatalitičkog dvodimenzionalnog kemolitropa.<sup>12</sup> Wächtershäuser svoj pristup temelji na Popperovoj filozofiji znanosti koja odbacuje fizikalistički pristup izvođenja biologije iz kemije i fizike (Fry, 2000; Hazen, 2005; Rauchfuss, 2008). Fry (2000) uz to navodi da je Popper smatrao postanak prvog života problemom nerješivim fizikalističkim pristupom biologiji. Wächtershäuserova teorija odbacuje zamišljenu potrebu izvođenja biologije iz kemije nijećući (Rauchfuss, 2008: 194): predbiotsku iskonsku juhu, prvonastanak heterotrofnih sistema, postojanje RNK svijeta ili svijeta glinenih kristala i prvonastanak genskog sustava. Kemoautotrofna teorija opisuje prvobitne oblike živoga kao metaboličke autotrofe slične biljkama koji sami sintetiziraju svu svoju ugljičnu tvar iz CO<sub>2</sub> ili drugih jednostavnih anorganskih ugljičnih molekula.

Za Wächtershäusera su šanse postanka predbiotskih proizvoda u primordijalnoj juhi neznatne zbog niske stabilnosti organskih molekula u otopini, što prije upućuje na raspadanje umjesto spajanja. Iz ovoga je dalje izveo kako se tvar potrebna za nastanak života pojavila na čvrstoj površini minerala pirita (FeS<sub>2</sub>) koji nastaje sintezom hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) i željeznog sulfida (FeS), široko rasprostranjenih spojeva u uvjetima rane Zemlje. Na površini oslobođenog pirita onda nastaje primitivni metabolički kemo-autotrofni organizam nazvan površinski metabolist, koji se zatim postaničio rastom odvojenih piritnih kristala i nakupljanjem lipida na njegovoj površini te oblikovanjem zatvorene membrane oko piritnih zrnaca. Zamjerke ovoj teoriji temeljene su na načelu neprekinutosti (Griesemer, 2008) i neadekvatnim pokusima (Fry, 2000). Unatoč tome, Fry (2000: 166) smatra Wächtershäuserovu teoriju kompatibilnom s podmorskim scenarijem postanka prvog života i geokemijskim postavkama hidrotermalnih izvora te pretpostavljenim uvjetima na ranoj Zemlji. Za nju je Wächtershäuserova teorija koherentan prikaz nastanka života i evolucije biokemijskih predložaka i ozbiljna alternativa različitim inačicama teorije RNK svijeta. Hazen (2005: 113) tvrdi isto: »Ali Wächtershäuserova teorija je mnogo više od popisa pretpostavki.« Wächtershäuserov površinski

metabolist na neprekinuti način prelazi u stanični oblik jednostavnim kemijskim reakcijama tvoreći žive entitete temeljem fizikalno-kemijskih i molekularno-bioloških činjenica. Problem je što postaničenje pirinitnih kristala i njihovo pupanje u jezgri novog kristala jest evolucijska preteča stanične diobe, ali, slično drugim metaboličkim teorijama, nukleinske kiseline nastaju kao izum metabolizma, a ne njegov izumitelj (Fry, 2000).

Heterotrofna i autotrofna teorija u raspravi oko oblika prvog života nemaju pobjednički argument. Razmatrajući različite dokaze, Schopf (2002b) piše da neizravni dokazi izvedeni iz suvremenih organizama, kao i izravni paleobiološki dokazi upućuju na tek djelić puta prema određenju oblika najranijeg života. Prema njemu, sigurno se može tvrditi samo da: »... najstariji fosili predstavljaju samo najstarije otkriveni stanični život, ne i njegovu stvarnu najstariju pojavu« (Schopf, 2002b: 174). Prihvatanje ove tvrdnje ostavlja nepoznatim oblik prvog života i način prijelaza iz neživog u živo.

## 5. Filozofska interpretacija

Filozofija u razmatranju teorija postanka prvog života kao prvo vidi metafizički spor oko ontološke zbilje živoga. Drugi zadatak je u nužnosti proučavanja pojmovnog i logičkog odnosa različitih načela, hipoteza i teorija, a treći zadatak tiče se valjane metodologije proučavanja podrijetla prvog života i stupnja empirijske potkrijepljenosti teorija.

