

Tähtiä ja filosofiaa

Johannes Keplerin ja Giordano Brunon luonnonfilosofiset näkemykset osana uuden ajan
alun kosmologista keskustelua

Johannes Jawada

Pro gradu -tutkielma

Historian ja arkeologian tutkinto-ohjelma, filosofian maisteri, yleinen historia

Historian, kulttuurin ja taiteiden tutkimuksen laitos

Humanistinen tiedekunta

Turun yliopisto

Huhtikuu 2023

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu

Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

Historian ja arkeologian tutkinto-ohjelma, filosofian maisteri, yleinen historia

Johannes Jawada

Tähtiä ja filosofiaa. Johannes Keplerin ja Giordano Brunon luonnonfilosofiset näkemykset osana uuden ajan alun kosmologista keskustelua

Sivumäärät: 64 sivua

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin Giordano Brunon (1548–1600) ja Johannes Keplerin (1571–1630) esittämiä kosmologisia ja luonnonfilosofisia näkemyksiä 1500-luvun lopulla ja 1600-luvun alkupuolella. Vuonna 1543 julkaistu Nikolaus Kopernikuksen teos *De revolutionibus orbium coelestium* ja siinä esitetty aurinkokeskinen maailmankuva synnyttivät suuren määrän uusia kosmologisia ja tähtitieteellisiä ajatuksia, joihin Brunon ja Keplerin näkemykset lukeutuivat. Kopernikuksen ajatusten innoittamana Bruno ja Kepler kumpikin lähtivät kritisoimaan omin tavoin vanhaa Aristoteleen ja Klaudios Ptolemaioksen maakeskistä maailmankuvaa.

Tutkielman alkuperäisaineistoina toimivat Brunon *On the Infinite, the Universe and the Worlds* vuodelta 1584 ja Keplerin *Astronomia Nova* vuodelta 1609. Teokset valikoituivat tutkimuksen tarkastelun kohteeksi, sillä niissä Bruno ja Kepler kumpikin esittelivät keskeisimpiä kosmologisia näkemyksiään. Ensimmäinen teoksista oli dialogin muodossa oleva filosofiseen argumentaatioon perustuva kirja. Jälkimmäinen taas oli esimerkki varhaisesta luonnontieteellisestä teoksesta, jossa argumentaation välineinä toimivat matematiikka, geometria ja havainnot.

Alkuperäisaineistosta selvitettiin miten Bruno ja Kepler kritisoivat maakeskistä maailmankuvaa, miten he hyödynsivät aurinkokeskistä maailmankuvaa omassa luonnonfilosofiassaan ja millä tavoin he perustelivat omia näkemyksiään ja argumenttejaan. Heidän esittämänsä ajatukset kontekstualisoitiin historiallisesti, jonka avulla havainnoitiin minkälaiseen aikalaiseen keskusteluun he ottivat osaa ja mistä heidän ajatuksensa kumpusivat. Lisäksi heidän esittelemiä väitteitä vertailtiin keskenään ja pohdittiin niiden mahdollisia eroja ja samankaltaisuuksia. Tarkastelu tehtiin temaattisesti.

Tutkimuksessa havaittiin, että Bruno sekä Kepler esittivät aikakaudelleen radikaaleja näkemyksiä, mutta hyvin erilaisista näkökulmista. Bruno kritisoi Aristoteleen maakeskistä maailmankuvaa ja halusi hylätä sen kokonaan. Tilalle hän tarjosi omaa äärettömän suurta maailmankaikkeutta, jossa tila, aika ja suunnat muuttuivat vain suhteellisiksi käsitteiksi. Samoin Aurinko ja Maa olivat vain pieni osa ääretöntä maailmankaikkeutta. Kepler taas tuki ajatusta, jossa Aurinko oli maailmankaikkeuden keskus, ja planeetat, Maa mukaan lukien, kiersivät sitä. Keplerin universumi oli rajallinen ja Aurinko oli siinä uniikki taivaankappale. He molemmat perustelivat edellä mainittuja näkemyksiään hyvin eri tavoin. Heidän ajatustensa analysointi tarjosi oivan ikkunan uuden ajan alun kosmologisen keskustelun tarkastelulle.

Avainsanat: kosmologia, luonnonfilosofia, tähtitiede, maailmankuva, maakeskinen, aurinkokeskinen, universumi, taivaankappale, painovoima

Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
1.1	Kaksi maailmankuvaa uuden ajan alussa	5
1.2	Tutkimustilanne	12
1.3	Tutkimuskysymykset ja alkuperäisaineisto	15
1.4	Tutkimusmenetelmät	17
2	Taivaankappaleet kosmologisissa systeemeissä	19
2.1	Kaksi suurta taivaankappaletta	19
2.2	Planeetat ja muut taivaankappaleet	28
3	Painovoima ja maailmankaikkeuden todellinen koko	38
3.1	Mystinen painovoima	38
3.2	Rajallinen vai rajaton maailmankaikkeus	47
4	Loppuluku	56
	Lähteet	61
	Alkuperäisaineisto	61
	Tutkimuskirjallisuus	61
	Muu aineisto	64

1 Johdanto

Läpi historian eri kulttuureissa tähdille, tähtikuviolle, Auringolle, Kuulle ja planeetoille on annettu paljon arvoa. Niitä on esimerkiksi käytetty apuvälineenä navigointiin tai hyvän sadon ennustajina. Joskus niitä on pidetty jopa jumalina. Fyysikot Todd Timberlake ja Paul Wallace kuvailevat tutkimuksessaan ihmisten suhdetta taivasiin mielenkiintoisesti. He sanovat, että läpi ihmiskunnan historian ihmiset ovat suunnanneet katseensa taivaalle ja ihailleet Kuuta, Aurinkoa ja tähtiä, niiden kauneutta sekä erilaisia liikkeitä taivaalla.¹ Merkille pantavaa heidän esille nostamassaan huomiossa on se, että siinä mainitaan taivaankappaleiden kauneuden lisäksi myös niiden liikkeisiin liittyvä ihailu ja kiinnostus. Juuri taivaankappaleiden liikkeitä selittämään pyrkivä ajattelu aiheutti merkittäviä muutoksia, sillä muuttuva ymmärrys taivaankappaleiden liikkeistä muokkasi uuden ajan alussa koko eurooppalaista maailmankuvaa ja sysäsi käyntiin niin sanotun tieteellisen vallankumouksen.

Tämän muutoksen alulle panijana pidetään usein puolalaista Nikolaus Kopernikusta (1473–1543) ja hänen teostaan *De revolutionibus orbium coelestium* vuodelta 1543. Kopernikus esitti kyseisessä teoksessa oman maailmankuvallisen mallinsa, jossa Aurinko sijaitsi aurinkokunnan keskellä. Vaikka Kopernikuksen julkaisu vaikutti aluksi vain aikalaisten tähtitieteilijöiden piireissä, niin 1600-luvulle tultaessa sen vaikutus alkoi näkyä laajemmin kosmologiassa ja fysiikassa.² Kosmologialla tarkoitetaan nykypäivänä maailmankaikkeutta tutkivaa luonnontiedettä. Lisäksi sillä on vahva yhteys tähtitieteeseen, eli astronomiaan.³ Historiallisesta näkökulmasta tarkasteltuna on vaikea erottaa toisistaan kosmologiaan ideologisena ja maailmankuvallisena ilmiönä kosmologiasta tieteen muotona, sillä tieteellinen kosmologia syntyi vanhasta maailmankuvallisesta kosmologiasta.⁴ Tämä tutkimus tarkastelee ajallisesti 1500- ja 1600-luvun taitetta, joten tässä tutkimuksessa kosmologiasta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä varhaisempaa maailmankuvallista kosmologiaa, ellei toisin mainita.

Kopernikuksen teoksen jälkipyykkiä käytiin sekä tähtitieteen että filosofian piireissä. Kopernikuksen julkaisun merkittävin väite oli ollut se, että Maa ei ole aurinkokunnan keskellä, vaan se kiertää Aurinkoa, joka on aurinkokunnan keskipiste.⁵ Kopernikuksen näkemykset tekivät vaikutuksen italialaiseen Giordano Brunoon (1548–1600) ja saksalaiseen Johannes Kepleriin (1571–1630), joiden ajatuksia tässä tutkimuksessa tarkastellaan. Molemmat heistä puolustivat Kopernikuksen esittämiä väitteitä, vaikka heidän keskinäiset näkemyksensä erosivat huomattavasti toisistaan. Tähän vaikutti

¹ Timberlake & Wallace 2019, 1.

² Rhys Morus 2017, 151.

³ ”Kosmologia”, Tieteen termipankki.

⁴ Kragh 2007, 2.

⁵ Bowler & Rhys Morus 2020, 28–29.

esimerkiksi Keplerin ja Brunon hyvin erilaiset taustat. Joka tapauksessa Bruno ja Kepler kumpikin ajattelivat, että Kopernikuksen tarjoama aurinkokeskinen⁶ maailmankuva oli toimiva ja kuvasi hyvin planeettojen liikeratoja, ja siksi hänen ajatuksensa inspiroi heitä molempia. Kumpikin toi myös oman lisänsä tähän Kopernikuksen rakentamaan kosmologiseen malliin. Toisaalta erityisesti Bruno esitti kritiikkiä Kopernikuksen ajatuksille, eivätkä kumpikaan Bruno tai Kepler, nielleet Kopernikuksen ajatuksia sellaisenaan. Tässä tutkimuksessa tarkastelen Keplerin ja Brunon tarjoamia kosmologisia näkemyksiä ja miten ne vastasivat erilaisiin kosmologisiin kysymyksiin.

1.1 Kaksi maailmankuvaa uuden ajan alussa

Jotta Keplerin ja Brunon esittämät näkemykset voidaan ymmärtää, niin on tärkeää tarkastella aikakauden historiallista kontekstia. Uuden ajan alussa Kopernikuksen aurinkokeskinen malli sytytti uuden keskusteluaallon tähtitietelijöiden ja luonnonfilosofien keskuudessa. Kopernikuksen aurinkokeskinen maailmankuva toimi siis inspiraationa monille uusille maailmankuvallisille näkemyksille. On tärkeää huomata, että Kopernikus kyseenalasti ajatuksillaan aikaisemman, hänen kosmologista malliaan paljon vanhemman mallin. Tämä malli oli maakeskinen⁷ maailmankuva. Tämä maailmankuva oli uuden ajan alkuun tultaessa juurtunut vahvasti osaksi eurooppalaista luonnonfilosofista ja kosmologista ajattelua.

Suurin osa luonnonfilosofeista uskoi maakeskiseen maailmankuvaan 1500-luvulle tultaessa.⁸ Maakeskisen maailmankuvan syntyyn vaikuttivat sekä filosofiset että matemaattiset perustelut. Filosofisen perustan tälle kosmologiselle mallille antoi Aristoteles (384–322 eaa.). Hän oli antiikin Kreikan filosofi, joka vaikutti lähes kaikkiin oman aikansa tieteenaloihin. Monet hänen ajatuksensa pysyivät valtavirrassa eri tieteenaloilla lähes 2000 vuotta. Aristoteles esitti useimmat kosmologisista ja luonnonfilosofisista näkemyksistään teoksessaan *De caelo*, joka on suomennettuna *Taivaasta*. Nimestään huolimatta kirja käsitteli taivaan lisäksi myös Maata ja siihen liittyviä luonnonfilosofisia kysymyksiä.⁹ Teoksen kautta Aristoteleen vaikutus länsimaiselle ajattelulle on ollut valtaisa ja tämä näkyy hyvin esimerkiksi hänen roolissaan maakeskisen maailmankuvan kehittäjänä määrittelemällä monia fundamentaalisia filosofisia perusteita. Näitä olivat esimerkiksi ajatukset, että Maa on maailmankaikkeuden keskipiste ja Maa ei kierrä muita taivaankappaleita, eikä myöskään pyöri oman akselinsa ympäri.¹⁰

⁶ Tunnetaan myös nimellä heliosentrinen maailmankuva.

⁷ Tunnetaan myös nimellä geosentrinen maailmankuva.

⁸ Bowler & Rhys Morus 2020, 28.

⁹ Bowen & Wildberg 2010, 2.

¹⁰ DeWitt 2010, 8.

Tieteenfilosofi Richard DeWitt nostaa esille, että Aristoteleella oli myös paljon muita ajatuksia, jotka vaikuttivat kosmologisen mallin syntyyn. Hän ajatteli esimerkiksi, että Kuu, planeetat ja Aurinko kaikki kiertävät Maan ympäri noin kahdenkymmenen neljän tunnin aikana. Lisäksi maailmankaikkeus jakautuu sublunaariseen ja supralunaariseen osaan. Sublunaarinen alue on Kuun ja Maan välillä oleva tila, joka muodostuu neljästä klassisesta elementistä, eli vedestä, tulesta, maasta ja ilmasta. Maa kuuluu kokonaisuudessaan sublunaariseen alueeseen. Supralunaarinen alue taas tarkoittaa Kuun takaista tilaa. Siihen Aristoteles laski kuuluvaksi Auringon, Kuun, planeetat ja tähdet. Supralunaarinen alue koostuu niin kutsutusta viidennestä elementistä, eli eetteristä. Aristoteles ajatteli, että kaikilla elementeillä on perimmäinen olemus, joka määrittää niiden käyttäytymistä.¹¹

Elementtien käyttäytymisestä ovat esimerkkinä maa ja vesi sekä tuli ja ilma. Aristoteleen mukaan maa ja vesi pyrkivät luonnostaan Maata kohti, koska Maa on maailmankaikkeuden keskipiste. Tuli ja ilma taas ovat olemukseltaan erilaisia kuin maa ja vesi, joten ne pyrkivät hieman Maan pinnan yläpuolelle.¹² Samalla nämä neljä elementtiä kuvastavat Aristoteleen mielestä normaaleja sublunaarisia liikkeitä. Nämä liikkeet suuntautuvat ylös ja alas. Sen sijaan supralunaarisella alueella, jossa on vain eetteriä, liike eroaa maanpäällisestä. Taivaissa asiat eivät liiku ylös tai alas, vaan ympyrää. Tässä mukaan tulee lisää muita Aristoteleen filosofisia näkemyksiä. Hän ajatteli, että supralunaarinen ja sublunaarinen alue eroavat perustavanlaatuisesti siinä, että aikaisempi on täydellinen ja muuttumaton, kun taas jälkimmäinen on altis hajoamiselle ja muutokselle. Liike taivaissa on siis täydellisen ympyrän muotoista, koska taivaissa ei voi olla mitään epätäydellistä.¹³

Tieteenhistorioitsija Paolo Rossi huomauttaa, että tärkeä perusta maakeskisessä maailmankuvassa oli ajatus pallonkuorien olemassaolosta. Aristoteles näki nämä pallonkuoret eräänlaisina kerroksina, jotka ikään kuin kasaantuvat maapallon¹⁴ päälle. Hänen mukaansa kaikki taivaankappaleet sijaitsivat näillä pallonkuorilla ja koska pallonkuoret olivat supralunaarisella alueella, niin pallonkuorien kiertoliike on tasaista ja ikuista. Viimeisenä pallonkuorena, eli maailmankaikkeuden rajana Aristoteles näki *primum mobile*n. Tämä kaukaisin pallonkuori aiheuttaa Aristoteleen universumissa kaikkien pallonkuorien kiertoliikkeen ja samalla taivaankappaleiden liikkeen. Lisäksi kaikki kiintotähdet, eli pistemäiset kaukaiset tähdet, sijaitsivat tällä kaukaisimmalla pallonkuorella.¹⁵ Edellä mainitut Aristoteleen väittämät loivat maakeskisen maailmankuvan filosofisen perustan.

¹¹ DeWitt 2010, 8.

¹² DeWitt 2010, 8.

¹³ North 2008, 82–83.

¹⁴ Aristoteles ei ajatellut Maan olevan litteä. Jo hänen edeltäjänsä antiikin Kreikassa ajattelivat Maan olevan pallon muotoinen. DeWitt 2010, 82.

¹⁵ Rossi 1997, 30–31.

Tieteenhistorioitsija Helge Kragh huomauttaa, että myöhemmin nämä filosofiset näkemykset kristillistettiin keskiajan teologien toimesta, jotta Aristoteleen luonnonfilosofia oli yhteensopivaa kristillisen teologian kanssa.¹⁶ Käytännössä keskiajan teologit hyväksyivät Aristoteleen luonnonfilosofiasta osat, jotka eivät olleet suoraan ristiriidassa teologian kanssa. Kirkko näki, että ristiriitatilanteissa kristillisen dogmin tuli aina olla Aristotelesta korkeampi auktoriteetti.¹⁷

Matemaattisen perustan maakeskiselle maailmankuvalle kehitti antiikin matemaatikko, tähtitieteilijä ja astrologi Klaudios Ptolemaios (100–170). Maakeskisyyttä tukevat näkemyksensä Ptolemaios esitti teoksessaan *Almagest*, joka oli uuden ajan alkuun asti tähtitieteen perusteos. Muutamat väitteet perustuivat perusjärjellä argumentointiin, mutta suurin osa oli matemaattista. Hän argumentoi esimerkiksi, että Maan on oltava maailmankaikkeuden keskipisteessä, koska kaikki taivaankappaleet näyttävät kiertävän maapalloa ja kaikki hakeutuu Maata kohti painovoiman¹⁸ muodossa. Maapallo ei voi hänen mukaansa pyöriä, sillä ihmiset eivät tunne mitään liikettä.¹⁹ DeWitt mainitsee, että tämän lisäksi Ptolemaios käytti argumenttina tähtien parallaksia. Tällä tarkoitetaan, että kiintotähdet eivät näytä liikkuvan taivaalla. Ptolemaios sanoo, että jos Maa ei olisi paikallaan, vaan liikkuisi, niin näiden kiintotähtien tulisi myös liikkua suhteessa maahan, sillä kulma, josta niitä katsotaan, muuttuu kokoajan. Tähtien parallaksia on hyvin vaikea havaita ilman apuvälineitä ja siksi parallaksi havaittiin ensimmäisen kerran vasta vuonna 1838.²⁰

Ptolemaioksen *Almagestissä* kehittämä matemaattinen malli taivaankappaleiden liikkeistä on hyvin vaikuttava. Hän jakaa Aristoteleen näkemyksen, jonka mukaan taivaankappaleiden kiertoliike on yhtenäistä ja tasaista.. Planeetat asettivat hänelle kuitenkin haasteen kahdella tavalla. Ensinnäkin planeettojen liike näyttää maasta katsottuna epätasaiselta. Filosofit Friedel Weinert toteaa, että tähän ongelmaan Ptolemaios kehitti vastaukseksi eksentrisen liikkeen. Tämä tarkoittaa, että taivaankappaleet liikkuvat taivaalla eksentriympyrää pitkin. Eksentriympyrän keskipiste ei ole Maa, vaan keskipiste sijaitsee maapallon lähellä. Maan ja eksentrin keskipisteen välimatka selittää Ptolemaioksen mukaan, miksi taivaankappaleet näyttävät liikkuvan eri tahtiin, vaikka ne todellisuudessa liikkuvat samaan tahtiin.²¹ Eksentrin kehittäminen oli merkittävä askel maakeskisen maailmankuvan lujittamisessa.

¹⁶ Kragh 2007, 3.

¹⁷ Kragh 2007, 41–42.

¹⁸ Tässä tarkoitetaan painovoimaa sen pre-newtonilaisessa merkityksessä. Isaac Newton (1642–1726) kehitti klassisen fysiikan painovoimateorian 1600-luvun loppupuolella.

¹⁹ DeWitt 2010, 90–92.

²⁰ DeWitt 2010, 94–96.

²¹ Weinert 2009, 10.

Weinertin mukaan toinen ongelma, jonka Ptolemaios ratkaisi, oli planeettojen näennäisen taantuvan liikkeen selittäminen. Taantuvan liikkeen aikana myös planeettojen näennäinen kirkkaus muuttuu. Ptolemaios ratkaisee taantuvan liikkeen ongelman geometrisilla episykliympyröillä. Episyklit ovat pieniä planeettojen kiertoratoja pisteen ympärillä, joka kiertää laajempaan deferennttiympyrää. Episyklinen liike aiheuttaa planeettojen näennäisen taantuvan liikkeen. Deferenttiympyrä kuvastaa planeettojen normaalia kiertoliikettä maapallon ympärillä. Planeettojen liike muuttuu eksentriseksi, kun deferentin ja episyklin liike on vastakkaista. Mallin parantamiseksi Ptolemaios kehitti vielä yhden lisän, joka on ekvantti. Ekvantti on piste deferenttiympyrän keskipisteen toisella puolella Maasta katsottuna. Ekvanttipisteestä katsottaessa planeettojen liike näyttää tasaiselta.²²

Kuten edeltävästä huomaa, Ptolemaioksen kehittämä malli taivaankappaleiden liikkeistä oli hyvin edistynyt, mutta samalla todella monimutkainen. Joka tapauksessa tämä malli ennusti taivaankappaleiden liikkeitä todella hyvin ja siksi se pysyi uuden ajan alkuun asti hyväksyttynä taivaankappaleiden liikkeitä kuvaavana mallina.²³ Vasta 1500-luvun alkupuolella Kopernikus tarjosi toisen vaihtoehdon tälle Aristoteleen ja Ptolemaioksen mallille. Hänen uusi mallinsa toi mukanaan kaksi fundamentaalista muutosta. Ensinnäkin Aurinko ja planeetat eivät kierrä maapalloa, vaan Maa on yksi planeetoista, joka kiertää muiden planeettojen tavoin Aurinkoa. Ja toiseksi taivaat eivät pyöri Maan ympäri, vaan maapallo pyörii oman akselinsa ympäri, aiheuttaen taivaiden näennäisen pyörimisliikkeen.²⁴

Vaikka tämä oli merkittävä muutos aikaisempaan, niin Kopernikus hyväksyi edelleen monia maakeskisestä mallista tulevia ajatustapoja. Esimerkiksi Kopernikukselle Aurinko ei ollut vain aurinkokunnan keskipiste, vaan koko universumin keskipiste, samalla tavoin kuin Ptolemaioksen systeemissä Maa oli universumin keskipiste. Lisäksi hän näki planeettojen kiertoradat edelleen täydellisinä ympyröinä Aristoteleen ja Ptolemaioksen tavoin. Ptolemaioksen kehittämät Episyklit, eksentri ja deferentti ovat edelleen mukana Kopernikuksen mallissa. Ekvantin hän eliminoi mallistaan kokonaan. Tästä syystä on väärin ajatella, että Kopernikuksen uusi aurinkokeskinen malli olisi ollut vanhaan maakeskiseen malliin verrattuna paljon yksinkertaisempi ja että uusi malli ennustaisi taivaankappaleiden liikkeitä paremmin.²⁵

Tieteenhistorioitsija John North sanoo, että Kopernikuksen kehittämä systeemi oli yhtenäinen järjestelmä, joka pystyi ennustamaan taivaankappaleiden liikkeitä. North kuitenkin tähdentää, että

²² Weinert 2009, 10–11.

²³ DeWitt 2010, 113–114.

²⁴ North 2008, 302.

²⁵ DeWitt 2010, 123–124.

huomattavaa Kopernikuksen mallissa on se, että se oli loppujen lopuksi edelleen geometrinen malli, eikä fysikaalinen. Fysikaalinen malli selittää havaintoja fysikaalisten lakien avulla.²⁶ Geometrinen malli taas kuvaa asioita matemaattisesti. Kaikesta huolimatta Kopernikuksen julkaisu vuonna 1543 käynnisti uudelleen keskustelun siitä, miten suhtautua tilanteeseen, jossa kaksi taivaankappaleiden liikettä kuvaavaa mallia pystyy antamaan samanlaisia ennustuksia, vaikka mallit itsessään eroavat toisistaan. Antiikin Kreikassa oli aikaisemmin pohdittu tätä samaa asiaa, mutta maakeskinen näkemys voitti myöhemmin vuosisatoina.²⁷

Kopernikuksen julkaiseman mallin aiheuttama keskustelu ei tietenkään jäänyt vain taivaankappaleiden liikkeen ennustamiseen liittyvien matemaattisten puolien pohdintaan. Paljon perustavanlaatuisempi kamppailu syntyi Kopernikuksen mallin filosofisista seuraamuksista. Tämä johtui siitä, että kyseenalaistamalla vanhan maakeskisen maailmankuvan, Kopernikuksen ajatukset asettivat kyseenalaiseksi myös Aristoteleen luonnonfilosofian, joka oli keskeinen osa kristillistä teologiaa uuden ajan alussa. Aurinkokeskisyys haastoi siis kirkon vallitsevan järjestelmän ja sen vakaumukset.²⁸ Tämä on se kosmologian ja luonnonfilosofian historiallinen konteksti 1500-luvun loppupuolella ja 1600-luvun alussa, jota tutkimus tarkastelee. Kopernikuksen mallin alulle panemat filosofiset ja matemaattiset kysymykset vaikuttivat sekä Johannes Kepleriin että Giordano Brunoon. Kumpikin julkaisi monia teoksia, joissa he rakensivat omaa kosmologista tulkintaansa Kopernikuksen mallin avulla erilaisista näkökulmista lähtien.

