

# Fermijev paradoks: filozofski aspekti

---

Jelušić, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Department of Croatian Studies / Sveučilište u Zagrebu, Hrvatski studiji**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:111:656411>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-29**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University of Zagreb, Centre for Croatian Studies](#)





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
HRVATSKI STUDIJI

JOSIP JELUŠIĆ

**FERMIJEV PARADOKS: FILOZOFSKI ASPEKTI**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018. godine



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
HRVATSKI STUDIJI  
ODSJEK ZA FILOZOFIJU

JOSIP JELUŠIĆ

**FERMIJEV PARADOKS: FILOZOFSKI ASPEKTI**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Tomislav Janović

Zagreb, 2018. godine

## Sažetak

Postojanje izvanzemaljskog života jedna je od najstarijih neriješenih zagonetki u povijesti ljudskog mišljenja. Kao takvo ono je i jedno od središnjih pitanja suvremenog istraživanja svemira. To je pitanje na filozofski zanimljiv način postavio nobelovac Enrico Fermi aludirajući na zbunjujuće odsustvo dokaza o postojanju izvanzemaljskog života. Tzv. Fermijev paradoks stoga predstavlja okosnicu ovoga rada koji je koncipiran kao rasprava između *Optimista*, prema kojima su život i inteligencija uobičajene pojave u svemiru, i *Pesimista* ili zagovornika *Hipoteze jedinstvenosti*, koji smatraju da su život, a pogotovo inteligentan život, rijetke, a možda i jedinstvene pojave u svemiru. U radu se kritički razmatraju argumenti i zaključci Optimista i pokazuje da oni počivaju na antropocentričnom shvaćanju svemira. Stoga se autor opredjeljuje za pesimistično tumačenje Fermijeva paradoksa i zaključuje da je život u svemiru pojava čiji je razvoj do faze inteligencije izuzetno malo vjerojatan. U obrani skeptičnog stava prema izvanzemaljskoj inteligenciji autor se poziva kako na spekulativne tako i na empirijske (evolucijske) argumente.

**Ključne riječi:** život, izvanzemaljska inteligencija, teorija evolucije, evolucijska konvergencija, veliki filteri, Drakeova jednačica, Hipoteza jedinstvenosti, Načelo prosječnosti, Antroposko načelo, fina ugođenost, inteligentna kreacija („dizajn“), multiverzum.

## **Abstract**

The existence of extraterrestrial life is one of the oldest unresolved puzzles in the history of human thought. As such, it is also in the focus of the contemporary research of the Universe. From a philosophically interesting perspective, this question has been raised by the Nobel Laurate Enrico Fermi, alluding to a perplexing lack of evidence for the existence of extraterrestrial life. Therefore, it is the so-called Fermi's Paradox that is in focus of the present thesis which is conceptualized as a discussion between Optimists, according to which life and intelligence are common occurrences in the Universe, and Pessimists or advocates of The Uniqueness Hypothesis, who consider life, especially intelligent life, as rare and possibly unique occurrences in the Universe. In the present thesis, the arguments and conclusions of the Optimists are exposed to a critical examination and it is shown that they are grounded in an anthropocentric view of the Universe. The author therefore opts for a pessimistic interpretation of the Fermi paradox and concludes that the life in the Universe is an event whose development up to the phase of intelligence is extremely unlikely. In the defense of the skeptical attitude towards extraterrestrial intelligence the author makes use of both speculative and empirical (evolutionary) arguments.

**Keywords:** Life, Extraterrestrial Intelligence, Theory of Evolution, Convergent Evolution, Great Filters, Drake Equation, Uniqueness Hypothesis, Principle of Mediocrity, Anthropic Principle, Fine-Tuning, Design, Multiverse.

# Sadržaj

Uvod.....	1
1. Fermijev paradoks .....	6
1.1. Mogući odgovori .....	9
2. Što tražimo?.....	12
2.1. Život .....	12
2.2. Inteligentni život.....	14
2.3. Argument djetlića .....	16
3. Induktivni argumenti .....	19
3.1. Omjeri velikih brojeva: univerzalna i zemaljska godina .....	19
3.2. Drakeova jednadžba .....	21
3.3. Lukrecijev argument.....	26
3.4. Prigovori Lukrecijevu argumentu i problem sinkronije .....	28
4. Induktivni argumenti: Načelo prosječnosti .....	31
4.1. Što načelo prosječnosti zapravo tvrdi? .....	33
4.2. Veliki filteri .....	34
4.3. Kuklina kritika Načela prosječnosti .....	38
5. Konceptualni argumenti: Antropsko načelo .....	40
5.1. Slabo antropsko načelo.....	42
5.2. Jako antropsko načelo: Hipoteza kreacije protiv Hipoteze multiverzuma .....	43
5.3. Ostala objašnjenja.....	45
Zaključak .....	47
Literatura .....	51

## Uvod

Pitanje postojanja inteligentnog života u svemiru jedno je od središnjih pitanja istraživanja svemira. Odgovor na temeljno pitanje Fermijeva paradoksa – *Gdje su svi?* – podjednako uključuje znanstvene discipline – poput fizike, kemije, biologije, astrobiologije i sociologije – kao i filozofsko razmišljanje. Upravo je filozofija ta koja pruža najširi mogući okvir za propitivanje različitih pogleda na nastanak i razvitak svemira, evoluciju, tehnologiju te, u konačnici, budućnost ljudske vrste.

Tema ovoga rada je pojava inteligentnoga života u svemiru kroz prizmu Fermijeva pitanja i proturječja koje iz njega, naizgled, proizlazi. Bez obzira na nedostatak bilo kakvog dokaza o izvanzemaljskim civilizacijama, može se postaviti sljedeće pitanje: je li život u svemiru rasprostranjena pojava ili je njegova pojava na Zemlji jedinstven slučaj. John Horgan u svojoj knjizi *Kraj znanosti* piše o granicama znanosti te o izgledima za osporavanje dobro utemeljenih znanstvenih teorija, poput teorije relativnosti i teorije evolucije. Iako autor smatra kako postoje mali izgledi za osporavanje tih teorija, ipak ostavlja prostor za nove odgovore na neka temeljna pitanja koja intrigiraju znanstvenike. Tako u razgovoru s Richardom Dawkinsom dolazi do zaključka da u evolucijskoj biologiji „postoje još neke prilično velike biološke zagonetke koje nisu riješene, poput podrijetla života, spolova i ljudske svijesti“ (Horgan, 2014: 154). Čini se da je upravo prva zagonetka usko vezana uz istraživanje izvanzemaljskog života, čiji bi nam eventualan pronalazak mogao pružiti rješenje još jednog pitanja: je li prirodna selekcija pankozmički ili samo zemaljski fenomen (Horgan, 2014: 182).

Rasprava o Fermijevu paradoksu koncipirana je kroz filozofsku debatu između *onih koji vjeruju u uspostavljanje kontakta s izvanzemaljskim civilizacijama (Contact Optimists)*, pretpostavljajući da živimo u svemiru u kojemu su život i inteligencija uobičajene pojave, i zagovornika *Hipoteze jedinstvenosti (Uniqueness Hypothesis)* koji vjeruju da je Zemlja po svemu sudeći prvo i jedino prebivalište tehnološki razvijene civilizacije u našoj galaksiji.<sup>1</sup> Debatu između ova dva tabora još je 1982. godine najavio Glen David Brin u svome članku „The „Great Silence: The Controversy Concerning Extraterrestrial Intelligent Life“ koji može poslužiti kao odličan prikaz dvaju suprotstavljenih pogleda na postojanje izvanzemaljskog života. Kao što ću u radu biti detaljno obrazloženo, sukob između dvaju navedenih stajališta

---

<sup>1</sup> U ostatku rada predstavnike onog prvog gledišta jednostavno zovem „Optimistima“, a zagovornike Hipoteze jedinstvenosti „Pesimistima“.

može se svesti i na sukob dvaju načela: *Načela prosječnosti (Principle of Mediocrity)*, prema kojemu nema ništa posebno, neobično ili jedinstveno u postojanju života na Zemlji, već je njegova pojava uobičajena u svemiru, i *Antropskog načela (Anthropic Principle)*, koje tvrdi da su fundamentalni zakoni fizike upravo takvi da je prije ili kasnije *moralo* doći do pojave inteligentnih promatrača.

Središnja teza ovog rada, koja podjednako uzima u obzir evoluciju života na Zemlji kao i nedostatke dokaza o postojanju izvanzemaljskih civilizacija, glasi da je Fermijev paradoks nepremostiv problem za Optimiste u pogledu postojanja izvanzemaljskog života, budući da nam odsustvo dokaza o postojanju inteligentnih izvanzemaljskih civilizacija sugerira da takve civilizacije ne postoje. U skladu s tom tezom, cilj rada nije samo sugerirati da argumenti Optimista ne pružaju pravu sliku svemira u smislu učestalosti života na drugim planetima i da su u konačnici pogrešni, već i pokazati zašto Pesimisti, pozivajući se na specifičnosti razvoja života na Zemlji, ali i na neke konceptualne argumente, pružaju prihvatljivija objašnjenja za *Veliku tišinu* – odsustvo dokaza o postojanju izvanzemaljskog inteligentnog života.

Kao što se argumentira na završnim stranicama rada, naši izgledi za pronalazak inteligentnog izvanzemaljskog života s prolaskom vremena sve su manji te je stoga pogrešno inteligentan izvanzemaljski život u svemiru smatrati rasprostranjenom pojavom. Takav zaključak ne treba nipošto miješati s tvrdnjom prema kojoj izvanzemaljski život kao takav ne postoji, već ga prije treba shvatiti kao skeptičan stav u pogledu raširenosti *inteligentnog* života u svemiru. U tom smislu, priklanjamo se gledištu Warda i Brownleeja koji tvrde da je život u svemiru vrlo vjerojatno rasprostranjen na razini mikroba, a da razvijeniji oblici predstavljaju težak evolucijski korak povezan s gotovo nepremostivim teškoćama.

Drugim riječima, budući da pojava, a onda i pronalazak inteligentnih oblika izvanzemaljskog života ovisi o brojnim čimbenicima čije podudaranje je izuzetno malo vjerojatno, smatram da optimističan odgovor na Fermijevo pitanje počiva na suviše antropocentričnim pretpostavkama. Skeptičan stav, koji ćemo, dakle, braniti u ovom radu, temeljimo na sljedećim trima tvrdnjama:

- i) Nastanak i razvoj života nije deterministički proces.
- ii) Evolucija života ne podrazumijeva nužno evoluciju inteligencije.
- iii) Veliki filteri nepremostiva su prepreka u razvoju inteligentnog života.



U prvom poglavlju daje se prikaz Fermijeva paradoksa. Pitanje u središtu interesa je sljedeće: je li Fermijeva tvrdnja zaista paradoks ili je ona paradoksalna samo za one koji očekuju da bismo do sada već trebali imati dokaze o postojanju inteligentne izvanzemaljske civilizacije? Razmatranje tog pitanja u povijesnom kontekstu pomaže nam shvatiti pravu prirodu problema. U nastavku poglavlja prikazuju se neki klasični odgovori na Fermijevo pitanje. Te odgovore Stephen Webb dijeli u tri skupine: (i) inteligentna izvanzemaljska civilizacija postoji i bila je (ili je još uvijek) na Zemlji; (ii) inteligentni izvanzemaljci postoje, ali nam se još nisu javili; i (iii) oni ne postoje.

Rasprava o izvanzemaljskom životu je nezahvalna ako se unaprijed ne odredi što točno tražimo i što očekujemo od potrage. Je li to *samo* život ili pak *inteligentan* život? Iako još uvijek ne postoji precizna definicija života o kojoj bi se znanstvenici složili, što je zasigurno posljedica i činjenice da se naše spoznaje o tome svode na proučavanje zemaljskog života i njegovih pojavnih oblika, postoji određen broj značajki živih bića koje možemo smatrati univerzalnima. Izvođenje bilo kakvih zaključaka iz tih spoznaja koje bi se ticale života u svemiru suočava nas sa sljedećim pitanjem: je li evolucija univerzalan proces koji determinira dinamiku života bilo gdje u svemiru, ili je ona ipak samo zemaljski fenomen? Nakon rasprave tog pitanja prelazi se na raspravu o *inteligenciji* kao svojstvu koje očekujemo pronaći i kod izvanzemaljskih oblika života, pri čemu inteligenciju smatramo samo jednim od svojstava koja nastaju tijekom dugog procesa evolucije organskih oblika. U toj raspravi osobita će pažnja biti posvećena argumentima Ernsta Mayra te će se nastojati pokazati zašto su ti argumenti uvjerljiviji od argumenata kojima se služe Optimisti, odnosno teško osporivi za svakoga tko bi inteligentan izvanzemaljski život smatrao rasprostranjenom pojavom u svemiru.

Treće poglavlje razmatra induktivne argumente koje Optimisti uobičajeno navode u raspravama o izvanzemaljskom životu. Svi se ti argumenti oslanjaju na „zakon“ velikih brojeva – npr. na odnos između tzv. univerzalne godine, u kojoj je povijest svemira od nastanka pa do danas prikazana u 365 dana, i obične, zemaljske godine, ili pak na umnožak vjerojatnosti koje se pojavljuju u tzv. Drakeovoj jednadžbi. Što se tiče ovog potonjeg argumenta, pokazat će se da Drakeova jednadžba nije uobičajena jednadžba, već niz kontroverznih pretpostavki o uvjetima i učestalosti pojave inteligentnih civilizacija u svemiru. Središnji dio ovoga poglavlja zauzima Lukrecijev argument koji je na zanimljiv način predodredio tijek rasprave o postojanju života u svemiru sve do danas. Taj argument počiva na omjeru velikih brojeva i odgovara potvrdno na pitanje rasprostranjenosti života izvan Zemlje.

Četvrto poglavlje bavi se ključnim argumentom Optimista – *Načelom prosječnosti*. Prema Načelu prosječnosti, okruženje u kojemu se nalazi planet Zemlja i život na njoj zapravo je tipično, a stoga su i uvjeti u njemu slični uvjetima koji vladaju u bilo kojem drugom dijelu svemira. Ako se to načelo prihvati, slijedi da je život u svemiru uobičajena i, kako vjeruju Optimisti, česta pojava. Međutim, postavlja se pitanje u kakvom odnosu stoji Načelo prosječnosti s perspektivom neograničenog napretka tehnologije s jedne te s nedostatkom dokaza inteligentnog izvanzemaljskog života s druge strane. Sljedeći razlog za skepticizam prema optimističnom rješenju Fermijeva paradoksa tiče se tzv. *velikih filtera*, tj. teško premostivih evolucijskih koraka u razvoju života prema njegovim inteligentnim oblicima. Veliki filteri mogu se nalaziti i u našoj prošlosti i u našoj budućnosti, a njihovo postojanje nije dobra vijest za Optimiste. Naime, ako je Načelo prosječnosti istinito, onda je sudbina drugih planeta slična onome što očekuje Zemlju. Shodno tome, bez obzira na to u kojem se stadiju evolucije veliki filteri pojavljuju, rješenje Fermijeva paradoksa niti u jednom scenariju nije optimistično. Poglavlje zaključujem prigovorom Andrea Kukle protiv Načela prosječnosti. Prema Kukli, to načelo ne samo da daje pogrešnu procjenu vjerojatnosti, nego zapravo uopće ništa ne govori o vjerojatnostima pronalaska izvanzemaljskog života.

Posljednje poglavlje zaokružuje debatu između Optimista i Pesimista razmatrajući glavni argument potonjeg tabora – *Antropsko načelo*. Naime, u inačici Antropskog načela koju prikazujemo u obzir je uzeta *fina ugođenost* svemira. Konkretno, argument fine ugođenosti zasniva se na činjenici da je skup kozmoloških parametara točno takav da omogućuje postojanje života u svemiru. Naime, da je bilo koja od četiriju fundamentalnih sila u trenutku Velikog praska poprimila makar i neznatno veću ili neznatno manju vrijednost, život u svemiru ne bi bio moguć. Antropsko načelo tako predstavlja filozofsku protutežu Načelu prosječnosti te ukazuje na to da je fina ugođenost svemira upravo takva da omogućuje pojavu života. S obzirom na to da su fundamentalni zakoni fizike takvi kakvi jesu, nastanak i razvoj života u svemiru postali su „samo“ pitanje vremena. Antropsko načelo pojavljuje se u *slaboj* i *jakoj* inačici. Prema slaboj inačici, malu vjerojatnost kozmoloških parametara koji omogućuju život zapravo uopće ne treba objašnjavati, budući da život u svemiru postoji. Drugim riječima, takve vrijednosti sukladne su s našim postojanjem i baš zbog toga one ne mogu imati nikakve druge vrijednosti, osim onih koje život čine mogućim. Što se tiče jake inačice Antropskog načela, njezina je plauzibilnost neraskidivo vezana za odgovor na sljedeće pitanje: je li svemir proizvod svjesne namjere („dizajna“) ili je možda dio jedne šire strukture stvarnosti zvane *multiverzum*?

Konačno, u slučaju istinitosti scenarija multiverzuma, postavlja se pitanje postojanja izvanzemaljskog života u svemiru u kojemu je život načelno moguć.

## 1. Fermijev paradoks

Fermijev paradoks<sup>2</sup>, nazvan po talijanskom fizičaru Enricu Fermiju, počiva na očitoj kontradikciji između naših očekivanja i istodobnog nedostatka dokaza o postojanju izvanzemaljskog života. Drugim riječima, s obzirom na to da se život razvio na Zemlji, čini se plauzibilnim pretpostaviti da se razvio i na mnogim drugim mjestima u svemiru. Prema tome, ako postoje mnoge izvanzemaljske civilizacije, jedna ili više njih već su imale priliku kolonizirati čitavu galaksiju i mi bismo trebali imati obilne dokaze njihova postojanja. A, ipak, to nije slučaj (Langhoff et al., 2007: 3). Vođen *Načelom prosječnosti* Fermi je pretpostavio kako nema ničeg posebnog ili jedinstvenog u pogledu postojanja Sunčeva sustava i planeta Zemlje. Znamo da u svemiru postoji više milijardi zvijezda te ako pretpostavimo da barem oko nekih od tih zvijezda kruže planeti nalik Zemlji, slijedi da u svemiru postoji ogroman broj prikladnih mjesta za život. Ako barem neka od tih potencijalnih mjesta za život omogućuju razvitak inteligentnih bića, neka će od njih možda razviti tehnologiju za međuzvjezdana putovanja i tako kolonizirati galaksiju, što bi čak i pri maloj brzini mogli ostvariti za nekoliko milijuna godina, a to je tek treptaj oka u usporedbi s trajanjem *univerzalne godine*. Imajući u vidu takvo razmišljanje, čini se da bi život u svemiru trebao biti notorna činjenica; a ipak, još nemamo nikakve dokaze njegova postojanja. Fermi se stoga s pravom pita: *Gdje su svi?* (Webb, 2014: 21).