Metafizički spor oko ontološke zbilje živoga prešutno je riješen potvrdom ontološke zbilje živoga pod uvjetom odbacivanja vitalizma. Živo je postojeći entitet, iako je materijalni sastav živih predmeta istovjetan onom neživih predmeta, i u njemu nema događaja ili procesa suprotnih fizikalno-kemijskim pojavama na razini atoma i molekula. Proučavanje pojmovnih i logičkih odnosa različitih načela, hipoteza i teorija<sup>13</sup> ukazuje na njihovu divergentnost koja se ipak smanjuje na dualističko zemaljsko ili izvanzemaljsko podrijetlo prvog života te spor oko replikatorsko-metaboličkog prvonastanka (Fry, 2000). Metodološki, unatoč brojnim istraživačkim metodama (Grisemer, 2008),<sup>14</sup> većina autora smatra da se mora proučavati metodološkim alatima prirodne znanosti. Spor oko postojanja i podrijetla predbiotičkih organskih sastavnica živoga uglavnom je uklonjen ili smanjen komplementarnim teorijama primordijalne juhe i izvanzemaljskim teorijama podrijetla organskih sastavnica živoga. Međutim, nejasan način nastanka kompleksnih živih sustava iz tih sastavnica otvara redukcionističko-holističku ontološku i epistemološku dvojbu. Kako slučajnost nastanka najmanje katalitički aktivne bjelančevine (sastavljene od 100 aminokiselina) uključuje više od  $10^{130}$  varijanti (ili  $10^{135}$

<sup>12</sup>

Složenica *kemolitrop* ili *chemolithotroph* ima korijen u starogrčkim riječima *lithos* (kamen) i (*troph*) potrošač. U kemolitropima elektroni-donori oksidiraju u stanici usmjeravajući elektrone u respiratorne lance tvoreći ATP (univerzalni energetska sustav u živim bićima), a neki od elektrona anorganskih donora mogu biti upućeni u biosintezu.

<sup>13</sup>

Uz teorije navedene u 2. poglavlju ovog rada, Griesemer (2008: 265) navodi replikatorske teorije Eigena i Prossa, teorije prvonastanka bjelančevina Foxa i Harade, prvonastanka ri-

bosoma Poolea i Pennyja te Cairns-Smithovu *take-over* teoriju.

<sup>14</sup>

Griesemer (2008: 265) navodi analizu milijuna vrsta organskih molekula, geofizičke i fosilne podatke, kemijsku sintezu sastavnica stanice, pokuse u pretpostavljenim uvjetima rane Zemlje, historijsku rekonstrukciju LUCA, apstraktne modele stanice i teorijsko izvođenje iz ključnih funkcija arhaičnih živih oblika, geokemijsko i biološko promatranje podmorskih hidrotermalnih izvora te promatranje drugih planeta.



kod slijeda od 104 amino-kiseline) vjerojatnost slučajnog nastanka jedne žive stanice uspoređuje se s vjerojatnošću nastanka boeinga 747 tornadom koji puše na smetlištu (Fry, 2000). Ukoliko se živo podvrgava zakonima fizike i kemije, i ukoliko u njemu nema nekakve inherentne svrhovite naravi koja brani objašnjenje njezinog postanka materijalističkim mehanizmom, pitanje je zašto (još uvijek) ne postoji prikladno prirodnoznanstveno objašnjenje prijelaza od neživoga prema živome. Bada i Lazcano (2009: 72) tvrde da nesporni napredak u razumijevanju uvjeta okoliša na ranoj Zemlji i načinu tranzicije iz abiotičke prema biotičkoj kemiji još uvijek ostavlja značajnu pukotinu u opisu načina združivanja jednostavnih organskih sastavnica u prve žive entitete, te da nije prihvatljivo opisan prijelazni oblik između neživog i živog. Fry (2000: 181–182) piše da u složenij i kompleksnij naravi organizacije bioloških sustava sve ovisi o svemu. Tu već prvi stupnjevi replikacijskog ili metaboličkog scenarija (koliko god ti oblici bili jednostavniji od najjednostavnijih poznatih oblika života) moraju biti integrirane i cikličke prirode, što ozbiljno ugrožava objašnjenje prirodnog mehanizma postanka prvog života. Niti osporavatelji metodološkog naturalizma, poput Bradleyja i Thaxtona (1994), ne dovode u pitanje ovaj očito holistički pristup (implicirajući sasvim drugačiju narav postanka prvog života) pa je na redukcionistima težina dokazivanja mehanizma postanka prvog života.

