

**JOHN POLKINGHORNEN KAAOSTEORIAAN
PERUSTUVA INDETERMINISMIÄ PUOLUSTAVA
ARGUMENTTI**

Kim Schlesier
Systemaattisen teologian maisterintutkielma
Elokuu 2021



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiivistelmä

Tiedekunta: Teologinen tiedekunta

Maisteriohjelma: Systemaattinen teologia

Opintosuunta: Uskonnonfilosofia

Tekijä: Kim Jere Mikael Schlesier

Työn nimi: John Polkinghornen kaaosteoriaan perustuva indeterminismistä puolustava argumentti

Työn laji: Maisterintutkielma

Kuukausi ja vuosi: Elokuu 2021

Sivumäärä: 70 ja 17 liitesivua

Avainsanat: Kaaos, kaaosteoria, determinismi, toimijuus, Jumala, kaitseminen, kausaliteetti

Säilytyspaikka: Helsingin yliopiston kirjasto

Muita tietoja:

Tiivistelmä:

Työssä tarkastellaan John Polkinghornen argumenttia, joka esittää kaaosteoriaan, tarkemmin outoon attraktoriin, perustuvan mallin, jonka mukaan maailma on lopulta indeterministinen. Se mahdollistaa esimerkiksi Jumalan ja ihmisten vapaan toimijuuden maailmassa. Tällöin fysiikan deterministiset yhtälöt eivät määrää täysin ihmisen tai maailman toimintaa, vaan on olemassa ontologisia indeterministisiä aukkoja, jotka haastavat determinismin.

Polkinghornen argumentti on eksplikoitu ja jaoteltu premisseihin ja välijohtopäätöksiin, joita on tarkasteltu kirjallisuudessa esitetyn ja kirjoittajan oman kritiikin valossa. Niiden valossa argumenttia voidaan pitää mahdollisena joskin spekulatiivisena.

Argumentin pitävyys riippuu kaaosteorian ontologisesta indeterminismistä ja ylhäältä-alaskausaatiosta, jonka Polkinghorne katsoo olevan kausaatiota informaatiolla. Se ei vaadi energian vaihtoa ja on ei-reduktiivinen. Tämä kausaatio on Polkinghornen itsensä kehittämä. Se vaatii toimiakseen ontologisia indeterministisiä aukkoja muutoin deterministiseen maailmaan. Sellaiset mahdollistaa kaaosteoria. Lisäksi kaaosteoria mahdollistaa sen, että pienet häiriöt tuottavat suuria muutoksia kokonaisuuden käyttäytymiseen. Tämä puolestaan mahdollistaa informaation aiheuttaman suuren vaikutuksen.

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	1
1.1 Työn rakenne.....	1
1.2 Kausaliteetti ja determinismi.....	2
1.2.1 Kausaatio mekanistisessa systeemissä.....	3
1.2.2 Kausaliteetti tilastollisesti käyttäytyvissä systeemeissä.....	3
1.2.3 Kausaliteetti deterministisissä newtonilaisissa systeemeissä, jotka eivät ole mikrotasossa täysin ennustettavat.....	4
1.2.4 Kausaliteetti epälineaarisisa dynaamisissa systeemeissä.....	5
1.2.5 Laskeva sekä nouseva kausaatio.....	7
1.2.6 Determinismi, ennustettavuus ja vapaa tahto.....	10
1.3 Emergenssi ja reduktio.....	15
1.4 Maailman metafyyminen luonne.....	17
1.5 Mielen rakenne ja ihmispersoona.....	18
1.5.1 Mielentilat.....	19
1.5.2 Reduktiivinen ja ei-reduktiivinen materialismi.....	20
1.5.3 Dualistinen malli.....	22
1.5.4 Kaksoisaspektiteoriat.....	23
1.5.5 Monitasoiset teoriat.....	24
1.6 Aukkojen Jumala.....	25
1.7 Jumalan toiminta suhteessa luomakuntaan.....	26
1.7.1 Jumalan toiminnan jaottelua.....	27
2 Kaaos.....	29
2.1 Matemaattisen kaaoksen luonne ja oudot attraktorit.....	31
2.2 Kvanttikaos.....	33
3 Polkinghornen kaaosteoriaan perustuva argumentti indeterminismistä maailmassa.....	33
3.1.1 John Polkinghornen argumentti oudosta attraktorista.....	33
3.2 Polkinghornen ehdotus: informaatio kausaationa.....	34
3.3 Polkinghornen huomiot kaaottisten systeemien herkkyydestä.....	41
3.4 Polkinghornen ontologinen kaaoksen ennustamattomuus.....	43
3.5 Kausaatio kokonaisuuksissa.....	50
3.6 Kaaosteorian vaikutuksia.....	54
3.6.1 Polkinghornen avoin universumi.....	55
3.6.2 Polkinghornen mielenteoria ja metafyyminen malli.....	57
3.6.3 Polkinghornen malli Jumalan toimijuudesta.....	62
3.6.4 Yhteenveto kaaosteorian seurauksista.....	68
3.7 Polkinghornen argumentin johtopäätös.....	68
4 Johtopäätökset.....	69
Lähde- ja kirjallisuusluettelo.....	71
Lähteet ja apuneuvot.....	71
Kirjallisuus.....	71
Kuvien lähteet.....	74
Liite A: Outo attraktori.....	75
Liite B: Logistinen kuvaus esimerkkinä kaaosteoriasta.....	81
Liite C: Ennustamattomuus logistisessa kuvauksessa.....	83
Liite D: Fraktaalit.....	85

1 Johdanto

Tämän tutkimuksen aiheena on John Polkinghornen kaaosteoriaan liittyvä ajattelu, joka kulminoituu hänen argumenttiinsa Jumalan ja ihmisen vapaasta toimijuudesta. Se perustuu matemaattiseen kaaosteoriaan ja nimenomaan outoon attraktoriin.

Taustalla on pitkä kiistan aihe: onko maailma (maailmankaikkeus) deterministinen vai ei. Klassinen fysiikka nimittäin näyttää vihjaavan siihen suuntaan, että jos nykyhetki tiedetään tarkasti, maailman tuleva tai mennyt tila voidaan laskea fysiikan lakien avulla. Jos näin on, ja kaikki tapahtumat ovat fysiikan lakien määräämät, ei tästä voi poiketa. Tällöin ei liioin ihminen eikä Jumala voi vaikuttaa maailman kulkuun rikkomatta luonnonlakeja.

Jumalan tai ihmisen voidaan ajatella vaikuttavan maailmassa, eli voivan tehdä (edes teoriassa) vapaita valintoja, kahdella eri tavalla. He voivat joko determinismistä huolimatta tehdä vapaita valintoja tai sitten deterministisessä maailmassa on aukkoja, jotka sallivat vapaan toiminnan.¹

Vaihtoehtona edellisille on siis etsiä luonnonlakeja, jotka eivät ole täysin deterministisiä, eli indeterministisiä. Esimerkiksi on ajateltu, että kvanttimekaniikka on indeterminististä, jolloin tulevan maailman tila ei seuraa kausaalisesti, eli syy-seuraussuhteella, nykytilasta. Tällöin Jumala tai ihminen voisi vaikuttaa maailmaan ilman, että esimerkiksi luonnonlakeja rikotaan. Toinen mahdollinen on matemaattinen kaaosteoria, johon vetoamalla Polkinghorne argumentoi, että maailma on avoin vapaille toimijoille. Tässä työssä esitän Polkinghornen argumentin, jolla hän puolustaa indeterminismia. Tarkastelen sitä systemaattisen teologian analyysimenetelmin.

1.1 Työn rakenne

Aluksi osiossa 1.2 Kausaliteetti ja determinismi käsittelem kausaliteettia ja determinististä näkemystä maailman luonteesta ja esittelen mahdollisuuksia, jotka ainakin periaatteessa voisivat tehdä maailmasta indeterministisen. Eräs kausaation muoto on huipulta-alaskausaatio, joka vaatii emergentin systeemin, joka on vastakkainen reduktiolle. Näitä käsittelem osiossa 1.3 Emergenssi ja reduktio. Maailman deterministinen/indeterministinen luonne taas vaikuttaa metafysiikkaan ja käsitykseemme mieleemme rakenteesta ja kyvystämme vaikuttaa maailmassa, ja edellistä käsittelem osiossa 1.4 Maailman metafyyminen luonne ja jälkimmäistä osiossa 1.5 Mielen rakenne ja ihmispersoonaa. Metafysiikka ja ihmisen mielen rakenne ja käsitys mahdollisuuksistamme vaikuttaa maailmaan ja ruumiiseemme mieleemme avulla heijastuu välttämättä Jumalan mahdolliseen toimintaan maailmassa. Jumalan toiminta ei kuitenkaan saa pe-

¹Tracy 1997, 194–304.

rustua niin sanottuun aukkojen Jumala -argumenttiin, jota käsittelemme osiossa 1.6 Aukkojen Jumala. On oma lukunsa, miten Jumala toimintaa maailmassa voidaan jaotella, ja esittelenkin lyhyesti Jumalan toiminnan eri muotoja osiossa 1.7 Jumalan toiminta suhteessa luomakuntaan. Osiossa 2 Kaaos esittelen kaaosteoriaa ja siitä tehtyjä havaintoja. Seuraavaksi osiossa 3 Polkinghornen kaaosteoriaan perustuva argumentti indeterminismistä maailmassa käsittelemme Polkinghornen kaaosteoriaan perustuvaan argumenttia, mikä tapahtuu kehittämällä se askeleittain. Päätän tutkimuksen johtopäätöksiin osiossa 4. Liitteessä olen esitellyt tarkemmin muutamia fysikaalisia käsitteitä, kuten oudon attraktorin, logistisen kuvauksen ja fraktaalit.

1.2 Kausaliteetti ja determinismi

Kausaliteetti tarkoittaa syy-seuraussuhdetta, eli esimerkiksi A vaikuttaa B:in, joka taas vaikuttaa C:in ja niin edelleen. Tällöin A on B:in syy, ja B on A:in seuraus, samoin C on B:in seuraus ja niin poispäin. Yhdessä näistä muodostuu kausaalinen ketju A-B-C. Jos ihminen tai Jumala vaikuttaa vapaasti maailmassa, hän on jonkin syy, jolla on seuraus.

Ensimmäinen kausaliteettien luokittelu on jo Aristoteleelta, vaikka häntä ennenkin sitä oli jo tarkasteltu. Aristoteleen mukaan tiedämme asiasta vasta sitten, kun tiedämme sen syyn. Toisin sanoen kausaliteetti vastaa kysymykseen ”miksi?”, jolloin kausaliteetti on tietynlainen vastaus. Hän jakoi kausaaliset syyt neljään eri kategoriaan: materiaalisiin syihin, formaalinen syihin, aikaansaaviin syihin ja päämääräsyihin.² Tämän työn kannalta olennaisia ovat oikeastaan vain aikaansaava syy, eli voiko ihminen tai Jumala olla kausaliteetin lähde.

David Hume kuitenkin huomauttaa, että kausaliteettia ei takaa se, että havaitsemme aina B:in, kun havaitsemme A:in. Psykologisesti olemme toki taipuvaisia ajattelemaan näin, mutta induktiivisiin päättelyihin liittyvistä ongelmista³ johtuen emme voi tätä päätellä. Lisäksi B voi esiintyä A:in kanssa jostakin muusta syystä ilman, että olisi mitään kausaatiota.⁴

Tätä Humen käsitystä kausaatiosta voidaan pitää epistemologisena ongelmana, ei välttämättä ontologisena, vaikka se voidaan niinkin tulkita.⁵ Polkinghorne itse katsoo olevansa kriittinen realisti, joten riittänee tämän työn kannalta todeta, että kausaliteetin realistinen tulkinta on täysin mahdollinen.

²Falcon 2019.

³Hume jakaa tosiasiat kahteen kategoriaan: A: selostukset suorista havainnoista (menneistä ja nykyisistä), ja B: väitteet asiain tiloista, joita ei suoraan havaita. Päätelemme B:in aina A:in kautta, mutta tämän oikeutus perustuu oletukseen, että luonto on aina yhdenmukainen. Tätä ei kuitenkaan voi päätellä *a priori*, vaan se on vain A:in eräs erityistapaus. Jotta voitaisiin päätellä luonnon olevan yhtenäinen, pitäisi tyypin A tapauksesta päätellä tyypin B tapaus, mistä seuraa kehäpäätelmä. Ei ole siis mitään tapaa kausaalisesti päätellä tyypin A tapauksista tyypin B tapauksia, joten induktiopäätely ei ole mahdollista. (Lorkowski).

⁴Lorkowski.

⁵Lorkowski.

Tähän työhön nähden olennainen kysymys on, millä mekanismilla ihminen tai Jumala voi ylipäätään toimia. Seuraavaksi tarkastelen Arthur Peacocken kausaliteetin jaottelua.

1.2.1 Kausaatio mekanistisessa systeemissä

Arthur Peacocken mukaan länsimainen tiede kehittyi matematiikan, mekaniikan ja astronomian saralla selittämään taivaankappaleiden liikeratoja. Kehityksen huipulla oli Newtonin liikeyhtälöt, joita taivaankappaleet noudattivat ja joiden avulla voitiin ennustaa taivaankappaleiden liikkeitä. Näitä alettiin kutsua laeiksi. Tästä vedettiin johtopäätös, että tieteen tulisi parhaimmillaan kyetä ennustamaan, miten systeemi kehittyy. Lisäksi tieteen katsottiin voivan hajottaa systeemit osasiinsa, joiden väliset suhteet tuli kyetä ymmärtämään. Nämä suhteet taas olivat juuri noita lakeja. Tällainen näkemys johti käsitykseen, että maailma on mekanistinen ja deterministinen.⁶ Jatkan tästä myöhemmin.⁷

Tällaisten systeemien kausaliteetti voidaan ymmärtää järjellä käsitettävänä suhteina ja niiden seurauksina, jotka ovat jossain määrin analogisia kaiken takana oleville mekanismeille. Ne taas saavat aikaan edellä mainitut suhteet.⁸ Esimerkiksi Kuun liike Maahan nähden määräytyy Newtonin painovoimalain mukaan. Painovoimaa voidaan pitää syynä, jonka seurauksena Kuu kiertää maata hyvin ennustettavaa rataa pitkin.

Tähän mekanistiseen kausaatioon toivotaan esimerkiksi kaaosteorian tuovan avoimuutta. Tällöin kaaosteoriaan liittyvä ennustamisen katoaminen voisi tuoda ainakin periaatteessa aukkoja kausaatioketjuihin.

1.2.2 Kausaliteetti tilastollisesti käyttäytyvissä systeemeissä

Valtavasta määrästä hiukkasia muodostuvan systeemin sisäisiä vuorovaikutuksia on hyvin vaikea ellei mahdotonta tarkastella, jos niitä lähestytään yksittäisten hiukkasten tasolla. Joissain tapauksissa näitä voidaan kuitenkin lähestyä statistisin menetelmin. Esimerkiksi kaasujen ominaisuuksia on voitu laskea, kun yksittäiset kaasumolekyylit oletetaan newtonilaisiksi kappaleiksi. Tällöin makroskooppisen kaasun ominaisuudet voidaan ennustaa, vaikkei yksittäisten molekyylien nopeutta ja suuntaa voida määrittää. Kuitenkin voidaan sanoa, että yksittäiset molekyylit ovat syitä kaasun ominaisuuksille.⁹

Oman lisänsä tähän tarkasteluun tuo Heisenbergin epätarkkuusperiaate, jonka mukaan tiettyjä suureita, kuten nopeus/liikemäärä ja paikka sekä energia ja aika, ei voida mitata samanaikaisesti, vaan niiden epätarkkuuksien tulo on aina yhtä suuri tai suurempi kuin hyvin

⁶Peacocke 1993, 46.

⁷Katso osio 1.2.6 Determinismi, ennustettavuus ja vapaa tahto.

⁸Peacocke 1993, 46.

⁹Peacocke 1993, 47.

pieni vakio¹⁰, jolloin tämä epätarkkuus tulee olennaiseksi vasta atomin ja sitä pienemmässä kokoluokassa, jossa sitä ei voida eliminoida. Esimerkiksi radioaktiivisten atomien tasolla ei voida tarkasti ennustaa, milloin yksittäinen atomin ydin halkeaa. Suurelle joukolle tiettyä alkuaineen isotooppia voidaan kuitenkin määrittää tarkka puoliintumisaika, jonka aikana kyseisen isotoopin atomeista puolet on hajonnut radioaktiivisesti. Tällöin siis makroskooppisen systeemin tila riippuu mikroskooppisesta tilasta, joskin tietyn todennäköisyyden mukaan.¹¹ Täten mikään kausaliteetti ei määrää yksittäisen atomin hajoamista, jos Heisenbergin epätarkkuusperiaate tulkitaan kööpenhaminalaisittain¹². Tästä huolimatta makroskooppinen kokonaisuus käyttäytyy hyvin ennustettavasti, ja tässä mielessä kausaliteetti on edelleen voimassa.

1.2.3 Kausaliteetti deterministisissä newtonilaisissa systeemeissä, jotka eivät ole mikrotasossa täysin ennustettavat

Newtonilaisia systeemejä pidettiin pitkään periaatteessa ennustettavina, kunnes 1900-luvun alussa Henri Poincaré huomautti, että kyseiset systeemit ovat hyvin herkkiä alkuehtoien suhteen. Vaikka alkuehdot tunnettaisiin erittäin tarkasti ja samoin systeemissä vallitsevat lainalaisuudet, systeemi ei ole välttämättä ennustettavissa. Tätä voidaan demonstroida kivellä vuoren huipulla: pieni sysäys suuntaan tai toiseen saa aikaan kivellä monimutkaisia kulkureittejä. Täten siis jopa newtonilaiset systeemit ovat ennustettavia vain tiettyyn rajaan asti ja tietyissä olosuhteissa täysin ennustamattomia.¹³

Toisena esimerkkinä tästä ovat biljardipallot. Yksittäiset pallot tottelevat kauniisti Newtonin mekaniikan lakeja sellaisissa törmäyksissä, jossa kuluu häviävän pieni määrä energiaa. Kuitenkin jos törmäyksiä on paljon, voidaan osoittaa, että jos ensimmäisen törmäyksen kulman n :nnessä desimaalissa oli virhe, ei n :nnen törmäyksen jälkeen systeemi ole matemaattisesti ennustettava, eli jostakin tietyistä pallosta ei voida sanoa, mihin suuntaan se liikkuu. Esimerkiksi tuhannesosan virhe kulmassa tarkoittaa ennustettavuuden katoamista tuhannen törmäyksen jälkeen. Itse asiassa jokaisen törmäyksen kohdalla on eksponentiaalinen virheen kasvu tarkasteltavan pallon suunnassa, jolloin mikroskooppiset virheet saavat lopulta aikaan makroskooppisia seurauksia. Tarkkaan ennustamiseen tarvittaisiin äärettömän tarkka mitta.

¹⁰Esimerkiksi energian epätarkkuuden ΔE ja ajan epätarkkuuden Δt tulo $\Delta E \cdot \Delta t > \frac{\hbar}{2}$, jossa \hbar on niin sanottu Diracin vakio.

¹¹Peacocke 1993, 47–48.

¹²Kööpenhaminalaisessa tulkinnassa kvanttisysteemi on ennen mittausta kaikkien mahdollisten tilojen superpositiossa, eli siinä on yhtä aikaa kaikki mahdolliset tilat päällekkäin. Mittauksessa kaikki paitsi yksi tiloista romahtaa, toisin sanoen kaikista mahdollisista tiloista valikoituu yksi ainoa ei-kausalisesti.

¹³Peacocke 1993, 48; Crutchfield *et al.* 1997, 37.

Toisin sanoen vaikka systeemi on ennustettava mikroskooppisella tasolla, ei se ole käytännössä ennustettavissa oleva makroskooppisella tasolla.¹⁴

Kuitenkin vaikka virhe olisi alussa nolla, ei systeemi siltikään ole välttämättä ennustettava. Nimittäin kaikkein pienin voima, painovoima, ulottuu kaiken materian läpi, ja näin ollen ympäristön painovoima vaikuttaa joka tapauksessa pienen virheen. Jos biljardipallojen tilalle ajatellaan ilmamolekyylit, jotka törmäävät jatkuvasti toisiinsa; tätä voidaan mallintaa käsittelemällä ilmamolekyylejä kuten biljardipalloja. Yksittäinen molekyyli törmää 10^{-10} s:ssa 50 kertaa toisiin molekyyleihin. Tällöin alkuehdot tulisi tuntea niin hyvin, että pienimmän mahdollisen hiukkasen, eli elektronin, joka olisi toisella puolen havaittua universumia, pienen mahdollinen vuorovaikutus, eli painovoima tai gravitaatio, olisi otettava huomioon, jotta voidaan sanoa, liikkuuko jokin tarkasteltava molekyyli kohti vai pois päin seinästä 10^{-10} s:n kuluksi.¹⁵ Luonnollisesti tämä on täysin mahdotonta.

Jos systeemi halutaan tuntea yhä tarkemmin ja tarkemmin, päädytään lopulta Heisenbergin epätarkkuusperiaatteen rajoille, eikä sitä voida ylittää. Joten tällaistakin newtonilaista systeemiä voidaan pitää ennustamattomana riippumatta siitä, miten hyvin mikrotaso on määritetty. Täten kriittisen realistin näkökulmasta voidaan todeta, että tällainen systeemi on indeterministinen mikroskooppisiin ominaisuuksiin nähden.¹⁶

Juuri tällaiseen herkkyyteen Polkinghorne vetoaa argumentissaan. Pienikin häiriö voi saada kaoottisissa systeemeissä suuria muutoksia aikaan, jolloin kaoottisia systeemejä ei voida erottaa ympäristöstään, mikä on olennainen osa hänen perusteluaan.

1.2.4 Kausaliteetti epälineaarissa dynaamisissa systeemeissä

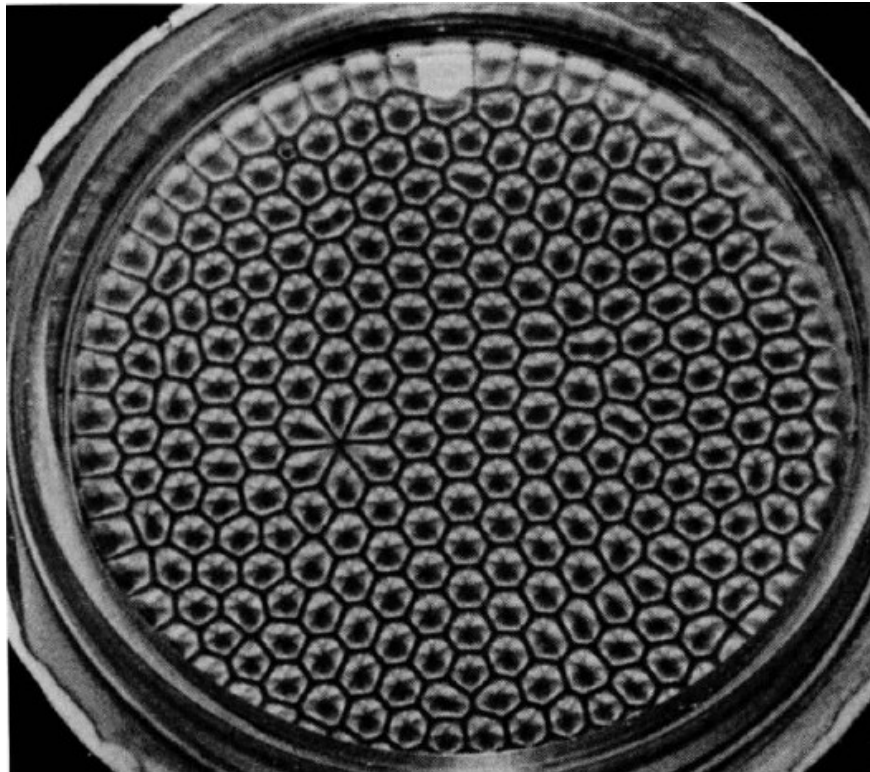
Kaoottiset systeemit, joita tässä työssä tarkastellaan, ovat erikoistapauksia epälineaarista dynaamisista systeemeistä. Kaikille dynaamisille systeemeille on tyypillistä pienten häiriöiden aikaansaama suuri muutos.

Kaoottisista systeemeistä käy esimerkiksi yksinkertainen arkipäiväinen heiluri. Tavallinen heiluri ei ole kaoottinen, mutta tietyissä olosuhteissa, eli lisäämällä heiluriin jokin heilumista aiheuttava pakkovoima ja ottamalla kitkavoimat huomioon, saattaa heiluri joissakin tapauksissa käyttäytyä kaoottisesti.

¹⁴Peacocke 1993, 48–49.

¹⁵Peacocke 1993, 49; Polkinghorne 1998b, 41–42; 2005, 35–36.

¹⁶Peacocke 1993, 51.



Kuva 1: Bénard-virtauksen muodostamia heksagonaalisia yksikkökoppeja. Piiöljyä lämmitetään tasaisesti pohjalta kuparilevyllä, kun taas pinta on kosketuksissa huoneenlämpöiseen ilmaan. Keskellä vasemmalla oleva timanttirakenteinen kuvio on syntynyt, koska levyn pinnalla on pieni lommo. (Van Dyke 1988, 83)

Kaoottisissa heilurissa tai muissa samanlaisissa kaoottisissa systeemeissä, tiettyjen muuttujien pienet muutokset voivat muuttaa systeemin käyttäytymisen hyvin ennustettavasta ja vakaasta täysin ennustamattomiksi. Niitä voidaan pitää täysin indeterministisinä.¹⁷ Tällaisesta systeemistä hyvänä esimerkkinä on logistinen kuvaus¹⁸.

Lisäksi luonnossa tavataan monia systeemejä, joissa energiaa kuluu (dissipoituu) ja niiden läpi virtaa energiaa ja materiaa. Toisin sanoen termodynaamisessa mielessä ne ovat avoimia systeemejä. Niissäkin voidaan havaita edellisessä kappaleessa kuvattua käyttäytymistä. Joillakin parametrin arvoilla systeemi asettuu termodynaamiseen tasapainoon tai lähelle sitä olevaan vakaaseen tilaan, jolloin systeemin tyypilliset ominaisuudet, kuten esimerkiksi reaktantin konsentraatio, eivät muutu ajan funktiona. Parametreja muuttamalla voi tapahtua tilojen kahdentuminen, eli systeemi oskilloi (vaihtelee) kahden vakaan tilan välillä¹⁹. Kasvattamalla edelleen tiettyjä parametreja voidaan joissain tapauksissa saavuttaa matemaattisesti kaoottinen tila. Tällaisia systeemejä ovat niin sanottu Bénardin virtaukset (Kuva 1), jossa lämmittämällä

¹⁷Peacocke 1993, 51.

¹⁸Katso osio Liite B: Logistinen kuvaus esimerkkinä kaaosteoriasta.

¹⁹Tästä esimerkkinä logistinen kuvaus, katso Liite B: Logistinen kuvaus esimerkkinä kaaosteoriasta.

nestettä alhaalta päin muodostuu konvektiovirtaus; reaktanttien konsentraatiot kemiallisessa systeemeissä, joissa on positiivinen ja negatiivinen diffuusion takaisinkytkentä; kuvion muodostuminen kehittyvissä kudoksissa, joiden läpi sekä aktivaattorit ja inhibiittorit diffundoituvat; petojen ja saaliseläinten jakauma tietyllä alueella ja niin edespäin.²⁰

Ilya Prigogine ja hänen ryhmänsä ovat havainnoineet kaukana termisestä tasapainosta olevia, dissipoiivia sekä epälineaaraisia systeemejä. Tietyissä olosuhteissa mielivaltainen vaihtelu moninkertaistuu, kunnes se valtaa koko systeemin, jolloin koko systeemin ominaisuudet muuttuvat. Kyseessä on aivan uusi käyttäytymistapa. Toisin sanoen havaitaan tiettyjen rakenteiden muodostumista itsestään.²¹ Tästä käy esimerkiksi juuri Bénardin virtaus.

Tällaisissa kaukana termodynaamisesta tasapainosta olevissa ja epälineaarisisissa systeemeissä on havaittu materian itsensä muodostavan uusia rakenteita. Näitä tulee käsitellä kokonaisuuksina, joissa pienet muutokset moninkertaistuvat.²²

Peacocke kuitenkin huomauttaa, että tällaiset epälineaariset, makroskooppiset systeemit ovat yhtä deterministisiä mikrotasolla kuin mikä tahansa muu klassinen systeemi. Niiden ennustamattomuus makrotasolla johtuu matemaattisten yhtälöiden ratkaisuisista²³, jotka määräävät kokonaiskäyttäytymisen ja jotka ovat hyvin riippuvaisia alkuehdoista.²⁴ Tätä matemaattista käyttäytymistä käsitellen jatkossa laajemmin²⁵.

On siis olemassa systeemejä, sekä termisessä tasapainotilassa että kaukana siitä, joissa pienet muutokset saavat aikaan suuria häiriöitä jopa niin, että koko systeemin toimintatapa muuttuu. Tähän ominaisuuteen Polkinghorne tarrautuu argumentissaan.

1.2.5 Laskeva sekä nouseva kausaatio

Edellä kuvattu kausaation laji tulee lähelle huipulta-alaskausaatiota tai laskeva kausaatiota (engl. *top-down-causation* tai *downward causation*). Ajatuksena on, että kokonaisuus itsessään vaikuttaa osiinsa. Tällöin tapahtuu aidosti uudenlaisia vuorovaikutuksia, joita ei voida

²⁰Peacocke 1993, 51–52.

²¹Peacocke 1993, 52.

²²Peacocke 1993, 52–53.

²³Ratkaisut eivät ole näissä tapauksissa suljetuissa muodossa, vaan ne täytyy ratkaista numeerisesti. Esimerkiksi newtonilainen liikeyhtälö vapaalle pudotukselle tyhjiössä on muotoa: $\ddot{y} = -g$, missä y on kappaleen paikka y -akselilla, $y(t=0)=0$, eli kappale on ajanhetkellä $t = 0$ levossa, \dot{y} on paikan toinen aikaderivaatta, eli kiihtyvyys, g on putoamiskiihtyvyys $9,81 \text{ m/s}^2$. Tämä saadaan helposti ratkaistua suljetussa muodossa, ja saadaan

$$y = -\frac{g}{2}t^2. \text{ Mikäli kappaleeseen vaikuttaa myös ilmanvastus, joka on suurilla nopeuksilla suoraan}$$

verrannollinen kappaleen nopeuden neliöön \dot{y}^2 , on putoamisen yhtälö muotoon $\ddot{y} = -g + c\dot{y}^2$, missä jälkimmäinen termi oikealla puolella viittaa ilmanvastukseen ja c on yksikötön kerroin, joka riippuu kappaleen geometriasta ja pintarakenteesta. Tätä ei enää voi ratkaista suljetussa muodossa, vaan yhtälö on ratkaistava esimerkiksi numeerisesti.

²⁴Peacocke 1993, 152.

²⁵Katso osio Liite C: Ennustamattomuus logistisessa kuvauksessa.

selittää kokonaisuuden osilla. Huipulta-alaskausaatio on emergenssin tavoin reduktiolle vastakkaisista ja se onkin käsitteenä hyvin lähellä emergenssiä.²⁶ Tästä enemmän jatkossa²⁷.

Yksinkertainen esimerkki tällaisesta huipulta-alaskausaatiosta on edellä²⁸ mainitut kaasumolekyylit. Kokonaisuuden, eli tässä tapauksessa kaasun, nopeus suhteessa johonkin ulkoiseen vertailupisteeseen on määritelty siten, että se on kaikkien siinä olevien yksittäisten kaasumolekyyliden nopeuksien yhteenlaskettu suhteellinen nopeus kyseiseen pisteeseen nähden. Tällöin yksittäisten molekyyliden nopeus on kausaalisessa suhteessa kokonaisuuden liikkeeseen, esimerkiksi jos kaasua sisältävä säiliö tiputetaan maahan.²⁹

Lisäksi esimerkkinä laskevasta kausaatiosta on Bérnard-virtaus. Siinä alun perin satunnaisiin suuntiin liikkuvat molekyylit alkavat tietystä kriittisestä pisteestä lähtien liikkua kollektiivisella nopeudella ja koordinoitua suuntaan heksagonaalisessa yksiköissä (Kuva 1).³⁰

Laskevan kausaation vastakohta on luonnollisesti nouseva tai pohjalta-ylöskausaatio (engl. *upward causation* tai *bottom-up causation*). Tällöin kokonaisuuden osat ja niiden ominaisuudet vaikuttavat kokonaisuuteen ja sen ominaisuuksiin.³¹ Tämä on myös tieteellinen tapa selittää ilmiöitä, eli ilmiötä selitettäessä tarkastellaan sen osasten vaikutusta kokonaisuuteen. Esimerkiksi tuuli voidaan selittää ilmakehän kaasumolekyyliden ja -atomien kollektiivisena nopeutena. On huomattavaa, ettei huipulta-alaskausaatio sulje pois pohjalta-ylöskausaatiota, vaan molemmat voivat vaikuttaa koko systeemiin.³²

Kuten edellä on mainittu, on huomattavaa, ettei huipulta-alaskausaatio vähennä nousevan kausaation merkitystä.³³ Esimerkiksi ihmisen mentaalinen tila käden liikuttamiseksi saa kausaalisesti aikaan käden liikkumisen, mikä voidaan tämän osion valossa tulkita huipulta-alaskausaatioksi. Tässä kokonaisuus, eli mieli, vaikuttaa neuroneihin, jotka puolestaan muodostavat mielen. Neuronit taas vaikuttavat käden liikkumisen hermoroja ja lihassolujen molekyyliden supistumisen kautta, jolloin osat, kuten lihassolut ja niiden molekyylit, lihakset, luut, jänteet ja niin edelleen saavat kokonaisuuden, eli käden, liikkumaan, mikä taas pohjalta-ylöskausaatio.

Lisävalaistusta antaa myös Arthur Peacocke demonstraatio huipulta-alaskausaatiosta evoluution tapauksessa. Evoluutiossa ajatellaan edellisten, nykyisten ja tulevien eliöiden su-

²⁶Peacocke 1993, 53–55; Küppers 1997, 93–94; Polkinghorne 1998a, 58–59.

²⁷Katso osio 1.3 Emergenssi ja reduktio.

²⁸Katso osio 1.2.3 Kausaliteetti deterministisissä newtonilaisissa systeemeissä, jotka eivät ole mikrotasossa täysin ennustettavat.

²⁹Peacocke 1003, 50.

³⁰Peacocke 1991, 53–54.

³¹Peacocke 1993, 53; Polkinghorne 1998a, 58–59.

³²Peacocke 1993, 54–55; Polkinghorne 1998b, 51.

³³Peacocke 1991, 54.

kupolvien riippuvan menneistä polvista. Lajit periytyvät aina parhaimmista suvunjatkajista. Kunkin yksilön perimää koodaa DNA (doeksiribonukleonihappo), jossa saattaa tapahtua muutoksia, esimerkiksi UV-valon absorboituessa. Muutos voi olla hyvään tai huonoon suuntaan, ja sen hyödyllisyys määräytyy monesta tekijästä, kuten ympäristöstä. Yksilön kyky lisääntyä riippuu taas kahdesta kausaalisesta ketjusta, joista ensimmäinen on muutokset DNA:ssa. Toinen on muuntuneen yksilön suhde ympäristöön. Jos lajissa esiintyy parvia, joissa osalla on erityinen tehtävä, kuten termiiteillä, sosiaalisen ryhmän lainalaisuudet vaikuttavat DNA:n rakenteeseen. Tätä Donald Campbell kutsuu laskeväksi tai huipulta-alaskausaatioksi.³⁴

Tällaisessa tapauksessa ylemmän tason, kuten jonkin lajin sosiaalinen käyttäytymien, erittely on tarpeellista, jotta alemman tason ilmiöt voidaan eritellä, kuten tässä tapauksessa DNA:ssa havaittu sekvenssi. Täten, jos ylemmällä tasolla tietyt valinnat vaikuttavat lajin kehitykseen, ei alemman tason kehitystä voida selittää ilman, että ylempi taso otetaan huomioon.³⁵ Tästä enemmän jatkossa³⁶.

Kausaalisessa mielessä tässä on ennemminkin kyse informaation kuin energian siirtymistä. Informaatio tarkoittaa tässä laajemmassa mielessä ympäristön vaikutusta. Kyse on eifysikaalisista kategorioista, kuten informaatiosta, joilla valitaan DNA-sekvenssejä.³⁷

Polkinghornen ajattelussa nimenomaan informaatio on keskeinen termi, joka toimii kausaaliittena huipulta alas. Tosin hänen mekanisminsa eroaa edellisestä esimerkistä oleellisesti.

Kuitenkin informaation tuominen systeemiin vaatii käsityksemme mukaan aina energiaa, joten herää kysymys, miten Jumala voi vaikuttaa maailmaan kokonaisuutena ilman energian tai materian syöttöä. Peacocke toteaa, ettei meillä ole ymmärrystä siitä, miten tämä vuorovaikutus tapahtuu. Hänen mukaansa tämä on se perustavanlaatuisin taso, mitä tulee maailman ja Jumalan väliseen kausaaliseen niveltymiseen.³⁸ Polkinghorne taas pyrkii argumentoimaan, ettei tällaista energian siirtoa tarvita, eli informaatio voi toimia energiattomasti.

Lisäksi tämän työn kannalta olennainen esimerkki huipulta-alaskausaatiosta on mentaalien ilmiöiden ja aivojen välinen ja Jumalan ja maailman välinen kausaatio.³⁹ Tällaisia esimerkkejä löytyy useita kirjallisuudesta. Esittelen tässä Peacocken ja Murphyn mallit.

Arthur Peacocken mallissa Jumala vaikuttaa maailmaan kokonaisuutena huipulta-alaskausaation kautta. Maailma on siinä kokonaistila, jossa sen yleistila voi olla kausaalinen tekijä huipulta alas tai rajoitus sille, mitä tapahtuu lukemattomissa tiloissa, joista yleistila rakentuu.

³⁴Peacocke 1993, 56–58.

³⁵Peacocke 1993, 58.

³⁶Katso osio 1.3 Emergenssi ja reduktio.

³⁷Peacocke 1993, 59.

³⁸Peacocke 1993, 164; Drees 1997, 235–236.

³⁹Drees 1997, 234.