Uuden ajan alun kosmologiseen keskusteluun kuuluivat Aristoteleen maakeskisen ja Kopernikuksen aurinkokeskisen maailmankuvan lisäksi muutama muu näkemys, jotka omalta osaltaan vaikuttivat Brunon ja Keplerin näkemyksiin. Tieteenhistorioitsija Miguel Á. Granada nostaa esille, että Brunon ja Keplerin aikalainen böömiläinen astronomi Raymarus Ursus (1551–1600) uskoi maakeskiseen malliin, jossa Maalla oli oma pyörimisliike. Tämä poikkesi Aristoteleen maakeskisyydestä, jossa Maa oli staattinen, eikä pyörinyt. Ursuksen systeemissä Aurinko kiersi Maata, mutta muut planeetat kiersivät Aurinkoa. Tämä malli oli siis geoheliosentrinen. Granada mainitsee myös neljännen näkemyksen, johon esimerkiksi englantilainen astronomi Thomas Digges (1546–1595) uskoi. Kyseinen malli oli aurinkokeskinen, mutta sen mukaan aurinkokunnan ulkopuolinen alue oli ääretön. Huomattavaa mallissa oli kuitenkin se, että äärettömässä kaikkeudessa olevat tähdet poikkesivat olemukseltaan Auringosta, joka oli edelleen poikkeuksellinen ja uniikki taivaankappale.²⁹

²⁶ North 2008, 318.

²⁷ Westman 2011, 28.

²⁸ Gilje 2001, 106–107.

²⁹ Granada 2008, 469–470.

Aikalaiseen kosmologiseen keskusteluun kuului siis paljon erilaisia tulkintoja, jotka olivat lähteneet liikkeelle Kopernikuksen teoksesta. Bruno ja Kepler eivät siis olleet yksin ajatustensa kanssa.

Kaiken tämän edellä mainitun aikalaiskeskustelun taustalla oli tavalla tai toisella pyrkiä todentamaan oikeaksi tai vääräksi Aristoteleen kehittämiä luonnonfilosofisia perusteita. Aristoteleen ja hänen ajatustensa ymmärtäminen aikalaisessa kontekstissa on siis erittäin tärkeää. Tästä johtuen Aristoteles pysyy mukana läpi tämän tutkimuksen, vaikka tutkimuksessa ei suoranaisesti tutkita hänen näkemyksiään, vaan pikemminkin niiden kritiikkiä. Samalla tavoin Ptolemaioksen asema tähtitieteen suurnimenä uuden ajan alussa on tutkimuksessa aivan keskeinen konteksti. Hänen asettamat tähtitieteelliset perusteet olivat yleisesti hyväksytyjä astronomien piireissä lähes 1500 vuotta. Ptolemaioksen kritiikin kontekstiin kytkeytyy taas Kopernikus uusine ajatuksineen ja hänen kauttaan epäsuorasti tutkimuksen kohteena olevat Kepler ja Bruno.

Tarkasteltavat Bruno ja Kepler olivat hyvin erilaisia hahmoja ja heidän taustansa poikkesivat vahvasti toisistaan. Brunon elämää luonnehti maanpakolaisuus. Hän kierteli eri maissa, sillä julkaistuaan teoksiaan hänet useasti karkotettiin maasta. Syynä tähän on se, että monet hänen teoksensa hyökkäsivät auktoriteetteja, kuten kirkkoa vastaan. Myös yliopistoissa syntyi akateemisia skandaaleja hänen teostensa vuoksi.³⁰ Yliopistoissa syntyneet skandaalit selittyvät sillä, että niissä opetettiin Brunon aikana Aristoteleen luonnonfilosofiaa, joka oli Brunon hyökkäävän kritiikin kohteena. Hänestä tuli institutionaalinen hylkiö, jonka seurauksena hän kiersi esimerkiksi ympäri Saksaa, Englantia ja Ranskaa. Vuonna 1600 hänet tuomittiin katolisen kirkon toimesta roviolle, sillä häntä syytettiin harhaoppisuudesta.³¹ Syyt tuomiolle eivät kuitenkaan suoraan liittyneet Brunon kosmologisiin näkemyksiin.

Keplerin asema poikkesi merkittävästi Brunosta. Kepler ei ollut Brunon tavoin hylkiö, sillä hän työskenteli esimerkiksi Pyhän saksalais-roomalaisen keisarikunnan keisarin Rudolf II:n hovissa Prahassa. Hovissa hän toimi keisarin hovimatemaatikkona ja astrologina.³² Hänen elämänsä ei kuitenkaan ollut mitään ruusuilla tanssimista. Kepler kärsi muun muassa terveysongelmista ja talousongelmista. Lisäksi Keplerin asuinalueita, eli nykyistä Saksaa ja Tšekkiä vaivasivat monet uskonnolliset ja poliittiset erimielisyydet.³³ Tämä 1500-luvun lopun ja 1600-luvun alun poliittinen konteksti vaikutti Kepleriin, sillä hän ei tietenkään voinut ilmaista kaikkia näkemyksiään täysin

³⁰ Hufnagel & Eusterschulte 2013, 1.

³¹ Hufnagel & Eusterschulte 2013, 2.

³² Martens 2009, 14.

³³ Martens 2009, 10.

vapaasti.³⁴ Toisin kuin Bruno, niin Kepler oli tarkempi puheissaan, jonka vuoksi hän ei joutunut Brunon tavoin maanpakolaiseksi.

Aikakauden historiallisen kontekstin ymmärtämiseksi on tärkeää mainita vielä yksi Brunon ja Keplerin aikalainen kosmologiaan vaikuttanut henkilö, tanskalainen tähtitieteilijä Tyko Brahe (1546–1601). Brahe on keskeinen henkilö, sillä hän oli Keplerin kollega. Vaikka heidän yhteistyönsä jäi lyhyeksi Brahen kuoleman vuoksi, niin Brahen ajatuksilla oli suuri vaikutus Keplerin kosmologiseen ajatteluun. Sen lisäksi Brahe keräsi suuren määrän tähtitieteellistä dataa, jota Kepler hyödynsi myöhemmin kehittäessään omaa systeemiään.³⁵ Brahe myös vaikutti uuden ajan alun kosmologiseen keskusteluun omalla systeemillään. Tämä Brahen kosmologinen malli oli eräänlainen Ptolemaioksen ja Kopernikuksen mallin kompromissi, jossa Maa pysyy paikallaan ja Aurinko kiertää Maata, mutta mielenkiintoisesti muut planeetat ja taivaankappaleet Kuuta lukuun ottamatta kiertävät Aurinkoa.³⁶ Brahen systeemi oli monille luonnonfilosofoille houkutteleva kompromissi ja siksi se toimi kilpailevana kolmantena vaihtoehtoisena maailmankuvana.³⁷ Tämä Brahen kosmologinen malli oli hyvin samankaltainen kuin aikaisemmin mainittu Raymarus Ursuksen malli, mutta erona siinä oli se, että Maalla ei ollut omaa pyörimisliikettä. Tämä Brahen näkemys joutui myöhemmin Keplerin kritisoimaksi Kopernikuksen mallin hyväksi.

Keskeistä tässä kosmologisessa pohdinnassa on se, että kaikki edellä mainitut henkilöt Aristoteleesta lähtien pyrkivät vastaamaan ontologisiin kysymyksiin. Ontologia on filosofinen teoria, joka pohtii todellisuuden perimmäistä olemusta.³⁸ Yhdysvaltalainen analyyttinen filosofi Dale Jacques jakaa ontologian puhtaaseen filosofiseen ontologiaan ja soveltavaan tieteelliseen ontologiaan. Hän jakaa myös nämä kahteen osaan. Jacques näkee, että ontologia voi olla menetelmä, jolla haetaan vastauksia filosofisiin ongelmiin, jotka liittyvät totuuksiin ja olemassa oloon. Ontologia voi tarkoittaa lisäksi toimialaa, jolloin sillä tarkoitetaan ontologian tulosta omana tieteenalanaan.³⁹ Tässä tutkimuksessa ontologialla tarkoitetaan yleistä metafysiikan osa-aluetta, joka pyrkii tutkimaan todellisuuden luonnetta, perustaa ja rakenteita.

³⁴ Martens 2009, 14.

³⁵ DeWitt 2010, 137–138.

³⁶ Gingerich & Voelkel 2005, 86–87.

³⁷ Grant 2007, 281.

³⁸ ”Ontologia”, Tieteen termipankki.

³⁹ Jacques 2014, 3–4.

1.2 Tutkimustilanne

Keplerin ja Brunon rooli osana tieteenhistoriaa on hyvin erilainen ja kumpaankin heistä liittyvästä tutkimuskirjallisuudesta löytyy erilaisia näkemyksiä. Tarkastelen aluksi laajempaa tieteenhistorian tutkimustraditiota ja sen jälkeen spesifimmin Kepleriin ja Brunoon liittyvää tutkimuskirjallisuutta. Uuden ajan alun tiedettä tarkastelevan tieteenhistoriallisen tutkimusperinteen voi jakaa kahteen erilaisen näkemyksen omaavaan ryhmään. Ensimmäinen tutkimusperinne on korostanut sitä, miten tiede ja kosmologia on kehittynyt osana erilaisten filosofisten, empiiristen, teologisten, matemaattisten ja geometristen keskustelujen yhtymäkohtaa. Tätä on usein perusteltu sillä, että koska kosmologiaa on lähestytty menneisyydessä niin monista eri näkökulmista ja kaikki näkökulmat ovat omalla tavallaan muokanneet kosmologiaa ja siihen liittyvää tieteen kehitystä, niin kaikkien näiden näkökulmien huomiointi on tarpeellista, jos haluaa ymmärtää laajempaa kuvaa. Toinen, hieman suppeampi tieteenhistorian tutkimustraditio, on keskittynyt tarkastelemaan tieteen kehitystä niin sanottujen eksaktien tieteiden kautta. Tämä perinne on jättänyt vähälle, tai hylännyt kokonaan erilaisten filosofisten ja teologisten näkökulmien huomioimisen osana tieteen kehitystä. Sen sijaan empirismin ja tieteellisen välineistön roolia on korostettu.

Ensimmäisestä tutkimusperinteestä esimerkkinä on muun muassa tanskalaisen tieteenhistorioitsijan Helge S. Kraghin *Conceptions of Cosmos: From Myths to the Accelerating Universe: a History of Cosmology* (2007). Hän tarkastelee teoksessaan kosmologian kehitystä ja huomioi erilaiset kosmologiseen keskusteluun vaikuttaneet metodologiset ajattelutavat. Kragh arvioi sekä Keplerin että Brunon roolia kosmologian ja tieteen historiassa. Myös Firenzen yliopiston emeritusprofessori Paolo Rossi antaa teoksessaan *Modernin tieteen synty Euroopassa* (1997) enemmän näkyvyyttä erilaisille filosofisille pohdinnoille osana tieteenhistoriaa. Tästä syystä Rossin teoksessa Brunon ajatukset ja rooli osana uuden ajan alun kosmologista keskustelua korostuu.

Toisesta tutkimusperinteestä mainittakoon brittiläisen tieteenhistorioitsijan John Northin *Cosmos: illustrated history of astronomy and cosmology* (2008), joka toimii hyvänä tukena tähtitieteen ja kosmologian historiallisen kehityksen ymmärtämiselle. Niin ikään tieteenhistoriantutkijat Peter J. Bowler ja Iwan Rhys Morus (2020) tarjoavat näkökulmia uuden ajan alun tieteen ja kosmologian kehitykselle. Mielenkiintoisesti näiden kahden tutkimustradition välin sijoittuu myös kolmas linja, joka on tarkastellut tätä tieteen ja filosofian jännitettä. Esimerkiksi Edward Grant pohtii teoksessaan *A history of natural philosophy: from the ancient world to the nineteenth century* (2007) miten eri aikoina tiede ja filosofia ovat olleet vahvasti kietoutuneina toisiinsa, mutta toisina ajanjaksoina ne ovat olleet selvästi erillään toisistaan.

Kun lähdän pureutumaan Brunon ja Keplerin kehittämiin kosmologisiin systeemeihin, niin on huomioitava se, miten suhtautuminen tieteellisiin teorioihin konseptina vaikuttaa itse teorian kehittämiseen. Tieteellistä teoriaa voi pitää joko todellisuutta kuvaavana, eli teoria kertoo miten asiat ovat fyysisesti, tai lähinnä ennustuksia tarjoavana, mutta ei fyysistä todellisuutta kuvaavana. Tämä niin kutsuttu realismin ja instrumentalismin kiista oli merkittävä filosofisen pohdinnan aihe jo uuden ajan alussa. Esimerkiksi tieteenfilosofi Richard DeWitt käsittelee kirjassaan *Worldviews: An Introduction to the History and Philosophy of Science* (2010) tätä tieteellisiin teorioihin liittyvää keskustelua ja sen vaikutuksia tieteen ja tieteellisten teorioiden kehittymiselle. Hän tarjoaa filosofista taustaa erilaisten tieteellisten teorioiden ja kosmologisten mallien syntymiselle. Aikakauden luonnonfilosofisen kontekstin ymmärtäminen on tärkeää Brunon ja Keplerin ajatusten tarkastelussa, sillä he molemmat ammensivat ajatuksia erilaisista filosofisista ajatteluperinteistä.

Tieteenhistorian yksi suurimpia kiistanaiheita on ajatus tieteellisestä vallankumouksesta. Tieteellisen vallankumouksen ajatuksena on, että uuden ajan alussa tapahtui suuria edistysaskelia tieteessä, ja siitä syystä sitä voidaan kutsua vallankumoukseksi. Tätä näkemystä on kuitenkin alettu haastamaan ja monet tieteenhistorian tutkijat näkevät, että tieteen kehitystä tulisi tarkastella enemmän historiallisena pitkänä prosessina, joka ei syntynyt vain suurten nerojen ajatuksissa, vaan osana laajaa dialogia Euroopassa ja sen ulkopuolella. Tieteellisen vallankumouksen ongelmiin liittyvässä tutkimuksessa esiin nousi esimerkiksi Wolfgang Neuberin, Thomas Rahnin ja Claus Zittelien teos *The making of Copernicus: early modern transformations of the scientist and his science* (2015), jossa he kyseenalaistavat monia tieteelliseen vallankumoukseen ja Kopernikukseen liittyviä myyttejä. Tieteellisen vallankumouksen ja sen ongelmien ymmärtäminen auttaa samalla Keplerin ja Brunon tieteenhistoriallisen roolin kontekstualisoinnissa.

Giordano Brunoon liittyvä tieteenhistoriallinen tutkimusperinne on ollut jakautunut. Tämä jako on kytkeytynyt pohdintaan Brunon asemasta osana 1500- ja 1600-luvun tieteen kehitystä ja toisaalta hänen roolinsa osana hermetististä liikettä. Englantilainen historiantutkija Francis Yates kehitti 1960-luvulla näkemyksen, jonka mukaan Giordano Brunon okkultismilla ja hermetismillä oli rooli niin sanotun tieteellisen vallankumouksen alulle panemisessa. Tätä näkemystä on myöhemmin haastanut historiantutkija Hilary Gatti, joka on julkaissut monia Brunoon liittyviä teoksia, joissa korostuu Brunon rooli kosmologisissa keskusteluissa ja hermeettinen näkökulma jää vähemmälle. Teoksissaan *Essays on Giordano Bruno* (2010) ja *Giordano Bruno: philosopher of the Renaissance* (2016) Gatti tarjoaa kattavan ymmäryksen Brunon filosofisista ja kosmologisista näkemyksistä.

Tieteenhistorioitsija Miguel Á. Granada on tutkinut Brunon kosmologiaan kytkeytyviä näkemyksiä. Hän on esimerkiksi verrannut Brunon ajatuksia muihin uuden ajan alun kosmologisten vaikuttajien ajatuksiin. Viimeisenä Brunoon liittyvänä teoksena mainittakoon Anne Eusterschulten ja Henning Hufnagelin *Turning Traditions Upside Down: Rethinking Giordano Bruno's Enlightenment* (2013), jossa tarkastellaan laaja-alaisesti Brunon luonnonfilosofiaa ja metodeja, joilla hän rakensi omaa filosofista systeemiään. Tämän lisäksi he pureutuvat Brunon esittämiin epistemologisiin, metafyyisiin ja teologisiin ajatuksiin, jonka kautta hän rakensi luonnonfilosofisia näkemyksiään.

Johannes Kepleriin liittyvä historiantutkimus on perinteisesti jakanut hänet kahteen täysin erilaiseen persoonaan liittyen hänen filosofisiin ja tähtitieteellisiin näkökulmiinsa. Etusijalla on useimmiten ollut tähtitieteellinen ja tieteenhistoriaan vahvasti kytkeytyvä näkökulma. Tässä hänet sijoitetaan tieteenhistoriassa Kopernikuksen ja Newtonin väliin suurena sillanrakentajana. Keplerin ansioksi mainitaan usein se, että hän toi empirian, matematiikan, geometrian ja fysiikan vahvasti osaksi tähtitiedettä, jolla oli kauaskantoiset seuraukset. Sen sijaan Keplerin filosofinen puoli on aina ollut toissijaisena. Tästä huolimatta Keplerin tähtitiedettä ja filosofiaa on ollut mahdoton täysin irrottaa toisistaan, koska uuden ajan alussa ne kulkivat niin vahvasti käsi kädessä. Muun muassa filosofi Daniel Špelda (2017) on tarkastellut miten Keplerin filosofinen ja luonnontieteellinen puoli on korostunut historiografiassa eri aikoina.

Monet jo aikaisemmin mainituista tutkimuksista ovat painottaneet Keplerin asemaa luonnontieteiden kehityksen keskeisenä palapelin palasena. Syväluotaavampaa tutkimusta Keplerin luonnonfilosofiasta on tehnyt esimerkiksi tieteenfilosofi ja historiantutkija Rhonda Martens kirjassaan *Kepler's philosophy and the new astronomy* (2009). Laajemman luonnonfilosofisen ajattelun sisällä Keplerillä oli monia hyvin spesifejä kosmologisia ajatuksia, joita hän esitti teoksissaan. Näitä on aikaisemmin tarkastellut tieteenhistorioitsija Miguel Á. Granada, joka on kirjoittanut monia artikkeleita julkaisussa *Journal for the history of astronomy*. Mielenkiintoisesti Granada on tutkinut sekä Keplerin että Brunon näkemyksiä. Tämän lisäksi uuden ajan alun tähtitieteeseen oli vahvasti kytköksissä astrologia, joka vaikutti myös Keplerin ajatteluun. Tätä puolta Kepleristä on tutkinut esimerkiksi Patrick J. Boner (2013).

Kuten edeltävästä käy ilmi, niin Kepleriin ja Brunoon liittyvää aikaisempaa tutkimusta on paljon. Heidän ajatuksiaan uuden ajan alun kosmologisessa keskustelussa on tarkasteltu jonkin verran. Vertaileva tutkimus on kuitenkin liittynyt heidän ajattelunsa erojen korostamiseen ja heidän näkemyksensä on perinteisesti nähty hyvin kaukaisina. Tämän taustalla on se, että Keplerin asema tieteenhistorian pioneerina on vahvasti kiveen hakattu, kun taas Brunon rooli tieteenhistoriassa on

ollut vähintäänkin eksentriininen. Oma tutkimuksellinen näkökulmani on, että Brunon ja Keplerin välillä, sekä laajemmin heidän aikalaisteksteissään, selvä rajanveto tieteellisen ja ei-tieteellisen ajattelun ja ajattelijoiden välillä ei ole täysin yksinkertaista. Joka tapauksessa Brunon ja Keplerin tieteenhistoriallisen aseman vuoksi heidän kosmologisten ja luonnonfilosofisten ajatusten tarkastelu rinnakkain näyttää hedelmällisenä keskustelun herättäjänä.

1.3 Tutkimuskysymykset ja alkuperäisaineisto

Tutkielman aiheena on Johannes Keplerin ja Giordano Brunon kosmologisten ja luonnonfilosofisten ajatusten vertailu osana 1500-luvun lopun ja 1600-luvun alun kosmologista keskustelua. Bruno ja Kepler käsittelivät kosmologiaa monissa teoksissaan, mutta tässä tutkimuksessa tarkastelu on rajattu kummankin osalta yhteen julkaisuun. Syynä tähän on se, että tarkasteltavat teokset ovat molemmilta sellaisia julkaisuja, jotka keskittyvät pääosin juuri kosmologisiin kysymyksiin ja ovat heidän kummankin kosmologisessa ajattelussaan eräänlaisia huippukohtia. Alkuperäisaineistona toimivat Brunon *On the Infinite, the Universe and the Worlds* vuodelta 1584 ja Keplerin *Astronomia Nova* vuodelta 1609. Alkuperäisaineistosta selvitetään, miten Bruno ja Kepler kritisoivat vanhaa maakeskistä maailmankuvaa, mitä ajatuksia he ammensivat Kopernikuksen aurinkokeskisestä maailmankuvasta, miten he rakensivat Kopernikuksen ajatusten avulla omia luonnonfilosofisia ja kosmologisia mallejaan, ja miten he perustelivat omia argumenttejaan.

Ensimmäisenä alkuperäislähteenä käytän Giordano Brunon teosta *On the Infinite, the Universe and the Worlds*, joka on dialogin muodossa oleva kirja. Teoksen alkuperäinen nimi on *De l'infinito universo et mundi* ja se jakautuu viiteen dialogiin, joissa esiintyy pääasiassa fiktiivisiä hahmoja. Yksi hahmoista on nimeltään Philoteo⁴⁰, joka on Brunon ääni läpi teoksen. Hän argumentoi dialogeissa muiden esittämiä näkemyksiä vastaan. Dialogit etenevät useimmiten niin, että Philoteo esittää jonkin Aristoteleen vastaisen näkemyksen, jonka jälkeen muut dialogin osapuolet yrittävät puolustaa Aristoteleen filosofiaa. Lopulta Philoteo saa muut keskustelijat puolelleen pitkien argumenttien lopputuloksena. Valitsin alkuperäislähteeksi juuri kyseisen Brunon teoksen, koska se on hänen keskeisin kosmologinen julkaisunsa. Siinä hän esittää näkemyksensä maailmankaikkeuden äärettömyydestä ja muista aikakauden kosmologeja askarruttaneista kysymyksistä. Hilary Gattin mukaan Bruno pyrki teoksessaan kehittämään rauhaisaa universaalifilosofiaansa.⁴¹ Teos on yksi Brunon merkittävimpiä hyökkäyksiä Aristoteleen filosofiaa vastaan.⁴²

⁴⁰ Philoteosta käytetään myös nimeä Teofilo.

⁴¹ Gatti 2010, 309.

⁴² Boulting 2013, 145.

Brunon teos on englanninkielinen käännös vuodelta 2014. Alkuperäisteos on italiankielinen ja sen on kääntänyt kääntäjä Scott Gosnell. Koska tämä alkuperäislähde on käännös, niin se ei tietenkään vastaa täysin alkuperäistä teosta. Gosnell itsekin pohtii tätä ongelmaa, sillä Brunon italiankieli on joissakin tapauksissa yhteensopimatonta englanninkieliseksi käännökseksi. Lisäksi hän mainitsee, että tämä kyseinen käännös on käännetty vuoden 1907 italiankielisestä käännöksestä, eikä täysin alkuperäisestä Brunon teoksesta. Kuten Keplerin julkaisu, niin myös Brunon teos on osa laajempaa kosmologista ja filosofista pohdintaa. Se on yksi kolmesta niin sanotusta vuoden 1584 Lontoon dialogeista, joista kaksi muuta julkaisua ovat *The Ash Wednesday Supper*, alkuperäiseltä nimeltään *La cena de le ceneri* ja *Concerning Cause, Principle and Unity*, alkuperäiseltä nimeltään *De la causa, principio, et uno*. Kaikki kolme Lontoon dialogia käsittelevät kosmologisia ja luonnonfilosofisia kysymyksiä.