---

<sup>2</sup> Povijesni kontekst Fermijeva pitanja vraća nas u proljeće i ljeto 1950. godine kada su dnevni listovi u New Yorku naširoko pisali o misterioznom nestanku javnih kanti za smeće. Budući da je to bilo razdoblje izrazite popularnosti tzv. NLO kulture, nije trebalo dugo da se javnost zabavi eventualnom povezanošću tih dvaju slučajeva. U ljeto iste godine Enrico Fermi našao se u Los Alamosu na ručku s Edwardom Tellerom, Herbertom Yorkom i Emilom Konopinskim te su počeli raspravljati o navedenoj temi, tj. o povezanosti nestanka kanti za smeće s izvještajima o letećim tanjurima. Nakon kraće rasprave, Fermi je upitao: „Gdje su svi?“, da bi potom na brzinu izveo nekoliko proračuna i zaključio da je Zemlja odavno trebala biti posjećena u slučaju da izvanzemaljci postoje.

Međutim, Fermi nije bio prvi koji je došao do navedenog zaključka. Stephen Webb (2014: 17–23) navodi kako je paradoks neovisno otkriven čak četiri puta te ga, prema „izumiteljima“, naziva Ciolkovski-Fermi-Viewing-Hartovim paradoksom.

Godine 1933. sovjetski znanstvenik Konstantin Ciolkovski negativan odgovor na pitanje postojanja izvanzemaljske civilizacije utemeljio je na sljedećem zaključku: Kada bi postojale takve civilizacije, tada bi (i) već odavno posjetile Zemlju i (ii) poslale signale o svom postojanju.

Nekoliko desetljeća kasnije, 1975. godine, engleski inženjer David Viewing Fermijevu je zamisao izrazio na sljedeći način: „Ovo je, dakle, paradoks: sva naša logika, sav naš antizocentizam uvjerava nas da nismo jedinstveni – oni *moraju* biti tu negdje. A, ipak, mi ih ne primjećujemo.“

Konačno, iste je godine članak Michaela Harta, o kojem će biti riječi u nastavku rada, pobudio veliko zanimanje za Fermijev paradoks. Hart na temelju četiri kategorije objašnjenja zaključuje da je naša civilizacija prva civilizacija u galaksiji.

Povijest rasprave o izvanzemaljskom životu seže još u doba antike. Primjerice, atomisti, na čelu s Demokritom i Leukipom, odnosno nešto kasnije s Epikurom, smatrali su da je svemir beskonačno velik te da jednako tako sadržava beskonačno veliku količinu materije. U takvoj slici svemira predmeti ulaze u nasumične interakcije, što je značilo da slučajni sudari materije mogu dovesti do stvaranja drugih planeta, od kojih su neki poput Zemlje i nastanjeni (Crowe, Dowd, 2013: 5). Međutim, dva autora, Plutarh i Lukrecije, na određeni su način odredili u kojem će smjeru u budućnosti ići rasprava o izvanzemaljskom životu. Obojica su smatrali da inteligentan život u svemiru zasigurno postoji, no načini na koji su argumentirali u prilog njegova postojanja posve se razlikuju. Razmotrimo najprije Plutarhov argument.

Plutarh je na temelju četiri premise zaključio kako zasigurno postoji inteligentan život na Mjesecu:

- i) Zemlja nema posebno mjesto u svemiru;
- ii) Izgled neba upućuje na inteligentnu kreaciju („dizajn“);
- iii) Mjesec je dovoljno nalik Zemlji da podržava život;
- iv) Ako na Mjesecu ne postoji život, onda njegovo postojanje nema svrhe i u proturječju je s pretpostavkom inteligentnog stvaratelja.

Dakle, s obzirom na veličinu svemira i brojnost nebeskih tijela, inteligentni stvaratelj ne bi stvorio toliko nebeskih tijela na kojima ne bi bilo živih bića. Danas, naravno, znamo da je Plutarhov argument pogrešan jer na Mjesecu nisu pronađeni nikakvi životi. Stoga, suprotno Plutarhu, čini se da bi inteligentni stvaratelj ipak mogao stvoriti svjetove koji ne sadrže život (Kukla, 2010: 1–2). Štoviše, čini se da je sasvim moguće da nema tragova života ni na ostalim tijelima u Sunčevu sustavu. No, to se ne može reći za ostatak naše galaksije.

Budući da je Plutarhova argumentacija pogrešna u pogledu života na Mjesecu, ne mora nužno biti pogrešna za veliki broj drugih nebeskih tijela u svemiru. Ono što je zajedničko Plutarhu i suvremenim zagovornicima postojanja života u svemiru upravo je pozivanje na ogroman broj mjesta potencijalno pogodnih za život (Kukla, 2014: 2). Život se možda nije pojavio na Mjesecu i drugim planetima u našem sustavu, no, s obzirom na veličinu svemira, sva je prilika da postoji veliki broj planeta nalik Zemlji na kojima se to dogodilo. Konačno, u Plutarhovu argumentu također prepoznajemo i inačicu *Načela prosječnosti*. Ako je inteligentni stvaratelj stvorio Zemlju na kojoj postoji život, zašto to ne bi bio slučaj i s drugim planetima. Iako su naša očekivanja, prema Načelu prosječnosti, sukladna tvrdnji da nema ništa čudno ili

jedinstveno s našim planetom, svemir za sada ostaje nijem kada je riječ o bilo kakvim tragovima života.

Što uopće očekujemo naći kada govorimo o potrazi za izvanzemaljskim životom? Ključna poruka Fermijeva paradoksa zapravo je sadržana u samom pitanju *Gdje su svi?* – pitanju na koje još uvijek nema odgovora. Biološka otkrića govore nam da život, barem na Zemlji, ne napreduje u linearno, već da se to događa u skokovima. (Potvrdu za to nalazimo u pet masovnih istrebljenja živih bića u povijesti Zemlje.) Međutim, ono što znamo jest to da se život na Zemlji razvio čim je za to imao priliku, dok se formiranje *viših* oblika života zapravo dogodilo razmjerno *nedavno*. Drugim riječima, kada bismo čitavu povijest Zemlje prikazali u obliku jedne kalendarske godine, tada su se prvi sisavci pojavili dvanaestog prosinca, dok se prvi *Homo sapiens* pojavio tek trideset i prvog prosinca, tri i pol minute prije ponoći (Mayr, 1985: 281)<sup>3</sup>. Iz toga bi slijedilo da je razvitak složenih oblika života manje vjerojatan niz događaja od stjecanja početnih uvjeta za život (Ward, Brownlee, 2003: XXIV).

Prema Ćirkoviću (2009: 2), znanstveni problem koji nastaje iz Fermijeva paradoksa pripada *velikim pitanjima* moderne znanosti, a sam paradoks počiva na sljedeće dvije premise: (i) odsustvu izvanzemaljaca u Sunčevu sustavu i (ii) činjenici da su izvanzemaljci imali više nego dovoljno vremena objaviti svoju prisutnost, bilo izravno bilo putem sonda. Štoviše, Ćirković ističe kako se procijenjeno vrijeme potrebno za kolonizaciju čitave galaksije proteže od  $10^6$  do  $10^8$  godina, što odsutnost bilo kakvih izvanzemaljskih bića u svemirskom prostranstvu čini još težim za objašnjenje.

Nedostatak dokaza o postojanju izvanzemaljskih civilizacija navodi nas na jednostavan zaključak da takve civilizacije ne postoje, i to je jedini razlog zašto o njima nema nikakva traga. John D. Barrow i Frank J. Tipler (1990: 576) smatraju da je vjerojatnost evolucije inteligentnih bića sposobnih za međuzvezdana putovanja unutar pet milijardi godina izrazito mala (konkretno, manja od  $1:10^{10}$ ) te da je, sukladno procjeni, veoma izgledno da je zemaljska civilizacija jedina razvijena vrsta života u našoj galaksiji. Osnovna ideja argumenta međuzvezdanih putovanja vodi nas prema zaključku da ne postoje inteligentna izvanzemaljska bića u našoj galaksiji. Naime, da takva bića postoje i da su razvila tehnologiju potrebnu za izvanzemaljsku komunikaciju, također bi razvila i tehnologiju međuzvezdanog putovanja te bi

---

<sup>3</sup> Ovakav prikaz ne treba miješati s *univerzalnom godinom* koja je objašnjena niže. Pod univerzalnom godinom podrazumijevam povijest čitavog svemira, od Velikog praska do danas, prikazanu u obliku jedne kalendarske godine. Ovdje je isto mjerilo primijenjeno na prikaz čitave povijesti života na Zemlji.

se prije ili kasnije pojavila u Sunčevu sustavu. Njihova odsutnost implicira da *ne postoje* (Barrow, Tipler, 1990: 576).

U slučaju Fermijeva paradoksa teško je tvrditi da je nepostojanje dokaza dokaz nepostojanja. Valja naglasiti da ono što se u Fermijevom pitanju čini paradoksalnim jest to da ona ne implicira da izvanzemaljske civilizacije *ne postoje*. Paradoks je prije svega u tome da ne vidimo niti jedan znak postojanja izvanzemaljske civilizacije, *iako bismo to očekivali*. Od mnogih pokušaja razjašnjenja te činjenice ističu se oni prema kojima je naša civilizacija zapravo jedina napredna civilizacija u svemiru (Webb, 2014: 22). Možemo reći da je Fermijevo pitanje paradoksalno zapravo samo za one koji očekuju da su izvanzemaljske civilizacije sklone širenju svemirom (Vallstrom, 2017: 3).

### **1.1. Mogući odgovori**

Spektar odgovora na Fermijev paradoks zaista je vrlo širok, a to je zato jer se ti odgovori tiču najvažnijih znanstvenih spoznaja o nastanku svemira te podrijetlu i evoluciji života. Stephen Webb (2014) pružene odgovore u svojoj knjizi dijeli u tri glavne skupine.

Prva skupina odgovora (Webb, 2014: 27–63) polazi od toga da su izvanzemaljska inteligentna bića ili već ovdje ili da su bila ovdje u davnoj prošlosti i o tome ostavili tragove. (Pritom Valja naglasiti da autor pod *ovdje* ne misli samo na Zemlju, već i na čitav Sunčev sustav.) Međutim, odgovori koji su svrstani u ovu skupinu prilično su neuvjerljivi jer nam ne ostavljaju mogućnost bilo kakve empirijske provjere, što čini bitnu razliku između ove i druge dvije skupine odgovora. Jedan od tih odgovora je *scenarij zoološkog vrta*, prema kojemu je neka izvanzemaljska civilizacija Zemlju učinila vrstom prirodnog rezervata u kojoj bi se život mogao nesmetano razvijati. Drugim riječima, ta hipoteza implicira da su napredne izvanzemaljske civilizacije donijele zajedničku odluku o izbjegavanju kontakta s novim pridošlicama u tzv. Galaktički klub (Ćirković, 2009: 8). Etičnost, razboritost i praktičnost mogla bi biti tri razloga za donošenje takve odluke. Ipak, ovaj je odgovor doživio mnogobrojne kritike jer ne nudi nikakvu mogućnost provjere hipotetičnog scenarija. Sve što navedeni scenarij predviđa jest to da nikada, ili barem jako dugo, nećemo moći pronaći izvanzemaljsku civilizaciju. Osim toga, taj se odgovor zasniva se na antropocentričnoj tvrdnji scenarija zoološkog vrta. Naime, nije jasno zašto bismo očekivali da će neka napredna izvanzemaljska

civilizacija biti u tako velikoj mjeri zainteresirana za život na Zemlji te toliko paziti na njegov neometani razvitak (Webb, 2014: 47–50).

Druga skupina odgovora koju nudi Webb (2014: 63–146) zasniva se na pretpostavci da izvanzemaljska bića postoje, ali da to još nisu objavila. Odgovori koji su svrstani u navedenu skupinu zasnivaju se na *Načelu prosječnosti*. Prema toj tvrdnji, Zemlja je samo jedan od mnoštva planeta na kojima se pojavio život. Stoga, oni koji zagovaraju neko od rješenja iz ove skupine moraju odgovoriti na pitanje zašto do sada nismo naišli ni na jedan trag o postojanju izvanzemaljaca. Odgovori na to pitanje vrlo su raznoliki i tiču se okolnosti poput velikih udaljenosti, problema uspostavljanja komunikacije, činjenice da druge civilizacije primaju signale, ali na njih ne odgovaraju, problema detekcije i interpretacije signala itd.

Konačno, posljednja Webbova skupina odgovora podrazumijeva da *izvanzemaljci ne postoje*. Prema tim odgovorima, život u svemiru izuzetno je rijetka pojava čije je postojanje uvjetovano sretnim poklapanjem vrlo velikog broja faktora. Drugim riječima, razvitak inteligentnog život podrazumijeva premošćivanje tolike količine prepreka da samu činjenicu postojanja takvog oblika život na Zemlji treba tumačiti kao iznimku u svemirskim razmjerima. Valja naglasiti da ovu skupinu odgovora podržava tzv. *Antropsko načelo*, prema kojemu je svemir ovdje upravo radi nas samih. Mnogi se znanstvenici i danas služe sličnom vrstom argumentacije kako bi objasnili pojavu života u uvjetima kakvi vladaju u ovom našem svemiru, imajući u vidu *finu ugođenost* temeljnih fizikalnih konstanti u trenutku nastanka svemira, kao i narav fizikalnih zakona koji su upravo onakvi kakvi bi trebali biti da bi nastanak i evolucije života na Zemlji bili mogući. Iako je prihvaćanje Antropskog načela filozofski sporno, a neki njegovo prihvaćanje čak pripisuju izbjegavanju suočavanja s teškim znanstvenim pitanjima, to načelo još uvijek zauzima važno mjesto u raspravama o postojanju izvanzemaljskog života (Webb, 2014: 147– 240).

Druga i treća skupina odgovora na Fermijevo pitanje čine okosnicu ovoga rada budući da se izravno tiču Načela prosječnosti i Antropskog načela. Problem antropocentričnosti pritom smatram glavnim nedostatkom tih odgovora. Naime, zar nije prevelik zahtjev od neke napredne civilizacije očekivati kolonizaciju čitave galaksije? Nemamo nikakvih vjerovati da bi se takva bića ponašala poput ljudi. Drugim riječima, da bismo imali osnovu očekivati od izvanzemaljskih oblika života to da će se širiti svemirom, trebamo pretpostaviti da je evolucija univerzalan kozmički proces koji prije ili kasnije dovodi do pojave inteligentnog života sposobnog za tehnološki razvoj. Štoviše, čini se kako ni mi sami nismo sigurni bismo li se u konačnici odlučili kolonizirati galaksiju čak i ako bismo za to imali tehnološke mogućnosti.



Drugim riječima, razvoj inteligencije i razvoj tehnologije dva su odvojena procesa, o čemu će ponovno biti riječi u drugom poglavlju.

## 2. Što tražimo?

Pitanje izvanzemaljskog života i pitanje podrijetla života usko su povezana. U definiranju podrijetla i prirode života imamo tu poteškoću što imamo samo jedan njegov uzorak – Zemlju. Da bismo bolje shvatili prirodu Fermijeva pitanja i opsežnu raspravu koja se o tome vodi, potrebno je naznačiti razliku između onoga što zovemo *životom* i onoga što očekujemo naći kad primamo i odašiljemo radiosignale iz svemira, a to je *inteligentni život*. Ovo je razlikovanje važno jer izgleda da je među Optimistima široko rasprostranjeno razmišljanje prema kojemu život u svemiru podrazumijeva inteligentan život. Stoga, kako bismo uopće mogli pristupiti problemu izvanzemaljske inteligencije, moramo vidjeti kakve oblike života uopće možemo očekivati na drugim planetima. U ovome ću dijelu rada, dakle, iznijeti argumente za tvrdnju da život ne implicira inteligentan život, tj. pokazati kako se ova dva pojma razlikuju.

### 2.1. Život

Na početku odmah valja naglasiti da ne postoji općeprihvaćena definicija života niti slaganje o tome na kojoj se vrsti fizičkog procesa život zasniva. Proučavanje života na Zemlji pruža nam naznake o biološkim svojstvima onih oblika života koji se zasnivaju na organskoj materiji (tj. na specifičnim spojevima ugljika). Naravno, otkriće *bilo kakvog* oblika života na nekom drugom planetu pomoglo bi nam razumjeti narav života kao takvog. Život baziran na ugljiku jedini je oblik života koji poznajemo. Kao što je općepoznato, jedina funkcionalno zamisliva alternativa takvom obliku života jest život zasnovan na spojevima silicija. Općeniti problem, kada se govori o alternativnim oblicima života jest taj što nismo sigurni u to bismo li takve oblike uopće mogli prepoznati. Međutim, zbog svoje učestalosti u svemiru te zbog toga što se lako veže s ostalim elementima, možemo govoriti o ugljiku kao o „primarnom“ elementu u nastanku života (Mayr, 1985: 19).

U kontekstu potrage za *bilo kakvim* tragovima života u svemiru, uspjehom bismo mogli proglasiti već i pronalazak *ekstremofila* – mikroba koji bi mogao opstati u ekstremnim uvjetima kao što su, primjerice, uvjeti visoke temperature, visokog tlaka, odsustva kisika, izuzetne slanosti ili kiselosti i sl. Upravo je spoznaja da je život moguć i u takvim uvjetima jedna od ključnih spoznaja za razvoj astrobiologije (Ulmschneider, 2006: 3–4). Budući da znamo da su uvjeti za život na drugim tijelima Sunčeva sustava ekstremni, otkriće ekstremofila navodi nas

na zaključak da je njihov nastanak i razvoj na mjestima poput Marsa, Enkelada i Europe ipak moguć. Problem je, međutim, na takvim mjestima pronaći tragove života. Dakle, stvar nije samo u tome da su takvi oblici života sposobni *živjeti* u navedenim uvjetima, već da su sposobni *ili* nastati u ekstremnim vrstama okoliša *ili* preživjeti putovanje do tih područja. Stoga, temeljno razmišljanje o ovakvim oblicima života navodi nas na sljedeća pitanja: Koliko je uobičajen život u svemiru? Gdje može preživjeti? Hoće li ostati „zapisan“ u fosilima? Koliko je složen? (Ward, Brownlee, 2003: XXII–XXIII). Kao što je ustvrdio Carl Sagan u svojoj knjizi *Plava točka u beskraj*, „mi ne tražimo samo našu vrstu biologije. Svaki rašireni indikator fotosinteze, svaki plin koji je bitno izvan ravnoteže s ostatkom atmosfere, svako oblikovanje površine u visoko geometrizirane uzorke, svaki postojan raspored svjetala na noćnoj polutci, svaki neastronomski izvor radiovalova – sve bi to bilo znak postojanja života“ (2002: 73).

Biološki gledano, neki se organizam smatra živim ako pokazuje sljedeća svojstva: metabolizam (primjena kemijskih procesa), rast (usmjereni razvoj), iskorištavanje energije, individualnost (očuvanje informacija o vlastitom identitetu), rađanje i mutacija (promjena nasljednih informacija) (Ulmschneider, 2006: 118). Štoviše, način funkcioniranja svih živih bića na Zemlji, od mikroba pa sve do ljudi, posve je sličan u svojim biokemijskim detaljima. Tako svi oblici života svoje podrijetlo imaju u prvom primjerku života na Zemlji. Drugim riječima, svi organizmi na Zemlji sastoje se od jedne ili više stanica čiji način rada pokazuje značajne sličnosti. Osim sličnosti u sastavu stanica i njihovom radu, živa bića na Zemlji karakterizira sveprisutnost molekule DNA kao genetskog materijala, korištenje hrane da bi se proizvela energija, asimetrija sastavnih molekula i mnoge druge. Dakle, jednake metode koriste se iznova u ekstremno različitim skupinama biljaka i životinja koje općenito opisujemo kao „život na Zemlji“ (Sagan, Šklovski, 1966: 183).