Tällöin Jumalan toiminta voisi vaikuttaa rikkomatta maailmassa olevia sääntöjä ja lakeja. Tämä tapahtuu samalla tavalla kuin kokonaisvaltainen yhdistävä mieli/aivotila vaikuttavat huipulta-alaskauaatiolla ruumiilliseen toimintaan tai lajin sosiaalinen käyttäytyminen DNA:han. Luonteeltaan vaikutus on kausaatiota informaation avulla.⁴⁰

Tämä malli mahdollistaa sen, ettei Jumala vaikuta suoraan yksittäisiin tapahtumiin vaan rajapinnassa, jossa Hän kohtaa maailman kokonaisuutena. Tämä vastaa meidän kokemustamme omasta kehostamme ja kuinka mieleemme pystyy vuorovaikuttamaan sen kanssa. Jumalalla on samanlainen kokemus maailmasta kokonaisuutena kuin meillä kehostamme. Luonteeltaan vuorovaikutus on informaation tuomista systeemiin.⁴¹

Samantyylinen malli on muiden muassa Nancey Murphyn malli, jossa yhtäältä Jumala vaikuttaa huipulta-alaskausaation kautta maailmaan, kuten Peacocken mallissa, mutta toisaalta sen lisäksi myös pohjalta-ylöskausaatiolla. Jälkimmäinen perustuu otaksumaan, että kvanttitasolla on indeterminismia, joka mahdollistaa Jumalan vaikuttamisen. Vaikutus voi tapahtua ihmisen aivoissa tai maailmassa ylipäätään. Tämä on myös näistä kahdesta se tärkeämpi.⁴²

Polkinghornen malli Jumalan ja ihmisen toimijuudesta muistuttaa edellisiä, mutta hän hylkää Peacocken ajatuksen Jumalaan vaikuttamisesta kokonaisuuksiin. Tätä Polkinghornen mallia käsittelem jatkossa tarkemmin. Yhteistä näille malleille kuitenkin on, että ne mahdollistavan vapaan tahdon muutoin deterministisessä maailmassa. Jatkan tästä seuraavaksi.

1.2.6 Determinismi, ennustettavuus ja vapaa tahto

Jos maailma muodostuu hyvin tiukasta kausaalisuhteiden verkosta, katsotaan se deterministiseksi. Jos nimittäin maailman nykytila on kausaalisesti täysin määräytynyt jostakin historiallisesta tilasta, kausaalisesta siitä seuraa vain yksi mahdollinen tila tulevaisuudessa. Siksi determinismi ja vapaa tahto nähdään usein toistensa vastakohtina. Jos maailma on täysin deterministinen, eli esimerkiksi luonnonlait määräävät nousevan kausaation kautta kaiken toiminnan, ei vapaalle tahdolle jää yksinkertaisesti tilaa.

Vapaa tahto taas on olennainen kriteeri muiden muassa moraalille. Moraali vaatii, että moraalaisella toimijalla, kuten ihmisellä, on ainakin jonakin hetkenä mahdollisuus valita vapaasti.⁴³

Käsittelem tässä osiossa ensin, mitä determinismi tarkoittaa. Sen jälkeen esittelen fysiikaalista determinismia, ja seuraavaksi, miten determinismi voidaan käsitellä kaaosteoriassa. Esitän vaihtoehdon, miten determinismi voi vaikuttaa vapaaseen tahtoon, vaikka maailma ei

⁴⁰Peacocke 1993, 159–161; Drees 1997, 235.

⁴¹Peacocke 1993, 163–164; Drees 1997, 235.

⁴²Murphy ja Ellis 1996, 24–25; Murphy 1997, 339–349.

⁴³Murphy ja Ellis 1996, 6–7.

olisikaan fysiikan näkökulmasta deterministinen, eli se olisi indeterministinen. Lopuksi tarkastelen tässä osiossa ennustamattomuuden ja determinismin suhdetta.

Usein ensimmäisenä determinismistä väitetään Nicholas Saundersin mukaan, että se on kausaalisten ketjujen yhteyttä. Väite on kiistanalainen, ja monet filosofit ovat päätyneet vastakkaiseen näkemykseen, indeterminismiin. Sen katsotaan olevan mahdollinen, jos kausaaliset ketjut eivät ole täysin suljettuja, materian olemuksessa olevissa universaaleissa ei ole keskinäistä yhteyttä tai jos tulevaisuutta ei pystytä kokeellisessa mielessä kaikin puolin ennustamaan. Indeterminismi on hyvin olennainen osa väittelyä, jota on käyty tieteen ja teologian välillä. Determinismin nimittäin katsotaan kieltävän Jumalan toiminnan.⁴⁴

Kuitenkaan ei riitä, että kausaalisissa ketjuissa on aukkoja. Thomas Tracy huomauttaa, että sen lisäksi niiden aukkojen tulee olla saumaton osa luonnon järjestystä eikä häiriö siinä. Tämän lisäksi näiden epätäydellisesti determinoitujen tapahtumien tulee olla tarpeeksi voimakkaat, jotta ne voivat vaikuttaa lopputulokseen.⁴⁵ Kuten jatkossa huomataan, juuri tällaisiin aukkoihin Polkinghorne vetoaa kaaosteoriassa.

Determinismia tai indeterminismia voi olla monia eri muotoja, joita Roy Weatherford on jaotellut kahdeksaan erilaiseen: fysikaaliseen, psykologiseen, teologiseen, loogiseen, erityyseen, marxilaiseen, sosiologiseen ja kulttuuriseen.⁴⁶ Tämän työn kannalta ainoastaan fysikaalinen determinismi on relevanttia, sillä matemaattinen kaaos on puhtaasti fysikaalinen ja luonnontieteeseen liittyvä teoria.

Determinismi voidaan määrittää keskinäisellä kausaalisella kytkennällä, vaikkei sitä voi tyhjentävästi määritellä. Varsin käyttökelpoinen määritelmä determinismistä on William Jamesiltä. Sen mukaan maailman osaset, jotka on jo asetettu paikoilleen, määräävät ja säätävät absoluuttisesti, mitä muut osat ovat vastaisuudessa⁴⁷. Niin ikään determinismi on ontologisten vaihtoehtojen pitämistä mahdottomina ja indeterminismi on Jamesin mukaan sitä, että vaihtoehtoja on olemassa. Toisin sanoen maailma on deterministinen Jamesin mukaan, kun maailman minkä tahansa hetken tila on sitä seuraavan tilan vääjäämätön kausaalinen syy. Determinismin negaatio on taas indeterminismin määritelmä.⁴⁸

Toinen käyttökelpoinen määritelmä determinismille tulee Richard Montaguelta. Hänen mukaansa determinismi on tietyn teorian ominaisuus, ja teoria on deterministinen, jos kahdelle systeemille pätee: jos ja vain jos minä tahansa hetkenä, kun ne ovat identtisessä tilassa, niin

⁴⁴Saunders 2002, 83.

⁴⁵Tracy 1997, 311–312.

⁴⁶Saunders 2002, 84.

⁴⁷"It professes that those parts of the universe already laid down absolutely appoint and decree what the other parts shall be." James 1897, 150.

⁴⁸Saunders 2002, 85–86.

kyseisen teorian mukaan ne ovat keskenään identtisisessä tilassa minä tahansa ajanhetkenä. Hänen mukaansa systeemi voi olla deterministinen historian tai tulevaisuuden suhteen, mutta jos se on sitä kumpaankin suuntaan, on teoria deterministinen.⁴⁹

Aku Visala on vielä määritellyt determinismin seuraavasti:

Menneisyyden tapahtumat yhdessä luonnonlakien kanssa mahdollistavat vain ja ainoastaan yhden tulevaisuuden.⁵⁰

Maailma on deterministinen, jos äskeinen on siinä aina totta. Jos maailmassa on yksikin hetki, jossa äskeinen ei päde, on maailma silloin indeterministinen.⁵¹ Osapuolten ei tarvitse olla tapahtumia vaan ne voivat olla esimerkiksi olioita, ja joidenkin filosofien mukaan tapahtumien syinä voivat olla myös tietynlaiset syyt, eli vapaat toimijat.⁵²

Määritelmän tekemä oletus on, että tapahtumat perustuvat poikkeuksettomiin luonnonlakeihin. Mikäli systeemin alkutila tunnetaan tarkasti, voidaan sen tulevaisuus ennustaa tarkasti laskemalla. Klassisen mekaniikan mukaan kaikki systeemit ovat viime kädessä tällaisia.⁵³ Tämä kysymys on niin ikään relevantti kaaosteorian tapauksessa.

Klassiseen fysiikkaan liittyy keskeisenä ranskalaisen tähtitieteilijän Pierre-Simon Laplacen ajatusleikki kaikkitietävästä jumaluudesta, johon viitataan edelleenkin Laplacen demonina. Sen mukaan, jos kaikki luonnonlait ovat poikkeuksettomia ja fysikaalisen systeemin osatekijät voidaan määritellä tarkasti jollakin tietyllä hetkellä, pystyttäisiin universumin tila periaatteessa laskemaan minä tahansa hetkenä menneisyydessä tai tulevaisuudessa. Mikäli olisi olemassa kaikkitietävä ja kaikkilaskeva Laplacen demoni, pystyisi se laskemaan, missä tilassa universumi oli esimerkiksi 1000 vuotta sitten.⁵⁴

Tämä ajatusmalli vallitsi fysiikassa 1700-luvulta aina 1900-luvun alkupuolelle asti. Nykyään on siirrytty ennemminkin ajattelemaan, että jokin syy saa aikaan jonkin seurauksen tietyllä todennäköisyydellä, mikä johtuu fysiikassa tapahtuneen mullistuksen johdosta.⁵⁵ Visala ei tarkalleen paljasta, mikä johtaa ajatteluun syyn todennäköisyydestä aiheuttaa jokin seuraus, mutta oletettavasti se juontaa kvanttimekaniikan kööpenhaminalaisesta tulkinnasta, joka on luonteeltaan indeterministinen.

Kvanttimekaanisia systeemejä pidetään klassisesta fysiikasta poiketen usein indeterministisinä. Todellisuudessa tilanne on tätä monimutkaisempi. Determinismi tarkoittaa John

⁴⁹Saunders 2002, 86.

⁵⁰Visala 2018, 73.

⁵¹Visala 2018, 73.

⁵²Visala 2018, 74.

⁵³Visala 2018, 74.

⁵⁴Saunders 2002, 87–88; Visala 2018, 74–75.

⁵⁵Visala 2018, 75–76.

Earmannin mukaan eri asiaa kvantti- ja newtonilaisessa mekaniikassa.⁵⁶ Determinismi newtonilaisessa systeemissä nousee sen matemaattisesta formalismista. Kvanttimekaanista systeemiä kuvaava Schrödingerin yhtälö on täysin deterministinen, ja indeterminismi nousee ennemminkin kvanttimekaniikan filosofiasta (kööpenhaminalainen tulkinta) kuin fysiikasta.

Lisäksi luonnossa näyttää olevan ilmiöitä, jotka käyttäytyvät kaoottisesti tai satunnaisesti. Mikäli kyseessä on jälkimmäinen sen puhtaassa mielessä, voidaan ajatella, että maailma ei ole täysin deterministisesti määrätty, vaan siinä voi olla vapaita toimijoita, kuten Jumala tai ihminen. Toisaalta determinismin kannattaja saa myös tukea kaaoksesta omalle näkemykselleen. Nimittäin jos luonnossa havaittu kaoottisuus tai satunnaisuus voisi olla peräisin matemaattisesta kaaoksesta, se olisi tiettyjen yksinkertaisten yhtälöiden määräämää. Tässä mielessä havaittu kaaos tai satunnaisuus olisi siksi jonkin määräämää. Täten kaaosteoria itse asiassa ennemminkin tukee Wildmannin ja Russelin mukaan determinismia kuin toimii argumenttina sitä vastaan. Täten esimerkiksi determinismin kannattajia häirinnyt havainto, jonka mukaan planeettojen radoissa on pientä satunnaisuutta, saa itse asiassa mahdollisen deterministisen selityksen. Sen tähden ajatus determinismistä on niin vahva, kuin se vain voi olla, juuri kaaosteorian vuoksi.⁵⁷

Kuitenkin heidän mukaansa determinismia ei voi argumentoida sen voimakkaammin kuin mitä kaaosteoria mahdollistaa. Se johtuu epistemologisista syistä, joiden mukaan ei voida tietää, johtuuko luonnossa havaittu kaoottisuus tai satunnaisuus matemaattisesta kaoottisuudesta tai satunnaisuudesta. Jos kyse on jälkimmäisestä, on silloin olemassa vapaita toimijoita. Kaoottinenkaan vaihtoehto, matemaattisessa mielessä, ei sulje pois Jumalan toimijuutta ainoana vapaana olentona. Jumala voisi toimia luonnossa käyttämällä hyväkseen systeemin herkkyyttä siten, kuin superlaskija vain voi. Siinäkin tapauksessa Jumalan olisi tarkasteltava alkuehtojen luonnollisia alkuehtoja aina äärettömyyksiin saakka. Tällöin Jumalan täytyisi puuttua deterministiseen ketjuun joko katkaisemalla tai pysäyttämällä se. Tämän tulisi tapahtua hyvin pienin, ei-havaittavin askelmin. Tämä taas vaatii vastauksen, miksi Jumala toimisi niin ennemmin kuin jollakin muulla tavalla, ja vastaus olisi luonteeltaan teologinen.⁵⁸ Tässä työssä en syvenny tämän tarkemmin tähän ongelmaan.

Periaatteessa filosofisena tai teologisena ratkaisuna voisi olla jokin sellainen, joka ei olela tietynlaista keinulautaperiaatetta, jonka mukaan determinismi on vapaata toimijuutta vastaan ja päinvastoin. Esimerkiksi Kantin duaalisen argumentin mukaan meidän on omien kykyjemme vuoksi pakko ymmärtää maailma suljetun kausaaliseksi, ja asiat sinänsä tulee ym-

⁵⁶Saunders 2002, 84–85.

⁵⁷Wildman & Russell 1997, 82–83.

⁵⁸Wildman & Russell 1997, 83.

märtää ei-deterministiseksi, jotta moraalisisillä käsityksillä olisi mitään relevanssia. Tässä tapauksessa kaaosteoria olisi irrelevanttia, koska sen tuoma kausaliteetti olisi vain meidän omaa käsitystämme, emmekä voisi ymmärtää asioita itsessään. Kantin ajattelun lisäksi on muistakin vastaavia ajatusmalleja, jotka eivät vaadi edellä mainittua joko tai -ajattelua, kuten prosessi-metafysiikka⁵⁹, panteismi ja panenteismi.⁶⁰

On lisäksi hyvä huomata, että fysikaalinen indeterminismi ei välttämättä takaa vapaata toimijuutta. Nimittäin jos indeterministinen tapahtuma on jokin vapaiden toimijoiden kannalta merkityksetön tapahtuma, esimerkiksi hiekanjyvän liikahtus autiolla planeetalla, ei siinäkään maailmassa voi eittämättä olla vapaita toimijoita.⁶¹ Tähän kritiikkiin palaan myöhemmin⁶².

Kuten yllä jo sivuttiin, eräs indeterminismin määritelmä on ennustamattomuus, eli systeemin nykytilasta ei voi päätellä sen tilaa minä tahansa tulevaisuuden hetkenä. Kaaosteoriaa taas monet pitävät deterministisenä mutta toisaalta myöntävät, että siinä ennustettavuus katoaa hyvin nopeasti. Herääkin kysymys, miten determinismi ja ennustettavuus sopivat yhteen.

On huomattavaa, että väite maailman determinismistä on ontologinen väite ja siksi väite maailman metafysisestä luonteesta. Se taas on eri asia kuin väittää, että tieteellisellä lailla voidaan ennustaa tulevaa. Ero johtuu siitä, että tieteelliset lait ovat eri asia kuin luonnonlait, joten väite maailman determinismistä on väite luonnonlakien determinismistä. Tämä ei tarkoita, etteikö epistemologia voisi kertoa jotain maailman luonteesta, eikä näin ollen olla antirealistia tieteen suhteen. Jos on tarpeeksi tietoa systeemin toimintatavoista, voidaan sanoa, että deterministinen systeemi on ennustettava, muttei siitä seuraa, että ei-ennustettava systeemi olisi indeterministinen. Esimerkiksi kaaosteoria ei ole ennustettava, mutta siinä käyttäytymistä määrittävät yhtälöt ovat deterministisiä. Lisäksi Karl Popperin ajatusta mukaillen, Nicholas Saunders argumentoi, että ennustettavuus vihjaa mahdollisesta determinismistä muttei ole tae siitä.⁶³

Kaaosteoriasta seuraava mahdollinen indeterminismi ei siis voi perustua siihen, että kaoottiset systeemit eivät ole kovin ennustettavia. Mahdollinen kaaosteoriaan pohjautuva argumentti maailman indeterminismistä vaatii jonkin muun perusteen kuin ennustamattomuuden, josta tieteessä on laaja konsensus.

⁵⁹Prosessimetafysiikka viittaa eritoten Alfred North Whiteheadin kehittämään metafysiikkaan, jonka mukaan Jumala on osa luomakuntaa mutta luomakunta ei ole Jumala, eli kyse on panenteismista kuin panteismista, jossa Jumala tai jumaluus on yhtä kuin luomakunta. Whiteheadin ajattelussa Jumala ja luomakunta alkeishiukkasista ihmisiin vuorovaikuttavat keskenään, ja luomakuntakin voi vaikuttaa Jumalaan eikä Jumalan vaikutus ole sanelevaa vaan ennemminkin suostuttelevaa. (Barbour 1997, 284–286).

⁶⁰Wildman & Russell 1997, 85.

⁶¹Visala 2018, 78–80.

⁶²Katso osio 3.3 Polkinghornein huomiot kaoottisten systeemien herkkyydestä.

⁶³Saunders 2002, 87–90.

Näihin kysymyksiin Polkinghorne pyrkii vastaamaan omassa mallissaan vapaasta toimijuudesta. Hän argumentoi juuri kaaosteorian avulla sen puolesta, että maailma on indeterministinen. Ennen kuin tarkastelen aihetta sen tarkemmin, on syytä erotella ne tavat, joilla Jumalan voidaan olettaa toimivan maailmassa.

1.3 Emergenssi ja reduktio

Emergenssiä sivuttiin jo edellä. Käsitteenä emergenssi tarkoittaa kokonaisuutta, joka on enemmän kuin osiensa summa. Toisin sanoen emergentin systeemin ominaisuuksia ei voida selittää pelkästään sen osilla, vaan systeemin osat vuorovaikuttavat yhdessä niin, että syntyy jokin uusi kokonaisuuden kollektiivinen ominaisuus. Emergenssin vastakohtana on reduktio.⁶⁴

Emergentit tasot ovat hierarkkisessa järjestyksessä, jossa monimutkaisuus lisääntyy hierarkiaa ylös noustessa, sillä ylemmän tason käsitteet eivät esiinny alemmilla tasoilla. Emergentissä systeemissä tietyn tason käsitteet eivät myöskään redusoidu alemman tason käsitteiksi, eikä niitä voida soveltaa alemmilla tasoilla. Esimerkiksi biologisessa systeemissä alimmalla tasolla ajatellaan olevan ioneja ja elektroneja. Toiseksi alimmalla tasolla puhutaan atomeista, jotka taas ovat seuraavan tason rakennusaineita, joista rakentuu molekyylejä, joista seuraavalla tasolla soluelimiä, edelleen kudoksia ja niin edelleen. Ylimmällä tasolla puhutaan taas ekosysteemistä, joka muodostuu biologisista yhteisöistä, jotka muodostuvat lajeista ja niin edelleen.⁶⁵ Esimerkiksi ekosysteemiä, kuten sademetsää, määrittää puiden ja sienirihmastojen symbioosi. Symbioosi taas ei kuvaa mitään elektronien ja ionien maailmassa.

Emergenssin vastakohtana on reduktio, eli kokonaisuus viime kädessä redusoituu osasiinsa. Edelleen voidaan puhua rakenneosareduktiosta (engl. *constituent reduction*) ja prosessireduktiosta (engl. *process reduction*). Rakennereduktio nimensä mukaisesti tarkoittaa, että jos kokonaisuus hajotetaan osasiinsa, sen rakenneosia on vain tietty määrä. Esimerkiksi tässä mielessä väite, että maailmankaikkeus koostuu vain kvarkeista, gluoneista ja elektroneista on rakennereduktio. Jos esimerkiksi ihminen hajotettaisiin osiinsa, ei löydetä näitä enemmän rakenneosia, kuten *élan vitalia*, elämän kipinää. Se ei kuitenkaan tarkoita, etteikö ihminen voisi olla muutakin kuin kvarkkeja, gluoneja ja elektroneja, koska tällaisessa hypoteettisessa hajottamisessa olisi kokonaisuus nimeltä ihminen hajotettu. Tämä reduktio on heikoin muoto reduktiosta. Sen vastakohtana voidaan pitää vitalismia, jossa oletetaan, että on olemassa erillinen osanen, jotta materiasta tulee elävä.⁶⁶

⁶⁴Ellis 1997, 362.

⁶⁵Ellis 1997, 362.

⁶⁶Polkinghorne 1998b, 50–51; Sharpe ja Walgate 2003, 412.

Vahvempaa reduktionismia edustaa prosessireduktionismi, jonka mukaan ylätason kielet, kuten psykologia ja biologia, ovat vain käteviä tapoja puhua monimutkaisista tapahtumista, jotka muodostuvat viime kädessä alimmalla tasolla fysiikan laeista ja prosesseista. Nämä korkeamman tason kielet ovat hallittavuuden kannalta välttämättömiä mutta eivät edusta mitään todellisuudelle perustavanlaatuisia. Tästä laajasti käytettynä esimerkkinä on fysiikassa termodynamiikka, joka edustaa korkeampaa tasoa, ja kineettinen kaasuteoria, joka edustaa alemmalla tasoa. Kaikki mitä kaasussa tapahtuu, perustuu molekyylien keskinäisiin törmäyksiin, eli niiden kineetikkaan. Kuitenkin on mahdotonta puhua kaasusta yksittäisten molekyylien avulla. Termodynaaminen suure, kuten lämpötila, on suoraan verrannollinen molekyylien keskimääräiseen kineettiseen energiaan ja tarpeellinen lyhenne, joka kuvaa tiettyä kaasumolekyylien kokonaisuuden ominaisuutta.⁶⁷

Prosessireduktionisti vie reduktion ulottumaan myös kokonaisuuksiin, kuten esimerkiksi ihmisen kokemukseen mielestä. Se tulkitaan aivojen molekyylien prosessiksi.⁶⁸

Prosessireduktionismille vastakkaista mielipidettä edustaa kontekstualismi. Sen kannattajien mukaan yksittäiset prosessit riippuvat siitä, missä kokonaiskontekstissa ne tapahtuvat. Toinen tapa esittää tämä antireduktiivinen kanta on, että on olemassa huipulta-alas-, eli laskeva kausaatio, jossa kokonaisuus vaikuttaa osiinsa, sen lisäksi, että on alhaalta-ylös-, eli nouseva kausaatio, jossa osat vaikuttavat kokonaisuuteen.⁶⁹ Argumentissaan Polkinghorne nimenomaan puhuu kontekstualismista, joka on siis hieman eri asia kuin emergenssi.

Näiden kahden, reduktionismin ja loppuun asti viljellyn kontekstualismin, välissä on näkökanta, jota kirjallisuudessa kutsutaan konseptuaaliseksi emergentismiksi. Edellisen kaasuihin liittyvän esimerkin mukaan kaikki kaasun ominaisuudet ovat lopulta kaasumolekyylien välistä vuorovaikutusta, mutta toisaalta ei ole mielekäästä puhua lämpötilasta yksittäisten molekyylien tapauksessa. Täten lämpötila on konseptuaalisesti redusoitumaton. Tämän näkökannan vahvuus on, että se tunnistaa holistiset näkökannat, mikä vastaa sitä, miten kokonaisvaltaiset systeemit ymmärretään kuitenkin kyseenalaistamatta mikroskooppisessa maailmassa tapahtuvia fysiikan lakeja. Herää kuitenkin kysymys, onko tämä lopulta muuta kuin monimutkaisuuden verhon alle jäävää reduktionismia.⁷⁰

Ilmiselvästi emergenssiä kannattavien holistien ongelma on, miten teoreettiset selitykset eri tasoilla tapahtuvien vuorovaikutusten välillä voidaan sovittaa keskenään, ja miten pohjalta-ylös vuorovaikutukset antavat tilaa huipulta-alas vuorovaikutuksille. Reduktionisteille taas on

⁶⁷Polkinghorne 1998b, 51.

⁶⁸Polkinghorne 1998b, 51.

⁶⁹Polkinghorne 1998b, 51.

⁷⁰Polkinghorne 1998b, 51–52.

ongelmallista selittää, miten kokemukset ja käyttäytyminen korkeammilla tasoilla muodostuvat epifenomenalisesti niiltä tasoilta, joilla katsotaan tapahtuvan perustavanlaatuisia vuorovaikutusta. Holistien ja reduktionistien välinen keskustelu onkin jatkunut jo vuosisatoja ja jatkuu yhä edelleen.⁷¹

Polkinghorne ottaa kantaa tähän keskusteluun juuri kaaosteorian mahdollistaman mekanismin kautta. Kuten tässä osiossa edellä on nähty, haasteena on löytää ne aukot pohjalta-ylösvuorovaikutuksista, jotka mahdollista huipulta-alasvuorovaikutukset.

1.4 Maailman metafyyminen luonne

Metafyysikka tutkii, mikä on maailman syvin luonne. Erilaisia metafyyisiä malleja maailman luonteesta on useita. Yhtä ääripäätä edustaa materialismi tai naturalismi, joiden mukaan kaikki olevainen on materiaa eikä muiden muassa mentaalista ole olemassa. Idealismia taas voidaan pitää toisena ääripäänä. Sen mukaan kaikki olevainen on lähinnä mentaalista. Näiden kahden ääripään välissä on esimerkiksi dualismi, jonka mukaan olevainen koostuu sekä materiaasta että mentaalista. Näiden lisäksi on muitakin ratkaisumalleja, kuten prosessifilosofia ja Polkinghornen ehdotus. Tässä osiossa esittelen lyhyesti kolmea edellä mainittua, ja Polkinghornen ratkaisumallia käsittelemän myöhemmin⁷².

Materialismin tai naturalismin (joskus myös fysikalismi⁷³) mukaan aine tai fyysinen luonto on olemassa. Sen mukaan kaikki ominaisuudet johtuvat aineen ominaisuuksista ja kaikki olemassa oleva, kuten elämä, mieli, moraali, uskonto ja niin edelleen, voidaan selittää aineen ja fyysisen luonnon avulla. Varhaisimmat materialismin kannattajat olivat kreikkalaiset atomistit ja ranskalaisen valistuksen filosofit. Näitä tuorempi esimerkki on B. F. Skinnerin ja hänen seuraajiensa behaviorismi, jonka mukaan psykologien ei tulisi viitata subjektiiviseen mentaalisiin ilmiöihin vaan näkyviin havaintoihin ja tieteen tulisi käsitellä vain objektiivisia tapahtumia, kuten ärsykkeiden korrelointia ja toiminnallista vastinetta.⁷⁴ Radikaalissa naturalismissa ainoastaan fysikaalista olemassaoloa pidetään mahdollisena, ja kaikki muu olemassaolo, kuten abstrakti ja ei-fysikaalinen olemassaolo, katsotaan mahdottomaksi. Tätä näkemystä ei kuitenkaan kannata suurin osa filosofiista, niin naturalisteista, ateisteista sekä agnostikoista.⁷⁵

⁷¹Polkinghorne 1998b, 52.

⁷²Katso osio 3.6.1 Polkinghornen avoin universumi.

⁷³Fysikalismia käytetään usein materialismin tai naturalismin synonyymina, jolloin se siis terminä viittaa samaan metafyyseen käsitteeseen. Tässäkin merkityksessä sillä on pieni vivahde-ero, sillä voimia, kuten gravitaatiota, on hyvin vaikea selittää materiaalilla tai aineella ainakaan traditionaalisessa mielessä mutta ne selvästi kuuluvat fysiikkaan. Wienin piirissä taas metafysiikkaa pidettiin epäoleellisena, joten sen edustajat käyttivät fysikalismia lingvistisenä terminä eikä metafyyssisenä. Stoljar 2017.

⁷⁴Barbour 1997, 78, 260; Stenmark 2016, 31.

⁷⁵Vainio & Visala 2011, 257.

Edellisen täydellinen vastakohta, idealismi, taas olettaa, ettei ole olemassa muuta kuin mentaalinen, eli mielessä oleva. Jo pythagoralaiset ajattelivat, että matemaattiset suhteet ovat kaiken takana. Platonistien mukaan maailma on epätäydellinen heijastuma ikuisista täydellisistä ideoista. Nämä molemmat ajattelut esiintyvät myös Keplerin ja Kopernikuksen kirjoituksista keskiajalla. 1700-luvulla taas Kant esitti, että aika, avaruus ja kausaali-teetti ovat ihmisen ajattelun kategorioita, jotka asemoimme luontoon, muttemme voi tietää, mitä oliot itsessään (*an sich*) ovat. Idealismin nykypäivän versioita on syntynyt modernin fysiikan myötä. Fyysikko Eugene Wignerin mukaan kvanttitalat määräytyvät vasta, kun ne asettuvat jonkun tietoisuuteen. Aaltofunktio romahtaa introspektiomme tai itsetietoisuutemme tähden, joka on ihmisen tietoisuuden erityinen piirre. Fyysikko John Wheelerin mukaan maailmamme on havaitsijan luoma, mutta aaltofunktion romahtaminen ei tapahdu tietoisuudessa vaan se on kommunikaatiota, joka tapahtuu subjektien välillä. Hänen mukaansa menneisyydellä ei ole merkitystä ennen kuin se tallentuu nykyisyyteen. Koska olemme alkuräjähdyksen ja varhaisen universumin havaitsijoita, olemme auttaneet niiden luomisessa.⁷⁶

Kahden edellisen väliltä on dualismi, jonka mukaan on olemassa sekä materia että mentaalinen. Ajattelu on lähtöisin kreikkalaisesta filosofiasta, joka erotti ihmisen ruumiiksi ja sieluksi. Tämä ajattelu jatkoi kulkuaan myös keskiajalla. René Descartes kehitti radikaalin materian ja mielen (mentaalinen) välisen dualismin. Ulkoinen maailma on materiaa, joka muusta riippumatonta ja levittäytyy avaruuteen. Mieli taas on rajattua ajattelun substanssia. Kaikki epäinhimillinen elämä kuului hänen ajattelussaan materiaan ja hänelle eläimet olivat vain automaatteja ja monimutkaisia koneita vailla ymmärrystä tai tunteita. Ihmisen kehokin tuli tulkita koneeksi, ja ainoa poikkeus oli ihmismieli. Luonnon ymmärtämisen avain taas oli matemaatiikka, jona Descartes katsoi olevan ainoa varma asia ja esikuva kirkkaista ja varmoista ideoista.⁷⁷ Mieli ajatellaan dualismissa sieluna, joka on kiinnitettynä ruumiiseen mutta on ei-fyysinen ja ikuinen.⁷⁸

1.5 Mielen rakenne ja ihmispersoonaa

Maailman metafyyminen rakenne vaikuttaa väistämättä myös käsitykseen mielen rakenteesta. Materialisti ei suoranaisesti usko ihmissielun olemassaoloon, vaikka tietyt materialismin muodot sallivat puhtaasti henkisten olentojen luonteen. Toisaalta puhtaaksi viljelty idealismikaan ei voi välttämättä pitää ihmiskehoa todellisena.

⁷⁶Barbour 1997, 185–185; Stenmark 2016, 55.

⁷⁷Barbour 1997, 9, 12–13.

⁷⁸Vainio & Visala 2011, 259.

Perinteisen filosofian ja teologian mukaan ihminen on jotain muuta kuin luontokappaleet, kuten kasvit, eläimet ja elottomat kappaleet. Ihmisellä katsotaan olevan erityispiirteitä: moraalinen arvo ja henkisiä kykyjä, joita ei ole eläimillä.⁷⁹

Näitä ihmisen erityispiirteitä on selitetty monella eri tavalla: puhtaasti materialistisena, eli aivojen toimintana, tai ihmisillä on katsottu olevan jotakin, mikä ei selity pelkästään aivoilla, eli mentaali puoli tai peräti yliluonnollinen sielu. Monesti ratkaiseva tekijä ja usein esiintyvä termi on mielentila, joten ensin määrittelen sen.

1.5.1 Mielentilat

Keskusteltaessa mielen rakenteesta puhutaan usein mielentiloista. Käsitteellisesti ne eroavat aivotiloista, vaikkakin esimerkiksi naturalistit samaistavat mielentilat aivotiloihin. Täten seuraavaksi esitän Vainion ja Visalan esittämän analyysin mielentiloista.

Meillä on eittämättä kokemus tietoisuudesta, joka on meillä itsellämme mutta jota ei sinänsä voi välittää suoraan toiselle. Tiedämme, miltä tuntuu nähdä valkoista, tuntea vihaa, kokea kipua tai limonadin maku. Voimme kuvata tuntemusta mutta kokemus välittyy ainoastaan, jos saamme toisen kokemaan samaa.⁸⁰ Mielessämme on siis selviä ikään kuin tunnetiloja, jotka tiedostamme. Näitä kutsutaan mielentiloiksi. Mielentiloilla voidaan nähdä neljä eri ulottuvuutta⁸¹.

Ensinnäkin niillä on laadullinen ulottuvuus. Tästä on esimerkkinä polvessa koettu kipu. Laadullisesti ne eroavat selvästi fyysikaalisista ominaisuuksista, kuten massa tai värisyys. Ne vaativat selvästi kokijan, joka on jotain muutakin kuin fyysinen kappale.⁸²

Toinen ulottuvuus on intentionaalisuus. Tällä tarkoitetaan, että ainakin jotkut mielentilat selvästi viittaavat johonkin, tai ne ovat jostakin. Esimerkiksi kunkin ajatus ensimmäisestä koulupäivästä ”viittaa” tai ”koskee” maailmaa, eli tosiseikkaa siitä päivästä, jolloin kukin on mennyt ensimmäistä kertaa kouluun. Mielentilat siis ovat erityisiä siten, että ne suuntautuvat kohti maailmaa.⁸³

Kolmanneksi mielentilat näyttävät vaativan kokijan, eli toisin sanoen ne vaativat niin sanotun ensimmäisen persoonan näkemyksen. Esimerkiksi omat mielentilamme ovat läsnä vain meille itsellemme, ei muille.⁸⁴

Näistä kolmesta edellisestä seuraa se, ettei näytä olevan mahdollista kuvata mielentiloja fyysikaalisia olioita koskevalla kielellä. Fyysikaalisilla olioilla, kuten kirjalla on perusosia (sivu-

⁷⁹Barbour 1997, 254–255, 268–269; Vainio & Visala 2011, 263.

⁸⁰Vainio & Visala 2011, 129.

⁸¹Vainio & Visala 2011, 129.

⁸²Vainio & Visala 2011, 129.

⁸³Vainio & Visala 2011, 129–130.

⁸⁴Vainio & Visala 2011, 130.

ja, atomeja ja niin edelleen), tietty paikka ja noudattaa tiettyä lakia, eli painovoimaa. Mielentiloilla, kuten ajatuksilla, tunteilla ja mielikuvilla, näitä ei ole.⁸⁵

Vainion ja Visalan mukaan suurimmalla osalla filosofeja on samankaltainen näkemys mielentiloista. Kirjallisuudessa käytävän debatin kohteena onkin ennemminkin se, mitä näistä seuraa kuin onko edellinen analyysi validi.⁸⁶

1.5.2 Reduktiivinen ja ei-reduktiivinen materialismi

Materialismi tutkittaessa mielen luonnetta ja rakennetta juontuu metafysisestä käsityksestä. Mikäli maailman metafysisenä rakenteena pidetään esimerkiksi materialismin ääripäätä, radikaalia naturalismia, kaikki olevainen on lopulta materiaa eikä mitään sielullista tai mentaalia ole olemassa. Kuitenkin materialistinen näkemys mielestä ei välttämättä tarkoitta, etteikö voisi olla olemassa myös jotain ei-fysikaalista. Tällainen näkemys on muiden muassa ei-reduktiivinen materialismi, jollaisesta esimerkkinä on teistinen materialismi. Käsittelen niitä tässä osiossa, mutta aloitan yksinkertaisimmasta esimerkistä materialistisesta mielenfilosofiasta, eli reduktiivisesta materialismista.

Reduktiivinen materialismi kiistää, että mielentiloja on ylipäättään olemassa. Ne ovat sen mukaan enemmän tai vähemmän identtisiä aivotilojen kanssa. Monien mielenfilosofien, kuten Daniel Dennettin ja Patricia Churchlandin, mukaan mielentilojen ulottuvuudet, eli intentionaalisuus, laadulliset ulottuvuudet ja ensimmäisen persoonan näkökulmat, ovat vain aivojemme luomia harhoja, toisin sanoen aivotiloja. Tämä katsontakanta edellyttääkin varsin vahvaa näkemystä mielen ja aivojen suhteesta, mikä on monille filosofeille vaikea pala syötäväksi. Esimerkiksi kysymykset vapaasta tahdosta ja järkevästä päättelyn luonteesta ovat tälle näkökannalle ongelmallisia.⁸⁷

Ei-reduktiivisessa materialismissa taas hyväksytään edellä käsitelty mielentilojen erityinen luonne, eli ne ovat jossain määrin ei-fyysisiä. Kuitenkin siinä väitetään, että ne pohjimmiltaan ovat fysikaalisia tiloja ja ominaisuuksia, eli niiden selitys on jossain määrin luonnon-tieteellinen. Täten mielentilat eivät ole aivotiloja mutta ne kuitenkin ovat riippuvaisia aivojen tiloista. Täten mielentilojen ja aivotilojen välillä vallitsee suhde, jota kutsutaan supervenienssiksi eli päältävyydeksi. Tällaisessa suhteessa jokainen mielentilan muutos vaatii muutoksen aivotiloissa. Tämän ratkaisumallin ongelmana kuitenkin on, miten mielentilat voivat olla muuta kuin aivotiloja mutta kuitenkin perustua fysikaalisille tiloille.⁸⁸

⁸⁵Vainio & Visala 2011, 130.

⁸⁶Vainio & Visala 2011, 130.

⁸⁷Vainio & Visala 2011, 131–132.

⁸⁸Vainio & Visala 2011, 132.

Mielenfilosofia heijastuu myös teologiseen näkemykseen ihmisestä yksilönä ja persoonana. Siitä huolimatta, että materialismi yleensä assosioituu ateistisiin tai agnostisiin näkemyksiin maailmasta, myös teisti voi kannattaa materialistista näkemystä mielestä ja ruumiista.

Teistinen materialismi (Vainion ja Visalan käyttämä termi) edustaa materialismia teistisessä näkökulmassa. Sitä ovat viime aikoina puolustaneet monet teologit ja filosofit, kuten teologi Nancey Murphy ja filosofi Peter van Inwagen, vaikka teologisessa perinteessä heitä ei juuri ole ollut. Teistiset materialistit eivät kuitenkaan kiellä ruumiittomia persoonia, joihin myös Jumala lukeutuu. Teistinen materialismi onkin etupäässä teoria ihmispersoonista.⁸⁹

Teistisen materialismin mukaan ihmisen sielu on yhtä kuin mieli, jonka toiminnat perustuvat aivojen toimintaan. Sielu ei kuitenkaan ole siinä aineeton olento, kuten esimerkiksi dualismissa, vaan aineellinen. Ajattelu, tietoisuus ja järjen toiminta ei siis vaadi mitään erillistä olentoa, vaan ne ovat ihmisruumiin ominaisuus.⁹⁰

Teistille materialismille voidaan löytää tukea muiden muassa Raamatusta. Esimerkiksi Vanhassa testamentissa ihmisestä käytetään termiä *nefeš*, נֶפֶשׁ, tai *nefeš haja*, הַיָּהוּה נֶפֶשׁ, joka tarkoittaa elävää sielua, ja edelliset käännetään usein sieluksi tai hengeksi. Tällä tarkoitetaan ihmisen koko persoonaa, eikä ruumiista erillistä olentoa, kuten esimerkiksi dualismissa. Myöskin ylösnousemus sopii hyvin teistisin materialismin kanssa, sillä Raamatun ajattelussa ylösnousemus on ruumiillinen, ei pelkästään sielun tai hengen ylösnousemusta.⁹¹

Teistinen materialismin kannattajat puolustavat ei-reduktiivista materialismia ja ovat reduktiivista materialismia vastaan.⁹² Tämä sopii teistiseen näkemykseen, jonka mukaan persoonallinen Jumala on olemassa, joten kaikkea olevaista ei voi selittää materiaalilla.

