

Kako znanstvenici objašnjavaju svijet: mehanicističko objašnjenje

Balorda, Vito

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:186:910246>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-05**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences - FHSSRI Repository](#)



Sveučilište u Rijeci
Filozofski fakultet u Rijeci
Odsjek za filozofiju
Rijeka

Kako znanstvenici objašnjavaju svijet: mehanicističko objašnjenje

Mentor: dr. sc. Predrag Šustar, izv. prof.

Student: Vito Balorda

Filozofija/Povijest

2. godina diplomskog studija

Rijeka,

15. lipnja 2018.

Sadržaj

Sažetak	3
Abstract	4
Uvod	5
I. Teorija pokrića zakona (<i>Covering Law Account</i>)	8
I. 1. Deduktivno-nomološki model.....	9
I. 2. Induktivno-statistički model.....	11
I. 3. Prigovori modelima.....	12
II. Uzročno-mehanička teorija.....	15
II. 1. Stari mehanicisti	16
II. 2. Novi mehanicisti.....	20
II. 2. 1. Kratka povijest mehanizama.....	20
II. 2. 2. Strojevi i/ili mehanizmi?.....	21
II. 2. 3. Što su mehanizmi?.....	22
II. 2. 4. Entiteti i aktivnosti u mehanizmima	24
II. 2. 5. Početni ili osnovni uvjeti i završno stanje.....	25
II. 2. 6. Pravilnost (<i>regularity</i>) mehanizama	26
II. 2. 7. Više i niže razine mehanizama	26
II. 2. 8. Funkcije i mehanizmi.....	28
III. Kako prikazati biološki mehanizam?	33
III. 1. Ontičko ili epistemičko objašnjenje?.....	34
III. 2. Proces apstrakcije mehanicističkog objašnjenja.....	36
III. 3. Proces specifikacije mehanicističkog objašnjenja.....	37
III. 3. 1. Kako odrediti koji su podaci relevantni za objašnjenje mehanizma?	42
Zaključak	46
Literatura	48

Sažetak

Cilj ovog diplomskog rada jest prikaz i razmatranje rasprave o strukturi znanstvenog objašnjenja s naglaskom na mehanicističku teoriju. U tom smislu, rad će pružiti pregled teorija, počevši od prve – teorije pokrića zakona (*covering law theory*), tj. one koja je započela suvremenu raspravu o znanstvenom objašnjenju. Osim nje, analizirat će se i uzročno-mehanička teorija koja uvodi koncepte uzročnosti i mehanizama u svrhu rješavanja problema znanstvenog objašnjenja. U okviru potonje teorije, posebno će se istaknuti nova mehanicistička teorija. Struktura mehanicističkih objašnjenja razmatrat će se u okviru biologije i živih sustava (*life sciences*). Nadalje, nova mehanicistička teorija razmatrat će se pomoću prikaza triju temeljnih definicija u okviru rasprave. Analizom navedenih definicija opisat će se struktura mehanicističkog objašnjenja. Posebna poveznica će se povući između funkcijskog objašnjenja i mehanicističkog, tj. prikazat će se suradnja tih dvaju objašnjenja. Povrh toga, razmatrat će se i načini prikazivanja mehanizama odgovornih za fenomene u biologiji. U tom smislu, istaknut će se distinkcija *ontičkog* i *epistemičkog* objašnjenja te procesi *apstrakcije* i *specifikacije*. U okviru specifikacije prikaza mehanizama zastupat će vlastito gledište prema kojemu izdvajam tri stupnja u procesu objašnjenja te u okviru te podjele ističem drugi stupanj – stupanj *izdvajanja* relevantnih podataka kao onaj u kojemu se nalazi veća eksplanatorna moć. Drugim riječima, koristeći primjer iz biologije – sintezu proteina, zastupat će gledište prema kojemu prikazi s više detalja sadrže kvalitetnije objašnjenje s obzirom da se specifičnijim prikazom približavamo realnom mehanizmu u prirodi. U okviru potonje rasprave, dotaknut će se problema određivanja kriterija relevantnosti u izdvajanju podataka u svrhu objašnjenja fenomena.

Ključne riječi:

Znanstveno objašnjenje, teorija pokrića zakona, uzročno-mehanička teorija, mehanicističko objašnjenje, funkcijsko objašnjenje, biološki mehanizam, apstrakcija, specifikacija i sinteza proteina.

Abstract

The purpose of this M. A. thesis is to describe the accounts of scientific explanation, with an emphasis on the mechanistic approach. I will provide an overview of the main accounts, beginning with the covering law account – the account that is usually a starting point for the contemporary scientific explanation debate. Following the covering law account, I will describe the causal-mechanical account – the account that has introduced new notions in the scientific explanation debate, namely the causality and mechanism concepts. Within the causal-mechanical theoretical framework, the new mechanistic approach will be addressed in detail; primarily through the analysis of case-studies in the life sciences. I will also explore the new mechanistic account and deliberate three basic definitions in the debate. Furthermore, I will put special emphasis on the link between the functional and mechanistic explanations because both of them share the same principle – the function is the foundation for finding mechanisms. In addition, I will address the approaches to the ways in which we represent mechanisms. Special focus will be put on the ontic/epistemic distinction and the abstraction/specification processes. In that regard, I will argue that the specification process has more explanatory power than the abstraction process. Moreover, I will present three steps in the explanatory process and argue that the second step (the extracting step) has more explanatory power than the first and third step. Furthermore, I will try to show, via the example of protein synthesis that detailed representations hold more explanatory power. The main reason for that lies in a greater level of detailing, which brings one closer to understanding mechanisms as found in nature. Finally, I will explore the issue of relevance criteria for the extracted data in the explanatory process.

Key words:

Scientific explanation, covering law account, causal-mechanical account, mechanistic explanation, functional explanation, biological mechanism, abstraction, specification, protein synthesis.

Uvod

Razmatranje o temi objašnjenja u okviru znanstvene djelatnosti tradicionalna je rasprava u filozofiji znanosti te se veže na općenite filozofske teme – epistemologiju i problem uzročnosti. No, na samome početku, vrijedno je istaknuti dva temeljna razloga zbog kojih čovjek uopće teži objašnjenju. U tu svrhu, poslužiti će vrlo jasni kriteriji filozofa Carla G. Hempela: (i) čovjek ne želi samo preživjeti u svijetu, već i unaprijediti svoj stav prema okruženju, a u tom ga smjeru vodi utvrđivanje zakona i teorija kojima će moći, u što većoj mjeri, predvidjeti i/ili ovladati prirodom; (ii) ljudska priroda – intelektualna znatiželja, tj. želja koja vodi čovjeka k razumijevanju svijeta (usp. Hempel (1965:333)).

Znanstveno objašnjenje potrebno nam je kako bismo opisali svijet u kojemu živimo. No, osim samog opisivanja, ono ima i dalekosežniji utjecaj. Znanstvenim objašnjenjem znanstvenici uopćavaju, odnosno *maksimiziraju* određeni prirodni fenomen, tj. uspoređuju ga sa sličnim fenomenima i tako povećavaju razumijevanje o svijetu. Znanstvenim objašnjenjem bolje razumijemo promatrani fenomen, a samim time omogućeno nam je i bolje predviđanje ishoda njegova djelovanja. Napredak znanosti ovisi o kvaliteti znanstvenih objašnjenja. Iz toga razloga važno je promatrati strukturu znanstvenog objašnjenja, odnosno analizirati način na koji znanstvenici pristupaju objašnjavanju fenomena.

Znanstvenih objašnjenja ima vrlo mnogo, počevši od vrlo jednostavnih kao što je primjerice pitanje o tome kako objasniti da se pri otapanju leda u čaši vode razina vode neće podići. Intuitivno bismo predvidjeli kako će razina vode narasti kad se komad leda otopi u čaši, međutim to se neće dogoditi. Fenomen je objašnjen uz pomoć znanosti. Naime, ovaj fenomen moguće je objasniti Arhimedovim zakonom. Prema tom zakonu, čvrsto tijelo koje pluta u tekućini ima istu masu kao i volumen uronjenog dijela u tekućini. Budući da proces topljenja ne utječe na gubitak mase, voda u koju se led pretvorio ne mijenja volumen cijele tekućine u posudi te razina voda i dalje ostaje jednaka kao na početku kada smo komad leda tek uronili u tekućinu (usp. Hempel (1965:298)). Također, kao primjer znanstvenog objašnjenja može poslužiti primjer iz biologije – enzim¹, koji zahtijeva nešto sofisticiraniji pristup nego objašnjenje primjera s ledom i čašom. Uz pomoć molekularne biologije objašnjena je uloga pojedinog enzima - primjerice glukozidaze, istražujući njegovu ulogu te njegovo djelovanje u

¹ Enzimi su makromolekularni biološki katalizatori koji utječu na brzinu kemijske reakcije, tj. sudjeluju u stvaranju i razbijanju kovalentnih veza (usp. Alberts et. al. (2015:140)).

organizmu – u ovom slučaju pretvaranje složenih šećera u jednostavnije. Već u ovim primjerima možemo vidjeti što znanost čini, ona nastoji objasniti svijet, tragati za istinom te za objašnjenjem prirodnih fenomena (usp. Godfrey-Smith (2003:190)).

S obzirom na značaj koji znanstveno objašnjenje ima za napredak znanosti, otkrivanje strukture znanstvenog objašnjenja važan je zadatak za filozofe znanosti. Ovaj će rad biti usmjeren na razmatranje znanstvenog objašnjenja te na prikaz same rasprave. Postoji više različitih modela putem kojih je promatrano znanstveno objašnjenje, no u fokusu ovoga rada bit će nova mehanicistička teorija koja se razvila krajem 20. i početkom 21. stoljeća. Ona je trenutno vodeća u raspravi, pogotovo u okviru bioloških znanosti s obzirom na to da pomoću mehanizama kvalitetno objašnjava način na koji živi svijet djeluje.

No, teorija novih mehanicista nije jedina koja pokušava opisati znanstveno objašnjenje. Prethodi joj bogata tradicija te brojni autori koji su sagledavali koncept objašnjenja. U temeljne teorije zasigurno spada Hempelova teorija pokrića zakona (*covering law account*). Naime, Hempel (u suradnji s Oppenheimom) prvi je autor koji je usustavio problematiku objašnjenja te ga slobodno možemo nazvati „ocem“ rasprave o znanstvenom objašnjenju. Iako je u narednim godinama po izlasku njegove teorije ona opovrgnuta, budući da su joj pronađeni nedostaci, ona i dalje služi kao polazišna točka u bilo kakvoj općoj raspravi o problemu objašnjenja. Kao odgovor na nedostatke koji postoje u Hempelovoj teoriji, nastaje nekoliko teorija (usp. Friedman (1974) i Kitcher (1976) i (1981)). Ovaj rad će prikazati uzročno-mehaničku teoriju Wesleya Salmona te model Petera Railtona koji su nastojali riješiti nedostatke Hempelove teorije te su poslužili kao temeljna točka razmatranja za nove mehaniciste. Salmonovo i Railtonovo rješenje možemo okarakterizirati kao teoriju starih mehanicista, preteče novim mehanicistima.²

Osim prikaza rasprave znanstvenog objašnjenja s fokusom na nove mehaniciste, rad će se baviti i problemom prikazivanja bioloških mehanizama, tj. načinom na koji su oni prikazani putem dijagrama, grafikona, jednadžbi i sl. U tom pogledu zadržat ću se na problemu apstrakcije, tj. visoko apstraktnih prikaza mehanizama i specifikacije, odnosno prikaza mehanizama s više detalja u okviru objašnjenja fenomena. Zastupat ću tezu prema kojoj prikaz s više detalja nosi i veću eksplanatornu moć, tj. da specifikacijom prikaza dolazimo do kvalitetnog objašnjenja mehanizma odgovornog za promatrani fenomen. To ću pokazati

² Naime, u radovima novih može se pronaći terminologija starih mehanicista. Primjerice, distinkcija ontičko/epistemičko (usp. Illari (2013)). Također se može pronaći isticanje starih mehanicista kao onih koji su oživjeli raspravu o mehanizmima (usp. Bechtel i Abrahamsen (2005)).

isticanjem triju stupnjeva u procesu objašnjenja fenomena, na primjeru mehanizma sinteze proteina.

Rad će biti strukturiran tako što će u prvom poglavlju biti prikazana teorija pokrića zakona, polazišna točka u raspravi o objašnjenju. Zatim, u drugom će poglavlju biti prikazane stara i nova mehanicistička teorija. Poseban naglasak bit će stavljen na nove mehaniciste kao trenutno vodeću teoriju u raspravi, posebice u okviru filozofije biologije. Treće poglavlje bavit će se raspravom o prikazu mehanizama te će sadržavati tezu koju zastupam – kako prikazi s više detalja sadrže veću eksplanatornu moć u odnosu na vrlo apstraktne modele mehanizama.

I. Teorija pokrića zakona (*Covering Law Account*)

Prva teorija znanstvenog objašnjenja koja je potaknula širu raspravu i zanimanje filozofa postavljena je od strane Carla Gustava Hempela i Paula Oppenheima 1948. godine u njihovom znanstvenom radu u kojemu razmatraju što je to objašnjenje. Hempel je teoriju dodatno razradio i u 1960.-ima. Teorija pokrića zakona (*covering law account*) bila je svojevremeno vodeća i vrlo utjecajna teorija sve do trenutka kada su preostali filozofi razotkrili određene mane teoriji te potaknuli nastajanje novih teorija o znanstvenom objašnjenju. U ovome poglavlju detaljnije ću opisati ovu teoriju s obzirom na to da je kronološki prva, a i jedna od najutjecajnijih teorija znanstvenog objašnjenja uopće.

Zašto nam je potrebno objašnjenje?

„Objasniti fenomen u našem iskustvenom svijetu, odnosno odgovoriti na pitanje 'Zašto?', a ne samo na pitanje 'Što?', jedno je od temeljnih ciljeva svakog racionalnog rasuđivanja; posebice znanstvenog istraživanja koje u svojim raznim granama nastoji postići više od *opisivanja* promatranog fenomena pružajući *objašnjenje* istraživanog fenomena.“ (Hempel i Oppenheim (1948:135), kurziv dodan)

Hempel i Oppenheim željeli su istražiti samu srž i temeljni obrazac načina na koji se događa objašnjenje te su u tom smislu razvili svoju teoriju kojom su razotkrili strukturu znanstvenog objašnjenja.

U tu svrhu, ideju ću najbolje prikazati koristeći njihov primjer sa živinim termometrom. Kada u vruću vodu uronimo živin termometar, prvo se događa kratkotrajni pad žive, a potom se ona uzdiže kako bi pokazala visoku temperaturu vode. Pitanja koja se nameću su: Zašto se živa u termometru prvo spustila, a tek onda digla? Zašto se nije odmah digla? Kako ćemo ovaj fenomen objasniti? Fenomen možemo objasniti tako što ćemo reći da viša temperatura prvo utječe na širenje staklene posude u kojoj se živa nalazi pa stoga dolazi do pada žive koja sada ima više prostora. No, čim vrućina utječe na živu, ona će odmah narasti s obzirom na to da je njen koeficijent ekspanzije mnogo veći od stakla (usp. Hempel i Oppenheim (1948:135)).

Važno je primijetiti kako objašnjenje iz spomenutog primjera sadrži dvije različite skupine iskaza. Jedna skupina iskaza odnosi se na uvjete u kojemu fenomen nastaje, tj. početne

uvjete. Primjerice, odnosi se na to da postoji staklena posuda u kojoj se živa nalazi ili na vruću vodu u koju ćemo uroniti termometar. S druge strane, postoje iskazi koji su vezani uz opće zakone. Primjerice, zakoni vezani uz koeficijent ekspanzije žive ili stakla te uz termičku provodljivost stakla. Obje vrste iskaza nalazimo u objašnjenju, a na pitanje „Zašto?“ odgovaramo kada podvedemo fenomen koji razmatramo pod određene opće zakone (usp. Hempel i Oppenheim (1948:136)). Dakle, za objašnjenje su nam potrebni opći zakoni koje možemo zamisliti kao određeni kišobran pod koji onda podvodimo pojedinačne uvjete i događaje vezane uz fenomen koji želimo objasniti. Ova se teorija i naziva teorijom pokrića zakona jer određeni fenomen podvodimo pod opći zakon. Već iz navedenog primjera možemo uvidjeti kako izgleda objašnjenje prema Hempelu i Oppenheimu, no o preciznoj strukturi objašnjenja bit će riječi u idućem potpoglavlju.