Holističko-redukcionistička dvojba teorijski je preskočena Cairns-Smithovom (1985: 87) pretpostavkom glinenog svijeta (*Clay World*) u kojem je prvi oblik života bila anorganska samoreplicirajuća glina (ilovača): »Po svemu sudeći, ovi geni bili su mikrokristali, anorganski i mineralni«. Cairns-Smith ističe nevjerojatnost *de novo* nastanka kompleksnih RNK molekula na primitivnoj Zemlji, pretpostavljajući postojanje pred-RNK svijeta i minerale gline kao katalizatore važnih kemijskih reakcija, možda i kao prijenosnike informacija (Rauchfuss, 2008: 184). Prema njemu, prvi život nije nastao organskom nego mineralnom kemijom (Cairns-Smith, 1985; Fry, 2000; Rauchfuss, 2008) u kojoj je anorganski genom gline bio preuzet od njegovih proizvoda, nukleinskih kiselina. Zbog svoje veće stabilnosti i učinkovitosti od anorganskih gena, nukleinske kiseline preuzele su cijeli sustav genskim preuzimanjem (*genetic take-over*). Pretpostavljeni glineni svijet je naturalističko objašnjenje prijelaza iz predbiotičke kemije jednostavnih kemijskih sastavnica-organizama u žive entitete,<sup>15</sup> a nepostojanje prijelaznih oblika objašnjava modelom skele kao privremenog vanjskog pomoćnog mehanizma koji se uklanja nakon završetka konstrukcije (Fry, 2000; Orgel, 2002; Hazen, 2005; Rauchfuss, 2008). Cairns-Smith uspoređuje postanak prvog života iz neživih organskih sastavnica s kamenim lukom u kojem je svaki kamen pridržavan drugim kamenjem iz luka te nastanak luka nikako nije shvatljiv njegovim sastavnicama.

Osporavajući pretpostavku glinenog svijeta, Morowitz (1992) odbacuje Cairns-Smithov *genski take-over* glinenog svijeta zbog kršenja načela neprekinutosti. Naime, načelo neprekinutosti ili mikropovratnosti zahtjeva povratnost svih malih mehaničkih prijelaznih koraka prema životu, eliminirajući čudo u slijedu diskontinuiteta. Drugi (Fry, 2000) zamjeraju hipotezi glinenog svijeta nedostatak empirijskih dokaza.

Cairns-Smith (1985: 115) odbacuje oba prigovora modelom skele koji uklanja privremenu konstrukciju objašnjavajući zašto je danas ne nalazimo:

»Izgradnja kamenog luka treba nekakvu skelu; nešto što će podupirati kamenje prije nego bude postavljeno tako da se međusobno podupire. Konstruiranje često uključuje predmete nepostojeće u konačnom proizvodu. Slično tome u evoluciji, predmeti mogu *nedostajati*. Ovo može voditi vrsti međuovisnosti sastavnica koja je upečatljiva osobina mehanizma središnje biokemijske kontrole.«

Cairns-Smith modelom skele uvodi naturalistički mehanizam koji se svojim obilježjima ontološki i epistemološki opire svođenju na načelo mikropovratnosti: skela je samo privremeni konstrukt. Privlačnost njegovog modela je u vjerovanju većine istraživača postanka prvog života u neprekinutost organske kemije i biokemije od ranih stadija. Slučajni i malo vjerojatni događaj kao uzrok prvog života danas je uglavnom odbačen, a model skele je alternativa ideji slučajne pojave života i ideji inteligentnog dizajna. Cairns-Smithov model skele ne zadovoljava metodologiju prirodne znanosti, ali tvrdi da to nije moguće postići jer se područje postanka prvog života opire metodološkim standardima prirodne znanosti. Zato svega nekoliko istraživača prihvaća u cijelosti njegovu ideju (Rauchfuss, 2008). U filozofskom smislu njegova teorija je konzistentna, ali nije potpuna, no daje objašnjenje zašto načelno nije moguća potpuna teorija iz perspektive prirodne znanosti.