Je li, prema tome, jedini oblik života koji poznajemo rezultat osobito suptilne organizacije materije ili je u pitanju nešto drugo? Je li evolucija kozmički ili ipak samo zemaljski fenomen? Neki biolozi, poput Richarda Dawkinsa, čvrsto vjeruju u to da ako život postoji drugdje u svemiru, tada je i taj oblik života nastao upravo onako kako je to objasnio Darwin (Dawkins, 2010). Eventualno otkriće izvanzemaljskog oblika života moglo bi nam pomoći u tome da shvatimo koje karakteristike posjeduju zemaljski oblici života, odnosno koje su karakteristike nužne u smislu da ih posjeduje *svaki* oblik života. Komplementarno tome, mogli bismo shvatiti koje su karakteristike *slučajne*, nastale kao posljedica proizvoljnih ili nasumičnih povezivanja događaja, tj. takve da se na različitim mjestima i u različitim vremenima mogu razviti na različite načine i iznjedrili različite vrste živih sustava (Sagan, Šklovski, 1966: 183–184).

Kao što ćemo vidjeti, komunikacija s izvanzemaljskim bićima pokazuje se kao izrazito zahtjevan zadatak budući da nam je teško odrediti na kojoj bismo se razini mogli sporazumjeti s takvim bićima. Na razini mikroba ne možemo čak ni to. Prema tome, značenje pojma *život* u kontekstu potrage za izvanzemaljskim oblicima života svodi se na *bilo kakav* oblik koji bismo mogli razlikovati od beživotnog okruženja svemirskog prostranstva – na nešto što može nastati, preživjeti i razmnožiti se, tj. poprimiti kompleksniji oblik od svoje nežive okoline.

## 2.2. Inteligentni život

Prema Carlu Saganu (1983/1985: 238) „inteligencija nije znanje samo po sebi, već, također, i sposobnost rasuđivanja, način na koji se znanje usklađuje i upotrebljava“. Također, možemo je objasniti kao „kreativnost u rješavanju neobičnih problema“ ili je izjednačiti sa sposobnošću „procjene odluka, predviđanja njihovih posljedica i odabira djelovanja na temelju tih posljedica“ (Langhoff et al., 2007: 12–13). Inteligencija kakvu poznajemo zasniva se na kreativnosti, sposobnosti pisanja, čitanja, stvaranja i komuniciranja. Budući da Fermijevo pitanje proizlazi iz očekivanja da bi neka izvanzemaljska vrsta do sada već kolonizirala galaksiju, izgleda da, sukladno tome, moramo prihvatiti tvrdnju da evolucija generira inteligenciju.

David Brin (1982: 292) govori o inteligentnim bićima kao aktivnim, pokretnim bićima, koja posjeduju „smisao za vrijeme“, sposobnost govora, znatiželju te sposobnosti usporedbe i samoprocjene. Jednako tako, Brina zanima možemo li pretpostaviti da se isto to adaptacijsko rješenje može pojaviti na toliko drugih mjesta u svemiru te na mnogo različitih načina? *Optimisti* odgovaraju potvrdno na ova pitanja, a jedan od razloga koji navode je i mogućnost konvergentne evolucije.

Fermijevo pitanje uzima u obzir 13,8 milijardi godina povijesti svemira, od Velikog praska do danas, ali i broj zvijezda u prosječnoj galaksiji te potencijalno ogroman broj naseljivih planeta. Kao što smo vidjeli, to se pitanje zasniva i na Načelu prosječnosti, na gledištu da nema ništa posebno u vezi sa Zemljom, te ako se, prema tom načelu, ovdje razvio *inteligentan život*, tada će se on razviti i na mnogim drugim mjestima u svemiru. A ako postoji mogućnost razvitka života na mnogim drugim mjestima u svemiru, postoji i mogućnost da su se neke civilizacije razvile prije nas, što bi im samim time osiguralo više vremena za razvitak tehnologije. S time u vezi, može se nadalje pretpostaviti da evolucija inteligencije generira razvoj tehnologije. Dakle,

uzmemo li u obzir vremenski aspekt, mogućnosti evolucije inteligencije i tehnologije, pretpostavka da nismo sami postaje vrlo plauzibilna. I zato je, u skladu s Fermijevim pitanjem, neobično da već nisu objavili svoju prisutnost.

S druge strane, evlucijski su biolozi gotovo jednoglasno skeptični u pogledu postojanja izvanzemaljske inteligencije, a to opravdavaju svojstvima koja su razvili mnogi različiti oblici života na Zemlji (Mayr, 1985: 281). No, ako je organska evolucija na Zemlji kulminirala inteligencijom, zašto se isti ishod ne bi očekivao i na drugim planetima na kojima postoji život? Odgovor koji nam evlucijski biolozi daju na to pitanje jest taj da je, zbog indeterminističke naravi bioloških procesa, iz početnih uvjeta života nemoguće predvidjeti daljnji ishod lančanih kemijskih reakcija. Drugim riječima, evlucijski biolozi, prema Mayru, shvaćaju koliku ulogu u evlucijskom procesu igraju stohastički i nepredvidivi događaji. Upravo je zato teško tvrditi da evlucijski proces u konačnici dovodi do inteligencije. Dakle, kad bi se nekim slučajem ponovila evolucija na Zemlji, s jednakim početnim uvjetima, ishod tog složenog procesa gotovo sigurno ne bi bio jednak aktualnom ishodu.

U debati između Optimista i Pesimista evlucijske biologe možemo svrstati u potonji tabor, budući da su, prema Mayru (1985: 281), gotovo svi oni uvjereni u izuzetno male početne izgleda evolucije inteligentnog života, uključujući i evoluciju takvog života na Zemlji. Oni tipično argumentiraju na sljedeći način: uzmemo li u obzir čitav evlucijski put, od nastanka života do danas, u tom kretanje ne možemo prepoznati neku sigurnu liniju koja vodi do vrste koja je razvila inteligenciju – čovjeka. Drugim riječima, na svakoj razini evlucijskog puta možemo prepoznati ona „obilježja graničnih točaka, ako ne i stotine njih, te odvojene razvijajuće filetičke linije među kojima tek jedna jedina čini nasljednu liniju koja je konačno dovela do pojave čovjeka“ (Mayr, 1985: 283).

Mayr ovdje *ne tvrdi* da je evolucija inteligencije nemoguća, odnosno da je nastanak izvanzemaljskog inteligentnog života sličan nastanku čovjekove inteligencije. Inteligencija bi se, za Mayra, na nekom drugom planetu mogla utjeloviti u biću koje je nezamislivo različito od čovjeka, ali i od bilo kojeg drugog živog bića na Zemlji. Poanta njegova argumenta jest, prije svega, u gotovo čudesnoj nevjerojatnosti evolucije inteligencije: „Bilo je vjerojatno više od milijardu vrsta životinja na Zemlji, koje možemo svrstati u više milijuna filetičkih linija, i sve su one živjele na Zemlji koja je gostoljubiva prema inteligenciji, a tek je jedna od njih uspjela proizvesti inteligenciju“ (Mayr, 1985: 284).

Zaključak Optimista nužno proizlazi iz očekivanja da će evolucija proizvesti inteligenciju. Štoviše, čini se da Fermijevo pitanje, za Optimiste, upravo uključuje takav scenarij. Međutim, kao što smo već smo spomenuli, tijekom evolucijske povijesti Zemlje dogodilo se pet masovnih izumiranja. Osim toga, povijest razvoja života na Zemlji govori nam da inteligentan život nije najizglednija opcija za kojom bismo trebali tragati. Fermijev paradoks u ovom svjetlu izgleda inherentno antropocentričan, s obzirom na to da su očekivanja Optimista isključivo temeljena na ljudskim vrijednostima i ljudskom iskustvu (Langhoff, 2007: 11). S druge strane, ako nije slučajno razvitak života uključuje i razvitak inteligencije, tada možemo proširiti tvrdnju te reći da je inteligencija *samo jedno* od mnogih svojstava koje evolucija generira. Možda je plauzibilno očekivati postojanje života u svemiru u odsustvu dokaza o takvom postojanju; no daleko je manje plauzibilno očekivati razvitak kulture i tehnologije, a osobito kolonizaciju čitave galaksije.

### 2.3. Argument djetlića

Jared Diamond u svome članku „Alone In a Crowded Universe“ nudi argument, baziran na ideji konvergentne evolucije, kojim objašnjava nedostatak dokaza o postojanju izvanzemaljskih oblika života. Naime, Diamond postavlja slično pitanje kao i Fermi: „Gdje su ta inteligentna bića koja su nas već trebala posjetiti ili barem usmjeriti svoj radiosignal prema nama?“ (Diamond, 1995: 157–163).

Za početak, definirajmo *tehnološki naprednu civilizaciju* kao onu koja je sposobna razviti međuzvezdanu radiokomunikaciju. Razmotrimo sada sljedeće dvije tvrdnje:

- i) Jedini planet za koji smo sigurni da sadrži život – Zemlja – naposljetku je razvio tehnološki naprednu civilizaciju.
- ii) Život na Zemlji karakteriziran je *konvergentnom evolucijom*. Naime, mnoga su stvorenja, nezavisno jedna od drugih, razvila slične adaptacije kojima su iskoristili svaku moguću ekološku nišu koju možemo uzeti u obzir. Primjerice, glavonošci i kralježnjaci, nezavisno jedni od drugih, razvili su organ vida, dok su, s druge strane, ptice, šišmiši i insekti, također nezavisno jedni od drugih, razvili sposobnost letenja.

Dakle, znamo da je evolucijska konvergencija uobičajena među vrstama na Zemlji. Ako je istinita pretpostavka prema kojoj je život na drugim planetima također nastao evolucijom, i na tim planetima možemo očekivati konvergenciju raznih svojstava među različitim vrstama.

Stoga, iako je radiokomunikacija na Zemlji evoluirala samo jednom, isti evolucijski ishod, prema Diamondu (1995: 158), možemo očekivati i na drugim planetima.

Međutim, kako bismo pobliže ispitali ovaj argument, Diamond uzima za primjer vrstu životinje poput djetlića. Naime, čitav *paket* fenotipskih svojstava koji je utjelovljen djetličima zasniva se na bušenju rupa u živom stablu i uzimanju hranjivih sastojaka iz kore drveta. Izgleda da je to prilično dobar paket svojstava koji njegovom nositelju omogućuje mnogo više hrane nego što bi to omogućili leteći tanjuri ili radioprijemnici – evolucijski proizvodi koje u potrazi za izvanzemaljskim oblicima života očekuju pronaći oni koji u odnosu na Fermijevo pitanje zauzimaju optimističan stav. Prema tome, s obzirom na to da je čitav „paket djetlića“ takav da mu pruža utočište, hranjive sastojke, praktičnost i sigurnost, očekivali bismo konvergenciju evolucije takvog „paketa“ s evolucijom nekih drugih vrsta koje su evoluirale nezavisno od djetlića. Drugim riječima, od takvih bismo vrsta očekivali da će maksimalno iskoristiti čitav „paket“ kojim se služe djetlići.

Još jedna od prednosti koje dolaze s „paketom djetlića“ jest ta da se ne moraju seliti. Bušenje rupa u stablu omogućuje stabilnu okolinu, zaštitu od vremenskih neprilika, povoljnu temperaturu te zaštitu od predatora. Druge vrste ptica gnijezde se u prirodnim rupama, ali takve su rupe malobrojne te brzo postaju plijenom drugih životinja. Dakle, ako računamo na konvergentnost evolucije u slučaju razvitka tehnologije kao što je radiokomunikacija, tada zasigurno možemo računati na konvergentnost evolucije čitavog „paketa djetlića“. Međutim, iako bismo, prema Diamondu (1995: 159), očekivali da je čitav „paket djetlića“ evoluirao nebrojeno puta i u drugim filetičkim linijama, svi dokazi koje posjedujemo upućuju na suprotan zaključak – da je takav „paket“ evoluirao samo jednom, tj. tijekom evolucije samog djetlića.

Dakle, čak se i evolucija tako važnih adaptacija kao što je ona koja čini „*paket djetlića*“ pokazala izuzetno teškom. No, potraga za izvanzemaljskim civilizacijama motivirana je očekivanjem pronalaska izrazito sofisticirane tehnologije kao proizvoda vrlo napredne vrste inteligencije. A budući da se, prema Diamondu (1995: 162), ne vidi kako bi radioprijemnici zadovoljavali potrebu organizma za hranom, pa čak i za preživljavanjem, izgledi za evoluciju radioprijemnika postaju vrlo mali. Ako bi korist od „paketa djetlića“ bila približno jednaka koristi od radioprijemnika, očekivali bismo da neke vrste prilagodbom razviju *određene elemente* „paketa djetlića“, ili da ih barem razviju u nekom rudimentarnom obliku, a nipošto da razviju čitav „paket“; to je moglo uspjeti samo jednoj vrsti – djetliću.

Diamondovo gledište slično je Mayrovu: obojica dolaze do zaključka da je samo jedna od milijardi vrsta koje su ikada postojale na Zemlji uopće pokazala sklonost prema razvitku visoke tehnologije. Međutim, Optimisti bi mogli argument iz konvergentne evolucije tumačiti na drukčiji način. Uzmimo za primjer konvergentnu evoluciju dvaju „izrazito malo vjerojatnih organa“ kao što je oko kod glavonožaca i kralježnjaka. Možemo li takvu konvergenciju uzeti kao analogan primjer za evoluciju inteligencije – svojstva s (naizgled) jednako malim izgledima evolucije? To bi, prema Mayru, bila loša analogija jer konvergentna evolucija oka u različitim filetičkim linijama nije bila slučajna, tj. malo vjerojatna. Naime, oko je evoluiralo kad god se za pojavila „potreba“ za takvim organom, tj. kad su pojedine filetičke linije od njegove pojave (odgovarajućim nizom mutacija) mogle ostvariti veliku selekcijsku prednost. Nasuprot tome, to nije slučaj s *izvornom inteligencijom*, o čemu jasno svjedoči povijest života na Zemlji (Mayr, 1985: 284).

Konačno, pretpostavka da svaki oblik inteligentnog života mora manifestirati inteligenciju ili „način mišljenja“ suvremenog čovjeka, za Mayra i Diamonda je neodrživa. Iz istih razloga velike civilizacije, poput Grka, Rimljana, Maja ili renesansnih država, premda su obilovale velikim umovima, nikada nisu uspjele proizvesti tehnologiju sličnu našoj. Zato tišina svemira za Diamonda nije nimalo iznenađujuća. Dakle, ono što nam „argument djetlića“ govori o izvanzemaljskim oblicima života, odnosno o Fermijevom paradoksu, jest da su izgledi da ćemo ikada pronaći jedan jedini primjerak napredne izvanzemaljske tehnologije astronomski niski.



### 3. Induktivni argumenti

U prvom poglavlju razmotrio sam glavnu postavku Fermijeva paradoksa te neke moguće odgovore na njega. U drugom sam poglavlju pokazao da je Fermijevo pitanje paradoksalno *samo ako očekujemo* da je inteligentan život u svemiru uobičajena pojava, što sam osporio argumentima poput „argumenta djetlića“. U ovom poglavlju usporedit ću *univerzalnu* i *zemaljsku* godinu, omjer „velikih brojeva“ na kojemu paradoks počiva. Potom ću razmotriti dva induktivna argumenta kojima se nastoji potkrijepiti pozitivan odgovor na pitanje postojanja izvanzemaljske inteligencije – Drakeovu jednadžbu i Lukrecijev argument.

#### 3.1. Omjeri velikih brojeva: univerzalna i zemaljska godina

S obzirom na navedeno, možemo zaključiti kako se Fermijev paradoks temelji na svojevrsnom natjecanju dvaju velikih brojeva, tj.

- i) ogromnog broja potencijalnih mjesta za nastanak života i
- ii) ogromne starosti svemira.

Prvi broj odnosi se na broj planeta koji potencijalno imaju povoljno okruženje za nastanak života. Iako ne možemo sa sigurnošću znati koja je granica uvjeta potrebnih za nastanak i razvoj života, iz primjera života na Zemlji određeni parametri postali su nam poznati. Primjerice, jedan od najvažnijih uvjeta za pojavu života na Zemlji jest prikladna udaljenost od Sunca jer bez zadovoljenja tog uvjeta planet ne bi imao tekuću vodu na površini. Povoljno područje u orbiti oko matične zvijezde osnova je za definiranje tzv. *habitabilne (potencijalno nastanjive) zone* – područja unutar planetarnog sustava u kojem bi mogli postojati planeti nalik Zemlji, odnosno uvjeti prikladni za nastanak i održanje života. Prije četiri milijarde godina Sunce je zračilo trideset posto slabije nego danas, što znači da je habitabilna zona bila bliža njemu. Kritičnost tog faktora vidljiva je iz sljedećeg podatka: da se Zemlja nalazi samo jedan posto dalje od Sunca nego što se danas nalazi, bila bi prekrivena ledom. S druge strane, da se nalazi pet posto bliže Suncu, efekt staklenika onemogućio bi opstanak čovječanstva.

No, otkriće ekstremofila sugerira nam da se pojam habitabilne zone može promatrati i iz ponešto drukčije perspektive. Ekstremofilni organizmi koji žive duboko pod zemljom te zahtijevaju malu količinu energije i vode mogu preživjeti i izvan habitabilne zone, i to u veoma raznolikim okruženjima kao što su potpovršinska područja nekih planeta, prirodnih satelita ili

asteroida. Ward i Brownlee kao dobar primjer navode Jupitrov mjesec Europu ispod čije površine se, prema aktualnim istraživanjima, krije čitav ocean vode (Ward, Brownlee 2003: 16–18).

Jednako kao što zvijezda ima svoju nastanjivu zonu, čini se da postoji nastanjiva zona i na razini cjelokupne galaksije. Nastanjiva zona Mliječne staze nalazi se unutar prstena koji započinje izvan jezgre te se širi daleko uz spiralne krakove. Unutar ove zone zvijezde su „sigurne“ od utjecaja supermasivne crne rupe koja se nalazi u središtu naše galaksije. Nadalje, izvan područja ovog prstena u kojemu se nalazi nastanjiva zona galaksije zvijezdama nedostaje *teških elemenata* – elemenata koji su teži od vodika i helija, a koji čine građevne blokove za stjenovite, nastanjive planete (Pearson 2014: 3). Konačno, sama Zemlja se nalazi u središtu habitabilne zone, dovoljno daleko od središta galaksije čime nas zaobilazi većina kozmičkih događaja visoke energije, a ujedno dovoljno blizu tom središtu zahvaljujući čemu posjeduje dovoljnu količinu teških elemenata neophodnih za nastanak života. Vremenski gledano, sudeći prema starosti Sunca, čini se da Zemlja postoji usred najboljeg perioda za razvoj i održavanje života na njezinoj površini (Langhoff et al. 2007: 8).