I. 1. Deduktivno-nomološki model

Objašnjenje iz primjera sa živinim termometrom spada u deduktivno-nomološki model. Ime modela sadrži dva dijela – deduktivni i nomološki. Objasnjeno je *deduktivno* jer fenomen koji želimo objasniti deduciramo iz premisa, odnosno iz početnih uvjeta i određenog jednog ili više općih zakona. Model je *nomološki* upravo zato što barem jedna premissa objašnjenja mora biti opći zakon. Drugim riječima, cilj skupa premisa jest pokazati kako je fenomen očekivan s obzirom na početne uvjete i opći zakon.

Nadalje, deduktivno-nomološki model ima četiri uvjeta adekvatnosti, tj. uvjeta koji čine deduktivno-nomološki model valjanim modelom znanstvenog objašnjenja. Uvjeti su podijeljeni u dvije grupe – logičku i empirijsku. Logički uvjeti su: (1) objašnjenje mora biti valjani deduktivni argument, (2) objašnjenje mora sadržavati barem jedan prirodni zakon, i (3) objašnjenje mora imati empirijski sadržaj (pojedinačni događaji). Empirijski je uvjet: (4) sadržaji premisa moraju biti istiniti (usp. Salmon (1989:12)).

Osim uvjeta adekvatnosti, za razumijevanje deduktivno-nomološkog modela važno je pojasniti pojmove *explanans* i *explanandum*. Svako objašnjenje fenomena sadrži dva dijela. Prvi dio je onaj koji pokušava objasniti fenomen – *explanans*, a drugi dio čini fenomen koji želimo objasniti – *explanandum*. Primijetili smo kako se jedna skupina iskaza iz prethodno spomenutog primjera sa živinim termometrom odnosi na početne uvjete (živa se nalazi u staklenoj posudi, termometar je uronjen u vruću vodu), a druga skupina na opće zakone

(koeficijent ekspanzije staklene posude). Iskazi iz obje skupine čine premise koje objašnjavaju fenomen te se one nazivaju *explanans*. Dakle, *explanans* sadrži skup premisa čiji je zadatak objasniti *explanandum*. Drugim riječima, ako se pitamo: „Zašto X?“, X bi bio *explanandum*, a odgovor: „Zato što Y.“ bi spadao u *explanans* (usp. Godfrey-Smith (2003:191)). U konačnici, deduktivno-nomološki model oblik je deduktivnog argumenta u kojemu imamo skup premisa – *explanans* (početne uvjete i opći zakon) i konkluziju – *explanandum*.

Schema deduktivno-nomološkog modela je sljedeća:

Explanans: Z(1), Z(2),, Z(n)
 O(1), O(2),, O(m)

Explanandum: E

Da rezimiramo, u shemi možemo vidjeti kako su nam potrebni i početni uvjeti – okolnosti pod kojima je do fenomena došlo (O) i opći zakoni (npr. fizikalni i kemijski) (Z) koji nas dedukcijom dovode do konkluzije (E).

Već smo vidjeli u primjeru sa živinim termometrom koji je zakon i koje su okolnosti sudjelovale u tom fenomenu. U navedenom primjeru objašnjen je pojedinačni događaj – početni pad žive u termometru. Međutim, valja naglasiti kako *explanandum* može biti i opći zakon. Objašnjeni opći zakon proizašao iz *explanansa* može se nadalje podvesti pod sljedeće, još općenitije zakone. Primjerice, Galileov se zakon slobodnog pada tijela u blizini površine Zemlje može podvesti pod Newtonov zakon gravitacije, jer u slobodnom padu tijelo dobiva ubrzanje sudjelovanjem gravitacijske sile. Nadalje, Newtonovu teoriju gravitacije možemo podvesti pod opću teoriju relativnosti koju je prvi postavio Albert Einstein. Dakako, lanac podvođenja zakona mora u nekoj točki stati, međutim, prema Hempelu, to ne znači kako se određeni događaji ne mogu objasniti ili da će ostati neobjašnjeni zauvijek. Takvi će se događaji, razvojem znanosti, moći objasniti u budućnosti (usp. Hempel (1965:300)).

I. 2. Induktivno-statistički model

Ova verzija objašnjenja nema deduktivni model, već *induktivni* model koji također podliježe zakonima, ali u drugačijem pogledu nego deduktivno objašnjenje. Primjerice, zamislimo prvog dječaka koji dobije vodene kozice. Tu činjenicu možemo objasniti time što se igrao s prijateljem, drugim dječakom, koji je dan ranije također dobio vodene kozice te ih tako prenio na prvog. Dakle, u ovom događaju imamo izloženost prvog dječaka vodenim kozicama u druženju s drugim i činjenicu da prvi nikada do tog trenutka nije prebolio vodene kozice. Kako bismo objasnili ovaj događaj, ne možemo se pozvati na neki određeni zakon, već jedino možemo zaključiti kako će se vodene kozice pojaviti s određenom statističkom vjerojatnosti. Izloženost prvog dječaka vodenim kozicama i statistički zakon prijenosa vodenih kozica prilikom izloženosti ne impliciraju da će se vodene kozice doista i pojaviti kod tog dječaka, takav zaključak nije nužan, već je više ili manje vjerojatan, ovisno o statistici. Hempel takvu statističku vjerojatnost također naziva zakonom, ali zakonima statističke forme – *statističkim zakonima* (usp. Hempel (1965:301)).

Hempel ovim modelom znanstvenog objašnjenja postulira postojanje statističkih zakona koji mogu zamijeniti prirodne zakone i tako opravdati fenomen u pogledu vjerojatnosti. Iz tog razloga, ne možemo deducirati *explanandum* iz *explanansa*, već je argument induktivan, odnosno *explanandum* je više ili manje vjerojatan ovisno o *explanansu*. Induktivno-statistički model obuhvaća statistička objašnjenja pojedinačnih događaja te tako upotpunjuje teoriju pokrića zakona zajedno s prethodno opisanim deduktivno-nomološkim modelom (usp. Salmon (1989:53))

Oba modela znanstvenog objašnjenja koja su prethodno razmatrana imaju zajedničku točku u *explanans* dijelu u kojemu su određeni generalni zakoni. Takvi zakoni su nam od velike koristi prilikom predviđanja empirijskog testa događaja kojeg promatramo te vrlo lako možemo predvidjeti kako će se neki događaj uvijek dogoditi, naravno, ukoliko su prisutne određene okolnosti. Primjerice, Newtonov zakon gravitacije odgovoran je za objašnjenje i predviđanje raznih prirodnih fenomena kao što su plima i oseka, slobodan pad u blizini površine Zemlje i ostali (usp. Hempel (1965:303)). Induktivno-statistički model pomaže nam u predviđanju nekih medicinskih fenomena kao što to pokazuje primjer s dječacima i vodenim kozicama.

Osim budućih predviđanja, ovakva metoda odgovorna je i za određivanja događaja koji su se dogodili u prošlosti. Primjerice, Newtonovi optički principi o vizualnom spektru pomažu

nam u otkrivanju kako budućih, tako i prošlih Sunčevih i Mjesečevih pomrčina. Također, statistički zakoni o radioaktivnom raspadanju pomažu arheolozima i paleontolozima u datiranju pronađenih artefakata (usp. Hempel (1965:303)).

I. 3. Prigovori modelima

Oba modela, i deduktivno-nomološki i induktivno-statistički, imaju određene nedostatke te podliježu kritici koje su dovele do daljnjeg razvoja rasprave i novih teorija. U nastavku teksta izložit ću samo neke od prigovora, one za koje smatram da su najviše uzdrmali teoriju pokrića zakona. Iznijet ću tri skupine prigovora: (1) problem uzročnosti, (2) problem simetrije objašnjenja i predviđanja te (3) problem eksplanatorne relevantnosti.

U prvoj skupini prigovora (1) kritika je usmjerena prema ulozi uzročnosti prilikom objašnjenja. Zdravorazumski ćemo reći kako prilikom objašnjenja fenomena tražimo uzrok tom fenomenu, točnije uzročnu vezu koja je dovela do fenomena (usp. Salmon (1989:46)). Međutim, kod Hempelova modela nije eksplicitno navedena uzročnost kao važna relacija u objašnjenju. Možemo reći kako je ona djelomice sadržana u općim zakonima, no model objašnjenja sam je po sebi argument s određenom strukturom u kojoj nema uzročne relacije. U tom će smislu kritike biti usmjerene na uzročnost kao relaciju koja nedostaje u prethodno opisanom modelu.

Zasigurno najpoznatiji protuprimjer je prigovor asimetrije koji je uputio Sylvain Bromberger (usp. Bromberger (1966)). Prigovor ću ilustrirati uz pomoć štapa, Sunčeve svjetlosti i sjene. Zamislimo štap koji stvara sjenu pod utjecajem Sunčeve svjetlosti. Zadatak je odrediti duljinu sjene koju štap pravi. To možemo učiniti tako što ćemo duljinu sjene odrediti, tj. deducirati iz duljine štapa, kuta upada Sunčeve svjetlosti, optičkih zakona i trigonometrije. U tom procesu zadovoljeni su svi uvjeti koje pruža Hempelov model. Dakle, u *explanansu* imamo pojedinačne događaje i zakone koji određuju *explanandum* – duljinu sjene. Međutim, problem nastaje kada promatramo argument u suprotnom smjeru. Naime, možemo deducirati duljinu štapa iz duljine sjene, dakle obrnutim putem. Ako uzmemo iste pojedinačne događaje i zakone možemo pomoću duljine sjene odrediti i duljinu štapa. To znači da postoji znanstveno objašnjenje u oba smjera. No, ne možemo reći kako su sjena i Sunčeva svjetlost odgovorni za štap, već je štap, u suradnji sa svjetlošću, odgovoran za sjenu (usp. Godfrey-Smith (2003:193)).

Dakle, rješenje ovog problema leži u relaciji uzročnosti, tj. štap uzrokuje sjenu, odnosno relacija ide u samo jednom smjeru, što se ne vidi upotrebom deduktivno-nomološkoga modela objašnjenja.

U sličnome smjeru ide i sljedeći protuprimjer koji ću izložiti. On se odnosi na Mjesec i morske mijene – plimu i oseku. Prije Newtona i njegovih zakona, pomorci su bili svjesni korelacije smještaja Mjeseca s plimom i osekom. No, nisu posjedovali znanje o uzročnoj vezi između Mjeseca i morskih mijena pa samim time nisu imali adekvatno znanstveno objašnjenje. Jedino je objašnjenje bilo da je božansko biće stvorilo mijene kako bi pomorcima olakšalo putovanje. Međutim, valja primijetiti da su svejedno mogli imati valjan deduktivno-nomološki model objašnjenja samo uz pomoć korelacije smještaja Mjeseca s podizanjem ili spuštanjem razine mora. Tek se s Newtonovim zakonima mogla znanstveno objasniti uzročna veza između Mjeseca i morskih mijena (usp. Salmon (1989:47)). Slična stvar događala se i u medicini ili pretečama bioloških znanosti u kojima su se razni fenomeni objašnjavali božanskim intervencijama.³

Sljedeća skupina prigovora (2) odnosi se na simetriju objašnjenja i predviđanja koju nalazimo u Hempel-Oppenheimovu modelu. Naime, prema navedenom modelu, znanstveno objašnjenje i znanstveno predviđanje imaju istu logičku strukturu, a jedina je razlika pragmatične prirode. Primjerice, ako se fenomen već dogodio te si postavimo pitanje 'Zašto?', objasniti ćemo fenomen tako što ćemo prikazati opći zakon i pojedinačne događaje koji su doveli do fenomena. Isto tako, ako već posjedujemo pojedinačne događaje i opći zakon prije nego što će se fenomen dogoditi, onda sam argument predviđa da će se fenomen dogoditi (usp. Salmon (1989:48)). Dakle, objašnjenje i predviđanje imaju istu strukturu, a ovisno o pragmatičnim okolnostima reći ćemo da se argument odnosi na predviđanje ili na objašnjenje.

Međutim, postoje situacije u kojima postoji objašnjenje, a nemamo predviđanje. Primjerice, autor Scriven (1959) navodi primjer evolucijske biologije kao discipline koja posjeduje objašnjenja organizama koji su evoluirali, no ne posjeduje predviđanje kako će određeni organizam evoluirati u budućnosti (usp. Salmon (1989:48)). Također, isti autor nudi i protuprimjer slične namjere, sa sifilisom i tercijarnom fazom sifilisa. Do tercijarne faze sifilisa može doći samo nakon što je osoba prošla primarnu, sekundarnu i latentnu fazu sifilisa bez prethodnoga liječenja penicilinom. Ako osoba dođe do tercijarne faze, onda je objašnjenje da je do toga došlo zbog toga što se nije liječila latentna faza sifilisa. Međutim, samo mali dio (oko

³ Primjerice, liječenje gube u srednjem vijeku gdje se uspješnost liječenja povezivala s vjerskim ritualima.

25%) osoba latentne faze sifilisa podlegne i tercijarnoj fazi. Dakle, ako osoba i jest u latentnoj fazi sifilisa, statistički je vjerojatno da neće ući i u tercijarnu fazu (usp. Salmon (1989:49)). Scriven ovim protuprimjerom želi prikazati kako objašnjenje nije isto što i predviđanje. No, izgleda kako ovaj prigovor direktno šteti induktivno-statističkom modelu, budući da se tiče statističkog predviđanja, odnosno do objašnjenja smo došli koristeći statistički zakon u *explanans* dijelu argumenta – činjenicu da oko 25% osoba latentne faze sifilisa podlegne i tercijarnoj fazi.

Posljednja skupina prigovora (3) kritizira problem eksplanatorne relevantnosti. Primjerice, zamislimo da se dijete nalazi u bolnici, u sobi punoj trudnica. U toj sobi sjedi i muška osoba te dijete traži od liječnika objašnjenje zašto i taj muškarac nije trudan. Pretpostavimo da taj muškarac uzima kontracepcijske tablete jer smatra kako mu pomažu u rješavanju psihičkih tegoba. Liječnik može kazati kako je upravo to razlog zašto taj muškarac nije trudan – uzimanje kontracepcijskih pilula. U ovom objašnjenju imamo i pojedinačne događaje i opći zakon, odnosno, da osoba koja uzima kontracepcijska sredstva vrlo vjerojatno nije trudna. Stoga je ovakvo objašnjenje, prema deduktivno-nomološkoj teoriji, posve u redu. Međutim, objašnjenje bi trebalo ići u smjeru da muškarac nije trudan upravo zato što je muškarac, tj. iz bioloških razloga. Za takvo objašnjenje bismo rekli da je intuitivno, a ne ono koje je liječnik ponudio djetetu. Prema tome, deduktivno-nomološki model dopušta da se nešto smatra znanstvenim objašnjenjem iako intuitivno znamo da tomu nije tako. Znanstveno objašnjenje koje zaista jest takvo mora sadržavati relevantne informacije u svrhu objašnjenja fenomena (usp. Salmon (1989:50)).

II. Uzročno-mehanička teorija

U raspravi o znanstvenom objašnjenju postoji više modela znanstvenog objašnjenja, odnosno nekoliko pravaca koji su nastali nakon Hempelovih razmatranja.⁴ No, u fokusu ovog rada nova je mehanicistička teorija kao trenutno glavna u raspravi te će stoga rad pratiti razvoj uzročno-mehaničke teorije kao preteče novih mehanicista.