### Zaključak

Izdvajanje proučavanja prvog života u posebno područje upućuje da ono ne potpada strogo pod proučavanje već postojećih egzaktnih prirodnih znanosti poput fizike i kemije, da ovim znanostima nije moguće samostalno objasniti podrijetlo živoga i da je potrebno filozofsko promišljanje problema. Dugotrajno opiranje rješenju i značajna divergencija teorija, načela i metodologije proučavanja zrcali nezrelost područja koje se u velikoj mjeri spori oko naravi živoga, mogućnosti i podrijetla predbiotičkih sastavnica živoga, mjesta i vremena postanka prvog života te njegovog prvog oblika. Razlike su ponegdje gotovo ukinute (oko ontološke zbiljnosti živoga ili vremena postanka prvog života na Zemlji) ili dosta smanjene (oko mogućnosti nastanka predbiotičkih sastavnica živoga i valjane istraživačke metodologije), no u konačnici ne postoji dogovor niti oko jednog od postavljenih pitanja, pogotovo ne oko cjelovitog objašnjenja postanka prvog života. Dogovorena načelna rješenja nisu temeljno unaprijedila ovo područje jer narav živoga nije zadovoljavajuće definirana, stanak (ili podrijetlo) predbiotičkih sastavnica živoga jest dokazano, ali bez uspjeha u redukcionističkom objašnjenju i bez koherentne uloge u holističkom pristupu koji traži mehanizam povezivanja tih sastavnica. Između predbiotičkih sastavnica živoga i prvog, ma kako jednostavnog živog organizma, pukotina je koju priznaju svi istraživači područja. Model skele jedini nudi teorijski uspješan mehanizam, no njemu manjka empirijska potpora. Izostanak prirodnoznanstvenog rješenja implicira mogućnosti: pogrešno pretpostavljene ontološke zbilje živoga; rješenje problema postanka života nije rješivo jer život nema zbiljsku posebnu opstojnost, on je tek jedan način organizacije fizikalne prabiti; posebnu narav živoga koja tvori temeljnu epistemološku prepreku u spoznaji problema koji se ne da spoznati metodološkim alatima prirodne znanosti. Pitanje postanka prvog života ne da se objasniti isključivo pojmovima, načelima, metodama i očekivanjima prirodne znanosti i zato tvrdim da objašnjenje postanka prvog života nije moguće njihovim ontološkim i epistemološkim načelima, pretpostavkama i metodologijom. Egzaktna prirodna znanost mora se odreći dijela svojih načela, pojmova i metodologije i prihvatiti interdisciplinarni pristup koji jedini jamči napredak unutar ovog područja.