Näiden lisäksi Herbert Feigl ja J.J.C. Smart kannattavat tyyppi-identiteettiteoriaa (engl. *neural identity theory*). Heidän mukaansa mentaaliset ja fysikaaliset termit eroavat merkitykseltään tai konnotaatioltaan mutta lopulta ilmenee, että itse asiassa ne empiirisessä mielessä viittaavat samaan, eli tapahtumiin neuronitasolla. Esimerkiksi jokin tietty aistimus, on yksinkertaisesti tietty tapahtuma neuroneissa, vaikei sitä voida määrittellä psykologisesti.⁹³

Materialismin eräs ongelma on, että se näyttää johtavan epifenomenalismiin, jonka mukaan mieli ei vaikuta ruumiiseen eikä muuhunkaan maailmaan. Jos siis aivot ovat materiaa eikä materiaan vaikuta muut kuin fysikaaliset lainalaisuudet, ei välttämättä ole mahdollista, että mieli voisi vaikuttaa aineeseen. Mieli on siis aivojen sivutuote eikä mitään muuta. Tätä kutsutaan myös mentaalisen kausaation ongelmaksi. Jos kaikilla fysikaalisilla oliolla on ole-

⁸⁹Vainio & Visala 2011, 268.

⁹⁰Vainio & Visala 2011, 268–269.

⁹¹Vainio & Visala 2011, 268–270.

⁹²Vainio & Visala 2011, 269.

⁹³Barbour 1997, 260–261.

massa riittävä fysikaalinen selitys, päädytään kausaalisen sulkeuman periaatteeseen (engl. *the principle of causal closure*).⁹⁴

Polkinghorne nimenomaan pyrkii argumentillaan vastaamaan siihen, miten mieli voisi todella vaikuttaa materiaan. Hänelle mieli ja materia ovatkin hyvin läheisessä yhteydessä, kuten jatkossa huomataan.

1.5.3 Dualistinen malli

Dualismissa ihmisen erityispiirteen, joka erottaa hänet eläimistä, katsotaan olevan yliluonnollista alkuperää, ja sitä kutsutaan usein sieluksi. Se ajatellaan metafyyksiseksi osaksi ihmisessä ja sen katsotaan mahdollistavan ihmisen persoonallisuuden.

Dualismi palautuu läntisessä ajattelussa aina Platonin ja Augustinuksen aikoihin.⁹⁵ Jälkimmäinen, Augustinus, muotoili näkemyksensä Platonin pohjalta. Hänen mukaansa ihmis-sielu koostuu kolmesta osasta: kasvisielusta, eläinsielusta ja järkisielusta. Kasvisielu pitää yllä elintoimintoja ja siitä kumpuaa elämään kuuluvat kyvyt, ja se kuuluu kaikille eläville, niin ihmisille, kasveille kuin eläimille. Eläinsielu taas mahdollistaa tahtomisen ja haluamisen, toisin sanoen suuntautua kohti päämäärää. Eläinsielu on sekä ihmisissä että eläimissä. Järkisielu on korkein sielunosa, joka on vain ihmisellä ja joka erottaa hänet muusta luomakunnasta. Siinä asuu järki ja ajattelu, ja siihen ihmisen identiteetti perustuu. Platonin mukaan järkisielun tulee olla ikuinen, koska se voi saada tietoa ikuisista ideoista. Augustinus hylkäsi Platonin ideat, ja hänen mukaansa järkisielut ovat Jumalan luomia. Kuolemassa järkisielu jatkaa olemassaoloaan ja siinä on ihmisen identiteetti.⁹⁶

Kuten edellä jo huomattiin, modernina aikana Descartes oli huomattavin dualismin kehittäjästä. Tarkemmin sanottuna hän edustaa niin sanottua substanssidualismia. Sen mukaan on olemassa aineellisia ja aineettomia olioita. Aineellisiin olioihin, joilla on ulottuvuus tilassa ja ajassa (lat. *res externa*), kuuluu muiden muassa ihmisruumis, aivot, eläimet, kasvit ja kivet. Aineettomilla asioilla ei tällaisia ulottuvuuksia ole, vaan ne ovat puhdasta ajattelua, eli ajattelevia asioita (lat. *res cogitans*). Näihin kuuluvat ihmismielet, enkelit ja Jumala. Henkiset ilmiöitä, joita koetaan suoraan, ovat muiden muassa ajatukset, aistimukset, tunteet, muistot, odotukset ja tarkoitukselliset toimet sekä päätökset. Ruumis ja mieli eroavat toisistaan radikaalisti, mutta kuitenkin vuorovaikuttavat kausaalisesti.⁹⁷

Mielen ja aivojen välistä dualismia ovat puolustaneet nykyajalla monet neurotieteilijät. Wilder Penfieldin mukaan koehenkilöt tiedostavat, etteivät he itse liikuta raajojaan, kun nii-

⁹⁴Barbour 1997b, 160; Vainio & Visala 2011, 270.

⁹⁵Barbour 1997, 259.

⁹⁶Vainio & Visala 2011, 263–264.

⁹⁷Barbour 1997, 259.

den liike saadaan aikaan aivoja sähköisesti stimuloimalla. Siksi hän postuloi päätöksenteon olevan täysin erillinen neuroverkosta: kytkentäpöytä ja sen käyttäjä ovat erilliset. John Ecclesin mukaan mieli etsii ja valitsee aivotilojen välillä, lukee niitä ja liittää ne ja sen jälkeen muuttaa muita aivojen sähköpiirejä. Eccles huomauttaa, että täydentävällä motorisella alueella esiintyy impulssi ennen kuin motorisella alueella ainoastaan ennen kuin tapahtuu tarkoituksellinen ja tahdonalainen motorinen liike. Myös Karl Popper puolustaa tietoisuuden ja aivojen ja mentaalisten ilmiöiden kausaalista vaikutuskykyä.⁹⁸

Teologisesta näkökulmasta juuri sielu selittää ihmisen moraalisen arvon ja erityiskyvyt teistisen dualismin mukaan. Sielun selitys on yliluonnollinen eikä se ole sidottu ruumiiseen. Sielut luodaan tyhjästä juuri tietyllä hetkellä ja ovat tuhoutumattomia. Juuri sielu tekee ihmisestä Jumalan kuvan (lat. *imago Dei*). Se taas tarkoittaa, että ihmisellä on Jumalan tavoin järki, tahto ja itsetietoisuus. Sielu on olennainen myös kuoleman jälkeisessä elämässä, sillä sielun avulla persoona voi jatkua kuolemankin jälkeen.⁹⁹

Substanssidualismissa on monia ongelmia. Niistä tunnetuin lienee interaktion ongelma, eli miten ei-fysikaalinen sielu voi vuorovaikuttaa fysikaalisen ruumiin kanssa. Kuitenkin kaikki dualistit väittävät, että sielu ja ruumis vuorovaikuttavat toinen toisiinsa. Toinen ongelma on nykytutkimuksessa havaittu ajattelun olevan riippuvainen aivoista ja keskushermoston toiminnasta. Tiedämme, miten aistimukset tapahtuvat aivoissa, ja miten mielen toiminnot riippuvat aivojen fysikaalisesta rakenteesta ja fysiologiasta.¹⁰⁰ Juuri näihin vedoten Polkinghorne itse asiassa hylkää dualismin.

Samoin monet filosofit ovat hyljänneet dualismin, mutta dualismilla on kuitenkin edelleenkin kannattajia teististen filosofien joukossa, kuten William Hasker, Dean Zimmerman ja Richard Swinburne, jotka puolustavat erilaisia dualismin muotoja. Eräs tällainen on emergentti dualismi. Se eroaa substanssidualismista siten, että sen mukaan sielu kehittyy biologisen ruumiin kanssa, kun jälkimmäisessä sielu on Jumalan *ex nihilo* luoma olio ja kiinnitetty ruumiiseen yliluonnollisella tavalla. Sielu nousee tai emergoituu ihmisruumiin ja keskushermoston toiminnasta, kun ihmisen keskushermosto kehittyy tarpeeksi pitkälle. Sielu on siis ei-fysikaalinen olio, mutta se riippuu aivojen ja keskushermoston toiminnasta.¹⁰¹

1.5.4 Kaksoisaspektiteoriat

Historian saatossa on ehdotettu muitakin malleja mielen ja ruumiin välisestä suhteesta kuin materialismi ja dualismi, vaikka jälkimmäiset ovatkin varmasti laajimmin kannatetut. Näihin

⁹⁸Barbour 1997, 259.

⁹⁹Vainio & Visala 2011, 263.

¹⁰⁰Vainio & Visala 2011, 265–266.

¹⁰¹Vainio & Visala 2011, 266–267.

kuuluu muiden muassa kaksoisaspektiteoriat, joissa nimensä mukaan olevainen on jaettu kahden eri aspektiin tai näkökulmaan, jotka kuitenkin ovat saman asian kaksi eri puolta.

Baruch Spinozan mukaan mielen ja ruumiin yhteys on synnynnäinen ja universaali. Hän kannatti monistista panpsykismiä, jossa kaikki muodostuu yhdestä luonnosta, jossa on vähintään kaksi ominaisuuksien kokoelmaa: mentaalinen ja fyysikaalinen. Tätä lähellä on myös Whiteheadin pluralistinen panpsykismi, joka kuitenkin on Barbourin mukaan ennemminkin monikerroksinen teoria kuin kaksoisaspektinen.¹⁰²

Leibnizin parallelismissa mentaalinen ja fyysinen puoli etenivät ikään kuin eri raiteita pitkin. Ne eivät olleet mitenkään keskenään vuorovaikutuksessa, mutta kuitenkin ne etenivät täysin synkronisesti harmoniassa, jonka Jumala on alussa asettanut.¹⁰³

Kaksoisaspektiteorioihin lukeutuu myös kahden kielen teoriat (engl. *two-language theories*). Esimerkiksi P. F. Strawsonin mukaan ihmispersonat ovat erityinen olemassaolon laji, johon arkikielessä viitataan mentaalisiin ja fyysikaalisiin määreihin. Monien muiden mukaan mentaaliset ja fyysikaaliset käsitteet esiintyvät vaihtoehtoisissa kielissä, joilla kuvaamme samoja tapahtumasarjoja eri tarkoituksissa.¹⁰⁴

Kaksoisaspektiteoriat välttävät osan dualismin ja materialismin ongelmat, mutta jättävät ratkaisematta ilmiöiden luonteen, johon molemmat kielet viittaavat. Vaihtoehtoiset kielet voivat riittää instrumentalisteille muttei kriittisille realisteille.¹⁰⁵

Polkinghorne kannattaa omien sanojensa mukaan juuri kaksoisaspektiteoriaa. Nähdäkseni hänen ajattelussaan on myös piirteitä monitasoisista teorioista, joita käsittelen seuraavaksi.

1.5.5 Monitasoiset teoriat

Monitasoiset teoriat (engl. *multilevel theories*) muistuttavat jossakin määrin edellä käsiteltyjä kaksoisaspektiteorioita. Kumpikin nimittäin pyrkii tavoittelemaan todellisuutta, josta käytetty kieli voi olla monitahoista. Monitasoisissa teorioissa ajatellaan kuitenkin, että todellisuus on itse asiassa monitahoista. Täten mieli–ruumis-jaottelu on vain erityistapaus monitasoisuudesta.¹⁰⁶ Esimerkiksi ihmisessä on solutaso, sisäelinten taso ja neuroverkko, joka sitoo kaiken kokonaisuudeksi. Solut ovat varsin itsenäisiä ja samoin sisäelimet. Ne muodostavat kokonaisuuksia vaikka ovat myös osa kokonaisuutta.¹⁰⁷ Riippuu siis, millä tasolla esimerkiksi ihmisruumista tarkastellaan. Solua voidaan tarkastella yksittäisenä organismina, jolla on omat lain-

¹⁰²Barbour 1997, 261.

¹⁰³Barbour 1997, 261.

¹⁰⁴Barbour 1997, 261.

¹⁰⁵Barbour 1997, 261.

¹⁰⁶Barbour 1997, 261.

¹⁰⁷Barbour 1997, 234.

alaisuudet, samoin sisäelimiä. Solun toiminta voidaan ymmärtää ottamatta huomioon esimerkiksi, missä sisäelimessä se sijaitsee. Kukin tasoa voidaan siis tarkastella ja ymmärtää erikseen ottamatta huomioon ylempää tai alemmaa tasoa.

Roger Sperryn mukaan kaikissa organismeissa on tasojen hierarkia, ja ylimmillä tasoilla on redusoimattomia lainalaisuuksia. Emergentit ja holistiset ominaisuudet syntyvät organisin suhteista ja asemoitumisesta avaruudessa ja ajassa. Kausaatio ja ohjaus suuntautuvat ylimmiltä tasoilta alemmille niin, että alempien tasojen lainalaisuuksia käytetään hyväksi niitä rikkomatta.¹⁰⁸

Mielentilat ovat Sperryn mukaan aivoja korkeamman tason emergenttejä ominaisuuksia. Materialisteista poiketen hänen mielestään tietoisuus vaikuttaa kausaalisesti. Mentaali toiminta supervenioi neuronien toiminnan päällä rikkomatta fysiologisia lainalaisuuksia. Hänen mukaansa mielen toimintaa ei voi olla olemassa itsenäisesti ilman fyysisiä tapahtumia, vaikka mentaalit ja fyysiset toiminnot ovat täysin erilaisia luonteeltaan. Hän pitää selvänä, että ihmisillä on vapaus ja itsemääräämisoikeus, joka on itse asiassa ylemmän tason kausaatio. Siinä ajatukset, tunteet, uskomukset ja käsitteet yhdistyvät määräämään käyttäytymisen.¹⁰⁹

Arthur Peacocke lähestyy tätä mallia huipulta-alaskausaation näkökulmasta. Mielen tapahtumat (engl. *mental events*) ovat ihmisten antamia sisäisiä kuvauksia aivojen kokonaistilasta, eikä suinkaan minkään mieleksi kutsutun kokonaisuuden ominaisuus; mieli on siis ei-materiaalinen, ei fyysinen moodi, joka vuorovaikuttaa aivojen kanssa. Toisin sanoen tämä edustaa ennemminkin monistista kuin dualistista mallia. Tässä mallissa aivojen kokonaistila toimii raja-arvona, mitä tapahtuu alemmalla tasolla yksittäisissä neuroneissa. Toisin sanoen mitä tapahtuu alemmalla tasolla, johtuu kokonaisuuden vallitsevasta tilasta, eli on olemassa huipulta-alaskausaatio aivojen kokonaistilan ja yksittäisten neuronien välillä.¹¹⁰

Kieli, jota käytämme mentaalisisistä kokemuksistamme, kuten syistä, intentioista ja niin edelleen, viittaa todelliseen kausaaliseen yhteyteen kokonaisaivotiloihin. Tämä kausaalinen suhde on luonteeltaan ennemminkin informaation kuin energian siirtoa.¹¹¹

Jatkossa käy ilmi, että informaation vaikutus ruumiiseen on olennainen osa Polkinghoren argumenttia. Siksi hänen ajattelussaan on selvästi myös monikerroksisia piirteitä.

1.6 Aukkojen Jumala

Aukkojen Jumalalla (engl. *God of the gaps*) tarkoitetaan teologiaa tai teologista kritiikkiä, jossa Jumalalla täytetään tieteellisessä tietämyksessä olevat aukot. Tämän termin isänä voidaan

¹⁰⁸Barbour 1997, 263.

¹⁰⁹Barbour 1997, 262–263.

¹¹⁰Peacocke 1993, 60.

¹¹¹Peacocke 1993, 60–61.

pitää Dietrich Bonhoefferiä. Hänen mukaansa on väärin käyttää Jumalaa selittävänä periaatteena siellä, missä ihmistietämys on epätäydellistä. Jumala on ikään kuin riskialtis tilapäispaikka (engl. *stop-gap*), sillä tietämyksen lisääntyessä aukot täyttyvät ja Jumala työnnetään yhä kauemmaksi. Hänen mukaansa Jumala sen sijaan haluaa tuntea läsnäolonsa ratkaistuissa ongelmissa, ei ratkaisemattomissa.¹¹²

Populaarikulttuurissa usein esiintyvä esimerkki tällaisesta vetoamisesta aukkojen Jumalaan on salamoiden selittäminen Jumalan työnä. Ennen kuin niiden luonne täysin tunnettiin, niitä on ainakin joskus pidetty jonkin jumalan, kuten Zeuksen, aikaansaannoksina¹¹³. Sittemmin salamat ovat saaneet puhtaasti tieteellisen selityksen, jolloin monet ovat tulkinneet, ettei Jumalaa tai jumalia tarvita enää ylipäätään minkään selitykseksi.

Nicholas Saunders huomauttaa, ettei Bonhoefferin aukkojen Jumala -argumentti tee täysin tyhjäksi Jumalan ja tieteellisen selityksen puutteiden yhdistämisyrityksiä. Kuitenkin vaikei hänen mukaansa Bonhoefferin argumenttia tarvitse pitää periaatteena, vaan se on hyödyllinen huomautus, ettei siten pidä spekuloida varomattomasti.¹¹⁴

Polkinghorne pyrkii välttämään aukkojen Jumala -tyyppistä argumentointia. Hän toki puhuu aukoista kausaalisisissa suhteissa, mutta luonteeltaan ne eivät perustu tietämättömyytemme maailmasta, vaan siihen, mitä varmasti tiedämme. Toisin sanoen aukkojen Jumala -argumentti on luonteeltaan epistemologinen mutta Polkinghorne tähtää ontologisiin aukkoihin.

1.7 Jumalan toiminta suhteessa luomakuntaan

Jos todella on niin, että tieteen kuvaama maailma on jamesiläisittäin ontologisesti deterministinen, miten Jumala tai periaatteessa mikä tahansa tiedostava toimija, kuten ihminen voi toimia maailmassa? Eittämättä esimerkiksi kristinuskossa ajatellaan, että Jumala on toiminut maailmassa Raamatun kuvausten mukaisesti ja että Hän vastaa rukouksiin toimimalla maailmassa. Herää kysymys, miten Jumala tai ylipäätään kukaan voi toimia vapaasti?

Taede Smedes näkee kaksi vaihtoehtoa Jumalan toiminnalle. Ensimmäinen on korostaa Jumalan immanenssia, jolloin Jumala toimii maailmassa yhtenä kausaalisena tekijä kaikkien joukossa. Tämä viittaisi siihen, että Jumala on maailmassa tai jopa osa maailmaa. Toinen olisi spinozalaista ajattelua, joka on täysin vastakohta teologiselle näkökannalle, että Jumala on transsendentti, eli enemmän kuin maailma, mutta näiden kahden näkökannan ei välttämättä tarvitse olla keskenään ristiriidassa.¹¹⁵

¹¹²Tracy 1997, 289; Saunders 2002, 96–97.

¹¹³Wikipedia: Zeus 2021.

¹¹⁴Saunders 2002, 97.

¹¹⁵Smedes 2002, 4.

Jos taas korostetaan Jumalan transsendentista luonnetta, Jumala toimii luomakunnan ulkopuolelta. Tällöin Jumalan toiminta on lokalisoitua. Näyttää siltä, että Jumala rikkoo toisinaan luonnonlakeja, jotka Hän on itse luonut, mikä tekee Jumalasta mielivaltaisen, ja näin ollen Jumalan luonne olisi ristiriidassa Hänen luotettavuuteensa kanssa.¹¹⁶

Polkinghorne vastustaa ajatusta, että Jumala rikkoisi säättämiään lakeja. Siksi hän argumentissaan vetoaa ontologisiin aukkoihin determinismissä.

1.7.1 Jumalan toiminnan jaottelua

Jumalan toimintaa (engl. *divine action*) luomakunnassa voidaan lähestyä analogialla ihmisen toimintaan. Tätä ehdotti jo Descartes, jonka mukaan samalla tavalla kuin ihminen liikuttaa ajatuksen voimalla kättään myös Jumala tai enkeli liikuttaa materiaa. Hänen ajattelunsa oli hyvin dualistista, eli maailma jaetaan mieleen ja materiaan. Hänen ajattelunsa heikoin kohta on kausaalinen niveltyminen, eli miten ihmisen ”haamu”, eli sielu, voi liikuttaa konetta, jonka sisällä se on. Tämä johtaa okkasionalismiin, jonka mukaan Jumala on synkronoinut ihmisen mielen ja maailman niin, että käsi liikkuu, kun ihminen haluaa sitä.¹¹⁷

Tässä osiossa tarkastelen jaottelen Jumalan toimintaa. Voidaan puhua yhtäältä kaitsennasta, jota termiä myös Polkinghorne käyttää Jumalan toiminnasta, ja Jumalan toiminnasta. Ensin esittelen edellisen ja jatkan jälkimmäiseen.

Jumalan kaitsenta luomakunnassa voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan. Ensimmäinen on niin sanottu yleinen kaitselmus (engl. *general providence*). Sen mukaan Jumala pitää yllä maailmaa, jolloin luonnonlait nähdään Jumalan uskollisuuden ilmentyminä. Tämän pystyvät ainakin deisti ja teisti allekirjoittamaan.¹¹⁸

Toinen on Jumalan erityinen kaitsenta (engl. *special providence*), joka liittyy Jumalan erityiseen toimintaan historiassa. Sen ajatellaan tapahtuvan fysikaalisten prosessien kautta eikä sitä voida siksi erottaa muista tapahtumista. Jumala voi toimia esimerkiksi nälänhädän tai runsauden kautta, mikä voidaan havaita uskon kautta mutta mitä ei voi tehdä tietäväksi skeptikolle.¹¹⁹ Esimerkkejä erityisestä kaitsennasta on esimerkiksi nuhtelu, historian kulun johdattaminen ja johdattaminen nostettaessa arpoja, joita on usein käytetty ja käytetään edelleen uskonnollisten virkojen täytössä.¹²⁰

Viimeinen kategoria ovat ihmeet, jotka ovat selvästi epäluonnollisia tapahtumia, kuten veden muuttuminen viiniksi tai kuolleen heräämistä henkiin. Niiden luonne viittaa Jumalan

¹¹⁶Smedes 2002, 4.

¹¹⁷Polkinghorne 2005, 23.

¹¹⁸Polkinghorne 1998b, 84.

¹¹⁹Polkinghorne 1998b, 85.

¹²⁰Saunders 2002, 3.

toimimiseen epätavallisella tavalla.¹²¹ Ihmeiden ei välttämättä katsota rikkovan luonnonlakeja, koska se olisi ristiriidassa sen kanssa, että Jumala rikkoo säättämiänsä lainalaisuuksia vastaan. Saundersin mukaan ei ole nimittäin mahdollista, että Jumala voisi tehdä ihmeitä rikkomatta luonnonlakeja. Siksi Saunders katsookin, että luonnonlakien on oltava indeterministisiä.¹²²

Nicholas Saunders puhuu ennemminkin Jumalan yleisestä toiminnasta (engl. *general divine action*, GDA) ja Jumalan erityisestä toiminnasta (engl. *special divine action*, SDA). Käsitteet ovat hyvin lähellä yleistä kaitsentaa ja erityistä kaitsentaa, mutta niille Saunders näkee erona sen, että kaitsenta sisältää ajatuksen Jumalan ennaltatietämyksestä. Täten väite erityinen kaitsennasta sisältää väitteen, että SDA:an liittyy jonkinlainen Jumalan ennaltatietämys. Kuitenkin SDA ja GDA ja niiden koherenssi suhteessa tieteelliseen kausaation ovat perustavanlaatuisempia ja erillisiä kysymyksiä kuin Jumalan ennaltatietämys.¹²³ Polkinghorne kannattaa avointa teismää¹²⁴, joten hän ei todennäköisesti katso Jumalan tietävän kaikkea etukäteen, Täten SDA lienee parempi käsite puhuttaessa hänen ajattelustaan kuin kaitsenta.

Saunders erottelee Jumalan toiminnan seuraavasti:

- Yleinen Jumalan toiminta (GDA): Jumalan toiminta, joka koskee koko luomakuntaa kokonaisvaltaisesti ja samanaikaisesti. Niihin kuuluvat muiden muassa Jumalan alkuperäinen luomisteko ja luonnon säännönmukaisuuden ja lakien ylläpito.
- Erityinen Jumalan toiminta (SDA): Jumalan toiminta, joka koskee tiettyä aikaa ja paikkaa luomakunnasta ja joka on erillinen muusta Jumalan toiminnasta. Tämä laaja kategoria sisältää muiden muassa traditionaalisen käsityksen ihmeistä, erityisen kaitsennan käsitteen, esirukousvastaukset, Jumalan yksilöllinen toiminta ja jotkin uskonnollisten kokemusten muodot.¹²⁵

Nancey Murphy (viitaten John Hickiin) huomauttaa, että SDA:n tulee olla yhtäältä tarpeeksi huomaamaton mutta toisaalta ei liian. Hick katsoo, että liian selvä SDA pakottaisi ihmisen uskomaan Jumalaan ja siten tottelemaan väkisin. Murphy ei tätä väitettä hyväksy, vaan hänen mielestään liian selvä SDA veisi ihmiseltä käsityksen luotettavasta ympäristön toiminnalta. Jos nimittäin maailma toimii määrätyllä ja ennustettavalla tavalla, voimme tehdä vas-

¹²¹Polkinghorne 1998b, 85.

¹²²Saunders 2002, 48, 82.

¹²³Saunders 2002, 22–23.

¹²⁴Avoimessa teismissä Jumala ei ole yksinkertainen ja muuttumaton kaiken lähde, kuten klassisessa teismissä. Jumala ei luo maailmaa ikään kuin valmiina, vaan luotu maailma on jossain määrin itsenäinen Jumalaan nähden. Täten maailmassa on jotain sellaista, jota Jumala ei pysty ennakoimaan tai tietämään, eli jotakin satunnaista. Jumala ei siis pysty täydellisesti ennustamaan maailman kehitystä, mutta Hän kuitenkin vastaa aktiivisesti sen muutokseen. Maailmalla on paljon enemmän itsenäisyyttä suhteessa Jumalaan kuin mitä klassinen teismi on valmis myöntämään. Avoimessa teismissä usein myös ajatellaan, että Jumala on iankaikkinen eikä ajaton, eli ajan ulkopuolella. On kuitenkin mahdollista ajatella avoimessa teismissä, että Jumala on ajaton, kuten Brian Leftow esittää. (Vainio & Visala 2011, 60–61).

¹²⁵Saunders 2002, 21.

tuullisia päätöksiä, miten meidän tulee toimia siinä. Liian monimutkainen ympäristö, jossa olisi valtavasti Jumalan toimintaa, veisi meiltä kyvyn ymmärtää tekojemme seurauksia. Esimerkiksi mahdollisuus lapsen putoamiseen parvekkeelta ei näyttäisi olevan ihmisen vastuulla, kun Jumala voisi estää sen jollakin mekanismilla. Lisäksi myöskin Jumalan epätavalliset teot (esimerkiksi ihmeet, jota Murphy ei sanana käytä) pitää olla sangen harvinaisia, jottei meillä olisi odotuksia, että Jumala aina korjaisi meidän väärät teot. Niin ikään niiden tulee olla voitavissa tulkita luonnonilmiöiksi. Kuitenkaan emme tuntisi Jumalaa ilman SDA:aan, joten SDA:lla on hyvin kapeat rajat, millainen se voi olla: ei liian selvä muttei täysin salattu.¹²⁶

Jumala voi siis toimia luonnonlakien kautta, joko ylläpitämällä maailmaa niin sanotun yleisen kaitselmuksen kautta tai yksittäisissä tapauksissa erityisen kaitsennan kautta. Siksi luonnonlait eivät sinänsä sulje pois Jumalan toimijuutta. Toisaalta Hän voi myös tarvittaessa tehdä ihmeen, joka rikkoo luonnonlait.

2 Kaaos

Kaaoksesta yleensä ajatellaan, että kyseessä on täysin satunnainen ja epäjärjestynyt ilmiö. Moni voi esimerkiksi sanoa, että siivottomassa huoneessa vallitsee täysi kaaos. Kuitenkin kaaoksella voidaan tarkoittaa teologisessa kontekstissa monta eri asiaa. Ensimmäinen on luomiskertomuksen alussa ajatus kaaoksen vallassa olevasta maailmasta. Tuo ajatus on hyvin yleinen Raamatun syntyäikäisissä Lähi-idän kulttuureissa. Esimerkiksi Sjoerd L. Bonting korostaa, että Jumala loi ennemminkin kaaoksesta kuin ei mistään¹²⁷. Hänelle luominen on vielä jatkuvaa, toisin sanoen kosmista ja biologista evoluutiota, jäljelle jääneestä kaaoksesta, jota kuvataan Vanhassa testamentissa (VT) merenä. Tämä taasen symboloi fyysistä ja moraalista pahuutta, joka tuhotaan viimeisenä päivänä^{128, 129}. Tällaista kaaosta on vanhastaan pidetty metaforana pahalle.¹³⁰

James E. Huchingson ymmärtää tämän luomiseen liittyvän kaaoksen *Pandemonium Tremendumina*, joka voidaan ymmärtää moninaisuuden kenttänä tai Jumalassa olevana runsautena. Siinä on kaikki mahdolliset vaihtoehdot, joista luomisessa Jumala valitsee jotkin aktuaalisiksi ja hylkää jotkut.¹³¹

Kaaos, jota voidaan kuvata matemaattisilla malleilla, on luonteeltaan toisenlaista kuin edellä. Tällaista kaaosta ei tule ymmärtää täysin satunnaiseksi tai epäjärjestykseksi, vaan sillä

¹²⁶Murphy 1997, 247–248.

¹²⁷Tässä Bonting viitanee niin sanottuun *creatio ex nihilo* -oppiin, jonka mukaan Jumala loi kaiken tyhjästä tai ei mistään (lat. *ex nihilo*).

¹²⁸”Eikä merta ollut enää” Ilm. 21:1 KR92.

¹²⁹Bonting 2003, 598.

¹³⁰Carr 2004, 933.

¹³¹Huchingson 1997, 515–524.

on tietty järjestys, jota voidaan kuvata matemaattisesti. Matemaattisessa mielessä tällainen kaaos on determinististä. Kaaottisuus nousee siitä, että tässä deterministinen ennustettavuus katoaa hyvin nopeasti, koska tällaiset systeemit ovat hyvin herkkiä pienille virheille ja ympäristönsä vaikutuksille. Siksi ne näyttävät sisäisestä rakenteestaan huolimatta käyttäytyvän satunnaisesti.¹³² Juuri tähän matemaattiseen kaaokseen tämä työ keskittyy. Kaaosteoria on toinen nykyfysiikan ilmiö kvanttimekaniikan ohella, jonka voidaan katsoa haastavan newtonilaisen determinismin. Juuri tähän kaaosteorian mahdollisuuteen Polkinghorne perustaa argumenttinsa tieteellisen pohjan, jolla hän puolustaa ihmisen ja Jumalan vapaata toimijuutta. Kuitenkin vastakkaisiakin mielipiteitä on esitetty sillä muiden muassa John Houghton ja monet muut teologit pitävät kaaosteoriaa epäolennaisena teologisessa mielessä¹³³.

Fyysisestä maailmasta on löydetty monia matemaattisille kaaokselle rinnakkaisia ilmiöitä, kuten pakotetun heilurin liikkeen epäsäännöllisyydessä, nestevirtauksissa, turbulenssissa, kalojen esiintyvyydessä, osakkeiden hintojen vaihteluissa, hiukkaskiihdyttimissä ja sydänsoluissa. Niille on yhteistä epälineaarinen käyttäytyminen, ja usein niitä voidaan kuvata yksinkertaisilla epälineaaristen yhtälöiden joukkoina¹³⁴. Näille epälineaarille yhtälöille ei useinkaan löydy ratkaisua suljetussa muodossa¹³⁵, vaan ne on ratkaistava numeerisesti. Epälineaarisuus on yleensä välttämätön ehto kaaottisuudelle muttei kuitenkaan riittävä.¹³⁶

Matemaattisessa mielessä kaaottisten systeemistä ei voida laskea tarkkaa arvoa pitkäkestoissa ennusteissa, mutta kuitenkin ne antavat kuvan, miten ne käyttäytyvät tietyissä olosuhteissa. Kaaottiset systeemit ovat hyvin herkkiä alkuehtojensa suhteen, joten ennustettavuus katoaa niissä hyvin nopeasti¹³⁷, ja tämä on syy, miksi Laplace'n determinismi ei päde.¹³⁸

Tämä on muuttanut käsitystä muiden muassa mallintamisesta dramaattisesti. Ensinnäkin kaaos vihjaa, ettei mallintaminen onnistu loputtomasti. Toisaalta se myös osoittaa, että satunnaisina pidetyissä systeemeissä on taustalla järjestystä. Täten monet ilmiöt, joiden mallintamista on pidetty mahdottomina, ovatkin osoittautuneet mallintamisen kannalta mielenkiintoisiksi. Tällaisia ovat muiden muassa ilmakehä, tippuva hana ja sydän. Kaaosteoria onkin ollut vallankumous, joka on vaikuttanut moniin tieteenaloihin.¹³⁹

¹³²Crutchfield *et al.* 1997, 35.

¹³³Houghton 1989, 50; Saunders 2002, 174.

¹³⁴Teknisesti sanottuna lineaarinen operaattori voidaan esittää lineaarisena superpositiona

$O(\alpha x + \beta y) = \alpha O(x) + \beta O(y)$. Toisin sanoen epälinearisessa systeemissä yhden muuttujan muutoksesta ei seuraa lopputuloksen suoraan verrannollista muutosta. Saunders 2002, 174.

¹³⁵Katso nootti 23.

¹³⁶Saunders 2002, 174–175.

¹³⁷Tätä voidaan demonstroida logistisella kuvauksella, katso lisätietoja liitteestä: osiot Liite B: Logistinen kuvaus esimerkkinä kaaosteoriasta ja Liite C: Ennustamattomuus logistisessa kuvauksessa.

¹³⁸Saunders 2002, 175.

¹³⁹Crutchfield *et al.* 1997, 35.

Kaoottisilla systeemeillä on pyritty kirjallisuudessa mahdollistamaan Jumalan vapaa toimijuus maailmassa. Edellä on jo käsitelty Arthur Peacocken huipulta-alaskausaatiota, joka ainakin sivuaa kaoottista dissipoiavaa systeemiä, vaikkei se rakenna argumenttiaan sen varaan. Selvemmin kaaokseen on vedonnut Jason Colwell, John Polkinghornesta puhumattakaan¹⁴⁰.

Jason Colwellin ajattelussa kaitseminen on käsitteellisesti erityistä kaitseminen ilman, että Jumala vaimentaa tai estää luonnonlakeja, minkä Hän tekee määräämällä syvimmiltään satunnaisia tapahtumia. Colwell väittää, että Jumala joko on ehkä luonut mekanismin, joka tuottaa satunnaisuutta, tai Jumala voi valita muutoin satunnaisen tapahtuman lopputuloksen. Hän itse kallistuu jälkimmäisen vaihtoehdon puoleen. Kaaos voisi hänen mukaan olla mekanismi, joka moninkertaistaa pienet muutokset, jotka Jumala on vaikuttanut. Tämä on mahdollista, koska pienet virheet alkuehdoissa saavat aikaan suuria muutoksia makroskooppisessa maailmassa. Tätä on kuitenkin kritisoitu sillä, että matemaattinen kaaos on lopulta determinististä ja periaatteessa ennustettavaa. Samaa kritiikkiä on saanut myös Polkinghornen argumentti.¹⁴⁰

John Polkinghorne on käsitellyt kaaosteoriaa juuri Jumalan toimijuuden näkökulmasta. Kuitenkaan hänen ajatteluaan on aliarvostettu, koska kaaosteoria katsotaan olevan determinististä ja siksi ristiriidassa indeterminismin kanssa. Kritiikki, jota kirjallisuudessa esitetään, ei Nicholas Saundersin mukaan osu täysin maaliinsa.¹⁴¹ Palaan tähän myöhemmin.

Polkinghornen argumenttia käsittelem yksityiskohtaisesti jatkossa. Hänen argumenttinsa on Colwellia monimutkaisempi ja pyrkii osoittamaan väitteet kaaoksen periaatteellisesta determinismistä ja ennustettavuudesta vääriksi.

2.1 Matemaattisen kaaoksen luonne ja oudot attraktorit

Kuten edellä on jo mainittu, pelkkä ennustamisen mahdottomuus ei vielä riitä kaaoksen määritelmäksi. Matemaattisessa mielessä kaaos on venyttämistä ja laskostamista tietyissä kuvauksissa, mutta sekään ei ole täysin tarkka määritelmä kaaoksesta.¹⁴²

Kaaoksella on toki monia määritelmiä. Kaikkein laajimmin käytetty määritelmä perustuu siihen, miten nopeasti lähekkäin olevat radat erkaantuvat toisistaan. Kaaoksessa se on eksponentiaalista. Esimerkiksi logistisessa kuvauksessa¹⁴³ kuitenkin liikutaan välillä $[0,1]$, joten tämä eksponentiaalisuus on ymmärrettävä sen kautta, missä kohtaa kaksi toisiaan lähellä olevan radan ero ovat tilastollisessa mielessä erottamattomista niistä itsestään.¹⁴⁴

¹⁴⁰Saunders 2002, 185–186.

¹⁴¹Saunders 2002, 186–187.

¹⁴²Wildman & Russell 1997, 71.

¹⁴³Logistinen rekursioyhtälö $x_n = kx_{n-1}(1-x_{n-1})$ käyttäytyy tietyillä k :n arvoilla kaoottisesti. Kiinnostuneille on lisätietoa liitteessä: Liite B: Logistinen kuvaus esimerkkinä kaaosteoriasta.

¹⁴⁴Wildman & Russell 1997, 71.