Uzročno-mehanička teorija nastaje kao odgovor na prigovore i nedostatke modela iz prethodnoga poglavlja. Naime, kao što i sam naziv teorije sugerira, koncept uzročnosti uvodi se u proces znanstvenog objašnjenja. Pojednostavljeno, da bi se neki fenomen objasnio potrebno je pronaći uzrok ili uzroke tom fenomenu.

Osim koncepta uzročnosti, pojavljuje se i ideja mehanizma koji će upotpuniti teoriju pokrića zakona. Pojednostavljeno, otkrivanje mehanizama upotpunjuje sliku znanstvenoga objašnjenja tako što prikazuje strukturu fenomena te način na koji se fenomen proizvodi (odgovara na pitanje „*Kako?*“).

U nastavku poglavlja, koji će biti podijeljen u dva dijela – stare i nove mehaniciste, prikazat ću na koji su način koncepti mehanizama i uzročnosti pridonijeli razjašnjenju problema znanstvenoga objašnjenja. U tom smislu, poslužit će ideje starih mehanicista – Petera Railtona (usp. (1978) i (1981)) i Wesleya Salmona (usp. (1984) i (1989)), kao temelj za razvoj ideja novih mehanicista, o kojima će nešto više biti rečeno u drugom dijelu ovoga poglavlja.

⁴ Primjerice, unifikacijska teorija znanstvenog objašnjenja (usp. Friedman (1974) i Kitcher (1981)).

II. 1. Stari mehanicisti

Peter Railton i Wesley Salmon proširuju viđenje problema znanstvenog objašnjenja. Railton to čini uvođenjem mehanizama kao načina objašnjenja fenomena, a Salmon putem uzročnosti, odnosno uvođenjem svoga viđenja uzročnosti u okviru objašnjenja promatranog fenomena. Prikazat ću samo osnove ideja budući da njihovi modeli nisu u fokusu rada, već služe kao temelj daljnjim mehanicističkim razmatranjima.

Uvidjevši nedostatke Hempelovih modela u prethodnom poglavlju, nova razmatranja uključila su i nove koncepte kojima se pokušava riješiti problem znanstvenog objašnjenja. U tom pogledu, Peter Railton (1978)⁵ uvodi u raspravu potragu za mehanizmima u svrhu objašnjenja fenomena. Smatra kako je deduktivno-nomološki model znanstvenog objašnjenja nepotpun, odnosno potrebno je sagledati mehanizme kako bismo upotpunili objašnjenje fenomena (usp. Railton (1978:207)). Naravno, Railton ističe kako Hempelov model nije pogrešan, već da u nekim slučajevima nije dovoljan. Podvođenje fenomena pod generalizaciju ili opći zakon nije dovoljno za objašnjenje, tj. razumijevanje fenomena, a objašnjenje uključuje razumijevanje, odnosno to *kako* svijet funkcionira (usp. Salmon (1989:156)). Railtonovim riječima:

„Znati podvesti fenomen pod pravu vrstu zakona nije, dakle, isto što i znati *kako* ili *zašto* o tom fenomenu. Kako nas eksplanatorni nedostaci uspješnih praktičnih znanstvenih disciplina podsjećaju: objašnjenja moraju sadržavati nešto više od potencijalno-predviđajućih zaključaka ili samog pozivanja na zakone.“ (Railton (1978:208))

Uvođenjem mehanizama u raspravu proširuje se razumijevanje znanstvenog objašnjenja. Poglavitito zbog toga što se veća pozornost pridaje strukturi promatranog fenomena, a što će

⁵ Railton dodatno proširuje svoju tezu u svojoj disertaciji (1980) i članku (1981) o kojima neće biti riječi u ovome radu. Međutim, valja istaknuti važnu distinkciju koju Railton (1981) uvodi, a to je ona o idealnoj eksplanatornoj građi (*ideal explanatory text*) i eksplanatornoj informaciji (*explanatory information*). Prvotna sadrži sve uzročne i nomičke (*nomical*) veze relevantne za fenomen, a što će biti jedan od prigovora Salmonovoj teoriji koja je možebitno preopširna. Potonja nam omogućuje popunjavanje idealne eksplanatorne građe u svrhu boljeg razumijevanja fenomena. Drugim riječima, prvotna je vrlo opširna, a potonja nešto jednostavnija u svrhu boljeg razumijevanja (usp. Salmon (1989:159)).

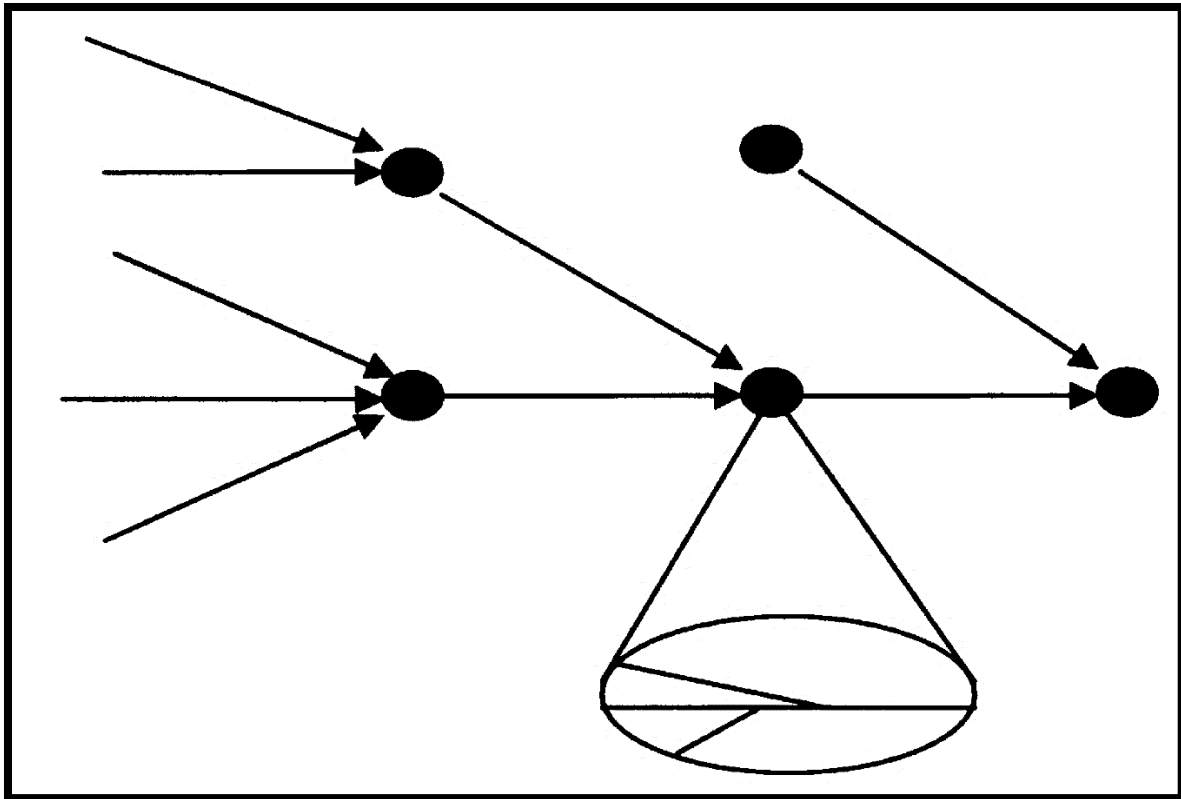
početkom ovoga stoljeća dovesti do daljnjeg razvoja mehanicističkog modela objašnjenja, pogotovo u biologiji.

Kao i Railtonov model, tako i Salmonov donosi drugačije rješenje od Hempelova te upotpunjava problem znanstvenog objašnjenja uvođenjem uzročnosti. Prije no što ću izložiti samo viđenje uzročnosti i znanstvenog objašnjenja, valja se prisjetiti prigovora Brombergera (1966) sa štapom i sjenom, odnosno problem asimetrije prema kojemu možemo deducirati duljinu sjene štapa iz duljine štapa, kao i duljinu štapa iz duljine sjene štapa, a sve u skladu sa zadovoljenim uvjetima D-N modela.⁶ Kako bismo riješili problem asimetrije, možemo reći kako je sjena *uzrokovana* interakcijom Sunčeve svjetlosti i štapa. Uvođenjem uzročnosti objašnjavamo fenomen u isključivo jednom smjeru, tj. ukoliko koristimo uzrokovanje ne možemo imati problem asimetrije koji posjeduje D-N model. Vidljivo je kako je princip uzročnosti jedno od mogućih rješenja problemu Hempelovih modela. U tom smjeru ide i Salmonova ideja čije rješenje u svojoj srži ima upravo relaciju uzročnosti.

Salmon uzročnu relaciju vidi kao fizički proces koji je prisutan u svijetu, tj. smatra kako se uzročne interakcije događaju u promatranim fenomenima. Navedene procese prikazuje tako što oni imaju svojstvo prenošenja znaka (*mark*) (usp. Woodward (2008:174)). Kada dva znaka proizvedu promjenu onda možemo reći kako je došlo do uzročne reakcije (usp. Glennan (2010:254)). Neki fenomen koji pokušavamo objasniti sadržan je unutar velikog broja uzročnih interakcija te se nalazi unutar mreže (*nexus*) uzročnih procesa, tj. interakcija između znakova. U mreži pronalazimo veze koje su relevantne za objašnjenje *explananduma*. S obzirom na to da svaka mreža uzročnih procesa ima vrlo mnogo interakcija ona je izrazito komplicirana. Samim time, zbog goleme količine podataka – interakcija, niti jedno objašnjenje nikada nije do kraja potpuno (usp. Glennan (2010:254)). Dakle, događaji, tj. uzročne interakcije, spadale bi u *explanans* te bismo putem njih objasnili fenomen.

Na slici 1 (na 16. str.), čitajući dijagram s lijeva na desno, prikazani su uzročni procesi (strelice). Označene (markirane – crna točka) su točke na kojima se sijeku procesi te je na tom mjestu došlo do promjene putem uzročnog procesa. Valja primijetiti kako više procesa (strelica) može biti odgovorno za promjenu u mehanizmu (točka). Okomita dimenzija (stožac) predstavlja razinu analize, tj. prikazan je uzročni lanac koji je doveo do promatrane oznake – točke (usp. Glennan (2010:254)).

⁶ Usp. 9. str.



Slika 1 - mreža uzročnih procesa (Glennan (2010:254))

Osim pomoću primjera sa slike, Salmonovo gledište možemo ilustrirati i primjerom s bejbolskom palicom i biljarskom kuglom. Zamislimo situaciju u kojoj lopta udarena bejbolskom palicom razbija prozor. U tom promatranom događaju imamo nekoliko procesa koji u konačnici uzrokuju razbijanje prozora. Prvi bi proces bio bacanje lopte u zrak, zatim zamah palicom, potom udaranje lopte palicom te u konačnici udaranje lopte u prozor. Svaki od ovih pojedinačnih procesa sudjeluje u objašnjenju fenomena razbijanja prozora.

Nadalje, Salmonovo gledište možemo ilustrirati i pomoću primjera s biljarskom kuglom te odmah prikazati i upućeni prigovor njegovu modelu. Kako bismo ubacili biljarsku kuglu u rupu potrebna nam je bijela kugla, biljarski štap i igrač. Jedan uzročni proces odnosi se na igrača koji uz pomoć biljarskog štapa udara bijelu kuglu u smjeru druge kugle. Tom radnjom igrač učitava uzročni znak. Bijela kugla stiže do druge kugle te prenosi silu na nju. I u ovom je procesu prisutan prijenos uzročnog znaka putem kojeg dolazi do interakcije. U konačnici kugla ulazi u rupu. Vidimo kako možemo objasniti određeni fenomen putem lanca uzročnih procesa. Međutim, ako uvrstimo jedan dodatak u cijeli ovaj proces, dolazimo do problema na koji nailazi ovaj model. Primjerice, prema Hitchcockovom prigovoru (usp. (1995)), ako zamislimo da je

igrač prethodno utrljao plavu kredu na štap te potom udario bijelu kuglu, na bijeloj će se kugli pojaviti plavi trag. Dakle, prilikom udaranja bijele kugle imamo dvije interakcije u isto vrijeme – prijenos sile na kuglu i stvaranje plavog traga na kugli. Nije jasno koji je uzročni proces relevantniji za fenomen ulaska druge kugle u rupu (usp. Glennan (2010:255)).

Čini se kako Salmonov model ne može dovoljno kvalitetno razlikovati relevantnost uzročnih procesa, odnosno koje interakcije unutar mreže uzročnih procesa zaista jesu relevantne u objašnjenju fenomena. Možemo zaključiti kako Salmonov koncept znanstvenog objašnjenja može kvalitetno objasniti pojedinačne događaje kod kojih je mreža uzročnih procesa manja (primjerice kod primjera s bejzbolskom palicom), ali kod kompleksnih procesa, gdje postoji mnogo interakcija, može doći do problema relevantnosti u određenju odgovornih interakcija za objašnjenje fenomena.

Naravno, Salmonov model mnogo je kompleksniji, međutim istaknuo sam samo osnove njegove ideje, one koje su najvažnije za sljedeći dio rada. U prvom redu to su uzročni procesi koji se odvijaju u tzv. mreži promatranog fenomena te činjenica da ti uzročni procesi mogu poslužiti u svrhu znanstvenog objašnjenja. Railtonov i Salmonov model obuhvaćaju mehanicističko gledište s jedne te uzročno gledište s druge strane. Oba gledište važno su početno odredište za razvoj novih mehanicista.

II. 2. Novi mehanicisti

II. 2. 1. Kratka povijest mehanizama

Razvoj novih mehanicista započeo je početkom 21. stoljeća, no pojam *mehanizam* koristio se mnogo ranije. Već smo vidjeli kako je korišten kod Petera Railtona, međutim mehanizmi su bili vrlo značajni i u novovjekovnom razdoblju filozofije. Posebno valja istaknuti Renea Descartesa (1596. – 1650.) koji je poznat po mehanicističkom viđenju svijeta koje je bilo u kontrastu s Aristotelovim (384. – 322. pr.Kr.) teleološkim viđenjem svijeta (usp. Bechtel (2011:535)). Naime, Aristotel je smatrao kako je svijet upravlján svrhama, tj. određenim ciljevima. Primjerice, smatrao je ostvarenje sreće primarnim ciljem svakoga ljudskoga bića.

Descartesov mehanicistički svijet sastojao se od sitnih čestica koje su u konstantnom sudaranju te koje tvore mnogobrojne modele mehanizama u svijetu. Njegova je ideja slikovito prikazana kao svijet biljara u kojemu su stvari u stalnom sudaranju te je svaka aktivnost, osim ljudskog uma i Boga, upravljana stalnim kretanjem i sudaranjem čestica. Zamisljao je već uređen svijet kojeg je pokrenuo Bog, a daljnje sudaranje čestica djeluje na svijet i oblikuje ga. Primjerice, pokreće rijeku, pokreće planete oko Sunca te krv u organizmu (usp. Craver i Darden (2013:22)).

Strogi mehanicistički sustav koji je razvio Descartes bio je uzdrman daljnjim znanstvenim otkrićima. Primjerice, Newtonovim otkrićem sila te otkrićem termodinamičkih mehanizama i elektromagnetizma u 19. stoljeću (usp. Glennan (1996:51)). No, mehanicističko viđenje svijeta održalo se i nakon Descartesovog filozofskog djelovanja te je danas vrlo aktualno. Posebice u svijetu biologije u kojemu ima mnoštvo mehanizama putem kojih se objašnjava živi svijet.

II. 2. 2. Strojevi i/ili mehanizmi?

Biološki mehanizmi su često uspoređeni sa strojevima. Naime, strojevi se sastoje od mnoštva sastavnica koje zajedničkom interakcijom djeluju. Primjerice, automobil je stroj sastavljen od dijelova koji međusobnom interakcijom pokreću automobil. Možemo povući analogiju s mehanizmima iz molekularne biologije, primjerice s mehanizmom sinteze proteina koja također posjeduje razne dijelove ili točnije stadije - replikaciju, transkripciju i translaciju, a koji dovode do stvaranja proteina. No, detaljnijim razmatranjem uvidjet ćemo kako je to zaista samo analogija, tj. da strojevi i mehanizmi nisu sinonimi već da među njima postoje razlike.