Drugi broj specificira starost svemira. Već sam spomenuo da Fermijev paradoks uzima u obzir čitav životni vijek svemira. Stoga ću, u svrhu daljnje argumentacije, sažeti cjelokupnu povijest svemira u 365 dana. U takvoj „univerzalnoj“ godini prvi trenutak prvoga siječnja predstavlja Veliki prasak, što je ujedno i početak kozmičkog vremena, dok je današnje vrijeme predstavljeno posljednjom mogućom sekundom trideset i prvoga prosinca. Razmotrimo sada sve vrijednosti univerzalne godine u Tablici 1 (Blanchard, Fraknoi, 2010: 4).

Univerzalna godina	Zemaljska godina
1 sekunda	≈ 434 godine
1 minuta	≈ 26 050 godina
1 sat	≈ 1,56 milijuna godina
1 dan	≈ 37,5 milijuna godina

**Tablica 1: Razlika u vremenskim jedinicama između svemira i Zemlje.**

Na prikazanoj vremenskoj skali Veliki prasak se dogodio u ponoć prvoga siječnja Univerzalne godine. Oblikovanje prvih zvijezda i galaksija počelo se odvijati nakon sedam milijardi godina, odnosno devetnaestoga siječnja Univerzalne godine. Sunčev sustav, primjerice, formiran je tek prvoga rujna, a dvadeset i drugoga rujna, sudeći prema najstarijim dostupnim fosilima,

pojavljaju se prvi oblici života na Zemlji. U kontekstu rasprave o izvanzemaljskim inteligentnim civilizacijama ili, općenito, o životu u svemiru, koncept univerzalne godine korisno je pomagalo jer nam olakšava razmatranje pojedinih tipova odgovora na Fermijev paradoks. Tako se prvi *Homo sapiens* pojavio tek trideset i prvog prosinca u 23 sata i 52 minute, a cjelokupno moderno društvo zajedno sa znanošću i tehnologijom istoga dana sekundu prije ponoći (Blanchard, Fraknoi 2010: 7).

Pretpostavimo na trenutak da su izvanzemaljski inteligentni oblici života nalik nama u donošenju odluka, odnosno da će prije ili kasnije kolonizirati svemir. Ako su naša očekivanja točna te ako je kolonizacija čitave galaksije moguća u periodu od jednog do dva milijuna godina, tada, u kontekstu Univerzalne godine, neka izvanzemaljska tehnološki napredna vrsta trebala bi svoju kolonizaciju završiti za manje od dva sata. S obzirom na nedostatak dokaza o tome, čini se da je pogrešno ili naše očekivanje da se svaka inteligentna civilizacija širi svemirom ili očekivanje da (inteligentni) život prije ili kasnije evoluirao.

### 3.2. Drakeova jednadžba

Do sada smo vidjeli da Fermijevo pitanje počiva na pretpostavkama koje se temelje na potencijalno ogromnom broju naseljivih mjesta u svemiru te na čitavoj povijesti svemira. U drugom poglavlju naglasili smo razliku između *života* i *inteligentnog života*. Ovo razlikovanje valja nadopuniti definicijom prema kojoj inteligentnom, u kontekstu potrage za izvanzemaljskim bićima, treba smatrati onu civilizaciju koja je sposobna razviti tehnologiju za međuzvezdanu komunikaciju. Također, spomenuli smo ekstremofile kao oblike života koji mogu živjeti u izrazito zahtjevnim i neprijateljskim uvjetima kakvi tipično vladaju u svemiru.

Nezaobilazno oruđe u svim raspravama o potrazi za inteligentnim izvanzemaljskim civilizacijama jest *Drakeova jednadžba*. Ime je dobila po američkom astronomu Francisu Drakeu koji ju je predložio 1961. godine te time, barem načelno, naznačio mogućnost empirijskog rješenja Fermijeva paradoksa. Jednadžba procjenjuje broj  $N$ , tj. vjerojatnost postojanja inteligentnih civilizacija koje imaju sposobnost međuzvezdane komunikacije (Tipler, 1979: 273) kao umnožak sedam veličina:

$$N = R \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L,$$

gdje  $R$  označava prosječnu stopu stvaranja zvijezda,  $f_p$  postotak takvih zvijezda s planetarnim sustavima,  $n_e$ , prosječan broj planeta s okolišem pogodnim za nastanak života (prosječan broj planeta u habitabilnoj zoni),  $f_i$  postotak planeta na kojima se razvio život,  $f_c$  postotak planeta na kojima se razvio inteligentan život,  $f_c$  postotak civilizacija koje su razvile tehnologiju za slanje međuzvezdanih poruka, dok posljednji faktor,  $L$ , predstavlja postotak svemirskog vremena tijekom kojeg civilizacija odašilje međuzvezdane poruke.

Elementi jednadžbe konvencionalno su grupirani u tri kategorije: astronomsku ( $R$ ,  $f_p$ ), biološku ( $n_e$ ,  $f_i$ ,  $f_i$ ) i kulturnu ( $f_c$ ,  $L$ ) (Langhoff et al. 2007: 3). Valja naglasiti da se naše znanje o pojedinim čimbenicima bitno razlikuje. Napredak tehnologije i gradnja sve moćnijih teleskopa, kako zemaljskih tako i u onih u orbiti oko Zemlje, u posljednjih su četvrt stoljeća omogućili to da se, za razliku od doba kada je Drake formulirao jednadžbu, vrijednosti barem nekih faktora –  $R$ ,  $f_p$  i  $n_e$  – sada ipak mogu procijeniti na temelju pouzdanih podataka, a ne isključivo nagađanja. Prvi egzoplanet otkriven je još 1988. godine, a do danas ih je potvrđeno 3767 („Exoplanet“, 2018). S druge strane, faktori  $f_b$ ,  $f_i$ ,  $f_c$  i  $L$  i dalje su potpuno nepoznati i predmet su vrlo različitih procjena. Osim o matičnom planetu, nemamo podatke niti o jednom planetu na kojemu se razvio život, a kamoli inteligentan život s tehnologijom usporedivom s našom. Upravo iz tog razloga nemoguće je dati bilo kakvu utemeljenu procjenu vrijednosti čak niti za prvi u nizu navedenih faktora ( $f_i$ ) – tim više što ne znamo dovoljno o uvjetima potrebnim za nastanak i razvoj života. Budući da nemamo nikakvu empirijsku osnovu za procjenu faktora  $f_i$ , a još manje toga znamo o vezi između pojave života i razvoja inteligencije, jasno je da ne možemo dati nikakvu procjenu vrijednosti faktora  $f_i$ ,  $f_c$  i  $L$ . Osim toga, niti razvoj inteligencije ne jamči da će potencijalni oblik života naposljetku evoluirati u sofisticirano tehnološko društvo spremno stupiti u međuzvezdanu komunikaciju. Prema tome, Drakeova jednadžba nije klasična jednadžba, već umnožak faktora čije vrijednosti se temelje na međusobno nezavisnim i reviziji podložnim pretpostavkama koje odražavaju aktualne znanstvene spoznaje o karakteristikama jedinog za sada poznatog mjesta u svemiru gdje se razvio inteligentan život kao i karakteristikama samog tog oblika života.

Ono što je Drakea prije svega zanimalo prilikom postavljanja jednadžbe jest to koliko civilizacija sposobnih za međuzvezdanu komunikaciju postoji *upravo sada*. Na ovaj način možemo objasniti zašto u početnoj procjeni prvi element jednadžbe,  $R$ , nije postavljen kao procijenjeni ukupni broj zvijezda u našoj galaksiji (između 100 i 400 milijardi), čije je formiranje počelo prije oko dvanaest milijardi godina (Williams, 2017). Također, Drake faktor  $R$  nije izjednačio niti s brojem zvijezda prije 4,5 milijardi godina kada je započeo život na

Zemlji, budući da su zvijezde bile u različitim stadijima razvoja. Drugim riječima, da su te zvijezde imale nastanjive planete koji bi u konačnici iznjedrili civilizacije, tada se naši stupnjevi razvoja ne bi podudarali i samim time niti komunikacija ne bi bila moguća. Upravo je to razlog zašto je Drake faktor  $R$  radije gledao kao godišnju stopu formiranja zvijezda nego kao ukupan broj zvijezda u Mliječnoj stazi (Vakoch, Dowd, 2015: 11).

Neke suvremene inačice Drakeove jednadžbe prilično se razlikuje od izvorne inačice. Tako Adam Frank i Woodruff T. Sullivan u članku „A New Empirical Constraint on the Prevalence of Technological Species in the Universe“ (2016) nude sljedeću verziju jednadžbe:

$$A = N_{ast} \times f_{bt},$$

u kojoj  $A$  označava ukupan broj tehnološki naprednih civilizacija koje su *ikada* postojale bilo gdje u vidljivom svemiru, od početnih trenutaka formiranja potencijalno nastanjivih planeta do danas. Ova inačica jednadžbe bitno je drukčija od Drakeove jer izostavlja faktor  $L$  koji je Drakeu bio posebno važan, a to je broj tehnološki naprednih civilizacija koje postoje *istovremeno s našom civilizacijom*. Osim toga, faktor  $N_{ast}$  uključuje sve astrofizičke faktore u izvornoj (tj. Drakeovoj) inačici jednadžbe, tj. predstavlja procjenu ukupnog broja planeta u habitabilnim (nastanjivim) zonama zvijezda u danom odsječku svemira (npr. u našoj galaksiji). Drugi faktor,  $f_{bt}$ , pak uključuje tri izvorna Drakeova faktora („biološki“, „sociološki“ i „tehnološki“) i kao takav predstavlja procjenu broja tehnoloških civilizacija u danom odsječku svemira (Frank, Sullivan, 2016: 3). Naravno, riječ je o faktoru za koji ne postoje *nikakvi* empirijski utemeljeni podatci, tj. čiju je vrijednost nemoguće objektivno procijeniti.

Međutim, ono što u ovako modificiranoj inačici Drakeove jednadžbe donosi napredak u odnosu na razumijevanje Fermijeva paradoksa jest prvi faktor s desne strane jednadžbe ( $N_{ast}$ ). Naime, danas je moguće dati koliko-toliko točnu procjenu vrijednosti tog faktora na temelju podataka o broju zvijezda u našoj galaksiji, brzini njihova nastanka, broju planeta u habitabilnim zonama tih zvijezda, te broju galaksija u svemiru. Budući da je, prema danas široko prihvaćenoj procjeni, barem jedna petina zvijezda naše galaksije ima planete u svojoj habitabilnoj (nastanjivoj) zoni, najmanja moguća vrijednost faktora  $N_{ast}$  za našu galaksiju iznosila bi  $6 \times 10^{10}$ . Ako bi se na temelju te vrijednosti odredila vjerojatnost toga da smo jedina tehnološka civilizacija koja se *ikad* pojavila u povijesti svemira (tj. ako bismo za  $A$  uvrstili 1), ta bi vjerojatnost prema Franku i Sullivanu iznosila  $1/4 \times 10^{21}$ , tj.  $2,5 \times 10^{-22}$  ! Ta nevjerojatno mala brojka zapravo označava „donju granicu pesimizma“ u pogledu vrijednosti drugog faktora s desne strane jednadžbe, tj. biotehnološkog faktora ( $f_{bt}$ ), a do tog su iznosa spomenuti autori

došli jednostavnim izokretanjem jednadžbe, tj. prebacivanjem faktora  $f_{bt}$  na lijevu stranu jednadžbe ( $f_{bt} = A / N_{ast}$ ) (Sierra, 2016). Dakle, ako nam se ta vrijednost čini nerealistično mala (kao što se učinila samim autorima), onda imamo razloga vjerovati da evolucijski proces koji je doveo do razvitka inteligencije na Zemlji nije jedinstven i izniman u svemirskim razmjerima, tj. da je umnožak astrofizičkog i biotehnološkog faktora znatno veći od 1 (Frank, Sullivan, 2016: 4). Ovakvim pristupom Drakeovoj jednadžbi po prvi puta dobivamo mogućnost odrediti kvantitativnu i empirijski utemeljenu granicu toga što znači biti pesimističan u pogledu postojanja izvanzemaljskoga života, što nam pak pruža prilično bolju osnovu za određivanje vjerojatnosti pojave inteligentnog života na drugim planetima nego što je to bio slučaj s početnom inačicom koju nam je predstavio Francis Drake.

U početnim procjenama broja civilizacija sposobnih za međuzvezdanu komunikaciju iz 1960-ih i 1970-ih godina Francis Drake i Carl Sagan bili su veoma optimistični. Primjerice, Drake je procijenio da vrijednost  $N$  varira između 1000 i 100,000,000 civilizacija u našoj galaksiji, a najbliža bi, prema tadašnjoj procjeni, mogla biti udaljena od nas oko četrdeset svjetlosnih godina (Pearson, 2014: 1). Ward i Brownlee navode Saganovu procjenu iz 1974. godine prema kojoj bi samo naša galaksija mogla sadržavati oko milijun civilizacija (Ward, Brownlee, 2003: xviii). Budući da u to vrijeme još nije bio otkriven ni jedan jedini egzoplanet, procjena svih faktora jednadžbe zasnivala se na više ili manje *razumnim pretpostavkama*.

Iz procijenjenih vrijednosti pojedinih elemenata navedenih u Tablici 2 slijedi da svaki put kada se stvore uvjeti prikladni za nastanak života na nekom planetu ( $f_p$ ) nužno nastaje i inteligentan život ( $f_i$ ). Slično pretpostavlja i Ulmschneider (2006) koji je, doduše, još optimističniji u pogledu faktora  $f_c$  te pretpostavlja da svaki put kada evolucija proizvede inteligenciju, to dovodi do razvoja tehnologije koja će prije ili kasnije omogućiti međuzvezdanu komunikaciju. Štoviše, prema tablici koju navodi Ulmschneider (2006: 261), ispada da većina autora vjeruje u neku vrstu sljedećeg uzročno posljedičnog slijeda: život  $\rightarrow$  inteligencija  $\rightarrow$  tehnologija.

Drakeovi čimbenici	Prvotna procjena
Prosječna stopa stvaranja zvijezda	1/god.
Postotak takvih zvijezda s planetarnim sustavima	0,2 – 0,5
Prosječan broj planeta s okolišem pogodnim za nastanak života	1 – 5
Postotak planeta na kojima se razvio život	1
Postotak planeta na kojima se razvio inteligentan život	1
Postotak civilizacija koje su razvile tehnologiju za slanje međuzvezdanih poruka	0,1 – 0,2
Životni vijek tehnoloških civilizacija	$10^3 - 10^8$ godina
Broj civilizacija u galaksiji	Od 20 do $5 \times 10^7$

**Tablica 2: Početna procjena broja civilizacija u galaksiji (Pearson, 2014: 2).**

S obzirom na to da Drakeova jednadžba uzima u obzir sve što znamo iz do sada jedinog poznatog uzorka života, možemo li reći da ona pretpostavlja i evolucijski razvitak života sličan onome na Zemlji? Dodijelimo faktoru  $f_i$  vrijednost od 0,05, što znači da se od svih planeta koji imaju okoliš pogodan za nastanak života na pet posto njih u konačnici pojavljuje život. Faktoru  $f_i$  pridajmo vrijednost od 0,01, što znači da je evolucija dovela do inteligentnih oblika života na jedan posto planeta. Ovakvo razlikovanje u vrijednostima između faktora  $f_i$  i  $f_i$  možemo objasniti postojanjem *velikih filtera* – teško premostivih prepreka u razvoju životnih oblika – koji bitno usporavaju ili čak onemogućuju razvitak života. Međutim, čini se da barem neki planeti koji su zajedno sa svojim oblicima života uspjeli premostiti te prepreke u konačnici proizvode inteligentan život, što bismo mogli protumačiti time da je u formulaciji svoje jednadžbe Drake implicitno pretpostavio da je evolucija univerzalan kozmički proces. Kada bi samo jedan od tih faktora bio jednak nuli, tada bi i  $N$  iznosio nula. Bez obzira na to koliko niske vrijednosti postavili za  $f_i$ , izgleda da uvijek dolazimo do zaključka da život, koliko god rijetka bila njegova pojava u svemiru, naposljetku ipak proizvodi inteligenciju.

Spomenuli smo da je Fermijevo pitanje zapravo inherentno antropocentrično te da Drakeova jednadžba na neki način sažima naše znanje i naša očekivanja od inteligentnog izvanzemaljskog života. Ipak, zbog manjka empirijskih dokaza koji bi omogućili znanstveno utemeljenu procjenu vrijednosti pojedinih faktora jednadžbe, kao i zbog stupnja našeg znanja, svaki pokušaj uvrštavanja vrijednosti u jednadžbu u osnovi je antropocentričan. Navodi li nas činjenica da inteligentna izvanzemaljska bića nisu prisutna u našem vidokrugu na to da faktore  $f_i$ ,  $f_i$ ,  $f_c$  i  $L$  izjednačimo s nulom? Ne nužno, jer ustanovili smo da je inteligencija samo jedno od svojstava živih bića. Štoviše, Ward i Brownlee u svojoj knjizi pretpostavljaju da je život u

svemiru vrlo vjerojatno uobičajen na razini mikroba, dok je postojanje čak i najosnovnijih oblika životinjskog života iznimno rijetko. Nadalje, u svojem prikazu rasprave između Optimista i Pesimista Brin (1982) navodi da do neslaganja između pristalica dvaju tabora dolazi zbog razlike u procjeni vrijednosti navedenih faktora. Optimisti za kontrolirajući faktor jednadžbe uzimaju  $L$  jer pretpostavljaju da, u slučaju da je vrijednost tog faktora velika, možemo očekivati da postoji mnogo mjesta za spontano pojavljivanje života u svemiru. Ako je  $L$  izuzetno malen, tada je udaljenost između potencijalno nastanjenih mjesta zapravo ogromna. S druge strane, Pesimisti govore kako očigledna odsutnost izvanzemaljskog inteligentnog života dovodi do toga da je vrijednost  $N$  ekstremno niska. Shodno tome, predlagane su izuzetno niske vrijednosti poput  $10^{-18}$  za faktore  $f_i$  i  $f_b$ , što ih dovodi do zaključka da su ili život ili inteligencija, ili možda oboje, izuzetno malo vjerojatne pojave u svemiru. U konačnici, standardan oblik Drakeove jednadžbe odnosi se samo na potencijalna mjesta na kojima izvanzemaljski život može spontano nastati. Jednadžba, međutim, ne predviđa nikakvo potencijalno otkriće (Brin, 1982: 285).

Drakeova jednadžba pretpostavlja da ako je inteligentni život zaista rasprostranjen u svemiru, tada je vrlo vjerojatno da se najbliži njegov primjerak nalazi negdje u susjedstvu. Istodobno, to ne znači da je takav scenarij vjerojatniji uzmemo li u obzir nedostatak dokaza o postojanju izvanzemaljskog života, odnosno prilično izglednu mogućnost da je inteligentni život rijetka pojava u svemiru. U tom slučaju bi nam čak i najbliži njegov primjerak mogao biti izrazito daleko, a izgledi za njegov pronalazak vrlo niski.