Tämäkään ei ole riittävä ehto kaaokselle. Esimerkiksi eksponentiaalinen funktio itsessään kasvattaa ratojen virheitä eksponentiaalisesti, vaikkei se olekaan kaottinen. On siis oltava muitakin merkittäviä ehtoja kaaokselle.¹⁴⁵

Toinen käytetyimmistä on Robert Devaneylta. Hän esittää kaaokselle kolme yhteistä luonteenpiirrettä: herkkyys alkuehdoille, sekoittuminen ja tiheästi periodisia pisteitä. Ensimmäistä on jo edellä käsitelty. Sekoittuminen on dynaamisten systeemien ominaisuus, joka karkeasti ottaen tarkoittaa, että mistä tahansa kuvaajan intervallista päästään mihin tahansa toiseen intervalliin, toisin sanoen mistä tahansa pisteestä päästään minne tahansa. Esimerkkinä voidaan tarkastella kahvia, johon tiputetaan tilkka maitoa ja sekoitetaan: maito levittäytyy kaikkialle kahviin. Se, että kaottisella systeemillä on tiheästi periodisia pisteitä, tarkoittaa, että systeemissä on ääretön määrä pisteitä, joilla on eri periodi. Esimerkiksi jos piste kiertyy kolmen intervallin jälkeen takaisin, on sen periodi kolme. Koska kaottisella systeemillä on äärettömän monimutkainen rakenne, seuraa tästä yhtäältä, että mielivaltaisella intervallilla on ääretön määrä periodisia pisteitä, toisaalta on myös periodisia pisteitä, joilla on ääretön periodisuus.¹⁴⁶

Muiden muassa Alexandre Ganoczyn mukaan kaaosta ei voi kuitenkaan määritellä yksiselitteisesti, vaan sitä pitää kuvailla fenomenalisesti.¹⁴⁷

Tästä ovat esimerkkinä oudot attraktorit, eli kaottiset attraktorit, jotka ovat fraktaaleja¹⁴⁸. Ne saavat aikaan (esimerkiksi kaottisessa heilurissa) liikeratoja, jotka ovat attraktorin lähellä mielivaltaisen lähellä toisiaan mutta joilla on sama energia. Tästä seuraa herkkyys alkuehdoille. Toisaalta kaukana attraktorista liikeradat saattavat erota hyvinkin paljon toisistaan, mistä seuraa ennustamattomuus ja nopeasti kasvava erot. Tämä selostus riittänee tämän työn kannalta. Outoja attraktoreja esittelen tarkemmin liitteessä¹⁴⁹.

Täten työn kannalta outojen attraktorien matemaattinen ei liene tarpeen. Toisekseen Polkinghorne ei tarkalleen kuvaa, mikä tai ylipäätään millainen on ne kaottiset ilmiöt, joiden varaan hän rakentaa argumenttinsa. Hän lähinnä olettaa, että sellaisia on olemassa ja että ilmiöinä ne ovat mahdollisia.

¹⁴⁵Wildman & Russell 1997, 71.

¹⁴⁶Smedes 2002, 2–3.

¹⁴⁷Smedes 2002, 2.

¹⁴⁸Fraktaalit toistavat samoja rakenneosasia aina vain pienemmissä mittakaavoissa aina äärettömyyteen saakka. Yleisesti fraktaaleista esitetty analogia on merenranta, jossa sama kuvio toistuu lahtineen ja niemineen yhä pienemmissä ja pienemmissä mittakaavoissa. Fraktaaleita ennestään tietämättömät lukijat voivat tutustua niihin liiteosiossa: Liite D: Fraktaalit.

¹⁴⁹Katso Liite A: Outo attraktori.

2.2 Kvanttikaos

Lisäongelmansa tuo vielä kvanttitaso. Monien tutkijoiden mielestä voidaan olettaa, ettei kaos esiinny kvanttitasolla, sillä esimerkiksi Schrödingerin yhtälö on lineaarinen. Kuitenkin tämä saattaa olla liian hätiköity johtopäätös, koska Schrödingerin yhtälö ilmoittaa ainoastaan epäsuorasti, missä kvanttillassa mitattava systeemi on. On kiistanalainen kysymys, missä määrin Schrödingerin yhtälön antama aaltofunktio viittaa todelliseen systeemiin, eli mikä on lopulta se oikea kvanttimekaaninen tulkinta systeemistä. Mikään tulkinta ei nauti vielääkään kaikkien suosiota.¹⁵⁰

Joka tapauksessa kvanttitaso täytyy tietyllä tavalla ottaa huomioon kaaottisissa systeemeissä. Koska pienikin virhe saa niissä suuria muutoksia aikaan, on eittämättä kvanttitason muutoksillakin makroskooppiset seuraukset. Tähän Polkinghornekin törmää, kuten jatkossa käy ilmi. Ongelma ratkennee ajan kuluessa.

3 Polkinghornen kaaosteoriaan perustuva argumentti indeterminismistä maailmassa

Tässä osiossa eksplikoin ja analysoin John Polkinghornen argumentin, miten kaaosteoria, tarkemmin oudot attraktorit, mahdollistavat vapaan toimijuuden. Ohessa esittelen Polkinghornea vastaan esitettyä kritiikkiä, jonka mielekkyyttä analysoin.

3.1.1 John Polkinghornen argumentti oudosta attraktorista

Polkinghorne lähtee siitä, että kaaottisilla oudoilla attraktoreilla¹⁵¹ on monia liikeratoja, joilla on kuitenkin sama kokonaisenergia. Niiden eri muodot johtuvat pienistä häiriöistä. Sama energia taas mahdollistaa energiattoman valinnan ratojen välillä.¹⁵² Polkinghornen päättelyketju menee siis seuraavasti:

- (1) Oudon attraktorin liikeradat ovat monimutkaisia mutta niillä on sama energia.
- (2) Täten liikeratoja voidaan valita energiaa kuluttamatta.

Polkinghornen argumentti perustuu siis ideaan, että oudon attraktorin liikeradoilla on sama energia ja niissä on tarpeeksi monimutkaisuutta, mikä johtaa suuriin eroihin, kuten jatkossa tullaan huomaamaan. Sitä ennen kuitenkin on syytä pysähtyä miettimään, mitä tuo valinta oikein tarkoittaa. Toisin sanoen seuraavassa osiossa tarkastellaan pikaisesti kausaatiota, eli syy-seuraussuhteita, eli tässä tapauksessa valitaan jokin rata, josta seuraa tietty lopputulos.

¹⁵⁰Wildman & Russell 1997, 80.

¹⁵¹Katso nootti 149.

¹⁵²Polkinghorne 1998a, 61–62.

3.2 Polkinghornen ehdotus: informaatio kausaationa

Polkinghorne lähtee konstruoimaan kausaatiota, joka toimii informaation tuomisena systeemiin. Tähän hän tarvitsee utoja attraktoreja.

Tässä osiossa käsittelen lyhyesti, miltei ekskursiomaisesti, Polkinghornen postuloimaa informaatioon perustuvaa kausaliteettia. Palaan aiheeseen jatkossa¹⁵³.

Kaoottisessa systeemissä on mahdollista, että alkuehdot eroavat vain infinitesimaalisesti¹⁵⁴ toisistaan, vaikka systeemin kehittyessä havaitaan valtavia eroja. Näillä alussa hyvin lähellä toisiaan olevilla radoilla voidaan siksi ajatella olevan sama energia. Täten toteutunut rata ei seuraa fysikaalisesta kausaatiosta, eli energian tuomisesta systeemiin, vaan vaihtoehtojen väliltä valitsemisesta.¹⁵⁵ Tätä voitaneen kuvata kytkinten kääntämisellä, sillä tyypillinen valintatilanne on valitsemista kahdesta vaihtoehdosta, joka voi haarautua useiksi osavaihtoiksi¹⁵⁶.

Energian pysyessä samana eri radat eroavat toisistaan vain polkujen suhteen, joita myöden systeemi kehittyy tulevaisuudessa. Nämä eri polut seuraavat eri lähteistä tulevaa informaatiota, joka määrittää niiden rakenteen, eli systeemi kehittyy tiettyyn eikä mihinkään muuhun suuntaan.¹⁵⁷ Nicholas Saunders selittää tämän informaation olevan luonteeltaan erilaista kuin esimerkiksi paperille kirjoitettu, ja se toimii järjestämisperiaatteena; latinan sana *informare* tarkoittaa muodon antamista kokonaisuudelle.¹⁵⁸ Luonteeltaan tämä informaation vaikutus on vaikutusta systeemiin kokonaisuutena, sillä kaoottisia systeemejä ei voida eristää ympäristön vaikutuksilta.¹⁵⁹ Tätä kaoottisten systeemien riippuvuutta ympäristöstään käsittelen jatkossa laajemmin¹⁶⁰.

Lisäksi Nicholas Saunders huomauttaa, ettei mikään näistä liikeradoista leikkaa toisiaan eivätkä yhdisty, mikä johtuu niistä kuvaavien yhtälöiden determinismistä. Siksi faasiavaruutta on laskostettava tarpeeksi monta kertaa, jotta kaikki mahdolliset liikeradat saadaan mahtumaan. Tätä laskostumista kuvaa fraktaali, jonka sisällä, kun lähestytään äärettömyyttä, liikeradat tulevat toisiaan mielivaltaisen lähelle. Vain tällä rajalla Polkinghornen liikeratojen valinta ilman energiaa tulee mahdolliseksi, koska niiden energiaero lähestyy nollaa.¹⁶¹

¹⁵³Katso osio 3.5 Kausaatio kokonaisuuksissa.

¹⁵⁴Matematiikassa infinitesimaali tarkoittaa äärimmäisen pientä mittaa, jota ei voi käytännössä edes mitata.

¹⁵⁵Drees 1997, 225.

¹⁵⁶Ajatus haarautumisesta vie johdannossa kuvattuun haarautumis- tai bifurkaatiokuvioon, jossa yksinkertainen attraktori ensin haarautuu kahteen, sitten kyseessä olevat kaksi neljään, neljä kahdeksaan ja niin edelleen. Katso Liite B: Logistinen kuvaus esimerkkinä kaaosteoriasta. Valintatilanteessa tämä tarkoittaa, että yhden mahdollisen valinnan (esimerkiksi ”ostan auton”) muuttumista kahdeksi (”ostan auton” ja ”en osta autoa”), sitten neljäksi (”ostan auton, ja ostan asunnon”/”ostan auton, ja en osta asuntoa”) ja niin edelleen.

¹⁵⁷Polkinghorne 1998a, 62; 1998b, 42–43.

¹⁵⁸Saunders 2002, 193.

¹⁵⁹Polkinghorne 1998a, 62; 1998b, 43.

¹⁶⁰Katso osiot 3.3 Polkinghornen huomioidut kaoottisten systeemien herkkyydestä ja 3.4 Polkinghornen ontologinen kaaoksen ennustamattomuus.

¹⁶¹Saunders 2002, 184–185, 194.

Tämä informaatio on Polkinghornen mukaan luonteeltaan erilaista kuin esimerkiksi matemaattisessa kommunikaatioteoriassa tai telekommunikaatiossa. Sen analogia on lähempänä Bohmin pilottiaaltoja, joka on olennainen osa tämän kvanttiteoriaa. Sen sisältämä informaatio koskee koko ympäristöä ja vaikuttaa kvanttisysteemiin työntämällä sitä johonkin preferoituun suuntaan muttei energian muutoksen kautta. Telekommunikaatiossa taas signaalin on aina noustava kohinatason yläpuolelle, mikä vaatii energiaa. Pilottiaallossa ei ole samanlaista energiasakkoa¹⁶², sillä sen vaikutus pysyy riippumatta siitä, kuinka paljon se vaimenee. Täten Polkinghornen mukaan voidaan erottaa keskenään energiakausaatio informaatiokausaatiosta.¹⁶³

Tämä uusi kausaation laji ei siksi riko energian säilyvyyttä.¹⁶⁴ Se ratkeaisi ongelman, jonka mukaan sielun tulisi vaikuttaakseen kehoon tuottaa energiaa, jota ei ole havaittu.

Willem Drees kritisoi väitettä, että informaatiota voisi välittää ilman energian muutosta. Hänen kritiikkinsä voidaan jakaa yhtäältä fysikaalisiin syihin mutta toisaalta mielenfilosofiaan ja metafysiikkaan liittyviin. Käsittelen ensin fysikaalisia syitä. Metafysiikkaan liittyviin ongelmiin palaan myöhemmin.

Ensinnäkin Drees kritisoi, vaikka kahdella eri tasolla olisi sama energia, niiden keskinäiseen vaihtamiseen voidaan silti tarvita energiaa. Tämä tapahtuu ottamalla se taustakohinasta, jonka aiheuttaa lämpöliike.¹⁶⁵ Dreesin kritiikki näyttää olevan, että meistä saattaa tuntua, että valitsemme kahden vaihtoehdon väliltä ennemmin kuin kyseessä olisi vain fysiikan sanelema muutos, joka otetaan niin sanotusta hukkaenergiasta (vertaa Drees 1997, 225). En osaa sanoa, millaisesta prosessista hän puhuu, mutta taustalla täytyy olla jotkin kvanttimekaaniset kieltoäännöt, jolloin tilan vaihto suoraan olisi kielletty transitio. Se voidaan kiertää ottamalla energiaa ympäristöstä, jolloin tietyllä tasolla oleva hiukkanen nousee väliaikaisesti ylemmälle tasolle, josta se pääsee halutulle kielletylle tasolle. Toki lämpöliike on olennainen osa fysikaalista systeemiä, ja palaan siihen myöhemmin.

Toiseksi Drees vetoaa Heisenbergin epätarkkuusperiaatteeseen energian suhteen¹⁶⁶. Tästä Dreesin mukaan seuraisi, että mikäli esimerkiksi Jumala toimisi ilman energiaa, Hänen tulisi toimia hyvin hitaasti (sic!)¹⁶⁷. Kuitenkin Jumalan pitäisi toimia nopeammin kuin energeetti-

¹⁶²Energian tarve liittyy Polkinghornen mukaan passiiviseen informaation tallennukseen, joka on täysin eri asia kuin kuvioiden muodostuminen (engl. *pattern-forming*). (Polkinghorne 1996a, 40).

¹⁶³Polkinghorne 1998a, 66–67.

¹⁶⁴Polkinghorne 1998a, 62; Saunders 2002, 193.

¹⁶⁵Drees 1997, 225–226.

¹⁶⁶Katso nootti 10.

¹⁶⁷Tässä lienee jonkinlainen tai ehkä useampi ajatusvirhe, sillä ΔE ja Δt ovat mitatun energian ja ajan epätarkkuudet, eivät absoluuttiset arvot tai absoluuttisten arvojen muutokset. Periaatteessakaan ei voi olla $E = 0$, koska kvanttimekaanisen alimman, eli niin sanotun perustilan energia $E_0 > 0$, sillä kyseessä on seisova aaltoliike. Tosin niin sanotuksi nollopiste-energiaksi voidaan aina valita mikä tahansa arvo. Lisäksi ΔE voisi olla suuruudeltaan koko universumin energian kokoluokkaa, samoin voisi $t = 10^{-34}$ s, mutta Δt yhtä kuin ikuisuus.

set häiriötekijät muuttaisivat tilanteen.¹⁶⁸ Tämä ei tosin nähdäkseni ensinkään toimi Polkinghornen postuloimassa pilottiaallon tapaisessa tilanteessa, sillä se ei liity energiaan. Bohmin teoria sinänsä ei kuitenkaan tätä kritiikkiä vaienna, sillä Heisenbergin epätarkkuusperiaate pätee siinäkin. Dreesin kritiikki näyttää siis riippuvan siitä, vaatiiko informaation muutos energiaa, eli onko todella kyse Bohmin pilottiaallon kaltaisesta tapauksesta. Lisäksi kritiikin ongelma on myös siinä, että Polkinghorne vetoaa kaaottisiin systeemeihin, jotka käyttäytyvät klassisen fysiikan mukaan. Niihin ei voida soveltaa kvanttimekaniikkaa, koska kaaosteorian ja kvanttimekaniikan yhdistäminen ei ole onnistunut yrityksistä huolimatta¹⁶⁹.

Kolmanneksi Drees esittää, että informaatio, joka sisältyy fysikaalisesti kahteen tai useampaan eri tilaan, joita esimerkiksi kahden tilan tapauksessa edustaa ”0” ja ”1”, tarvitsevat jonkin minimaalisen energiaeron, jotta ne voidaan lukea ja kirjoittaa. Tämä on seurausta termodynamiikan toisesta pääsäännöstä, eli entropian kasvua koskevasta laista.¹⁷⁰ Tämä toki totta kvanttimekaanisessa mielessä, mutta kuten edellä jo olen todennut, kaaosteoria on makroskooppinen ilmiö, eikä sen mahdollista sopimista kvanttimekaniikan kanssa tiedetä. Eri ratoja voidaan pitää yhtä lailla eri informaatiotiloina, eikä niillä ole energiaeroa. Kritiikin relevanssi siis riippuukin juuri joko kvanttikaaksesta.

Neljänneksi Drees vetoaa keskushermoston kykyyn moninkertaistaa pienikin signaali, mikä seuraa nimenomaan kaaottisuudesta ja itseorganisoituvista¹⁷¹ systeemeistä. Täten kokemus valinnasta informaation (eikä eri energiatilojen) välillä voi olla illuusio. Siksi Dreesin mukaan Polkinghornen informaatiokausaation on ehdottomasti tapahduttava ilman energian

Lisäksi Dreesin kritiikki vaatii, että Jumalan on oltava toimissaan riippuvainen tästä luonnonlaista. Kuitenkin Peter E. Hodgson pitää mahdottomana ajatuksena, että Jumala olisi sidottu toimissaan Heisenbergin epätarkkuusperiaatteeseen (Hodgson 2014, 509). Hän pitää sitä jo hylättynä positivistisena argumenttina ja tieteellisestikin vihamielisenä.

Lisäksi ongelmia Dreesin kritiikkiin tuo se, että hän nimenomaan kritisoi Polkinghornen esimerkkiä, jossa helmi on väärin päin olevan U:n muotoisen silmukan yläpäässä (Drees 1997, 226), eli potentiaali on muotoa \cap . Tällöin klassisen fysiikan mukaan mielivaltaisen pieni tai peräti olematon energia pystyy sysäämään helmen haluttuun suuntaan. Kvanttimekaniikassa tämä ei päde, sillä hiukkasella, joka voi olla kyseisen muotoisen potentiaalin huipulla, on (mittauksen jälkeen) aaltofunktio sekä potentiaalin oikealla ja vasemmalla puolen että potentiaalin huipulla. Toisin sanoen hiukkasella on nollassa eriävä todennäköisyys löytyä missä päin tahansa tuota \cap :n muotoista potentiaalivallia. Täten kvanttimekaanisissa systeemeissä koko kritiikki on mieleton.

On myös huomattavaa, että Dreesin mukaan Polkinghornen esittämän informaatiovaikutuksessa olevan energian muutoksen on oltava, $E_{\text{alku}} - E_{\text{loppu}} = 0$ (Drees 1997, 226). Jos siis kvanttimekaanisen systeemin alku- ja lopputilojen erotus on nolla, herää kysymys, mitä oikein on tapahtunut? Hiukkasen tilaa (mittauksen jälkeen) vastaa aina jokin tietty aaltofunktio ja ominaisarvo, joka energiaoperaattorin kohdalla on juuri energia. Jos energiat ovat samat, eli $E_{\text{alku}} - E_{\text{loppu}} = 0 \Leftrightarrow E_{\text{alku}} = E_{\text{loppu}}$, transiio ei siis saa mitään aikaan systeemin tilassa. Kaiken kaikkiaan siis Drees yrittää kritisoida Polkinghornea tilanteessa, jossa kvanttimekaniikkaa sovelletaan kaaosteoriaan, toisin sanoen kvanttikaaksesta, jonka hän kuitenkin myöntää olevan oman tietämyksensä ulkopuolella (Drees 1997, 227). Täten en näe näinkään aseteltuna mieltä Dreesin kritiikissä.

¹⁶⁸Drees 1997, 226.

¹⁶⁹Katso osio 2.2 Kvanttikaos.

¹⁷⁰Drees 1997, 226–227.

¹⁷¹Tässä Drees viitanee osion 1.2.5 Laskeva sekä nouseva kausaatio systeemeihin, joissa tietyissä olosuhteissa havaitaan laajalle levinnyttä järjestystä.

muutosta, eli pienikään, infinitesimaalinenkaan, energian siirto ei tule kysymykseen. Tällaiselle kausaatiolle ei taas ole hänen mukaansa fysikaalista perustaa.¹⁷² Polkinghorne ehkä vetoaisi tässäkin Bohmin pilottiaallon kaltaiseen tilanteeseen. Dreesin kritiikki osuu kuitenkin Polkinghornen hypoteesin heikkouteen, eli pilottiaaltoanalogian spekulatiivisuuteen. Lisäksi, kuten jatkossa käy ilmi, tämä ei kritiikki ei ehkä päde, jos taustan lämpöliike tai kohina otetaan huomioon.

Viidenneksi Drees myös kritisoi sitä, että Polkinghorne heittelehtii kvanttifysiikan ja klassisen fysiikan välillä, kun se jommassakummassa hyödyttää. Tämä voisi toimia praktisessa tarkoituksessa muttei metodologisesti tyydytä jossakin perustavanlaatuisemmassa, kuten metafysiikassa. Jos maailma ymmärretään läpikotaisin kvanttimaailmana, täytyy kysyä, onko kvanttimaailmassa samanlaista eri ratojen divergenssiä, eli hajaantumista, kuten kaaosteoriansa. Dreesin mukaan kvanttimaailmassa ei ole tällaista kaoottista käyttäytymistä.¹⁷³

Tämä taas herättää niin ikään kysymyksen kvanttikaaoksesta. Kritiikki toki on aiheellista, sillä vaarana on, että Polkinghorne vetoaa tuntemattomaan, ehkä aukkojen Jumalaan, mitä hän pyrkii välttämään.

Saunders vie kritiikkinsä hieman eri suuntaan, sillä hän kritisoi yleisimmin Polkinghornea vastaan esitettyä kritiikkiä, jonka mukaan kaaoksen taustalla olevat yhtälöt ovat deterministisiä. Tämä kritiikki ei yletä aktiiviseen informaatioon, sillä se nimenomaan riippuu kyseisestä determinismistä.¹⁷⁴ Deterministiset yhtälöt osoittavat, että oudon attractorin läheisyydessä radat ovat todellakin lähellä toisiaan, ja niillä on sama energia.

Saundersin kritiikki Polkinghornea vastaan lähtee reaali maailman kaoottisesta systeemistä, jonka hän ottaa kemian piiristä. Eräs kuuluisimmista tällaisista on niin sanottu Belousov–Zhabotinskii-, eli BZ-reaktio, jonka yksityiskohtia ei tarvitse tässä käsitellä tarkemmin. Sen on kuitenkin havaittu olevan kaoottinen (siinä on nähtävillä jopa niin sanottu periodin kahdentuminen, eli haarautuminen¹⁷⁵), ja sitä voidaan mallintaa kaaosteoriolla.¹⁷⁶

Energiaton kausaatio tarkoittaisi tässä tilanteessa, että esimerkiksi Jumala valitsisi eri liikeratojen väliltä, jotka olisivat muodostuneet faasiavaruuteen eri reaktanttien konsentraatioista niin, ettei systeemiin tuoda energiaa. Kuitenkin liikeradat, joilla on sama energia, voivat muodostua vain äärettömällä faasiavaruuden laskostamisella, mikä tarkoittaa fraktaaligeometriaa. Tässä systeemissä se tarkoittaisi ääretöntä määrää reaktanttien konsentraatioeroja, joka on luonnollisessa, systeemissä mahdotonta. Näyttäisi siis olevan kaksi keskenään ristiriit-

¹⁷²Drees 1997, 226.

¹⁷³Drees 1997, 227.

¹⁷⁴Saunders 2002, 196.

¹⁷⁵Katso lisätietoa haarautumisesta osiosta Liite B: Logistinen kuvaus esimerkkinä kaaosteoriasta.

¹⁷⁶Saunders 2002, 197–198.

taista tilannetta: yhtäältä kaaosteoria kuvaa reaktanttien käyttäytymistä mutta toisaalta attraktorien fraktaaliluonne ei välttämättä edusta todellista luontoa. Tämä pätee Saundersin mukaan moniin muihinkin kaaottisiin systeemeihin.¹⁷⁷

Lisäksi Saunders huomauttaa, että esimerkiksi usein fraktaaleista esimerkkinä käytetty (Britteinsaarten) rannikko ei matemaattisessa mielessä ole fraktaali, sillä siitä puuttuu fraktaaleille ominainen ääretön monimutkaisuus. Tuskin myöskään mikään yksittäinen malli voisi kuvata kaikkia rannikon osia, esimerkiksi Iso-Britanniassa Cornwallin rannikko eroaa Skotlannin läntisistä saarista (Ulko-Hebrideistä). Ongelmaksi muodostuu niin ikään se, että maailma ajatellaan perustavanlaatuisella tasolla atomistiseksi, mikä on ristiriidassa äärettömyyksiin asti ulottuvaan fraktaalien monimutkaisuuteen nähden.¹⁷⁸

Toisin sanoen, jotta energiaton kausaatio olisi mahdollista oudon attraktorin ratojen tapauksessa, luonnossa pitäisi olla äärettömyyksiin jakautuvia rakenteita, mikä on vastoin käsitystämme. Täten Saundersin mukaan tällaisia saman energian ratoja ei oudolla attraktorilla voi olla ainakaan kaaosteorian ennustamassa mielessä.

Lisäksi Saunders ja Taede Smedes esittävät, ettei kaaosteoria mallinna luontoa samalla tavalla kuin klassinen mekaniikka, joka pyrkii yksinkertaistamaan, kuten esimerkiksi venymättömän jousen tai täydellisen törmäyksen tapauksissa. Fraktaalissa geometriassa kuitenkin oletetaan jatkuvasti kasvava monimutkaisuus. Tällöin esimerkiksi kemiallisissa reaktioissa täytyisi tietää reaktanttien konsentraatiot äärettömän tarkasti. Kuitenkin matemaattisissa mallinuksissa tehdään yksinkertaistavia oletuksia.¹⁷⁹

Smedes näkee ainoana ulospääsynä tästä ongelmasta sen, että Polkinghornen tulee ottaa platonistinen metafysiikka, jossa matematiikka realistisesti totta ja todellisuus vain sen approksimaatio. Smedes kuitenkin huomauttaa, että Polkinghorne näyttää tekevän päinvastoin, kun hän katsoo kaaottisten yhtälöiden olevan alaspäin emergentit todellisuudesta.¹⁸⁰

Platonistinen metafysiikka ei toki ole Polkinghornelle ongelma, kuten jatkossa¹⁸¹ käy ilmi. Ristiriidan taustalla lienee Polkinghornen kannattama komplementaarisuus, jossa materia ja informaatio ovat todellisuuden kaksi eri puolta, ei keskenään kilpailevia vaihtoehtoja.

Toisaalta näen fraktaalit ennemminkin yksinkertaistettuna mallina todellisuudesta, nimittäin fraktaalit näyttävät olevan klassisen fysiikan, ei kvanttimekaanisen maailman ilmiö. Jälkimmäisessä pätee Schrödingerin yhtälö, eikä sille ole havaittu kaaottista käytöstä, joka indikoisi fraktaalimaisuutta. Tällöin äärettömyyteen ulottuvat fraktaalit ovat ennemminkin yk-

¹⁷⁷Saunders 2002, 198–199.

¹⁷⁸Saunders 2002, 199–201.

¹⁷⁹Saunders 2002, 202; Smedes 2002, 8–9.

¹⁸⁰Smedes 2002, 9.

¹⁸¹Katso osio 3.6.2 Polkinghornen mielenteoria ja metafyyminen malli.

sinkertaistettu malli, joka unohtaa kvanttimekaniikan tuoman rajan. Toisaalta usein fysiikassa esimerkiksi diskreettejä summia saatetaan approksimoida integraaleilla, eli summassa ajatellaan olevan ääretön määrä äärettömän pieniä alkioita, joiden jakaumaa voidaan kuvata integroituvalla funktiolla, vaikka maailmassa on ainoastaan äärellinen määrä äärimmäisen pieniä alkioita. Tässä tilanteessa laskutoimitus yksinkertaistuu, kun äärellistä ja diskreettiä systeemiä tarkastellaan äärettömänä ja jatkuvana.

Lisäksi huomauttaisin, kuten Peter Smith, että kaaosteoria kuitenkin mallintaa hyvin akтуаalista luonnollista tilannetta, vaikka matematiikka taustalla osoittaa ääretöntä monimutkaisuutta.¹⁸² Matemaattisessa mallinnuksessa yleensäkin jätetään huomiotta ne termit, jotka ovat häviävän pieniä. Esimerkiksi kahden heliumytimen ja elektronin muodostamaa molekyyli-ionia voidaan suhteellisen tarkasti mallintaa, kun oletetaan, että elektroniin nähden massaltaan massiivisten ytimien liike on mitätön suhteessa elektronin liikkeeseen. Tämä mahdollistaa systeemin laskemisen suljetussa muodossa, ja mallin yllättävän hyvä vastaavuus havaintoihin kertoo, että ytimien liikkeellä ei ole yhtä suurta merkitystä kuin elektronin liikkeellä. Samalla tavalla kaaottisten matemaattisten mallien toimiminen luonnossa kertoo nähdäkseni jotakin luonnollisten systeemien luonteesta vaikkei se täydellisesti siihen sosisikaan.

Kuitenkin Saunders on mielestäni oikeassa siinä, että kaaottiset systeemit ovat toisenlaisia kuin klassisen mekaniikan tai kvanttimekaniikan, kuten heliummolekyyli-ionin, tapaukset. Hän huomauttaa, että informaation toiminen kausaationa nojaa siihen, että äärettömän monimutkaisuuden oudon attraktorin rakenteet ovat reaalisesti totta, eikä näin ollen edellä mainittu (kaottisen mallin) kyky mallintaa todellisuutta hyödytä, jos tarkoitus on puolustaa Jumalan toimijuutta aktiivisen informaation kautta. Tietysti on mahdollista, että Polkinghornen esittämä kaaottisten mallien alaspäinemergoituvuus maailman indeterminismistä pätee, mutta Saunders pitää sitä erillisenä väitteenä.¹⁸³

Kuitenkaan matemaattisia malleja ei yksinkertaisteta minkään periaatteen vuoksi vaan käytännön syistä. Kaikki matemaattisia yhtälöitä ratkaisseet tietävät, että mitä monimutkaisempi yhtälö on, sitä vaikeampi se on ratkaista. Jotkin yhtälöt taas ovat mahdottomia ratkaista, tämä erityisesti pätee kaaottisiin yhtälöihin. Jos siis olisi jokin yhtälö, joka ottaisi voimakkaiden vuorovaikutusten lisäksi huomioon heikotkin vuorovaikutukset, esimerkiksi elastiset jouset tai jossain määrin epätäydelliset törmäykset, ja joka olisi helposti ratkaistavissa, ei olisi mitään syytä, mikseikö tätä yhtälöä ei tulisi ratkaista sellaisenaan. Syyt yksinkertaistamiseen ovat lähinnä praktiset. Toisin sanoen usein totuudenkaltaiset yhtälöt on helpompi ratkaista

¹⁸²Saunders 2002, 202.

¹⁸³Saunders 2002, 202.

kuin täysin totuudelliset, ja usein ne ovat jopa ainoat mahdolliset ratkaistavissa olevat. Olennaista onkin, kuinka hyvin yksinkertaistukset kuvaavat todellisuutta. Sama kysymys on olennaista kaottisilla yhtälöillä, ei niiden monimutkaisuudella.

Toisaalta puhtaasti matemaattinen malli voi olla liian idealisoitu. Nimittäin kaottisessa systeemissä on kuitenkin potentiaalisesti ääretön määrä liikeratoja, jotka seuraavat liikeyhtälöistä. Äärellisessä systeemissä niistä aktualisoituu vain äärellinen määrä, joka voi olla kuitenkin valtava: moolissa on Avogadron vakion verran ($6,022 \cdot 10^{23}$) atomeita, joten esimerkiksi kemiallisissa reaktioissa on konsentraatioeroja ja sen vuoksi oudon attraktorin ratoja ainakin samaa kertalukua oleva määrä. Lisäksi reaktanttimolekyylit liikkuvat nesteessä hyvin satunnaisesti, joten mahdollisia konsentraatioeroja voi olla koko reaktioastiassa paikallisesti yhtä aikaa vielä enemmän. Väistämättä eri liikeratojen energiaerot ovat häviävän pieniä muttei välttämättä toki nolliä. Voisiko luonnollisessa systeemissä kuitenkin olla niin, että oudon attraktorin radat ovat niin lähellä, että niitä voidaan valita energiattomasti? Onko edes mielekäs tä puhua tietyn energiaeron alapuolella, esimerkiksi lämpöliikkeen aiheuttaman kohinan, eri liikeradoista, koska lämpöliike voi helposti sysätä konsentraatioerot pois radoiltaan?

Edellinen herättää vielä jatkopohdintaa. Polkinghornen vetoamisessa oudon attraktorin ratoihin kummastuttaa juuri se, että monet häiriötekijät, kuten lämpöliike, jota on aina luonnollisissa systeemeissä, eittämättä saisi minkä tahansa kappaleen tai systeemin vaihtamaan rataa, vieläpä hyvin satunnaisesti. Näyttää siltä, että Polkinghornen malli toimii ainoastaan paperilla, ja luonnollinen systeemi on asia erikseen. Siinä hän on toki oikeassa, että kaottiset yhtälöt ainoastaan mallintavat todellisuutta, eivätkä tavoita todellisuuden todellista luonnetta, joka on indeterministinen. Lämpöliike tai mikä tahansa kohina toimii kuten verho, jonka taakse ei käytännössä voisi nähdä niin monimutkaisessa systeemissä kuin mitä kaottiset ovat; säännönmukaisen signaalin toki saattaa hyvinkin saada esiin kohinankin takaa, jos mittauksia toistetaan tarpeeksi monta kertaa. Entä mitä hyödyttäisi Jumalaa sysätä jokin kappale eri liikeradalle, jos kerran lämpöliike tai kohina suistaa sen helposti ja satunnaisesti jollekin toiselle? Saadakseen jonkin efektin aikaan, Jumalan tarvitsisi toistaa sama asia monta kertaa, mikä toki ei olisi kaukaa haettu esimerkiksi neuroverkoissa, joissa tiettyjä ratoja vahvistetaan toistamalla signaalia.

Polkinghornen hypoteesin meriitti onkin siinä, että se ennustaa lähellä olevat oudon attraktorin liikeradat. Kuitenkin malli on liian ideaalinen luonnollista systeemiä ajatellen. Ratoja ei yksinkertaisesti voi olla äärellisessä systeemissä äärettömän tiheästi. Kuitenkaan näin ei tarvitse olla luonnollisessa systeemissä, sillä taustan kohina, kuten lämpöliike ja taustasäteily, mahdollistavat ratojen yhdistymisen tai leikkaamisen, eli indeterminismin.

Polkinghornen hypoteesi on siis korkeintaan totuudenkaltainen, ja siitä voi ainakin teoreettisesti päätellä, mitä todellisuus tarkasti on. Tästä syystä voi olla perusteltua väittää, että todellisuudessa radat ovat sellaiset, että ne ovat oudon attraktorin ympäristössä niin lähellä toisiaan, että niitä voidaan valita ilman energiaa. Tällaista systeemiä voisi kuitenkin mielestäni kuvata kaoottinen matemaattinen malli, joka on emergentti alaspäin¹⁸⁴.

Tässä ei kuitenkaan vedota lämpöliikkeen tai kohinan satunnaisuuteen sinänsä. Satunnaisuus toisi mukanaan eittämättä indeterminismin. Kohina lähinnä tuo liikeyhtälöiden ennustamiin liikeratoihin leveyttä, jotka mahdollistavat niiden leikkaamisen. Informaatioon perustuva mekanismi riippuu tässäkin tapauksessa kaaosteoriasta.

Kuitenkin tässä tullaan kiusallisen lähelle Dreesin ensimmäistä kritiikkiä. Lämpöliikkeestä otetaan se energia, joka tarvitaan ratojen vaihtoon, eli kausaatioon informaation avulla.

Edelliset kritiikit yhteen liitettynä voidaan todeta, että puhdasta informaation perustuvaa kausaatiota, johon ei kuulu energian muutos, voi olla olemassa. Tämä vaatii Bohmin pilotti-aaltojen kaltaiset vuorovaikutukset. Toinen mahdollisuus on kvanttikaaos, jota ei olla onnistuttu matemaattisesti formuloimaan, mikä ei tietenkään tarkoita, etteikö sitä voisi olla. Tässä mielessä kuitenkin Polkinghornen argumentti nojaa jossain määrin spekulatiiviseen fysiikkaan, eikä pelkästään tunnettuun. Oman mausteensa soppaan tuo vielä lämpöliike ja monet muut kohinan lähteet. Ne saattavat hyvinkin avata indeterministisen vaikuttamisen joko energiaa siirtämällä, jolloin ongelmaksi tulee se, että Jumalan rikkoisi säätämänsä luonnonlait, tai energiattomasti puhtaasti informaation avulla. Lopulta siis kritiikki ei Polkinghornen argumenttia kaada mutta tekee siitä spekulatiivista.

Täten Polkinghornen ajattelusta voidaan vetää seuraava premissi ja johtopäätös:

- (3) Informaation toimiminen kausaationa vaatii energiattoman vaikutuksen.
- (4) Siispä kaoottiset systeemit mahdollistavat kausaation informaatiolla.

Nyt on siis viimein päätelty, että liikeratoja voidaan valita yksinkertaisesti tuomalla informaatiota systeemiin. Herää kuitenkin kysymys, jos systeemiin ei tuoda lainkaan energiaa, miten voidaan saada suuri vaikutus aikaan. Tähän vastaan seuraavassa osiossa, joka keskittyy kaoottisten systeemien herkkyyteen suhteessa äärimmäisen pieniin häiriöihin tai virheisiin. Niillä voi olla suuret seuraukset, kuten jatkossa nähdään.

3.3 Polkinghornen huomiot kaoottisten systeemien herkkyydestä

Polkinghorne antaa usein esimerkiksi kaaoksesta tavallisen huoneilman. Siinä ilmamolekyylit törmäävät jatkuvasti toisiinsa, ja tätä voidaan mallintaa onnistuneesti käsittelemällä ilmamole-

¹⁸⁴Polkinghorne katsoo kaoottisten yhtälöiden olevan emergenttejä alaspäin maailman suhteen, joka on indeterministinen. Katso osio 3.4 Polkinghornen ontologinen kaaoksen ennustamattomuus.

kyylejä kuten biljardipalloja. Tätä esimerkkiä käsittelin edellä¹⁸⁵. Tämä esimerkki kuvaa yhtäältä hyvin kaoottisten systeemien herkkyyttä pienille virheille mutta toisaalta sitä, miten koko ympäristö vaikuttaa niihin. Jopa hyvin yksinkertainen systeemi vaatii jo 10^{-10} sekunnin tarkastelussa koko universumin huomioon ottamista.¹⁸⁶ Jälkimmäinen huomio on olennainen luonteenpiirre Polkinghornen mallille siitä, miten Jumala tai ihminen voi vaikuttaa maailmaan tai kehoonsa niin sanotun laskevan kausaation kautta, johon palaan jatkossa¹⁸⁷.