U prvom redu stroj je izum s već postojećim organiziranim i povezanim dijelovima. Primjerice, već spomenuti automobil, sat, vodokotlić ili računalo. S druge strane, biološki mehanizmi razvili su se djelovanjem evolucije, odnosno pod utjecajem prirodne selekcije. Pojedini dijelovi mehanizama mogli su biti sintetizirani tek nakon nastanka mehanizma ili su se u procesu izgubili. Također, mehanizmi su pod stalnim utjecajem evolucije te u konstantnom procesu razvijanja. Drugim riječima, tipičan biološki mehanizam je u tom smislu neuredniji te složeniji čak i od najsloženijih strojeva (usp. Craver i Darden (2013:33)).

Nadalje, mehanizmi su aktivni, a strojevi postoje i u aktivnom i u neaktivnom stanju. Primjerice, sat koji ne radi je i dalje stroj, ali ne i mehanizam s obzirom na to da nije aktivan, tj. skup je dijelova bez aktivnosti. S druge strane: „Biološki mehanizmi čine stvari. Oni pokreću stvari. Oni mijenjaju stvari. Oni sintetiziraju stvari. Oni prenose stvari. Oni čak drže stvari postojanima.“ (usp. Craver i Darden (2013:34)). Biolozi proučavaju mehanizme upravo kako bi otkrili kako mehanizmi djeluju te kako ih je moguće kontrolirati.

Iako strojevi i biološki mehanizmi posjeduju određeni stupanj sličnosti, razlike su prilično velike, a samu srž bioloških mehanizama vidjet ćemo u nastavku rada.

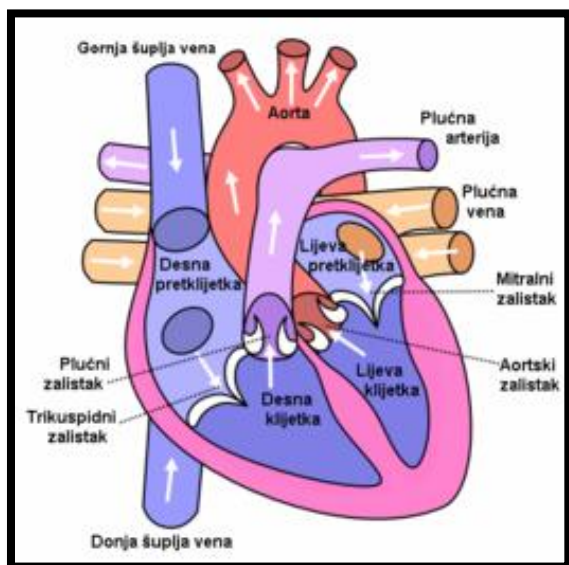
II. 2. 3. Što su mehanizmi?

Rasprava novih mehanicista temelji se na radovima Glennana (usp. (1996) i (2002)), Machamera, Darden i Cravera (usp. (2000))⁷ te Bechtela i Abrahamsen (usp. (2005)). Ovo su prvi članci koji su definirali mehanizme i čije ću definicije izložiti. Prije same definicije bioloških mehanizama, valja istaknuti i dodatne razloge zašto uopće proučavati mehanizme i tako pojasniti znanstveno objašnjenje prisutno u biologiji, tj. tematizirati primjenjivost objašnjenja putem mehanizama. U tu svrhu poslužit ću se primjerom biološkog mehanizma (srcem).

Prije svega, znanstvenici, a pogotovo biolozi, u eksplanatorne svrhe najčešće koriste termin *mehanizam* (Bechtel i Abrahamsen (2005)). Osim toga, i zato što je za zadovoljavajuće znanstveno objašnjenje, pogotovo u biologiji, potrebit opis mehanizma (MDC (2000)). Primjerice, jedan od temeljnih procesa u molekularnoj biologiji – sinteza proteina, je mehanizam kojim stanice stvaraju protein. Osim sinteze proteina, u biologiji možemo pronaći mnoštvo drugih mehanizama koji također opisuju određeni fenomen. Pružajući opis mehanizama pružamo i objašnjenje te bolje razumijevanje proučavanih mehanizama. U konačnici, kvalitetnije i šire znanje o mehanizmima koristi predviđanju, objašnjenju te mogućnosti upravljanja i ovladavanja njima. Svi navedeni razlozi prikazuju važnost koju ima

proučavanje mehanizama za biologiju i ostale srodne znanosti.

Kao jedan od primjera mehanizma može poslužiti srce, kao organ-mehanizam čija je funkcija pumpanje krvi u organizam. Na slici 2 možemo vidjeti sliku srca, mehanizma odgovornog za pumpanje krvi u organizam. Srce se sastoji od nekoliko dijelova, a kao najvažnije možemo istaknuti klijetke, pretklijetke i zaliske. Interakcijom dijelova, tj. kontrakcijom i relaksacijom klijetki i pretklijetki te usmjeravanjem krvi putem zalisaka, dijelovi srca sudjeluju u izvršenju



Slika 2 - dijelovi srca (primjer mehanizma) (Bogut et. al. (2011:262))

⁷ U daljnjem radu referirano s MDC (2000)

funkcije promatranog mehanizma. Kako bi ispunili svoju svrhu pumpanja krvi u organizam, dijelovi srca moraju biti prostorno organizirani te vremenski točni pri izvršavanju svojih zadataka (Bechtel i Abrahamsen (2005:424)).

Imajući u vidu primjer srca kao biološkog mehanizma, možemo uvidjeti definiciju mehanizama kako ju vide temeljni članci rasprave novih mehanicista. Prvu definiciju koju ću izložiti je ona koju su dali MDC (2000):

„Mehanizmi su *entiteti* i *aktivnosti* organizirani u svrhu produktivnosti pravilnih promjena od početnih ili osnovnih uvjeta do završnog stanja.“ (MDC (2000:3))

Drugu definiciju dao je Stuart Glennan (2002) proširenu iz njegovog prethodnog rada (1996):

„Mehanizam koji proizvodi određeno ponašanje je kompleksan sustav koji proizvodi to ponašanje interakcijom dijelova, gdje se te interakcije između dijelova mogu karakterizirati kao generalizacije koje su direktne, konstantne i vezane uz promjenu (*change-relating*).“ (Glennan (2002:344))

Treću definiciju dali su Bechtel i Abrahamsen (2005):

„Mehanizam je struktura koja vrši funkciju temeljem svojih sastavnih dijelova, sastavnih operacija i njihove organizacije. Organizirano funkcioniranje mehanizma odgovorno je za jedan ili više fenomena.“ (Bechtel i Abrahamsen (2005:423))

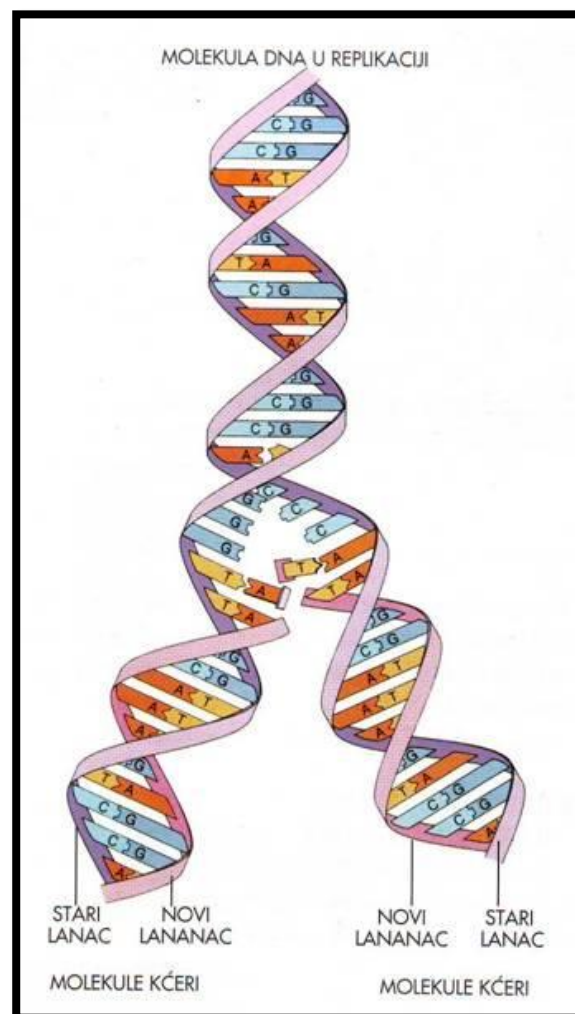
Nakon sagledavanja svih triju definicija možemo reći da su mehanizmi opisani kao organizirana struktura koja sadrži dijelove odgovorne za određeni fenomen. Sastavni dijelovi mehanizma, klijetke, pretklijetke i zalisci odgovorni su za fenomen pumpanja krvi. Samim time, nameće se definiranje dijelova mehanizama, odnosno još detaljniji pogled na mehanizme. U daljnjoj

eksplikaciji definicije koristit ću onu koju su dali MDC (2000) te u nastavku detaljno opisati same mehanizme, počevši od entiteta i aktivnosti.

II. 2. 4. Entiteti i aktivnosti u mehanizmima

U definiciji se pojavljuju termini entitet i aktivnost. Entiteti su dijelovi mehanizma, a aktivnosti ono što entiteti rade. Primjerice, neuron (entitet) otpušta (aktivnost) neurotransmiter (entitet). Organizmi, organi, stanice, makromolekule, itd. su entiteti. Guranje, spajanje, pumpanje, otvaranje, zatvaranje, itd. su aktivnosti (usp. Craver i Darden (2013:34)). Mehanizmi su, dakle, *organizirana* skupina dijelova, entiteta i aktivnosti, koji proizvode nešto što sami dijelovi za sebe ne mogu. Kada se mehanizam opisuje, onda je jedan od ciljeva i pronalazak entiteta i aktivnosti tog mehanizma. Dijelovi unutar mehanizama nisu organizirani samo prostorno (položaj, veličina, oblik itd.) i vremenski (brzina, redoslijed, trajanje itd.), već i aktivno, tj. dijelovi prave razliku putem interakcije koju ne bi činili kada ne bi bili organizirani u obliku mehanizma. Upravo potonja organizacija razlikuje mehanizme od pukih nakupina, kao primjerice nakupine stijena ili hrpe pijeska. Mehanizmi nisu samo zbroj svojih dijelova, već su dijelovi organizirani prostorno, vremenski i aktivno u svrhu vršenja neke novije, naprednije radnje (usp. Craver i Darden (2013:39)).

Entitete i aktivnosti možemo primjerice prikazati na primjeru mehanizma replikacije DNA koja je prikazana na slici 3. Dvostruka se zavojnica DNA (entitet) odmotava (aktivnost), a novi se sastavni dijelovi (entiteti) vežu (aktivnost) na oba dijela odmotane zavojnice DNA. DNA je nukleinska kiselina sastavljena od nekoliko



Slika 3 - replikacija DNA (Pavlica i Balabanić (2009:16))

dijelova kao što su dušične baze i fosfatne skupine. Mehanizam djeluje tako što odvaja zavojnicu te se na novi dio vežu komplementarne baze što u konačnici dovodi do nastanka dviju zavojnica - kopija prvotne DNA.

U ovome primjeru, nukleinska je kiselina entitet koji je smješten i prostorno i vremenski te sudjeluje u radnji – replikaciji DNA. Valja naglasiti kako postoji još dijelova unutar zavojnica DNA, kao što su protoni i neutroni u atomima makromolekula, no oni nisu entiteti-vršitelji (*working entities*) u mehanizmu replikacije DNA kao što je to nukleinska kiselina koja direktno utječe na proces (usp. Craver i Darden (2013:36)).

II. 2. 5. Početni ili osnovni uvjeti i završno stanje

U definiciji koju su predložili MDC (2000), prema kojoj se produktivnost mehanizama uvijek kreće od početnih ili osnovnih uvjeta do određenog završnog stanja, pomalo je idealizirana i pojednostavljena reprezentacija mehanizama. Naime, postoje mehanizmi koji ne djeluju tako linearno. Prethodno opisani primjer replikacije DNA linearni je mehanizam u kojemu postoji nekoliko razina unutar procesa koji se izmjenjuju jedno za drugim do završnog stanja. S druge strane, postoje mehanizmi koji su organizirani u kružnom obliku. Primjerice Krebsov ciklus, tj. metabolički ciklus kod aerobnih organizama u procesu staničnog disanja, prikazuje se u kružnom obliku s proizvodima koji izlaze iz mehanizma, a s otpacima tih proizvoda koji su spremni za ponovni ulazak u mehanizam. Također, postoje i mehanizmi koji se nalaze u osnovi fenomena, a nužno ga ne proizvode, kao npr. akcijski potencijal, mehanizam koji ne proizvodi živčani impuls već se nalazi u njegovoj osnovi (usp. Craver i Darden (2013:37)).

U okviru biologije postoji još mnoštvo mehanizama koji nemaju linearnu strukturu već mogu samo održavati određeno stanje u ravnoteži ili neutralizirati neku promjenu. Međutim, svim je mehanizmima zajednički tijek produktivnosti (*productive continuity*). U mehanizmima jedna razina dovodi do ili se razlikuje od druge, tj. dolazi do promjena i razvoja u mehanizmu. Prema MDC (2000), upravo je jedan od zadataka prilikom istraživanja mehanizama otkriti tijek produktivnosti kako bi se bolje specificirali entiteti i aktivnosti unutar promatranog mehanizma, tj. kako bi se što više podataka saznalo o samome fenomenu.

II. 2. 6. Pravilnost (*regularity*) mehanizama

Mehanizmi su pravilni u smislu da se ponašaju isto ili slično u istim ili sličnim uvjetima. Promotrimo ponovo primjer replikacije DNA. Možemo primijetiti da će mehanizam u istim ili sličnim uvjetima proizvesti isti ili slični rezultat, tj. da će od jedne DNA nastati dvije. U tom smislu možemo reći kako su mehanizmi determinirani. Međutim, kopiranje DNA može imati određena odstupanja, tj. dvije zavojnice mogu biti manje ili više slične prvotnoj ovisno o tome koliko je pouzdano mehanizam kopirao zavojnice ili koliko je drugi mehanizam, mehanizam popravka DNA, uspio ispraviti možebitne pogreške na lancu.

Mogućnost pogreške kod bioloških mehanizama uvelike je određena i uvjetima u kojima se odvija. Ukoliko je organizam ili stanica pod pritiskom ili u stresnoj situaciji, onda će i pravilnost u kopiranju opadati, tj. pojavit će se mutacije i greške u kopiranim lancima DNA. Kod bioloških mehanizama ne možemo sa stopostotnom sigurnošću predvidjeti rezultate mehanizma. U tom smislu ne možemo utvrditi kako su mehanizmi deterministički. Kad tvrdimo da su mehanizmi pravilni, onda to ne znači da su i determinirani, tj. da se već unaprijed zna ishod – proizvod mehanizma. Determinizam je granica pravilnosti kod bioloških mehanizama, no postoje slučajevi u kojima dolazi do odstupanja pa stoga ne možemo reći da je svaki mehanizam determiniran. (usp. Craver i Darden (2013:38)).

II. 2. 7. Više i niže razine mehanizama

Biološki mehanizmi obično posjeduju više razina. Primjerice, krvožilni je sustav mehanizam koji možemo razdijeliti na više razina. Sustav je opisan djelovanjem srca, bubrega, vena itd. Svaki dio krvožilnog mehanizma je mehanizam za sebe. Već smo prethodno vidjeli mehanizam srca te ga razložili na dijelove, tj. prikazali kako klijetke, pretklijetke i zalisci sudjeluju u pumpanju krvi u organizam. Nadalje, dijelovi srca sastavljeni su od stanica, a stanice od još sitnijih dijelova. Ista je stvar i s drugim dijelom krvožilnog sustava – bubrezima koji se također sastoje od sitnijih mehanizama i dijelova. Za svaki promatrani mehanizam možemo reći kako je fenomen za sebe te ga možemo objasniti. Vidljivo je iz primjera kako su dijelovi promatranog mehanizma obično i sami mehanizmi koje također možemo analizirati. Dakle, objašnjenje jednog mehanizma može nas voditi k objašnjenju drugog.