### 3.3. Lukrecijev argument

U prvome poglavlju naveli smo kako rasprava o izvanzemaljskom životu seže još u doba antike te da su Plutarh i Lukrecije autori čija su pitanja potakla raspravu koja traje sve do danas. Vidjeli smo da je Plutarh na temelju četiri premise – da Zemlja nema posebno mjesto u svemiru, da izgled neba upućuje na inteligentno stvaranje („dizajn“), da je Mjesec dovoljno nalik Zemlji da podržava život i da je postojanje mjeseca svrhovito – izveo zaključak da postoji inteligentan život na Mjeseću. Budući da Plutarh pretpostavlja postojanje inteligentnog stvaratelja, postojanje Mjeseca i drugih nebeskih tijela ne bi imalo smisla ako bismo ostali uskraćeni za razvoj života na njima. Međutim, Plutarhov argument empirijski je opovrgnut jer imamo čvrste dokaze da život na Mjeseću ne postoji, a s velikom sigurnošću isto možemo tvrditi i za gotovo



sva nebeska tijela u Sunčevu sustavu, osim možda nekih mjeseca plinovitih divova, kao što su Jupitrova Europa te Saturnovi Enkelad i Titan.

Lukrecije je, poput Plutarha, također zaključivao da postoji život na drugim planetima osim Zemlje, no njegova argumentacija bila je drukčija. U svome djelu *De rerum natura* Lukrecije je prihvatio samo dvije od četiri Plutarhove premise: da Zemlja nema posebno mjesto u svemiru i da je Mjesec dovoljno nalik Zemlji da podržava život (White Beck, 1985: 4). Lukrecijev argument također počiva na omjeru velikih brojeva. Uzmemo li u obzir veličinu i starost svemira, Lukrecije tvrdi da ako postoji beskonačno mnogo prilika za ostvarivanje nekog događaja, događaj će se prije ili kasnije dogoditi koliko god vjerojatnost toga događaja bila blizu nuli. Na jednak način, ako je svemir beskonačan u prostoru i vremenu, nije li jednako neizbježno da će nasumični sudari atoma prije ili kasnije dovesti do pojave inteligentne vrste negdje drugdje u svemiru (Kukla, 2010: 15)? Drugim riječima, budući da u svemiru postoji beskonačna količina praznog prostora unutar kojeg dolazi do nasumičnih sudara atoma, na nekim će mjestima atomi formirati „nakupine materije“ od kojih će neke, prema Lukreciju, postati planeti. Neki od tako formiranih planeta imaju vlastito nebo, a nekima spontano, tj. prirodnim putem nastaju stvorenja koja mogu razviti i vlastite civilizacije (White Beck, 1985: 4).

Temeljne razlika između Lukrecijeve i Plutarhove spekulacije jest u tome što se Lukrecije u svojoj argumentaciji ne zaustavlja na Mjesecu, tvrdeći da mora postojati beskonačno mnogo svjetova koji dolaze u svim stupnjevima sličnosti i razlika. Budući da se njegov argument zasniva na beskonačnosti prostora i vremena te na nasumičnim sudarima atoma koji prije ili kasnije proizvode nove planete, slijedi da moraju postojati i planeti koji imaju svoje primjerke života od kojih su neki razvili vlastite civilizacije, bilo slične našima bilo različite. Za Lukrecija, dakle, ne postoji nikakva inteligentna kreacija („dizajn“); nebeska tijela ne postoje radi svojih stanovnika, već su ti stanovnici proizvod slučajnosti (White Beck, 1985: 4–5).

Lukrecijev argument ima svoju suvremenu inačicu – to su oni koji predstavljaju tabor Optimista u odgovoru na Fermijev paradoks. No, dok Lukrecijev argument podrazumijeva da je neistinitost teze prema kojoj ne postoje izvanzemaljski oblici života malo vjerojatna, suvremena inačica tog argumenta iz beskonačnosti svemira izvodi postojanje beskonačnog broja svjetova s izvanzemaljskim civilizacijama (Kukla, 2010: 15).

Prema Lewisu Whiteu Becku (White Beck, 1985) suvremeni Lukrecijev argument zasniva se na dvije pretpostavke od kojih je jedna astronomska, a druga biološka. Prema astronomskoj

pretpostavci, pojava i evolucija života na Zemlji nisu anomalija. To proizlazi iz daljnje pretpostavke da mnoštvo zvijezda u svemiru ima svoje planetarne sustave, a procijenjeni broj zvijezda u našoj galaksiji iznosi između 100 i 400 milijardi. Taj je broj dovoljno velik da se čak i malo vjerojatni događaji, kao što je pojava inteligentnog života, mogu višekratno ponoviti. S druge strane, biološka je pretpostavka da život spontano nastaje jednom kada se za to steknu povoljni uvjeti. Simulirajući uvjete koji su, kako se pretpostavljalo, vladali u počecima razvoja života na Zemlji, Miller-Ureyjev laboratorijski eksperiment potvrdio je da pod takvim uvjetima nastaju organske molekule potrebne za život, iako to ne znači da će se to nužno dogoditi. Kao što je to pretpostavio Lukrecije u svom argumentu, postoji visok stupanj vjerojatnosti da se u sličnim uvjetima sličan proces događa i drugdje u svemiru.

### **3.4. Prigovori Lukrecijevu argumentu i problem sinkronije**

Lukrecijeva tvrdnja čini se dobro utemeljenom: izvanzemaljski oblici života moraju postojati ako je svemir beskonačan i ako je vjerojatnost za njihovu pojavu veća od nule. Jednako tako, ako se uvjeti kakvi su omogućili nastanak života na Zemlji mogu pojaviti beskonačno mnogo puta u beskonačno velikom svemiru, pojava inteligentnog izvanzemaljskog života gotovo je izvjesna. No, kako znamo da zakoni svemira dopuštaju pojavljivanje inteligentnog izvanzemaljskog života? Optimisti polaze od jedinog poznatog slučaja inteligentnog života te, imajući u vidu veličinu svemira, zaključuju da vjerojatnost postojanja izvanzemaljske civilizacije nije jednaka nuli. Međutim, ključan problem s ovakvom argumentacijom, prema Kukli (2010, 8–9), jest taj što iz pojave nekog događaja logički ne slijedi to da će u uvjetima istih zakona prirode nužno doći do ponavljanja iste vrste događaja. Drugim riječima, pretpostavka da je svemir mjesto prema kojemu se sve odvija po utvrđenim zakonima ne povlači za sobom zaključak da ono što se jednom dogodilo (u smislu vrste događaja) može ponovno dogoditi.

Optimisti bi mogli odgovoriti da je prethodni uvjet, to da zakoni svemira dopuštaju pojavu inteligentnog života, osiguran samim našim postojanjem.<sup>4</sup> Sama činjenica da postoji jedan primjerak inteligentnog života, ovdje na Zemlji, osigurava to da je vjerojatnost pojavljivanja inteligentnog života drugdje u svemiru veća od nule. Ipak, izgleda kako ovaj odgovor previđa

---

<sup>4</sup> Takvo gledište opasno se približava gledištu koje se naziva *Antropko načelo* kojim ću se baviti u petom poglavlju. Odnos između Lukrecijeva gledišta i Antropskog načela nije sasvim jasan.

mogućnost da se neke vrste događaja, čak i u beskonačno velikom svemiru, dogode samo jednom, odnosno da je vjerojatnost *ponavljanja* nekih vrsta događaja zapravo ravna nuli (Kukla, 2010: 15).

Razmotrimo još jedan prigovor koji navodi White Beck (prema: Regis, 1985: 10–11). Pretpostavimo da je ipak moguće da su uvjeti koji su omogućili nastajanje i razvoj života na Zemlji, zbog beskonačnosti svemira, ipak negdje ostvareni. Tada nailazimo na *problem sinkronije*. Ako bi jednaki početni uvjeti za nastanak i razvoj života negdje drugdje doveli do pojave inteligencije, a onda i do tehnološki napredne civilizacije sposobne za međuzvezdanu komunikaciju, tada bi dvije civilizacije trebale postojati u isto vrijeme i biti na sličnom stupnju razvoja da bi mogle komunicirati. Postoje dva čimbenika koji mogu spriječiti ostvarenje tog scenarija: učestalost civilizacija u prostoru i učestalost civilizacija u vremenu. Pretpostavimo, u skladu s optimističnom hipotezom, da su oba uvjeta povoljna, tj. da se dvije civilizacije nalaze unutar dvije stotine svjetlosnih godina jedna od druge, dok ćemo za njihov životni vijek (Drakeov parametar  $L$ ) odrediti razdoblje od deset milijuna godina. Pretpostavimo, nadalje, da će obje civilizacije opstati kroz navedeni vremenski period i da će se njihove egzistencije barem dijelom vremenski preklapati, čime bi bio zadovoljen nužan uvjet za njihovu komunikaciju. Međutim, kao tehnološki razmjerno mlada civilizacija, trebali bismo očekivati da će potencijalna druga civilizacija s kojom nastojimo uspostaviti kontakt biti starija, tehnološki naprednija i sociološki stabilnija od nas. Osim toga, postoji još jedan otežavajući faktor međuzvezdane komunikacije: dugovječnost tehnologije višestruko je kraća od ukupne dugovječnosti civilizacije planeta.

Od više milijuna bioloških vrsta na Zemlji, samo je jedna uspjela doseći razinu inteligencije koja omogućuje tehnološki napredak. No, čak je i ta jedna vrsta započela ubrzani razvoj tehnologije tek razmjerno nedavno – prije nešto više od jednoga stoljeća. Zato je naše očekivanje da će izvanzemaljski oblici života razviti inteligenciju te prije ili kasnije stvoriti tehnologiju za međuzvezdanu komunikaciju neopravdano iz još jednog razloga. Naime, ako pretpostavimo da su razvijeni oblici života drugdje u svemiru sposobni za komunikaciju s nama, ta pretpostavka implicira vjerovanje da su takve civilizacije zapravo nalik upravo onoj *jednoj* civilizaciji od mnogih koje postoje ili su postojale na našem planetu (Mayr, 1985: 20). Osim toga, tom se pretpostavkom svojstva jedne vrste – one koja je na Zemlji razvila inteligenciju i tehnologiju – implicitno pripisuju drugoj, potencijalno inteligentnoj, izvanzemaljskoj vrsti. Kao što smo vidjeli, naša tehnološki razvijena civilizacija postoji samo djelić sekunde Univerzalne godine. Čak i ako istovremeno s našim postojanjem postoji još jedan oblik života sposoban na

komunikaciju s nama, istodobnost postojanja samo je jedan od brojnih uvjeta čije je zadovoljavanje potrebno za uspostavu takve komunikacije. Dakle, dosadašnje odsustvo komunikacije ne mora nužno potkopati Optimističko gledište. No, može li se to gledište braniti induktivnim argumentima – upravo to je tema sljedećeg poglavlja.

#### 4. Induktivni argumenti: Načelo prosječnosti

*Načelo prosječnosti (Mediocrity Principle)* još je jedan u nizu induktivnih argumenata kojima se pokušava odgovoriti na Fermijev paradoks. Kao i Lukrecijev argument, i to se načelo zasniva na pretpostavci o ogromnoj starosti svemira i velikom broju potencijalno nastanjivih mjesta u takvom svemiru, što znači da će se na njega prije pozvati Optimisti nego Pesimisti (tj. zagovornici Hipoteze jedinstvenosti).

Načelo prosječnosti govori nam da bismo, u odsustvu dokaza za suprotno, neki objekt ili događaj trebali smatrati uobičajenim ili prosječnim u odnosu na njihovu referentnu skupinu. Kada govorimo o položaju Zemlje u svemiru, odnosno o nastanku i razvoju života na njoj, tada bismo, prema Načelu prosječnosti, okruženje u kojemu se nalazi planet Zemlja trebali smatrati više ili manje tipičnim, dakle sličnim bilo kojem drugom okruženju u svemiru. Isto vrijedi i za događaje na Zemlji kao što su pojava i razvoj života. Drugim riječima, trebali bismo pretpostaviti da nema ništa neobično, posebno ili jedinstveno u pogledu postojanja Sunčeva sustava i našega planeta, a samim time i postojanja života na Zemlji (Kukla, 2010: 18). Isto vrijedi i za druga obilježja Zemlje: ako pretpostavimo da je ona u *svakom* pogledu prosječan planet, tada se ona ni po čemu ne razlikuje od većine drugih planeta u svemiru. Prema ovom načinu razmišljanja, čak niti to što se na Zemlji pojavio život, koji je u konačnici proizveo inteligenciju i tehnološki razvoj, nije nikakav jedinstven događaj ako uzmemo u obzir ono što se događa u planetarnim sustavima na široj prostornoj skali (npr. u našoj galaksiji), a pogotovo na razini cjelokupnog svemira. Stoga, ako smatramo ispravnim na slučaj Zemlje primijeniti Načelo prosječnosti, tada nemamo razloga misliti da je život na Zemlji iznimna, a pogotovo ne jedinstvena pojava u svemiru.

Načelo prosječnosti svoje podrijetlo nalazi u znanstvenoj revoluciji iz šesnaestog stoljeća. Naime, 1542. godine Nikola Kopernik je u svome djelu *De revolutionibus* izložio kritici geocentrični pogled na svijet prema kojemu je Zemlja smještena u centar svemira s planetima i Suncem u orbiti oko nje. U takvoj konstrukciji Zemaljska regija obuhvaća događaje kao što su život, smrt, rođenje, propast, dolazak i prolazak. Iznad Mjesečeve sfere, koja okružuje Zemaljsku regiju, jedina vidljiva promjena je kretanje u prostoru. Sve su stvari vječne i nepromjenjive, a sve su promjene prividne, tj. događaju se u ponavljajućim ciklusima. Dok je geocentrična teorija ograničila postojanje života na Zemlju (Crowe, Dowd, 2013: 4–5), kod Kopernika ne nalazimo takvo ograničenje, barem ne eksplicitno izraženo. Postavljanjem Sunca u centar svemira, Zemlja postaje slična do tada poznatim planetima u Sunčevu sustavu –

Merkuru, Veneri, Marsu, Jupiteru i Saturnu – a to znači da je izgubila svoj povlašteni status u odnosu na druge planete (Okasha, 2004: 3–4). Ako se zanemari povijesni kontekst njegova nastanka, tj. ako se njegova primjena ne ograniči samo na Sunčev sustav, kopernikansko se gledište može nazvati i *Kozmološkim načelom*.

Stoga Milan Ćirković (2009: 2–3) s pravom smatra da Kopernikanizam zapravo tvrdi isto što i Načelo prosječnosti – načelo prema kojemu nema ništa posebno u vezi sa Zemljom, Sunčevim sustavom i čitavom našom galaksijom, budući da su sve te nakupine materije građene od sastavnica koje možemo naći bilo gdje drugdje u svemiru. A to onda implicira da nema ništa posebno ni u pogledu nas kao promatrača, našeg položaja u prostoru i vremenu te našeg fizičkog, kemijskog ili biološkog sastava.

U kakvom je odnosu Načelo prosječnosti prema Fermijevom paradoksu? Čini se kako se Fermijeve pretpostavke i premise Načela prosječnosti podudaraju. Kao što je istaknuto, Fermijevo se pitanje temelji na omjeru „velikih brojeva“ te implicira da mnoge zvijezde imaju planete u svojoj orbiti od kojih su neki razvili život, a neki i tehnološki naprednu civilizaciju. S druge strane, Načelo prosječnosti također uzima u obzir omjer „velikih brojeva“ i sukladno je Fermijevim pretpostavkama, uključujući pretpostavku da su uvjeti za nastanak života podjednako prisutni na različitim mjestima u svemiru. Naime, ako je jedno od svojstava Zemlje pojava i evolucija života, tada vjerojatnost postojanja života drugdje u svemiru, prema Načelu prosječnosti, ne može biti jednaka nuli. Budući da se život pojavio u svemiru, treba ga smatrati uobičajenom pojavom. Dakle, budući da Fermijevo pitanje dobiva prizvuk „paradoksalnosti“ *samo ako* očekujemo da postoji život u svemiru, ono zapravo implicira Načelo prosječnosti, barem kada je u pitanju pojava i evolucija života na Zemlji.

Prema Kukli (2010: 18–19), Načelo prosječnosti počiva na sljedećoj pretpostavci: „ako je neka stvar slučajno izvučena iz jednog od nekoliko skupova ili kategorija, tada je vjerojatnije da dolazi iz najbrojnije kategorije, nego iz bilo koje od manje brojnih kategorija“. Ako tu pretpostavku primijenimo na naš slučaj, Zemlja pripada skupini <planeti na kojima postoji život>, dok s druge strane imamo skupinu <planeti na kojima ne postoji život>. Budući da je veća vjerojatnost da će nešto nastati iz brojnije kategorije nego iz one manje brojne (pod uvjetom da je sve ostalo isto), postavlja se pitanje koja je od dvije skupine brojnija. Prema načelu prosječnosti, to bi, *prima facie*, trebala biti skupina <planeti na kojima postoji život> jer bi prema tom načelu život trebao biti uobičajena pojava u svemiru. Međutim, kao što je dobro primijetio Kukla (2010: 19), Optimisti u ovom slučaju ne bi trebali tvrditi da je kategorija <planeti na kojima postoji život> brojnija od kategorije koja tvrdi suprotno jer je riječ o

„nejasnoj tvrdnji“ koja, ako je oprezno interpretiramo, zapravo glasi da ukupnost broja planeta koji sadrže život nije nezanemariva.

Dakle, prema Načelu prosječnosti, čak i ako prihvatimo nisku vjerojatnost toga da postoji inteligentan život u svemiru, najmanje vjerojatan scenarij jest da je naš slučaj *jedinstven*. Iako je u takvoj interpretaciji Načela inteligentan život u svemiru malo vjerojatna pojava, to ne znači da se povremeno ne događa, tj. da je Zemlja jedino mjesto u svemiru gdje se tako nešto dogodilo. U tom slučaju, i dalje vrijedi tvrdnja da nema ništa posebno u pogledu Sunčeva sustava, Zemlje i života na Zemlji – prosječnost u nekim slučajevima ne isključuje rijetkost.

#### 4.1. Što načelo prosječnosti zapravo tvrdi?

Poteškoća s kojom se suočavaju pristalice Načela prosječnosti, a onda i Optimisti u pogledu kontakta s izvanzemaljskim civilizacijama, proizlazi, naravno, iz činjenice da nam je poznat samo jedan jedini primjerak nastanka i evolucije života u svemiru. S obzirom na to da još uvijek nemamo nikakav dokaz postojanja izvanzemaljskoga života, a pogotovo ne njegova tehnološki razvijenog oblika, postavlja se pitanje kompatibilnosti te činjenice s Načelom prosječnosti. Mogu li nam u odgovoru na to pitanje pomoći procjene vjerojatnosti na temelju astronomski potvrđenih podataka? Sagan i Šklovski (1966: 358–359) još su 1960-ih godina pokušali procijeniti rasprostranjenost života na temelju ukupnog broja planeta u promotrivom svemiru (koji su procijenili na  $10^{22}$ ), a od njihova je pokušaja do danas bilo mnoštvo sličnih procjena. Budući da se ovdje ne možemo baviti pojedinačnim procjenama (niti je to potrebno), dovoljno je istaknuti da su Optimisti na neki način prisiljeni na sljedeći način razmišljanja: što je procijenjena vjerojatnost pojave izvanzemaljskog života manja, to bi trebala biti veća vjerojatnost da se na onim planetima na kojima se u posljednjih nekoliko milijuna godina pojavio život ujedno razvila inteligencija i tehnološki napredna civilizacija. Optimistične procjene faktora  $f_i$ ,  $f_c$  i  $L$  u Drakeovoj jednadžbi, o kojima je bilo riječi u prošlom poglavlju, upravo su primjer takvog rezoniranja.