Toisena alkuperäislähteenä toimii Johannes Keplerin *Astronomia Nova*, joka on vaikuttava julkaisu. Historioitsija Rhonda Martens kuvaillee teosta Keplerin suurimmaksi teokseksi ja kaikista merkittävimmäksi tähtitieteen kannalta. Syynä tähän on se, että juuri *Astronomia Novassa* Kepler esittelee kaksi ensimmäistä kolmesta kehittämästään planetaarisesta laista. Nämä lait kuvaavat planeettojen liikkeitä ja Isaac Newton antoi myöhemmin näille fysikaalisen selityksen. Martensin mukaan Kepler pyrki teoksessaan liittämään fysikaalisen ajattelunsa tähtitieteen lisäksi osaksi laajempaan kosmologiaansa.⁴³ Toisena kahdesta alkuperäislähteestä toimiva Keplerin teos on hieman yli 500 sivua pitkä ja pitää sisällään viisi osiota, jotka on jaettu pienempiin numeroituihin osiin. Kirja sisältää paljon sekä matemaattisia ja geometrisia todistuksia että filosofista pohdintaa. Tässä tutkimuksessa tarkastelen Keplerin esittämiä filosofisia väittämiä maailmankaikkeudesta ja sitä, mitä hän pyrki matematiikan ja geometrian avulla sanomaan. Tutkimuksen ulkopuolelle jää siis matematiikan ja geometrian arviointi itsessään.

Keplerin *Astronomia Nova* on Brunon teoksen tavoin englanninkielinen käännös alkuperäisestä teoksesta. Keplerin teos on alun perin kirjoitettu latinaksi. Käännöksen on tehnyt tieteenhistorian tutkija William H. Donahue ja se on vuodelta 2020. Käännös latinasta englantiin aiheuttaa tietysti sen, että käännös ei vastaa aivan täysin alkuperäistä Keplerin teosta. Donahue myös itse huomauttaa tästä, sillä hänen mukaansa Keplerin latina ei ole mitenkään yksinkertaista. Joka tapauksessa Keplerin näkemykset käyvät selvästi ilmi hänen kirjassaan. Valitsin tämän kyseisen teoksen Kepleriltä, koska se on hänen suurin ja vaikutusvaltaisin työnsä. Hän esitti monia *Astronomia Novassa* löytyviä näkemyksiään jo aikaisemmissa teoksissaan, kuten *Mysterium Cosmographicumissa* ja *De Stella Novassa*. Teos valikoitui siis alkuperäislähteeksi, koska monet Keplerin näkemyksistä kulminoituivat

⁴³ Martens 2009, 69.

siihen ja sillä on keskeinen asema tähtitieteen historiassa nykypäivänä. Edellä mainitut Keplerin ja Brunon teokset ovat siis kumpikin osa heidän laajempaa kosmologista ja filosofista ajatteluansa. Tämä tutkimus keskittyy tarkastelemaan kahden edellä mainitun alkuperäislähteen kautta Keplerin ja Brunon kosmologisia näkemyksiä.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Tässä tutkimuksessa käytetään historian tutkimukseen perinteisesti kuuluvaa historiallista menetelmää. Historiantutkija Jorma Kalela jakaa historiallisen menetelmän kolmeen osaan. Ensinnäkin historiantutkimusta tehdessä tutkija käyttää historiallisia lähteitä ja tarkastelee niitä lähdekriittisesti. Tärkeää on arvioida historiallisen lähteen syntyvän ja lähteen ilmaiseman tiedon välistä suhdetta. Toisena tärkeänä historiallisen metodin elementtinä on kontekstualisointi. Sillä tarkoitetaan lähteen yhdistämistä yhteiskunnallisiin, poliittisiin ja kulttuurisiin yhteyksiin. Lähteen oman aikakauden konteksti siis määrittelee sitä. Viimeisenä historiallisen menetelmän osana Kalela näkee kirjoittamalla tapahtuvan päättelyn. Tällä hän tarkoittaa, että historiantutkija tekee omat päätelmänsä kirjoittamalla ja tutkimuksen esityksen rakenne on itse tutkimustulos.⁴⁴

Historioitsijan tärkeä tehtävä on kerätä tietoa tutkimastaan asiasta. Historiantutkija Jacqueline H. Wolf näkee, että tämä historiantutkijan keräämä data ohjaa itsessään tutkimuksen narratiivia ja analyysia. Tästä seuraa hänen mukaansa kuvaus jostakin historiallisesta ilmiöstä. Lopulta historiantutkija päätyy huolellisesti perusteltuihin päätelmiin tutkimusaiheestaan. Wolf puhuu myös presentismin ongelmasta. Historiantutkijan on tärkeää tarkastella tutkimaansa ilmiötä sen oman aikansa yhteyksissä, eikä nykypäivän ajattelun kautta.⁴⁵ Historiantutkija ei tietenkään pysty täysin irtautumaan oman aikansa ajattelusta, mutta sitä voidaan pitää historiantutkimuksessa tavoiteltavana päämääränä.

Kosmologisten ja luonnonfilosofisten käsitteiden ja niiden merkitysten muutoksien tarkastelu asettaa yhden haasteen tälle tutkimukselle. Historian- ja tieteenfilosofi Jouni-Matti Kuukkanen on pohtinut tätä ongelmaa. Hänen mukaansa erilaiset tieteentekijät ovat voineet käyttää joistakin asioista samoja termejä, mutta he ovat puhuneet kuitenkin hyvin erilaisista objekteista. Tämä on tieteenfilosofisesti haastava tilanne, sillä kerralla voi puhua vain yhden teorian ja näkemyksen kielellä. Kaikki asiat eivät siis välttämättä ole vertailukelpoisia keskenään ja ne tulisi Kuukkasen mielestä nähdä maailman hahmottamisen vaihtoehtoisina tapoina.⁴⁶ Bruno ja Kepler puhuivat paljon nimellisesti samoista

⁴⁴ Hannikainen 2018, 11–12.

⁴⁵ Wolf 2018, 284.

⁴⁶ Myllykangas & Pietikäinen 2017, 164–167.

asioista, mutta heidän määritelmänsä ja käsitteensä erosivat usein toisistaan. Tästä syystä huomioin tutkimuksessa tämän tieteenfilosofisen ongelman.

Tieteen kehitykseen liittyvän analysoinnin voi tieteenhistoriassa jakaa internalistiseen ja eksternalistiseen lähestymistapaan. Internalistisessa lähestymistavassa tieteenhistoriantutkimus kohdistuu siihen, miten itse tieteen sisällä erilaiset taustatekijät vaikuttivat tieteeseen ja sen kehittymiseen. Eksternalistisessa lähestymistavassa huomioidaan tieteen ulkopuoliset taustatekijät.⁴⁷ Eksternalistinen lähestymistapa on nykyisin yleisimmin käytössä oleva tapa tarkastella tieteenhistoriaa.⁴⁸ Koska tämä tutkimus tarkastelee, miten uuden ajan alussa kosmologiaan ja luonnonfilosofiaan vaikuttaneet Kepler ja Bruno kehittivät ja rakensivat ajatuksensa, niin eksternalistinen lähestymistapa on perusteltua. Heidän kummankin ajatukset olivat vahvasti yhteydessä uuden ajan alun historialliseen kontekstiin.

Tämän tutkimuksen tehtävä on tarkastella Keplerin ja Brunon ajatuksia kontekstuaalisella menetelmällä. Tieteenhistorioitsija Erwin N. Hiebert kuvaillee tieteenhistoriaa humanistiseksi toiminnaksi, joka kytkeytyy vahvasti ideoiden ja aatteiden historiaan. Hän näkee, että tieteenhistoria kukoistaa silloin, kun se etsii mahdollisia yhteyksiä tieteenfilosofian ja muun yhteiskunnan väliltä.⁴⁹ Myös tieteenhistorioitsija Jürgen Renn korostaa, että tieteenhistoriantutkijat näkevät tieteen yhtenä osana kulttuurisia käytäntöjä.⁵⁰ Tässä tutkimuksessa Brunon ja Keplerin kosmologiset mallit siis nähdään osana uuden ajan alun kulttuuria ja muutosta, joka kytkeytyy Kopernikuksen käynnistämään niin sanottuun Kopernikaaniseen käänteeseen.

⁴⁷ Lehikoinen 1998, 9.

⁴⁸ Myllykangas & Pietikäinen 2017, 186.

⁴⁹ Gavroglu & Renn 2007, 89.

⁵⁰ Renn 2015, 37–38.

2 Taivaankappaleet kosmologisissa systeemeissä

Tässä käsittelyluvussa tarkastelen Keplerin ja Brunon alkuperäisteoksissa esittämiä näkemyksiä taivaankappaleista ja niiden liikkeistä. Taivaankappaleet ovat olleet pitkään osa kosmologista pohdintaa ja niiden avulla on pyritty joko todistamaan omia kosmologisia näkemyksiä tai kumoamaan ja kyseenalaistamaan aikaisempia kosmologisia malleja. Taivaankappaleilla tarkoitetaan tämän tutkimuksen kontekstissa Aurinkoa, Kuuta, aurinkokunnan planeettoja, asteroideja, tähtiä sekä muita Keplerin ja Brunon esittämiä hypoteettisia astronomisia objekteja.

Tämän käsittelyluvun ensimmäisessä alaluvussa analysoidaan Brunon ja Keplerin esittämiä näkemyksiä Auringosta, tähdistä ja Kuusta. Toisessa alaluvussa tutkitaan, miten Kepler ja Bruno sovelsivat aurinkokunnan viittä, siihen aikaan tunnettua planeettaa, ja muita hypoteettisia taivaankappaleita kosmologisissa näkemyksissään. Keskeistä tässä käsittelyluvussa on se, miten Kepler ja Bruno rakensivat kosmologiaansa taivaankappaleiden avulla, miten näiden kahden kosmologisen mallin rakennusprosessit erosivat toisistaan ja mitkä ajatukset ohjasivat heidän taivaankappaleita koskettavaa kosmologiaansa.

2.1 Kaksi suurta taivaankappaletta

Aurinko ja Kuu ovat näytelleet keskeistä roolia kosmologisissa pohdinnoissa pitkään, sillä ne ovat Maasta katsottuna suurimpia taivaankappaleita. Bruno ja Kepler olivat kumpikin vahvasti aurinkokeskisyyden kannattajia ja heidän kosmologisissa systeemeissään Aurinko on avainasemassa. Vaikka heille kummallekin Aurinko on tärkeä, niin se on sitä hyvin erilaisista syistä. Se miten he rakensivat ajatuksiaan Auringon avulla, kertoo myös hyvin siitä, minkälaisia ajattelijoita he olivat ja miten heidän metodologiansa poikkesivat toisistaan. Molemmat tarkastelivat Aurinkoa suhteessa muihin tähtiin ja pohtivat erosiko Aurinko jollakin tavalla kaukaisista tähdistä.

Giordano Brunon näkemykset Auringosta kytkeytyvät hänen hermetistisiin ja animistisiin näkemyksiinsä.⁵¹ Historioitsija Christopher I. Lehigh huomauttaa, että Brunolle hermetismi ja kopernikaaninen aurinkokeskisyys olivat yhteensopivia keskenään.⁵² Hermetismi on eräänlainen okkultistinen renessanssifilosofian suuntaus ja sen juuret ovat antiikin Kreikassa. Sen tarkka määrittely on kuitenkin haastavaa, sillä hermetismi on muuttanut muotoaan vuosisatojen aikana ja hyvin erilaiset ajattelijat ovat käyttäneet sitä oman ajattelunsa tukena.⁵³ Hermetismin voi määrittellä

⁵¹ Candela 1998, 355–356.

⁵² Lehigh 2007, 43.

⁵³ Ebeling, Lorton & Assmann 2007, 1–2.

karkeasti Hermes Trismegistoksen ajatteluun pohjautuvaksi filosofiseksi systeemiksi, jossa yhdistyivät alkemia, magia ja okkultismi. Hermetismi vaikutti erityisesti uuden ajan alun Italiassa, josta Bruno oli kotoisin. Animismi taas on uskomus, jonka mukaan todellisuus on pohjimmiltaan sielullista.⁵⁴ Hermetistisessä ajatteluperinteessä Aurinko kuvasti elämän, uusiutumisen ja yhteyden kohtaamista, eräänlaista jumalaa.⁵⁵ Tästä syystä Bruno näki Auringon tärkeänä, mutta Kepleristä ja muista kopernikaanisista ajattelijoista poiketen hän ei nähnyt Aurinkoa uniikkina.

Keplerin ajattelussa taas korostui vahvasti hänen oma kristillinen ajattelunsa, joka oli samalla ristiriidassa katolisen kirkon teologisten näkemysten kanssa. Katolinen kirkko tuki vielä Keplerin aikana vanhaa Aristoteleen ja Ptolemaioksen rakentamaa maakeskistä maailmankuvaa. Tämä ei kuitenkaan estänyt Kepleriä tekemästä omia päätelmiään. Hänelle Aurinko ja Kopernikuksen aurinkokeskisyys olivat täysin yhteensopivia hänen oman teologiansa kanssa. Keplerille Aurinko, joka sijaitsi aurinkokunnan keskuksessa, oli osa pyhää kolminaisuutta. Aurinko kuvasti pyhässä kolminaisuudessa isää, kiintotähtien muodostama pallonkuori poikaa ja ”taivaallinen ilma”, eli eetteri, joka täytti avaruuden tyhjän tilan, pyhää henkeä.⁵⁶ Samalla se osoitti hänelle, että maailmankaikkeus oli huolellisesti rakennettu ja harmoninen systeemi.⁵⁷ Brunon ja Keplerin Auringot erosivat toisistaan siis essentiaalisesti, eli olemukseltaan.

Brunon teoksen kolmannessa dialogissa Philoteo ja Elpino keskustelevat erilaisten taivaankappaleiden olemuksesta. Philoteo argumentoi, että Aurinko on vain yksi monista auringoista⁵⁸. Nämä muut auringot ovat hänen mukaansa maapallolta katsottuna kiintotähtiä. Philoteon argumenttien jälkeen Elpino päättelee, että aurinkojen määrän täytyy siis olla ääretön ja tästä seuraa samalla se, että myös muita maailmoja, eli tähtiä kiertäviä planeettoja, on ääretön määrä.⁵⁹ Tämä on hyvä esimerkki Brunon teoksen läpikattavasta temasta, eli universumin äärettömyyden puolesta argumentoimisesta. Teoksen läpi Brunon äänenä toimiva Philoteo pitää pitkiä monologeja, jonka päätteeksi muut keskustelun osapuolet, kuten Elpino, tulevat mukaan keskusteluun ja ilmaisevat Philoteon näkemykset pähkinänkuoressa.

Brunon ja Keplerin tapa perustella näkemyksiään erosi merkittävästi toisistaan, ja Aurinkoon liittyvät argumentit ovat hyvä esimerkki tästä. Bruno perusteli ajatuksiaan erilaisten päättelyjen avulla. Vaikka Keplerin ajatteluun vaikuttivat vahvasti hänen kristilliset näkemyksensä, niin hän lähestyi monesti

⁵⁴ ”Animismi”, Tieteen termipankki.

⁵⁵ Candela 1998, 357.

⁵⁶ Martens 2009, 40.

⁵⁷ Gingerich & Voelkel 2005, 90.

⁵⁸ Auringoilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa tähtiä.

⁵⁹ Bruno 1584, 102.

asioita fysiikan kautta. Kepler sanoo *Astronomia Novan* johdannossa, että hänen mielestään Aurinko on paikallaan pysyvä taivaankappale ja Maa liikkuu sen ympärillä. Hän näkee, että on järkevämpää ajatella Auringon olevan aurinkokunnan keskellä ja sen liikuttavan muita planeettoja, kuin että Maa olisi keskellä ja liikuttaisi Aurinkoa. Kepler lisää, että jos oletetaan, että Maa liikkuu Auringon ympärillä, niin Maan liike on paremmin perusteltavissa fysikaalisin keinoin, kuin animistisin tavoin.⁶⁰ Tämä ilmentää hyvin Brunon ja Keplerin filosofisen ajattelun eroa. Kepler hylkää animismin ontologisena ilmiönä, kun taas Bruno pitää sitä keskeisenä osana omaa filosofiaansa.

Bruno ja Kepler tekivät kumpikin kosmologiassaan selvän eron taivaankappaleiden näennäisen ja todellisen liikkeen välillä. Tämä keskustelu kytkeytyy aurinkokeskisyyden ja maakeskisyyden väliseen jännitteeseen. Maakeskisyydessä kaikki taivaankappaleiden liike selittyy niiden omalla kiertoliikkeellä Maan ympäri osana pallonkuorien liikettä. Bruno ja Kepler eivät kumpikaan hyväksyneet tätä näkemystä ja hyökkäsivät sitä vastaan eri keinoin. Brunon kirjan kolmannessa dialogissa Elpino ja Philoteo keskustelevat taivaankappaleiden liikkeistä ja Elpino toteaa seuraavasti:

Undoubtedly, this fantasia of stars, of flares, their axis, their different movements, the functions of the epicycles, and such chimera, is not captive to some high principle, but is only an illusion, which makes it appear that the Earth is the middle and the center of the universe, and is immobile and fixed, and is that around which all else revolves.⁶¹

Philoteo on saanut Elpinon vakuuttuneeksi omilla argumenteillaan, joten Elpino on hyväksynyt näkemyksen, jossa maakeskinen illuusio on havaittu ja sen takaa löytyvä Brunon näkemyksien mukainen totuus on paljastunut. Vaikka tämä on lähtökohtaisesti Brunon hyökkäys Aristoteleen ja Ptolemaioksen näkemyksiä vastaan, niin samalla hän sivaltaa myös Kopernikusta. Historioitsija Helge Kragh huomauttaa, että Kopernikus uskoi yhä kiintotähtien olevan osa kauimmaista pallonkuorta.⁶² Bruno tekee kuitenkin selväksi, että kaikki Maasta näkyvä kiintotähtien liike johtuu Maan omasta pyörimisliikkeestä. Samalla myös Auringon liike Maan ympärillä on näennäistä.

Kepler pureutuu Aurinkoon ja sen liikkeisiin syvällisimmin teoksensa luvussa 33, jossa hän esittää näkemyksen, jonka mukaan ”voima”, joka liikuttaa aurinkokunnan taivaankappaleita sijaitsee Auringossa. Hän huomauttaa, että havainnot osoittavat planeettojen liikkuvan hitaammin, mitä kauempana ne sijaitsevat Auringosta. Kepler sanoo, että luonnonfilosofisen aksioman⁶³ mukaan

⁶⁰ Kepler 1609, 21–22.

⁶¹ Bruno 1584, 101.

⁶² Kragh 2007, 58.

⁶³ Aksiomalla tarkoitetaan tieteellisen teorian, formaalin järjestelmän tai tiedonalan peruslauseetta, jota ei voida todistaa tai johtaa itse järjestelmästä. ”Aksioma”, Tieteen termipankki.

asiat, jotka tapahtuvat samalla tavalla samaan aikaan, ovat joko toistensa aiheuttamia tai seurausta samasta syystä. Lisäksi hän tunnistaa, että pituussuuntaisen liikkeen intensiteetti ja kiertoaika ovat yhteydessä etäisyyteen keskustasta, eli tässä tapauksessa Keplerin mukaan Auringosta.⁶⁴ Keplerin esille nostama ajatus luonnonfilosofisista aksioomista on jälleen hyvä esimerkki siitä, miten Kepler ja Bruno erosivat toisistaan ajattelijoina. Bruno ei mainitse teoksessaan minkäänlaisia luonnonfilosofisia aksioomia, sillä hän pyrkii todistamaan näkemyksensä muilla tavoin.

Samaisessa luvussa 33 Kepler kyseenalaistaa jälleen animistiset tulkinnat havaintojen selittäjänä. Sen sijaan hän sanoo, että planeettojen liikkeitä motivoiva voima sijaitsee systeemin keskipisteessä, josta kaikki pituudet ja matkat mitataan. Seuraavaksi hän pohtii sitä, mikä kappale on tämän systeemin keskellä. Kepler vertailee Ptolemaioksen, Brahen ja Kopernikuksen esittämiä väittämiä keskenään. Hän tulee lopputulokseen, että Aurinko on maailmankaikkeuden keskuksessa, sillä hän on aikaisemmassa kappaleessa todistanut sen matemaattisesti.⁶⁵ Tämä Ptolemaioksen, Brahen ja Kopernikuksen laskelmien ja näkemysten vertailu on koko *Astronomia Novan* läpikattavaa.

Historioitsija Miguel Á. Granada huomauttaa artikkelissaan, että Kepler eliminoi tässä Aristoteleen kosmologisen systeemin niin sanotut ”motiiviset älyt.” Motiiviset älyt tarkoittavat sitä, että kaikilla taivaankappaleilla on oma sisäinen ja ontologinen motiivinsa, joka aiheuttaa niiden liikkeen. Aristoteleen kosmologiassa taivaankappaleiden motiivinen äly oli yhteydessä polyteistiseen ajatteluun. Kun Kepler poisti kosmologiastaan nämä älyt ja Aurinko sai ”yksinoikeuden” systeemin keskuksena ja liikeratojen aikaan saajana, niin Kepler rakensi kosmologiansa yhteensopivaksi oman kristillisen monoteistisen teologiansa kanssa.⁶⁶ Rhonda Martens nostaa esille samanlaisia näkemyksiä ja mainitsee, että Kepler käytti *Astronomia Novassa* vähemmän teologisia argumentteja kuin aikaisemmissa teoksissaan, sillä teoksen luonne oli vahvemmin luonnonfilosofinen ja matemaattinen.⁶⁷

Edellä mainittu ilmentää hyvin sitä, miten laaja joukko erilaisia ajatusrakennelmia toimi keskenään vuorovaikutuksessa uuden ajan alun luonnonfilosofisissa ja kosmologisissa pohdinnoissa. Sekä Brunoon että Kepleriin vaikuttivat Aristoteleen esittämät kysymyksenasettelut ja käsitteet, vaikka kumpikin lähtökohtaisesti kritisoi Aristoteleen näkemyksiä. Samalla tavoin erityisesti katolisen kirkon teologia näytteli jatkuvaa roolia pohdinnoissa. Erityisesti Kepler on usein mielletty varhaiseksi luonnontieteiden pioneeriksi, mutta teologiset näkemykset ohjasivat häntä voimakkaasti. Uuden ajan

⁶⁴ Kepler 1609, 278.

⁶⁵ Kepler 1609, 279.

⁶⁶ Granada 2022, 137.

⁶⁷ Martens 2009, 73.

alun keskustelukenttä, johon Kepler ja Bruno osallistuivat, muodostui vanhan antiikin filosofian, katolisen kirkon teologian, tähtitieteen traditioiden ja uusien kopernikaanisen käänteen synnyttämien ajatusten synteestistä. Tämä historiallinen konteksti synnytti sekä vanhojen ajatusmallien puolustusliikkeitä että uusien ajatusmallien omaksumista. Bruno ja Kepler kumpikin kehittivät uusia ajatuksia, mutta samalla ylläpitivät toisia vanhoja ajatusrakennelmia.