U tom smislu, mehanizme možemo promatrati u svijetlu redukcije. No, treba napomenuti da postoji distinkcija između tradicionalnog shvaćanja redukcije te redukcije kod nižih razina mehanizama. Prema tradicionalnoj redukciji, osnovna ili prvotna razina daje sveobuhvatno objašnjenje za cijeli promatrani fenomen. S druge strane, kod mehanicističkog objašnjenja niže razine promatraju različite fenomene od viših razina. Svaka razina posjeduje svoje vlastito objašnjenje fenomena. Dakle, unutar jednog mehanizma možemo pronaći mehanizme niže razine te tako nastaviti na još niže što je svojevrsno reduciranje početnog mehanizma, međutim, kao što smo vidjeli, svaka razina jest fenomen za sebe sa svojim objašnjenjem. Također, možemo promatrati i više razine od početnog mehanizma te tako promijeniti perspektivu promatranog fenomena i analizirati mehanizme koje obuhvaćaju prvotni, no svaka razina posjeduje i svoj vlastiti fenomen (usp. Bechtel i Abrahamsen (2005:426)). U konačnici, kod mehanizma koji posjeduje više razina postoji razina najvišeg reda, ali i ona najnižeg, tj. razina ispod koje su detalji suvišni ili nam nisu dostupni putem sadašnjeg stanja u znanosti. Naime, promatranje najniže razine mehanizma može biti uvjetovano stanjem u znanosti, odnosno nemogućnošću daljnje analize mehanizma.

Različite razine mehanizama proučavaju različite znanstvene discipline. Primjerice, u više razine spadali bi ekosustavi, populacije te ponašajni obrasci organizama na određenom području, a što proučava ekologija. Nadalje, postoje niže razine, mehanizmi unutar organizma kao što su organi, stanice, makromolekule i manje molekule. Niže razine mehanizama proučavaju neurobiologija te molekularna i stanična biologija. Svaka pojedina disciplina analizira mehanizme ovisno o razini koja ju zanima (usp. Craver i Darden (2013:39)).

No, kao što razine mehanizama možemo promatrati iz perspektive postavljanja granica biološkim disciplinama, možemo ih promatrati i kao sastavne točke u kojima postoji mogućnost međusobne interakcije između disciplina u svrhu razumijevanja fenomena. S jedne strane postoje granice između različitih razina fenomena, a s druge strane, tek suradnjom, integracijom i izgradnjom shema više razina mehanizama možemo doći do većeg razumijevanja analiziranog fenomena. U tom smislu, slojevitost mehanizama upotpunjuje objašnjenje fenomena.

II. 2. 8. Funkcije i mehanizmi

Rasprava o biološkim funkcijama u filozofiji biologije zasebna je tema, no može se uvrstiti i u raspravu o mehanicističkom objašnjenju, s obzirom na to da pripisivanje funkcionalnosti nekom dijelu mehanizma određuje njegovu ulogu u proizvodnji fenomena. Primjerice, već opisan mehanizam srca ima funkciju pumpanja krvi u krvožilnom sustavu. Dakle, funkciju određenog dijela mehanizma pripisujemo analizirajući višu razinu mehanizma, tj. doprinos tog dijela mehanizma fenomenu. U tom smislu, promatramo funkciju u kontekstu doprinosa mehanizmu višeg reda. No, mehanizam koji je dio mehanizma višeg reda, primjerice srce u krvožilnom sustavu, možemo promatrati i zasebno u smislu otkrivanja radnje koju taj mehanizam čini u izolaciji. Iako je svaki mehanizam vezan za ostale unutar mehanizma višeg reda, kao što je srce vezano za kisik, kalorije ili tijelo u kojem se nalazi, ipak posjeduje i radnju koja ga odvaja od drugih mehanizama, kao primjerice srčana kontrakcija koja se događa neovisno o drugim mehanizmima krvožilnog sustava. Dakle, određeni dio mehanizma možemo promatrati u dva pravca – jedan ide u smjeru njegove funkcije prema mehanizmu višeg reda, tj. njegovu ulogu u širem mehanizmu, a drugi prema nižem redu, odnosno promatranja dijela unutar šireg mehanizma zasebno.

U raspravi o funkcijama i funkcijskom objašnjenju možemo razlikovati više teorija o tome što je funkcija. Dva temeljna modela su *etiološki* i *dispozicijski*, no postoje i razne varijacije tih dvaju modela.⁸

Kod etiološkog modela (usp. Wright (1973)) naglasak je na esencijalnoj funkciji određenog svojstva. Pojednostavljeno, etiološki model ističe evolucijsku povijest svojstva koje nosi tu funkciju. Prema tome, srce ima funkciju pumpanja krvi jer je to funkcija koja je doprinijela preživljavanju organizma kroz evoluciju. Wright ističe kako: „Pripisivanje funkcionalnosti nečemu intrinzično vodi samome objašnjenju. Samim spomenom da nekakvo X ima funkciju, pružamo određeno objašnjenje o X-u.“ (Wright (1973:154)). Pripisivanje funkcije povezano je i sa samim objašnjenjem onoga što funkcija čini. Primjerice, kada kažemo da srce pumpa krv, tada smo već pružili objašnjenje i zašto srce postoji – da pumpa krv. No, srce osim što pumpa krv proizvodi i određene zvukove koji su uzrokovani otkucajima. Međutim, činjenica da srce proizvodi zvukove nije i temeljna funkcija srca. Naime, esencijalna

⁸ Primjerice, organizacijski koncept funkcija (usp. Mosio et. al. (2009)), slaba etiološka teorija (usp. Buller (1998) i Šustar i Brzović (2013)) i opće teorija izabranih učinaka (*A generalized selected effects theory*) (usp. Garson (2016)).

funkcija srca jest pumpanje krvi jer je to pomoglo organizmima kroz generacije da prežive. Dakle, funkcije promatramo u uzročno-posljedičnom smjeru u prošlost (etiološki) te tako objašnjavamo kako je organizam (nositelj te funkcije) dospio u današnji svijet (usp. Balorda (2016:11)).

Valja naglasiti kako je etiološki koncept povezan s teorijom evolucije, posebice s prirodnom selekcijom. Naime, prirodna selekcija određuje hoće li funkcija preživjeti kroz generacije, odnosno je li ona esencijalna za organizam. Primjerice, srce jest tu zato što pumpa krv, a biljke posjeduju klorofil zato što pomoću klorofila obavljaju fotosintezu. Osim što tvrdnjom da funkcija X čini Z, objašnjavamo zašto je X tu, također objašnjavamo i kako je X dospio tamo gdje jest – putem prirodne selekcije. Dakle, nije samo tako da biljke posjeduju klorofil kako bi proizvele fotosintezu, već je i fotosinteza posljedica postojanja klorofila u biljkama (usp. Balorda (2016:12)). Dakle, Wrightova formula bi glasila:

„Funkcija X-a jest Z znači:

a) X postoji jer čini Z,

b) Z je rezultat postojanja X-a.“ (Wright (1973:161))

Prvi dio formule (a) odgovoran je za etiološku formu objašnjenja funkcije, a drugi dio (b) za odvajanje esencijalne etiološke funkcije od pseudo-funkcija, tj. funkcija koje nisu esencijalne, kao primjerice zvuk otkucaja srca.

Prema etiološkom modelu, funkcije imaju svrhu, a one koje su esencijalne prenose se prirodnom selekcijom kroz generacije. Dakle, prirodna selekcija odgovorna je za postojanje postojećih funkcija koje daju prednost organizmu nositelju te funkcije (usp. Balorda 2016:12)).

Dispozicijski model (usp. Cummins (1975) i (2002)) stavlja naglasak na doprinos funkcije u sustavu u kojemu djeluje, odnosno ne promatra svrhu zbog koje je funkcija stigla tamo gdje jest kao što to čini etiološki model. Dakle, srce ima funkciju pumpanja krvi jer održava sustav živim, tj. omogućuje distribuciju krvi u organizam. Prema tome, funkcija se može poistovjetiti s dispozicijom, odnosno, ukoliko je funkcija srca pumpanje krvi u sustavu – organizmu, onda srce mora biti sposobno izvršavati funkciju pumpanja krvi. Drugim riječima srce ima dispoziciju za izvršavanje svoje funkcije. Cumminsova formula glasila bi:

„Ako je funkcija od X u sustavu S da čini Y, onda X ima dispoziciju činiti Y u sustavu S.“ (Cummins (1975:758)).

Time što funkcijama pripisujemo dispoziciju, pripisujemo i određenu regularnost – *dispozicijsku regularnost*. Drugim riječima, dispozicija za sobom povlači sigurnost izvođenja funkcije u budućnosti kako bi pridonosila sustavu (usp. Balorda (2016:15)).

Prema dispozicijskom modelu funkcijskog objašnjenja, objašnjenje funkcije povezano je s dispozicijom te funkcije u okviru sustava u kojemu djeluje. U tom modelu promatra se uloga koju funkcija ima prema održavanju sustava u kojemu se nalazi. Dakle, srce ima funkciju pumpanja krvi jer to doprinosi održavanju organizma – sustava u kojemu djeluje.

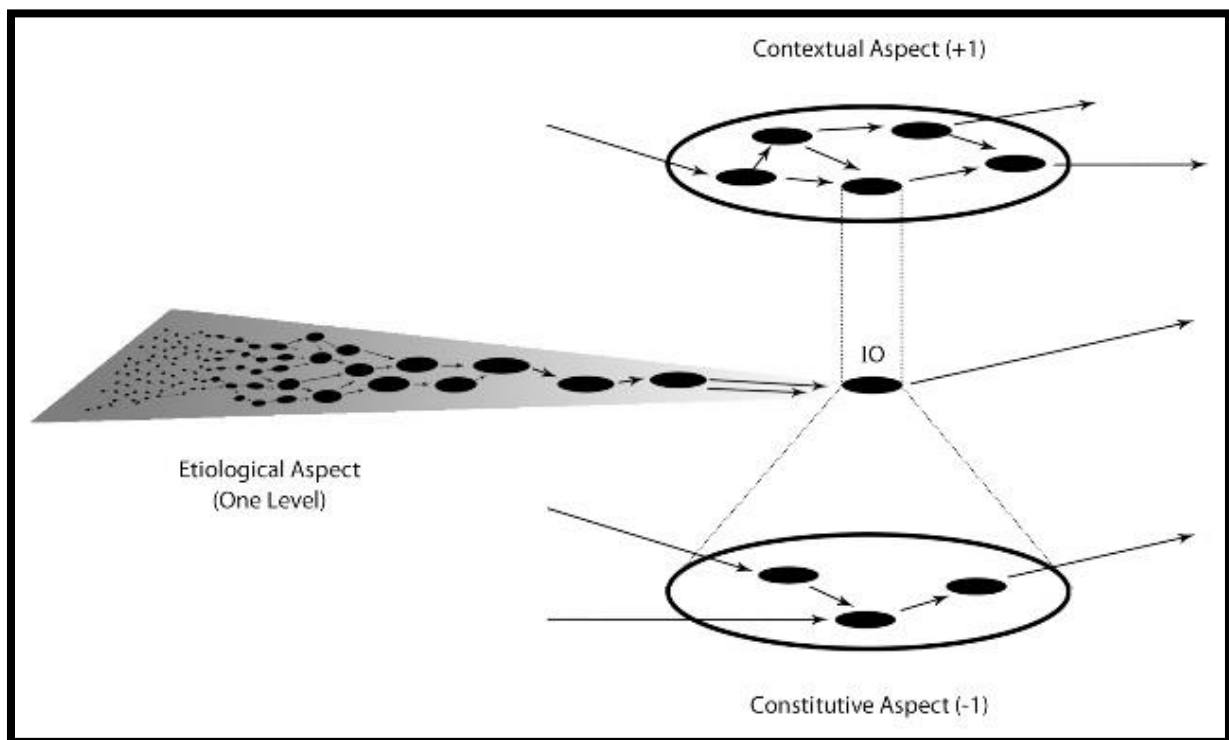
No, također, srce proizvodi i određeni otkucaj koji može imati ulogu funkcije u kontekstu dijagnosticiranja bolesti srca. Dakle, u tom smislu uloga srca analizirana je u kontekstu dijagnostike te su upravo otkucaji srca odgovorni za možebitno preživljavanje sustava – organizma. Prema dispozicijskom modelu funkciju promatramo u odnosu na sustav u kojemu djeluje što znači da ne mora postojati samo jedna esencijalna funkcija kao prema etiološkom modelu. S jedne strane to predstavlja problem u raspravi o funkcijama, s obzirom na to da dispozicijski model ne može raspoznati relevantne od irelevantnih funkcija, kao što to može etiološki model. No, s druge strane, jedan entitet može imati više funkcija u sustavu u kojemu djeluje.

Valja primijetiti kako je dispozicijski model pogodan u smislu analiziranja mehanizama i pružanja mehanicističkih objašnjenja jer promatrani dio mehanizma ima funkciju ovisno o mehanizmu višeg reda u kojemu sudjeluje. Primjerice, funkcija srca da pumpa krv relevantna je u objašnjenju mehanizma krvožilnog sustava, međutim i zvukovi koje proizvode otkucaji srca mogu biti relevantni u objašnjenju dijagnosticiranja bolesti srca. U tom smislu, čini se kako je dispozicijski model bliži mehanicističkom objašnjenju jer promatra važnost određenog entiteta za sustav u kojemu djeluje – primjerice važnost koju jezgra ili citoplazma imaju za stanicu. Stanični organeli imaju po nekoliko funkcija u doprinosu prema sustavu – stanici. No, etiološki model se također može koristiti u mehanicističkom objašnjenju tako što objašnjava kako je uopće neki entitet s funkcijom (ili mehanizam s funkcijom) dospio tu gdje jest. U tom

je smislu Carl Craver razvio svoje perspektivno stajalište (*perspectivalism*) koje ću izložiti (usp. Craver (2001) i (2012)).

Prema Craveru (2012), nova mehanicistička teorija objašnjenja i funkcijsko objašnjenje zajedničkim snagama sudjeluju u istraživanju složenih sustava. Ovisno o funkcijama koje sustav ima stvaraju se interesi i perspektive o promatranom mehanizmu. Interes može ići prema razumijevanju kako dijelovi organizma rade (npr. srce) ili prema objašnjenju njihove uloge u organizmu (npr. uloga srca u ljudskom tijelu). Bez obzira na perspektivu vrlo je važno prepoznati funkciju mehanizma.

Craver (2012) razlikuje tri eksplanatorne perspektive te integrira i etiološki i dispozicijski model funkcijskog objašnjenja kako bi prikazao važnost funkcija u objašnjenju mehanizama. Tri perspektive najbolje ću prikazati koristeći sliku 4.



Slika 4 - tri perspektive objašnjenja (Craver (2012))

Na slici je, u sredini, prikazana složena (IO) funkcija nekog mehanizma. S gornje i donje strane složene funkcije prikazane su dvije različite razine mehanizama (donja, detaljnija razina i gornja, viša razina). Prošlost složene funkcije mehanizma nalazi se s lijeve strane (osjenčani

trokut), a budućnost s desne strane (strelice). Postoje tri perspektive objašnjenja – *etiološka*, *konstitutivna* i *kontekstualna*. *Explanandum* je neki aspekt složene funkcije IO – E.

Etiološka perspektiva objašnjenja na slici se nalazi na lijevoj strani (osjenčani trokut). Ona prati put entiteta i aktivnosti koji su doveli do *explananduma* – E, odnosno objašnjava kako je E dospio ovdje gdje je sada. Ova perspektiva povezana je s prethodno opisanim etiološkim modelom funkcijskog objašnjenja – objašnjenja koje se oslanja na prirodnu selekciju u svrhu objašnjenja esencijalne funkcije.