Milan Ćirković (2009: 2–3) procjenjuje da se očekivano vrijeme za kolonizaciju galaksije nalazi u rasponu između  $10^6$  i  $10^9$  godina, što naziva Fermi-Hartovom vremenskom skalom. Nadalje, Lineweaverovi (Ćirković, 2009: 3) proračuni pokazuju da je formiranje planeta nalik Zemlji započelo prije više od devet milijardi godina, a njihova srednja dob  $\langle t \rangle = (6.4 \pm 0.7) \times 10^9$  godina, što je mnogo više od ukupne starosti Zemlje. Imajući u vidu

veličinu svemira, a pod uvjetom da su navedeni proračuni točni, ispada da su najstariji planeti, ali i oni mnogi potencijalno nastanjivi, *mnogo stariji od Zemlje*. Je li to kompatibilno s Načelom prosječnosti koje pretpostavlja da je život u svemiru uobičajena pojava? Optimisti, naravno, vjeruju da jest, unatoč odsustvu bilo kakvog dokaza o postojanju inteligentnog izvanzemaljskog života i unatoč činjenici da je (imajući u vidu upravo spomenute proračune) bilo dovoljno vremena da se takav oblik života razvije do faze visoke tehnologije i objavi dokaze o svom postojanju (npr. putem odašiljanja međuzvjezdanih signala putem radioodašiljača).

No, ako je Načelo prosječnosti istinito u pogledu rasprostranjenosti inteligentnog izvanzemaljskog života, odnosno ako je zaista tako da su mnogi oblici života u svemiru došli do visokog stupnja razvoja, možemo li očekivati da „status izvanzemaljskih biosfera starijih od Zemlje odražava budući status zemaljske biosfere“ (Ćirković, 2009: 5–6). Drugim riječima, možemo li očekivati daljnji napredak tehnologije i eventualnu kolonizaciju svemira ili pak neki kataklizmički scenarij? S aspekta Načela prosječnosti, odgovor na to pitanje ovisi o prosječnom ili tipičnom scenariju evolucije života – od faze sinteze odgovarajućih kemijskih spojeva do faze visoke tehnologije. Postoji li uopće takav scenarij? I može li se on konstruirati na temelju dosad poznatih činjenica? Jedan od načina da se to učini jest da se u dosadašnjem tijeku evolucije života na Zemlji identificiraju ključni tranzicijski događaji – tzv. „veliki filteri“ – i da se pokušava procijeniti njihova „težina“, tj. vjerojatnost njihova „svladavanja“, a onda i ponovljivost pojedinih faza evolucije u svemirskim razmjerima.

## **4.2. Veliki filteri**

U kontekstu rasprave o izvanzemaljskom inteligentnom životu *veliki filteri* označavaju prepreke za nastanak ili razvoj života. Velike filtere također definiramo kao jedan ili više izrazito malo vjerojatnih koraka u evolucijskom procesu čije je ostvarenje potrebno da bi neki planet nalik Zemlji razvio inteligentan život. Robin Hanson (1998: 4) u svom je članku predstavio velike filtere kao devet malo vjerojatnih koraka u procesu evolucije života:

1. pogodan zvjezdani sustav (koji dopušta potencijalno nastanjive planete i sintezu organskih spojeva);
2. reproduktivne molekule (npr. RNA);
3. jednostavan (prokariotski) jednostanični život;
4. složeni (eukariotski) jednostanični život;



5. spolno razmnožavanje;
6. višestanični život;
7. životinje s velikim mozgom sposobne za izradu oruđa;
8. aktualna faza razvoja tehnologije;
9. kolonizacijska eksplozija.

Prema hipotezi velikih filtera, vjerojatnost jednog ili više navedenih tranzicijskih događaja, ako je evolucijski niz potpun, izrazito je niska. Drugim riječima, nedostatak dokaza o postojanju izvanzemaljskog života upućuje nas na to da su neki navedeni evolucijski koraci izrazito malo vjerojatni. Inteligentni život možda zaista teško evoluiraju jer je neki od prvih koraka vrlo malo izgledan. Planet koji je uspio proći početne faze, tj. razviti primitivne životne oblike, tako može doživjeti masovno istrebljenje, npr. u obliku udara asteroida, na samom početku razvoja života. Prema Hansonu, ako je ostvarenje jednog od koraka u našoj evolucijskoj prošlosti malo vjerojatno, poput razvoja jednostaničnog života, tada ne bismo trebali očekivati postojanje bilo kakvog nezavisno razvijenog oblika života u krugu od nekoliko milijardi svjetlosnih godina od nas. S druge strane, ako se taj teško premostivi korak nalazi između našeg položaja danas i početka kolonizacije svemira, tada je vrlo izgledno da nikada nećemo doći do razine kolonizacije svemira jer nam nedostatak dokaza o naprednim izvanzemaljskim civilizacijama sugerira kako taj korak predstavlja veliki filter. Drugim riječima, prema tom načinu razmišljanja, da je posljednji korak ostvariv i da je inteligentni život u svemiru rasprostranjen, tada bi naša galaksija bila prepuna izvanzemaljskih kolonija (Hanson, 1998: 5).

Upravo navedena mogućnost trebala bi biti uznemirujuća za Optimiste. Činjenicu da nemamo dokaze postojanja drugih civilizacija, odnosno da je Fermijevo pitanje i dalje otvoreno, možemo objasniti tvrdnjom – na temelju teorije velikih filtera – da je vjerojatnost njihova pojavljivanja u budućnosti sve manja, tj. da je premošćivanje svake daljnje prepreke sve teže očekivati. Krajnja posljedica ovakvog gledišta bila bi ta da je naš budući razvoj u civilizaciju koja će prije ili kasnije kolonizirati svemir ili izrazito malo vjerojatan ili praktički nemoguć (Ćirković, 2009: 6).

Razmotrimo detaljnije scenarije velikih filtera. Nick Bostrom (2008: 3–4) nudi nekoliko kriterija pomoću kojih bismo mogli odgovoriti na pitanje je li neki veliki filter iza nas. Prema Bostromu, najraniji dokazi života na Zemlji konzistentni su s hipotezom da je sama pojava života malo vjerojatan splet okolnosti jer se odvijala nekoliko tisuća milijuna godina prema načelu pokušaja i pogrešaka. Upravo ovako dugačak vremenski period može biti veliki filter. Sljedeći kriterij koji možemo smatrati velikim filterom jest taj da je neki evolucijski korak malo

vjerojatan ako je bilo potrebno mnogo vremena za njegovo ostvarenje nakon što su jednom bili dostupni svi potrebni sastojci. Međutim, bez obzira na to gdje se u našoj evolucijskoj prošlosti nalazila prepreka koja se pokazuje nepremostivom na drugim planetima, ako je veliki filter iza nas, tada je odgovor na Fermijevo pitanje taj da je civilizacija na Zemlji vjerojatno jedina razvijena civilizacija u našoj galaksiji (Bostrom, 2008: 3).

S druge strane, ako se veliki filter nalazi ispred nas, tada se, prema Bostromu, možemo pozvati na mogućnost globalne kataklizme koja bi mogla uništiti većinu živih bića na drugim planetima i trajno onemogućiti daljnji razvoj života na njima. Da bi se neki događaj koji leži iza nas plauzibilno proglasio velikim filterom, on mora vrijediti jednako za sve potencijalne civilizacije u svemiru. Primjerice, izgledna prepreka između osmog i devetog koraka jest ta da sve napredne civilizacije dosegnu točku samouništenja razvojem tehnologije ili iscrpljivanjem energetske resursa matičnog planeta (Bostrom, 2008: 4–7). Ako taj način razmišljanja primijenimo na Fermijevo pitanje, mogli bismo zaključiti da niti jedna civilizacija ne uspijeva doći do stupnja razvoja kojim bi mogla kolonizirati svemir te upravo zato nemamo dokaze postojanja izvanzemaljskoga života.

Prema Bostromu (2008: 8), ako bismo pronašli dokaze postojanja života na Marsu u obliku fosila koji bi pripadali početnim koracima koje je ustanovio Hanson, to bi značilo da život i nije toliko rijetka pojava u svemiru. Naime, ako se nezavisno pojavio na dva *bliska* planeta, tada se sigurno pojavio i na mnogo drugih mjesta u svemiru. Štoviše, mogli bismo zaključiti da se veliki filter nalazi neposredno nakon početne faze razvoja života jer je tu fazu evolucija života na Zemlji već prošla. Međutim, ako bismo pronašli tragove neke zaista napredne civilizacije na Marsu, to bi značilo da se veliki filter nalazi negdje u našoj budućnosti te da je period postojanja i razvoja inteligentnih oblika života ograničen.

Kakve su posljedice primjene Bostromovih kriterija za Načelo prosječnosti? Što na temelju toga možemo zaključiti o rasprostranjenosti izvanzemaljskog života, a onda i djelovanja velikih filtera kao teško premostivih prepreka u procesu njegova evolucijskog razvoja? Ako je Načelo prosječnosti istinito, tada sudbina drugih planeta koji su razvili život nužno odražava i ono što nas očekuje u budućnosti. Naime, ako bi se veliki filter tipično nalazio između osmog i devetog koraka, to bi značilo da nikada nećemo doseći razinu kolonizacije svemira jer nam nedostatak dokaza o naprednim izvanzemaljskim civilizacijama upravo to sugerira. Upravo je ovo „zrcaljenje“ sudbine drugih, nekada možda nastanjenih planeta na sudbinu našeg planeta razlog Bostromova optimizma u pogledu naše budućnosti. Obrnuto rečeno: eventualni dokazi

postojanja života na Marsu ne bi bili dobra vijest za zemaljsku civilizaciju (Bostrom, 2007: 1–7).

Ako prihvatimo gledište prema kojemu je život u svemiru uobičajena pojava, tada postojanje velikih filtera pruža odgovor na Fermijev paradoks, budući da evolucija života tipično nailazi na mnoge nepremostive zapreke u svom razvojnem putu, tako da se čak i oni primjerci života koji se „probiju“ do faze inteligencije u konačnici ne uspijevaju proširiti svemirom. Dakle, ako je život u svemiru uobičajena pojava, tada nepostojanje dokaza pruža odgovor na Fermijev paradoks jer se prema takvom tumačenju veliki filter nalazi negdje između osmog i devetog koraka.

S druge strane, pretpostavimo li da je život u svemiru rijetka pojava, tada bismo mogli zaključiti da čak i oni rijetki primjerci života tipično ne uspijevaju proći prve prepreke na Hansonovoj skali. Ovakav zaključak dovodi nas do očekivanja da je inteligentni život na Zemlji zapravo jedini takav oblik života u čitavoj galaksiji i da se možda veći dio velikih filtera nalazi u našoj prošlosti.

Konačno, iz scenarija u kojemu su veliki filteri u našoj prošlosti slijedi da Načelo prosječnosti ima pogrešna očekivanja u pogledu uobičajenih ili prosječnih svojstava svemira. Ako su položaj Zemlje u Sunčevu sustavu, tj. fenomen habitabilne zone, te nastanak i razvoj života na njoj tipične pojave na razini cjelokupnog svemira, scenarij u kojemu se život teško probija do viših evolucijskih faza, a ako u tome i uspije, teško proizvodi inteligenciju i naprednu tehnologiju, tada pojava Zemlje zajedno sa svime što Načelo prosječnosti podrazumijeva, zapravo nije tipična, prosječna, uobičajena i česta pojava u svemiru – pojava koja je ponovljiva na mnogim drugim planetima. Shodno tome, uzmemo li u obzir Mayrove argumente, pojedine veličine u Drakeovoj jednadžbi, te očekivanja koja slijede iz Načela prosječnosti i Optimističkog gledišta, čini se da Optimisti uzimaju zdravo za gotovo slijed događaja u kojemu evolucija života prije ili kasnije proizvodi inteligenciju.

Vidjeli smo da je evolucija na Zemlji karakterizirana dugim procesom pokušaja i pogrešaka te da je samo jedna od više milijardi vrsta uspjela u razvoju inteligencije. Hipoteza velikih filtera, prema tome, uzima u obzir poteškoće ili prepreke koje se mogu pojaviti tijekom evolucije života, pri čemu nam evolucija života na Zemlji služi kao jedini mogući izvor spoznaja. Stoga su u Hipotezu velikih filtera ugrađene one najvažnije spoznaje o sastavu i položaju našeg planeta u Sunčevu sustavu te nastanku i evoluciji života na njemu, uključujući i tehnološku fazu te evolucije. Ako prihvatimo scenarij velikih filtera, onako kako se taj scenarij

odvio na Zemlji, onda imamo razloga zaključiti da je taj scenarij teško ponovljiv. Drugim riječima, ako bismo na nekom drugom planetu simulirali jednake uvjete kakvi su vladali na Zemlji prilikom nastanka života, i kad bismo mogli pokrenuti čitav niz događaja koji nazivamo evolucijom života na Zemlji, krajnji ishod tog procesa po svojoj prilici ne bi bio jednak onom na Zemlji. Taj zaključak, naravno, ima ozbiljne posljedice za naše razumijevanje Fermijeve paradoksa, odnosno na naš izbor odgovora na Fermijevo pitanje.

### 4.3. Kuklina kritika Načela prosječnosti

Kao što smo naveli, Načelo prosječnosti pretpostavlja da je kategorija <planeti na kojima postoji život> brojnija od kategorije <planeti na kojima ne postoji život>. Prema Kukli (2010: 20–22), takva probabilistička tvrdnja znači da, u svjetlu naše spoznaje da jedan jedini slučaj života u svemiru dolazi iz prve kategorije, postoji više načina da kategorija <planeti na kojima postoji život> bude brojnija od druge kategorije nego obratno.

Pretpostavimo da u našem zvjezdanom sustavu postoje tri naseljiva planeta kojima pripada i Zemlja. Nadalje, znamo da na Zemlji postoji život, ali nemamo dokaza o tome postoji li život na druga dva planeta. Ako je Načelo prosječnosti istinito na razini čitave galaksije, tada treba biti istinito i na razini našeg zvjezdanog sustava. Prema tome, naš bi planet bio barem malo više tipičan kada bi se za barem jedan od ostala dva planeta pokazalo da na njemu postoji život, nego da se za oba pokaže da su beživotni. Nazovimo ta dva planeta P i Q. Prema Kukli (2010: 20), za te se planete može pokazati ili da na njima postoji ili da na njima ne postoji život, iz čega pak slijede četiri mogućnosti: (1) i P i Q su beživotni; (2) i na P i na Q postoji život; (3) na P postoji život, a Q je beživotan; (4) na Q postoji život, a P je beživotan. Ako je (1) istinito, tada postoji samo jedan planet na kojem postoji život – Zemlja. Ako je (2) istinito, tada na sva tri planeta postoji život, tj. nijedan nije beživotan. Konačno, ako je (3) ili (4) istinito, postoje dva planeta na kojima postoji život. Dakle, u svim scenarijima, osim u prvom, kategorija <planeti na kojima postoji život> brojnija je od kategorije <planeti na kojima ne postoji život>, što znači imamo vjerojatnost od  $\frac{3}{4}$  u korist prve kategorije.

Kao što upozorava Kukla (2010: 21), ovakav zaključak ovisi o tome jesu li sva četiri scenarija podjednako vjerojatna, iz čega slijedi da navedena vjerojatnost zapravo proizlazi iz našeg nedostatka znanja o drugim planetima. Stoga, u nedostatku ikakvih razloga zbog kojih bismo jednu kategoriju smatrali vjerojatnijom od druge, sva četiri scenarija moramo smatrati

podjednako vjerojatnima. Takav način razmišljanja temelji se na Načelu neodređenosti koje, međutim, nije svima prihvatljivo. Naime, stanje epistemičke neodlučnosti između hipoteza A i B potpuno je kompatibilno s neodlučnošću između hipoteza A, B<sub>1</sub> i B<sub>2</sub>, gdje su B<sub>1</sub> i B<sub>2</sub> hipoteze koje detaljnije specificiraju *isto stanje stvari* koje je označava i hipoteza B, iako na općenitiji način. Prema Načelu neodređenosti, vjerojatnost stanja stvari A iznosila bi 1/2, kao rezultat *vaganja* između A i B; no vjerojatnost stanja stvari A istodobno iznosi i 1/3, kao rezultat *vaganja* između A, B<sub>1</sub> i B<sub>2</sub>. Da bismo jasnije uočili njegov prigovor, Kukla nas poziva da zamislimo situaciju u kojoj nemamo razloga na temelju kojeg bismo, primjerice, mogli odlučiti o tome postoje li bogovi i, ako postoje, koliko ih ima. Pretpostavimo da nismo sigurni koliko bogova postoji, ali smatramo da njihov broj iznosi između 0 i 9, tj. da smo sigurni da je broj bogova jednoznamenkast, ali da ne znamo koliko točno iznosi. Prema Načelu neodređenosti, nalazimo se u stanju epistemičke neodlučnosti između hipoteze prema kojoj nema bogova i hipoteze prema kojoj postoje bogovi. Stoga, vjerojatnost da nema bogova iznosi 1/2. No, budući da smo u stanju epistemičke neodlučnosti i u pogledu točnog broja bogova, ali vjerujemo da je taj broj između 0 i 9, ujedno smo u stanju epistemičke neodlučnosti u odnosu na deset hipoteza tipa „Postoji točno *n* bogova“, što znači da vjerojatnost hipoteze prema kojoj nema bogova iznosi 1/10, a to je proturječno.

Primijenimo sad istu argumentaciju na naše planete P i Q. Pretpostavili smo da smo potpuno neodlučni u pogledu toga posjeduju li planeti P i Q život. Iz toga je slijedilo da smo neodlučni između četiri gore navedena scenarija. Primjenjujući Načelo neodređenosti, dobivamo vjerojatnost od 3/4 za hipotezu da postoji više planeta koji su razvili život od hipoteze da postoji više planeta na kojima ne postoji život. Međutim, epistemička neodlučnost također podrazumijeva i to da smo neodlučni u pogledu hipoteze (1) da postoji život na drugim planetima i hipoteze (2) da ne postoji život na drugim planetima. Primjenjujući Načelo neodređenosti na ovakav raspon mogućnosti, slijedi da vjerojatnost hipoteze (1) iznosi 1/2. Međutim, vjerojatnost 1/2 za navedenu hipotezu jest zapravo identična prijašnjoj vjerojatnosti za koju smo ustanovili da iznosi 3/4. Prema tome, glavni problem s Načelom prosječnosti nije samo to što daje pogrešnu procjenu vjerojatnosti, već i to što ne omogućuje *nikakvu* procjenu.