Aurinkoon ja tähtiin liittyvässä pohdinnassa nousee esille valon metafyyminen luonne. Sekä Kepler että Bruno pohtivat valon roolia maailmankaikkeudessa. Valoon liittyvä pohdinta kytkeytyi lämpötiloihin, sillä lämpöä tuottavat objektit nähtiin yleisesti myös valoa tuottavina objekteina. Bruno pohtii Auringon ja tähtien roolia valon ja lämmön tuottajina kolmannessa dialogissaan. Philoteo kuvailee tähtiä eräänlaisina tulina. Kun Elpino pohtii, miten nämä tulet voi erottaa ”maista”, eli planeetoista, niin Philoteo vastaa, että tulet ovat aina paikallaan olevia, kun taas maat liikkuvat.⁶⁸ Bruno yhdisti siis tähdet ja Auringon tuleen, joka on yksi neljästä klassisesta elementistä. Hänelle objektien olemus vaikutti siihen, mistä elementistä ne muodostuvat.⁶⁹ Tähtien näkeminen ”tulina” on myös selvä Aristoteleen luonnonfilosofian hylkäys, sillä Aristoteleen kosmologiassa supralunaarinen, eli Maan ulkopuolinen taivaallinen alue muodostui vain viidennestä elementistä, eli eetteristä.

Tässä kohtaa on kuitenkin tärkeää huomata, että Aristoteles ja Bruno tarkoittivat Maan ulkopuolisella alueella eri asioita. Aristoteleen supralunaarinen alue muodostui pallonkuorista. Bruno taas näki, että Maan ulkopuolella oli eräänlainen tyhjiö, jossa taivaankappaleet olivat fyysisinä objekteina. Tämän eron avulla hän perustelee, miksi hän näkee, että eetterin muodostamassa tyhjiössä voi olla tulta. Bruno jatkaa kolmannessa dialogissa tulisen Auringon käsittelyä. Philoteo toteaa, että kaikki taivaankappaleet avaruudessa voivat olla joko kylmiä tai kuumia. Hän toteaa, että eetterin muodostama avaruus ei voi pitää itsessään sisällään tulta. Aurinko on Philoteon mukaan oma taivaankappaleensa avaruudessa ja Auringon olemassaolo kiinteänä objektina eetterissä mahdollistaa sen, että eetterissä on tulta. Tämä tuli voi kuitenkin esiintyä vain kiinteiden objektien, eli Auringon tai tähtien, lähellä, eikä eetterissä yksinään.⁷⁰

Bruno jatkaa kolmannessa dialogissa valoisien kappaleiden, eli tähtien ja Auringon käsittelyä. Dialogissa Elpino on vakuuttunut Philoteon argumenteista ja toteaa, että Aristoteleen seuraajat ovat idiootteja, koska he uskovat, että Aurinko ja tähdet muodostuvat viidennestä elementistä, eli eetteristä. Dialogin kolmas osapuoli Fracastorio toteaa, että eetterin hylkääminen taivaankappaleiden

⁶⁸ Bruno 1584, 105.

⁶⁹ Hufnagel & Eusterschulte 2013, 92.

⁷⁰ Bruno 1584, 109.

olemassaolon selittäjänä on järkevää, sillä eetterin olemassaololle ei ole minkäänlaisia todisteita.⁷¹ Tämä on erikoista, sillä Bruno ei hyväksy eetteriä taivaankappaleiden muodostajana, mutta hyväksyy silti, että eetteri täyttää avaruuden tyhjän tilan. Historioitsija Hilary Gatti huomauttaa, että Brunon näkemys eetteristä poikkesi Aristoteleen eetteristä myös muulla tavalla. Bruno nimittäin näki eetterin osana klassisia elementtejä. Aristoteleen mukaan klassiset neljä elementtiä muodostivat aineellisen maailman. Brunolle eetteri kuului tähän aineellisen maailman elementtien joukkoon.⁷²

Brunon tavoin Kepler pohtii mistä Aurinko muodostuu. Hänelle Aurinko on metafyyminen objekti maailmankaikkeuden keskellä. Aurinko pitää Keplerin mukaan sisällään jumalallista voimaa, joka säteilee kaikkialle maailmankaikkeuteen. Tätä voimaa hän kutsuu nimellä *species*. Tämä mystinen liikuttava voima⁷³ kytkeytyy Keplerin painovoimaan liittyvään pohdintaan, johon pureudun myöhemmässä käsittelykappaleessa. Kyseisen voiman lisäksi Aurinko säteilee Keplerin mukaan valoa kaikkialle maailmaan.⁷⁴ Historiantutkija Raz Chen-Morris mainitsee, että Kepler esitti eri teoksissaan hieman poikkeavia näkemyksiä liikuttavan voiman ja valon suhteesta. Kepler osasi yhdistää valon ja liikuttavan voiman kummankin Aurinkoon. Joissain tapauksissa hän jopa esitti, että valo saattaisi kuljettaa tätä mystistä voimaa Auringosta muualle maailmankaikkeuteen. Tästä huolimatta Chen-Morris näkee, että valolla oli Keplerin fysiikassa vain vähäinen rooli.⁷⁵ Timberlake ja Wallace nostavat esille, että Kepler esitti näkemyksiä Auringosta lähtöisin olevasta liikuttavasta voimasta jo aikaisemmissa teoksissaan, mutta näkemykset kulminoituivat *Astronomia Novassa* Keplerin fysiikassa.⁷⁶

Bruno ei anna Auringolle minkäänlaista erityisasemaa taivaankappaleiden liikkeiden aiheuttajana. Hän kuitenkin pohtii Auringon valoisuutta kolmannessa dialogissaan. Philoteo toteaa Elpinolle, että Aurinko ei valaise itse itseään, eivätkä muutkaan taivaankappaleet valaise itseään. Sen sijaan kaikki taivaankappaleet valaisevat tilaa niiden ympärillä. Philoteon mielestä siis Auringon pinnalla ei pystyisi näkemään Auringon omaa valoa. Hän tarjoaa esimerkin Maasta kuvailemalla, miten yöllä merellä Kuun heijastus on merenpinnan lähellä vain pieni alue, mutta jos nousee ylöspäin taivaalle, niin heijastuksen koko kasvaa.⁷⁷ Bruno esittää tässä hyvin erikoisen näkemyksen, mutta se kytkeytyy hänen aikaisemmin dialogissa esittämänsä näkemykseen Auringon ylläpitämästä elämästä.

⁷¹ Bruno 1584, 112–113.

⁷² Gatti 2016, 276.

⁷³ Nykykäsityksen mukaan painovoima.

⁷⁴ Kepler 1609, 285.

⁷⁵ Gal & Chen-Morris 2013, 105–106.

⁷⁶ Timberlake & Wallace 2019, 188–190.

⁷⁷ Bruno 1584, 111.

Philoteo sanoo Elpinolle, että Aurinko muodostuu todennäköisesti jostakin kovasta aineesta, joka voi olla kuumaa ilman että se sulaa helposti. Hän antaa esimerkeiksi metalleja, kuten kullan ja hopean. Seuraavaksi Philoteo esittää mielenkiintoisen ajatuksen. Hän nimittäin hän sanoo, että Auringon pinnalla elää todennäköisesti ”Auringon eliöitä”, samalla tavoin kun maapallolla on elämää. Philoteo sanoo, että nämä eliöt saavat valonsa muista tähdistä ja avaruuden kylmyys viilentää niitä.⁷⁸ Vaikka Bruno näkee, että Auringon pinnalla ja sitä kautta myös tähtien pinnalla voi olla elämää, niin hän pitää silti ”aurinkoja” erillisinä taivaankappaleina suhteessa planeettoihin ja Kuuhun. Gatti nostaa esille, että Bruno näki Auringon ja muut tähdet tähtitieteellisinä objekteina, jotka tuottavat sisänsä omaa valoa. Sen sijaan muut taivaankappaleet, kuten Maa tai Kuu, heijastavat tätä valoa, eivätkä tuota omaa sisäistä valoaan.⁷⁹

Kepler ei esitä vastaavia näkemyksiä Auringosta ja siellä mahdollisesti elävistä eliöistä. Syynä tähän on mitä todennäköisemmin se, että Kepler tuki vahvasti empirismin ajatusta, jonka mukaan havainnot pystyvät parhaiten vastaamaan erilaisiin ongelmiin ja kysymyksiin. Keplerin empirismistä esimerkkinä hän toteaa *Astronomia Novan* Ptolemaioksen, Brahen ja Kopernikuksen hypoteeseja vertailevassa toisessa luvussa seuraavasti:

I have presented these models hypothetically, the hypothesis being astronomy’s testimony that the planet’s path is perfect eccentric circle such as was described. If astronomy will discover something different, the physical theories will also change.⁸⁰

Kepler siis toteaa, että jos tähtitiede löytää jotakin, joka kumoaa hänen esittämänsä hypoteesit, niin hänen mukaansa myös fyysiset teorit muuttuvat. Filosofian ja tieteen historiantutkija Christoph Lüthy sanoo, että Kepler oli mielenkiintoinen hahmo, sillä hän hyväksyi, että tähtitieteellinen empiirinen data saattoi kumota hänen näkemyksensä. Lüthy nostaa esille, että tämä ajattelu ei kuitenkaan venynyt Keplerin kohdalla koskemaan hänen teologiseen ajatteluunsa kytkeytyvää harmonia-ajattelua.⁸¹

Brunon suhde empiriaan on paljon vaikeaselkoisempi. Hän ei käytä argumenttiensa tukena minkäänlaista tähtitieteellistä dataa tai edes matematiikkaa. Vaikka Bruno näkee, että havainnoilla ei voida saavuttaa lopullisia totuuksia, niin siitä huolimatta hän pohtii havaintokykyjen rajallisuutta ja sen merkitystä vääriin lopputuloksiin päätymisessä. Toisen dialogin loppupuolella Philoteo toteaa

⁷⁸ Bruno 1584, 110–111.

⁷⁹ Gatti 2010, 50.

⁸⁰ Kepler 1609, 86.

⁸¹ Lüthy, Swan, Bakker & Zittel 2018, 268–269.

Elpinolle, että on ongelmallista kytkeä totuus vain havaintoihin, sillä ihmisen kyvyt havainnointiin ovat rajalliset. Tästä Philoteo tarjoaa esimerkiksi kaukaiset tähdet, ja miten ne saattavat näyttää hyvin himmeiltä. Tämä ei kuitenkaan välttämättä johdu tähtien oikeasta himmeystä, vaan pikemminkin havainnoitsijan kaukaisuudesta suhteessa tähtiin.⁸² Tämä on hyvä esimerkki Brunon luonnonfilosofian läpikattavasta temasta, eli suhteellisuudesta.

Keplerin ja Brunon suhteesta empiriaan löytyy mielenkiintoisia aikaisempia pohdintoja. Esimerkiksi Chen-Morris nostaa esille, miten Bruno suhtautui tähtitieteelliseen tietoon. Hän mainitsee, miten Bruno näki niin sanotun perinteisen tähtitieteellisen tiedon olevan aina rajoittunutta, koska ihmisen havaintokyvyt ovat rajalliset. Tästä seuraa Brunon mukaan se, että ihmiset kehittävät puutteellisia tähtitieteellisiä teorioita. Lähemmäs totuutta pääsee Brunon mielestä vain, jos pääsee tämän rajoittuneen tähtitieteen yläpuolelle tavallisesta poikkeavilla suorilla havainnoilla taivaista. Tämän kaltaisiin havaintoihin kykenevät Brunon mukaan vain suuret filosofit, jollaisena hän itsensä näkee.⁸³ Kirjallisuudentutkija Steffen Schneider nostaa esille samanlaisia huomioita Brunon ajattelusta.⁸⁴ Tämä ajattelu kytkeytyy myös Brunon Aristotelesta vastaan kohdistamaan kritiikkiin. Bruno ei pitänyt siitä, että Aristotelesta käytettiin uuden ajan alussa nimeä ”Filosofi” isolla F:llä, sillä hänen merkityksensä uuden ajan alun ajattelussa oli niin valtaisa. Bruno halusi itselleen tämän filosofin paikan. Granada toteaa, että Bruno näki Aristoteleen filosofian harhauttajana ja pimeyden profeettana. Brunon oma rooli taas on filosofian kunnianpalauttaja ja entisöijä.⁸⁵

Aurinko nousee siis Keplerin ja Brunon luonnonfilosofisissa pohdinnoissa monesti esille. Sen sijaan Kuu jää paljon vähemmälle huomiolle. Tästä huolimatta kumpikin heistä käsittelee Kuuta ja sen roolia kosmologiassa. Kuuhun liittyvä pohdinta kietoutuu monesti Kuun vaikutukseen maanpinnan asioihin. Näistä merkittävin on vuorovesi. Kepler nostaa teoksensa johdannossa esille vuoroveden. Tämä pohdinta kytkeytyy laajemmin hänen painovoimaan liittyvään spekulatioonsa. Joka tapauksessa Kepler toteaa, että sekä Kuu että Maa vetävät toisiaan puoleensa, mutta Kuu on heikompi. Tämä Kuun voima vetää kuitenkin maapallon vesiä puoleensa, joka näyttäytyy vuorovetenä. Kepler nostaa esille esimerkkejä Aasiasta, jossa hän näkee olleen paikkoja, jotka ovat vuorovesien vuoksi jääneet veden alle. Hän mainitsee nimeltä Taprobanen, jolla nimellä Sri Lanka tunnettiin antiikin Kreikassa.⁸⁶

⁸² Bruno 1584, 96.

⁸³ Gal & Chen-Morris 2013, 103–104.

⁸⁴ Neuber, Zittel & Rahn 2015, 141.

⁸⁵ Granada 2004, 105.

⁸⁶ Kepler 1609, 25–26.

Kuu oli Keplerille tärkeä muullakin tavalla. Timberlake ja Wallace huomauttavat, että Kepler ymmärsi, että jos taivaankappaleiden liikkeitä tarkastelisi Kuun pinnalta, niin Kuu näyttäisi olevan paikallaan ja kaiken keskellä, kun taas Maa, Aurinko ja muut planeetat näyttäisivät liikkuvan sen ympärillä. Kuu oli siis Keplerille tärkeä, sillä Kuu toimi hyvänä esimerkkitapauksena taivaankappaleesta, jonka avulla voitiin osoittaa, miten taivaankappaleen pyörimisliike aiheuttaa muiden taivaankappaleiden näennäisen liikkeen.⁸⁷ Tämä taivaankappaleiden näennäisen liikkeen ja todellisen liikkeen erottaminen toisistaan on tietenkin tärkeää, sillä niiden sekoittaminen toisiinsa johti monesti harhaan. Kepler ja Bruno kumpikin ymmärtävät tämän eron tekemisen tärkeyden kosmologiassaan.

Mielenkiintoisesti myös Bruno nostaa Kuuhun liittyvässä keskustelussa esille Kuussa olevan tarkkailijan havainnot. Kuun pinnallisista havainnoista esimerkkinä Brunon teoksen toisessa dialogissa Philoteo ja Elpino keskustelevat Aristoteleen luonnonfilosofian ongelmista. Keplerin näkemyksen tavoin Philoteo, eli Bruno, huomauttaa, että jos havainnoitsija olisi Kuun pinnalla, niin hän ajattelisi taivaankappaleiden liikkeiden avulla olevansa koko maailmankaikkeuden keskellä. Philoteo sanoo, että tämä sama illuusio tapahtuu Maan pinnalla. Tietysti Kuun tiedetään kiertävän Maata, joten tämän Kuussa olevan tarkkailijan havainnot ovat virheellisiä ja kyseiset havainnot johtuvat Kuun omasta pyörimisliikkeestä Maan ympärillä.⁸⁸ Tämä Brunon argumentointi toimii jälleen hyvänä esimerkkinä hänen suhteellisuusajattelustaan.

Auringosta poiketen Bruno näkee Kuun samankaltaisena objektina kuin Maan. Bruno ajattelee maailmojen muodostuvan klassisista elementeistä. Kun Aurinko ja tähdet muodostuvat tulesta, niin Maa, Kuu ja muut planeetat taas muodostuvat maasta ja vedestä. Kolmannessa dialogissa Elpino ja Philoteo keskustelevat tästä, ja tämä kytkeytyy myös aikaisemmin esille nousseeseen valoisuuden luonteen pohdintaan. Elpino toteaa, että maasta muodostuvat ”kiteiset” ja vedestä muodostuvat ”vetiset” maailmat ovat maailmankaikkeuden sekundäärisiä valonlähteitä, jotka heijastavat ”tulien” valoa. Tähän Philoteo toteaa Elpinon olevan täysin oikeassa.⁸⁹ Granada tuo esille, että myös Kepler pohti tätä Brunon ajatusta siitä, että Kuun pinnan kirkkaat kohdat muodostuisivat vedestä, ystävänsä diplomaatti Wacker von Wackenfelsin (1550–1619) kanssa. Granadan huomauttaa, että Kepler ei hyväksynyt tätä Brunon esittämää näkemystä.⁹⁰

⁸⁷ Timberlake & Wallace 2019, 176.

⁸⁸ Bruno 1584, 73–74.

⁸⁹ Bruno 1584, 112.

⁹⁰ Granada 2008, 480.

Tämä luku tarkasteli Brunon ja Keplerin Aurinkoon ja Kuuhun liittyvää pohdintaa. Kumpikin heistä pohti teoksissaan Auringon ja Kuun roolia kosmologisina, astronomisina ja filosofisina taivaankappaleina. Näistä kahdesta taivaankappaleesta Aurinko oli selvästi tärkeämmässä asemassa. Syynä tähän voidaan pitää sitä, että he olivat kumpikin Kopernikuksen aurinkokeskisen maailmankuvan vankkoja kannattajia. Tästä huolimatta heidän pohdintansa Auringosta poikkesivat merkittävästi. Keplerille Aurinko todella oli uniikki ja tärkeä taivaankappale maailmankaikkeuden keskellä, kun taas Brunolle Aurinko viittoi vain tietä lopullisen totuuden tiellä, jossa Aurinko oli vain yksi tähdistä, eikä mitenkään erityinen. Kuu taas näytteli Keplerille ja Brunolle pienempää, mutta silti tärkeää asemaa. Kuun avulla pystyttiin osoittamaan, miten maakeskinen maailmankuva ja sen ajatus siitä, että Maasta nähtävä taivaankappaleiden liike kuvasti niiden todellista liikettä, oli oikeasti vain illuusiota.

2.2 Planeetat ja muut taivaankappaleet

Yötaivaan tarkkailu on ollut aina keskeinen osa astronomista ja kosmologista pohdintaa. Jo varhaiset tähtitieteilijät huomasivat, että tähtien joukossa oli kirkkaampia liikkuvia ”tähtiä”, joiden liike sijoittui aina samalle liikeradalle. Nämä olivat tietysti planeettoja. Keplerin ja Brunon aikana tähtitieteilijät tunsivat Maan lisäksi vain viisi planeettaa, jotka olivat Merkurius, Venus, Mars, Jupiter ja Saturnus. Nämä kaikki pystyi havaitsemaan yötaivaalta paljain silmin. Tämän lisäksi yötaivaalla näkyi aika ajoin esimerkiksi komeettoja. Kepler ja Bruno pohtivat kumpikin planeettojen ja muiden taivaankappaleiden luonnetta ja asemaa aurinkokunnassa. He kuitenkin käyttivät niitä hyvin eri tavoin aurinkokeskisyyden ja oman kosmologiansa tukena.

Brunolle aurinkokunnan planeetat eivät näyttäyty mitenkään erityisinä, samalla tavoin kuin ei Aurinko tai Kuukaan. Hän pohtii aurinkokunnan planeettojen avulla paljon laajempia kosmologisia kysymyksiä. Bruno pyrkii tällä pohdinnalla tukemaan näkemystään kosmisesta pluralismista eli maailmojen moninaisuudesta. Hän nimittäin näkee, että muiden tähtien ympärillä liikkuu samanlaisia planeettoja kuin aurinkokunnassa, eikä ole hänen mielestään järkevää ajatella, ettei näin olisi. Neljännessä dialogissa Elpino ja Philoteo keskustelevat siitä, minkälainen näiden muiden maailmojen luonne on. Aristoteleen luonnonfilosofiaa kritisoidessaan Philoteo esittää näkemyksen, jonka mukaan erilaisten maailmojen ja aurinkokuntien välillä on samankaltaisuuksia, mutta kyseiset maailmat saattavat olla silti erilaisissa tilanteissa. Philoteon mukaan on kuitenkin perusteltua ajatella, että koska

Maassa elementit ja asiat käyttäytyvät tietyllä tavalla, sama käyttäytymismalli pätee myös muihin maailmoihin.⁹¹

Gatti nostaa esille tärkeän teeman Brunon planeetta-ajattelun ymmärtämiseksi. Hän huomauttaa, että Bruno lähestyi taivaankappaleita termodynaamisesta näkökulmasta. Taivaankappaleiden luonne kytkeytyy siis lämpötiloihin.⁹² Tämä on ilmennyt jo aikaisemmin esimerkiksi siinä, miten Bruno erotteli taivaankappaleet tulisiin, eli kuumiin, ja maasta sekä vedestä muodostuviin, eli viileisiin. Neljännessä dialogissa Philoteo aloittaa keskustelun esittämällä näkemyksen, jonka mukaan ei ole olemassa mitään päällekkäisiä pallonkuoria, vaan eetterin muodostama valtaisa tila, jossa on kuumia ja kylmiä kappaleita.⁹³ Tämä on jälleen Brunolta selvä hyökkäys vanhaa Aristoteleen kosmologista systeemiä kohtaan.

Keplerin kosmologiassa ja tähtitieteessä planeetat ovat avain asemassa. Hänelle planeetat ovat tärkeitä sekä hänen luonnonfilosofiassaan että matemaattisessa ja geometrisessa tähtitieteessään. *Astronomia Novassa* hän käyttää planeettojen, varsinkin Marsin liikeradan kuvailua keskeisenä todistuskappaleena omille näkemyksilleen. Hän aloittaa teoksensa ensimmäisen luvun erottamalla planeettojen ensimmäisen ja toisen liikkeen toisistaan. Ensimmäisellä liikkeellä hän tarkoittaa Maan pyörimisestä johtuvaa planeettojen näennäistä liikettä eläinrataa pitkin. Toinen liike on Keplerin mukaan planeettojen toisinaan tuottama taantuva liike yötaivaalla idästä länteen. Esimerkiksi Marsin näennäinen taantuva liike johtuu siitä, että Maa kiertää Aurinkoa lähempänä ja nopeammin kuin Mars. Kun Maa ohittaa Marsin kiertoradallaan, niin Maasta katsottuna Marsin liike näyttää taantuvalta. Kepler myös sanoo, että menneisyyden ihmiset huomasivat planeettojen epätasaisen liikkeen, mutta koska taivaan oletettiin olevan täydellinen ja muuttumaton, tätä asiaa ei pohdittu pidemmälle. Kepler näkee kuitenkin havainnot järkevämpänä työkaluna.⁹⁴

Samaisessa kappaleessa hän siirtyy kritisoimaan sekä Ptolemaioksen maakeskistä että Brahen kompromissimallia ja antaa vahvan tuen Kopernikuksen hypoteesille. Kepler esittää piirroksen, jossa ilmenee Marsin episyklinen liikerata vuosien 1580 ja 1596 välillä. Kuvassa oletetaan, että Maa on kaiken keskellä. Tästä syystä Marsin liikerata on piirroksessa todella kaoottinen. Kepler huomauttaa, että episyklinen liikerata on erittäin monimutkainen, eikä Mars palaa kaaviossa kertaakaan samaan paikkaan. Lisäksi hän mainitsee, että kaikilla muilla taivaankappaleilla tulee olla myös samanlaiset episykliset liikeradat ja tämä muuttaa systeemin entistä kaoottisemmaksi. Tässä kohtaa Kepler nostaa

⁹¹ Bruno 1584, 145–146.

⁹² Gatti 2010, 51.

⁹³ Bruno 1584, 141–142.

⁹⁴ Kepler 1609, 75.

esille Kopernikuksen hypoteesin, jossa Maalle annetaan oma liikerata Auringon ympärillä. Tämän liikeradan hyväksyminen osaksi mallia eliminoi kaikki edellä mainitut episykliset liikkeet ja systeemi muuttuu paljon yksinkertaisemmaksi.⁹⁵ Tämä on hyvä esimerkki Keplerin *Astronomia Novassa* käyttämästä argumentoinnista, jossa piirrokset toimivat ajatusten havainnollistajana.