Konstitutivno objašnjenje objašnjava kako E djeluje. Ono je na slici prikazano kao donja razina – donji mehanizam. Prema konstitutivnom objašnjenju, E se promatra kao tzv. crna kutija (*black box*) koja sadrži entitete i aktivnosti koje se nalaze na toj razini mehanizma. O ovoj razini objašnjenja će još biti riječi u idućem dijelu rada.

Kontekstualno objašnjenje je na slici prikazano kao gornja razina – gornji mehanizam. Promatra kako E djeluje na višoj razini, u odnosu na mehanizam višeg reda. Putem kontekstualnog objašnjenja možemo uvidjeti važnost funkcije u odnosu na viši mehanizam (Craver (2012)).

Sagledavajući funkcijsko objašnjenje s gledišta mehanicističkog, možemo uvidjeti umreženost funkcijskog i mehanicističkog objašnjenja, tj. koliko su ove dvije vrste objašnjenja bliske te koliko mogu surađivati u svrhu definiranja uspješnog znanstvenog objašnjenja. Pronalazak funkcije služi kao prvi korak u promatranju mehanizma, odnosno u daljnjoj fazi analize. Samim time, funkcijsko objašnjenje dovodi do mehanicističkog te je važno u kontekstu otkrivanja dijelova mehanizma, tj. u procesu *dekompozicije* mehanizma. Funkcija određenog entiteta započinje daljnji proces analize mehanizma koji se nalazi u temelju tog entiteta (donja razina na slici 4) ili mehanizma u kojem taj entitet djeluje (gornja razina na slici 4).

U konačnici, možemo zaključiti kako je funkcijsko objašnjenje vrlo važno za mehanicističko. Određenje funkcije ključni je korak u mehanicističkom objašnjenju, tj. na tom temelju počiva analiza mehanizma. Upravo će o kontekstualnom i konstitutivnom objašnjenju biti riječi u idućem poglavlju prikaza mehanizama, tj. dijelova mehanizama.

III. Kako prikazati biološki mehanizam?

Biolozi i znanstvenici općenito prikazuju mehanizme na različite načine. To čine prvenstveno kako bi približili i pojednostavili često vrlo komplicirane mehanizme. U tom smislu postoji nekoliko formi u kojima postoje prikazi. Vrlo su česti slikoviti opisi mehanizama u obliku dijagrama, videa, grafičkih modela i računalnih simulacija. Jedan od mogućih načina prikazivanja mehanizama je i na slici 5 (na 38. str.), na kojoj je prikazan pojednostavljeni mehanizam sinteze proteina, tzv. centralna dogma molekularne biologije.

Također, mehanizmi mogu biti opisani i u narativnom obliku. U svakom slučaju, prikazi mehanizama koriste nam kako bismo predočili entitete i aktivnosti u mehanizmu od početka do kraja procesa. Pomoću prikaza biolozi mogu opisati mehanizam, istražiti, predvidjeti i kontrolirati fenomen.

Razne forme prikaza koriste se u različite svrhe. Primjerice, matematički modeli mogu dati točna predviđanja fenomena, simulacije mogu prikazati predviđene modele, a dijagram može prikazati raspored entiteta i aktivnosti putem kojih oni djeluju u organizaciji. Prikazi su vrlo važan alat kojim se služe znanstvenici, stoga promatranje formi reprezentacija često otkriva i način na koji su znanstvenici otkrili i objasnili fenomen (usp. Craver i Darden (2013:47)).

U ovome poglavlju posebna pažnja bit će usmjerena na analizu prikaza strukture mehanizama – detaljima i mehanizmima u cjelini (*completeness*). Najveću pažnju posvetit ću problemu apstrakcije i specifikacije, tj. razmatranju koji proces ima veću eksplanatornu moć (*explanatory power*). U tom pogledu, prikazat ću kako u specifikaciji, odnosno u detaljima, a ne u apstrakciji, leži eksplanatorna moć mehanizama. No, prije toga, prikazat ću raspravu o ontičkim i epistemičkim objašnjenjima koja je u srži rasprave o apstraktnosti i specifikaciji mehanizama.

III. 1. Ontičko ili epistemičko objašnjenje?

Distinkcija ontičko/epistemičko u mehanicističkoj debati potječe od već spomenutog autora – Wesleya Salmona (usp. (1984)). Putem termina ontičko, odnosno epistemičko, želi se istaknuti kako postoje dva načina pomoću kojih se mogu promatrati znanstvena objašnjenja. Salmon smatra kako: „epistemička koncepcija promatra znanstvena objašnjenja kao argumente...“, a „ontička koncepcija promatra objašnjenja kao način uklapanja onoga što treba objasniti u prirodne obrasce ili pravilnosti (*natural patterns or regularities*)...“ (Salmon (1984:293)).

Moderna mehanicistička rasprava, tj. novi mehanicisti, preuzela je Salmonovu terminologiju kako bi razlikovala dva pogleda na prirodu mehanicističkog objašnjenja. Vodeći autor ontičkog pogleda je Carl Craver (usp. (2007)), a epistemičkog William Bechtel (usp. (2008)).

Ontički pogled na mehanicističko objašnjenje promatra mehanizme kao činjenice koje postoje u svijetu, tj. objašnjenje samo prikazuje i izlaže nešto iz uzročne strukture koja postoji u svijetu. Craver smatra kako: „mehanicističko objašnjenje zahtjeva uklapanje fenomena u uzročnu strukturu svijeta.“ (Illari (2013:238)). Drugim riječima, objašnjenje nije samo tekst ili reprezentacija, već se odnosi na činjenicu u svijetu, tj. mehanizam objašnjava samoga sebe (*mechanism itself explains*). Štoviše:

„relevantna domena ontičkog objašnjenja je stvarni svijet s uzročnom strukturom u kojoj postoje neki entiteti i aktivnosti koje su organizirani u mehanizme te su barem neki od tih mehanizama mehanicistička objašnjenja – mehanizam objašnjava fenomen za koji je odgovoran.“ (Illari (2013:239))

Craver nadalje, kako bi podupro svoju tezu, navodi kako postoje fenomeni za koje znamo a koji posjeduju objašnjenje, no mi ga još ne znamo, a možda ga nikada nećemo ni znati, odnosno, još neopisani mehanizmi posjeduju objašnjenje sami po sebi iako ih mi još nismo otkrili. Također valja istaknuti, a što će biti važno u idućem dijelu rada, da objašnjenja koja ne sadrže ontičke entitete, kao što su neki dijagrami ili jednadžbe, nemaju eksplanatornu moć s obzirom na to da ona sama ne proizvode nikakav fenomen u svijetu. S druge strane Bechtel, zagovornik epistemičkog pogleda, smatra kako su jednadžbe i dijagrami neophodni za mnoga

objašnjenja (Illari (2013:240)). Valja istaknuti kako i Craver smatra dijagrame i jednadžbe važnima, ali im ne pridaje eksplanatornu moć kao što to čini Bechtel.

Epistemički pogled na mehanicističko objašnjenje promatra opis mehanizma koji posjeduje eksplanatornu moć, a ne mehanizam sam po sebi. Drugim riječima: „Bechtel smatra kako je objašnjenje snažno povezano s razumijevanjem te je ono temeljno ljudska aktivnost: „Objašnjenje je fundamentalno epistemička aktivnost vršena od strane znanstvenika' (Bechtel (2008:18)).“ (Illari (2013:238)).

Možemo reći kako je Bechtelov pogled blizak *psihologizmu*, tj. kako objašnjenje izaziva tzv. *aha* osjećaj kod subjekta. Međutim, jedan od mogućih prigovora ovakvome razmatranju polazi od ideje da znanost ne bi trebala subjektu pružati samo puki osjećaj da razumije fenomene u svijetu, već mu omogućiti da ih doista razumije. No, intencija Bechtela svakako jest ta da objašnjenje proizvodi znanje. Drugim riječima, mehanicistička objašnjenja su tekstovi ili objašnjenja čiji je cilj proširiti znanje o mehanizmima. Prema epistemičkoj koncepciji opis je taj koji objašnjava (Illari (2013:239)).

U prilog Bechtelovoj tezi idu primjeri kod kojih fenomen opstaje iako je mehanizam koji ga je proizveo nestao, tj. objašnjenje i dalje postoji iako mehanizma više nema u svijetu koji promatramo. Primjerice, protein je proizveden iz DNA putem mRNA, no ona je obično razbijena odmah nakon što je iskorištena, a protein opstaje (Illari (2013:239)).

Rasprava ontičko/epistemičko vrlo je bogata te osim crta razgraničenja postoje i crte spajanja ovih dvaju pogleda⁹, međutim za daljnji tijek rada, ne ulazeći u daljnju raspravu o ontičko/epistemičkoj distinkciji, potrebno je istaknuti dvije stvari koje će biti važne u idućem dijelu: (1) ontički pogled stavlja fokus na mehanizam koji sam po sebi posjeduje eksplanatornu moć i (2) epistemički pogled stavlja fokus na opis mehanizma koji posjeduje eksplanatornu moć. Imajući u vidu ove dvije definicije ontičkog i epistemičkog pogleda na mehanicističko objašnjenje, prva će imati veći utjecaj u pogledu procesa specifikacije i detalja prilikom prikazivanja mehanizama, a potonja će biti usmjerena na viši stupanj apstrakcije u mehanicističkoj reprezentaciji.

⁹ Naime, neslaganje Cravera i Bechtela u ontičko-epistemičkoj distinkciji nije varijacija rasprave realista i instrumentalista, s obzirom da i Bechtel smatra kako mehanizmi zaista postoje u prirodi, no prema njemu je opis taj koji ima eksplanatornu moć. S druge strane, Craver stavlja naglasak na mehanizme koji se nalaze u prirodi koji su eksplanatorni već sami po sebi, no smatra kako je opis također važan za razumijevanje mehanizama koji se nalaze u prirodi. Stoga, valja istaknuti kako nije posve jasna razlika između ova dva autora koji u konačnici zastupaju oba gledišta s razlikom da jedan naglašava ontičko stajalište, a drugi epistemičko.

U nastavku rada prikazat ću svoju tezu, na Craverovu tragu, kako specifikacija, tj. veći stupanj detalja u reprezentaciji mehanizma, posjeduje veću eksplanatornu moć. Visoko apstraktne reprezentacije mehanizama korisne su u svrhu razumijevanja samog mehanizma koji proizvodi fenomen, međutim detaljniji prikaz mehanizma je taj koji objašnjava, odnosno, što smo bliže stvarnom mehanizmu, to je veća eksplanatorna moć. Prvo ću prikazati proces apstrakcije u okviru rasprave novih mehanicista, a zatim specifikacije gdje ću izdvojiti tri koraka u procesu mehanicističkog objašnjenja te naglasiti onaj koji ima najveću eksplanatornu moć.

III. 2. Proces apstrakcije mehanicističkog objašnjenja

Apstrakcija je pojam koji se koristi, kako u svakodnevnom govoru, tako i u znanstvenom. Možemo ju definirati kao odsustvo detalja, tj. apstrakcija sadrži manju količinu detalja kako bi pojednostavila promatrani subjekt. Što je viši stupanj apstrakcije to je sadržano manje detalja i obratno. Koristeći apstrakciju pri prikazivanju, mehanizam se pojednostavljuje u svrhu lakšeg razumijevanja.

Kako bi se organizacija nekog složenog mehanizma razumjela, potrebno je ponekad izostaviti određene dijelove u samom prikazu mehanizma. No, potrebno je vidjeti znači li više apstrakcije i bolje objašnjenje. Mišljenje autora Levyja i Bechtela (usp. (2013)) je sljedeće:

„Uvijek je moguće, a mi smatramo i često poželjno, propustiti konkretnije aspekte sustava te reprezentirati organizaciju apstraktno - kao skup veza između elemenata jer će često takvi manje detaljni prikazi biti bolji u svrhu objašnjenja.“ (Levy i Bechtel (2013:255))

Njihova pozicija ide u smjeru da proces apstrakcije, tj. proces u kojemu se zanemaruju detalji u svrhu boljeg objašnjenja, posjeduje eksplanatornu moć, odnosno tvrde da: „...apstraktno povezivanje objašnjava zašto mehanizam vrši određenu radnju...“ (Levy i Bechtel (2013:245)).

Drugim riječima, u ovome radu, Levy i Bechtel zastupaju epistemički pogled mehanicističkog objašnjenja. Apstraktan opis mehanizma posjeduje eksplanatornu moć i objašnjava fenomen.

Njihovo viđenje je u suprotnosti s Craverovim. On također smatra kako su apstrakcije i apstraktni prikazi važan alat u razumijevanju mehanizama, ali ne pridaje mu eksplanatornu moć kao što to čine Levy i Bechtel. Naime, smatra kako prikaz s više detalja posjeduje veću eksplanatornu moć nego apstraktni opis (usp. Craver (2007)). Također u svom recentnom radu (usp. Craver i Kaplan (2018)) zastupa isto gledište koje temelji upravo na prethodno opisanom ontičkom pogledu. Drugim riječima, mehanizme i uzročne procese u njima nalazimo u prirodi te mehanizmi na neki način objašnjavaju same sebe.

III. 3. Proces specifikacije mehanicističkog objašnjenja

Na Craverovom tragu (ontičkom) bit će i moje stajalište u nastavku rada. Također ću zastupati gledište prema kojemu detaljnija slika veže i veću eksplanatornu moć, ali i da su apstraktni modeli korisni za razumijevanje mehanizama. Mehanizam ima veću eksplanatornu moć ako su istaknuti detalji te ako je prikaz bliži realnom mehanizmu u prirodi. S druge strane, visoko apstraktni prikazi pomažu nam u boljem razumijevanju složenih mehanizama. Prikazujući tri stupnja u procesu objašnjenja fenomena, istaknut ću drugi stupanj – specifikaciju kao onaj stupanj u kojemu leži eksplanatorna moć.

Prije iznošenja svoga stajališta, opisat ću distinkciju koju su dali MDC (2000), a koja zahvaća procese apstrakcije i specifikacije. Naime, prema njihovoj terminologiji, postoje skice mehanizama (*mechanism sketch*) i sheme mehanizama (*mechanism schema*). Skice mehanizama apstraktni su modeli koji opisuju detalje mehanizama, no posjeduju određene tzv. crne kutije (*black-boxes*) koje označavaju nepoznate relevantne podatke o promatranom mehanizmu. Sheme mehanizama su također apstraktni modeli prema kojima su detalji poznati, međutim izostavljaju se jer su irelevantni za promatrani mehanizam.

Skice mehanizama možemo poistovjetiti s prethodno spomenutom apstrakcijom višeg reda koja posjeduje tzv. crne kutije, odnosno nepoznate detalje mehanizma. Samim time dvojbeno je pripisati veliku eksplanatornu moć apstrakcijama višeg reda, odnosno vrlo apstraktnim prikazima mehanizama. S druge strane, sheme mehanizama isto su apstraktni modeli mehanizama, no zadržavaju neke relevantne detalje, odnosno crne su kutije ispunjene relevantnim informacijama za proces objašnjenja. Drugim riječima, shema mehanizama sadrži veću eksplanatornu moć u odnosu na eksplanatornu skicu, ponajviše zato što sadrži relevantne

detalje u svrhu objašnjenja promatranog mehanizma. Na tragu važnosti sheme mehanizama ići će i moje daljnje razmatranje procesa objašnjenja fenomena.

Modificirajući model Cravera i Kaplana (2018), smatram kako možemo izdvojiti tri stupnja u procesu objašnjenja. Stupnjevi su sljedeći: (1) *prikupljanje* svih mogućih podataka ili veće skupine podataka koji su primjerice prikupljeni u velikim znanstvenim projektima kao što su HGP¹⁰ i ENCODE¹¹ u genomici; (2) *izdvajanje* svih relevantnih podataka za objašnjenje fenomena, odnosno podataka koji će biti korišteni u svrhu razumijevanja mehanizma; (3) *apstrahiranje*, odnosno korištene skice i modeli u svrhu reprezentacije mehanizma odgovornog za fenomen.