Kuten edellä jo todettiin, Polkinghorne lähtee siitä, että kaoottisilla oudoilla atraktoreilla on monia liikeratoja, joilla on kuitenkin sama kokonaisenergia. Liikeratojen erilaiset muodot johtuvat pienistä häiriöistä, jotka töytäisevät systeemin eri radoille, joiden ero kasvaa huomattavan suureksi kaukana atraktoreista. Näin pienet häiriöt saavat aikaan, ettei systeemi ole ennustettavissa. Edelleen tästä seuraa ontologista avoimuutta, jolloin jokin uusi kausaalioteetti voi olla olennainen tekijä systeemin muutoksessa. Ne antavat siis mahdollisuuden vaikutuksille ja avoimelle kehitymiselle.¹⁸⁸

Jeffrey Koperski kuitenkin huomauttaa, että kaoottisesti käyttäytyvät ilmiöt ovat usein hyvin pieniä muihin verrattuna. Hän vertaa niitä kupliksi tsunamiaallon harjalla tai kohinaksi puhelinlinjalla, jota ei välttämättä huomaa puheen lomasta.¹⁸⁹ Kaaos kyllä moninkertaistaa pienet virheet alkuehdoissa mutta onko monistettu virhe kuitenkaan kyllin suuri saamaan mitään merkittävää aikaan? On toki monia kaoottisia systeemejä, joissa välttämättä näkyy hyvin suuriakin kaoottista käyttäytymistä, kuten perhospopulaatio tai heiluri, mutta ovatko ne poikkeuksia, toisin sanoen, onko tällaisia tarpeeksi monta, jotta Polkinghornen argumentti toimisi? Polkinghorne ei anna selvää esimerkkiä, mikä voisi olla tällainen kaoottinen systeemi, jonka avulla Jumala voisi vaikuttaa maailmassa, tai millainen kaoottinen systeemi on aivot, joihin mieli voi vaikuttaa. Polkinghorne lähinnä näyttää tyytyvän siihen, että tällainen on mahdollista, muttei kykene antamaan selvää esimerkkiä, eli kausaalista niveltyä.

Lisäksi Smedes tulkitsee Polkinghornea niin, että ympäristökin voi vaikuttaa informaation avulla energiattomasti¹⁹⁰. Mikä tuo informaation lähde voisi olla, sitä ei Smedes avaa. Eitämättä sen tulisi olla tiedostava toimija, kuten Jumala tai ihminen, sillä informaatio vaatii järjestynyttä, ei satunnaisvaikutusta. Tämä tulkinta on ongelmallinen ainakin ihmisen mielen ja

¹⁸⁵Katso osio 1.2.3 Kausaalioteetti deterministisissä newtonilaisissa systeemeissä, jotka eivät ole mikrotasossa täysin ennustettavat.

¹⁸⁶Polkinghorne 1998b, 41–42; 2005, 35–36.

¹⁸⁷ Katso osio 3.5 Kausaatio kokonaisuuksissa.

¹⁸⁸Polkinghorne 1998a, 61–62.

¹⁸⁹Koperski 2000, 550–553, 558.

¹⁹⁰Smedes 2002, 5.

kehon toimintaa, jonka tulisi tapahtua nähdäkseni saumattomasti ihmisen mielen avulla, ei mielen ulkopuolisen ympäristön vaikutuksesta.

Uusi kausaliiteetti on siis juuri informaatio, joka voi saada suuria aikaan, vaikkei energiaa kulu. Johtopäätöksenä tästä luvusta voidaan vetää:

(5) Pienet virheet tai häiriöt saavat kaoottisissa systeemeissä aikaan suuria muutoksia, jotka ovat ennustamattomia.

Edelleen tästä saadaan ottamalla huomioon edellinen johtopäätös ((4) Siispä kaoottiset systeemit mahdollistavat kausaation informaatiolla.):

(6) Siispä informaation vaikutus voi saada suuria muutoksia aikaan, eikä niitä voi ennustaa.

Tässä on hyvä muistaa, että kaoottinen ilmiö saattaa olla liian pieni, jotta sillä olisi selvytyä, jonka varaan Polkinghornen argumentti nojaa. Tosin saattaa olla mahdollista, että sellaisia kaoottisesti käyttäytyviä ilmiöitä voi todella olla olemassa. Argumentin pitävyys vaatisikin tällaisten ilmiöiden identifioinnin, muutoin argumentti voi jäädä liian spekulatiiviseksi.

Seuraavaksi tarkastellaan, onko kaoottisten systeemien ominaisuus, joka tuottaa miltei olemattomista eroista suuria muutoksia sen käyttäytymiseen, luonteeltaan vain epistemologista, vai onko se ontologista. Toisin sanoen onko kyse vain siitä, ettemme kykene tuntemaan kaoottista systeemiä tarpeeksi hyvin, jotta voisimme ennustaa sitä tarkasti, vai onko kaoottinen systeemi todella luonteeltaan sellainen, että tarkka ennustaminen on mahdotonta?

3.4 Polkinghornen ontologinen kaaoksen ennustamattomuus

Kaaosteorian ilmeisen determinismille ja ennustamattomille yhtälöille on tarjottu kahta erilaista metafyyssistä tulkintaa. Ensimmäinen on determinismi, ja se on ehdotuksista kaikkein yleisimmin hyväksytty. Siinä yhtälöt otetaan sellaisinaan ja vedetään johtopäätös, että satunnaiselta näyttävän käyttäytymisen taustalla on jokin vielä tuntematon yksinkertainen mekanismi ja determinismi.¹⁹¹

Toinen tulkinta on avoimuus (engl. *openness*), jota John Polkinghorne on ehdottanut. Siinä lähtökohdaksi otetaan havaittu käyttäytyminen. Kuten Heisenbergin epätarkkuusperiaate on johdattanut monet fyysikot ajattelemaan kvantti-indeterminismiin, samoin kaaosteorian tulisi johtaa monivivahteisempaan ja taipuisampaan fyysiseen todellisuuteen, kuin minkä new-

¹⁹¹Polkinghorne 1998b, 42.

tonilainen maailmankuva antaa. Toisin sanoen pilvet ovat todellisia eikä pelkästään ole olemassa epävakaita kelloja^{192, 193}.

Polkinghornesta on luonnollista vetää epistemologiasta ontologisia johtopäätöksiä. Hän nostaa esimerkiksi Heisenbergin epätarkkuusperiaatteen, jonka mukaan paikkaa ja liikemäärää ei voi aina määrittää mielivaltaisen tarkasti. Useasti tämä tulkitaan ontologisesti, vaikka on olemassa deterministisiä vaihtoehtoja, kuten David Bohmin pilottiaaltoteoria¹⁹⁴ tai Hugh Everetin monimaailmatulkinta¹⁹⁵. Vaikka ontologinen tulkinta epätarkkuusperiaatteesta onkin ollut historiallisesti vanhempi esimerkiksi Bohmin vaihtoehtoon nähden, Polkinghornen mukaan se ei selitä ontologisen tulkinnan suosiota kokonaan.¹⁹⁶ Kuten Heisenbergin epätarkkuusperiaate tulkitaan usein ontologiseksi, periaatteessa samoin voidaan kaaosteoreettiset ilmiöt olettaa ontologisesti indeterministisiksi. Tämä heijastaa Polkinghornen kriittistä realismia, jonka mukaan epistemologia ja ontologia ovat tiukassa suhteessa toisiinsa, eli epistemologia kuvaa ontologiaa¹⁹⁷. Lisäksi Polkinghorne huomauttaa, että prosessien avoimuus toisin kuin kellokonemainen tarkkuus on meidän ensisijainen kokemuksemme maailmasta¹⁹⁸. Huomautan kuitenkin, että tämä vetoamus kööpenhaminalaiseen tulkintaan on jossain määrin ristiriidassa sille, että hän on edellä vedonnut¹⁹⁹ Bohmin postuloimiin pilottiaaltoihin.

Kuitenkin Polkinghorne pitää totena, että kaaosteorian taustalla olevat yhtälöt ovat deterministisiä. Näistä deterministisistä yhtälöistä nousee kuitenkin ennustamattomuus, joka on hyvin vallankumouksellista. Jos ajateltaisiin alhaalta–ylös, mikä joudutaan yleensä tekemään ihmiseen rajoittuneen ajattelukyvyn johdosta, päädyttäisiin ylemmällä tasolla determinismiin, mutta näin ei välttämättä tarvitse olla. Polkinghornen mukaan voisi olla niin, että kokonaisuus määrittää alempana, eli yksinkertaisempia, tasoja.²⁰⁰

Monet teologit ovat kritisoineet tätä Polkinghornen hyppäystä epistemologiasta ontologiaan.²⁰¹ Muiden muassa Nancey Murphy väittää, että kaaoksen ennustamattomuus johtuu vain kykenemättömyydestä, sillä tulevaisuuden tila määräytyy, eli determinoituu, yhtälöistä, vaikkemme pysty todentamaan tätä mittaamalla riittävän tarkasti. Murphy ei myöskään näe,

¹⁹²Polkinghorne viittaa tässä ajatteluun, jonka mukaan newtonilainen maailmankaikkeus toimii kuten kellokoneisto. Kuitenkin modernissa fysiikassa havaittu epätarkkuus vihjaa ennemminkin kuvainnollisesti sanottuna utuisten pilvien olemassaoloon kuin kellokoneiston tarkkaan determinismiin.

¹⁹³Polkinghorne 1997a, 68; 1998a, 51–52; 1998b, 42, 89.

¹⁹⁴Bohmin teoriassa niin sanottu pilottiaalto ohjaa täysin klassisen fysiikan mukaan käyttäytyvien hiukkasten täysin determinististä liikettä.

¹⁹⁵Monimaailmatulkinnassa kaikki Schrödingerin yhtälön ratkaisut toteutuvat mutta rinnakkaisissa universumeissa. Meillä on pääsy vain yhteen näistä.

¹⁹⁶Polkinghorne 1989, 124; 1997b, 148; 1998a, 53; 2000, 934.

¹⁹⁷Polkinghorne 2005, 35.

¹⁹⁸Polkinghorne 2005, 36.

¹⁹⁹Katso osio 3.2 Polkinghornen ehdotus: informaatio kausaationa.

²⁰⁰Polkinghorne 1991, 36–39; Saunders 2002, 189–190.

²⁰¹Saunders 2002, 193.

että nykyisen konsensuksen kääntyessä preferoimaan ontologista tulkintaa kvanttimekaniikan indeterminismistä, ei poista tosiasiaa, että epistemologinen ennustamattomuus ei tarkoita kausaalista indeterminismia, vaan ennemminkin päinvastoin.²⁰²

Lisäksi Saunders kyseenalaistaa Heisenbergin epätarkkuusperiaatteen ontologisen indeterminanssin. Hän viittaa Ernest Nageliin ja Stephen Hawkinsiin, joiden mukaan paikka ja liikemäärä eivät (välttämättä) ole siirrettävissä kvanttimekaniikkaan klassisesta fysiikasta. Kuitenkin kvanttimekaaniset suureet, kuten aalto, ovat täysin deterministisiä, ja ongelmat syntyvät vasta, kun mukaan tuodaan paikka ja liikemäärä, joita ei voida esittää samanaikaisesti. Niiden matemaattinen johtaminen ei liioin haasta determinismia. Heisenbergin epätarkkuusperiaate haastaakin Laplace'n determinismin vain epistemologisesti eikä ontologisesti, ainakin jos otetaan Jamesin determinismin ontologisuudesta.²⁰³ Tämä ei kuitenkaan välttämättä kumoaa Polkinghornen argumenttia, joka vaatii ontologisen tulkinnan Heisenbergin epätarkkuusperiaatteeseen. Nimittäin väite kvanttimekaniikan indeterminanssista perustuu mittausongelmaan. Ennemminkin Saundersin kritiikki siirtää ongelman Heisenbergin epätarkkuusperiaatteesta mittauksiin, jotka monet fyysikot tulkitsevat indeterministisiksi.

Polkinghornen mukaan kysymys kuuluukin, kumpi määrittää kaaosta: yhtälöiden determinismi vai havaittu ennustamaton käyttäytyminen. Hän katsookin, että deterministiset yhtälöt ovat alaspäin emergenttejä likimääräistyksiä niitä joustavammasta todellisuudesta. Ne joutuvat siitä, että yksittäiset osat voidaan erottaa ympäristöstään.²⁰⁴ Edellä jo käsiteltiin Polkinghornen argumenttia siitä, miten kaoottiset systeemit ovat riippuvaiset ympäristöstään²⁰⁵.

Polkinghorne vahvistaa argumenttiaan hypoteesilla, jonka mukaan makroskooppisessa maailmassa toimivat Newtonin yhtälötkin voivat itse asiassa olla approksimaatioita paljon yleisemmästä lainalaisuudesta. Nämä yhtälöt toimivat kokonaisuuden osille niissä tilanteissa, joissa osat eivät vuorovaikuta keskenään. Hän huomauttaa, että tutkimuksemme perustuu siihen, että voimme tarkastella systeemejä kontrolloiduissa tilanteissa, jotka ovat suljettu ympäristön vuorovaikutuksilta. Kuitenkin on olemassa tilanteita, joissa tämä ei päde.²⁰⁶

Eräänä syynä sille, ettei tällaista taipuisaa ja kontekstisidonnaista teoriaa olla hyväksytty, on, ettei sellaista ole vielä johdettu/kehitetty. Sen vaihtoehdolla, deterministisellä kaaoksella, on sen sijaan tukenaan klassisen fysiikan pitkään arvostetut yhtälöt. Polkinghorne kuitenkin huomauttaa, että Ilya Prigoginella on hypoteesi, millaisen muodon tällaiset holistiset ja avoimen dynamiikan yhtälöt voisivat ottaa. Prigogine on tutkinut yhtälöitä, jotka kuvaavat dy-

²⁰²Murphy 1997, 327–328.

²⁰³Saunders 2002, 133–136.

²⁰⁴Polkinghorne 1996b, 247; Saunders 2002, 190–191.

²⁰⁵Katso osio 3.3 Polkinghornen huomiot kaoottisten systeemien herkkyydestä.

²⁰⁶Polkinghorne 1989, 125; 1998a, 64.

naamisten systeemien kehittymistä ajan funktiona. Jos niistä etsitään integroituvia ratkaisuja, eli samanlaisia sileitä ja hyvin käyttäytyviä, kuten klassisessa newtonilaisessa mekaniikassa, on niillä ominaisuus, että ne voidaan aina esittää summina liikeradoista²⁰⁷, jotka kuvaavat tarkasteltavan systeemien yksittäisten osien käyttäytymistä. Toisin sanoen sileä matemaattinen käyttäytyminen johtaa lokalisoituneihin palojen ja osasten fysiikkaan. Matemaattisesti on kuitenkin mahdollista laajentaa saadut tulokset niin, etteivät ratkaisut ole enää sileitä ja integroituvia, eli ne eivät ole matemaattisesti kauniita ja hyvin käyttäytyviä. Niiden mukaan ottaminen tarkoittaa Polkinghornen mukaan samaa kuin muutos sileistä käyristä rosoisiin fraktaalihin. Tällaiset ratkaisut vastaavat vuorovaikutuksia, joita ei voi redusoida paikallisiksi vuorovaikutuksiksi. Tarvitaan holistista tarkastelua eikä jäykkä determinismi ole enää voimassa. Prigoginen mukaan tällaiset lisäratkaisut edustavat ennemminkin mahdollisuuksia kuin varmuutta. Täten klassisen fysiikan newtonilaiset ratkaisut soveltuvat eristettävissä oleviin systeemeihin, mutta todellisuus on tätä omituisempi ja mielenkiintoisempi.²⁰⁸ Koska kaaosteoreettiset ja kvanttimekaaniset systeemit ovat hyvin riippuvaisia ympäristöstään, atomistinen malli ei enää päde. Täten maailmaa ei voi tarkastella vain erillisinä pieninä paloina.²⁰⁹

Polkinghorne siis ajattelee, että kaaosteoria ennemminkin on todellisuuden uusi osa-alue, jota ei ole ennen tultu ajatelleeksi. Se ei yksinään koske kaaosteoriaa vaan kaikkia newtonilaisia systeemejä. Tämä taas pitää paikkaansa, jos äskeinen Prigoginen matemaattinen havainto kuvaa oikeasti luontoa. Joka tapauksessa kaaottiset systeemit ovat herkkiä ympäristölleen ja pienet virheet kasvavat niissä nopeasti, joten voidaan vetää kaaosteoriastakin epistemologisten johtopäätösten lisäksi ontologisia koskien indeterminismia²¹⁰.

Tätä uutta näkemystä, jossa systeemin osasten käyttäytyminen ei ole riippumaton ympäristöstään, Polkinghorne kutsuu kontekstualismiksi. Siksi se on luonteeltaan hyvin antireduktionistinen. Tämä Polkinghornen esittämä hypoteesi voisi ottaa kolme erilaista muotoa: ensiksikin holistiset luonnonlait, joita emme vielä tunne (katso edellä käsitelty), toiseksi se voisi selittää, miten voimme toimia maailmassa mielen huipulta-alaskausaatiolla informaatiol-

²⁰⁷Tätä voidaan demonstroida yksinkertaisella esimerkillä. Matematiikassa funktiot, joita fysiikan yhtälöt ovat, voidaan aina kehittää sarjoiksi. Esimerkiksi integroitumaton funktio e^x voidaan kehittää sarjaksi

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots, \quad \text{jonka kaikki oikeanpuoleiset termit ovat integroituvia ja josta voitaisiin ajatella, että}$$

kukin termi erikseen vaikuttaa osaltaan funktion arvoon. Tässä yksinkertaistetussa esimerkissä yhden hiukkasen rata kulkisi karteesisessa koordinaatistossa suoralla $y=1$, toinen menisi käyrää $y=x^2$, kolmas käyrää $y=x^4/2$ ja niin edelleen, yhdessä niiden vaikutus olisi käyrä $y=e^x$.

²⁰⁸Polkinghorne 1998a, 65–66.

²⁰⁹Polkinghorne 1997a, 57–58.

²¹⁰Polkinghorne 1997b, 153.

la ja samalla pohjalta-ylöskausaatiolla energian välittämänä, ja kolmanneksi miten Jumala toimii maailmassa informaation kautta avoimissa prosesseissa.²¹¹

Koska kaoottiset systeemit riippuvat voimakkaasti ympäristöstään, näillä uusilla kausaalisilla toimintaperiaatteilla on holistinen luonne. Hän käyttää nimitystä ”aktiivinen informaatio” kuvaamaan tätä uutta kausaalista toimintaperiaatetta. ”Aktiivinen” viittaa kausaaliseen tehokkuuteen ja ”informaatio” siitä, että kyseessä on käyttäytymiskuvioiden muodostuminen. Tällöin deterministisiä yhtälöitä, joista matemaattinen tarkastelu lähti liikkeelle, voidaan pitää fysikaalisina approksimaatioina, jotka pitävät paikkaansa vain tietyissä olosuhteissa, joissa ympäristön vaikutus voidaan jättää huomioitta sen pienuuden vuoksi. Vain näissä eristetyissä olosuhteissa tieteellinen tutkimus on mahdollista, sillä muutoin olisi tiedettävä kaikki ennen kuin tiedetään mitään, mikä tekee havaintojen tekemisen mahdottomaksi jo periaatteessa. Täten ei ole mitään konfliktia havaintoihin perustuvaan tietoon, kun kyseisessä mielessä Newtonin dynamiikkaa pidetään approksimaationa.²¹² Tällöin maailman indeterminismi voidaan katsoa selittävän alaspäin, miksi kaaosteorian deterministiset yhtälöt kuvaavat todellisuutta.

Jeffrey Koperski tosin kritisoi tätä väitettä, että pilviä olisi maailmassa kelloja enemmän. Tämä harha juontaa hänen mukaansa käsityksestä differentiaaliyhtälöistä, jotka ovat useimmin pilvimäisesti, eli kaoottisesti, käyttäytyviä epälineaarisia yhtälöitä kuin kellomaisesti käyttäytyviä lineaarisia, itse asiassa lineaarisia on äärettömän vähän verrattuna epälineaarisiiin. Eroa voi verrata irrationaalilukujen lukumäärään suhteessa rationaalsiin: vaikka jälkimmäisiä on äärettömän paljon, on niitä kuitenkin lähes olematon määrä edellisiin. Luonnossa kuitenkin näin ei ole, vaan lineaarisen differentiaaliyhtälön mukaisesti käyttäytyviä systeemejä on löydetty huomattavan paljon, vaikka edellä mainittu matemaattinen tarkastelu viittaisi, että ne ovat äärimmäisen harvinaisia. Lisäksi vaikka kaoottisesti käyttäytyviä ilmiöitä olisikin paljon, niiden suuruusluokka saattaa olla hyvin pieni, eli ne lienevät suurimmaksi osaksi taustakohinaa.²¹³ Tätä olen jo käsitellyt edellä²¹⁴.

Willem Drees kritisoi Polkinghornen lähestymistapaa, jossa Polkinghorne vetoaa ilmiöön, eli ennustamattomuuteen, eikä vallalla olevaan selitykseen, eli deterministiseen kaaokseen. Polkinghornen kannattamassa kriittisessä realismissa kuitenkin todellisuus riippuu teoreettisista kokonaisuuksista, jotka on postuloitu sen selityksestä. Toisin sanoen Polkinghornea itseäänkin lainaten: ”Epistemologia mallintaa ontologiaa.” Dreesin mukaan siis Polkinghorne sivuuttaa selittävän deterministisen teorian, kun tämä tulkitsee ennustamattomuuden merkkinä

²¹¹Polkinghorne 1996b, 247-248.

²¹²Polkinghorne 1998b, 42-43.

²¹³Koperski 2000, 549-550.

²¹⁴Katso osio 3.3 Polkinghornen huomiot kaoottisten systeemien herkkyydestä.

ontologisesta avoimuudesta. Ilmiöön keskittymällä ja sivuuttamalla saatavilla olevat selitykset ei ole Dreesin mukaan kriittistä realismia vaan empirismia²¹⁵.²¹⁶

Nicholas Saunders tarkentaa Dreesin kritiikkiä eksplikoimalla hieman tarkemmin Polkinghornen argumenttia, jolla tämä tukee kaaosteorian ontologista tulkintaa. Saunders avaa Polkinghornen argumentin seuraavasti:

1. Matemaattinen kaaosteoria on deterministinen.
2. Matemaattinen kaaos indikoi herkkyyttä alkuehtoihin ja reunaehtoihin, mikä johtuu oudosta attraktorista.
3. Polkinghorne postuloi, että todellisen maailman kaaottiset ilmiöt ovat indeterministisiä ja matemaattiset mallit alaspäin emergoituneita likiarvoja tästä joustavasta todellisuudesta.
4. Tämä indeterministinen ja joustava todellisuus, joka eroaa matemaattisesta kaaoksesta, soveltuu SDA;aan.

Ongelmana on, että kohdan kaksi outojen attraktorien aikaansaama herkkyys juontuu deterministisistä yhtälöistä. Kohdassa kolme hän tekee metafysisen oletuksen. Tällöin herää kysymys, jos pidetään kiinni realistisesta hengestä, miten indeterministinen maailma voi olla riippuvainen ominaisuuksista, eli herkkyydestä ja oudosta attraktorista, jotka ovat deterministisen yhtälöiden tulos. Polkinghornen pitäisi voida selittää, miksi kohdan kaksi determinismi pysyy indeterministisen todellisuuden ominaisuutena.²¹⁷

Dreesin kritiikin ydin on, että Polkinghorne kannattaa kriittistä realismia.²¹⁸ Kriittisessä realismissa epistemologisia väittämiä ei kuitenkaan pidetä yleensä joko täysin tosina tai väärinä (niin sanottu ”kaikki tai ei mitään” -virhepäätelmä) vaan totuuden mukaisina. Epistemologisesti ei siis väitetä, että saatu tieto on aivan varmaa, vaan saatu teoria kuvaa todellisuutta tietyllä todennäköisyydellä.²¹⁹ Herää kysymys, mikä on tässä epistemologinen väite, jonka väitetään olevan likimääräistys todellisuudesta: deterministiset yhtälöt vai niiden ilmentämä ennustamattomuus, tai kenties molemmat? Polkinghorne selvästi ottaa jälkimmäisen lähtökohdaksi mutta yhtä hyvin hän olisi voinut ottaa myös edellisen tai molemmat.

Murphyä vapaasti lainaten epistemologisesta ennustamattomuudesta ei seuraa ontologista indeterminismia samalla tavalla, kuin ei voida väittää, etteikö kimmonneen biljardipallon

²¹⁵Empirismi tiukimmassa muodossaan kieltää sekä metafysiikan että tieteen teoreettiset aspektit. Tässä mielessä se on teorioiden suhteen antirealistinen. (Niiniluoto 2002, 5–6).

²¹⁶Polkinghorne 1997, 227–228.

²¹⁷Saunders 2002, 189–192.

²¹⁸Drees 1997, 227.

²¹⁹Niiniluoto 2002, 92, 95–99.

liikerata olisi täysin deterministinen, vaikkei sitä voida täysin ennustaa²²⁰. Polkinghorne ei siis välttämättä voi ottaa jälkimmäistä lähtökohdaksi todellisuuden kuvaamiseen. Dreesin kritiikki on siis ehkä validi, jos Polkinghorne pidättäytyy koherentisti kriittisessä realismissa. Epistemologia väittää, että kaaosteorian yhtälöiden kuvaama todellisuus on suurin piirtein deterministinen.

Determinismi pudonnee pois, jos otetaan huomioon esittämäni lämpöliikkeen tai muun kohinan tuoma indeterminismi. Kriittisen realismin mukaan yhtäältä voidaan likimääräisesti olettaa, että todellisessa systeemissä oudon attraktorin radat ovat lähellä toisiaan. Toisaalta lämpöliike tai jokin muu kohina saa radat risteämään, mistä seuraa indeterminismi jopa kriittisen realismin hengessä.

Polkinghornen käsitys aukkojen luonteesta kaaosteoriassa on siis koherentti hänen kriittisen realisminsa kanssa, jos kvanttimekaaninen Heisenbergin epätarkkuus tulkitaan ontologisesti ja kaaosteorian kylkeen otetaan mukaan kohinan lähteet. Jos Polkinghorne tyytyisi jonkinlaiseen empirismiin, ei toki tarvittaisi edes edellisiä ehtoja. Toisaalta empirismi todennäköisesti tuottaisi ongelmia muiden muassa Polkinghornen metafysiikan kanssa, mutta aiheeseen liittyvä keskustelu menee tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Vielä aivan toisenlainen tapa selittää indeterminismi on vedota siihen, ettei ole edes periaatteessa mahdollista äärelliselle olennolle ennustaa kaottista systeemiä. Systeemin tulevan tilan laskeminen vaatisi niin valtavasti laskentatehoa ja aikaa, ettei se ole mahdollista. Luonteeltaan tämä indeterminismi on kuitenkin epistemologista, sillä ei ole mitään syytä, etteikö jokin oudon attraktorin rata voisi olla tarkasti määritelty faasiavaruudessa. Tämä ei siis välttämättä täyty Jamesin kriteeriä indeterminismille, eikä näin ollen indikoi ontologista avoimuutta.²²¹ Epistemologinen avoimuus taas johtaisi ainoastaan aukkojen Jumala -argumentin kaltaiseen tilanteeseen, mikä ei selvästikään tyydyttäisi Polkinghornea.

Robert Larmer tähdentää, että Polkinghorne ainoastaan mahdollistaa, että kaottisia systeemejä voidaan mallintaa indeterministisesti. Hän ei kuitenkaan näe mitään todistetta sille, että tämä olisi jollain tavalla parempi vaihtoehto kuin perinteinen deterministinen.²²² Larmerin kritiikki ei toki kumoa kokonaan Polkinghornen hypoteesia, se vain kääntää todistustaakan Polkinghornen puolelle, eli olisi todella löydettävä jokin systeemi, jossa edellinen on totta.

Yhteenvetona voidaan todeta, että Polkinghorne käyttää sekä Heisenbergin epätarkkuusperiaatteen ontologista tulkintaa, Prigoginen yhtälöiden esiin tuomaa laajennusta newtonilai-

²²⁰Murphy 1997, 327–328.

²²¹Saunders 2002, 204–205.

²²²Larmer 2009, 549.

siin yhtälöihin väitteelleen että todellisesta maailmasta alaspäin emergoitunutta indeterminanssia:

- (7) Kaaottisen systeemin ennustamattomuus on luonteeltaan (sekä epistemologista että) ontologista, mikä tarkoittaa indeterminismia.

Ennustamattomuuden ontologisuus tarkoittaa sitä, että maailmassa on avoimuutta, toisin sanoen maailma ei ole täysin deterministinen. Maailmassa on siis tuntemattomia aukkoja, jotka eivät ole pelkästään tietämättömyyteen perustuvia (epistemologisia aukkoja) vaan todellisia (ontologisia aukkoja). Prigoginen esittämästä hypoteesista taas voidaan päätellä, että newtonilaiset yhtälöt selittävät kyllä osasten sisäiset vuorovaikutukset, mutta sen lisäksi osat vuorovaikuttavat vielä keskenään. Osasten sisäinen ja erillinen käyttäytyminen voitaisiin ennustaa newtonilaisilla yhtälöillä, muttei niiden keskinäistä vuorovaikutusta. Täten voidaan vetää tästä osiosta johtopäätös:

- (8) Siispä kaaosteoria viittaa ontologisiin aukkoihin, jotka ovat luonteeltaan indeterministisiä, eivätkä ne redusoidu osastensa käyttäytymiseen.

Tätä johtopäätöstä Polkinghorne tarvitsee, kun hän esittää Jumalan tai minkä tahansa agentin vapautta toimia maailmassa. Sen heikkoutena on, ettei voida kovin vahvasti argumentoida sen pohjalta, että Heisenbergin epätarkkuusperiaatteen ontologisen tulkinta on yleinen tutkijoiden joukossa. Onhan kyseessä kaksi eri ilmiötä eikä luonnontieteessä tutkijoiden näkemyksellä ole lopulta merkitystä, jollei empiria, eli kokeelliset tulokset, tue sitä. Toisekseen tämä hänen johtopäätöksensä perustuu osin myös Prigoginen esittämiin yhtälöihin, joista ei vielä ole tarkkaa selkoa. Lisäksi Polkinghornen kriittinen realismi on jossain määrin jännitteessä hänen ottaessaan lähtökohdaksi maailmassa havaitun indeterminismin kaaottisten determinististen yhtälöiden sijaan. Tilannetta voi kenties vahvistaa ottamalla mukaan kohinan lähteitä, joita reaalissa systeemissä aina on. Tämä perustelu on siis aika rohkea, ja sen takana saattaa olla Polkinghornen käsitys matematiikan kauneudesta, josta myöhemmin lisää.

3.5 Kausaatio kokonaisuuksissa

Kokonaisuuksissa, kuten maailma tai ihmisruumis, voidaan erottaa luonteeltaan kaksi erilaista kausaatiota, joita tässä työssä nimitän huipulta-alas-, pohjalta-ylös-, nousevaksi ja laskevaksi kausaatioiksi.

Polkinghornen ajattelussa juuri huipulta-alaskausaatio, eli laskeva kausaatio, on se malli, jolla kokonaisuudet vaikuttavat olemassaolon alemmille tasoille, kuten ihminen kehoonsa tai Jumala maailmaan aina atomitasolle asti

Polkinghornelle Jumala toimii maailmassa juuri huipulta-alaskausaatiolla²²³. Sen on oltava hänen mukaansa jotakin muuta kuin pohjalta-ylöskausaation osasten yhteenliittymä, kuten lämpötila on kaasuissa molekyylien kineettisen energian keksi-arvo. Lisäksi Polkinghorne edellyttää, että osasten keskinäisissä suhteissa on oltava aukkoja siinä mielessä, että on olemassa liikkumatilaa, jolloin laskeva kausaatio voi täyttää nämä nousevan kausaation aukot. Noiden aukkojen tulee olla tietyllä tapaa systeemin sisäisiä ja luonteeltaan ontologisia, eikä vain satunnaisia pohjalta-ylösprosessien huomioimatta jättämissä eikä nousevan kausaation osasiin kätkeytyvää tietämättömyyttä, eli niiden tulee olla todellisia.²²⁴ Polkinghorne siis selvästi hylkää niin sanotun aukkojen Jumala -argumentin, joka on luonteeltaan epistemologinen. Hän pyrkii ontologiseen ratkaisuun, mikä on käynyt ilmi jo edellä²²⁵.

Polkinghornen malli eroaa selvästi Peacocken ja Murphyn (sekä Ellisin) malleista²²⁶. Peacocken mallissa aivot tai maailma on kokonaistila, johon mieli tai Jumala vaikuttavat. Polkinghornelle aivot tai maailma ei ole vastaavanlainen kokonaistila, vaikka niitä tuleekin kaaosteorian holistisen luonteen vuoksi ajatella kokonaisuuksina. Vaikutus menee outoihin attraktoreihin, jotka ovat jossain määrin kokonaisuuksien sisällä, ei kokonaisuus itsessään. Kuitenkin kummassakin mallissa huipulta-alaskausaatio perustuu informaatioon.

Murphyn malli taas olettaa alemmalle tasolle indeterminismia, mikä vaatii mekanismin, joka vie mielen vaikutuksen emergenttien tasojen läpi tuolle alimmalle tasolle. Kaaosteoreettisten outojen attraktoreiden ei tarvitse olla tuolla alimmalla tasolla, joten mekanismi on Polkinghornen mallissa toinen. Kuitenkin Polkinghorne olettaa, että Murphyn mallin tapoin myös fyysinen maailma vaikuttaa mieleen, mitä ilmeisimmin tieteen tuntemien mekanismien kautta.

Vastaamatta jää kuitenkin kysymykset kuten: miten puhtaasti mentaalinen päätös välittyy fyysiseen aivotilaan, millainen tuo vaikutus on luonteeltaan ja, koska ainakin monet fyysikaaliset prosessit (kiistaa on vain kvanttimekaanisten ja kaaottisten prosessien determinismistä) ovat deterministisiä, miten vapaalla tahdolla on mahdollista toimia deterministisessä maailmassa?

Polkinghorne ei kuitenkaan lämpene Austin Farrerin käsitykselle kausaation yhteenliitoksesta tai niveltymästä (engl. *causal joint*), jolla kokonaisuus liitetään osiinsa, kuten esimerkiksi ihmisen itseys ruumiiseen tai Jumala luomakuntaan. Nimittäin Farrerin mukaan meidän tulisi pitäytyä ottamasta kantaa, ainakin Jumalan kaitselmuksen tapauksessa, sillä se ylittää meidän käsityskykymme. Vaikka tällä näkemyksellä on kunnioitettava historia, ovathan sitä

²²³Daniel Lim käyttää tästä termiä mentaali kausaatio. Ajatuksena on, että fyysisten aivotilojen päällä supervenoi mentaalitilat, joiden kyvystä vaikuttaa alaspäin fyysisiin aivotiloihin on käyty keskustelua, katso Lim 2015.

²²⁴Polkinghorne 1998a, 58–59.

²²⁵Katso osio 3.4 Polkinghornen ontologinen kaaoksen ennustamattomuus.

²²⁶Katso osio 1.2.5 Laskeva sekä nouseva kausaatio.

kannattaneet sekä Tuomas Akvinolainen ja Augustinus, on se Polkinghornen mielestä fideististä ongelman väistelyä. Hänen mukaansa tuota liitosta on etsittävä, vaikka ratkaisuyrityksemme ovat välttämättä kokeellisia ja tilapäisiä, eli lähinnä toiveikkaita spekulatioita. Kuitenkin hänestä teologiset ja tieteelliset näkökulmat vaativat tätä.²²⁷ Vastauksen pitää siis löytyä, ainakin periaatteessa, vaikka se jääkin roikkumaan ilmaan.

Polkinghorne kuitenkin tähdentää, että kaoottisten systeemien herkkyys pieniin häiriöihin on merkki siitä, että niitä on käsiteltävä holistisina ja että ne ovat avoimia huipulta-alaskausaation toiminnalle aktiivisen informaation syöttämisen kautta. Siksi hänen huipulta-alaskausaatiotaan ei tule pitää lokaalina mekanismina, jolla toimijuutta harjoitetaan. Hän ei oleta, että Jumala tai ihminen hienosäätää hyvin pieniä sysäyksiä, jotta maailmassa saataisiin niiden kasvettua toivottu tulos. Malli on luonteeltaan holistinen, eikä se ole nokkelaa pienten osasten käsittelyä. Kyseessä on siis todellinen laskeva kausaatio. Sitä voi kutsua kontekstualisoinniksi, sillä osasiin vaikuttaa niiden koko konteksti. Tämä pätee pilvimäisille kaoottisille systeemeillä mutta on olemassa myös kellokoneistomaisia systeemejä, jotka eivät ole herkkiä ympäristön pienille yksityiskohdille eikä osasten käyttäytyminen häiriinny.²²⁸

Edellisen osion ja tämän osion nojalla huomaamme, että laskeva kausaatio vaatii aukkoja nousevaan kausaatioon. Polkinghornen ajattelussa nämä aukot mahdollistaa kaaosteorian holistinen luonne ja ennustamattomuus, joka on hänen mukaansa luonteeltaan ontologisia.

Robert Larmer näkee, ettei korkeamman tason ominaisuuksien supervenointi alemman tason ominaisuuksien päällä takaa, että se antaa perustan uusille kausaalisille kyvyille.²²⁹ Tämä on vahva haaste Polkinghornelle. Tarkastelen tätä kritiikkiä Daniel Limin analyysin pohjalta. Polkinghorne toki omien sanojensa mukaan kannatta kaksoisaspektiteoriaa, jossa mentaalinen puoli on redusoimattomana ja materia pitää sisällään informaation (kuviomielessä)²³⁰. Hän ei siis välttämättä tarkoita, että mentaali supervenioisi fyysisen päällä, mutta ottaen huomioon hänen huipulta-alaskausaation, näkemys supervenienssistä lienee perusteltu.

Limin yleistä poissulkemisargumentilla (engl. *general exclusion argument*, GEA) voidaan käyttää Polkinghornen luonnosteelman huipulta-alaskausaation kriittiseen tarkasteluun, niin SDA:n kuin ihmismielen tapauksessa. Argumentti on kuusiosainen. Ensinnäkin hän lähtee poissulkemistekijästä: millään tapahtumalla ei voi olla kuin yksi ainoa riittävä, määräävä tekijä, ellei kysy ole ylideterminanssista. Toiseksi pitää päteä tehokkuustekijä: lajin A tapaukset ovat kausaalisesti tehokkaita. Kolmanneksi vallitsee palautumattomuustekijä: A-tapaukset

²²⁷Polkinghorne 1998a, 58–59.

²²⁸Polkinghorne 1997b, 154.

²²⁹Larmer 2009, 550.