Kepler näki tärkeänä, että taivaankappaleiden liikkeitä kuvattiin visuaalisesti. Chen-Morris huomauttaa, että tässä ei ollut kyse vain siitä, että tähtitieteilijä rakentaa mallin, jossa taivaankappaleiden liikeradat ovat esitettyinä, vaan Kepler halusi, että nämä visuaaliset liikeratojen kuvaukset toimivat täsmällisinä ja todellisina universumin taivaankappaleiden liikkeiden ilmentäjinä. Samalla hän hylkäsi yliluonnolliset selitykset universumin liikkeille.⁹⁶ Tämä on mielenkiintoinen ajatus Kepleriltä, sillä samalla hän ajatteli etsivänsä Jumalan kädenjälkeä, eli laajemmassa kosmologiassaan hän kuitenkin uskoi yliluonnolliseen. Timberlake ja Wallace näkevät, että Keplerin tapa nähdä planeettojen liikeradat fyysisenä ilmiönä antoi hänelle keinon ylittää tähtitieteen perinteiset rajoitteet. Heidän mukaansa Kepler pystyi havainnoimaan asioita erilaisista näkökulmista, jotka mahdollistivat hänen poikkeukselliset tähtitieteelliset havaintonsa.⁹⁷

Taivaankappaleiden liikkeiden kuvailu kytkeytyy tietehistorialliseen keskusteluun tieteellisen teorian tarkoituksesta. DeWitt sanoo, että tieteellisten teorioiden metodologiaa on perinteisesti lähestytty kahdesta näkökulmasta. Ensimmäinen näistä on instrumentalismi. Instrumentalistit näkevät, että tieteellisen teorian tulee ennustaa ja selittää asioita, mutta sillä, miten asiat ovat fyysisesti luonnossa, ei ole merkitystä. Jälkimmäistä ryhmää edustavat realistit. Heidän näkökulmastaan tieteellisen teorian tulee ennustamisen ja selittämisen lisäksi kuvata maailmaa sellaisena kuin se todella on. DeWitt myös mainitsee, että metodologinen instrumentalismi ja realismi eivät ole toisiaan poissulkevia. Hänen mukaansa esimerkiksi 1500-luvun lopun Euroopan yliopistoissa opetettiin kahta maailmankuvaa, eli aristoteelis-ptolemaiolaista ja kopernikaanista. Edeltävään monet suhtautuivat realistisesti, kun taas jälkimmäiseen instrumentaalisesti.⁹⁸

Tämä selittää osaltaan sitä, miksi Ptolemaioksen maakeskinen malli pysyi niin kauan hyväksyttynä. Ptolemaioksen malli ennusti ja selitti taivaankappaleiden liikkeitä niin hyvin, että sen nähtiin olevan toimiva malli. Lisäksi kysymystä siitä, miten asiat oikeasti ovat, ei nähty relevanttina.⁹⁹ Mielenkiintoisesti Kepleriltä löytyy sekä realistista että instrumentaalista metodologista ajattelua.

⁹⁵ Kepler 1609, 79.

⁹⁶ Chen-Morris 2009, 154.

⁹⁷ Timberlake & Wallace 2019, 206.

⁹⁸ DeWitt 2010, 74–76.

⁹⁹ DeWitt 2010, 74.

Hän näkee, että tähtitieteen tulee kuvata todellista maailmaa, mutta suurin osa hänen kritiikistään muita maailmankuvallisia malleja kohtaan tulee instrumentaalista näkökulmasta. Kepler kirjoittaa planeettojen liikkeitä pohtivassa luvussaan, että Ptolemaioksen selitys planeettojen liikkeiden nopeudesta ei vastaa mitenkään havaintoja ja aiheuttaa absurdeja lopputuloksia. Sen sijaan Keplerin mukaan Kopernikus pystyy mallillaan välttämään nämä sudenkuopat.¹⁰⁰

Kepleristä poiketen Bruno ei esitä minkäänlaisia näkemyksiä tieteellisten teorioiden pohjimmaisista tarkoituseristä. Pikemminkin hän esittää tieteen vastaisia näkemyksiä. Hänelle Kopernikus on pioneeri ja suunnannäyttävä, mutta siitä huolimatta Bruno pitää tähtitiedettä ja sen teorioita ylimääräisenä ja turhana tieteenalana. Syynä tähän oli hänen mielestään se, että tähtitiede ei tuomitse ja arvioi sen tutkimia ilmiöitä.¹⁰¹ Dialogeissaan Brunon kritiikki kohdistuu kuitenkin pitkälti Aristotelesta ja kirkon teologeja vastaan. Matematiikkaa kohtaan Bruno on jokseenkin myötämielisempi. Neljännessä dialogissa Philoteo ja Elpino keskustelevat painovoimasta ja maailmankaikkeuden koosta. Philoteo sanoo, että Maa ei voi olla maailmankaikkeuden keskipiste ja hän käyttää näkemyksensä tukena sitä, että hänen mukaansa aikalaiset matemaatikot ovat selvittäneet että maailmankaikkeuden keskus ei voi sijaita Maan keskellä.¹⁰² Bruno ei kuitenkaan mainitse tässä dialogissa kenenkään matemaatikon nimeä. Granada huomauttaa, että Bruno suhtautui hyvin epäilevästi matemaattista tähtitiedettä kohtaan.¹⁰³ Brunon suhtautuminen matematiikkaa kohtaan oli siis ainakin jossain määrin vaihtelevaa.

Keplerillä esiintyi paljon näkemyksiä matematiikkaan läheisesti liittyvästä geometriasta. Hänelle geometria oli tärkeä osa tähtitiedettä. Hyvä esimerkki Keplerin näkemyksistä ilmenee *Astronomia Novan* ensimmäisen osion kuudennessa luvussa. Kepler summaa, että hän on kuvaillut tähtitieteellistä teoriaa ja se on muodostunut fysikaalisista, geometrisista ja havaintoihin perustuvasta tiedosta.¹⁰⁴ Historioitsija Sven Dupré kuitenkin nostaa esille, että Kepler kuvaili *Astronomia Novaa* edeltävässä teoksessaan, nimeltä *Mysterium Cosmographicum*, itseään luonnonfilosofiksi, joka työskentelee geometrian parissa. Samalla tavoin hän näki itsensä ensisijaisesti luonnonfilosofina, eikä suinkaan matemaattikkona. Duprén mukaan aikalaisista poiketen hän pyrki kehittämään fyysistä tähtitiedettä, joka pystyi kuvailemaan taivaankappaleiden liikkeitä.¹⁰⁵ Tämä osoittaa hyvin miten 1500-luvun

¹⁰⁰ Kepler 1609, 90–91.

¹⁰¹ Hufnagel & Eusterschulte 2013, 65.

¹⁰² Bruno 1584, 149–150.

¹⁰³ Granada 2003, 109.

¹⁰⁴ Kepler 1609, 112.

¹⁰⁵ Dupré 2012, 502.

lopulla ja 1600-luvun alussa luonnonfilosofia, matematiikka ja geometria olivat vahvasti kietoutuneita toisiinsa.

Keplerille geometria oli vahvasti kytköksissä kosmologiaan. Tämä johtui siitä, että hän näki aurinkokunnan tunnettujen viiden planeetan, Merkuriuksen, Venuksen, Marsin, Jupiterin ja Saturnuksen, kuvaavan Platonin kappaleita. Antiikin Kreikan filosofi Platon (427–347 eaa.) vaikutti merkittävästi juuri Keplerin kosmologian geometriseen puoleen. Historioitsija Rhonda Martens esittää, että Keplerin Jumala perustui Platonin Jumalaan, jolle keskeistä olivat geometria ja estetiikka. Tämä Jumala oli luonut fyysiset asiat, jotta ne saattoivat ilmaista tätä Jumalan geometriaa ja estetiikkaa. Tästä syystä myös Keplerin Aurinko kuvasti Jumalaa, koska Aurinko oli esteettisesti ja geometrisesti kaiken keskellä.¹⁰⁶ Platonin kappaleet olivat merkittäviä geometrisia kappaleita ja siksi ne olivat Keplerille hyvin tärkeitä. Mielenkiintoisesti Kepler ei juurikaan puhu näistä kappaleista *Astronomia Novassa*, vaan pyrkii teoksessa lähinnä taivaankappaleiden fyysisen liikkeen kuvailuun. Filosofi André Charrak nostaa esille, että Kepler näki geometrian ilmaisevan Jumalan asemaa luojana ja älykkyytenä. Geometria oli Keplerille tärkeää siis epistemologisesti ja teologisesti.¹⁰⁷

Edellä mainittu geometrinen ja filosofinen ajattelu selittää, miksi Kepler halusi niin innokkaasti kehittää toimivan fyysisen mallin aurinkokunnasta. Tämän mallin kehittämiseksi oli tietysti paljon esteitä. Kepler nostaa esille katolisen kirkon aseman tässä esteiden asettajana. Tätä ennen hän tekee kuitenkin oman uskonnollisuutensa selväksi lukijoille. *Astronomia Novan* johdannossa Kepler käsittelee teoksensa sisältöä ja pohtii uskonnon roolia. Hän kutsuu niitä idiooteiksi, jotka eivät pysty käsittelemään Kopernikuksen tähtitieteellisiä näkemyksiä ilman, että järjestyvät omaa uskonnollisuuttaan. Kepler jatkaa sanoen, että kaikkien tulisi nostaa silmänsä taivaisiin, jossa Jumalan kädenjälki näkyy kaikille. Samalla hän painottaa, että tähtitieteilijät ovat uskonnollisia ihmisiä ja muista poiketen Jumala on antanut tähtitieteilijöille kyvyn tarkastella Jumalan luomaa kaikkeutta.¹⁰⁸

Seuraavaksi hän huomauttaa kirjaimellisen uskonnollisuuden ongelmista. Tässä hän vertaa Ptolemaioksen, Kopernikuksen ja Brahen planetaarisia malleja keskenään. Kepler puhuu ystävästään Brahesta ja toteaa, että Brahen kehittämä kompromissimalli ottaa Kopernikuksen mallin parhaat palat ja hylkää episyklit, jonka Kepler toteaa olevan järkevää. Hän nostaa kuitenkin esille, että tähän kompromissiin on olemassa toinenkin syy. Koska Brahen malli olettaa edelleen Maan olevan

¹⁰⁶ Martens 2009, 48.

¹⁰⁷ Koetsier & Bergmans 2005, 369–370.

¹⁰⁸ Kepler 1609, 33.

paikallaan, niin se toimii kädenojennuksena uskonnollisille ajattelijoille.¹⁰⁹ Kepler toteaa seuraavasti pyhimysten auktoriteetista:

As for the opinions of the pious on these matters of nature, I have just one thing to say: while in theology it is authority that carries most weight, in philosophy it is reason.¹¹⁰

Kepler ei siis näe, että filosofiassa uskonnollisten pyhimysten auktoriteetin tulisi määrittää asioita. Sen sijaan järkeilyn tulisi olla filosofian todellinen auktoriteetti. Duprén mukaan Kepler näki, että hyvän tähtitieteilijän tuli olla myös hyvä filosofi.¹¹¹ Ja koska tähtitieteilijän filosofian tulee perustua järkeilyyn, niin tästä seuraa se, että järkeilyyn perustumattomat väitteet tulevat hylätyiksi. Tämä osoittaa hyvin, kuinka ristiriitaisia näkemyksiä Keplerillä oli. Hän korosti järkeilyä, mutta toisaalta hänellä oli paljon näkemyksiä, jotka hän perusteli uskonnollisilla argumenteilla.

Bruno esittää samankaltaisia ajatuksia filosofisesta järkeilystä. Viidennessä dialogissa pallonkuoria vastaan argumentoidessaan Bruno näkee, että hyvä järkeily sekä tarkasti säädellyt aistit tuottavat parempia lopputuloksia kuin pelkkä kuvittelu, joksi hän kutsuu pallonkuoriin uskovien ajattelua.¹¹² Keplerin tavoin Brunolla esiintyy sekä uskonnollista ja teologista ajattelua että sen kritiikkiä. Esimerkiksi Brunon teoksen ensimmäisessä dialogissa Fracastorio ja Philoteo keskustelevat Jumalan roolista ensimmäisen syyn kohdalla. Ensimmäinen syy tarkoittaa teologista ajatusta, jonka mukaan kaikki syy-seuraussuhteet ovat seurausta yhdestä ensimmäisestä syystä. Tämän ensimmäisen syyn identifioidaan olevan Jumala. Philoteo toteaa Fracastoriolle, että monet teologit eivät hyväksy kirkon linjasta poikkeavia näkemyksiä, vaikka järkeilyt ja demonstraatiot asettaisivat kirkon näkemykset kyseenalaisiksi. Myöhemmin Fracastorio sanoo, että filosofien ja teologien suhde on ollut aina hyvä, ja filosofit tietävät, että uskontoa tarvitaan hallintotehtävissä.¹¹³ Bruno pyrkii tässä selvästi varovaisuuteen, sillä kirkon auktoriteetti oli tietysti valtaisa, eikä kirkon liiallinen ärsyttäminen ollut järkevää.

Tämä ilmentää hyvin Brunon ja Keplerin historialliseen kontekstiin liittyviä rajoitteita. Kirkon auktoriteetti rajoitti heidän mahdollisuuksiaan esittää omia näkemyksiään täysin vapaasti. Toisin kuin nykyään, uuden ajan alussa kirkolla ja sen teologisilla kannoilla oli hyvin keskeinen asema luonnonfilosofiassa ja sitä kautta kosmologiassa. Teologia ja Jumala olivat vääjäämättä kytköksissä maailmankuvien konstruointiin, ja Jumala oli aivan keskeisenä palapelin palasena vanhassa

¹⁰⁹ Kepler 1609, 33.

¹¹⁰ Kepler 1609, 33–34.

¹¹¹ Dupré 2012, 513.

¹¹² Bruno 1584, 187.

¹¹³ Bruno 1584, 54–55.

maakeskisessä maailmankuvassa. Siitä johtuen Aristoteleen ja Ptolemaioksen näkemysten kritisointi tarkoitti automaattisesti myös kirkon auktoriteetin kyseenalaistamista. Brunolle ja Keplerille kummallekin Jumala oli luonnonfilosofian keskiössä, mutta koska heidän ajatuksensa poikkesivat kirkon asettamista teologisista perusteista, niin kirkko ei voinut niitä hyväksyä.

Keplerin ensimmäiseen syyhyn liittyvä pohdinta kytkeytyy vahvasti myös planeettojen liikkeiden pohdintaan, sillä planeettojen liike on ensimmäisen liikkeen ajatuksen hyväksytyä seurausta siitä, kuten kaikki muutkin syy-seuraussuhteet. Planeettojen liikkeiden matemaattinen ja geometrinen kuvailu on Keplerin keskeisin tavoite *Astronomia Novassa*. Tämä planeettojen liike kytkeytyy aikaisemmin mainittuun Auringon liikuttavaan voimaan, jonka Kepler identifioi myös planeettojen liikuttajaksi. Mielenkiintoisesti Kepler näkee, että Aurinko pyörii oman akselinsa ympäri levittäen tätä näkymätöntä voimaa planeettoihin.¹¹⁴ Tämä näkemys Auringon pyörimisliikkeestä on kiehtova, sillä Keplerin teos julkaistiin vuonna 1609 hieman ennen kun Galileo Galilei (1564–1642) suuntasi katseensa kaukoputkella taivaalle. Kaukoputki mahdollisti havainnot, joita ei paljaalla silmällä voinut tehdä ja tämä mullisti tähtitieteen.¹¹⁵ Lisäksi Galileo havaitsi, että Aurinko todella pyörii oman akselinsa ympäri. Tämä osoittaa, että vaikka Kepler perusteli ajatuksiaan empiirisillä havainnoilla, niin hän esitti myös näkemyksiä, joita ei pystynyt empiirisesti todistamaan oikeiksi tai vääriksi. Auringon ominaisen pyörimisliikkeen olettamisen voi siis nähdä Keplerin onnistuneena veikkauksena.

Seuraavaksi Kepler esittää koko teoksensa merkittävimmän ajatuksen. Hän huomauttaa, että laskiessaan eksentrin, sekä Auringon ja planeettojen välimatkojen yhtälöitä, löytyy paljon virheitä. Lisäksi yhtälöiden tulokset ovat ristiriidassa havaintojen kanssa. Tähän syyksi Kepler ilmoittaa sen, että hän, kuten hänen edeltäjänsä ja nykyiset kollegansa, olettivat, että planeettojen liikeradat taivaissa ovat täydellisen ympyrän muotoisia. Seuraavaksi Kepler sanoo, että työläiden laskujen ja todistuksien, sekä valtavan havaintodatan avulla, hän kertoo tulleen toisenlaiseen lopputulokseen. Kepler kertoo löytäneensä, että planeettojen liike taivaissa ei tapahdu täydellisen ympyrän muodossa, kuten on aikaisemmin oletettu, vaan liike tapahtuu ovaalia liikerataa pitkin, eli ellipsin muodossa.¹¹⁶ Tämä Keplerin esittämä uusi ajatus planeettojen liikeradoista oli todella mullistava ja sillä oli myös suuret filosofiset implikaatiot.

¹¹⁴ Kepler 1609, 34.

¹¹⁵ Rhys Morus 2017, 155.

¹¹⁶ Kepler 1609, 35.

DeWitt sanoo, että täydellisen ympyrän sekä yhtenäisen taivaankappaleiden liikkeen hylkääminen oli Kepleriltä merkittävä teko, sillä kumpikin ajatus oli perua Aristoteleelta, ja molemmat ajatukset olivat yleisesti hyväksytyjä tähtitieteilijöiden piireissä lähes 2000 vuotta. Täydelliset ympyrät korvattiin siis ellipsiradoilla ja planeettojen yhtenäinen liike epäyhtenäisellä liikkeellä. DeWitt myös huomauttaa, että tämä Keplerin uusi systeemi oli paljon yksinkertaisempi kuin kumpikaan Ptolemaioksen tai Kopernikuksen malleista. Tähän on syynä se, että Kepler hylkäsi kaikki aikaisempien kosmologisten mallien monimutkaiset liikeratojen selittäjät, eli episyklit, eksentrit, deferentit ja ekvanttipisteet. Tämän kaiken korvasi yksinkertaisesti planeettojen elliptinen liikerata Auringon ympäri.¹¹⁷

Myös Timberlake ja Wallace näkevät, että planeettojen ellipsiratojen kehittäminen oli Keplerin teoksen keskeisin anti jälkipolville. He huomauttavat, että teoksessa tähtitiede ja fysiikka yhdistettiin ensimmäistä kertaa kunnolla.¹¹⁸ Weinert näkee, että Keplerin ja Galilein rooli tieteellisessä vallankumouksessa oli paljon merkittävämpi kuin Kopernikuksen. Syyksi hän mainitsee, että Kopernikus hyväksyi edelleen monia aikaisempia maakeskiseen malliin kytkeytyviä olettamuksia ja hänen mallinsa tarjosi lähinnä geometrisia apuvälineitä. Weinert huomauttaa, että Kepler muutti nämä geometriset apuvälineet fysikaalisiksi laiksi. Siksi hänen mielestään on järkevämpää puhua Kopernikaanisesta käänteestä, josta myöhemmin syntyi tieteellinen vallankumous.¹¹⁹ Tämän avulla voi perustellusti todeta, että Keplerin esittämät ajatukset *Astronomia Novassa* olivat vähintäänkin vallankumouksellisia.

Brunolle taivaankappaleiden liike kytkeytyy pohjimmiltaan Jumalaan. Teoksensa ensimmäisen dialogin lopussa Philoteo vakuuttaa Elpinon ja Fracastorion filosofisilla ajatuksillaan. Philoteo erottelee taivaankappaleiden kaksi erilaista liikettä toisistaan. Ensinnäkin kaikilla kappaleilla on oma ääretön liikkeensä. Kyseinen ääretön liike on välitöntä ja se on seurausta taivaankappaleen omasta sisäisestä sielusta. Tämä sisäinen sielu taas kytkeytyy Jumalaan ja osoittaa Jumalan loputtoman voiman olemassa olon. Tämän lisäksi Philoteo sanoo, että on olemassa toinen voima, joka on rajallista ja seurausta rajallisista syistä. Rajallinen voima on hänen mukaansa aktiivinen koko ajan ja se muuttuu ajassa. Siksi sen liikkeen voi erottaa paikallaan olemisesta. Nämä kaksi liikettä erotellessa voi Philoteon mukaan hyväksyä sen, että Jumala liikuttaa kaikkea ja antaa myös voiman kaikelle

¹¹⁷ DeWitt 2010, 141.

¹¹⁸ Timberlake & Wallace 2019, 200.

¹¹⁹ Weinert 2009, 37–39.

liikkua itsessään.¹²⁰ Tämä Brunon näkemys taivaankappaleiden liikkeistä ilmentää jälleen hänen animistisia ajatuksiaan. Se toimii lisäksi hänen äärettömyyskosmologiansa teologisena taustatukenä.

Keplerin ja Brunon edellä mainitut näkemykset taivaankappaleista ja niiden liikkeistä liittyvät laajempaan luonnonfilosofiseen rakennelmaan. Uuden ajan alun luonnonfilosofinen ajattelu maailmankaikkeuden luonteesta kytkeytyi vahvasti Aristoteleen teleologiseen ja essentiaaliseen ajatteluun. Teleologia tarkoittaa tarkoituksellisuutta, jossa ilmiöt ja prosessit selitetään päämäärillä, pyrkimyksillä ja järjestyksellä.¹²¹ Essentialismi taas tarkoittaa filosofista näkemystä, jonka mukaan aistittavien asioiden ja niiden perustavien ideoiden, eli olemusten, välillä on käsitteellinen ero.¹²² Teleologia ja essentialismi kytkeytyivät vahvasti yhteen ja ne toimivat maailmankaikkeuden toimitapojen selittäjänä. Maailmankaikkeus muodostui siis luonnollisista asioista, joilla oli oma sisäinen olemuksensa. Tämä olemus oli luonteeltaan teleologinen, eli olemus määritti asian päämäärän.¹²³ Tämä kaikki toimi selittämään, miksi asiat käyttäytyvät tietyllä tavalla.

Edellä mainittu teologinen ja essentiaalinen ajattelu toimi myös taivaankappaleiden liikkeiden selittäjänä. Planeetat liikkuvat tietyllä tavalla, koska niillä oli tietty olemus, joka ohjasi niiden päämäärää. Liikkeen alkuna taas nähtiin ensimmäinen syy, eli Jumala. Planeettojen liike jatkui Jumalan määrittämää päämäärää kohti, eli kohti teleologista finaalista syytä. Brunon ajatuksissa ilmenee selvästi teleologiaan ja essentialismiin kytkeytyvää ajattelua. Tämä on mielenkiintoista, sillä hän kritisoi erityisen paljon Aristotelesta, jolta essentialistinen ja teleologinen ajattelu ovat peräisin. Brunon kritiikki Aristotelesta kohtaan kohdistuu kuitenkin enemmän hänen maakeskisyyttä ja rajallisen maailmankaikkeuden käsitettä kohtaan. Jumala näyttelee edelleen keskeistä roolia Brunon ajattelussa, ja maailmankaikkeuden tapahtumilla on jokin syy.

Keplerin ajattelussa korostuu mekanistinen maailmankuva. DeWitt vertailee essentialistisia ja teleologisia selityksiä mekanistisiin perusteluihin. Hänen mukaansa mekanistiset selitykset hylkäävät ajatuksen siitä, että tapahtuvilla asioilla tulee olla jonkinlainen tarkoitus, funktio tai päämäärä. Asia voi siis tapahtua ilman, että sillä on mitään suurempaa tarkoitusta. Mekanistisen ajattelun mukaan tapahtuma tapahtuu vain, koska ulkoinen voima vaikuttaa siihen. DeWitt myös huomauttaa, että teleologiset ja mekanistiset selitykset eivät välttämättä poissulje toisiaan.¹²⁴ Kepler onkin hyvä esimerkki tästä. Hän pyrkii *Astronomia Novassa* kuvailemaan planeettojen liikkeitä taivaalla ja hän

¹²⁰ Bruno 1584, 59–60.

¹²¹ ”Teleologia”, Tieteen termipankki.

¹²² ”Essentialismi”, Tieteen termipankki.

¹²³ DeWitt 2010, 83–86.

¹²⁴ DeWitt 2010, 84.

käyttää mekanistisia selityskeinoja. Toisaalta hänellä on vahvoja uskonnollisia näkemyksiä ja hän näkee etsivänsä maailmankaikkeudesta Jumalan kädenjälkeä. Tässä mielessä Kepler ei täysin hylkää Aristoteleen filosofisia ja käsitteellisiä ajattelurakenteita.