## Literatura

- Bada, J. L. i Lazcano, A. 2009. »The Origin of Life.« U: Ruse, M i Travis J. (ur.), *Evolution. The First Four Billion Years*, str. 49–80. Cambridge, Massachusetts; London, England, The Belknap Press of Harvard University Press.
- Bradley, W. L. i Thaxton, C. B. 1994. »Information & the Origin of Life.« U: Moreland, J. P. (ur.), *The Creation Hypothesis: Scientific Evidence for an Intelligent Designer*, str. 173–210. Illinois, InterVarsity Press.
- Cairns-Smith, A. G. 1985. *Seven Clues to the Origin of Life*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Crick, F. 1981. *Life itself: Its Origin and Nature*. New York, Simon and Shuster.
- Crick, F. 1988. *What Mad Pursuit*. New York, Penguin Books.
- De Duve, C. 1991. *Blueprint for a Cell*. Burlington, North Carolina, Neil Patterson Publishers.
- Dyson, F. 1985. *Origins of Life*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ferris, J. P. 2002. »From Building Blocks to the Polymers of Life.« U: Schopf, J. W. (ur.), *Life's Origin: The Beginnings of Biological Evolution*, str. 113–140. Berkeley, Los Angeles, University of California Press.
- Fry, I. 2000. *The Emergence of Life on Earth: A Historical and Scientific Overview*. New Brunswick, Rutgers University Press.
- Griesemer, J. 2008. »Origins of Life Studies.« U: Ruse, M. (ur.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Biology*, str. 263–290. New York, Oxford University Press.
- Hazen, R. M. 2005. *Genesis: The Scientific Quest for Life's Origin*. Washington, DC, Joseph Henry Press.
- Kauffman, S. A. 1986. »Autocatalytic Sets of Proteins.« *Journal of Theoretical Biology*, 119: 1–24.
- Kauffman, A. S. 1993. *The Origins of Order: Self Organization and Selection in Evolution*. New York, Oxford University Press, Inc.
- Miller, S. L. 1953. »A Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions.« *Science*, 117: 528–529.
- Miller, S. L. i Lazcano, A. 2002. »Formation of the Building Blocks of Life.« U: Schopf, J. W. (ur.), *Life's Origin: The Beginnings of Biological Evolution*, str. 78–113. Berkeley, Los Angeles, University of California Press.
- Morowitz, H. J. 1992. *Beginnings of Cellular Life: Metabolism Recapitulates Biogenesis*. New Haven, Yale University Press.
- Orgel, L. E. 1973. *The Origins of Life: Molecules and Natural Selection*. New York, John Wiley & Sons.
- Orgel, L. E. 2002. »The Origin of Biological Information.« U: Schopf, J. W. (ur.), *Life's Origin: The Beginnings of Biological Evolution*, str. 140–158. Berkeley, Los Angeles, University of California Press.
- Oró, J. 2002. »Historical Understanding of Life's Beginnings.« U: Schopf, J. W. (ur.), *Life's Origin: The Beginnings of Biological Evolution*, str. 7–45. Berkeley, Los Angeles, University of California Press.
- Penny, D. 2005. »An Interpretative Review of the Origin of Life Research.« *Biology and Philosophy*, 20: 633–671.
- Rauchfuss, H. 2008. *Chemical Evolution and the Origin of Life*. Verlag, Springer.
- Schopf, J. W. 2002a. »The What, When, and How of Life's Beginnings.« U: Schopf, J. W. (ur.), *Life's Origin: The Beginnings of Biological Evolution*, str. 1–6. Berkeley, Los Angeles, University of California Press.

Schopf, J. W. 2002b. »When Did Life Begin?«. U: Schopf, J. W. (ur.), *Life's Origin: The Beginnings of Biological Evolution*, str. 158–181. Berkeley, Los Angeles, University of California Press.

Schwartz, A. W. i Chang, S. 2002. »From Big Bang to Primordial Planet: Setting the Stage for the Origin of Life.« U: Schopf, J. W. (ur.), *Life's Origin: The Beginnings of Biological Evolution*, str. 46–78. Berkeley, Los Angeles, University of California Press.

Scott, E. C. 2009. »Evolution.« U: Rosenberg, A. i Arp, R. (ur.), *Philosophy of Biology: An Anthology*, str. 25–45. Chichester, UK, John Wiley & Sons Ltd.

Shapiro, R. i Feinberg, G. 1990. »Possible Forms of Life in Environments Very Different from the Earth.« U: Leslie, J. (ur.), *Physical Cosmology and Philosophy*, str. 248–255. New York, Macmillan.

Wächtershäuser, G. 1988. »Before Enzymes and Templates. Theory of Surface Metabolism.« *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 52: 452–484.

**Tonći Kokić**

### **On the Origin of First Life**

#### **Abstract**

*The foundation of the scientific study of the first life within a separate field of theoretical biology begins in the nineteen fifties. This area has not yet reached a stable shape neither a dominant theory, but a number of theories that examine the separate parts of a large puzzle which explains the origin of the first life. This paper: 1) offers brief overview of the problem areas; 2) presents the most important theories on foundation of the first life; 3) emphasizes certain answers to the question of the first emergence; 4) asks what the first life was like; and 5) interpret the empirical data from philosophical perspective. Consideration of existing theories and interpretations of empirical data points to the futility of past attempts which lack theoretical consistency or empirical support, from which divergent arguments about the nature or the origin of the first life can be interpreted.*

#### **Key words**

biology, LUCA, mechanism, origin of first life, life