## 5. Konceptualni argumenti: Antropsko načelo

Kako objasniti očitu činjenicu da u svemiru postoje inteligentna bića sposobna promatrati svemir? Suvremena fizika govori nam da postoje četiri fundamentalne sile: gravitacijska, elektromagnetska, slaba i jaka sila. Svaka od njih ima točno određenu vrijednost te da je bilo koja samo neznatno viša ili manja, život u svemiru ne bi bio moguć. Drugim riječima, njihove su vrijednosti upravo takve da omogućuju postojanje života. Od svih drugih mogućih načina *ugađanja* vrijednosti navedenih sila, gotovo da je isključivo njihov aktualni omjer takav da u konačnici dovodi do nastanka i razvoja života. Zato je teško oteti se dojmu da takav sklad četiriju fundamentalnih sila upućuje na *finu ugođenost* temeljnih zakona koji upravljaju procesima u svemiru. Osim toga, dodatna potpora ovom zaključku je fizikalna teorija prema kojoj su sve četiri fundamentalne sile u nekom trenutku povijesti svemira bile ujedinjene u jednoj sili. Zbog toga su suvremeni fizičari u potrazi za *unifikacijskom teorijom* koja bi sve četiri sile opisala jedinstvenom jednadžbom („Grand Unified Theory“, 2018).

Argument fine ugođenosti odnosi se upravo na činjenicu da je skup kozmoloških parametara ili fundamentalnih fizičkih konstanti točno takav da omogućuje život. Da su one barem malo drukčije, svemir bi bio lišen postojanja inteligentnog života. Prema Bostromu, u klasičnom modelu Velikog praska brzina širenja ranog svemira čini se fino ugođenom. Da je u tim prvim trenucima svemira brzina širenja bila za nijansu veća, svemir bi se prebrzo širio te galaksije ne bi nastale, a gustoća vodikova plina bila bi veoma niska te bi se previše raspršila tijekom vremena. U takvom svemiru život sasvim sigurno ne bi bio moguć. Jednako tako, mnogi drugi parametri izgledaju točno onakvima kakvi bi trebali biti da bi život u svemiru bio moguć: omjer elektronske i protonske mase, veličine jakosti sila, *glatkoća* ranoga svemira te razlika u masi između protona i neutrona (Bostrom, 2002: 1). Osim toga, ako bismo, primjerice, smanjili jačinu jake sile četiri puta, tada ne bi postojala niti jedna stabilna atomska jezgra, što bi onemogućilo formiranje zvijezda, a onda i njihovih planetarnih sustava. Slično tome, promijenimo li vrijednost kozmološke konstante deset puta, završit ćemo u svemiru potpuno drukčijem od ovog koji poznajemo (Webb, 2014: 58).

Imajući u vidu čitav raspon mogućih vrijednosti četiriju fundamentalnih sila, postojanje života tako se čini izuzetno malo vjerojatnim događajem. Zapravo, možemo reći da je život moguć samo unutar vrlo uskog raspona mogućnosti. Točnije, vjerojatnost da fundamentalne sile budu takve da život uopće bude moguć jednaka je  $1 : 10^{1240}$  (Berčić, 2012: 283). S obzirom na ovako nisku vjerojatnost toga da fundamentalne sile *uopće* budu u jedinom rasponu

vrijednosti koji omogućuje svemir u kojemu postoji život, samu pojavu života mogli bismo proglasiti nevjerojatnom slučajnošću.

Prema Leeju Smolinu (Webb, 2014: 58), vjerojatnost fine ugođenosti fundamentalnih sila iznosi  $1 : 10^{229}$ . Iako se taj podatak razlikuje od prethodno navedenog, to bitno ne umanjuje dojam o finoj ugođenosti. Štoviše, da bismo shvatili o koliko maloj vjerojatnosti je riječ, zamislimo da smo kupili jedan listić svemirske lutrije. Vjerojatnost dobitka na ovoj lutriji iznosi oko  $1 : 13\ 000\ 000$ . Da bi ova vjerojatnost bila usporediva s vjerojatnosti idealnog omjera četiriju fundamentalnih sila, pretpostavit ćemo da su organizatori lutrije izuzetno veliki škrtci. Prisjetimo se sada kalendara univerzalne godine. Naime, dobitak na ovoj zamišljenoj lutriji izvlači se jednom u sekundi *svake sekunde* od početka svemira (prije oko 13.8 milijardi godina) do danas, što znači da je do sada bilo oko  $10^{17}$  izvlačenja. Zamislimo, nadalje, da organizatori naše lutrije ne isplaćuju dobitak prilikom svakog izvlačenja, već samo prilikom *jednog* od izvlačenja, dok nakon svih ostalih izvlačenja zadržavaju dobitak. Prema tome, postoji samo jedna šansa, od stotinu milijuna milijardi, da će naš listić uopće doći u obzir za izvlačenje. A čak i ako uđe među povlaštene listiće, samo je jedna šansa u 13 milijuna slučajeva da će uopće biti izvučen. Toliko je niska mogućnost idealnog omjera četiriju fundamentalnih sila (Webb, 2014: 58). Pod ovakvim uvjetima, nepostojanje dokaza o izvanzemaljskim oblicima života ne čini se začuđujućim; ono bi zapravo trebalo biti potpuno očekivano.

Ipak, kako to da omjer četiriju fundamentalnih sila od svih drugih mogućih vrijednosti ima upravo onu koja u konačnici omogućuje postojanje života? Kako to da se aktualizirala toliko mala mogućnost? Postoji nekoliko strategija odgovaranja na ovo pitanje od kojih je *Antropsko načelo* najpoznatija.

Antropsko načelo filozofska je protuteža *Načelu prosječnosti* i na to se načelo često pozivaju Pesimisti u debati s Optimistima. Pesimisti tako ne vide ništa sporno u mogućnosti da je inteligentan život kakav je nastao na Zemlji vrlo rijetka, ako ne i iznimna pojava u svemiru. Prema tome, suprotno Načelu prosječnosti, antropsko gledište govori nam da je Zemlja, zajedno sa svim svojim svojstvima, a posebice zbog toga što na njoj postoji inteligentan život, ipak posebno mjesto u svemiru. Vidjeli smo da se Argument fine ugođenosti zasniva na pretpostavci izuzetno niske vjerojatnosti toga da fundamentalne sile budu upravo tako ugođene da bi život bio moguć. Budući da teorijski postoji beskonačno širok spektar svih drugih vrijednosti koje su navedene sile mogle poprimiti, činjenica da one posjeduju upravo vrijednosti koje mogu dovesti do nastanka života čini takvo „podešavanje“, a onda i samu pojavu života u svemiru, posljedicom ekstremno nevjerojatnog sklopa okolnosti.

Međutim, za zastupnike Antropskog načela upravo opisan sklop okolnosti ne mora biti ni čudan ni iznenađujući. Činjenica da su fundamentalne sile poprimile vrijednosti kakve su poprimile može se shvatiti upravo tako – kao činjenica koja ne zahtijeva nikakvo dodatno objašnjenje. Za takvu se činjenicu uvriježio naziv „brutalna činjenica“ (*brute fact*). S obzirom na to da u svemiru postoji mjesto na kojemu se razvio život, nema ničega iznenađujućeg u aktualnoj vrijednosti fundamentalnih sila – da nije tako mi, kao inteligentna bića, ne bismo bili u situaciji da o tome razmišljamo i tome se čudimo. Drugim riječima, samo naše postojanje osigurava to da navedene sile *ne mogu imati* nikakve druge vrijednosti osim onih koje život čine mogućim. Naše je postojanje jednostavno nespojivo s drukčijim vrijednostima fundamentalnih sila. Da su, unatoč tome, dotične vrijednosti ipak bile drukčije, *to* bi trebalo izazvati čuđenje.

### 5.1. Slabo antropsko načelo

Budući da prema Antropskom načelu postojanje života zapravo nije nikakav proizvod svemirske lutrije, „finu ugođenost“ svemira možemo tumačiti tako da po svemu sudeći postoji nekakva tijesna veza između postojanja života i vrijednosti četiriju fundamentalnih sila koje upravljaju evolucijom svemira (Coles, 2003: 128). Zašto su zakoni prirode tako *prijateljski* nastrojani prema postojanju života?

Prema Antropskom načelu, izgleda da život nije tek jedna moguća posljedica temeljnog ustrojstva svemira, već jedno od njegovih osnovnih svojstava (Dick, 2013 143). S obzirom na to da je život na Zemlji jedini poznati primjerak života u svemiru te da smo *mi* ta bića koja možemo promatrati, proučavati i objašnjavati svemir, jasno je zašto se načelo zove *antropskim*. Ono zapravo dovodi u vezu postojanje svemira i postojanje promatrača.

Antropsko načelo može se tumačiti na trivijalan i netrivialan način. Prema Tipleru i Barrowu (1990: 16), Slabo antropsko načelo govori nam da izuzetno malu vjerojatnost toga da vrijednosti fundamentalnih sila budu upravo takve kakve jesu trebamo upravo onako kako je naznačeno u zadnjem odlomku prethodnog odjeljka – isključivo kroz prizmu činjenice da su takve vrijednosti nužan uvjet za postojanje promatrača poput nas. Fizikalno rečeno, sam načina nastanka i širenja svemira tvori snažnu vezu između njegove ukupne veličine i gustoće materijala u njemu. Takva nam veza govori da samo *ogroman* svemir može sadržavati život. Prema tome, Slabo antropsko načelo zapravo tvrdi da „promotrive vrijednosti svih fizičkih i



kozmoških veličina nisu jednako vjerojatne, ali da su takve vrijednosti ograničene zahtjevom prema kojemu postoje mjesta gdje može evoluirati život na bazi ugljika te zahtjevom da je svemir dovoljno star da bi već razvio takav život“ (Tipler, Barrow, 1990 15–16). Drugim riječima, veličina svemira usko je povezana sa starošću svemira. Stoga, ako je svemir dovoljno velik, on je i ujedno i dovoljno star da osigurava dovoljno vremena za nastanak i razvoj inteligentnih bića. Dakle, Slabo antropsko načelo tek izražava trivijalnu i očiglednu činjenicu da drukčije vrijednosti četiriju fundamentalnih sila nikada ne bi dovele do tijeka događaja koji je doveo do pojave nas kao mislećih bića. Izraženo filozofskom teorijom vjerojatnosti, sve što Slabo antropsko načelo tvrdi jest da su ona svojstva svemira koja su podložna empirijskoj (opservacijskoj) provjeri zapravo *samoodabrana* činjenicom da moraju biti konzistentna s našom evolucijom i s našim postojanjem (Tipler, Barrow, 1990: 16).

## **5.2. Jako antropsko načelo: Hipoteza kreacije protiv Hipoteze multiverzuma**

Dok slaba verzija Antropskog načela vrijedi samo za svojstva našega svemira, poput starosti, gustoće ili temperature, *Jako antropsko načelo* govori o zakonima fizike i vrijednosti fizičkih konstanti. Prema Tipleru i Barrowu (1990: 21), *Jako antropsko načelo* tvrdi da „svemir mora imati takva svojstva koja dopuštaju nastanak života u nekom trenutku njegove povijesti“. Sukladno Argumentu fine ugođenosti, ovi zakoni veoma su precizno podešeni kako bi omogućili postojanje složene kemije koja pak osigurava uvjete za razvoj planetarne biosfere i, u konačnici, ljudskog života. Postoji nekoliko interpretacija jake verzije Antropskog načela.

Prva od njih je *Hipoteza svjesnog stvaranja (Design Hypothesis)* koja nam govori da je naš svemir proizvod svjesnog svrhovitog djelovanja („dizajna“). Prema zagovornicima te hipoteze, a suočeni s prethodno istaknutom malom vjerojatnošću podudaranja vrijednosti četiriju fundamentalnih sila, sve govori u prilog tome da u objašnjenje navedene činjenice, kao i u objašnjenje činjenice postojanja nas samih kao inteligentnih bića, jednostavno moramo uvesti inteligentnog stvaratelja. Prisjetimo se da je Plutarh postulirao postojanje inteligentnog stvaratelja jer je smatrao da postojanje Mjeseca i ostalih nebeskih tijela ima svrhu jedino ako na tim tijelima postoji život.

U pojedinim verzijama Antropskog načela fundamentalni zakoni fizike su takvi kakvi jesu zato jer moraju biti takvi da bi se u konačnici pojavio život. Iako bismo, suočeni s izuzetno malim vjerojatnostima, na prvi pogled ovakvo fino podešavanje temeljnih zakona pripisali

slučaju (koincidenciji), u nekim tumačenjima takav splet okolnosti nije plod slučaja. Prema takvom gledištu, postoji samo jedan mogući svemir koji je svjesno stvoren s ciljem stvaranja i održavanja inteligentnog promatrača (Tipler, Barrow, 1990: 22).

Druga interpretacija zapravo proizlazi iz nešto drukčijeg tumačenja fine podešenosti svemira te se razlikuje od Hipoteze stvaratelja. Takvo gledište naziva se *Hipotezom ansambla* (Bostrom, 2002: 2), a pretpostavlja da je promotrivi svemir samo mali dio sveukupne fizičke stvarnosti. U takvom tumačenju nije potrebno da sveukupna fizička stvarnost bude fino ugođena, već samo njezin mali dio. Drugim riječima, ako je sveukupna fizička stvarnost dovoljno velika i šarolika da može sadržavati i odgovarajući udio fino ugođenog svemira koji mi promatramo, tada se možemo pozvati na *seleksijski efekt promatranja* da bismo objasnili zašto nam se čini da je svemir koji promatramo fino ugođen. Prema ovom tumačenju, naš je svemir, zajedno sa svim opisanim svojstvima, počevši od idealnog omjera vrijednosti četiriju fundamentalnih sila pa do njegove veličine, starosti i – u konačnici – njegove kompatibilnosti s postojanjem života, *samo jedan od mnoštva svemira* u ukupnoj stvarnosti koju zovemo *multiverzum*. Naime, u skladu s upravo spomenutom Hipotezom ansambla, iako možda velika većina drugih svemira nije prikladna za evoluciju inteligentnog života, nema ničeg začuđujućeg u tome što se nalazimo u situaciji da promatramo upravo jedan od svemira koji je fino ugođen. Sama činjenica što postojimo upućuje na finu ugođenost *našeg* svemira. S druge strane, ako neki drugi svemiri, ili mnoštvo drugih svemira, nemaju svoje promatrače, to znači da nisu dovoljno fino ugođeni da bi proizveli život zajedno s inteligentnim promatračem. Stoga, za svakog potencijalnog promatrača u multiverzumu vrijedi da će upravo *njegov* svemir izgledati kao da je fino ugođen, ali to je samo zato jer zauzima malen i nereprezentativan dio sveukupne fizičke stvarnosti. Kada bi promatrači mogli vidjeti sveukupnu sliku multiverzuma, shvatili bi da nema ništa začuđujuće u finoj ugođenosti koju imaju prilike promatrati. Konačno, prema Hipotezi ansambla, mora postojati svemir koji sadrži promatrače, a s obzirom na to da ostali svemiri ne sadrže promatrače, fino ugođeni svemir upravo je ono što bi promatrači trebali promatrati s obzirom na postojanje ansambla svemira. Drugim riječima, multiverzum *kao cjelina* ne mora biti fino ugođen. U ovakvoj teorijskoj konstrukciji dostatno je to da je multiverzum kao cjelina dovoljno postojan da nikakva malena promjena u njegovim osnovnim parametrima ne bi ugrozila one njegove dijelove u kojima postoji inteligentan život (Bostrom, 2002: 2–3).

Naposljetku, mi smo mogli nastati samo u jednom od navedenih svemira, i to u onom koji je kompatibilan s razvojem organske kemije i njezinih funkcionalno složenih spojeva koje

nazivamo živima. Zamislimo li stvarnost koja se sastoji od ogromnog mnoštva svemira, ne bi trebalo biti ništa začuđujuće u činjenici da jedan svemir iz te sveukupne fizičke stvarnosti ima fundamentalne zakone koji su *prijateljski* naklonjeni prema nastanku i razvoju života.

### 5.3. Ostala objašnjenja

Ono na što se trebamo usredotočiti u interpretaciji Antropskog načela jest *što ovisi o čemu*: naše postojanje o fundamentalnim fizikalnim zakonima ili fundamentalni fizikalni zakoni o našem postojanju? Smatramo da je antropsko načelo u svojoj *jakoj* verziji teško održivo jer je njegova glavna tvrdnja – da se inteligentni promatrači prije ili kasnije moraju pojaviti u svemiru – duboko kontroverzna. Takvo tumačenje zapravo implicira to da fundamentalni fizikalni zakoni ovise o našem postojanju jer je naš dolazak na kozmičku scenu ono što je od samog početka predodredilo da njihove vrijednosti budu točno takve kakve jesu, od svih drugih mogućih vrijednosti u nekom – praktički ili teorijski – beskonačnom rasponu vrijednosti. Jednostavno, teško je braniti tvrdnju da temeljni fizikalni zakoni ovise o našem postojanju (Berčić, 2012: 285).

Slaba verzija Antropskog načela počiva na procjeni vjerojatnosti toga da četiri fundamentalne fizičke sile imaju upravo takve vrijednosti kakve omogućuju nastanak i razvoj života. Ovdje se ne radi o tome što o čemu ovisi, već koliko je toga potrebno objašnjavati. Ima li smisla govoriti o vjerojatnostima *nakon* što se čitav niz događaja već odvio? Drugim riječima, sada kada je postojanje inteligentnog života na Zemlji ostvareno, raspon mogućnosti više se ne kreće između 0 i 1, već iznosi upravo 1, budući da mi postojimo. Za Berčića (2012: 285), nakon što smo jednom počeli postojati, naše postojanje više nije nekakva nepoznata činjenica koja traži objašnjenje toga zašto su i kako temeljni fizikalni zakoni tako podešeni. Svoju interpretaciju Berčić ilustrira primjerom (navodno preuzetim od Bertranda Russella). Zamislimo da se vozimo autocestom te zapišemo registraciju auta koji se kreće ispred nas. Nakon što se vratimo kući izračunamo kolika je bila vjerojatnost da se upravo taj auto, s tom registracijom i u tom trenutku nađe ispred nas. Vjerojatnost će sasvim sigurno biti astronomski niska, tako da će se događaj činiti koincidencijom na razini čuda. Međutim, jasno je da u tome nema nikakva čuda. Besmisleno je govoriti o vjerojatnostima nakon što se događaj već dogodio. Čini se da i Argument fine ugođenosti počiva na sličnoj pogrešci. Vjerojatnost da fundamentalne sile imaju upravo onakve vrijednosti kakve omogućuju pojavu života *zaista* je

bila astronomski niska, no to se dogodilo i u takvom tumačenju to je aspekt koji ne treba objašnjavati (Berić, 2012: 286–287).

Konačno, što nam Antropsko načelo govori o postojanju drugih izvanzemaljskih civilizacija? Vidjeli smo da je Antropsko načelo svojevrsna filozofska protuteža Načelu prosječnosti. Jednako tako, vidjeli smo i to da Načelo prosječnosti, unatoč tome što naoko objašnjava distribuciju događaja na razini svemira, ipak ne uspijeva objasniti nedostatak dokaza o drugim izvanzemaljskim bićima, a čak i kada bi u tome i uspjelo, čini se da nas upravo nedostatak dokaza o njihovom postojanju vodi do lošeg scenarija u budućnosti ako smo Optimisti. Štoviše, Načelo prosječnosti, čak i kad bi bilo razloga da ga se prihvati, pokazalo se nedostatnim sredstvom za određivanje vjerojatnosti postojanja života izvan Zemlje. S druge strane, zagovornici Antropskog načela ne vide ništa sporno u tome da je život na Zemlji poseban te po svoj prilici jedinstven. S aspekta vjerojatnosti i slučajnosti, plauzibilan odgovor na Fermijevo pitanje *Gdje su svi?* mogao bi stoga glasiti: život u svemiru općenito je rijetka pojava, a inteligentan život razvio se samo na Zemlji. Implikacija tog objašnjenja jest da je Zemlja anomalija, tj. „posebno“ mjesto u svemiru – naravno, posebno samo iz perspektive nas kao promatrača.