Tässä luvussa käsiteltiin Brunon ja Keplerin ajatuksia planeettoihin ja muihin hypoteettisiin taivaankappaleisiin liittyen. Brunon näkemyksissä planeetat näyttelivät paljon pienempää roolia kuin Keplerin kohdalla. Bruno käytti planeettoja lähinnä vertaillen niitä muihin potentiaalsiin planeettoihin. Tämä liittyy hänen äärettömyyskosmologiaansa, johon pureudun seuraavan käsittelyluvun alaluvussa. Keplerille planeetat, ja varsinkin Mars, olivat todella tärkeitä, sillä planeetoista tehtyjen havaintojen ja laskujen avulla hän pystyi vertailemaan eri planetaarisia malleja keskenään ja hän päätyi lopputulokseen, joka puolsi Kopernikuksen näkemyksiä. Lisäksi planeettoja tutkimalla hän onnistui löytämään kaksi kolmesta planetaarisesta laista, jotka tunnetaan nykyään Keplerin lakeina. Kaiken tämän hän löysi ennen kaukoputken kehittämistä. Planeettojen liikettä siis kuvattiin, mutta jäljelle jäi kysymys siitä mikä on tämä mystinen ulkoinen voima, joka planeettoja oikein liikuttaa? Tähän ja muuhun pureudun seuraavassa käsittelyluvussa.

3 Painovoima ja maailmankaikkeuden todellinen koko

Tässä käsittelyluvussa tarkastelen millaisena Bruno ja Kepler näkivät painovoiman ja minkälaisena kokonaisuutena he näkivät maailmankaikkeuden. Painovoimaan liittyvä pohdinta kytkeytyy vahvasti jo edellä käsiteltyyn taivaankappaleiden liikkeisiin. Tämän lisäksi painovoima suunnan määrittäjänä, sekä absoluuttisten tarkastelunäkökulmien osoittajana, on merkittävä osa keskustelua. Maailmankaikkeuden kokoon liittyvä keskustelu kytkeytyy taas Kopernikuksen aurinkokeskisen mallin aiheuttamaan käännteeseen, jossa vanha rajallinen maailmankaikkeus alkoi saada vahvaa kritiikkiä.

Käsittelyluvun ensimmäisessä alaluvussa tarkastelen Brunon ja Keplerin esittämiä näkemyksiä painovoimasta, sen toimintaperiaatteista, absoluuttisuudesta tai suhteellisuudesta, sekä sen asemasta kosmologisessa ajattelussa. Toisessa alaluvussa pureudun Brunon ja Keplerin alkuperäislähteessä esittämiin näkemyksiin siitä, kuinka suuri maailmankaikkeus todella on. Tämä on ollut pitkään kosmologisen pohdinnan klassikkoaihe. Keskeistä tässä käsittelyluvussa on se, miten Brunon ja Keplerin painovoimaan ja maailmankaikkeuden kokoon liittyvä ajattelu kytkeytyy heidän muuhun kosmologiaansa ja millä tavoin he perustelevat esittämiään kosmologisia näkemyksiä omissa teoksissaan.

3.1 Mystinen painovoima

Keplerin ja Brunon painovoimaan liittyvä pohdinta kytkeytyy oleellisesti heidän kosmologiseen ja luonnonfilosofiseen ajatteluunsa. Tähän on syynä se, että painovoima oli yksi suurimpia kysymysmerkkejä luonnonfilosofisessa pohdinnassa. Tämän voiman pystyi jokainen havaitsemaan ja tuntemaan, joten sen olemassaoloa ei voinut kiistää. Tärkeämpää oli pyrkiä selittämään, mistä tämä voima oikein johtuu, ja mihin muihin asioihin se mahdollisesti kytkeytyy. Uuden ajan alkuun tultaessa suurin osa luonnonfilosofiasta perustui Aristoteleen luonnonfilosofiaan. Myös painovoiman tapauksessa pitkään vallinneet näkemykset ja selitykset tulivat Aristoteleelta. Brunon ja Keplerin esittämät ajatukset haastoivat tätä Aristoteleen vanhaa painovoimateoriaa.

Aristoteleen käsitys painovoimasta linkittyy oleellisesti aikaisemmin käsiteltyyn maakeskiseen maailmankuvaan.¹²⁵ Hänelle painovoima oli täysin erillinen asia, joka ei liittynyt mitenkään taivaankappaleiden liikkeeseen.¹²⁶ Tässä kohtaa on tärkeää huomata, että painovoimaa terminä ei

¹²⁵ North 2008, 82.

¹²⁶ Bowen & Wildberg 2010, 94.

juuri käytetty ennen 1600-lukua. DeWitt huomauttaa, että ennen tätä ei ollut mitään erillistä painovoimaa asioiden selittäjänä, vaan painovoimalla tarkoitettiin sitä, että kappaleet tippuvat alaspäin. Koska Maa on kaiken keskellä Aristoteleen maakeskisessä maailmankuvassa, niin on täysin luonnollista, että kappaleet tippuvat kohti Maan pintaa. Tämän lisäksi kappaleiden tippumista selittää se, että kappaleet muodostuvat yhdestä neljästä luonnollisesta elementistä, eli maasta. Aristoteles näki maan raskaana elementtinä ja siksi maasta muodostuvat kappaleet hakeutuivat alaspäin. Tämä kaikki kytkeytyy edellisessä käsittelyluvussa mainittuihin essentialismiin ja teleologiaan. Essentialismi ilmenee elementin olemuksesta ja teleologia taas kappaleen tarpeesta pyrkiä kohti Maata, eli kappaleella on tietty päämäärä.¹²⁷ Myös tieteenhistorioitsija John North nostaa esille samanlaisia ajatuksia.¹²⁸

Edellä mainitusta johtuen Keplerin ja Brunon maakeskisen maailmankuvan kyseenalaistamisesta seuraa samalla myös Aristoteleen painovoimaan liittyvien luonnonfilosofisten näkemysten kyseenalaistaminen. He kumpikin hyökkäävät Aristoteleen ajatuksia vastaan, mutta hyvin erilaisista syistä. Brunon kohdalla painovoiman kritiikki liittyy vahvasti myöhemmin käsiteltävään maailmankaikkeuden kokoon ja suhteellisuusajatteluun. Brunon teoksen toisessa dialogissa Philoteo ja Elpino keskustelevat Aristoteleen luonnonfilosofian asettamista periaatteista. Elpino esittää Aristoteleen argumentteja ja Philoteo vastaa niihin. Philoteo sanoo, että Maa ei poikkea mitenkään painovoiman suhteen muista taivaankappaleista. Koska Aristoteleen ajatus painvoimasta kytkeytyy Maan rooliin kaiken keskellä, niin painovoima absoluuttisena voimana murtuu kokonaan, kun hylkää maakeskisen ajattelun.¹²⁹

Philoteo jatkaa argumentoimalla, että kaikki eri taivaankappaleet ovat omasta näkökulmastaan kaiken keskellä. Tärkeää on huomata se, että tämä kaikki on suhteellista ja liittyy havainnoitsijan omaan näkökulmaan. Philoteo mainitsee esimerkkinä Kuun pinnan ja vertaa sitä Maan pinnan havainnoitsijan näkökulmaan. Jos havainnoitsija Maan pinnalla näkee, että jokin kappale poistuu Maan pinnalta avaruuteen, niin Maan pinnan havainnoitsijan mielestä se nousee pois. Jos kappale kulkisi kohti Kuuta, niin Kuun pinnalta katsottuna tämä kyseinen kappale taas laskeutuu kohti Kuun pintaa. Philoteo toteaa, että tämä on hyvä esimerkki siitä, miten Aristoteleen absoluuttiset käsitteet suunnista ”ylös” ja ”alas” menettävät merkityksensä.¹³⁰ Bruno siis näkee, että maapallon

¹²⁷ DeWitt 2010, 85.

¹²⁸ North 2008, 82–84.

¹²⁹ Bruno 1584, 72–73.

¹³⁰ Bruno 1584, 74–75.

ulkopuolisessa maailmankaikkeudessa ei ole sijaa Aristoteleen esittämille luonnonfilosofisille näkemyksille.

Keplerin esittämät ajatukset painovoimasta kritisoivat Brunon tavoin Aristoteleen luonnonfilosofiaa, mutta syyt ovat erilaiset. Keplerin painovoimapohdinta kytkeytyy hänen vahvuusalueeseen, eli planeettojen liikeratojen teoriaan. Kepler pohtii painovoimaan liittyviä kysymyksiä *Astronomia Novan* johdannossa. Hän aloittaa kyseenalaistamalla hänen mielestään vääriä näkemyksiä painovoimateoriaan liittyen. Ensimmäisenä hän nostaa esille ajatuksen siitä, että erilaiset taivaankappaleet eivät hakeudu matemaattista pistettä kohti riippumatta siitä, minkälaisessa kappaleessa tämä matemaattinen piste sijaitsee. Tällä matemaattisella pisteellä Kepler tarkoittaa aurinkokunnan keskikohtaa. Hän huomauttaa, että tämä piste voi olla tyhjyydessä ja taivaankappaleet voivat hakeutua tyhjää kohtaa kohti.¹³¹ Tämän ajatuksen voi nähdä osoittavan oikeaan suuntaan nykyisen painovoimateorian valossa.

Kepler jatkaa sanomalla, että taivaankappaleet eivät hakeudu aurinkokunnan keskustaa kohti sen takia, että ne pyrkisivät ”välttelemään pallonmuodon reunoja.” Tällä pallonmuodolla hän tarkoittaa aurinkokuntaa, joka useimmiten nähdään pallonmuotoisena. Kepler sanoo olevan absurdia ajatella, että kaikilla taivaankappaleilla olisi niin paljon voimaa ja sisäistä viisautta, että ne osaisivat täydellisesti vältellä aurinkokunnan reunuksia. Viimeisenä virheellisenä painovoimaan liittyvänä näkemyksenä Kepler nostaa ajatuksen ulomman pallonkuoren, eli *primum mobilen*, näkemisen painovoiman aiheuttajana. Hän kyseenalaistaa näkemyksen, jonka mukaan ulomainen pallonkuori aiheuttaa pyörreliikkeen, joka liikuttaa taivaankappaleita. Kepler sanoo, että jos tämä pyörreliike olisi olemassa, niin sen pystyisi tuntemaan ja havaitsemaan Maan pinnalta.¹³²

Brunon tavoin Kepler hylkää vanhat Aristoteleen ajatukset painovoimaan liittyen. Tieteenhistorioitsija Paolo Rossi nostaa kuitenkin esille, että Kepler ei täysin hylännyt Aristoteleen ajatuksia. Rossin mukaan Kepler esimerkiksi näki edelleen, että jonkin liikkeen pysyvyyden pystyi selittämään vain se, että jokin voima vaikuttaa siihen jatkuvasti. Kepler ei siis tiennyt inertiaasta, eli hitauden periaatteesta, jonka mukaan kappaleilla on taipumus jatkaa tasaisessa liiketilassa, jos niihin ei vaikuta mikään ulkoinen voima. Rossi huomauttaa, että Kepler näki planeettoja liikuttavan voiman tulevan Auringosta. Tämä voima liikuttaa planeettoja ja pitää ne liikkeessä, mutta ei vedä planeettoja puoleensa.¹³³ North mainitsee, että Kepler näki liikuttavan ja liikkeen ylläpitävän voiman tulevan

¹³¹ Kepler 1609, 23–24.

¹³² Kepler 1609, 24.

¹³³ Rossi 1997, 119.

Auringosta.¹³⁴ Keplerin kosmologiassa Aurinko oli tietenkin tärkein taivaankappale, kuten aikaisemmassa käsittelyluvussa kävi ilmi, joten ei ole yllättävää, että Kepler näki juuri Auringon planeettojen liikuttajana.

Bruno pohtii Keplerin tavoin taivaankappaleiden ominaista painovoimaa. Painovoimaan liittyvässä keskustelussa nousee esille painovoiman lisäksi termi ”keveys”, joka on englanninkielisissä käännöksissä ”levity.” Tällä termillä tarkoitetaan sitä, miten jotkut keveät asiat nousevat ilmaan, eivätkä painu maata kohti, kuten esimerkiksi tulenlieskat tai vesihöyry. Bruno ja Kepler kumpikin puhuvat painovoimasta, keveydestä ja niiden suhteesta. Brunolle eri maailmoissa saattaa olla eri määrä painovoimaa ja keveyttä. Brunon teoksen toisessa dialogissa Philoteo ja Elpino keskustelevat painovoimasta ja keveydestä muiden maailmojen tapauksissa. Kyseinen dialogi pitää sisällään pitkän, monen sivun pituisen monologin Philoteolta, jossa hän pyrkii argumentoimaan maakeskistä painovoimateoriaa vastaan. Hän sanoo, että painovoima ja keveys ovat hyviä käsitteitä vanhan painovoimateorian kritisoinnissa.¹³⁵

Seuraavaksi Philoteo tuo jälleen esille Brunon luonnonfilosofian keskeisen ajatuksen suhteellisuudesta. Philoteo sanoo, että koska maailmankaikkeus on loputon, niin sillä ei ole minkäänlaista keskikohtaa. Tästä seuraa hänen mukaansa se, että painovoimaa ja keveyttä ei voida absoluuttisesti määritellä. Eri taivaankappaleiden näkökulmasta painovoima ja keveys saattavat näyttäytyä erilaisina, sillä kyseisten liikevoimien havainnoitsijat ovat eri havaintopisteissä. Kuten aikaisemmassa Kuussa olevan havainnoitsijan esimerkissä, niin myös muiden taivaankappaleiden kontekstissa toisen painovoima saattaa olla toisen keveys, ja toisin päin. Tästä johtuen Philoteo toteaa, että ei ole mitenkään perusteltua puhua universaalista painovoimasta tai keveydestä. Sen sijaan kyseiset liikevoimat tulisi hänen mukaansa nähdä uniikkeina jokaisen taivaankappaleen kontekstissa.¹³⁶ Mielenkiintoisesti Keplerin tavoin Brunolta löytyy painovoimaan liittyviä ajatuksia, jotka voi nähdä oikeaan suuntaan osoittavina nykyisen painovoimakäsityksen valossa.

Hilary Gatti näkee, että tämä Brunon ajatus painovoiman suhteellisuudesta taivaankappaleiden kontekstissa kytkeytyy hänen atomistiseen luonnonfilosofiaansa.¹³⁷ Atomismilla tarkoitetaan antiikin Kreikan filosofi Demokritoksen (460–370 eaa.) edustamaa filosofista suuntausta, jonka mukaan maailmankaikkeus muodostuu pohjimmiltaan atomeista, joita ei voi pilkkoa pienemmiksi.¹³⁸ Gatti

¹³⁴ North 2008, 350.

¹³⁵ Bruno 1584, 75.

¹³⁶ Bruno 1584, 75–76.

¹³⁷ Gatti 2016, 310.

¹³⁸ ”Atomismi”, Tieteen termipankki.

huomauttaa, että Brunon luonnonfilosofiassa esiintyy edellä mainittua suhteellisuusajattelua, ja se kytkeytyy atomismiin, jonka kautta Bruno näki, että kaikki atomit ovat itse maailmankaikkeuden keskuksessa. Brunolle eri suunnat olivat äärettömiä ja siitä syystä jokainen atomi on omasta näkökulmastaan maailmankaikkeuden keskuksessa.¹³⁹ Brunon painovoimaan liittyvät luonnonfilosofiset näkemykset ovat siis vahvasti kytköksissä hänen laajempaan kosmologiseen näkemykseen maailmankaikkeuden äärettömyydestä.

Kepler lähestyy painovoimaa aikaisemmin mainittujen luonnonfilosofisten aksioomien kautta. Hän toteaa, että todellinen painovoimateoria perustuu tiettyihin määriteltyihin aksioomiin. Ensimmäisenä hän mainitsee aksiooman, jonka mukaan kaikki aineellinen materiaali on luotu niin, että se lepää paikallaan aina, ellei siihen vaikuta jokin samankaltainen ja samasta lähteestä oleva kappale. Samasta lähteestä olevalla kappaleella tarkoitetaan esimerkiksi maapalloa ja maapallolta lähtöisin olevaa kiveä. Keplerin toisen aksiooman mukaan painovoima jakautuu samankaltaisten kappaleiden kesken ja pyrkii yhdistämään ne. Kepler käyttää esimerkkinä jälleen maapalloa ja maapallolta olevaa kiveä. Hänen mukaansa Maa vetää kiveä yhtä paljon puoleensa, kuin kivi vetää Maata. Kepler lisää, että magneettisuus kuuluu tähän samaan kategoriaan.¹⁴⁰

Kepler jatkaa sanomalla, että painavat kappaleet kulkeutuvat Maata kohti, koska Maa on pyöreä, eikä siksi, että Maa on kaiken keskellä. Hän huomauttaa samalla, että jos Maa ei olisi pyöreä, niin painavat kappaleet hakeutuisivat eri puolilta Maata eri paikkoihin, eivätkä kohti yksittäistä pyöreän Maan keskikohtaa. Hän myös esittää näkemyksen, jonka mukaan meret nousisivat Kuuhun, jos maapallon oma vetovoima loppuisi.¹⁴¹ Keskeistä Keplerin painovoimateoriassa on se, että hän hylkää Aristoteleen luonnonfilosofisen ajatuksen siitä, että kaikilla kappaleilla on oma luonnollinen liikkeensä. Timberlake ja Wallace huomauttavat Keplerin ajatelleen, että kaikki liike vaatii sen, että jokin voima tuottaa liikkeen.¹⁴² Tieteenhistorioitsijat Owen Gingerich ja James R. Voelkel mainitsevat, että Keplerin painovoimaan liittyvät ajatukset olivat merkittävä askel kohti Newtonin painovoimateoriaa. He näkevät erityisesti Keplerin ajatuksen Auringosta planeettojen liikuttajana suurena virstapylväänä.¹⁴³

¹³⁹ Gatti 2016, 310.

¹⁴⁰ Kepler 1609, 24.

¹⁴¹ Kepler 1609, 24–25.

¹⁴² Timberlake & Wallace 2019, 188.

¹⁴³ Gingerich & Voelkel 2005, 89.

Keplerin mainitsema magneettinen voima kytkeytyy mielenkiintoisesti uuden ajan alun painovoimakeskusteluun. Kepler nimittäin näkee, että painovoima Maan pinnalla johtuu magneettisesta voimasta. Hän toteaa *Astronomia Novassa* seuraavasti:

What if all the bodies of the planets are enormous round magnets? Of the earth (one of the planets, for Copernicus) there is no doubt. William Gilbert has proved it.¹⁴⁴

Edellä Kepler pohtii, voisivatko kaikki planeetat olla suuria magneetteja. Hän jatkaa sanomalla, että William Gilbert on todistanut Maan olevan suuri magneetti. William Gilbert (1544–1603) oli englantilainen lääkäri ja luonnonfilosofi. Gilbert julkaisi vuonna 1600 teoksen *De Magnete*, jossa hän esitti näkemyksen siitä, että Maan painovoima johtuu magneettisuudesta, ja pitää esimerkiksi Kuun kiertoradallaan.¹⁴⁵ *Astronomia Novaa* kirjoittaessaan Gilbertin ajatukset olivat Keplerille tuttuja.¹⁴⁶

Kepler jatkaa magneettiseen voimaan liittyvää pohdintaansa. Hän esittää, että Auringossa oleva magneettinen voima poikkeaa merkittävästi planeetoissa olevasta magneettisesta voimasta. Hän sanoo, että Auringolla on vain yksi magneettinen puoleensa vetävä voima. Sen sijaan planeetoilla on hänen mukaansa sekä puoleensa vetävä että hylkivä magneettinen voima, ja ne sijoittuvat planeetan eri puolille. Kepler toteaa, että planeettojen ja Auringon sisältämä samankaltainen magneettinen voima aiheuttaa sen, että ne vetävät toisiaan puoleensa, ja nämä voimat aktivoivat toisensa.¹⁴⁷ Martens sanoo, että koska planeetat liikkuvat eläinrataa pitkin, niin Kepler oletti, että Auringosta tulevat magneettiset linjat ovat kohtisuorassa suhteessa Auringon omia magneettisia napoja kohtaan. Nämä Auringon magneettiset linjat pitävät planeettoja liikkeessä planetaarisella tasolla.¹⁴⁸

Kepler kritisoi tuttuun tapaansa myös animistisiä selityksiä. Hän sanoo, että magnetismi, ja näin ollen luonnollinen voima pystyy paremmin selittämään taivaankappaleita puoleensa vetävän voiman. Syyksi hän esittää, että animistinen voima on spesifi jokaisen taivaankappaleen kohdalla ja tällainen taivaankappaleen oma mieli ei pysty vaikuttamaan muihin taivaankappaleisiin. Sen sijaan hän näkee, että magneettinen, ja näin ollen luonnollinen kyky, on vastavuoroista ja se selittää paremmin planeettojen ja Auringon välisen puoleensa vetävyyden. Hän ei kuitenkaan hylkää mieltä metafysisessä mielessä, sillä hän toteaa lopuksi, että mieli pyytää magneettista voimaa apuun.¹⁴⁹ Keplerin ajatuksia magnetismiin liittyen ei tule siis nähdä siinä valossa, että hän hylkäisi täysin

¹⁴⁴ Kepler 1609, 412.

¹⁴⁵ Rossi 1997, 241–243.

¹⁴⁶ Timberlake & Wallace 2019, 196.

¹⁴⁷ Kepler 1609, 418.

¹⁴⁸ Martens 2009, 83.

¹⁴⁹ Kepler 1609, 424.

mielellisiä, eli luonnollisten selitysten ulkopuolelta tulevia toimijoita, kuten esimerkiksi Jumalan roolia maailmankaikkeudessa.

Bruno ei nosta dialogeissaan esille minkäänlaisia ajatuksia magnetismiin tai Gilbertiin liittyen. Tämä on tietenkin loogista, sillä Gilbert julkaisi *De Magneten* vuonna 1600, jolloin Bruno kuoli. Sen sijaan tieteenhistorioitsija Helge Kragh nostaa esille, että päinvastoin Brunon ajatukset vaikuttivat Gilbertin ajatteluun.¹⁵⁰ Bruno saattoi siis vaikuttaa Keplerin ajatteluun Gilbertin kautta välillisesti. Joka tapauksessa Bruno lähtee pohdinnoissaan hieman eri suuntaan kuin Kepler. Hän pohtii teoksensa neljännessä dialogissa painovoiman luonnetta. Philoteo ja Elpino keskustelevat Aristoteleen painovoima-ajattelusta ja Elpino toimii Aristoteleen äänenä. Philoteo haastaa Elpinon esittämät argumentit. Philoteo esittää Brunon näkemyksiä siitä, miten painovoima vaikuttaa erilaisiin kappaleisiin. Philoteo tekee aluksi selväksi sen, että Maan painovoiman pystyvät kaikki havaitsemaan, joten sen perustelu ei ole tarpeellista. Hän haluaakin tarkastella muiden taivaankappaleiden konteksteja.¹⁵¹

Elpino esittää kysymyksen Philoteolle, jossa hän haluaa vastauksen siihen, että jos kaksi maailmaa olisivat hyvin lähekkäin toisiaan, niin kulkeutuisivatko erilaiset kappaleet taivaankappaleiden pinnalta toiselle. Philoteo toteaa, että periaatteessa se on mahdollista. Hän nostaa esille myös sen, että eri maailman näkökulmasta riippuen kappale joko nousee tai laskee, eli kyseisen kappaleen kohdalla painovoima on suhteellinen. Elpino esittää vastanäkemyksen, jonka mukaan on luonnotonta, jos toisen maailman kappale päätyy toiseen maailmaan. Philoteo toteaa tämän olevan totta ja käyttää esimerkkinä, että jos henkilön nenä ommeltaisiin toisen ihmisen naamaan, niin nenä olisi vieras osa ihmistä, eikä kuuluisi siihen.¹⁵² Elpinon ja Philoteon edellä oleva keskustelu osoittaa hyvin, että Bruno pohti eri taivaankappaleiden olemuksia ja niiden roolia painovoimaan liittyvässä filosofiassaan. Kepleristä poiketen hän ei hyväksynyt mekanistista ajatusta painovoimasta, vaan taivaankappaleiden olemuksella oli keskeinen rooli painovoiman selittämisessä.