U prvom stupnju (1) procesa objašnjenja, znanstvenici prikupljaju svu moguću količinu podataka o određenom fenomenu ili o više fenomena ovisno o cilju koji se želi postići. Primjerice, spomenuti HGP i ENCODE projekti prikupili su veliku količinu podataka vezanih uz ljudski genom kako bi ih znanstvenici koristili za daljnja objašnjenja u okviru biologije. Upravo iz te ogromne baze podataka znanstvenici mogu izdvojiti one podatke koji su im potrebni prilikom razumijevanja mehanizma koji je odgovoran za promatrani fenomen. Obično se prikupljanje velike količine podataka vrši po prethodno utvrđenim kriterijima u odnosu na ciljeve koji su zacrtani.¹² Izdvajanje relevantnih podataka iz veće količine vodi nas do drugog stupnja (2) u procesu. S obzirom na to da se u ovom stupnju prikupljaju svi relevantni podaci za objašnjenje fenomena, moguće je upotpuniti određene crne kutije mehanizma odgovornog za promatrani fenomen. Odvajanje relevantnih podataka od irelevantnih pomaže u procesu ispunjavanja nepoznatih dijelova mehanizama kako bismo objasnili fenomen. Posljednji korak u proces objašnjenja, treći stupanj (3), odnosi se na apstrakciju višeg reda u odnosu na drugi stupanj. Izostavljaju se relevantni podaci te se mehanizam pojednostavljuje u svrhu lakšeg razumijevanja. Složene mehanizme lakše ćemo razumjeti ukoliko su nam prikazani pojednostavljeno. No, u trećem stupnju nije sadržana eksplanatorna moć kao što je sadržana u drugome stupnju gdje je mehanizam objašnjen putem svih relevantnih podataka te su crne kutije ispunjene, a time je i fenomen objašnjen. Kako bih ilustrirao navedena tri stupnja u procesu objašnjenja, iskoristit ću primjer sinteze proteina u molekularnoj biologiji.

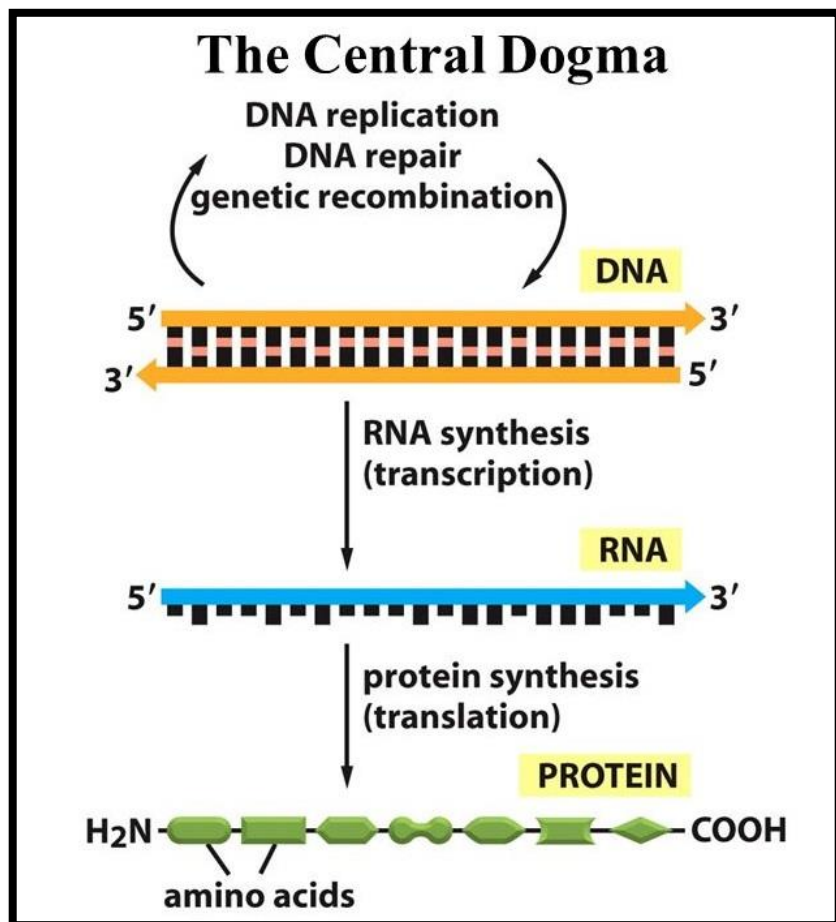
¹⁰ HGP (*Human Genome Project*) je međunarodni znanstveni program čiji je cilj analiza i mapiranje ljudskog DNA, ali i DNA drugih organizama. Projekt je pokrenut 1990., a dovršen je 2003. godine.

¹¹ ENCODE (*Encyclopedia of DNA Elements*) je projekt s ciljem identificiranja funkcionalnih elemenata u ljudskom genomu. Projekt je nastavak na HGP te je započeo 2003. godine. Prošao je nekoliko faza, a od 2017. nalazi se u četvrtoj fazi.

¹² Primjerice, u HGP-u se koristila bioinformatika – računalna tehnologija i statistička metoda

Centralna dogma ili sinteza proteina paradigmatski je primjer mehanizma. To je mehanizam koji pomaže stanicama stvarati proteine, čime u konačnici organizam preživljava. Obično se apstraktno prikazuje kao formula: DNA → RNA → protein. Ova formula bi bila apstrakcija najvišeg reda te bi spadala u treći stupanj procesa objašnjenja. Valja istaknuti kako postoji više načina prikaza formule sinteze proteina, a koje bi i dalje spadale u treći stupanj, s obzirom na to da još uvijek ne prikazuju širu sliku, tj. detalje putem kojih je zaista i objašnjen fenomen sinteze proteina. Jedan od primjera takve reprezentacije je i prikaz na slici 5. Naime, na ovom prikazu imamo više detalja, kao primjerice istaknute procese replikacije, transkripcije

i translacije. Osim toga, prikazani su i dijelovi zavojnica DNA i RNA. Međutim, i dalje nedostaje nešto više detalja koji bi upotpunili objašnjenje mehanizma. Primjerice, detalji vezani uz procese replikacije, transkripcije i translacije (aktivnosti) te položaja entiteta (npr. ribosom) koji sudjeluju u procesu sinteze. Treći stupanj u procesu objašnjenja mehanizama koristan je alat u svrhu lakšeg razumijevanja jer je iz ovoga prikaza (slike 5) vrlo



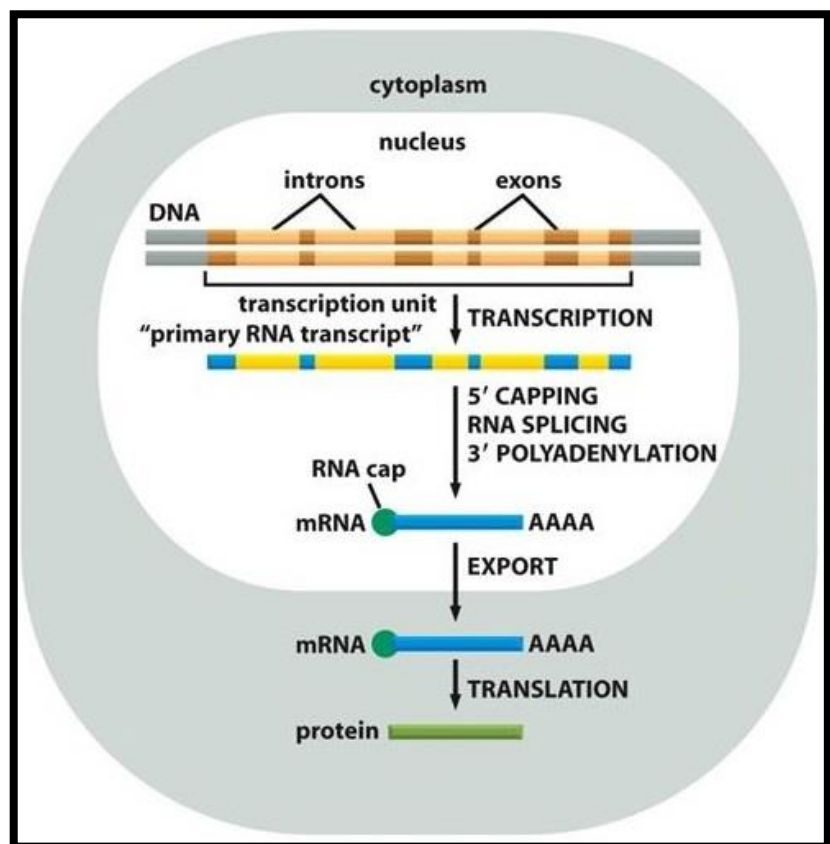
Slika 5 - sinteza proteina (Alberts et. al. (2015:299))

sažeto i jasno istaknut proces sinteze proteina, ali eksplanatorna moć mehanizma ne leži u sažetom prikazu, već se nalazi u proširenoj slici, s većim stupnjem specifikacije, koja sadrži i cjelokupno objašnjenje sinteze proteina. Zamislimo li osobu koja tek prvi put vidi vrlo apstraktan prikaz procesa sinteze proteina, teško je vjerovati da će joj biti jasno kako to mehanizam točno proizvodi fenomen – u ovom slučaju protein. Tek će daljnjim otkrivanjem detalja te specifikacijom slijeda „DNA → RNA → protein“ objašnjenje biti potpuno. Upravo

se to događa u drugom stupnju procesa objašnjenja u kojemu je mehanizam prikazan sa svim relevantnim detaljima kako bi objašnjenje bilo potpuno.

Mehanizam sinteze proteina zasigurno je objašnjen tek kada se u potpunosti prikažu i njegovi dijelovi i procesi. Sam mehanizam sadrži nekoliko entiteta, kao primjerice: DNA, RNA, ribosom, RNA polimerazu, represore, aktivatore, kodone, antikodone itd. Također ima i nekoliko aktivnosti kao što su: repliciranje, transkripcija, translacija, povezivanje, modificiranje, razbijanje, stabiliziranje itd. (Illari i Williamson (2010:284)). Tek njihovim shvaćanjem i isticanjem detalja moguće je i objasniti sintezu proteina. Primjerice, na slici 6 istaknuto je nešto više detalja u procesu sintetiziranja proteina. Objašnjenje bi bilo potpuno uz

dodatan detaljniji opis transkripcije i translacije te funkcija entiteta te uz možebitnu računalnu simulaciju mehanizma. Dakle, do objašnjenja dolazi uključivanjem detalja u prikaz mehanizma. Nije dovoljan samo visoko apstraktni model, već i detaljiziran model putem kojeg je mehanizam objašnjen. Naravno, apstrakcija ima svoje prednosti u svrhu lakšeg razumijevanja i isticanja pojednostavljene strukture, no eksplanatorna moć zaista



Slika 6 - specifičiraniji prikaz sinteze proteina (Alberts et. al. (2015:315))

leži u drugom stupnju, odnosno u reprezentaciji mehanizama koja sadrži sve relevantne podatke.

Dakako, kako bismo došli do drugoga stupnja potreban nam je prvi, tj. stupanj u kojemu se prikupljaju svi podaci o nekom fenomenu. Primjerice, tek otkrićem stanice pa potom njenih dijelova, omogućeno je uopće i otkriti mehanizam sinteze proteina. U samoj stanici ima još podataka, no oni su u slučaju objašnjenja sinteze proteina irelevantni. Izdvajanjem relevantnih

podataka za mehanizam sinteze proteina omogućeno je objašnjenje fenomena stvaranja proteina u stanici.

U konačnici, sva tri stupnja objašnjenja mehanizama vrlo su važna te se međusobno nadograđuju i upotpunjuju. Bez prvog stupnja i prikupljanja većeg broja podataka ne bi bilo moguće izdvojiti manju, tj. relevantnu skupinu podataka za objašnjenje. Također, i treći je stupanj građen na temeljima drugoga, s obzirom da se neki dijelovi objašnjenja izostavljaju kako bi se mehanizam simplificirao.

U svakom slučaju, čini se kako eksplanatorna moć leži u drugom stupnju, tj. u relevantnim podacima mehanizma koji nam objašnjavaju fenomen. Apstrakcije višeg reda koriste se tek u svrhu pojednostavljenja kompleksno objašnjenih mehanizama te u njima nije sadržana eksplanatorna moć, kao što to nije slučaj ni s prvim stupnjem gdje se nalaze i relevantni i irelevantni podaci.

Dakle, prema stajalištu koje zastupam, izdvojio sam tri stupnja u procesu objašnjenja – prikupljanje, izdvajanje i apstrahiranje podataka. Uz pomoć primjera sinteze proteina pokazao sam kako u drugom stupnju procesa leži eksplanatorna moć - stupnju u kojemu su istaknuti svi relevantni podaci u svrhu objašnjenja fenomena. Prvi stupanj služi kao baza podataka za drugi stupanj, a treći služi u svrhu jasnijeg prikazivanja složenih mehanizama, odnosno u svrhu razumijevanja.

Daljnji problem koji se nameće tiče se određivanja relevantnih podataka. Naime, u prvom stupnju, primjerice kao kod projekta HGP, otkriva se mnogo podataka među kojima se odabiru relevantni u svrhu objašnjenja mehanizma, a irelevantni se odbacuju. Potrebno je razlučiti relevantne od irelevantnih podataka, a u tu svrhu važno je imati kriterije koji će pomoći u izdvajanju relevantnih podataka.

III. 3. 1. Kako odrediti koji su podaci relevantni za objašnjenje mehanizma?

Kao što smo već uvidjeli, u svrhu objašnjenja fenomena potrebno je razlučiti mehanizam na dijelove. Putem specifikacije, tj. detaljiziranja mehanizma, dolazimo do kvalitetnog objašnjenja te je „tu“ sadržana eksplanatorna moć mehanizma. No, nije jasno koliko je potrebno ići u detalje kako bi se mehanizam objasnio.

U tom smislu važno je odrediti kriterije, tj. one podatke koji su relevantni za objašnjenje mehanizama. Jedan od mogućih odgovora na postavljeno pitanje iz naslova odjeljka ide u smjeru da biolozi sami određuju vlastite kriterije po kojima će izdvojiti podatke i objasniti fenomen. To nas vodi u smjeru *kontekstualizma*, odnosno eksplanatornu moć u drugome stupnju procesa objašnjenja određuju biolozi prema kontekstu svog istraživanja. Naime, prilikom procesa u kojem se traga za objašnjenjem fenomena, na samim biolozima je određivanje kriterija relevantnosti. Drugim riječima, nedostaje unificirani kriterij po kojemu će se odrediti koliko određeni mehanizam sadrži relevantnih podataka u svrhu objašnjenja, odnosno biolozi određuju, ovisno o promatranom fenomenu, na koji će način objasniti fenomen i koje će podatke koristiti u tu svrhu. Ovisno o tome koje istraživanje provode, tj. ovisno o fenomenu koji promatraju, bio to fenomen iz područja ekologije, neuroznanosti ili molekularne biologije, znanstvenici različito, s obzirom na kontekst istraživanja, određuju relevantne podatke kako bi objasnili promatrani fenomen. U tom smislu, možemo reći kako kontekstualizam ostavlja prostor istraživačima da sami, ovisno o kontekstu, izdvajaju relevantne podatke što, s obzirom na vrlo složen biološki svijet, može biti dobar odabir određivanja relevantnih podataka. Drugim riječima, biologija i živi sustavi (*life sciences*) imaju vrlo široko područje istraživanja u kojemu postoje različiti fenomeni koji zahtijevaju različite pristupe istraživanjima. Primjerice, drugačijim metodama će objašnjenju fenomena pristupiti ekolog, a drugačijem molekularni biolog jer su fenomeni promatranja različiti, odnosno ekolog može objašnjavati neki fenomen u okviru cijele životinjske populacije, a molekularni biolog fenomen u okviru ljudske stanice. S obzirom na to da postoje velike razlike u samoj biologiji teško je pronaći određeni kriterij koji će odgovarati različitim biološkim disciplinama. U tom smislu, kontekstualizam je pozicija koja zahvaća iznimno bogat biološki svijet koji sadrži širok spektar fenomena kojima se pristupa na različit način, tj. različitim metodama istraživanja u svrhu objašnjenja, odnosno pozicija je koja dopušta raznovrsnost kriterija koji su ovisni o biolozima-istraživačima promatranog fenomena.