²³⁰Polkinghorne 1998a, 49–50.

ovat erilliset B-tekijöistä eikä niitä voida palauttaa jälkimmäisiin. Neljänneksi hän ottaa ei ylideterminanssia -tekijän: tutkittavassa tapauksessa ei voi olla ylideterminanssia. Viidenneksi hän katsoo olevan jännitteenaiheuttajan: edellinen yhdessä tehokkuustekijän kanssa, johtaa jännitteeseen poissulkemistekijän kanssa. Viimeisenä on jännitteen ratkaisija, jonka tarkoitus on poistaa edellinen jännite. Nämä tekijät johtavat argumentissa väistämättä ristiriitaan, mikä voi johtaa jonkin katsontakannan hylkäämiseen ja jonkin toisen hyväksymiseen.²³¹

Lim soveltaa tätä Jaegwon Kimin supervenienssiargumenttiin (SA), jossa on kaksi osaa. Argumentin tarkoituksena on osoittaa, että redusoimaton fysikalismi mielen teoriassa ei ole mahdollinen, jos mieli supervenioi fysikaalisen päällä. Ensimmäisessä tehokkuustekijä kuuluu: mentaalit tapahtumat ovat kausaalisesti tehokkaita. Palautumattomuustekijä on: mentaalit tapahtumat ovat erilliset ja palautumattomat fysikaalisiin tapahtumiin nähden. Poissulkemista ei ylideterminanssi -tekijät ovat samat kuin edellä kuvatussa GEA:ssa. Tällöin jännitteenaiheuttajasi muodostuu: mentaalit tapahtumat supervenioivat fysikaalisten tapahtumien päällä. Herää kysymys, voiko tällaisessa tilanteessa mentaali tila aiheuttaa toisen mentaalin tilan, joka kuitenkin supervenioi fyysisen tilan päällä. Tämä jännite ratkeaa, kun supervenienssi oletetaan ensisijaiseksi kausaalisissa suhteissa, kun vertaillaan tekijöiden ylivaltaa. Tällöin mentaali tila ei voi aiheuttaa toista mentaalia tilaa, sillä fyysinen tila määrää supervenienssin kautta mielentilat. Täten joudutaan luopumaan mentaalien tilojen kyvystä aiheuttaa uusia mentaalisia tiloja.²³²

Tämä haastaa Larmerin kritiikin hengessä Polkinghornen informaatio kausaationa -argumentin, sillä eittämättä mentaali tila määräytyy voimakkaammin fyysisen tilan kautta. Polkinghorne itsekin näyttää kannattavan tätä, sillä hänen mukaansa on ilmiselvää, että aivojen muutokset, kuten aivovauriot, vaikuttavat mieleen. Esimerkiksi palan puuttuminen aivoista johtaisi nähdäkseni Polkinghornea mukaillen sellaiseen mielen tilaan, johon mieli ei voisi vaikuttaa, esimerkiksi jollakin kompensoivalla tai korvaavalla prosessilla. Tietysti mieli voisi periaatteessa vaikuttaa johonkin toiseen aivojen fyysiseen tilaan, joka taas vaikuttaisi uuden fyysisen aivotilan, josta seuraisi supervenienssin kautta uusi mentaali tila.

Tähän vastaa Kimin argumentin toinen vaihe. Siinä ensimmäiset neljä tekijää ovat saman kuin edellä, mutta jännitteenaiheuttaja on: jos fysikaalisella tapahtumalla on syy ajan hetkellä t , sillä on fysikaalinen syy hetkellä t . Kimin mukaan tämä jännite voidaan laukaista olettamalla, että fysikaaliset syyt ovat ensisijaisia suhteessa mentaaliin. Tällöin muodostuu ristiriita mentaalisen kausaation ja fysikaalisen kausaation kanssa, koska millään tapahtumalla ei

²³¹Lim 2015, 16–17.

²³²Lim 2015, 17.

voi olla kuin yksi riittävä syy eikä ylideterminanssia ole. Täten pitää joko hylätä mielen kyky toimia kausaationa tai hylätä mielen supervenienssi fyysikaalisen päällä.²³³

Johtaako Kimin argumentti Polkinghornen hylkäämään oman mallinsa? Mielestäni ei, sillä mieli (tai Jumala) voi toimia tietyllä ajanhetkellä t jonkin fyysikaalisen tilan informaatiovaikuttamisella. Tämän fyysisen tilan ei tarvitse olla sellainen fyysinen aivotila, joka suoraan vaikuttaa uuden mentaalien tilan. Riittää, että se aiheuttaa sellaisen fyysisen tilan, joka saa aikaan aivotilan, joka taas vuorostaan aiheuttaa mentaalien tilan. Toisin sanoen Polkinghornen argumentti toimii Kimin premissiä vastaan, jonka mukaan fyysisillä tiloilla on aina viime kädessä fyysinen syy. Kuten edellä on jo nähty, tähän Polkinghorne pääsee argumentoimalla, ettei fyysisen maailman kausaalinen verkko ole täydellisen deterministinen, vaan siinä on ontologisia, indeterministisiä aukkoja. Täten siis Polkinghornen malli sopii emergentin fyysikalismien puolustamiseen.

Täten voidaan edellisissä osiossa kehiteltyä päättelyä jatkaa:

- (9) Laskeva, eli huipulta-alaskausaatio on mahdollista vain, jos kokonaisessa systeemissä, kuten ihminen ja hänen ruumiinsa tai Jumala ja Hänen luomakuntansa, on sen mahdollistamia aukkoja, jotka eivät redusoidu alemman tason vuorovaikutuksiksi.
- (10) Siispä huipulta-alaskausaatio on mahdollinen systeemissä, jossa on kaoottista käyttäytymistä jollakin tasolla.

Seuraavaksi tarkastelen tarkemmin, miten tämä laskeva kausaatio toimii yhtäältä ihmisen, mitä on jo edellä sivuttu, ja toisaalta Jumalan tapauksissa. Tähän keskusteluun liittyy kysymykset vapaasta ja tahdosta ja determinismistä, joita on syytä tarkastella tässä yhteydessä.

3.6 Kaaosteorian vaikutuksia

Kaaosteoriolla on vaikutusta ajatteluun. Esimerkiksi pitkään ajateltiin, että maailmankaikkeus on deterministinen, mutta kaaoksen, sen lisäksi myös kvanttimekaniikan, on katsottu avaavan mahdollisuuden indeterminismille ja sitä kautta aktiivisille toimijoille, kuten Jumalalle ja ihmisille, joilla on oma tahto. Kaaoksella on muitakin vaikutuksia kuten reduktion mielekkyyteen ja tieteelliseen metodiin.

Kaaosteoria rikkoo reduktionistisen mallin, jossa systeemi voidaan pilkkoa osasiinsa, joita voidaan tutkia erikseen, mikä on vallitseva malli tutkimuksessa. Kaoottisissa systeemeissä taas systeemin käyttäytyminen voi olla monimutkaista pelkästään siksi, että muutaman pienen komponentti vuorovaikuttaa epälineaarisesti.²³⁴ Toisin sanoen muutaman komponentin vaikutus voi moninkertaistua, vaikka ne itse muuttuisivat vain vähän.

²³³Lim 2015, 17–18.

²³⁴Crutchfield *et al.* 1997, 47.

Kuten edellä jo todettiin, kaaosteorian suuri filosofinen ja teologinen vaikutus kohdistuu determinismiin. Determinismi ja siihen liittyvä vapaa tahto ovat Polkinghornen kaaosteorian keskeisimmät tähtäyspisteet. Seuraavaksi tarkastelen tarkemmin determinismia ja vapaata tahtoa niin sanotun Polkinghornen avoimen universumin käsitteen kautta. Lisäksi, kuten Lim huomauttaa²³⁵, mielen teoria, metafysiikka ja toimijuus maailmassa tarjoavat toisilleen hyödyllisiä näkökulmia. Tarkastelenkin tässä osiossa ensin Polkinghornen mielenteoriaa ja metafysiikkaa ja vasta sitten Jumalan toimijuutta.

3.6.1 Polkinghornen avoin universumi

Polkinghorne kannattaa sellaista käsitystä universumista, jossa Jumala on aktiivinen toimija, persoonallinen Isä Jumala. Toisin sanoen hän vastustaa deismin²³⁶ käsitystä Jumalasta.²³⁷ Jumala ei ole kuitenkaan tyranni vaan Hän kunnioittaa luoduille annettua itsemääräämisoikeutta. Polkinghornelle luominen on Jumalan kenoottinen toimi, jossa Hän rajoittaa omaa valtaansa, jotta luotu voi olla oma itsensä ja tavoitella omaa itseään.²³⁸ Maailman täytyy olla jollakin tapaa avoin, ettei mikään prosessi vaaranna luomakunnan vapautta olla oma itsensä, eli fyysisten prosessien on oltava avoimia. Tämä tulee lähelle avointa teismia²³⁹.

Kuten edellisessä osiossa jo sivuttiin, fysikaalisten prosessien avoimuus, eli indeterminismi, voi juontua joko kvanttimekaniikasta tai kaaosteoriasta. Näissä molemmissa tapauksissa Polkinghornen mukaan on selvä ennustamisen mahdottomuus, eli nykytilan tunteminen ei takaa mahdollisuutta laskea systeemin tilaa tulevaisuudessa. Ne taas täytyy tulkita ontologisina, eli signaaleina ilmiöiden takana olevasta ontologisesta avoimuudesta.²⁴⁰ Kyse ei siis ole meidän kyvyttömyydestämme tietää tarkasti, vaan fysikaalinen avoimuus on osa universumin todellista olemusta.

Kvanttimekaanisen indeterminismin Polkinghorne hylkää, koska ongelmaksi yhtäältä muodostuu, miten nämä mikrotason ilmiöt vahvistuvat makrotasoon. Periaatteellisesti on jo vaikea sanoa, miten mikrotason kvantti-ilmiöt vuorovaikuttavat makrotason ilmiöiden kanssa (esimerkiksi mittalaitteessa). Täten mikro–makro-rajapinta on vaikea ylittää luotettavalla tavalla. Edelleen herää kysymys, miten mikroskooppiset ilmiöt vahvistuvat makroskooppisiksi. On toki mahdollista ohittaa tämä ottamalla mukaan kaaosteoria, joka pystyy monistamat pienet virheet suuriksi, mutta kuten edellä on jo käsitelty, tämä on myös osoittautunut teknisesti hyvin haasteelliseksi. Toiseksi kvanttimekaniikan indeterminismi pätee vain mittauksissa, ei

²³⁵Lim 2015, 96.

²³⁶Deismin mukaan Jumala ei toimi luomisen jälkeen maailmassa (Vainio & Visala 2011, 51–52).

²³⁷Polkinghorne 1997a, 64; Saunders 2002, 187.

²³⁸Polkinghorne 2005, 25–27.

²³⁹Katso alaviite 124.

²⁴⁰Polkinghorne 1998b, 89, katso myös osio 3.4 Polkinghornen ontologinen kaaoksen ennustamattomuus.

mittausten välissä, jolloin kvanttisysteemi on deterministinen. Tällöin Jumalankin on olisi toimittava vain hetkittäin eikä jatkuvasti, mikä taas ei ole teologisesti houkutteleva vaihtoehto.²⁴¹ Täten Polkinghorne hylkää Murphyn ehdotuksen, jossa juuri kvanttitasen indeterminismi on suuressa roolissa alimmalla tasolla.

Vastaukseksi näihin tähän haasteeseen Polkinghorne esittää juuri kaaosteoriaa. Kuten edellä on jo mainittu, oudot attraktorit mahdollistavat eri liikeratojen valitsemisen energian muuttumatta. Tämä antaa tilaa huipulta-alaskausaatiolle, joka on luonteeltaan holistinen. Lisäksi kaoottiset systeemit ovat luonteeltaan holistisia senkin vuoksi, että ne ovat hyvin herkkiä ympäristölleen²⁴².

Polkinghorne ehdottaakin, että kaaosteoria ontologisessa mielessä ymmärrettynä voisi selittää Jumalan ja ihmisen toimijuuden. Aktiivinen informaatio voisi olla luonnontieteellinen vastine immanentille Hengen toimimiselle luomakunnassa. Jumalallinen vaikutus voisi vastata puhtaana informaation tuomisena systeemiin ilman energian muutosta. Energian muutos nimittäin tekisi Jumalasta samanlaisen mutta näkymättömän syyn, kuin mitä fysikaaliset syyt ovat, ja se olisi teologisesti kestävä. Ihmiset taas vaikuttavat informaation lisäksi myös energian kautta. Täten huipulta-alaskausaatio toimii aktiivisesti informaatioluonteisesti.²⁴³

Polkinghorne myöntää, että kuten kaikki muutkin yritykset selittää Jumalan toimintaa luomakunnassa, ei tämäkään selitys ole vielä läpikotainen. Kyseessä on lähinnä toiveikkaiden otaksumien luonnostelua. Tämän lisäksi voisi yrittää myös kaaosteorian ja kvanttimekaniikan yhdistämistä, koska ilmiselvästi kaoottinen systeemi tulee varsin helposti riippuvaiseksi myös Heisenbergin epätarkkuusperiaatteen vaikutuksista. Ongelmana tässä on jo edellä sivuttu, miten jokapäiväinen makroskooppinen maailma oikeasti riippuu kvanttimekaniikasta²⁴⁴. Toiseksi kaaosteorian kvanttimekaanista vastinetta ei vielä olla onnistuttu muotoilemaan, mikä johtuu teknisistä vaikeuksista.²⁴⁵

Polkinghornen mukaan mikä tahansa selitys, joka pyrkii niveltämään Jumalan toimijuuden fysikaalisen hämäryyteen, joka johtuu epätarkkuudesta, ei pysty erottamaan erityistä kausaalisuutta. Toisin sanoen ei voida kausaalisten syiden verkossa erottaa tapahtumia, jotka teki Jumala, ihminen tai luonto. Vaikka uskon avulla tämä voi olla mahdollista, tutkimuksella ei voida erottaa Jumalan toimintaa. On myös prosesseja, joissa ei ole tällaista epämääräisyyttä, kuten maapallon pyörimisessä ja vuodenaikojen vaihtelussa. Tällaiset prosessit eivät häiriinny,

²⁴¹Polkinghorne 1997b, 152–153; 1998b, 42, 89.

²⁴²Polkinghorne 1998a, 62–63.

²⁴³Polkinghorne 1997b, 155; 1998a, 62–63; Polkinghorne 1998b, 62, 89.

²⁴⁴Miten kvanttimekaaninen mikrokooppinen maailma vuorovaikuttaa makroskooppisen maailman kanssa. Tästä lisää luvussa 3.6.1 sivulla 55.

²⁴⁵Polkinghorne 1998b, 90.

joten ne taas muistuttavan Jumalan uskollisuudesta.²⁴⁶ Tämä on hyvässä sopuosoinnussa Murp-hyn kriteereille, millaista Jumalan toiminnan tulee olla maailmassa, ei liian näkyvää mutta kuitenkin havaittavissa²⁴⁷.

3.6.2 Polkinghornen mielenteoria ja metafyyminen malli

Mielenteoria ja metafysiikka kietoutuvat monella tavalla yhteen, sillä käsitys mielestä vaatii välttämättä vastauksen, onko esimerkiksi sielu olemassa. Käsitys sielun olemassaolosta taas riippuu metafyyisistä näkökannasta, onko kaikki olevainen materiaa vai onko olemassa jokin aineetonta, ja jos on, niin mitä.

Miten sitten kaaosteoria suhtautuu eri metafyyisiin malleihin mielen ja ruumiin yhteydestä? Käsittelenkin tässä osiossa Polkinghornen käsitystä mielen rakenteesta ja sen taustalla olevasta metafyyisistä. Tarkastelen, mitä ratkaisumallia Polkinghorne itse edustaa.

Polkinghorne ensinnäkin huomauttaa, että esimerkiksi aivovauriot saavat aikaan ajattelun muutoksen, joten fyysikaalisella ruumiilla on vaikutusta mielentiloihin.²⁴⁸ Lisäksi teologiasaan hän katsoo, että ihminen nousee ylös ruumiillisesti ja luodaan uudelleen uudistuneesta materiaasta.²⁴⁹ Varmaa siis on, että Polkinghornelle materia on ontologisesti totta. Ratkaistavaksi tulee, miten mieli suhtautuu materiaan: onko se jollakin tapaa materiaasta riippuva vai siitä täysin erillinen.

Eräs materialismin ongelma on se, että se näyttää johtavan epifenomenalismiin²⁵⁰, jonka mukaan mieli ei vaikuta ruumiiseen eikä muuhunkaan maailmaan. Edellä jo käsittelemäni Limin tarkastelun pohjalta, että Polkinghornen malli mahdollistaa mielen vaikuttamisen materiaan²⁵¹. Täten huoli epifenomenalismista on Polkinghornen kohdalla turha, sillä hän nimenomaan antaa argumentissaan oudosta attraktorista mentaaliin kausaatioon. Sitä paitsi hän hylkää (tiukan materialismin, sillä hänestä se aliarvostaa mentaalista puolta²⁵².

Dualismin ongelma taas on, että mielen vaikuttaminen ruumiiseen näyttää rikkovan energian säilymisen lain. Ian Barbour tosin huomauttaa, että mieli saattaa vain muuttaa energian virtausta tai mieli voi vaikuttaa kvanttimaailman epädeterministisyyden kautta.²⁵³ Jälkimmäisen ongelmana on jo mainittu makromaailman klassisen fysiikan ja mikromaailman kvanttifysiikan yhteen liittäminen²⁵⁴ eikä siihen siis ole vielä tarkkaa vastausta.

²⁴⁶Polkinghorne 1998b, 90.

²⁴⁷Katso osiosta 1.7.1 Jumalan toiminnan jaottelua sivulta 29.

²⁴⁸Polkinghorne 1998a, 49.

²⁴⁹Polkinghorne 1997a, 93.

²⁵⁰Katso osio 1.5.2 Reduktiivinen ja ei-reduktiivinen materialismi.

²⁵¹Katso osio 3.5 Kausaatio kokonaisuuksissa.

²⁵²Polkinghorne 1997b, 154.

²⁵³Barbour 1997b, 159.

²⁵⁴Katso sivu 55 osiossa 3.6.1 Polkinghornen avoin universumi.

Edellisessä tapauksessa energian virtauksen muuttaminen vaatii joko jonkin energiattoman tai energiaan perustuvan kausaation. Jälkimmäinen muistuttaa elektroniikassa käytettyä relettä tai transistoria, jota voidaan ohjata pienellä virralla päälle tai pois, minkä jälkeen siinä kulkee tai ei kulje suuri virta. Kuitenkin kaikissa näissä on pakko käyttää pientä virtaa komponentin ohjaamiseen, mikä kuluttaa energiaa. Tällöin energian säilymättömyys rikkoisi termodynamiikan ensimmäistä sääntöä energian säilymisestä: mieli syöttäisi systeemiin energiaa ulkopuolelta. Tilanteeseen sopisikin Polkinghornen esittämä malli oudon attraktorin vaikuttamisesta informaation kautta. Missä kohtaa aivoissa tai neuroneissa tämä energiaa kuluttamaton informaation avulla vaikuttaminen tapahtuu, jää hämäräksi. Periaate kylläkin voisi toimia.

Barbour näkee edellistä dualismin ongelmaa suurempana vaikeutena sen, miten kaksi niin erilaista olevaisen luontoa, mieli ja ruumis, voivat vuorovaikuttaa. Dualistit eivät liioin kannata minkäänlaista välimuotoa sielun/mielen ja ruumiin välillä, jolloin esimerkiksi eläinten mahdollisesta tietoisuudesta muodostuu ongelmaksi, vaikka dualistit hyväksyvät sellaisen olemassaolon eläimissä.²⁵⁵ Toki Polkinghornen malli antaa ratkaisumallin sille, miten sielu voisi vuorovaikuttaa materian kanssa. Eläinten mahdolliselle tietoisuudellekin Polkinghornen malli voisi antaa ratkaisun, jos dualismi antaa mahdollisuuden jonkinlaiselle eläinsielulle tai aivojen muodostamalle alkeelliselle tiedostamisen tasolle. Polkinghorne ei itse kuitenkaan kannata dualismia, joten hän ei tarkastele tätä ongelmaa.

Dualismin Polkinghorne hylkääkin juuri siksi, että hänen mukaansa se ei pysty yhdistämään mielen ja materian erillisiä todellisuuksia²⁵⁶. Lisäksi dualismin ongelma on maailman kehittynyt kvarkkipuurosta, joka on puhtaasti materialistinen, ihmisten asuttama²⁵⁷.

Dualismin hylkääminen tuottaa ongelmia, kuten kuoleman ja ylösousemuksen välisen aukon. Sen Polkinghorne selittää siten, että ihminen luodaan uudestaan Jumalan muistista²⁵⁸, mikä on oudosta attraktorista riippumaton oletus. Kyseessä on materialistinen ratkaisu.

Polkinghornen malli ei toki ole pelkästään outo attraktori, vaan kausaatio on kokonaisvaltaisempi, huipulta-alaskausaatio. Täten Polkinghornen malli mielelle tai laajemmin metafysiikalle ei ole puhtaan materialistinen, vaan se edustaa jonkinlaista monikerrosmallia, jota hän kutsuu kontekstualismiksi. Mieli ei ole pelkästään osasten, jotka muutoin ovat muuttumattomat, kasvavan kompleksisuuden tulosta vaan uudet ominaisuudet emergoituvat. Mieli on oma kontekstinsa, joka vaikuttaa osasiinsa mutta johon vaikuttavat myös pohjalta-ylöskausaatiot.²⁵⁹ Tätä on jo monesti sivuttu käsiteltäessä Polkinghornen käsitystä kaaosteoriasta.

²⁵⁵Barbour 1997b, 159.

²⁵⁶Polkinghorne 1997a, 92 ; 1997b, 154.

²⁵⁷Polkinghorne 1997b, 154.

²⁵⁸Polkinghorne 1997a, 92–93.

²⁵⁹Polkinghorne 1996b, 248; 1997b, 154.

Huipulta-alaskausaatiota, joka ilmenee vain monimutkaisissa kokonaisuuksissa, kuten ihmisissä, edustaisi informaation syöttäminen. Koska ainoastaan ennustamattomissa olosuhteissa syntyy joustavuutta, mielen toimimisen alkulähteen täytyy olla salattu. Täten moderni versio kartesiolaisesta mantelitulmakkeen etsinnästä on virvatulden tavoittelua, eli tuomittu epäonnistumaan.²⁶⁰ Hän kuitenkin korostaa prosessin holistista luonnetta, ja hänen näkemystään on hänen itsensä mielestä väärintulkittu. Toimijuus ei nouse hänen mallissaan reunaehto- jen tai mikroskooppisten prosessien manipuloinnista, ei ihmisen eikä Jumalankaan tapaukses- sa.²⁶¹ Kyseessä ei siis ole suora vaikutus oudon attraktorin ratoihin vaan jokin kokonaisvaltai- sempi prosessi, joka lähtee liikkeelle ylimmästä kontekstista, eli mielestä. Kausaation aikaan- saava prosessi jää edelleenkin jossain määrin salaisuudeksi Polkinghornelle.

Polkinghornen kokonaisvaltainen ja monikerroksellinen malli ihmisestä ja mielestä on eittämättä materialistinen, mutta herää kysymys, voisiko malli olla sovitettavissa silti myös dualismiin, vaikka hän näyttää hylkäävän sen? Hänen mallinsa vaatii huipulta-alaskausaation lisäksi pohjalta-ylöskausaation, joten vaikeudeksi tulee selittää, miten ruumis voi vaikuttaa pohjalta-ylöskausaatiolla mieleen. Nouseva kausaatio liittyy yleensä reduktioon, eli kaiken se- littämistä fysikaalisin lainalaisuuksin, miten siis fysikaalinen vaikuttaa ei-fysikaaliseen? Täten substanssidualismi näyttää olevan poissuljettu, entä emergentti dualismi? Siinä ainakin jossain määrin on helpompi selittää, miten ruumis vaikuttaa sieluun, kun kerran sielu emergoituu ruu- miista. Eittämättä myöskin sielun tulisi olla lähellä aivoja ja muuta keskushermostoa, joten sielun paikantaminen ei tuota ongelmia. Kuitenkaan tässä Polkinghornen mallissa ei katoa emergentin dualismin kohtaamaa ongelma, kun ruumis kuolee ja kun häviää se alusta, jolta se emergoituu, joka perustuu ruumiin ja mielen kokonaisvaltaisuuteen. Siksi hänen näkemyksen- sä on siinä mielessä koherentti, että hän ottaa etäisyyttä dualismin.

Tarkalleen ottaen Polkinghorne kannattaa (omienkin sanojensa mukaan) kaksoisaspekti- teoriaa (engl. *dual-aspect monism*). Siinä mentaalia ja materiaa pidetään (yhden) todellisuus- den vastakkaisina pooleina, tai fysiikan termein faaseina²⁶². Eräs olennainen käsite Polking- hornelle on komplementaarisuus. Nimittäin kvanttimekaniikassa on havaittu, että yksi enti- teetti, kuten valo, on luonteeltaan sekä aaltoliikettä että hiukkasia. Kvanttikenttäteorian avulla

²⁶⁰Polkinghorne 2000a, 937.

²⁶¹Polkinghorne 2000b, 101.

²⁶²Aine esiintyy kolmessa tutussa faasissa, eli olomuodossa: kiinteänä, kaasuna ja nesteinä. Neljäntenä olomuotoa voidaan pitää plasmaa, jossa kuumuuden vuoksi elektronit eivät ole atomeihin sidottuina. Viides olomuoto, kaikkein harvinaisin, on Bose–Einstein-kondensaatti, jossa atomit käyttäytyvät fermionien sijaan bosoneina ja siksi voivat ottaa kollektiivisesti alimman energiatilan. Lisäksi magneettisilla aineilla saattaa olla faasin muutos tietyssä lämpötilassa esimerkiksi lämpötilan noustessa ferromagneetista paramagneetiksi ja edelleen diamagneetiksi. Suprajohteet ovat matalissa lämpötiloissa suprajohtavia, jota voidaan pitää oikeana faasina, korkeammassa lämpötiloissa taas yleensä metalleja. Yhteistä näille kaikille on, että materia pysyy samana vaikka faasi muuttuisi: vesi on vettä sekä jäänä, kaasuna että nesteinä.

tämä voitiin selittää johtuvan sisäisestä epätarkkuudesta, eli esimerkiksi aaltoluonne johtuu fotonien lukumäärän epätarkkuudesta. Komplementaarisuuden olemukseen kuuluu, että kaksi yhteensopimatonta ominaisuutta, eli hiukkasten pistemäisyyden ja aaltojen levittäytymisen, voidaan selittää liittyvän yhteen. Samanlaiset kaksi olennaisesti erilaista todellisuutta voidaan havaita mentaalissa ja materiassa. Samanlainen kaksijakoisuus voidaan nähdä myös kaoottisten systeemejä koskevassa hypoteesissa, joissa energia ja aktiivinen informaatio vuorovaikuttavat. Tällöin yhtäältä pohjalta-ylöskausaliteetti energian vaihdon kautta ja toisaalta informaation perustuva huipulta-alaskausaliteetti antavat sävöyksen, joka on komplementaarinen ja yhdistää mielen ja materian. Polkinghornen mukaan tämä voi kajastella sitä, miten mieli ja aivot ovat suhteessa toisiinsa. Polkinghorne toki myöntää, että tietoisuus on paljon monimutkaisempi ja arvoituksellisempi kuin aktiivisen informaation vaikutus, mutta ainakin se näyttää lupautuvan. Materialismiin, idealismiin ja dualismiin nähden sillä on yhteistä, että ne kaikki ovat suurimmaksi osaksi otaksuja ja luonteeltaan heuristisia. Ei ole tarpeeksi tietoa esittää varmoja ehdotuksia, jotka vielä olisivat hyvin määritellyt.²⁶³

Täten yhtäältä lähtökohtana on materia, eli mieli on jossain määrin riippuvainen aivoista. Aivoja taas säätelee Polkinghornen ajattelussa niin sanottu pohjalta-ylöskausaatio, joka perustuu energian vaihtoon. Aivan selvästi komplementaarisuuden toinen puoli.

Polkinghorne ottaa kaksoisaspektiteoriansa toiseksi lähtökohdaksi Peacocken esittämät itsekokoontuvat kompleksiset systeemit, jotka ovat kaukana termisestä tasapainotilasta, ja oudot attraktorit. Molemmat vihjaavat todellisuuteen, jossa materian sekä energian lisäksi on huomioitava myös informaatio. Se voisi olla kolmas komponentti energia–materia–informaatio-triadissa. Informaatio on kuitenkin Polkinghornen mukaan vain sana, joka vain ”tuikkii” jotakin siitä, mitä mentaali tai mieli voisi tarkoittaa.²⁶⁴ Tarkkaa kuvaa mielestä Polkinghorne ei anna. Toisaalla jotain hän sentään valottaa.

Nimittäin itseorganisoituvat systeemit kuvaavat hänen mielestään parhaiten tällaisten monimutkaisten rakenteiden muodostumista, kun taas toiminta mahdollistuu edellistä paremmin kaoottisissa systeemeissä, joissa on enemmän dynaamista avoimutta.²⁶⁵ Mieli on siis jokinlainen kollektiivinen systeemi, jossa komponentit muodostavat jotain, joka on enemmän kuin osastensa summa. Lisäksi niissä on jotakin indeterminismia, joka kuvautuu parhaiten ouden attraktorien mahdollistamalla vaikutuksella.

Mielenkiintoisen lisämausteen tuo Polkinghornen käsitys matematiikasta. Hän kannattaa monien matemaatikkojen näkemystä, että matemaattiset oliot löydetään eikä pelkästään

²⁶³Polkinghorne 1997b, 154–155; 1998b, 62.

²⁶⁴Polkinghorne 1996c, 36; 2000, 96–97.

²⁶⁵Polkinghorne 1996c, 39.

kehitetä: alkuluvut ja Mandelbrotin sarjat ovat ”jossakin tuolla”, platonisessa ideoiden maailmassa.²⁶⁶ Hän näyttää myös kannattavan Paul Diracin ajatusta, jonka mukaan ainoastaan matemaattisesti kauniit yhtälöt kuvaavat todellista luontoa. Sen hän tulkitsee viittaavan Jumalan Mieleen.²⁶⁷ Samoin kuin on olemassa todellisuus, jossa on keppejä ja kiviä, samoin on olemassa mentaalisen kokemuksen todellisuus, jossa sijaitsevat matemaattiset totuudet. Ne eivät kuitenkaan ole irrallisia todellisuuksia vaan ne ovat toisiinsa kytkettyjä luotuja komplementaarisia todellisuuksia, kuten kokemuksemme mentaali–materialistinen-amfibioottisina ajattelijoina todistaa tai miten matemaattiset rakenteet antavat käsittämättömän hyvin vihiä fyysisen maailman rakenteesta.²⁶⁸ Polkinghornelle mentaali todellisuus on siis yhtä reaalisesti totta kuin materiaallinen todellisuus.

Hän lisäksi muistuttaa, että olemme vasta alkuvaiheessa tutkiessamme kompleksisia systeemejä. Tällä hetkellä tutkimus keskittyy lähinnä esimerkitapauksiin, mutta yleinen teoria, josta vihjaa havaitut säännönmukaisuudet, lainalaisuudet ja kaavamaisuus, on vielä tuntematon.²⁶⁹ Hänen mukaansa onkin selvää, että olemme kaukana ratkaisusta, mikä on meitä hämmentävän tietoisuuden alkuperän luonne. Siitäkin huolimatta, että siihen perustuu kaikki tietomme ja kokemuksemme.²⁷⁰

Siksipä Polkinghorne kiinnittääkin huomion taiteisiin ja estetiikkaan. Maailmassa näyttää olevan kauneutta monin tavoin, eikä Polkinghorne usko sen olevan vain aivojen kytkennän sivutuote. Ennemmin se on ikkuna siihen, mitä asiat oikeasti ovat. Hänen mukaansa moraali ei voi olla vain kulttuurista sopimista, vaan hänen mielestään voidaan niin varmasti tietää kuin voi ylipäätään mitään tietää, että rakkaus parempaa kuin viha, ja totuus on parempi kuin valhe. Kaikkiällä maailmassa ja kautta historian on myös kokemuksia ”Todellisuudesta”, joka on sekä meidän ulkopuolellamme että lähempänä meitä kuin hengitys. Hänestä reduktionistinen hanke onkin hyvin epäuskottavaa. Kaikki, kuten edellä mainittu, syvälinen inhimillinen kokemus ja se, mikä tekee elämästä elämisen arvoista, on reduktionismissa aliarvostettua ja poisheitettävää, ja ne uhrataan perusteettoman tieteellisen imperialismiin nimissä. Edes tieteellisessä elämässä tyypilliselle ihmettelylle ei ole siinä sijaa.²⁷¹ Tietyt kokemuksemme siis osoittavat Polkinghornelle, että reduktionismi on intuitiotamme vastaan. Reduktionismi on epäkoherenttia siinä mielessä, että se kieltää kokemukset, kuten ihmettelyn ja ihastelun, jotka ovat ylipäätään mahdollistaneet tieteellisen läpimurron.

²⁶⁶Polkinghorne 1998a, 126–129; 2000b, 97–98.

²⁶⁷Polkinghorne 1997a, 23–25; 1998a, 2.

²⁶⁸Polkinghorne 1998a, 129.

²⁶⁹Polkinghorne 2000, 96.

²⁷⁰Polkinghorne 1998b, 62.

²⁷¹Polkinghorne 1997a, 59–61.

Lisäksi argumenttia voidaan vahvistaa tekemällä analogia fysiikan ja biologian välillä: klassisen, newtonilaisen fysiikan tiukka kellokoneistomainen determinismi vaihtui 1900-luvulla kvanttimekaniikan utuiseksi, ennustamattomaksi pilveksi, mikä voi Polkinghornen mukaan olla hyvinkin myös biologian kohtalo. Täten biologia ei välttämättä määrää ihmismieltä deterministisesti.²⁷²

Yhteenvetona Polkinghornelle kaaosteoria siis näyttäytyy mahdollisuutena selittää mielen ja fyysisen kehon vuorovaikutus. Tämä selitys seisoo kuitenkin hieman höllyvällä pohjalalla, sillä mekanismia ei täysin tunneta, minkä Polkinghorne itsekin myöntää. Argumenttia voidaan vahvistaa huomioimalla, ettei reduktio päde, vaan ihmisen mieltä on tarkasteltava holistisesti eikä yksittäisinä palasina. Mieli on siis ennemminkin emergentti ominaisuus, jota ei voi selittää pelkästään sen osasilla. Tässä mielessä Polkinghorne voisi kannattaa monikerrosmallia mielen rakenteesta. Toisaalta se muodostaa hänen mukaansa aivan toisenlaisen faasin tai olomuodon materiaalille ja energialle. Tämä taas on selvä kaksoisaspektiteoria. Paino on varmasti jälkimmäisellä.

Onko Polkinghornen kaksoisaspektiteoria jossakin määrin ristiriidassa monikerroksiselle mallille, toisin sanoen miten emergoitunut mieli pitäisi käsittää? Jos emergoitunut mieli on uusi faasi tai olomuoto, ei ole ongelmaa. Toisinpäin päätelmä ei näytä onnistuvan, sillä toinen olomuoto ei välttämättä ole emergentti ominaisuus, kuten esimerkiksi jää ei ole nestemäisen veden emergentti ominaisuus. Toisaalta tämä esimerkki osoittaa, ettei kaksoisaspektiteoria ole koko totuus Polkinghornen ajattelussa, vaan monikerrosmallia tarvitaan myös mielen selittämiseen yhdessä kaksoisaspektiteorian kanssa.

Mikään Polkinghornen esittämä puolustus mielen toimijuudelle ei mielestäni ole kiistämätön. Kuitenkin ne vaativat vastapuolelta selityksen, toisin sanoen vastapuolen on kyettävä esittämään uskottavaa kritiikkiä, jotta Polkinghornen argumentti kumoutuisi.

3.6.3 Polkinghornen malli Jumalan toimijuudesta

Polkinghorne tähdentää, että Jumala voi toimia maailmassa yhtä lailla kuin me voimme mieleemme avulla kontrolloida kehoamme. Jumalan toiminta maailmassa on toki laajempaa kuin oman mieleemme ruumiimme suhteen, joten laajempi tarkastelu on paikallaan. Miten mielemme tai Jumala vaikuttavat, on hänen mallissaan pitkälti samanlaista, eli informaation vaikutusta. Aluksi esitän tavan, jolla Polkinghorne pääsee mielemme vaikutuksesta edelleen Jumalan vaikutukseen maailmassa. Sen jälkeen tarkastelen Jumalan toimijuutta laajemmin.

²⁷²Polkinghorne 1997a, 58–59.

Polkinghorne lähtee liikkeelle modernista syväpsykologiasta, tarkemmin sanottuna jungilaisesta koulukunnasta. Siinä kartoitetaan mielen sisintä, jonka se katsoo sisältävän voimakkaita ja symbolisia psyykkisiä voimia. Jos Jumala, kaiken olevaisen pohja, on olemassa, on hyvin mahdollista, että Hän vuorovaikuttaa juuri siellä meidän kanssamme henkilökohtaisesti. Polkinghorne viittaa Christopher Bryantiin, joka ymmärsi, miten ”itse”, mielemme perustavanlaatuisen arkkityypin, voi selittää Jumalan toiminnan. Itse vaikuttaa meidän tiedostettuihin pyrkimyksiimme ja intentioihimme niin, ettemme kykene sitä estämään. Täten Jumalan vaikutus ei ole pelkkä abstrakti totuus, vaan se vaikuttaa mielialoihin omassa sisimmässämme. Polkinghorne huomauttaa etteivät kaikki toki kannata Carl Jungin ajattelua, mutta ihmispersonan monimutkaisuus näyttää avaaman mahdollisuuden sen kaltaiseen Jumalan vaikutukseen. Vaikutus ei hänen mukaansa rajoitu mielialoihin, vaan farmakologisen nykytutkimuksen mukaan mielen tiloilla ja fyysisillä olosuhteilla on yhteys.²⁷³

Jos siis meidän ajatuksemme vaikuttavat kehoomme, miksi Jumalan vaikutus tulisi rajoittaa vain psyykeen? Jos nimittäin mielentiloilla on vaikutusta aivoihin, ei Jumala voi vaikuttaa mieleemme vaikuttamatta fyysisiin aivoihimme. Edelleen tätä voi laajentaa koskemaan monimutkaisten kokonaisuuksien, kuten aivojen, lisäksi materiaa yleensä. Täten on avautunut väylä Jumalan toiminnalle, jota kutsutaan kaitselmukseksi tai ihmeiksi. Täten jos ihmisellä on vapautta ja tahtoa operoida maailmassa, pätee se yhtä lailla Jumalan vapaudelle toimia ja tahtoa. Jos taas nykytiede ei mahdollista ihmisen vapaata tahtoa toimia maailmassa, ei ole enää mitään mieltä yrittää kuvata, miten asiat ovat. Se olisi epäkoherenttia, koska kaikki totuusväittämät olisivat vain automaatin tyhjää suunsoittoa.²⁷⁴ Toisekseen, jos Jumala vaikuttaisi vain ajatuksiimme, olisi Hänen täytynyt olla tarkkailijana lähestulkoon koko maailmanhistorian ajan, koska ajattelevia olentoja on ollut vain muutama miljoona vuotta. Täten Polkinghornen mukaan Jumala ei toimi ainoastaan ajatustemme kautta, kuten usein kaitselmukseen liittyvässä keskustelussa ajatellaan.²⁷⁵ Samoihin johtopäätöksiin päätyy myös Nicholas Saunders.²⁷⁶

Jumalan toimijuutta voidaankin lähestyä meidän oman toimintamme analogiana. Siihen Polkinghorne esittää kaksi eri vaihtoehtoa. Ensimmäinen on tarkastella, miten Jumala voisi vuorovaikuttaa meidän kanssamme. Toisin sanoen malli pyrkii sulauttamaan muun maailman luonteen meidän luontoomme. Siksi mallilla on taipumusta panpsykismiin, eli ulottamaan alkeellisen mutta tiedostamattoman henkisen ulottuvuuden kaikkeen materiaan. Toinen lähtee siitä, että kehomme on samaa materiaa ja samojen lainalaisuuksien alainen kuin muukin

²⁷³Polkinghorne 2005, 13–14.