Liikkeen merkityksen pohdinta liittyy vahvasti Brunon painovoimateoriaan. Fyysikko Enrico Giannetto nostaa esille, että Bruno näki liikkeen suhteellisena. Hänen mukaansa Bruno ajatteli, että pyörimisliike vaikuttaa vain paikallisiin ilmiöihin, eikä laajempiin lakeihin, ja liike on suhteellista riippuen itse taivaankappaleesta. Giannetto myös näkee, että Bruno kehitti tässä ensimmäistä kertaa suhteellisen ajatuksen painovoimasta. Bruno argumentoi liikkeen suhteellisuuden puolesta toisessa

¹⁵⁰ Kragh 2007, 59.

¹⁵¹ Bruno 1584, 152.

¹⁵² Bruno 1584, 152–153.

vuoden 1584 dialogissaan nimeltä *The Ash Wednesday Supper*. Liikkeen suhteellisuuden avulla Bruno pyrki puolustamaan Kopernikuksen aurinkokeskistä kosmologiaa.¹⁵³

Neljännessä dialogissa Bruno jatkaa painovoimasta keskustelua. Elpino kysyy Philoteolta, että mitä tapahtuisi kivelle, joka leijuisi ilmassa kahden maailman välillä, ja sillä olisi yhtä pitkä välimatka kumpaankin maailmaan. Philoteo vastaa sanomalla, että tilanne on haastava, sillä periaatteessa kivi pysyisi kyseisessä skenaariossa paikallaan. Philoteon mukaan kumpikin maailma vaikuttaa kiveen yhtä paljon. Hän kuitenkin jatkaa, että kyseinen tilanne ratkeaa sillä tavoin, että jompikumpi maailmoista on kivelle mieluisampi ja on enemmän samankaltainen kiven kanssa. Tästä seuraa se, että kivi päätyy lopulta suorinta tietä mieluisampaan maailmaan. Philoteo toteaa, että tämä perustuu motiivin periaatteeseen, jolla hän tarkoittaa, että kaikilla kappaleilla on oma sisäinen motiivinsa toimia tietyllä tavoin.¹⁵⁴ Tämä ilmentää hyvin, kuinka keskeistä roolia motiivit, ja sitä kautta animistiset ja vitalistiset näkemykset, näyttelivät Brunon kosmologiassa ja luonnonfilosofiassa.

Seuraavaksi Bruno sivaltaa tuttuun tapaansa Aristotelesta. Elpino kysyy Philoteolta, että miten hän vastaa Aristoteleen näkemykseen siitä, että toisilleen mieluisat kappaleet, olivatpa ne sitten kuinka kaukana toisistaan, päätyvät aina yhteen, ja vain samankaltaiset kappaleet voivat päätyä toistensa kanssa samaan paikkaan. Philoteo toteaa, että kyseinen ajatus on kaikkea järkeä vastaan. Hän jatkaa, että kappaleet, jotka ovat poistuneet taivaankappaleen pinnalta, voivat päätyä hyvin jonkin toisen taivaankappaleen pinnalle, vaikka ne eivät olisikaan samaa perua. Philoteo sanoo, että kappaleet eivät luonnostaan vain pyri jotakin suhteellista tai ennalta määriteltä pistettä kohti, vaan kohti jotakin taivaankappaletta, joka tarjoaa kappaleelle suojaa. Philoteon mukaan kaikki kappaleet pyrkivät luonnostaan säilyttämään sen hetkisen olemuksensa.¹⁵⁵ Kappaleiden sisäinen motiivi nousee jälleen esille Brunon painovoimaan ja liikkeeseen kytkeytyvässä ajattelussa.

Bruno nostaa esille komeetat pohtiessaan painovoiman, keveyden ja liikkeen roolia maailmankaikkeudessa. Philoteo mainitsee pitkässä argumentissaan, että komeetat asettavat haasteen vanhalle Aristoteleen painovoimateorialle, ja myös Aristoteleen luonnonfilosofiselle teorialle maailmankaikkeuden koosta. Philoteon mukaan vanha painovoimateoria asettuu kyseenalaiseksi komeettojen vuoksi, sillä hän esittää kysymyksen, että miksi komeetta kiertää Maan läheltä, mutta ei laskeudu maahan, tai miksi komeetta ei pysy taivaassa paikallaan. Hän jatkaa vastaamalla Aristoteleen kannattajien argumenttiin, jonka mukaan komeetta liikkuu, koska se on asetettu

¹⁵³ Hufnagel & Eusterschulte 2013, 124.

¹⁵⁴ Bruno 1584, 153–154.

¹⁵⁵ Bruno 1584, 154–155.

liikkumaan. Philoteon mukaan tämä argumentti ei toimi, sillä sama ajattelu pätee Aristoteleen luonnonfilosofiassa myös tähtiin ja muihin taivaankappaleisiin. Philoteo sanoo, että komeettojen liike on niiden omaa, eikä liity Maan kiertoliikkeeseen tai tähtien ominaiseen liikkeeseen.¹⁵⁶ Brunon edellä esittämä mietiskely komeetoista on mielenkiintoinen, sillä siinä hän iskee suoraan painovoiman keskeisimpään kysymykseen, eli siihen, miksi jokin kappale kiertää Maata, eikä laskeudu maahan avaruudesta.

Samassa dialogissa Bruno puolustaa äärettömän maailmankaikkeuden kosmologiaansa käyttämällä komeettoja argumenttina. Brunon ja Keplerin näkemyksiin maailmankaikkeuden koosta pureudun seuraavassa alaluvussa. Joka tapauksessa neljännessä dialogissa Philoteo mainitsee aikalaisten havaitseman komeetan, joka oli nähtävissä taivaalla 45 päivää. Brunon teoksen kääntäjä Scott Gosnell huomauttaa alaviitteessä, että tässä Bruno saattaa viitata Tyko Brahen havaitsemaan komeettaan vuoden 1582 maaliskuussa.¹⁵⁷ Gatti nostaa esille, että Bruno arvosti Brahea ja lähetti tälle jopa kopion yhdestä teoksestaan. Gatti sanoo, että Brahe ei todennäköisesti arvostanut tätä ja syynä tähän voi helposti nähdä sen, että heidän kosmologiset näkemykset poikkesivat radikaalisti toisistaan.¹⁵⁸ Historioitsija Ingrid D. Rowland huomauttaa Brunon arvostaneen Brahea hänen keräämiensä havaintojen vuoksi.¹⁵⁹ Tieteenhistorioitsija Robert S. Westman mainitsee, että Brahe ei lähettänyt teostaan Brunolle, sillä Bruno ei kuulunut Brahen kirjeenvaihtopiiriin.¹⁶⁰ Mielenkiintoista on se, että sekä Bruno että Kepler arvostivat Brahea, vaikka heidän kosmologiset ja luonnonfilosofiset näkemyksensä erosivat suuresti.

Tässä alaluvussa tarkastelin Brunon ja Keplerin esittämiä näkemyksiä painovoimasta ja sen roolista luonnonfilosofisena ilmiönä. Sekä Kepler että Bruno hylkäsivät vanhan Aristoteleen ajatuksen painovoimasta, keveydestä ja liikkeestä. Johannes Keplerin painovoimaan liittyvät näkemykset on usein nähty osana kehityskulkua kohti Isaac Newtonin mekanistista painovoimateoriaa. Ja tämä on mielestäni perusteltua. Siitä huolimatta Keplerin painovoimaan liittyvissä ajatuksissa esiintyi edelleen paljon metafysisiä ja yliluonnollisia selittäjiä, eikä Kepler ollut siinä mielessä mikään suuri tieteen edelläkävijä. Brunon painovoimaan kytkeytyvissä ajatuksissa taas nousi esille hänen animistisia ja vitalistisia luonnonfilosofisia näkemyksiä, jotka ratkaisivat erilaisia painovoimaan liittyviä rajatapauksia. Toisaalta Bruno harppasi nykytieteen näkökulmasta osittain oikeaan suuntaan esittämällä näkemyksiä painovoiman suhteellisuudesta. Mielenkiintoista oli myös se, että Keplerin ja

¹⁵⁶ Bruno 1584, 156–157.

¹⁵⁷ Bruno 1584, 156.

¹⁵⁸ Gatti 2010, 32–33.

¹⁵⁹ Rowland 2008, 113.

¹⁶⁰ Westman 2011, 416.

Brunon väliltä löytyi kytköksiä William Gilbertin kautta. Painovoimakeskustelu on hyvä esimerkki siitä, miten aikalaiset luonnonfilosofit pohtivat erilaisia kysymyksiä, ja miten heidän ajattelunsa oli kytköksissä laajempaan uuden ajan alun keskusteluun ja verkostoon.

3.2 Rajallinen vai rajaton maailmankaikkeus

Kosmologisessa pohdinnassa läpi historian yksi suurimpia kysymyksiä on ollut se, että kuinka suuri tai pieni maailmankaikkeus todella on. Aristoteleen ja Ptolemaioksen kehittämä maakeskinen maailmankuva lujitti pitkäksi aikaa ajatuksen rajallisesta maailmankaikkeudesta. Uuden ajan alkuun tultaessa maakeskistä maailmankuvaa kyseenalaistettiin monien ajattelijoiden toimesta, mutta toisaalta rajallisen maailmankaikkeuden käsitettä useimmat eivät haastaneet. Yksi poikkeus oli Bruno, joka argumentoi luonnonfilosofiassaan äärettömän maailmankaikkeuden puolesta. Brunosta poiketen Kepler taas tuki ajatusta rajallisesta maailmankaikkeudesta. Kummaltakin löytyi paljon perusteluja näkemystensä tueksi ja heidän perustelunsa kytkeytyivät vahvasti aikaisemmin käsiteltyihin aiheisiin, kuten Aurinkoon ja painovoimaan.

Äärettömän maailmankaikkeuden puolesta argumentointi on Brunon teoksen ytimessä läpi koko kirjan. Teoksen ensimmäisessä dialogissa Bruno haastaa Aristoteleen luonnonfilosofisen käsityksen rajallisesta maailmankaikkeudesta. Philoteo toteaa Elpinolle, että jos oletetaan, että maailmankaikkeus on rajallinen ja sen ulkopuolella ei ole mitään, niin missä tämä maailmankaikkeus silloin sijaitsee. Philoteo jatkaa, että kyseisessä tapauksessa maailmankaikkeus on tämän ”ei mitään” sisällä, eli se maailmankaikkeus sijaitsee jossain ja ”ei mitään” jatkuu rajan takana. Hän myös sanoo, että jos argumentoi Jumalan olevan tämän maailmankaikkeuden rajan takana, niin onko tämä rajan takana oleva silloin ”ei mitään”, koska Jumala on siellä.¹⁶¹ Tämä on hyvä esimerkki Brunon käyttämistä järkeilyyn perustuvista argumenteista. Bruno käyttää tämän lisäksi paljon teologisia argumentteja maailmankaikkeuden äärettömyyden puolesta puhuessaan.

Bruno jatkaa kritisoimalla teologioiden ajatuksia. Elpino ja Fracastorio esittävät Philoteolle näkemyksiä maailmankaikkeuteen liittyen. Elpino sanoo, että peripateettisen koulukunnan¹⁶² mukaan olemassa oleva maailma on rajallinen ja sen ulkoreuna on kovera. Fracastorio jatkaa, että maailmankaikkeuden rajan ei tarvitse itsessään olla jokin paikka. Philoteo vastaa kritisoimalla tätä mielestään erikoista ajatusta siitä, että maailmankaikkeuden raja ja rajan sisällä olemassa oleva universumi olisivat aina erillisiä asioita. Hän jatkaa sanomalla, että vaikka näkisi kaikkeuden aineellisena ja tämän rajan

¹⁶¹ Bruno 1584, 37–39.

¹⁶² Peripateettinen koulukunta tarkoittaa antiikin Kreikan filosofista koulukuntaa, joka koostui Aristoteleen seuraajista.

aineettomana, niin siitä huolimatta jäljelle jää edelleen kysymys siitä, että mitä on tämän maailmankaikkeuden rajan takana.¹⁶³ Brunon kritiikki peripateettista koulukuntaa kohtaan oli tietysti samalla myös kritiikkiä Aristotelesta kohtaan. Rowland nostaa esille, miten Bruno paheksui Aristotelesta ja sitä, miten suuressa arvossa Aristoteleen filosofia oli Brunon elinaikana. Rowland mainitsee, että Bruno näki Aristoteleen ajatukset nuorina ja epäkypsinä suhteessa Aristotelesta myöhemmin tulleisiin filosofiin, ja Brunon mukaan ei tulisi roikkua vanhoissa Aristoteleen filosofisissa ajatuksissa.¹⁶⁴

Keplerin näkemykset maailmankaikkeuden kokoon liittyen kytkeytyvät vahvasti hänen teologiseen ajatteluunsa, mutta toisaalta myös hänen taipumukseensa empiiristen havaintojen merkitysten korostamiseen. Tämän lisäksi Kepler ei suoranaisesti pohdi *Astronomia Novassa* maailmankaikkeuden kokoon liittyviä kysymyksiä, mutta teoksesta löytyy ajatuksia, jotka kytkeytyvät vahvasti hänen maailmankaikkeuden kokoon liittyviin näkemyksiinsä. Kaikkein keskeisintä roolia tässä näyttelee Aurinko. Hän sanoo *Astronomia Novan* johdannossa Auringon olevan maailmankaikkeuden keskellä ja hän hylkää mielestään absurdin ajatuksen Maasta kaiken keskellä.¹⁶⁵ Keplerin kosmologiset ja luonnonfilosofiset näkemykset maailmankaikkeuden koosta voi kiteyttää näkemällä hänet aurinkokeskisenä aristoteelikkona. Vaikka Kepler haastoi useimmat Aristoteleen metafysisistä ajatuksista, niin rajallinen käsitys universumista ei ollut yksi niistä. Maan sijainnin kaiken keskellä korvasi vain Aurinko.

Auringon identifiointi planeettojen liikkeiden aiheuttajana kytkeytyi myös omalla tavallaan Keplerin universumin kokoon liittyvään pohdintaan. Tieteenhistorioitsija Robert S. Westman painottaa järjestyksen ja järjestelmällisyyden asemaa Keplerin luonnonfilosofiassa ja kosmologiassa. Järjestykseen keskittyminen edelsi ja ohjasi Keplerin teoksia ja niiden lopputuloksia. Samalla tämä järjestyksen merkitys Keplerille selittää sen, miksi hän näki Kopernikuksen aurinkokeskisen mallin hyvänä. Syynä tähän on se, että Kopernikuksen malli oli hyvin järjestyksessä oleva systeemi. Mielenkiintoisesti Westman mainitsee myös astrologian merkityksen Keplerille. Keplerin näkemys rajallisesta maailmankaikkeudesta ei nimittäin ollut ristiriidassa perinteisen astrologian kanssa, toisin kuin esimerkiksi Brunon äärettömyyskosmologia.¹⁶⁶ Tämä tekee Keplerin kosmologisista ja luonnonfilosofisista ajatuksista mielenkiintoisen tarkastelun kohteen, sillä hän oli suuri edelläkävijä

¹⁶³ Bruno 1584, 40.

¹⁶⁴ Rowland 2008, 107–108.

¹⁶⁵ Kepler 1609, 22.

¹⁶⁶ Westman 2011, 445–446.

fyysisessä tähtitieteessä, mutta toisaalta hän tuki vanhoja astrologisia ja luonnonfilosofisia ajatusmalleja erinäisiin syihin vedoten.

Kepleristä poiketen Bruno haastoi paljon laajemmin edeltäviä kosmologisia ajattelumalleja. Yksi merkittävimpiä keinoja kyseenalaistaa nämä vanhat ajattelurakenteet, oli nostaa esille teologisia vasta-argumentteja. Ensimmäisessä dialogissa Philoteo mainitsee ajatuksia, jotka haastavat aikakaudella yleisesti hyväksytyjä teologisia näkemyksiä. Philoteo toteaa, että ei ole loogista ajatella, että jos Jumala on kaikkivoiva, niin miksi Jumala olisi luonut siinä tapauksessa rajallisen maailmankaikkeuden rajattoman sijasta. Hän jatkaa toteamalla, että teologisena perusolettamuksena on se, että Jumalassa potentiaali ja toiminta ovat yhtä. Tämä tarkoittaa, että Jumalalla on olemassa potentiaalista voimaa, ja tätä voimaa Jumala käyttää toiminnassaan. Philoteo sanoo, että jos potentiaali ja voima ovat yhtä, ja Jumala on luonut rajallisen maailmankaikkeuden, niin miten voi uskoa, että Jumala voisi luoda myös äärettömän maailmankaikkeuden. Tästä voidaan Philoteon mukaan tulla lopputulokseen, että koska Jumalan voima on ääretön, niin myös maailmankaikkeuden tulee olla äärettömän suuri.¹⁶⁷

Bruno käyttää edellä teologien omia näkemyksiä heitä vastaan. Hänen mukaansa teologit asettavat Jumalan äärettömän voiman kyseenalaiseksi olettamalla maailmankaikkeuden olevan rajallinen. Brunoa laajasti tutkinut historioitsija Hilary Gatti tuo esille, miten Brunon teologiset näkemykset kytkeytyivät Aristoteleen luonnonfilosofian kritiikkiin. Gattin mukaan Bruno näki äärettömän maailmankaikkeuden pitävän sisällään äärettömän määrän maailmoja. Brunon suuri harppaus oli nähdä nämä maailmat olemukseltaan samanlaisina kuin Maapallon. Tässä Bruno haastoi Aristoteleen luonnonfilosofisen dualistisen erottelun supralunaarisen puhtaan ja aineettoman, sekä sublunaariseen korruptoituvan ja aineellisen välillä. Gatti huomauttaa, että samalla Bruno eliminoi ontologisen jaon aktiiviseen muotoon ja passiiviseen materiaan, eli käytännössä Bruno hylkäsi ajatuksen Jumalasta ja Maasta erillisinä ontologisina olentoina. Brunolle jumaluus näyttäytyi materiana.¹⁶⁸ Brunon näkemys materiasta jumaluutena kytkeytyi hänen atomistiseen ajatteluunsa.

Filosofi Anne Eusterschulte ja kirjallisuudentutkija Henning Hufnagel painottavat esisokraattisen¹⁶⁹ ja Platonin filosofian merkitystä Brunon ajattelussa. Ammentaessaan ajatuksia kyseisistä lähteistä, Bruno näki samanaikaisesti Kopernikuksen pioneerina, vaikka hän pitikin omia silmämääräisiä havaintojaan parhaina. Hufnagel ja Eusterschulte toteavat, että Brunon luonnonfilosofiassa yhdistyi

¹⁶⁷ Bruno 1584, 52–53.

¹⁶⁸ Gatti 2016, 9.

¹⁶⁹ Esisokraatikoiksi kutsutaan Sokratesta (470–399 eaa.) edeltäneitä antiikin Kreikan filosofeja. ”Esisokraatikot”, Tieteen termipankki.

siis samanaikaisesti vanhaa antiikista ajattelua, ja toisaalta uuden ajan alun suurimpia tieteellisiä läpimurtoja.¹⁷⁰ Rossi näkee Brunon ajattelun muodostuneen roomalaisen filosofin ja runoilijan Lucretiuksen (99–55 eaa.) materialismista, sekä saksalaisen teologin ja filosofin Nicolaus Cusanuksen (1401–1464) platonismista.¹⁷¹ Mielenkiintoista tässä on se, että sekä Bruno että Kepler hakivat nimenomaan Platonin filosofiasta tukea omalle ajattelulleen. Siitä huolimatta heidän kosmologiaan ja maailmankaikkeuteen kytkeytyvät näkemyksensä poikkesivat radikaalisti toisistaan. Samalla tavoin Bruno ja Kepler kumpikin arvostivat suuresti Kopernikusta, ja hänen kehittämänsä aurinkokeskistä mallia, mutta he kuitenkin hyödynsivät luonnonfilosofiassaan Kopernikuksen ajatuksia hyvin eri tavoin.

Maakeskisen maailmankuvan kritiikki ja aurinkokeskisestä maailmankuvasta keskustelu toi siis yhteen suuren joukon hyvin vahvasti toisistaan poikkeavia ajatuksia. Mielenkiintoisesti teologit, filosofit, matemaatikot ja tähtitieteilijät osallistuivat kaikki samaan keskusteluun. Uuden ajan alussa maailmankuvat rakentuivat pitkälti näiden eri ryhmien ajatusten jonkin asteisesta yhdistelmästä. Bruno ja Kepler kumpikin ammensivat ajatuksia näistä lähteistä, ja toisaalta he esittivät myös kritiikkiä niitä kohtaan. Vaikka Keplerin ja Brunon asema tieteenhistoriassa näyttäytyy nykypäivän tarkastelijan silmissä hyvin erilaisena, niin siitä huolimatta he osallistuivat loppujen lopuksi samaan keskusteluun. Tästä johtuen uuden ajan alun historiallisessa kontekstissa ei ole järkevää vetää radikaalia rajaa ”tieteellisen” ja ”ei-tieteellisen” välillä. Hedelmällisempää on vertailla, miten erilaiset näkemykset perustelivat kantojaan, ja miten ne olivat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa.

Esimerkiksi Kepler korosti olevansa tähtitieteilijä, joka haluaa selvittää maailmankaikkeuden salat. Tästä huolimatta hän piti itseään myös luonnonfilosofina. Siksi onkin mielenkiintoista, että *Astronomia Novassa* hän sivaltaa hieman filosofeja. Kepler nostaa esille Patrizi nimen, joka tarkoittaa Francesco Patrizia (1529–1597). Kepler kutsuu Patrizia hieman ivallisesti filosofiksi, koska väittää Patrizin haluavan tulla kutsutuksi nimenomaan filosofina, eikä esimerkiksi astronomina. Teoksen kääntäjä William H. Donahue huomauttaa tässä, että Patrizi edusti hermeettistä ja platonista kosmologista koulukuntaa.¹⁷² Tämä on mielenkiintoinen esille nosto Kepleriltä, sillä Patrizin kosmologia liikkui samoilla suunnilla kuin Brunon. Kyseinen Keplerin kommentti tulee lähimmäs Brunon ajatusten mainintaa ja kritiikkiä *Astronomia Novassa*. Kepler otti kantaa Brunon ajatuksiin muutamissa muissa teoksissaan.

¹⁷⁰ Hufnagel & Eusterschulte 2013, 65.

¹⁷¹ Rossi 1997, 180.

¹⁷² Kepler 1609, 77.

Fyysikko Christopher M. Graney on tarkastellut eräissä tutkimuksissaan Brunon ja Keplerin maailmankaikkeuden kokoon liittyviä näkemyseroja. Hän nostaa esille, miten Bruno tuki ajatusta äärettömästä maailmankaikkeudesta, ja Kepler taas ei hyväksynyt kyseistä Brunon näkemystä. Graneyn mukaan Kepler käytti vasta-argumenttina kiintotähtiä sekä niiden kirkkautta ja kokoa. Tämä ajatus oli seurausta Kopernikuksen aurinkokeskisestä mallista. Jotta mallin ajatus tähtien näennäisestä koosta taivaalla, ja niiden kaukaisuudesta suhteessa Maahan, kävisi järkeen, oli tähtien oltava valtavan kokoisia ja samalla himmeitä. Kepler tuki tätä Kopernikuksen malliin perustuvaa ajatusta ja siksi hän näki, että kiintotähdet olivat suuria ja samalla hyvin himmeitä. Aurinko sen sijaan oli maailmankaikkeuden keskus ja samalla kirkas sekä täysin uniikki taivaankappale. Graney huomauttaa, että Kepler perusteli näitä näkemyksiään havainnoilla.¹⁷³ Kuten Kepler *Astronomia Novassa* toteaa, piti hän havaintojen asemaa ensisijaisen tärkeänä tähtitieteessä ja laajemmin myös luonnonfilosofiassaan.¹⁷⁴ Keplerille siis empiiriset havainnot eivät tukeneet ajatusta äärettömästä maailmankaikkeudesta.