## Zaključak

Cilj ovog rada bio je razmotriti različite argumente pesimističkog i optimističkog gledišta na Fermijevo pitanje *Gdje su svi?*. Koji je, dakle, prihvatljiviji odgovor na to pitanje? Kao što smo nastojali pokazati, samo pitanje izaziva dojam zagonetnosti i „paradoksalnosti“ samo kod onih koji očekuju da je život u svemiru rasprostranjena pojava. Smatramo da je u kontekstu debate između *Optimista* i *Pesimista*, kako smo na početku definirali ta stajališta, teret dokazivanja pada na Optimiste jer upravo oni polaze od pretpostavke o postojanju inteligentnog života na drugim planetima kao od neke vrste nulte hipoteze. U drugom poglavlju naveli smo neke empirijske argumente u prilog gledišta da je život u svemiru moguć, čak i očekivan, ali tek u obliku mikroba ili drugih primitivnih organizama. To je gledište, naravno, oprečno onom Optimista koji pretpostavljaju da inteligentan život evoluirao svaki put kada za to dobije priliku.

S druge strane, evolucijski argumenti Ensta Mayra i Jareda Diamonda, koje smo izložili u drugom poglavlju, pokazuju da postoje dodatni razlozi za skepsu u pogledu izgleda za postojanje inteligentnog života u svemiru. Jared Diamond svoju skepsu potkrepljuje argumentom prema kojemu ni fenomen konvergentne evolucije ne daje zadovoljavajući odgovor na pitanje nastanka inteligentnog izvanzemaljskog života, budući da kompleksna svojstva – poput svojstva nazvanog „paket djetlića“ – koja organizam savršeno prilagođavaju okolišnim uvjetima, nisu nezavisno evoluirala u drugim filetičkim linijama. Dakle, s obzirom na činjenicu da takva svojstva nisu česta među vrstama na Zemlji, teško je očekivati da bi evolucija na drugim planetima proizvela kompleksna svojstva koja imaju *manji* utjecaj na opstanak vrste od „paketa djetlića“ – npr. svojstava koja bi nekoj skupini živih bića omogućila izgradnju uređaja za međuzvezdanu komunikaciju, kao što su to omogućila nama. Dakle, po svoj prilici inteligencija teško evoluirala, a *Argument djetlića* uvjerljivo pokazuje zašto su očekivanja da će neki drugi oblik života u svemiru biti inteligentan i tehnološki napredan suviše optimistična. Prema tome, kao što smo zaključili u drugom poglavlju, već je samo Fermijevo pitanje, shvaćeno onako kako ga tipično shvaćaju pristalice optimističkog tabora, implicitno opterećeno *antropocentričnim* očekivanjem u odnosu na mogućnost postojanja izvanzemaljskog inteligentnog života.

Nadalje, uzmemo li u obzir ogroman broj okolnosti koje se trebaju podudariti da bi se na nekom planetu stvorili nužni uvjeti za nastanak i razvoj života, postaje jasnije koliko je neutemeljeno očekivati da neki oblik života u svemiru bude sličan *jedinoj* vrsti koja je svojom inteligencijom producirala sofisticiranu tehnologiju, što zapravo i leži u pozadini Fermijeve

pitanja. Osim toga, čak i kada bismo ostavili otvorenu mogućnost za vjerovanje da je inteligentni život na drugim mjestima u svemiru u određenoj mjeri sličan ovom na Zemlji, čini se da *problem sinkronije* sprječava provjeru te mogućnosti, tj. pronalaženje dokaza o postojanju inteligentnog života u svemiru. Naime, nužan uvjet za takvu provjeru bio bi da barem dva primjerka inteligentnog života budu dovoljno *blizu* jedan drugome u prostoru i vremenu (točnije, prostor-vremenu), što samo po sebi ne jamči će se komunikacija između tih primjeraka doista i uspostaviti.

Je li dovoljno pozivati se na veličinu svemira i ogroman broj potencijalno nastanjivih planeta da bismo zaključili na postojanje barem još jedne inteligentne izvanzemaljske civilizacije? Prema *Načelu prosječnosti*, koje smo razmatrali u četvrtom poglavlju, sve dok vjerojatnost postojanja inteligentnog života negdje drugdje u svemiru nije jednaka nuli, u *beskonačnom* svemiru život će biti uobičajena pojava. No, kao što smo ustanovili, oni kojima je *Načelo prosječnosti* prihvatljivo moraju uzeti u obzir sve što iz tog načela slijedi, kako za naš planet tako i za ostatak svemira, uključujući predviđanja o posljedicama tehnološkog razvoja. No, čak i ako pretpostavimo *istinitost Načela prosječnosti*, dakle tvrdnju da je Zemlja *tipično* mjesto i da je stoga život, poput ovog na Zemlji, rasprostranjen u svemiru, svemir i dalje ostaje nijem na sve naše pokušaje da u njemu pronađemo tragove života, što optimističko gledište čini neuvjerljivim. No, to nije jedini razlog za odbacivanje Načela prosječnosti. Kada to načelo razmotrimo u svjetlu *Hipoteze velikih filtera*, ustvrdit ćemo da nam ono ne daje razloge za optimizam ni u pogledu pronalaska izvanzemaljskog života *u budućnosti*, nakon što usavršimo tehnologiju pretrage. Naime, čini se, a to je u skladu s određenom interpretacijom Hipoteze velikih filtera na koju smo se pozvali, da je naš daljnji evolucijski razvoj prema fazi tehnološke civilizacije koja će kolonizirati svemir i komunicirati s drugim civilizacijama „Galaktičkog kluba“ ili izrazito malo vjerojatan ili praktički nemoguć. Osim toga, ako Načelo prosječnosti sučelimo s Hipotezom velikih filtera, izgleda da nam to načelo daje potpuno pogrešan opis svemira. U najboljem slučaju, ono daje točan opis samo u smislu da je Zemlja tek jedan od mnoštva *sličnih* planeta u našoj galaksiji. Odsustvo dokaza o postojanju izvanzemaljskih civilizacija govori nam da Načelo prosječnosti implicira pogrešna očekivanja o tome što je prosječan planet i kakvi uvjeti na njemu vladaju, tj. kakav oblik života, ako ikakav, podržava. Prema tome, Zemlju, zajedno s njezinom bio- i tehnosferom, nipošto ne možemo smatrati tipičnim planetom – ili barem nam to sugerira *velika tišina* svemira.

Jesmo li, naposljetku, barem malo bliže pružanju odgovora na Fermijevo pitanje? Ako inteligentni život u svemiru nije rasprostranjena pojava, tada je jedini poznati njegov primjerak

– ovaj zemaljski – jedan od rijetkih, ako ne i prvi takav slučaj. Čini se da nas Fermijev paradoks nakon početnog optimizma vodi prema zaključku da smo ipak sami u svemiru i da s odmakom vremena izgledi za pronalazak izvanzemaljskog života postaju sve manji. Takav zaključak potvrđuje i rasprava, izložena u petom poglavlju o *Antropskom načelu*, točnije o antropskim načelima. Iako postoje autori koji argumentirano brane *jaku inačicu* Antropskog načela – zamisao da  *fina ugođenost* svemira, odnosno vrijednosti fundamentalnih zakona koji njime upravljaju, upućuje na  *inteligentnog stvaratelja*, ipak ne postoje dobri razlozi da se u interpretaciji spomenutog načela ide dalje od njegove *slabe inačice* – zamisli da *finu ugođenost* svemira jednostavno treba prihvatiti kao temeljnu činjenicu koja je *nužno* kompatibilna s našim postojanjem i koja stoga ne zahtijeva nikakvo posebno objašnjenje. No, čak i za one kojima je takvo „objašnjenje bez objašnjenja“ neprihvatljivo, ostaje *Hipoteza ansambla svemira* koja, kao što smo pokazali u posljednjem dijelu rada, nudi rješenje zagonetke *fine ugođenosti* unutar naturalističkog okvira.

Ipak, ostaje pitanje otvara li rješenje koje nudi Hipoteza ansambla prostor za postojanje drugih izvanzemaljskih civilizacija? Ako je hipoteza istinita, tada je naš svemir, za razliku od svih drugih svemira u *multiverzumu*, gostoljubiv prema životu, a to bi išlo na ruku Optimistima koji bi mogli argumentirati na sljedeći način: bez obzira koliko malen „prostor vjerojatnosti“ zauzimali idealno podešeni fundamentalni fizički zakoni, s obzirom na ogromnu veličinu multiverzuma to otvara mogućnost da je i taj minijaturni „prostor“ dovoljno velik da život na Zemlji nije jedini takav primjerak u svemiru. Bez obzira na (ne)plauzibilnost navedene tvrdnje, mogli bismo jednostavno odgovoriti da čak i ovaj svemir, koji se pokazao *gostoljubivim* prema životu, nije iznjedrio ni jedan drugi primjerak života osim onog zemaljskog. Ovakvo razmišljanje slično je Mayrovoj argumentaciji koju smo izložili u drugom poglavlju, a koja govori o evoluciji inteligencije na Zemlji. Čak i na planetu koji je gostoljubiv prema životu, inteligencija, uzeta u njezinom proširenom značenju, utjelovljena je samo u jednoj jedinoj vrsti, a čak je i ta jedna vrsta uspjela u punoj mjeri realizirati to svojstvo tek *nedavno*, nakon vrlo dugog i vrlo vijugavog razvojnog puta.

Dakle, kad bismo veličinu i starost svemira te brojnost planetarnih sustava u njemu usporedili s velikim brojem vrsta na Zemlji, čini se da i u jednom i u drugom slučaju samo prividno imamo razloga za čuđenje. U scenariju multiverzuma (koji je za sada tek filozofska spekulacija), čak i u onom svemiru koji je gostoljubiv prema životu, taj život, po svemu sudeći, teško evoluirao do faze inteligencije. Dakle, i argument multiverzuma zapravo govori u prilog početnoj tvrdnji o antropocentričnoj naravi Fermijeva paradoksa, čija „paradoksalnost“ nestaje

ako naše početno pitanje – *Gdje su svi?* – promotrimo iz realne perspektive. A to je perspektiva onih koje smo nazvali pesimistima u pogledu kontakta s izvanzemaljskim civilizacijama.



## Literatura

1. Berčić, B. (2012.) *Filozofija*, 2. svezak, Zagreb: Ibis grafika.
2. Blanchard, T. P., Fraknoi, A. (2010.) „Cosmic Calendar“, Astronomical Society of the Pacific, [https://astrosociety.org/edu/astro/act2/H2\\_Cosmic\\_Calendar.pdf](https://astrosociety.org/edu/astro/act2/H2_Cosmic_Calendar.pdf) (pristup: 3. lipnja 2018).
3. Bostrom, N. (2002.) „Fine-Tuning Arguments In Cosmology“, New Haven, <https://www.anthropic-principle.com/preprints/fin/Fine-Tuning%20Arguments%20in%20Cosmology.doc> (zadnja izmjena: 3. lipnja 2018).
4. Bostrom, N. (2007) „In the Great Silence there is Great Hope“, Nick Bostrom – osobna internetska stranica, <https://nickbostrom.com/papers/fermi.pdf> (pristup: 3. lipnja 2018).
5. Bostrom, N. (2008) „Where Are They? Why I Hope The Search For Extraterrestrial Life Finds Nothing“, *MIT Technology Review*, 22. travnja 2008, <https://www.technologyreview.com/s/409936/where-are-they/> (pristup: 3. lipnja 2018).
6. Brin, G. D. (1982) „The „Great Silence“: the Controversy Concerning Extraterrestrial Intelligent Life“, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, vol. 24 (3), str. 283–309.
7. Coles, P. (2003) *Kozmologija*, prev. M. Babić, Sarajevo: TKD Šahinpašić.
8. Crowe, M. J., Dowd M. F. (2013) „The Extraterrestrial Life Debate from Antiquity to 1900“, u: Vakoch, D. A. (ur.) *Astrobiology, History, and Society, Advances in Astrobiology and Biogeophysics*, Berlin–Heidelberg: Springer, str. 1–56.
9. Ćirković, M. (2009) „Fermi's Paradox – The Last Challenge for Copernicanism?“, *Serbian Astronomical Journal*, vol. 178, str. 1–20.
10. Dawkins, R. (2010) „Richard Dawkins Answers Reddit Questions“, Richard Dawkins Foundation for Reason & Science, 14. studeni 2010., <https://www.youtube.com/watch?v=vueDC69jRjE&t=760s> (pristup: 3. veljače 2018.).
11. Diamond J. (1982) „Alone in a Crowded Universe“, u: Zuckerman, B., Hart, M. H. (ur.) *Extraterrestrials: Where are They?*, Cambridge–New York: Cambridge University Press, 2. izdanje, str. 157–164.
12. Dick, S. J. (2013) „The Twentieth Century History of the Extraterrestrial Life Debate: Major Themes and Lessons Learned“, u: Vakoch, D. A. (ur.) *Astrobiology, History, and Society, Advances in Astrobiology and Biogeophysics*, Berlin–Heidelberg: Springer, str. 133–173.
13. „Exoplanet“ (2018) *Wikipedia: The Free Encyclopedia*, Wikimedia Foundation, Inc., <https://en.wikipedia.org/wiki/Exoplanet> (zadnja izmjena: 30. svibnja 2018.).
14. Frank, A., Sullivan, W.T. (2016) „A New Empirical Constraint on the Prevalence of Technological Species in the Universe“, *Astrobiology*, vol. 16 (5), str. 359–362.
15. „Grand Unified Theory“ (2018) *Wikipedia: The Free Encyclopedia*, Wikimedia Foundation, Inc., [https://en.wikipedia.org/wiki/Grand\\_Unified\\_Theory](https://en.wikipedia.org/wiki/Grand_Unified_Theory) (zadnja izmjena: 11. travnja 2018.).

16. Hanson, R. (1998) „The Great Filter – Are We Almost Past It?“, *George Mason University*, internetska stranica, 15. rujan 1998., <http://mason.gmu.edu/~rhanson/greatfilter.html> (pristup: 3. lipnja 2018).
17. Hart, M. H. (1982) „An Explanation for the Absence of Extraterrestrials on Earth“, u: Zuckerman, B., Hart, M. H. (ur.) *Extraterrestrials: Where are They?*, 2. izdanje, Cambridge–New York: Cambridge University Press, str. 1–8.
18. Horgan, J. (2014) *Kraj znanosti*, prev. R. Rusan, Zagreb: Jesenski i Turk.
19. Kukla, A. (2010) *Extraterrestrials: A Philosophical Perspective*, New York–Toronto–Plymouth: Lexington Books.
20. Langhoff, S., Pilcher, C., Laughlin, G., Tarter, J., Shostak, S. (2007) *Workshop Report on the Future of Intelligence In The Cosmos*, University of California at Santa Cruz, Moffett Field., str. 1–31.
21. Mayr, E. (1985) „The Probability of Extraterrestrial Intelligent Life“, u: Regis E. Jr. (ur) *Extraterrestrials, Science and Alien Intelligence*, 2. izdanje, London, New York, New Rochelle: Cambridge University Press, str. 279–285.
22. NASA Exoplanet Archive (2018) <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/> (pristup: 5. veljače 2018.).
23. Okasha, S. (2004) *Filozofija nauke*, prev. V. Hreljić, Sarajevo: TKD Šahinpašić.
24. Pearson, J. (2014) „Exoplanet Discoveries and the Fermi Paradox“, 65th International Astronautical Congress, Toronto, Star Technology and Research, [http://www.star-tech-inc.com/papers/Exoplanet Discoveries and the Fermi Paradox Paper.pdf](http://www.star-tech-inc.com/papers/Exoplanet_Discoveries_and_the_Fermi_Paradox_Paper.pdf) (pristup: 3. lipnja 2018.).
25. Sagan, C. (1985) *Kozmos*, prev. D. Mikuličić, V. Ruždjak, 2. izdanje, Opatija: Otokar Keršovani.
26. Sagan, C. (2002) *Plava točka u beskrajju: budućnost čovjeka u svemiru*, prev. D. Lovrić, Zagreb: Sveučilišna knjižara.
27. Sagan, C., Shklovskii, I. S. (1966) *Intelligent Life In The Universe*, San Francisco–London–Amsterdam: Holden-Day.
28. Sierra, L. (2016) „Are We Alone? Setting some limits to our uniqueness“, University of Rochester, internetska stranica, 26. travnja 2016, <https://www.rochester.edu/news/are-we-alone-in-the-universe/> (pristup: 3. lipnja 2018).
29. Smart, J. M. (2002) „Answering the Fermi Paradox: Exploring the Mechanisms of Universal Transcension“, *Journal of Evolution and Technology (JET)*, lipanj 2002. str. 55–68., <http://accelerating.org/articles/Smart%20-%202002%20-%20AnsweringFermiParadoxTranscensionHyp-JET.pdf> (pristup: 3. lipnja 2018.).
30. Tipler, F. J. (1979) „Extraterrestrial Intelligent Beings do not Exist“, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, vol. 21, 21. rujan 1980., str. 267–281.
31. Tipler, F. J., Barrow, J. D. (1990) *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford, New York: Oxford University Press.

32. Ulmschneider, P. (2006) *Intelligent Life in the Universe. Principles and Requirements Behind Its Emergence*, 2. izdanje, Heidelberg: Springer.
33. Vakoch, D. A., Dowd, M. F. (2015) *The Drake Equation*, Cambridge: Cambridge University Press.
34. Vallstrom D. (2018) „Ethical Progression: How to Live, What Advanced Civilizations and AI's Are Like, Why We Don't See Them, and What to Send Them“, svibanj 2018., str. 1–12.
35. Ward, P. D., Brownlee, D. (2003) *Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe*, New York: Copernicus Books.
36. Watzlawick, P. (1977) *Koliko je stvarno stvarno? Pometnja, dezinformacija, komunikacija. Jedan anegdotski uvod u teoriju komunikacije*, Beograd: Nolit.
37. Webb, S. (2014) *Ako u svemiru nismo sami, gdje su vanzemaljci? 50 rješenja Fermijevog paradoksa i problema vanzemaljskog života*, prev. D. Smiljanić, Zagreb: Jesenski i Turk.
38. White Beck, L. (1985) „Extraterrestrial Intelligent Life“, u: E. Regis Jr. (ur.) *Extraterrestrials, Science and Alien Intelligence*, 2. izdanje, London, New York, New Rochelle: Cambridge University Press, str. 3–18.
39. Williams, M (2017) „10 Interesting Things About The Milky Way“, *Universe Today*, internetski portal, 19. rujna 2017., <https://www.universetoday.com/22285/facts-about-the-milky-way/> (pristup: 3. lipnja 2018.).