²⁷⁴Polkinghorne 1998a, 55; 2005, 13–14.

²⁷⁵Polkinghorne 1998a, 54–55.

²⁷⁶Saunders 2002, 43.

maailma, mutta silti mieleemme pystyy toteuttamaan vapaan tahtonsa sen kautta. Toisin sanoen pyritään mukauttamaan Jumalan toiminta maailmassa meidän toimintaamme kehossamme.²⁷⁷

Ensimmäisen vaihtoehdon tunnetuin edustaja on prosessiteologia. Sitä Polkinghorne ei tosin näe oikeana tapana tarkastella Jumalan toimijuutta. Se ei Polkinghornen sanoin tue ajatusta prosessiteologian ”rakeisuutta”.²⁷⁸ Hän ei tarkasti avaa, mitä rakeisuus tarkoittaa, mutta hän viitanee prosessiteologian tai -filosofian itseksaatioon, jossa vuorottelevat muiden entiteettien vaikutus ja entiteetin oma vaikutus itseensä²⁷⁹. Polkinghornen mukaan SDA:n tulee olla jatkuvaa, ei pistemäistä. Tätä hän ei kuitenkaan pidä ”epätoivoisena vastalääkkeenä” okkasionismille.²⁸⁰ Hän muistuttaa, että fysiikan säilymislait osoittavat maailman jatkuvuutta ja Schrödingerin yhtälö säännönmukaisuutta, vaikka prosessiteologia ottaa hyvin huomioon kvanttimekaniikan aaltofunktion romahtamisesta seuraavan epäjatkuvuuden ja statistisen häilyvyyden²⁸¹. Kaiken kaikkiaan prosessiteologia on hänen mukaansa ristiriidassa sen kanssa, miten me fyysisen maailman ymmärrämme²⁸².

Toinen ongelma Polkinghornelle prosessiteologiassa on se, että siinä Jumala tuntuu jäävän liian sivuun. Jumala kyllä vaikuttaa kaikkiin prosesseihin, mutta lopulta prosessi itse määrittää lopputuloksen. Jumala vain houkuttelee tiettyyn suuntaan. Tämä kuitenkin asettaa Jumalan liian marginaalin, sillä Hän on se, joka kaitsennallisesti huolehtii luomakunnastaan ja on sen lopullinen toivon täyttymys. Täten Polkinghorne näkee sekä fysikaalisia että teologisia ongelmia prosessiteologiassa.²⁸³

Toinen tapa kuvata Jumalan toimijuutta luomakunnassa on verrata sitä ihmisen suhdetta ruumiiseensa. Jumala on ruumiillistunut luomakunnassa kuten mekin olemme ruumiissamme. Tämän mallin kehittäjä on Grace Jantzen, joka lähtee ajattelussaan liikkeelle siitä, että Jumalalla ei tarvitse olla mitään mekanismia, jolla Hän toimii maailmassa. Jumalan toiminta on luonteeltaan samanlainen perusteko (engl. *basic action*) kuin ihmisellä käden nostaminen, johon ei liity mitään muuta mekanismia, kun taas kappaleiden liikuttaminen, kuten saada auto liikkumaan, vaatii ihmisiltä monia aliperustekoja ja monien kausaalisten suhteiden ymmärtämistä. Tällöin Jumala ei tarvitse mitään välittävää kausaalista vuorovaikutusta maailman kanssa, vaan Hän voi toimia siinä suoraan.²⁸⁴

²⁷⁷Polkinghorne 2005, 18.

²⁷⁸Polkinghorne 1998a, 55.

²⁷⁹Barbour 1997, 288.

²⁸⁰Saunders 2002, 187.

²⁸¹Polkinghorne 2005, 19.

²⁸²Polkinghorne 2005, 19.

²⁸³Polkinghorne 1998a, 55.

²⁸⁴Saunders 2002, 37–40.

Polkinghorne, samoin kuin Nicholas Saunders, näkee tässä mallissa useita vaikeuksia. Ensiksikin, vaikei luomakunta ei ole mikään kone, ei se myöskään ole organismi. Siinä ei ole yhtenäisyyttä ja koherenssia kuten ruumiissa. Jos luomakunta on Jumalan ruumis, missä on sen hermosto? Toisekseen, koska olemme psykosomaattisia kokonaisuuksia, olemme rakentuneet ruumiimme mukana. Meidän ruumiimme kokee elämän aikana mullistuksia ja lopulta hajoaa. Jumala ei voi olla samalla tavalla riippuvainen luomakunnasta kristillisessä teologiassa, kun otetaan huomioon kosmiset mullistukset ja mitä tulee tulevaisuudessa tapahtumaan. Analogian tulee olla Polkinghornen mukaan toisenlainen.²⁸⁵ Kolmanneksi tämä lähestyminen olisi vain pakoa ”tuntemattomasta” ”Tuntemattomaan”. Nimittäin vaikka meillä on kokemus omasta ruumiillisuudestamme, tiedämme varsin vähän sen yksityiskohtaisesta mielestämme kytkennästä kehoamme. Tällä analogialla ei siksi ole täyttä selitysvoimaa. Neljänneksi tälläkin analogialla on se ongelma, kuten kaikilla Jumalaan liittyvillä analogioilla, jos niitä viljellään puhtaasti. Tässä Jumalasta tulisi maailmansielu, joka johtaa Einsteinin tai Spinozan panteismin. Kristinuskon Jumala on kuitenkin muutakin kuin kosmisen prosessin lähtökohta. Ongelmasta pääsee osin eroon panenteismin kautta, jossa maailma on osa Jumalaa mutta Jumala on muutakin. Tällöin Jumala voi olla suhteessa luomakuntaansa muttei ole kokonaan sen vanki. Tämä kuitenkin vaarantaa Polkinghornen kannattaman näkökohdan, että Jumalan antaa maailmalle tilaa olla oma itsensä. Jumalan kohtaaminen on luonteeltaan persoonien välistä, ei yhteyttä kosmoksen kanssa.²⁸⁶

Polkinghorne esittää vaihtoehdoksi oman mallinsa. Tämä malli Jumalan toimijuudesta kostuu Steven D. Crain mukaan neljästä eri premissistä, jotka hän on jakanut seuraavasti.

Ensinnäkin Jumala toimii luomakunnassa erityisillä teoilla. Hän ei ainoastaan luo ja pidä yllä, vaan Hän toimii erityisellä tavalla esimerkiksi vastatessaan rukouksiin; Polkinghorne kannattaakin *creatio continua* -mallia, jossa Jumala luo jatkuvasti, jolloin SDA on ikään kuin GDA:n luoman taustan päällä²⁸⁷. Jumala on persoona, Isä, ja tämän luonteen kieltäminen olisi vastoin kristillistä käsitystä Jumalasta, joka on vapaa vastaamaan ihmisten tarpeisiin, ja nämä taas ovat vapaat vastaamaan Jumalalle tahtonsa mukaan. Tämä on sopusoinnussa kristinuskon kanssa, jonka dogmina on Jumalan toiminen maailmassa. Jumalan toiminnasta riippuvat maailman pelastuminen, eli Jeesus Nasaretilaisen elämä, kuolema ja ylösnousemus. Toisin sanoen kaikki mallit, jotka rajoittavat Jumalan toimintaa maailmassa, on hylättävä.²⁸⁸

²⁸⁵Polkinghorne 1998a, 56–57; 2005, ;Saunders 2002, 37–40..

²⁸⁶Polkinghorne 2005, 20.

²⁸⁷Polkinghorne 2004, 48; 1997a, 72–73, 82; Saunders 2002, 187.

²⁸⁸Crain 1997, 42–43; Polkinghorne 1997a, 38, 42–43, 64, 72–78; 1998a, 54; 2005, 10, 50–51, 80–81; Saunders 2002, 187.

Polkinghorne huomauttaa, että Jumalan ja ihmisen toimijuudella on kristinuskossa selvä analogia. Hän myös olettaa, ettei kokemuksemme vapaasta tahdosta, eli kyvystä tehdä valintoja, ole illuusio vaan aidosti totta.²⁸⁹ Hänen ajattelussaan ihmisen mieli vuorovaikuttaa aineen kanssa aktiivisen informaation kautta, mutta maailmassa toki vaikuttamme materian ja energian siirron kautta. Siten Jumala, joka on puhdas henki, vaikuttaa maailmaan aktiivisen informaation kautta muttei ei ole rajoitettu pelkästään siihen, sillä Jumala ei ole pelkästään näkymätön syy kaikkien syiden joukossa.²⁹⁰

Toiseksi Polkinghorne katsoo, että Jumala toimii näissä yksittäisissä teoissa niin, ettei Hän puutu luonnonlakeihin, eli Hän ei toimi ihmeiden kautta. Ne nimittäin olisivat tieteellisesti ajatteleville vaikeita sulattaa ja niille on olemassa teologisia vastaväitteitä. Kuitenkin hänen mukaansa Jumalalla on kyky toimia ihmeiden kautta, mutta Hän ei ensisijaisesti käytä sitä luomakunnassa. Puuttuminen luonnonlakeihin olisi Jumalalta Hänen oman tahtonsa vastustamista. Se olisi tietyllä tavalla virheiden korjaamista, ikään kuin Hän ei voisi tehdä asioita oikein ensimmäisellä kerralla. Sellainen Jumala ei myöskään olisi rationaalisesti koherentti vaan toimisi taikurin tavoin, ja Hänen toimintansa olisi satunnaista ja ajoittaista. Häneen ei voisi luottaa, ja Hän olisi epäjohdonmukainen. Edelleen luonnonlakeihin puuttuvan Jumalan kannattaja joutuisi vastaamaan teodikean ongelmaan: miksei Jumala poista kärsimyksiä kaikilta vaan jättää toiset ongelmiinsa. Sen sijaan Polkinghornen mukaan Jumalan toiminnan tulee olla jatkuvaa ja täysin rationaalista, mikä sopii yhteen uskovan ehdottomaan luottamukseen Jumalaa kohtaan.²⁹¹

Luonnonlakien rikkomattomuus osoittaa Jumalan uskollisuutta myös toisella tavalla. Se antaa luomakunnalle vapauden olla kumppaneita Jumalan kanssa, mikä koskee koko maailmankaikkeutta. Tässä vapaus tarkoittaa lupaa olla oma itsensä, olla sitä miksi Jumala loi. Luonnonlakien rikkomoninen vaurioittaisi luomakuntaa, koska sen vuorovaikutusten luonne riippuu osaltaan luonnonlaeista ja tällöin niiden yli käveleminen rajoittaisi sen vapautta. Siksi voidaan sanoa, että Polkinghornen vaatimus luonnonlakien pätemisestä koko ajan nousee perustavanlaatuisesta teologiasta eikä tämän ajan ajattelusta.²⁹²

Polkinghorne näkee esimerkiksi Jeesuksen ylösnousemuksen jonkinlaisena uuden ilmiön ensimmäisenä ilmentymänä. Hän vertaa sitä veden faasitransitioon 100°C:ssa, jossa vesi muuttuu yllättäen höyryksi, eli nestefaasi kaasufaasiksi. Kuten Jeesus herätettiin kuolleista, samoin kaikki muutkin hänen tavoin.²⁹³

²⁸⁹Polkinghorne 1998a, 48–50; 2005, 4.

²⁹⁰Polkinghorne 1997, 155–156.

²⁹¹Crain 1997, 42–43; Polkinghorne 1997a, 81–82; 2005, 53–61.

²⁹²Crain 1997, 43; Polkinghorne 2005, 62.

²⁹³Polkinghorne 1997a, 82–83, 87–89; 2005, 58–60.

Tämä on lähellä George F. R. Ellisin ajattelua, sillä hänkin tulkitsee ihmeet uudeksi materian käyttäytymisen alueeksi, jossa tavanomaisesta poikkeavat säännöt pätevät. Kyseessä on jokin uusi järjestys, kuten faasitransitio, josta esimerkkinä on veden muuttuminen jääksi. Se tapahtuu silloin, kun oikeat hengelliset ehdot täyttyvät. Täten epätavallinen käyttäytyminen sisältyisi materian tavanomaiseen käyttäytymiseen, jolloin materian oikeutta olla oma itsensä eikä valittuja luonnonlakeja rikottaisi, vaan niitä kunnioitettaisiin.²⁹⁴

Täten esimerkiksi ylösnousemus ei ole ihme, ainakaan siinä mielessä, että se rikkoisi Jumalan säätämystä. Kyseessä on siis jokin uusi säätämys tai lainalaisuus, joka osoittaa Jumalan uskollisuutta eikä toisiin aatoksiin tulemista. Jumala on järjestyksen Jumala.

Kolmanneksi Jumalan erityinen toimijuus täytyy tapahtua niin, etteivät ne perustu aukkojen Jumala -argumenttiin. Lopulta nämä aukot litistyivät²⁹⁵, ja näin ollen aukkojen Jumalaan turvautuva joutui ja joutuu väistämättä ongelmiin.²⁹⁶

Neljänneksi, jotta edelliset kriteerit täyttyisivät, Jumalan erityisen toimijuuden tulee tapahtua huipulta-alaskausaation eli laskevan kausaation kautta. Se taas onnistuu epädeterminististen kompleksisten systeemien kautta.²⁹⁷ Sellaisen Polkinghorne löytää kaaosteoriasta.

Täten Jumalan ja ihmisen toimijuudelle voi Polkinghornen mukaan löytää edellistä paljon hienovaraisemman ja vivahteikkaamman mallin. Nimittäin toimiessamme teemme sen kokonaisuutena. Koko minämme haluaa nostaa käden pystyyn, ei vain osa kehostamme. Hän ei pidä tätä pelkkänä psykologisena harhakuvitelmana, jossa pari neuronaa yhdistyy ja saa aikaan supistuksen lihaksessa vaan taustalla näyttää olevan holistinen ihmisen toimijuus. Se vihjaa, että on olemassa huipulta alas toiminta, johon keho kokonaisuutena osallistuu. Samoin myös on pohjalta-ylöskausaatiota. Juuri edellinen laskeva kausaatio näyttää Polkinghornesta hyvältä analogialta Jumalan toimijuudelle. Tämä ei kuitenkaan ole hänelle ongelmaton ratkaisu, vaan on kysyttävä, mikä on niin sanottu kausaalinen liittymäkohta (engl. *causal joint*), joka kytkee kokonaisuuden osiinsa, kuten ihmisen kehoonsa ja Jumalan luomakuntaan.²⁹⁸ Niveltymän löytymättä jääminen ei toisaalta ole ylitsepääsemätön ongelma.

Nimittäin Charles Taliaferro väittää, että kausaalisuhteet ovat mysteerejä. Monet tuntemamme kausaalisuhteet ovat toki kahden fysikaalisen olion välisiä. Kuitenkaan ei ole olemassa sellaista toimivaa filosofista teoriaa kausaalisuhteista, joka edellyttäisi molempien osapuol-

²⁹⁴Ellis 1997, 286.

²⁹⁵Tästä esimerkkinä on Charles Darwinin evoluutioteoria, joka selitti, miten lajien moninaisuus voidaan selittää pelkästään luonnonlaeilla. Ennen häntä juuri lajien moninaisuus nähtiin Jumalan ihmeellisen luomistyönä. Ks. Crain 1997, 43.

²⁹⁶Crain 1997, 42–43; Polkinghorne 1997a, 71.

²⁹⁷Crain 1997, 42; Polkinghorne 1997a, 68–69, 71; 2005, 84.

²⁹⁸Polkinghorne 1998a, 57–58.

ten tai tapahtumien olevan fysikaalisia. Täten ei ole olemassa periaatteellista syytä kieltää ei-fysikaalisia kausaalisia suhteita, kuten esimerkiksi sielun vaikuttamista ruumiiseen.²⁹⁹ Täten Jumala voisi toimia kausaalisesti fysikaalisessa maailmassa, vaikkei kausaalisuhdetta tunneta.

Polkinghornen mukaan Jumala käyttää indeterministisiä lakeja toimiakseen maailmassa kaitsennallisessa mielessä, koska indeterministisistä laeista voi emergoitua holistinen, alaspäin toimiva kausaliteetti. Tällöin indeterministinen maailma sallisi luonnonlakeihin puuttumattoman jumalallisen toiminnan. Jumala toimii maailmassa syöttämällä sinne sisään informaatiota.³⁰⁰ Informaatio taas vaikuttaa outoihin attraktoreihin, mikä on kausaation luonne.

Teologisesti on syytä huomata, että Polkinghornen malli poistaa rajan kaaoksen ja kosmoksen välillä. Ne eivät enää ole toistensa vastakohtat, vaan *Logos*³⁰¹, eli informaatio, voi vaikuttaa kummankin kautta. Kaaosta tai satunnaisuutta ei voida enää pitää Jumalan kilpailijana vaan Hänen työkaluna.³⁰² Tähän olen viitannut jo osiossa 2 Kaaos. Jumalan ajatellaan luoneen kaiken kaaoksesta, joten tässä mielessä kaaosta ja luomakuntaa pidetään toistensa vastakohtina. Polkinghornen ajattelu täten muokkaa radikaalisti tätä jaottelua.

3.6.4 Yhteenveto kaaosteorian seurauksista

Edellä olevasta voidaan päätellä seuraavaa:

- (11) Jumala ja ihminen toimivat, esimerkiksi tehdessään vapaita valintoja, vaikuttamalla huipulta alas, eli kokonaisuus vaikuttaa sen osasiinsa.
- (12) Siispä Jumalan ja ihmisen vapaa toiminta on mahdollista systeemeissä, jossa on kaoottista käyttäytymistä, tarkemmin sanottuna: jossa on outoja attraktoreita.

Täten ollaan jo päästy lähes miltei maaliin Polkinghornen argumentissa. Enää puuttuu vain outojen attraktorien etsiminen maailmasta ja ihmisen ruumiista.

3.7 Polkinghornen argumentin johtopäätös

Polkinghornen argumentista puuttuu vain lopullinen palanen, joka on luonnollisesti se, että ihmisessä ja maailmassa on kaoottista käyttäytymistä, tiukemmin ja tarkemmin sanottuna matemaattisessa mielessä. Tämä premissi on matkan varrella käsitelty monesti ohimennen, joten esitän tässä vain yhteenvedon.

²⁹⁹Vainio & Visala 2011, 267.

³⁰⁰Crain 1997, 44–46.

³⁰¹Kreikan sana *λογος* voidaan kääntää suomeksi muiden muassa sanoilla: sana, puhe, tarina, Jumalan ilmoitus ja niin edelleen (Liljeqvist 2011). Tässä käytetään myös Joh. 1:1:n nimitystä Jumalasta, joka on sana ja jonka kautta kaikki on saanut syntynsä. Klassisessa teologiassa tämä tulkitaan viittaavan kolminaisuuden toiseen persoonaan, eli Jeesukseen Kristukseen.

³⁰²Edwards 1997, 170.

Kaoottista käytöstä on maailmassa muiden muassa sääilmiöissä, sydämenlyönneissä, tiettyjen perhoslajien esiintymisessä, biljardipallojen ja ilmamolekyylien törmäyksissä ja niin edelleen. Näitä on voitu mallintaa, erityisesti säätä, kaoottisilla tietokonemalleilla, mitä ei vielä kaaosteorian löytymistä pidetty mahdollisena. Täten matemaattinen kaaos on välttämättä läsnä maailmassa. Lisäksi saadaan tukea Ilya Prigoginen esittämästä hypoteesistä newtonilaisen mekaniikan luonteesta. Hypoteesin mukaan se pätee approksimaationa vain toisistaan erottavissa olevien osasten kohdalla, kun muulloin ennemminkin vallitsee holismi. On toki huomattavaa, että tämä on parhaan käsitykseni mukaan vielä hypoteesi eikä verifioitu teoria.

Lisäksi esimerkiksi sukkulamatojen, joiden hermoverkko tunnetaan täysin, käyttäytymistä voidaan ennustaa³⁰³. Tämä voidaan tulkita johtuvan matemaattisesta kaaoksesta. Edelleen ihmisen hermosto on eittämättä paljon monimutkaisempi kuin sukkulamadon, joten aivan selvästi se käyttäytyy vielä kaoottisemmin kuin sukkulamadon hermosto jo pelkästään suuremman kokonsa vuoksi. Täten ihmisen mielessä on matemaattista kaaosta.

Edellinen huomioon ottaen, voidaan sanoa:

(13) Maailmassa ja ihmisessä on prosesseja, jotka käyttäytyvät kaoottisesti.

Kun nyt viimeinenkin premissi on esitelty, päädytään Polkinghornen argumentin tähtäyspisteeseen:

(14) Johtopäätös: Jumala ja ihminen voivat toimia vapaasti maailmassa.

Tämä on kieltämättä välttämätön ehto Jumalan ja ihmisen vapaalle toimijuudelle maailmassa muttei toki riittävä ehto. Jumalan ja ihmisen on kyettävä myös tahtomaan vapaasti. Jätän keskustelun tahdon vapaudesta tämän työn ulkopuolelle.

4 Johtopäätökset

Olen esittänyt tässä työssä John Polkinghornen argumentin, miten kaaosteoriasta nousevat oudot attraktorit johtavat indeterminismiin, joka taas johtaa Jumalan tai ihmisen vapaaseen toimintaan maailmassa. Päätelyketju menee nähdäkseni näin:

- (1) Oudon attraktorin liikeradat ovat monimutkaisia mutta niillä on sama energia.
- (2) Täten liikeratoja voidaan valita energiaa kuluttamatta.
- (3) Informaation toimiminen kausaationa vaatii energiattoman vaikutuksen.
- (4) Siispä kaoottiset systeemit mahdollistavat kausaation informaatiolla.
- (5) Pienet virheet tai häiriöt saavat kaoottisissa systeemeissä aikaan suuria muutoksia, jotka ovat ennustamattomia.
- (6) Siispä informaation vaikutus voi saada suuria muutoksia aikaan, eikä niitä voi ennustaa.

³⁰³Crutchfield *et al.* 1997, 47.

- (7) Kaoottisen systeemin ennustamattomuus on luonteeltaan (sekä epistemologista että) ontologista, mikä tarkoittaa indeterminismia.
- (8) Siispä kaaosteoria viittaa ontologisiin aukkoihin, jotka ovat luonteeltaan indeterministisiä, eivätkä ne redusoidu osastensa käyttäytymiseen.
- (9) Laskeva, eli huipulta-alaskausaatio on mahdollista vain, jos kokonaisessa systeemissä, kuten ihminen ja hänen ruumiinsa tai Jumala ja Hänen luomakuntansa, on sen mahdollistamia aukkoja, jotka eivät redusoidu alemman tason vuorovaikutuksiksi.
- (10) Siispä huipulta-alaskausaatio on mahdollinen systeemissä, jossa on kaoottista käyttäytymistä jollakin tasolla.
- (11) Jumala ja ihminen toimivat, esimerkiksi tehdessään vapaita valintoja, vaikuttamalla huipulta alas, eli kokonaisuus vaikuttaa sen osasiinsa.
- (12) Siispä Jumalan ja ihmisen vapaa toiminta on mahdollista systeemeissä, jossa on kaoottista käyttäytymistä, tarkemmin sanottuna: jossa on outoja attraktoreita.
- (13) Maailmassa ja ihmisessä on prosesseja, jotka käyttäytyvät kaoottisesti.
- (14) Johtopäätös: Jumala ja ihminen voivat toimia vapaasti maailmassa.

Polkinghornen argumentti on jossain määrin spekulatiivinen, toisin sanoen se on mahdollinen, mutta nykytietämyksen valossa sitä ei voi varmaksi osoittaa. Ensinnäkin se spekuloi Bohmin kvanttimekaanisessa tulkinnassa konstruoitujen pilottiaaltojen kaltaisilla radoilla, jotka ovat vähinään yhtä spekulatiivisia kuin kyseiset pilottiaallot. Toisekseen kaoottinen malli näyttää liian idealisoidulta, jolloin herää kysymys esimerkiksi lämpöliikkeen ja taustakohinan vaikutuksesta. Kolmanneksi ongelmaksi tulee kaoottisten ilmiöiden suuruusluokka: ovatko ne Jeffrey Koperskia mukaillen kenties liian pieniä saadakseen näkyviä vaikutuksia? Neljänneksi ei voida varmasti sanoa, ovatko oudon attraktorin muodostamat aukot varmasti ontologisia eikä epistemologisia, sillä Polkinghornen argumentti nojaa yhtäältä Bohrin kvanttimekaniikan tulkintaan, jolle ei ole tieteellistä perustaa, toisaalta Prigoginen hypoteettisiin yhtälöihin, joita ei ole vielä löydetty ja vielä siihen, että maailma on ontologisesti indeterministinen, joten kaaosteoreettisten yhtälöiden ennustamien aukkojen tulee olla alaspäin emergentisti ontologisia, mikä on vastakkaista yhtälöiden determinismille. Edellisistä kritiikeistä pääsisi pitkälti eroon, jos Polkinghornella olisi esittää tarkkoja kaoottisia malleja, jotka kuvaavat Jumalan ja ihmisen toimijuutta. Hän ei kuitenkaan nykytiedon valossa siihen kykene, joten hänen mallinsa pysyy jossain määrin spekulatiivisena, ja kritiikin ja siihen esittämien vastausten nojalla pidän mallia kuitenkin mahdollisena.

Lähde- ja kirjallisuusluettelo

Lähteet ja apuneuvot

Pitkäranta, Reijo, *Suomi–latina–suomi-sanakirja/Lexicon Finnico–Latino–Finnicum*. Neljäs painos. WSOY. Helsinki. 2009.

Liljeqvist, Uuden testamentin sanakirja kreikka–suomi. Toinen painos. Oy Finn Lectura Ab. Helsinki. 2011.

Kirjallisuus

Bonting, Sjoerd L. (2003). *Theological Implications of Possible Extraterrestrial Life*. *Zygon* 38(3) 587–602.

Carr, Paul H. (2004). *Does God Play Dice? Insights from the Fractal Geometry of Nature*. *Zygon* 39(4) 933–940.

Crain, Steven D. (1997). *Divine Action in a World Chaos: an Evaluation of John Polkinghorne's model of Special Divine Action*. *Faith and Philosophy* 14(1) 41–61.

Crutchfield, James P., J. Dooyne Farner, Norman H. Packward & Robert S. Shaw (1997). Chaos. Robert John Russell, Nancey Murphy & Arthur R. Peacocke (toim.). *Chaos and Complexity: Scientific Perspectives on Divine Action*. Vatican City State: Vatican Observatory Publications & Berkeley, CA, USA: The Center for Theology and the Natural Sciences. 35–48.

Drees, Willem (1997). Gaps for God? Robert John Russell, Nancey Murphy & Arthur R. Peacocke (toim.). *Chaos and Complexity: Scientific Perspectives on Divine Action*. Vatican City State: Vatican Observatory Publications & Berkeley, CA, USA: The Center for Theology and the Natural Sciences. 224–237.

Ellis, George F. R. (1997). Ordinary and Extraordinary Divine Action: the Nexus of Interaction. Robert John Russell, Nancey Murphy & Arthur R. Peacocke (toim.). *Chaos and Complexity: Scientific Perspectives on Divine Action*. Vatican City State: Vatican Observatory Publications & Berkeley, CA, USA: The Center for Theology and the Natural Sciences. 359–395.

Falcon, Andrea (2019). Aristotle on Causality. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Edward N. Zalta (toim.), <https://plato.stanford.edu/archives/spr2019/entries/aristotle-causality>.

Hodgson, Peter E. (2000). *God's Action in the World: the Relevance of Quantum Mechanics*. *Zygon* 35(3) 505–516.

Houghton, John T. (1989). *New Ideas of Chaos in Physics*. *Science and Christian Belief* 1(1) 41–51.

Huchingson, James E. (1997). *Chaos and God's Abundance: an Ontology of Variety in the Divine Life*. *Zygon* 32(4) 515–524.

- Koperski, Jeffrey (2000). *God, Chaos, and the Quantum Dice*. *Zygon* 35(3) 545–559.
- James, William (1897). *The Will to Believe and Other Essays in Popular Philosophy*. Longmans Green and Brother. New York, Lontoo ja Bombay. (verkkoversio: https://en.wikisource.org/wiki/The_Will_to_Believe_and_Other_Essays_in_Popular_Philosophy).
- Küppers, Bernd-Olaf (1997). Understanding Complexity. Robert John Russell, Nancey Murphy & Arthur R. Peacocke (toim.). *Chaos and Complexity: Scientific Perspectives on Divine Action*. Vatican City State: Vatican Observatory Publications & Berkeley, CA, USA: The Center for Theology and the Natural Sciences. 93–105.
- Larmer, Robert (2009). *Divine Agency and the Principle of the Conservation of Energy*. *Zygon* 44(3) 543–557.
- Lim, Daniel (2015). *God and Mental Causation*. Springer. Heidelberg, New York, Dordrecht, Lontoo. (Sähköinen versio).
- Lorkowski, C. M. (s.a.). David Hume: Causation. Internet Encyclopedia of Philosophy. <https://iep.utm.edu/hume-cau/> (luettu 3.12.2020).
- Murphy, Nancey & George F. R. Ellis (1996). *On the Moral Nature of the Universe: Tehology, Cosmology, and Ethics*. Minneapolis, MN, USA: Fortress Press.
- Murphy, Nancey (1997). Divine Action in the Natural Order: Buridan’s Ass and Schrödinger’s Cat. Robert John Russell, Nancey Murphy & Arthur R. Peacocke (toim.). *Chaos and Complexity: Scientific Perspectives on Divine Action*. Vatican City State: Vatican Observatory Publications & Berkeley, CA, USA: The Center for Theology and the Natural Sciences. 325–357.
- Niiniluoto, Ilkka (2002). *Critical Scientific Realism*. Oxford University Press. USA.
- Peacocke, Arthur (1990). *Theology for a Scientific Age: Being and Becoming – Natural and Divine*. Oxford, UK: Basil Blackwell Ltd/Cambridge, MA, USA: Basil Blackwell Inc.
- Polkinghorne, John (1989). A Note on Chaotic Dynamics. *Science & Christian Belief* 1:2, 123–127.
- — — (1991). *Reason and Reality the Relationship between Science and Theology*. Society for Promoting Christian Knowledge. Lontoo, Iso-Britannia.
- — — (1996a). *Scientist as Theologians*. The Cromwell Press. Melksham, Wiltshire, Iso-Britannia.
- — — (1996b). Chaos Theory and Divine Action Richardson, W. Mark & Eildman, Wesley J. (toim.). *Religion and Science History, Methods, Dialogue*. Routledge. New York, USA/ Lontoo, Iso-Britannia.
- — — (1996c). *Scientist as Theologians – A comparison of the writings of Ian Barbour, Arthur Peacocke and John Polkinghorne*. SPCK. Lontoo, Iso-Britannia.

- (1997a). *Quarks, Chaos, and Christianity: Questions to Science and Religion*. Triangle. Lontoo. Iso-Britannia.
- (1997b). The Metaphysics of Devine Action. Robert John Russell, Nancey Murphy & Arthur R. Peacocke (toim.). *Chaos and Complexity: Scientific Perspectives on Divine Action*. Vatican City State: Vatican Observatory Publications & Berkeley, CA, USA: The Center for Theology and the Natural Sciences. 147–156.
- (1998a). *Belief in God in Age of Science*. Yale University Press.
- (1998b). *Science and Theology an Introduction*, Fortress Press. Minneapolis. USA.
- (1998c). From Physicist to Priest. Ted Peters (toim.). *Science and Theology: the New Consonance*. Westview Press. 56–64.
- (2000a). *The Nature of Physical Reality*. Zygon 35(4), 927–940.
- (2000b). *Fait, Science and Understanding*. Yale University Press, USA ja SPCK Publishing, Iso-Britannia.
- (2005). *Science and providence: God's interaction with the world*. Templeton Foundation Press 2005.
- (2009). *Theology in the Context of Science*. Yale University.

Saunders, Nicholas (2002). *Divine Action and Modern Science*. Cambridge University Press. Yhdistyneet Kuningaskunnat. (e-kirja).

Sharpe, Kevin (2003) & Jonathan Walgate. The Emergent Order. Zygon 38(2), 411–433.

Smedes, Trade A. (2002). Chaos: Where Science and Religion Meet? A Critical Evaluation of the Use of Chaos Theory in Theology. Gregersen, N. H., [Görman, U.](#), & Meisinger, H. (Toim.). [Studies in science and theology : yearbook of the European society for the study of science and theology](#). (Studies in science and theology (SSTh); Vol. 8). Århusin yliopisto, Tanska.

--- (2004). *Chaos, complexity, and God : divine action and scientism*. Peeters. Leuven, Belgia.

Stenmark, Mikael (2016). Tieteisusko ja todellisuuden rajat. Kirjapaja. Helsinki.

Stoljar, Daniel (2017). Physicalism. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Edward N. Zalta(toim.). <https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/physicalism/>. (Luettu 18.8.2020).

Tracy, Thomas F. (1997). Particular Providence and the God of the Gaps. Robert John Russell, Nancey Murphy & Arthur R. Peacocke (toim.). *Chaos and Complexity: Scientific Perspectives on Divine Action*. Vatican City State: Vatican Observatory Publications & Berkeley, CA, USA: The Center for Theology and the Natural Sciences. 289–324.

Vainio, Olli-Pekka ja Aku Visala (2011). *Johdatus uskonnonfilosofiaan*. Kirjapaja.

Visala, Aku (2018). *Vapaan tahdon filosofia*. Gaudeamus.

Wikipedia: William Paley. https://fi.wikipedia.org/wiki/William_Paley. (luettu 4.4.2020).

Wikipedia: Zeus. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Zeus>. (luettu 20.1.2021).

Kuvien lähteet:

Kuva 1: Van Dyke, Milton (1988). *An Album of Fluid Motion*. The Parabolic Press. Stanford, Kalifornia.

Kuva 2: Crutchfield *et al.* 1997, 38.

Kuva 3: Crutchfield *et al.* 1997, 42.

Kuva 4: <http://sprott.physics.wisc.edu/chaos/henongp.htm> (luettu 18.8.2021).

Kuva 5: <https://i.stack.imgur.com/0LOxu.png> (luettu 8.2.2019).

Kuva 6: Crutchfield *et al.* 1997, 74.

Kuva 7: https://en.wikipedia.org/wiki/Sierpi%C5%84ski_triangle#/media/File:Sierpinski_triangle.svg (luettu 27.8.2021).

LIITTEET

Nämä liitesivut tarvittaessa täydentävät niiden lukijoiden käsitystä sellaisista fysikaalisista käsitteistä, kuten outo attraktori, logistinen kuvaus ja fraktaali, mikäli ne ovat lukijalle outoja. Vaikka käsitteet on esitelty oppikirjamaisesti, tämä esitys on lähinnä aiheeseen johdattava eikä millään muotoa kattava.

Liite A: Outo attraktori

Tässä työssä ja matemaattista kaaosteoriaa käsittelevässä kirjallisuudessa monesti törmää termiin outo attraktori (engl. *strange attractor*). Jotta termi tulisi jollain tapaa ymmärretyksi, on syytä ensin tarkastella dynaamisia systeemejä, joihin se olennaisesti liittyy.

Kaaosteoria ilmentyy juuri dynaamisten systeemien teoriasta. Dynaaminen systeemi koostuu kahdesta osasta: käsityksistä tilasta ja dynamiikasta. Sitä voidaan visualisoida tila-avaruusdiagrammilla, joka muodostuu systeemin tiloista. Ne taas riippuvat tilanteesta, esimerkiksi mekaanisissa systeemeissä ne voivat olla paikka ja nopeus, mutta ekologisissa systeemeissä ne voivat olla eri lajien populaatiot.³⁰⁴

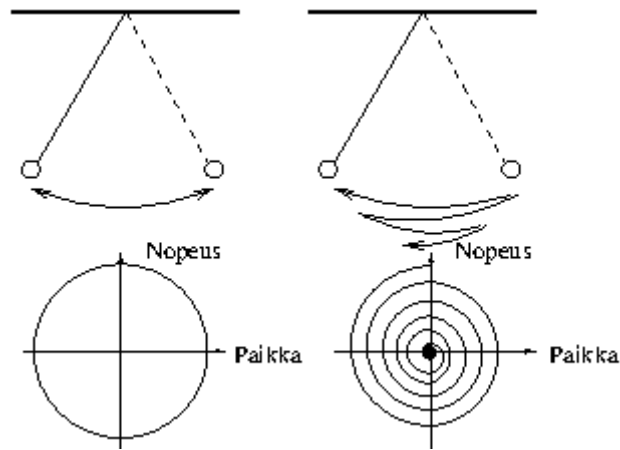
Dynaamisesta systeemistä tuttu esimerkki on yksinkertainen heiluri (Kuva 2). Siihen liikkeen kuvaamiseen tarvitaan vain kaksi eri muuttujaa: paikka ja nopeus. Systeemin tila on tällöin kulloinkin paikka ja nopeus. Tilan kehittymistä määrittävät Newtonin lait, joita voidaan kuvata differentiaaliyhtälöin. Kun heiluri heilahtelee edestakaisin, sen liike seuraa tietynlaista polkua. Mikäli siinä ei ole kitkaa tai muita energiaa kuluttavia, eli dissipoiivia, voimia, liikerata on tila-avaruusdiagrammissa ympyränmuotoinen. Muussa tapauksessa se on spiraali, joka päättyy tiettyyn pisteeseen. Kitkattomassa tilanteessa liikettä voidaan usein kuvata suljetussa muodossa³⁰⁵ olevilla yhtälöillä mutta muissa tapauksissa harvoin. Suljetussa muodossa olevat yhtälöt antavat tietynlaisen nopean oikotien systeemin tarkasteluun, jolloin myös systeemin ennustaminen on yleensä helppoa. Tästä on esimerkkinä kuun kiertorata, jossa kuu kiertää kitkattomasti maata, ja siinä auringon- sekä kuunpimennyksiä voidaan ennustaa hyvin pitkällä aikavälillä. Kaoottisissa systeemeissä tällaisia ratkaisuja suljetussa muodossa ei ole, eikä näin ollen minkäänlaista oikotietä systeemin ennustamiseen.³⁰⁶ Niissä ennustaminen täytyy tehdä laskemalla tietokoneella iteratiivisesti askel kerrallaan.

Kuitenkin tila-avaruusdiagrammit kuvaavat kaoottisia systeemejä hyvin. Tämä näkyy, kun tarkastellaan tilan kehittymistä geometrisesti. Esimerkiksi heiluri pysähtyy lopulta, mikä

³⁰⁴Crutchfield *et al.* 1997, 37–38.

³⁰⁵Katso nootti 23 sivulta 7.