S druge strane, iako je biološki svijet iznimno raznovrstan te postoji mnogo različitih primjera mehanizama koji su često vrlo udaljeni po svom sastavu, ipak se čini da može postojati određeni unificirani kriterij prema kojemu se može odrediti dovoljna razina specifikacije mehanizma. Kriterij nudi Tudor Baetu (2015) u obliku matematičkih modela kao mogućeg rješenja. Prema njemu:

„Matematičko modeliranje pruža dostupnu zamjenu za nešto što nedostaje u biologiji: teoretski aparat izražen putem matematičkog jezika koji omogućuje izradu objašnjenja i hipoteza sposobnih za precizno kvantitativno predviđanje.“ (Baetu (2015:785))

Primjerice, ako matematički model pogriješi u izračunavanju fenomena koji je proizveden od strane mehanizma, značilo bi da nešto nedostaje u objašnjenom mehanizmu, odnosno da je mehanizam nepotpun i zahtjeva daljnju specifikaciju. S druge strane, ako rješenje matematičkog modela korespondira s eksperimentalnim mjerenjima promatranog fenomena, značilo bi da je mehanizam dovoljno objašnjen, tj. da daljnja specifikacija nije potrebna (Baetu (2015:781)).

Jedan od primjera kako matematički model može uspješno djelovati je i primjer represilatora (*repressilator*), tj. umjetnog molekularnog oscilatora koji je utemeljen na matematičkom modelu pomoću kojega predviđa oscilacije u procesu regulacije transkripcije gena (usp. Baetu (2015:782)). Upravo taj model pokazao je kako matematički modeli mogu predvidjeti kako će mehanizam transkripcije djelovati, a to čine upravo zato što je sam mehanizam kvalitetno objašnjen, tj. potrebno je znati sve relevantne podatke mehanizma kako bismo onda dobili fenomen tog mehanizma pomoću represilatora. Drugim riječima, ako mehanizam sadrži sve relevantne podatke, onda će i njegov matematički model uspješno proizvesti fenomen, a samim time možemo reći kako smo uspješno opisali mehanizam jer je upravo on odgovoran za fenomen koji smo proizveli.

Autor zaključuje kako:

„Iako matematičko modeliranje ne može konkurirati sveobuhvatnim teorijama iz fizike, ipak može pružiti koristan način evaluacije razine cjelovitosti podataka u

mehanicističkom objašnjenju. U bilo kojemu vremenu tijekom projekta, istraživači mogu stati, spojiti sve dijelove podataka koje su prikupili u mehanicistički opis mehanizma te ih potom matematički modelirati kako bi provjerili jesu li na pravom putu, odnosno proizvodi li promatrani mehanizam fenomen koji žele objasniti.“ (Baetu (2015:785))

Dakle, prema autoru, i dalje ne možemo reći kako matematičko modeliranje može biti univerzalni kriteriji za provjeravanje dovoljne specifikacije pri objašnjenju bioloških mehanizama, no može poslužiti kao donekle uniformirajući alat prilikom izdvajanja relevantnih podataka za objašnjenje. U tom smislu, matematičko je modeliranje potencijalni kandidat za kriterij izdvajanja relevantnih podataka prilikom mehanicističkih objašnjenja.

Postoje primjeri, kao što je opisani represilator, pomoću kojih matematički model može otkriti jesu li uključeni svi relevantni kriteriji u objašnjenje. Samim time, to je jedan od mogućih kriterija za određivanje relevantnosti u drugome stupnju procesa objašnjenja. No, biološki je svijet iznimno raznovrstan, o čemu govori i Baetu (2015), stoga je teško za pretpostaviti kako će se relevantni podaci za svaki fenomen odrediti matematičkim modelima. Drugim riječima, matematički model precizna je metoda određivanja relevantnih metoda, ali je ograničena dometa, tj. ne možemo ju iskoristiti za svaki biološki fenomen. Primjerice, čini se kako je u evolucijskoj biologiji vrlo teško primijeniti matematički model. Naime, vrlo je teško predvidjeti ishode evolucije, a samim time je gotovo ne moguće napraviti matematički model koji bi potvrdio kako je neki mehanizam u okviru evolucijske biologije obuhvatio sve relevantne podatke u svrhu objašnjenja fenomena.

Nadalje, zasigurno postoje kvalitetna objašnjenja u biologiji za koja nisu potrebni matematički modeli u svrhu određivanja relevantnosti podataka. S obzirom na već spomenutu bio-raznolikost, za pretpostaviti je da postoji još kriterija koji također potvrđuju cjelovitost opisanog mehanizma kao što to čini matematički model. U tu svrhu, čini se kako pozicija kontekstualizma upravo obuhvaća raznolikost u biologiji i živim sustavima te kako biolozi, ovisno o promatranom fenomenu, sami određuju relevantne podatke. Međutim, matematički modeli kao kriterij obuhvaćaju mnoga objašnjenja, odnosno kontekstualizam ne treba promatrati u smislu da postoji neizmjereno mnogo različitih kriterija, tj. da gotovo svaki istraživač koristi različite metode, već na način da postoji nekolicina metoda, a da je jedna od njih zasigurno i kriterij matematičkih modela. Drugim riječima, za izvlačenje relevantnih podataka istraživači koriste nekoliko metoda, tj. postoji nekoliko unificirajućih kriterija, što je

i za očekivati, s obzirom na vrlo bogat biološki svijet i opseg fenomena koji zahtijevaju objašnjenje.

Naravno, pitanje o tome koji su podaci relevantni za objašnjenje zahtijeva daljnja razmatranja te potragu za kvalitetnim rješenjima i dodatnim kriterijima za određivanje relevantnosti, odnosno pronalazak drugih kriterija sličnih matematičkom modelu koji će pokriti širi opseg prilikom određivanja kriterija u svrhu objašnjenja fenomena. Budući radovi zasigurno će pokušati pronaći druga rješenja ovome problemu, s obzirom na to da je potrebno utvrditi kriterije kojima će se jasno izdvojiti relevantni kriteriji u okviru znanstvenog objašnjenja mehanizma odgovornog za promatrani fenomen.

Zaključak

U svrhu razmatranja načina kojim znanstvenici objašnjavaju svijet, ovaj se rad poglavito bavio mehanicističkim objašnjenjem kao trenutno vodećim u okviru bioloških znanosti. No, analiza strukture znanstvenog objašnjenja započela je s deduktivno-nomološkim i induktivno-statističkim modelima objašnjenja koje je razvio Hempel. Ovaj rad sam upravo započeo iznoseći Hempelove modele koji služe kao temelj svim daljnjim analizama znanstvenog objašnjenja. Osim samog prikaza modela pružio sam i kritike koje su upućene te koje su dovele do daljnjeg razvoja ideja o strukturi objašnjenja. U tom smislu, naglasio sam ulogu uzročno-mehaničke teorije koja je nastojala riješiti nedostatke Hempelovih modela. Posebno sam istaknuo uloge Railtona i Salmona koji uvode ideje mehanizama i uzročnosti kako bi upotpunili pristup kojim znanstvenici objašnjavaju fenomene. Na temeljima ideja mehanizma i uzročnosti nastaje i nova mehanicistička teorija koja je bila u fokusu ovoga rada.

Prikazujući nove mehaniciste, nastojao sam pružiti pregled nove mehanicističke rasprave tako što sam prikazao tri temeljne definicije mehanizama. U nastavku rada sam analizirao samu definiciju te dodatno pojasnio strukturu mehanizama. Nastojao sam objasniti i razloge zbog kojih se mehanizmi uopće promatraju, odnosno obrazložiti zašto ih filozofi znanosti analiziraju. U okviru rasprave posebice sam se osvrnuo na načine prikazivanja mehanizama koristeći primjere iz biologije. U tom smislu, dotaknuo sam se važnih distinkcija u raspravi – ontičko/epistemičko te apstraktno/specifično. Distinkcijom ontičko/epistemičko stvorio sam temelj za distinkciju apstraktno/specifično. Svoju tezu priklonio sam ontičkoj strani, no istaknuo sam i važnost epistemičke strane te naglasio sličnosti objiju strana u pogledu analize znanstvenog objašnjenja u biologiji.

U okviru poglavlja o prikazu bioloških mehanizama, opisao sam i svoju vlastitu tezu (tri stupnja u procesu objašnjenja) naklonivši se procesu specifikacije u kojemu leži veća eksplanatorna moć, nego u procesu apstrakcije. Istaknuo sam apstrakciju kao važan alat u razumijevanju složenih mehanizama, no prednost sam dao specifikaciji jer njome objašnjavamo mehanizam – poznavanje više detalja približava nas mehanizmu koji se nalazi u prirodi. Kako bih to dodatno pojasnio, prikazao sam tri stupnja za koja smatram da postoje u procesu objašnjenja – (1) prikupljanje, (2) izdvajanje i (3) apstrahiranje podataka vezanih uz objašnjenje fenomena. Uz pomoć primjera mehanizma iz molekularne biologije – sinteze proteina, nastojao sam pokazati kako eksplanatorna moć u znanstvenom objašnjenju leži u drugom stupnju, odnosno u onome stupnju u kojemu su sadržani svi relevantni podaci vezani uz biološki

mehanizam. Istaknuo sam i važnost preostalih stupnjeva – prvoga kao temelja za drugog, a trećega kao važnoga u svrhu razumijevanja složenih mehanizama.

Dotaknuo sam se i problema kriterija za određivanje relevantnih detalja prilikom objašnjenja mehanizama. U tom smislu razmatrao sam poziciju kontekstualizma u okviru određivanja relevantnih podataka za objašnjenje te sam pružio i rješenje recentnog članka autora Baetua (2015) koji analizira matematičke modele kao možebitni kriterij za izdvajanje relevantnih podataka. Zaključio sam kako matematički modeli nisu univerzalni kriterij za specifikaciju objašnjenja, no da mogu poslužiti kao kvalitetan unificirajući alat prilikom objašnjenja određenih mehanizama.

Ovim radom htio sam naglasiti važnost koju znanstveno objašnjenje ima u svrhu razvitka ljudskog znanja općenito, a to sam poglavito učinio analizirajući mehanicističko objašnjenje kao najprihvaćenije u okviru biologije.

Literatura

- Alberts et. al., 2015. *Molecular Biology of the Cell*. New York: Garland Science.
- Baetu, T., 2015. The Completeness of Mechanistic Explanations, *Philosophy of Science* 82 (5): 775-786.
- Balorda, V., 2016. Razumijevanje i objašnjenje živih sustava: tri glavne teorije bioloških funkcija, *Završni rad*, URL: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:186:381180>
- Bechtel, W. i Abrahamsen, A., 2005. Explanation: a Mechanist Alternative, *Stud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci.* 36: 421-441.
- Bechtel, W., 2008. *Mental Mechanisms: Philosophical Perspectives on Cognitive Neuroscience*. Oxford: Routledge.
- Bechtel, W., 2011. Mechanism and Biological Explanation, *Philosophy of Science* 78(4): 533-557.
- Bogut, I., Futivić, I, Đumlija, S. i Špoljarević, M., 2011. *Biologija 2: udžbenik iz biologije za drugi razred gimnazije*. Zagreb: Alfa.
- Bromberger, S., 1966. Questions, *Journal of Philosophy* 63(20): 597-606.
- Buller, D., 1998. Etiological Theories of Function: A Geographical Survey, *Biology and Philosophy* 13: 505-527.
- Craver, C., 2001. Role Functions, Mechanisms and Hierarchy, *Philosophy of Science* 68 (1): 53-74.
- Craver, C., 2007. *Explaining the Brain*. Oxford: Clarendon Press.
- Craver, C., 2012. Functions and Mechanisms: A Perspectivalist View. U: Huneman, P., ur., *Functions*. Springer.
- Craver, C. i Darden, L., 2013. *In Search of Mechanisms: Discoveries Across the Life Sciences*. Chicago: University of Chicago press.
- Craver, C. i Kaplan, D., 2018. Are More Details Better? On the Norms of Completeness for Mechanistic Explanations, *British Journal for the Philosophy of Science*.
- Cummins, R., 1975. Functional Analysis. *Journal of Philosophy* 72: 741-765.

- Cummins, R., 2002. Neo-Teleology, U: Ariew, et. al., ur., *Functions: New Essays in the Philosophy of Psychology and Biology*. Oxford: University Press.
- Friedman, M., 1974. Explanation and Scientific Understanding, *The Journal of Philosophy* 71(1): 5-19.
- Garson, J., 2016. A Critical Overview of Biological Functions. U: Sarkar, S., ur., *SpringerBriefs in Philosophy of Science*.
- Glennan, S., 1996. Mechanisms and the Nature of Causation, *Erkenntnis* 44(1): 49-71.
- Glennan, S., 2002. Rethinking Mechanistic Explanation, *Philosophy of Science* 69(S3): S342-S353.
- Glennan, S., 2010. Ephemeral Mechanisms and Historical Explanation, *Erkenntnis* 72(2): 251-266.
- Godfrey-Smith, P. 2003. *Theory and Reality*. Chicago: The University of Chicago.
- Hempel, C. i Oppenheim, P. 1948. Studies in the Logic of Explanation, *Philosophy of Science* 15 (2): 135-175.
- Hempel, C., 1965. The Logic of Functional Analysis. U: Hempel, C. G., ur., *Aspects of Scientific Explanation*. New York: The Free Press, 297-330.
- Hitchcock, C., 1995. Salmon on Explanatory Relevance, *Philosophy of Science* 62(2): 304-320.
- Illari, P. i Williamson, J., 2010. Function and Organization: Comparing the Mechanisms of Protein Synthesis and Natural Selection, *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 41: 279-291.
- Illari, P., 2013. Mechanistic Explanation: Integrating the Ontic and Epistemic, *Erkenntnis* 78: 237-255.
- Kitcher, P., 1976. Explanation, Conjunction and Unification, *Journal of Philosophy* 73: 207-212.
- Kitcher, P., 1981. Explanatory Unification, *Philosophy of Science* 48(4): 507-531.
- Levy, A. i Bechtel, W., 2013. Abstraction and the Organization of Mechanisms, *Philosophy of Science* 80: 241-261.

- Machamer, P., Darden, L., Craver, C. 2000. Thinking about mechanisms, *Philosophy of Science*, 67: 1-25.
- Mossio, M., Saborido, C. i Moreno, A. 2009. An Organizational Account of Biological Functions. *The British Journal for the Philosophy of Science* 60: 813-841.
- Pavlica, M. i Balabanić, J. 2009. *Genetika i evolucija: udžbenik za četvrti razred gimnazije*. Zagreb: Školska knjiga.
- Railton, P., 1978. A Deductive-Nomological Model of Probabilistic Explanation, *Philosophy of Science* 45: 206-226.
- Railton, P., 1981. Probability, Explanation, and Information, *Synthese* 48: 233-256.
- Salmon, W., 1984. *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*. Princeton: Princeton University Press.
- Salmon, W., 1989. *Four Decades of Scientific Explanation*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Scriven, M., 1959. Explanation and Prediction in Evolutionary Theory, *Science* 30: 477-482.
- Šustar, P. i Brzović, Z. 2014. The Function Debate: Between „Cheap Tricks“ and Evolutionary Neutrality. *Synthese* 191: 2653-2671.
- Woodward, J. 2008. Explanation, U: Psillos, S. i Curd, M. *The Routledge Companion to Philosophy of Science*. New York: Routledge. 171-182.
- Wright, L., 1973. Functions. *Philosophical Review* 82: 139-168.