³⁰⁶Crutchfield *et al.* 1997, 39.



Kuva 2: Tila-avaruusdiagrammi.
 Vasemmalla heiluri, jossa ei ole dissipoivia voimia, kuten kitkaa. Tällöin yllä olevan heilurin liikettä voidaan kuvata ympyrän muotoisena ratana tila-avaruudessa.
 Oikealla heiluri, jossa on dissipoivia voimia. Heiluri lopulta pysähtyy, mitä vastaa piste tila-avaruudessa.

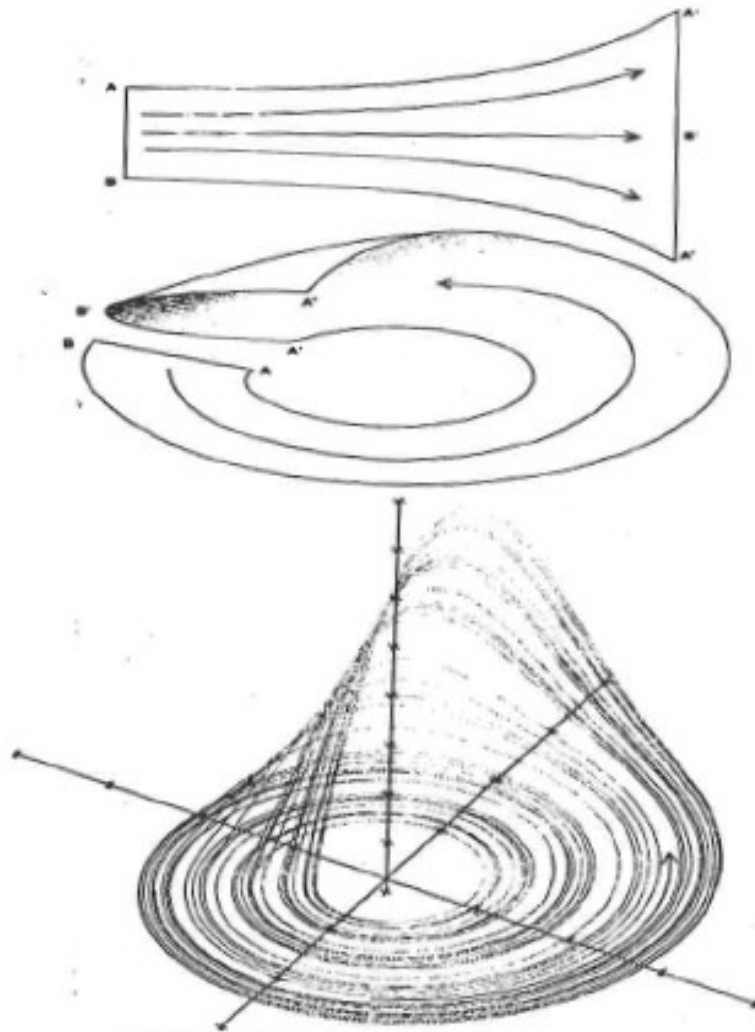
näkyvät tila-avaruudessa spiraalimaisena polkuna (Kuva 2). Lopulta heiluri ei enää liiku, mitä vastaa diagrammissa piste. Mikäli heiluria tökätään hieman, tila-avaruuden kuvaaja lopulta aina palaa samaan stabiiliin pisteeseen. Millä tahansa systeemillä, joka lopulta pysähtyy, on tila-avaruudessa samanlainen piste, johon kaikki kuvaajat päätyvät. Se ikään kuin vetää systeemiä puoleensa, siksi sitä kutsutaan attraktoriksi (engl. *attract* > houkutella, vetää puoleensa).³⁰⁷

Attraktoria ikään kuin vetää systeemin johonkin tiettyyn polkuun tai pisteeseen. Täten attraktori on systeemin kehittymisen lopullinen tila, johon se pyrkii. Esimerkiksi heiluri lakkaa jossakin vaiheessa liikkumasta, tai kellon heiluri tasoittaa heilahdusamplitudinsa vähittelen normaaliin heiluriliikkeeseen, mikäli alkuperäinen sysäys oli normaalia amplitudia suurempi.³⁰⁸ On myös huomattavaa, että tällaisen attraktorin aiheuttama rata edustaa samaa kokonaisenergiaa.

Jotkin systeemit eivät päädy tiettyyn pisteeseen, vaan ne seuraavat jotain periodista, eli jaksollista, kuvaajaa. Tästä on esimerkkinä heilurikello, jossa kellokoneistoon kytketty jousi tai punnukset antavat lisäenergiaa, joka heilurilla kuluu kitkaan ja ilmanvastukseen. Tila-avaruudessa tämä antaa syklisen, eli periodisen, kuvaajan. Riippumatta siitä, kuinka paljon heiluria poikkeutetaan käsin, se palaa aina samanlaiseen periodiseen kuvaajaan. Tällaisia attrakto-

³⁰⁷Crutchfield *et al.* 1997, 39.

³⁰⁸Smedes 2004, 50.



Kuva 3: Kaoottisen attraktorin venyminen ja laskostuminen. Alla Röslerin kaoottinen attraktori.

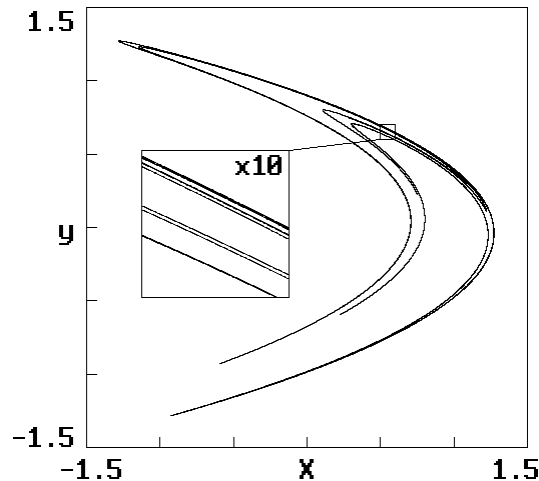
reja kutsutaan rajasykleiksi (engl. *limit cycle*). Samankaltainen systeemi on myös muiden muassa ihmisen sydän.³⁰⁹

Jos systeemillä on monia eri attraktoreja, se voi kehittyä kohti jotakin niistä. Ne tila-avaruuden pisteistöt, jotka johtavat samaan tiettyyn attraktoriin, kutsutaan altaiksi (engl. *basin*). Heilurikellolla on kaksi allasta: jos heiluria heilautetaan tarpeeksi heiluri alkaa noudattaa sykliä mutta jos heilautus on liian pieni, kello pysähtyy.³¹⁰

Kolmas attraktorityyppi on torus, eli donitsia muistuttava geometrinen kuvio. Siinä värähtelijällä on kaksi eri taajuutta. Ensimmäinen määrittää, miten värähtelijä liikkuu poikittaisessa suunnassa, toinen pitkittäisessä. Tuloksena on monimutkainen heilahtelukuvio, joka näyttää kaoottiselta mutta on itse asiassa säännöllinen, vaikkei kuvio välttämättä toistu koskaan samanlaisena. Kuitenkin sen värähtelytaajuudet pysyvät samoina, ja jos systeemiin laite-

³⁰⁹Crutchfield *et al.* 1997, 39.

³¹⁰Crutchfield *et al.* 1997, 39.



Kuva 4: Oudon attraktorin esimerkki on Michel Hénonin löytämän yksinkertaisen säännön mukaan toteutettu. Siinä taso on venytetty ja laskostettu, jolloin jokainen piste liikkuu uuteen paikkaan. Kuvassa näkyy myös sen fraktaalisuus: suurennettaessa kuvaa näkyy yhä enemmän yksityiskohtia.

taan kaksi värähtelijää, ne joko palaavat toistensa läheisyyteen tasaisin väliajoin tai pysyvät aina toisistaan yhtä etäällä. Toruksia voi olla myös paljon monimutkaisempia, joissa useampi kuin kaksi värähtelytaajuutta määrittää värähtelijän liikkeen.³¹¹

Pitkään ajateltiin, että dynaamisia systeemejä on vain edellä mainittuja kolmea eri tyyppiä, joilla oli joko pistemäisiä, rajasyklisiä tai torusmaisia attraktoreita. Vuonna 1963 Edward N. Lorenz tutki ilmastomalleja nestevirtausmallien avulla. Hän löysi systeemin, jolla oli vain kolme vapausastetta, mutta siitä huolimatta se käyttäytyi ilmeisen satunnaisesti, eikä sitä voitu kuvata edellä mainitulla kolmella erilaisella attraktorilla. Tätä attraktoria alettiin kutsua Lorenz-attraktoriksi, joka on eräs kaaottinen attraktori, eli niin sanottu outo attraktori.³¹²

Simuloidessaan säämallia, Lorenz havaitsi mekanismin, joka oli satunnaisuuden taustalla. Se aiheutti sen, että pienet eroavaisuudet kasvoivat lopulta valtaviksi. Edelleen, mikäli kaksi tämän dynaamisen systeemin polkua on lähellä toisiaan parametreiltaan, ne eivät jää toistensa läheisyyteen ja noudata jotakin periodista rakennetta, kuten kolmella edellä kuvatussa, vaan niiden väliset erot kasvavat valtaviksi.³¹³

Kaoottisen attraktorin luonne ilmenee, kun tarkastellaan, miten ne venyvät ja laskostuvat kerta toisensa jälkeen (Kuva 3). Kyseessä on samanlainen prosessi, jossa leipuri valmistaa kerrostaikinaa. Ensin hän kaulii taikinan levyksi ja levittää sen päälle esimerkiksi väriainetta

³¹¹Crutchfield *et al.* 1997, 40.

³¹²Crutchfield *et al.* 1997, 41.

³¹³Crutchfield *et al.* 1997, 41; Saunders 2002, 178–181.

tasaiseksi kerrokseksi. Sen jälkeen hän taittelee taikinan muutamaan kertaan, kaulii sen ohueksi levyksi, kaulii uudelleen ja niin edelleen. Väriaine ja taikina rakentuvat yhä ohuemmaksi kerrostumiksi, joilla on monimutkainen rakenne kerrostumisen ja taitosten vuoksi. Samalla tavalla kaoottinen attraktori ei voi tuottaa loputtomasti räjähtäen kasvavia eroavaisuuksia, koska se sijaitsee välttämättä rajoitetussa tilassa. Täten kaikki radat/polut palaavat tila-avaruudessa aina lopulta lähelle toisiaan, erotukseen taas kauas toisistaan. Siksi attraktorin on venyessään laskostuttava yhä uudelleen ja uudelleen aina äärettömiin saakka, kuten kerrostainkin (Kuva 3). Kaoottinen attraktori onkin fraktaalit (Kuva 4). Tämä attraktorin laskostuminen toimii samaan tapaan kuin korttipakan sekoittaminen, aina uudestaan äärettömyyksiin saakka.³¹⁴ Tässä Lorenz-attraktorien yhteys fraktaaleihin tulee esiin. Fraktaalit ovat äärettömän monimutkaisia. Nimen niille antoi Benoit Mandelbrot latinan sanasta fractus.³¹⁵ Suomennettuna se on hajalla tai rikki.³¹⁶

Fysikaalisessa systeemissä mittaustulos ei koskaan vastaa tiettyä pistettä tila-avaruudessa, vaan mittausvirheistä johtuen ennemminkin jotakin aluetta. Se ei siis ole tarkka, vaan virheistä johtuen se on välttämättä epämääräinen. Luonnollisesti alimman rajan antaa Heisenbergin epätarkkuusperiaate, mutta käytännössä mittauksissa on aina huomattavasti suurempaa epätarkkuutta. Jokainen mittaus antaa tietoa systeemin tilasta, ja mitä tarkempi mittaus on, sitä pienempi alue on tila-avaruudessa. Lähekkäin olevat pisteet pysyvät tila-avaruudessa lähellä toisiaan ajan kuluessa, mikä tarkoittaa informaation säilymistä. Tällä tavalla systeemi on ennustettava ja toisin sanoen, ennustettavat systeemit eivät ole kovin herkäät virheille.³¹⁷

Kaoottisessa systeemissä venyttäminen ja laskostaminen poistavat systemaattisesti mittaustuloksen informaatiota ja korvaavat sen uudella. Laskostaminen lähentää kaukana olevat radat, jolloin suuren suuruusluokan tieto häviää. Täten kaoottiset attraktorit muuttavat pienet eroavaisuudet suuriksi. Mitään suljetunmuodon ratkaisua ei ole olemassa, eikä systeemi ole ennustettava. Tällöin mittausten antamalla alkuhetken tiedoilla ja systeemin tulevaisuudella ei ole kausaalista yhteyttä. Voidaan sanoa, että kaoottiset attraktorit vahvistavat pieniä virheitä makroskooppisiin mittasuhteisiin. Kaoottiset systeemit tuottavat virheitä ilman ulkopuolisia lähteitä, eikä ulkopuolisten virhelähteiden vaijennaminen auta tilannetta.³¹⁸

Eräs esimerkki kaoottisesta systeemistä on tippuva hana, joka lienee tuttu kenelle tahansa unettomuudesta kärsineelle, joka hermostuneesti odottaa seuraavan pisaran tippumista. Tiettyillä veden virtauksilla aikaväli oli ennustettava ja attraktori muistutti rajasykliä. Lisäksi ha-

³¹⁴Crutchfield *et al.* 1997, 41–43.

³¹⁵Saunders 2002, 184.

³¹⁶Pitkäranta 2009.

³¹⁷Crutchfield *et al.* 1997, 41.

³¹⁸Crutchfield *et al.* 1997, 43.

vaittiin myös kaoottista käyttäytymistä. Periaatteessa havaittu satunnaisuus olisi voinut johtua joistakin ulkoisista tekijöistä, kuten värinästä tai pienistä ilmavirroista. Kuitenkin joissakin tapauksissa havaittiin attraktoreita, jotka muistuttivat edellä mainittuja kaoottisia attraktoreja, kuten kuvassa (Kuva 3) oleva hevosenkengän muotoinen.³¹⁹

³¹⁹Crutchfield *et al.* 1997, 45–46.

Liite B: Logistinen kuvaus esimerkkinä kaaosteoriasta

Joitakin kaaoksen ominaisuuksia voidaan havainnollistaa hyvin yksinkertaisella matemaattisella yhtälöllä, eli logistisella kuvauksella:

$$x_{n+1} = k x_n (1 - x_n),$$

missä x_n on sarjan $x_0, x_1, x_2 \dots n$:s jäsen ja $k > 0$. Logistinen kuvaus on muodoltaan iteratiivinen, eli sarjan seuraava jäsen lasketaan sitä edeltävästä. Täten $x_1 = k x_0 (1 - x_0)$,

$$x_2 = k x_1 (1 - x_1), \text{ ja niin edelleen.}^{320}$$

Kuvaus havainnollistaa, miten dynaamiset systeemit käyttäytyvät: muutos säännönmukaisesta näennäisesti satunnaiseen käyttäytymiseen, periodien tuplaantumiseen bifurkaatioprosessissa ja taustalla olevat fraktaaliset ominaisuudet. Koska kuvaus on yksiulotteinen, tulokset eivät ole kovin yleisiä, mutta se toimii ymmärrettävänä esimerkkinä.³²¹

Logistisella kuvauksella on onnistuttu kuvaamaan monia erilaisia systeemejä, joita ei muutoin ole voitu havainnollistaa matemaattisesti. Tällaisia ovat markkinatalous, ekologia, turbulenssit nesteessä, kemiallisten reaktioiden periodinen käyttäytyminen, taudin leviäminen, sodan syttyminen ja erinäiset psykologiset ilmiöt.³²²

Logistisella kuvauksella on pystytty myös kuvaamaan koiperhospopulaatiota tietyissä elinympäristöissä³²³. Se on ollut mahdollista tilanteissa, joissa populaation vaihtelu on ollut säännönmukaista, eli vain tietyillä k :n arvoilla. Koska logistinen kuvaus antaa tietyillä k :n arvoilla kaaottista käyttäytymistä, voidaan saada lisävaloa havaittuun satunnaisuuteen tietyissä elinolosuhteissa. Kuitenkin tähän liittyy paljon ongelmia.³²⁴

Malli on hyvin karkea, mutta se toimii erityisesti niissä tapauksissa, joissa k on hyvin pieni. Kuitenkin joillakin k -arvoilla se ei toimi kovin hyvin.³²⁵

³²⁰Wildman & Russell 1997, 49.

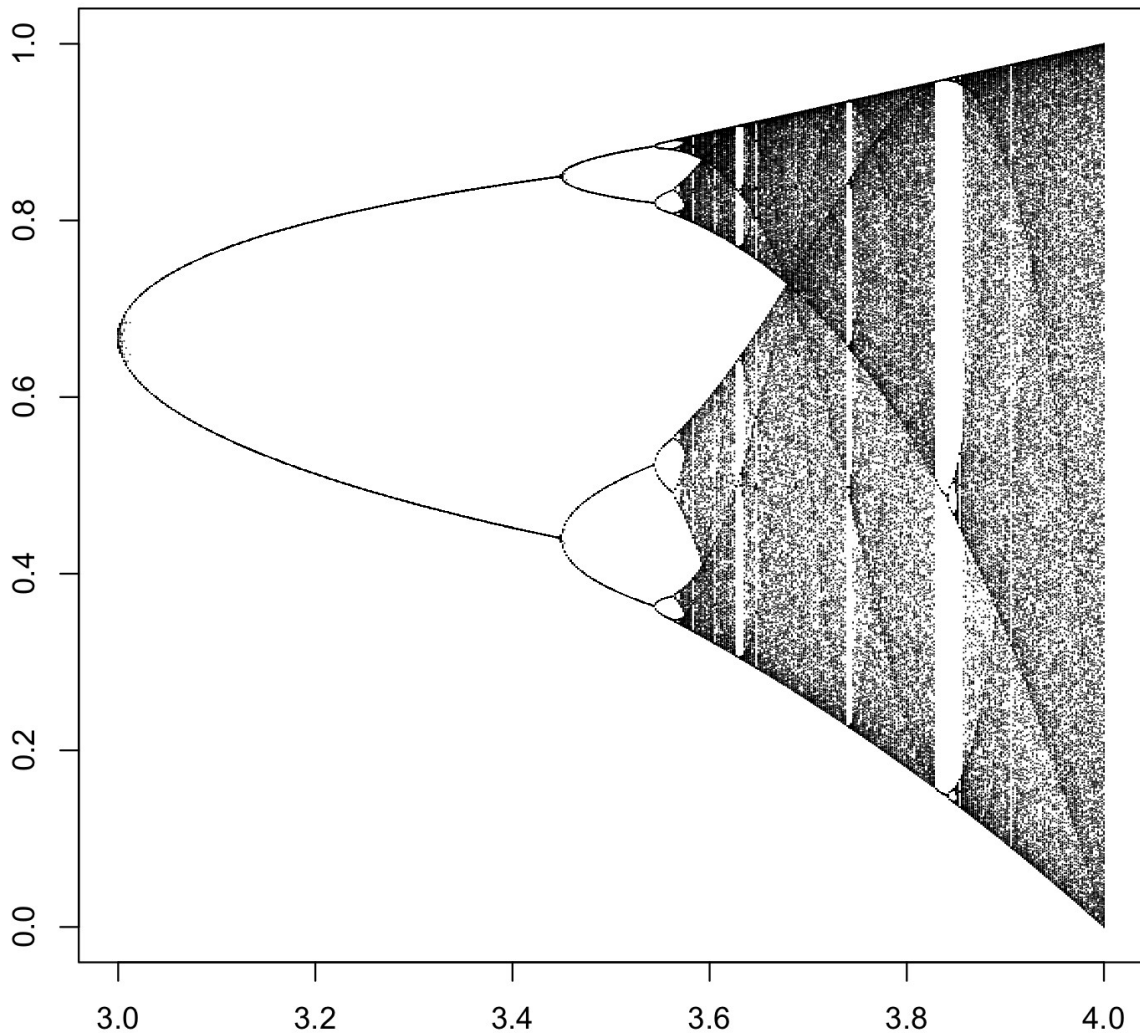
³²¹Wildman & Russell 1997, 49.

³²²Wildman & Russell 1997, 51.

³²³Koiperhosten tapauksessa seuraavan sukupolven koko riippuu edellisen sukupolven koosta. Sen vuoksi x_{n+1} on suoraan verrannollinen x_n :ään. Tässä $x_n=1$ tarkoittaa, että populaatio täyttää koko elinympäristön tarjoamat resurssit, ja 0, ettei sukupolvella n ole yhtään edustajaa, jolloin luonnollisesti ei seuraavallakaan sukupolvella $n+1$. Lisäksi seuraavan populaation elinmahdollisuudet riippuvat siitä, kuinka paljon resursseja edelliseltä sukupolvelta on niille jäänyt. Täten x_{n+1} on suoraan verrannollinen $(1-x_n)$:ään. Mikäli $x_n = 1$, ei seuraavalle sukupolvelle jää resursseja: $(1-x_n)=0$, vaan koko sukupolvi kuolee kokonaan. Yleensä x_n :ien arvo vaihtelee välillä $0 < x_n < 1$. Kerroin k taas edustaa kaikkia niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat koipopulaatioon, kuten ravinnon määrää, lisääntymiskykyä ja niin edelleen, mutta pysyvät muuttumattomina sukupolvesta toiseen.

³²⁴Wildman & Russell 1997, 52.

³²⁵Wildman & Russell 1997, 52.



Kuva 5: Haarautuminen alkaa k :n arvolla 3, minkä jälkeen syntyneet kaksi haaraa tuplaantuvat, seuraavaksi nekin tuplaantuvat ja niin edelleen. Lopulta päädytään kaotaiseen käyttäytymiseen.

Kun $k \leq 1$, , ollaan niin sanotulla sukupuuttovälillä. Tällöin riippumatta siitä, mikä x_0 :n arvo valitaan välillä $0 < x_0 < 1$, päädytään lopulta nolnaan. Toisin sanoen koiperhosten tapauksessa populaatio lopulta kuolee.

Välillä $1 < k \leq 3$ iteraatio lähestyy lopulta jotakin tiettyä arvoa. Mitä lähempänä ollaan arvoa, sitä hitaammin kyseessä oleva arvo saavutetaan, toisin sanoen kyseistä arvoa lähestytään asymptoottisesti. Koipopulaation kielellä tämä tarkoittaa, että populaation suuruus tasoittuu tiettyyn vakioarvoon. Toisaalta voidaan ajatella, että systeemillä on yksi attraktori, jota kohden se lähestyy kaikilla $0 < x_0 < 1$.

Mikäli $3 < k \leq k_{kriit}$ ollaan periodisella alueella, joka päättyy tiettyyn k :n kriittiseen arvoon $k_{kriit} = 3,57$, jolloin ollaan periodisella alueella. Ensin arvolla $k = 3$ edellä mainittu populaation asymptoottinen arvo jakautuu kahtia, jolloin x_n :n arvot vaihtelevat kahden arvon

välillä. Kun k :ta edelleen kasvatetaan, kyseiset kaksi x_n :n arvoa loittonevat toisistaan, kunnes nekin jakaantuvat kahtia, ja x_n alkaa vaihdella neljän arvon välillä. k :n edelleen kasvaessa edelliset neljä jakaantuvat kahtia, sen jälkeen syntyneet kahdeksan ja niin edelleen. Kyseistä ilmiötä kutsutaan bifurkaatioksi tai haarautumiseksi (katso Kuva 5). Populaation tapauksessa tämä luonnollisesti tarkoittaa, että sen suuruus oskilloi tiettyjen arvojen välillä. Tällöin systeemillä on kaksi tai useampi attraktori, joita kohden systeemi lähestyy. Tämä demonstroi hyvin rajasyklin tapausta.

Kun $k_{kriit} < k \leq 4$ ollaan kaoottisella alueella. Tällöin tietyillä k :n arvoilla ei havaita minkäänlaista periodisuutta, vaan x_n :n arvo näyttää muuttuvan satunnaisesti, kun sitä iteroidaan. Toisaalta joillakin k :n arvoilla havaitaan periodista käyttäytymistä, joka jakautuu samalla tavalla kuin edellisessä tapauksessa päätyen lopulta jälleen kaoottiseen käyttäytymiseen. Vaikka systeemi käyttäytyisikin kaoottisesti jollakin k :n arvolla, attraktorissa ei voida havaita kaoottiselle attraktorille tyypillistä venymistä ja laskostumista, koska logistinen kuvaus on yksidimensionaalinen; vasta monidimensionaalisessa kyseinen ilmiö tulee näkyviin.

Periaatteessa on olemassa vielä alue, jossa on kaoottista käyttäytymistä kaikilla k :n arvoilla. Kuitenkin useilla k :n arvoilla iteraatio niin sanotusti räjähtää äärettömyyteen, mikäli alkuarvo x_0 ei ole tiettyjen erityisrajojen sisäpuolella.

Liite C: Ennustamattomuus logistisessa kuvauksessa

Kaoottinen systeemi on siis jossain määrin ennustettava mutta toisaalta ennustamaton. Tätä voidaan demonstroida logistisella kuvauksella, kun valitaan $k=4$, jolloin se on kaoottinen. Kun x_0 on alkuarvo, $x_1=4x_0(1-x_0)$, ja muut sarjan alkiot voidaan laskea samalla tavoin. Tässä mielessä kaoottiset jonot ovat täysin ennustettavia.³²⁶

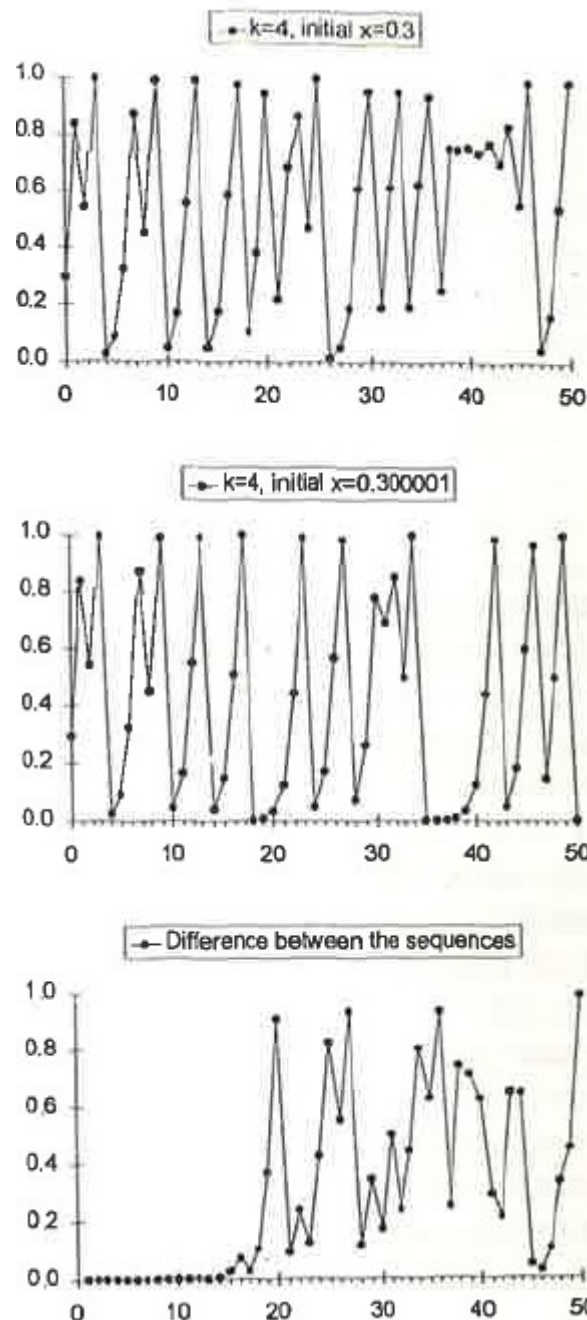
Jos k ja x_0 arvoltaan täsmälliset, eli niillä ei ole kuin äärellinen määrä desimaaleja, tällöin myös jokaisella alkiolla x_n on äärellinen määrä desimaaleja. Kuitenkin desimaalien lukumäärä kasvaa x_n :ssä eksponentiaalisesti iteraation mukana. Tällaista lukua ei voi käytännössä tallentaa tietokoneen muistiin tai laskea pyöristämättä. Tällöin tulee väistämättä virheitä.³²⁷

Tällä virheellä ei ole merkitystä, kun logistinen kuvaus pyrkii johonkin pisteeseen tai sykliin. Jos valittaisiin x_0 ja y_0 läheltä toinen toisiaan, ne kummassakin tapauksessa iteraatiot päätyisivät lopulta yhtä lähelle rajasykliä, ja mikäli ne olisivat kyllin lähellä toisiaan, niiden iteraatiot lähestyisivät rajasykliä tietyllä vaiheella.³²⁸

³²⁶Wildman & Russell 1997, 74.

³²⁷Wildman & Russell 1997, 74.

³²⁸Wildman & Russell 1997, 74.



Kuva 6: Logistinen kuvaus arvoilla $k=4$. Yllä $x_0 = 0,300000$, keskellä $y_0 = 0,300001$ ja alinna $x_n:n$ ja $y_n:n$ erotus.

Kuitenkin kaottisella alueella, kun siis $k=4$, pienillä yksityiskohdillakin on suuri merkitys, sillä jokaisella desimaalilla on väliä, kun iteraatio etenee. Jos nyt valitaan kaksi alkuarvoa $x_0=0,3$ ja $y_0=0,300001$, jotka siis eroavat vain kuudennen desimaalin osalta, ei sarjoilla ole lopulta erinäisten iteraatioiden jälkeen mitään yhteistä. Tätä on demonstroitu kuvassa 6, jossa logistista kuvausta on iteroitu edellisillä alkuehdoilla. Huomataan, että 18 ite-

raation jälkeen syntyneet radat ovat täysin eiralaiset, eli kaikki alkuehtojen informaatio on kadonnut. Tämä näkyy selvästi, kun tarkkaillaan sarjojen erotusta, katso Kuva 6: alin.³²⁹

Täten siis ei ole mitään keinoa ennustaa tulevia arvoja muutoin kuin laskemalla ne. Ennuste taas riippuu kokonaan alkuehdoista. Tästä seuraa ennustamattomuus. Kuitenkin lopullista ennustamattomuutta edeltää hetkellinen ennustettavuus, joka voidaan arvioida. Kun edellistä tapausta tarkastellaan, havaitaan, että virhe kasvaa joka iteraation kohdalla noin kaksinkertaiseksi. Kun alussa virhe oli 0,000001, se on noin 0,4 19 iteraation jälkeen ja 0,9 20 iteraation jälkeen. Tästä voidaan laskea, että jos virheen tulisi olla pienen luvun ε suuruinen n :n iteraation jälkeen, tulisi alkuarvojen eron oltava pienempi kuin $\varepsilon 2^{-n}$, ja tietokoneen täytyisi kyetä käsittelemään yhtä tarkkoja lukuja, jotka vaatisivat $n + \log_2 \varepsilon$:n verran bittejä.³³⁰ Bittejä taas mahtuu tietokoneen muistiin äärellinen määrä.

Välttämättä huomataan, että jo 20 iteraation jälkeen virhe on kasvanut jo lähes yhtä suureksi kuin mitä arvoja yhtälö voi ylipäättään saada [0:1]. Näin suuren virheen vuoksi mikä tahansa arvio 20. iteraation jälkeen on yhtä hyvä kuin mikä tahansa muukin. Desimaaleja lisäämällä saadaan ennustettavuutta lisättyä, mutta väistämättä jossain vaiheessa tietokoneen muisti loppuu. Tässä mielessä systeemi ei enää ole lainkaan ennustettavissa.

Liite D: Fraktaalit

Edellä on jo sivuttu fraktaalisuutta outojen tai kaoottisten attraktorien yhteydessä. Fraktaaleille on ominaista, että niissä samankaltainen kuvio toistuu yhä pienemmissä yksityiskohdissa. Tästä eräs esimerkki on rantaviivan muoto lahtineen ja niemineen. Nämä samat kuviot toistuvat riippumatta siitä, tarkastellaanko rannikkoa mannerten ja valtamerien, sisävesien, hiekkarannan tai hiekanjyvien skaalassa.

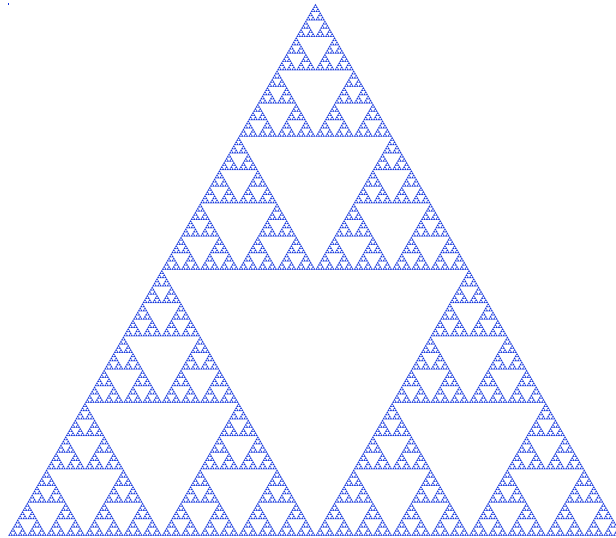
Fraktaalisuutta on myös esimerkiksi pörssivaihteluissa, sään vaihteluissa, puitten runkojen haarautumista oksiin, keuhkoputkien haarautumiseen ja darwinistisessa evoluutiossa.

Näissä tiettyyn sääntöön sisältyy satunnaisuutta.³³¹

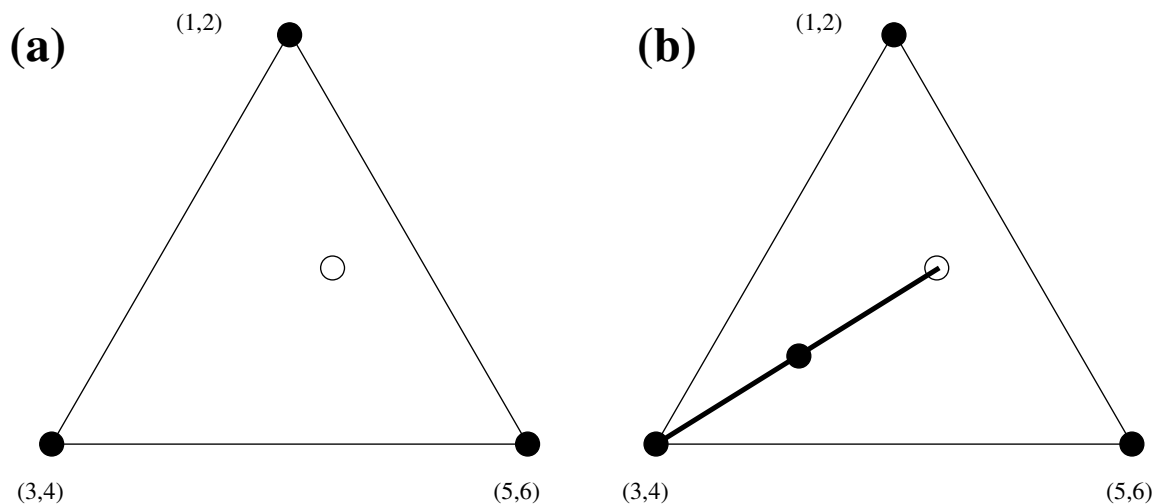
³²⁹Wildman & Russell 1997, 74.

³³⁰Wildman & Russell 1997, 75.

³³¹Carr 2004, 934.



Kuva 7: Sierpinskiin kolmio. Kukaan sisäänpiirretty kolmio saadaan puolittamalla alkuperäisen suuren kolmion sivut ja käyttämällä puolituspisteitä syntyneen kolmion kärkinä.



Kuva 8: (a) Kolmion sisältä valitaan satunnaisesti piste, ja valitaan satunnaisesti, esimerkiksi heittämällä arpaa, jokin kulmista, ja (b) piirretään kyseisen satunnaisen pisteen ja satunnaisesti valitun kulman puoliväliin piste.

Hyvänä esimerkkinä fraktaalista on niin sanottu Sierpinskiin kolmio. Siinä sisäänpiirretyn kolmion sivut ovat puolet sen kolmiiden, jonka sisälle se on piirretty, sivujen pituudesta (katso Kuva 7). Jos mukaan otetaan sattuma, voidaan konstruoida seuraavanlainen niin sanottu kaaospeli. Aluksi valitaan kolme pistettä kolmion kulmiksi (katso Kuva 8). Toiseksi valitaan satunnaisesti piste kolmiiden sisältä. Kolmanneksi jälkeen valitaan satunnaisesti jokin kolmion kulma, jonka janan puoliväliin piirretään piste. Tällä tavalla jatketaan valitsemalla kolmion sisältä satunnaisia pisteitä ja piirtämällä edellä kuvatulla tavalla piste satunnaisen janan

keskelle. Kun tätä toistetaan riittävän kauan, havaitaan, että kuvioksi muodostuu juuri Sierpinskiin kolmio.³³²

Keuhkojen hengitystiehyet skaalautuvat samaan tapaan kuin puiden oksat. Hengitystiehyen läpimitta $D(G)$ noudattaa lakia

$$D(G) = D(0) \exp(-G/3),$$

jossa $D(0)$ on henkitorven halkaisija ja G on kunkin haarauman sukupolvi. Kunkin keuhkoputkien sukupolvein halkaisija on luonnollisesti tilastollinen keskiarvo, sillä niillä on satunnaisvaihtelua halkaisijassaan. Tämä esimerkki osoittaa, että fraktaaleilla on globaalia säännönmukaisuutta (keskiarvoinen keuhkoputken halkaisija) ja paikallista satunnaisuutta (kunkin keuhkoputken halkaisija). Fraktaalirakenne on huomattavasti stabiilimpi ja sietää paremmin virheitä kuin euklidinen geometria³³³. Siksi fraktaalit ovat yleisiä luonnon rakenteissa, kuten puiden rungoista aina lehtiruotiin asti.³³⁴

Samoin Darwinin evoluutioteoriaa voidaan tarkastella fraktaalisuuden kautta. Siinä luonnonvalintaa voidaan pitää globaalina säännönmukaisuutena ja mutaatioita paikallisena satunnaisuutena. Siinä ei ole implisiittisesti näkyvissä suunnittelua, mutta suunnittelu syntyy sitä mukaa kuin muuntelua tapahtuu ja tiettyjä lajeja valitaan toisten sijaan. Tällä on selvä analogisuus edellä mainittuun Sierpinskiin kolmion muodostumiseen sattumanvaraisista pisteistä, kun satunnaisuutta sovelletaan globaaliin lakiin. Samanlainen fraktaalimainen evoluutio toimii myös teknisessä suunnittelussa, kuten erilaisten antennien muotoilussa.³³⁵

³³²Carr 2004, 935.

³³³Tällä tarkoitetaan klassista geometriaa, jossa vain yksi suora l :n suuntainen suora voi kulkea tietyn pisteen P kautta. Tässä se tarkoittaa vastakohtaa fraktaalille, jossa ei ole koko avaruuden lävistäviä suoria vaan itseään yhä pienemmissä mittakaavoissa toistuvia kuvioita.

³³⁴Carr 2004, 935.

³³⁵Carr 2004, 936.