Keplerin suhde empirismiin on mielenkiintoinen. Oman aikansa havainnoilla Keplerin empiriaan perustuva päättely maailmankaikkeuden koosta näyttäytyy järkevänä. Toisaalta Kepler esitti empiirisen ajattelun ulkopuolelta tulevia metafysisiä ja myyttisiä ajatuksia teoksissaan. Filosofit Daniel Špelda sanoo, että tästä syystä Kepler ja hänen ajatuksensa on nähty hyvin kaksijakoisina. Esimerkiksi valistuksen aikaan 1700-luvulla Kepler asetti haasteen monille valistuksen ajan historioitsijoille, sillä hän rikkoi Špeldan mukaan suurta valistuksen aksioomaa, jonka mukaan tärkeää oli perustaa kaikki ajattelu järkeen. Tästä syystä historioitsijat jakoivat usein Keplerin ajattelun nerouteen ja syrjähyppyihin.¹⁷⁵ Tämä sama jako on osittain havaittavissa myös nykyisessä tutkimuskirjallisuudessa. Joka tapauksessa Keplerin maailmankaikkeuteen ja sen kokoon kytkeytyvät näkemykset olivat sekoitus empiirisiin havaintoihin perustuvaa päättelyä ja Keplerin omaa metafysisistä ja teologista ajatusmaailmaa.

Brunon esittämissä ajatuksissa esiintyy havaintoihin perustuvia argumentteja, joihin usein sekoittuu filosofisia ja teologisia näkemyksiä. Brunon teoksen toisessa dialogissa Philoteo aloittaa keskustelun pitämällä pitkän puheenvuoron. Siinä hän ilmaisee esimerkiksi jo edeltävässä dialogissa esille tulleen ajatuksen, jonka mukaan Jumalan voiman äärettömyydestä johtuen myös maailmankaikkeuden tulee

¹⁷³ Graney 2019, 156.

¹⁷⁴ Kepler 1609, 86.

¹⁷⁵ Špelda 2017, 396.

olla äärettömän suuri.¹⁷⁶ Myöhemmin samassa dialogissa Elpino esittää Philoteolle suuren määrän Aristoteleen luonnonfilosofisia argumentteja. Philoteo aloittaa vastauksensa toteamalla seuraavasti:

It would be impossible to find another with the title of philosopher, who feigns so many vain suppositions and fabricates foolish positions for his adversaries to support his positions on levity, as can be seen in his arguments.¹⁷⁷

Edellä Philoteo toteaa, että ei ole mahdollista löytää toista filosofiksi kutsuttua henkilöä, joka esittäisi yhtä monia Brunon mielestä huonoja näkökulmia keveyteen liittyen. Tämä ilmentää hyvin jälleen Brunon Aristotelesta vastaan kokema antipatiaa.

Kyseisen sivalluksen jälkeen Philoteo jatkaa äärettömyyden puolesta argumentointia toteamalla, että maailmankaikkeudessa ei ole olemassa minkäänlaisia reuna-, väli- ja keskikohtia. Sen sijaan Philoteon mukaan kaikki maailmat, eli taivaankappaleet, näkevät itsensä maailmankaikkeuden keskikohtana. Philoteo myös toteaa, että äärettömässä universumissa erilaiset suunnat, kuten ”ylös” ja ”alas” menettävät merkityksensä.¹⁷⁸ Tämä Brunon argumentointi kytkeytyy aikaisemmissa luvuissa käsiteltyihin Brunon näkemyksiin Auringosta, Kuusta sekä painovoimasta. Myöhemmin samassa dialogissa Philoteo jatkaa sanomalla, että rajalliset matkat eivät ole esteenä äärettömän maailmankaikkeuden olemassa ololle. Hän sanoo, että esimerkiksi Maan pinnalla voi kulkea vain rajallisen matkan. Philoteo jatkaa toteamalla, että eri taivaankappaleet ovat itsessään rajallisia ja toisaalta taivaankappaleiden väliset matkat ovat samalla tavoin rajallisia. Philoteon mukaan ainoastaan taivaankappaleiden liike on rajatonta ja loputonta.¹⁷⁹ Edellä mainittu osoittaa erinomaisesti, miten suurin osa Brunon kosmologisista ja luonnonfilosofisista ajatuksista oli loppujen lopuksi kytköksissä äärettömän maailmankaikkeuden olemassaolon perusteluun ja todistamiseen.

Rowland nostaa esille mielenkiintoisen ajatuksen taivaankappaleiden asemasta Brunon äärettömässä maailmankaikkeudessa. Rowland sanoo Brunon ajatelleen, että äärettömän universumin kontekstissa taivaankappaleet eivät vain kierrä liikeratojaan pitkin, vaan ne ovat osa äärettöntä jatkuvuutta äärettömässä kaikkeudessa. Tästä seuraa se, että kaikki Aristoteleen, Ptolemaioksen ja Kopernikuksen kehittämät planeettojen liikeratoja kuvaavat järjestelmät, ovat vain kaavioita, jotka kuvaavat pientä osaa suuremmasta liikkeiden kokonaisuudesta. Edellä mainitut systeemit ovat siis Brunon näkökulmasta vain suhteellisia kuvauksia.¹⁸⁰ Tämä osoittaa myös hyvin, miten Bruno esitti

¹⁷⁶ Bruno 1584, 62.

¹⁷⁷ Bruno 1584, 73.

¹⁷⁸ Bruno 1584, 73–74.

¹⁷⁹ Bruno 1584, 79–80.

¹⁸⁰ Rowland 2008, 112.

vahvaa kritiikkiä ihailemaansa Kopernikusta kohtaan asettamalla hänet samalle linjalle Aristoteleen ja Ptolemaioksen kanssa. Tämä suhtautuminen Kopernikukseen erotti Brunon ja Keplerin kosmologiset näkemykset vahvasti toisistaan.

Mielenkiintoisen haasteen Keplerin kosmologialle asettivat komeetat. Weinert nostaa esille, että 1500-luvun lopulla tähtitieteilijät havaitsivat sekä supernovan että komeettoja. Weinertin mukaan tämä asetti vanhan Aristoteleen pallonkuoriin perustuvan ajattelun kyseenalaiseksi. Syynä tähän on se, että Aristoteleen luonnonfilosofiassa supralunaarinen taivas oli muuttumatonta. Komeettojen ja supernovan ilmestyminen taivaalle rikkoi Aristoteleen luonnonfilosofian perusajatuksia. Weinert huomauttaa, että oman haasteensa toi myös se, että tähtitieteilijät havaitsivat komeettojen liikeratojen olevan hyvin elliptisiä. Tämä tarkoittaa siis, että komeetat liikkuvat kohti Aurinkoa jostakin kaukaa aurinkokunnan ulkopuolelta.¹⁸¹ Tämä tietenkin kyseenalaisti rajallisen tai ainakin siihen asti uskotun maailmankaikkeuden kokoon liittyvän ajattelun.

Keplerille tämä elliptisiin liikeratoihin suhtautuminen oli kaksijakoista. *Astronomia Novassa* Kepler esittää ajatuksen planeettojen liikeratojen elliptisyydestä. Hän sanoo, että korvaamalla täydelliset ympyrät elliptisillä liikeradoilla planeettojen liikkeet selittyvät paljon paremmin.¹⁸² Huomattavaa tässä on kuitenkin se, että Keplerin elliptiset liikeradat koskettivat lähinnä planeettoja. *Astronomia Novassa* Kepler ei käsittele komeettojen liikeratoja. Merkittävää on se, että komeettojen radikaalisti elliptiset liikeradat asettivat Keplerin oman kosmologisen ajatuksen rajallisesta maailmankaikkeudesta kyseenalaiseksi, sillä liikeradat osoittivat komeettojen tulevan kaukaa aurinkokunnan ulkopuolelta. Filosofin Patrick J. Boner sanoo, että Kepler käsitteli komeettoihin liittyviä kysymyksiä myöhemmässä teoksessaan *De cometis*. Kyseisessä kirjassa Kepler toteaa, että komeettojen hyvin elliptiset liikeradat ovat vain Maan pyörimisen aiheuttamaa illuusiota. Kepler vertasi komeettojen liikeratojen elliptisyyttä planeettojen näennäiseen taantuvaan liikkeeseen.¹⁸³

Bruno ei kommentoi komeettoja dialogissaan, sillä ne eivät aseta mitään ongelmia hänen omalle kosmologialleen. Mielenkiintoisesti Brunon kosmologia ei ollut ulottuvuudeltaan ainoastaan spatiaalisesti ääretön, vaan myös temporaalisesti. Toisessa dialogissa Elpino ja Philoteo keskustelevat äärettömästä maailmankaikkeudesta ja Aristoteleen väittämistä. Philoteo kritisoi Aristoteleen näkemystä siitä, ettei äärettömyyksiä voi olla olemassa, ja että äärettömyydessä on eri osia, eli eri kokoisia äärettömyyksiä. Philoteo sanoo, että rajalliset pituudet ovat vain suuremman rajallisen

¹⁸¹ Weinert 2009, 34.

¹⁸² Kepler 1609, 338.

¹⁸³ Boner 2013, 123.

alueen pituuksia, eivätkä itsessään osa mitään ääretöntä pituutta, sillä ne eivät ole osa äärettömyyttä. Philoteo jatkaa toteamalla, että samalla tavoin on olemassa ääretön aika ja esimerkiksi tuhat vuotta ei ole osa ääretöntä aikaa, vaan osittainen ajan mitta esimerkiksi jostain suuremmasta rajallisesta ajasta.¹⁸⁴ Brunon filosofisessa ajattelussa siis loputtomuudessa itsessään ei ole osia sen varsinaisessa merkityksessä, koska rajallinen asia ei ole verrannollinen äärettömyyden kanssa. Sen sijaan äärettömyyden sisällä voi olla osia, eli komponentteja, heterogeenisyydestä johtuen.

Brunolle siis maailmankaikkeus on tilallisesti ja ajallisesti ääretön. Tämä oli uuden ajan alussa hyvin radikaali luonnonfilosofinen näkemys. Tieteenhistorioitsija Miguel Á. Granada pohtii tätä Brunon aikaan liittyvää filosofista ajattelua. Aristoteleen luonnonfilosofiassa oli olemassa absoluuttisen ajan käsite, jonka mukaan aika lähti liikkeelle uloimman pallonkuoren, eli *primum mobile*n, liikkeestä. Granada näkee, että Brunon luonnonfilosofiassa ajan suhteellisuus ilmenee voimakkaammin kuin 1900-luvun erikoisessa ja yleisessä suhteellisuusteoriassa¹⁸⁵. Hän sanoo, että Brunolle aika oli suhteellista, koska äärettömässä maailmankaikkeudessa oli ääretön määrä heterogeenisiä maailmoja, joissa oli oma aikansa. Tämän lisäksi hän huomauttaa, että samalla Bruno myös näki, että maailmojen välillä oli niiden ominaisesta liikkeestä johtuvia aikavälejä, jotka estivät minkäänlaisen universaalien ajan mittauksen.¹⁸⁶

Granadalle Brunon luonnonfilosofinen suhteellisuusajattelu näyttäytyy radikaalina länsimaisen filosofisen ja teologisen tradition kritiikkinä, ja jopa dekonstruktiona. Hän sanoo, että Brunon luonnonfilosofian ääretön maailmankaikkeus hyökkäsi monin eri tavoin aikakauden ajattelua vastaan. Ensinnäkin Aristoteleen luoma kosmologinen hierarkia tuhoutui Brunon äärettömyyskosmologiassa. Samalla erilaiset dualismit ruumiin ja sielun, materian ja muodon sekä Maan ja taivaan välillä poistuivat. Granada nostaa esille myös näkemyksensä siitä, että Brunon kosmologia haastoi ihmiskeskeisen ajattelun ja loi uuden eettisen systeemin, joka kattoi koko maailmankaikkeuden.¹⁸⁷ Tämä kaikki osoittaa hyvin sen, miten poikkeuksellinen ajattelijä Bruno oli omana aikanaan. Hän haastoi todella fundamentaalisia ajatusrakenteita omalla filosofiallaan, mutta samalla hän hyödynsi ajattelussaan vanhoja filosofisia traditioita.

Granada mainitsee lisäksi Brunon roolista osana pidempää historiallista suhteellisuusajatteluun kytkeytyvää prosessia. Hän sanoo, että esimerkiksi Galileo Galilei (1564–1642) ei hyväksynyt

¹⁸⁴ Bruno 1584, 89–90.

¹⁸⁵ Erikoinen ja yleinen suhteellisuusteoria ovat Albert Einsteinin (1879–1955) kehittämia modernin fysiikan teorioita. Ensimmäinen korvasi Newtonin vanhan aikaa ja avaruutta koskevan mekaniikan, ja jälkimmäinen painovoimateorian. ”Suhteellisuusteoria”, Tieteen termipankki.

¹⁸⁶ Hufnagel & Eusterschulte 2013, 126.

¹⁸⁷ Hufnagel & Eusterschulte 2013, 128.

suurelta osin näitä Brunon näkemyksiä, mutta ajatuksen liikkeen suhteellisuudesta hän pystyi nielemään.¹⁸⁸ Myös Rowland nostaa esille Brunon roolin liikkeen suhteellisuuden ajatuksen herättelijänä. Mielenkiintoisesti Rowland mainitsee siitä, miten tieteenhistoriassa on korostettu Galileon ja Brunon ajattelun eroja, mutta myös niiden samankaltaisuutta. Hän nostaa esimerkkinä Keplerin, joka näki Galileon ja Brunon ajattelun yhtäläisyydet.¹⁸⁹ Brunon näkemykset vaikuttivat siis ainakin hieman Galileon ajatteluun, ja enemmän kuin esimerkiksi Keplerin näkemyksiin. Tämä osoittaa myös, miten aikalaiset keskustelijat altistuivat epäsuorasti toistensa ajatuksille.

Tässä alaluvussa tarkastelin Brunon ja Keplerin esittämiä näkemyksiä maailmankaikkeuden todellisesta koosta. Heidän näkemyksensä kyseisestä aiheesta erosivat toisistaan merkittävästi. Ääretön maailmankaikkeus oli Brunon kosmologian kulmakivi ja kaikki perustui siihen. Brunon koko luonnonfilosofia pyrki kritisoimaan edeltävää Aristoteleen rajallista maailmaa, jossa Jumala ja ihminen olivat fyysisesti erillään. Kepler kritisoi Brunon tavoin vanhaa Aristoteleen kosmologiaa, mutta hän ei pystynyt silti uskomaan Brunon tavoin äärettömän maailmankaikkeuden olemassa oloon. Osa syynä tähän voidaan pitää sitä, että Kepler uskoi empiiristen havaintojen antavan parhaan vastauksen maailmankaikkeuden kokoon liittyviin kysymyksiin ja aikalaiden havainnot eivät Keplerin mielestä tukeneet ajatusta äärettömästä maailmankaikkeudesta. Molemmilta löytyi siis vahva filosofiaan perustuva vastaus siihen, onko maailmankaikkeus ääretön vai ei. Brunon ja Keplerin maailmankaikkeuden kokoon liittyvät näkemykset ja argumentit osoittavat hyvin, miten erilaisia kosmologisia ajatuksia Kopernikuksen julkaisun jälkimainingeissa kehittyi.

¹⁸⁸ Hufnagel & Eusterschulte 2013, 127–128.

¹⁸⁹ Rowland 2008, 281–282.

4 Loppuluku

Uuden ajan alussa uudelleen syttyneellä kosmologisella keskustelulla on ollut kauaskantoiset seuraamukset siinä, minkälaisena ihmiset näkevät asemansa maailmassa. Nikolaus Kopernikuksen aurinkokeskisen mallin julkaisun jälkeen syntyi paljon uusia ajatuksia siitä, minkälainen maailmankaikkeus todella on ja mitkä voimat siellä vaikuttavat. Italialainen Giordano Bruno ja saksalainen Johannes Kepler olivat kaksi merkittävää kosmologiseen keskusteluun osallistunutta henkilöä ja he esittivät kumpikin uusia, uuden ajan alun kontekstissa mullistavia, kosmologisia ja luonnonfilosofisia ajatuksia. Bruno ja Kepler valikoituivat tutkimuksen tarkastelun kohteeksi heidän mielenkiintoisten ja poikkeuksellisten kosmologisten ajatustensa vuoksi.

Alkuperäisaineistosta selvitettiin, miten Bruno ja Kepler kritisoivat vanhaa maakeskistä maailmankuvaa, mitä ajatuksia he ammensivat Kopernikuksen aurinkokeskisestä maailmankuvasta, miten he rakensivat Kopernikuksen ajatusten avulla omia luonnonfilosofisia ja kosmologisia mallejaan ja miten he perustelivat omat argumenttinsa. Tutkimuksen alkuperäisaineistona toimivat Brunon *On the Infinite, the Universe and the Worlds* (1584) ja Keplerin *Astronomia Nova* (1609). Tutkimuksessa käytettiin historiallista menetelmää, eli lähdekritiikkiä ja kontekstualisointia. Asettamalla Brunon ja Keplerin ajatukset uuden ajan alun kosmologisen keskustelun kontekstiin, pystyttiin etsimään samankaltaisuuksia ja eroavaisuuksia kummankin esittämistä näkemyksistä.

Bruno julkaisi filosofiset näkemyksensä ajallisesti ennen Kepleriä. Hänen esittämät luonnonfilosofiset ja kosmologiset ajatukset kytkeytyivät vahvasti Aristoteleen luonnonfilosofian kritiikkiin. Bruno nimittäin halveksui Aristoteleen filosofiaa ja pyrki kaikin tavoin haastamaan sen asettamia ontologisia ja epistemologisia perusteita. Aristoteleen rajallinen ja maakeskinen maailmankaikkeus oli Brunolle käsittämätön ajatus, eikä kyseisen maailman olemassaoloa voinut hänen mukaansa perustella sen paremmin luonnonfilosofisesti, teologisesti kuin loogisesti. Brunolle Kopernikuksen julkaisu *De revolutionibus orbium coelestium* (1543) toimi alkusysäyksenä uusien ajatusten herättelijänä. Aurinkokeskinen malli oli Brunon mielestä katse oikeaan suuntaan, mutta hän piti Kopernikuksen mallia liian rajoittuneena. Bruno vei ajatuksensa paljon pidemmälle ja hylkäsi myös aurinkokeskisen ajatuksen. Tilalle hän tarjosi omaa hyvin radikaalia näkemystään, jonka mukaan maailmankaikkeudessa ei ole minkäänlaista keskikohtaa.

Brunon kosmologian kulmakivenä toimi ajatus siitä, että maailmankaikkeus oli äärettömän suuri ja kaikki muut hänen esittämät näkemykset kytkeytyivät tavalla tai toisella äärettömyyden perusteluun. Hänen teoksensa otsikko ilmaisi jo sen, miten hän ajatteli. Kaikissa dialogeissaan hän pyrki

todistamaan ajatuksensa äärettömästä maailmankaikkeudesta, ja samalla hän otti kantaa moniin aikalaisia hiertäneisiin kysymyksiin, kuten taivaankappaleiden ontologiseen asemaan ja painovoimaan. Brunolle Aurinko, Kuu ja muut taivaankappaleet olivat olemukseltaan animistisia ja vitalistisia kappaleita, ja tämä taas kytkeytyi Brunon filosofisiin ja teologisiin näkemyksiin, jonka mukaan Jumalan luoma kaikkeus oli luonteeltaan elollista. Taivaankappaleiden liike selittyi siis niiden olemuksen kautta. Bruno ei myöskään pitänyt aurinkokunnan taivaankappaleita mitenkään uniikkeina, vaan osana äärettömän maailmankaikkeuden sisältämää heterogeenistä jakautuneisuutta. Aurinko oli Brunolle vain yksi äärettömästä määrästä tähtiä, joita maailmankaikkeus oli täynnä. Maakeskisyytys ja aurinkokeskisyytys päätyivät siis molemmat romukoppaan Brunon toimesta.

Kosmologian suuren kysymysmerkin, eli painovoiman kohdalla, Bruno otti tapansa mukaan radikaaleja harppauksia. Hän hylkäsi Aristoteleen luonnonfilosofisen ajatuksen absoluuttisista suunnista, kuten ”ylös” ja ”alas”, ja näki sen sijaan, että kaikilla taivaankappaleilla oli olemassa oma sisäinen painovoimansa, joka määritteli nämä suunnat. Hän perusteli näkemystään tarkastelemalla painovoimaa eri havaintopaikoilta. Painovoima muuttui siis Brunon ajatuksissa suhteelliseksi ilmiöksi, eikä se ollut enää mitenkään sidonnainen maakeskiseen maailmankuvaan. Kuten kaiken muunkin Brunon kehittämän luonnonfilosofian, niin myös painovoiman kohdalla, tarkoituksena oli rakentaa perusteita äärettömän maailmankaikkeuden todistamiselle. Painovoima oli Brunon mielestä suhteellista, koska äärettömän suuressa maailmankaikkeudessa ei ollut minkäänlaista keskikohtaa ja siitä johtuen suunnat olivat täysin havainnoitsijasta riippuvaisia.

Mielenkiintoisesti Brunon maailmankaikkeus oli ääretön sekä spatiaalisesti että temporaalisesti. Aristoteleen kehittämä ajatus uloimmasta pallonkuoresta, eli *primum mobilesta*, murtui Brunon ajatuksissa. Uloin pallonkuori oli määritelty maailmankaikkeuden sekä tilallisesti että ajallisesti. Hylkäämällä uloimman pallonkuoren olemassaolon Bruno rikkoi ensinnäkin maailmankaikkeuden tilallisen rajan ja maailmankaikkeus muuttui äärettömäksi. Toisaalta uloimman pallonkuoren hylkääminen johti myös absoluuttisen ajan käsitteen hylkäämiseen, sillä uloin pallonkuori oli Aristoteleen mukaan universumin ajan määrittäjä. Brunolle maailmankaikkeus muuttui siis suhteelliseksi myös ajallisesti. Tämä kaikki oli ajan kosmologisessa kontekstissa hyvin radikaalia ja poikkeuksellista.

Kepler lähti tarjoamaan vastauksia erilaisiin kosmologisiin kysymyksiin hieman erilaisesta näkökulmasta. Brunon tavoin Kopernikus toimi hänelle suurena inspiraationa, mutta Brunosta poiketen Kepler puolusti voimakkaasti Kopernikuksen aurinkokeskisyyttä. Hän näki, että Kopernikus oli oikein identifioinut Auringon maailmankaikkeuden keskipisteeksi. Teoksessaan Keplerin

tarkastelun keskiössä olivat taivaankappaleet, ja niiden liikeratojen kuvailu matemaattisesti ja geometrisesti. Taivaankappaleisiin liittyvän päättelyn kautta Kepler rakensi omaa kosmologista systeemiään, jossa Aurinko sai keskeisen aseman. Aurinkokunnan planeetat liikkuivat omia liikeratojaan pitkin Auringon ympäri, joten tästä Kepler päätteli Auringon olevan maailmankaikkeuden keskus. Tähän kietoutui myös Keplerin omia teologisia näkemyksiä, joissa Aurinko ja Jumala kietoutuivat vahvasti yhteen. Teologia kulki siis luonnonfilosofian ja aloittelevan luonnontieteen kanssa edelleen käsi kädessä.

Kepler oli ajatuksissaan Brunon tavoin vallankumouksellinen, mutta hyvin eri tavalla. Hän nimittäin esitteli teoksessaan ajatuksen aurinkokunnan planeettojen liikeratojen elliptisyydestä. Tämä oli radikaali harppaus pois vanhasta Aristoteleen luonnonfilosofisesta kosmologiasta, jossa supralunaarinen alue oli muuttumatonta ja täydellistä. Aristoteles nimittäin ajatteli planeettojen liikeratojen olevan täydellisiä ympyröitä, mutta Kepler kyseenalaisti tämän vedoten teoksessaan esitettyihin laskuihin ja geometriaan. Tämän vanhan luonnonfilosofisen näkemyksen kritiikin lisäksi Kepler toi näkemyksiinsä mukaan empiriaa, eli hän korosti havaintoja argumenttinsa tukena. Tämän voi nähdä merkittävänä askeleena tähtitieteen historiassa, jossa spekulatio alkoi pikkuhiljaa siirtymään empirian ja matematiikan tieltä.

Painovoiman kohdalla Kepler tuki ajatusta sen kytkeytymisestä jollakin tavalla magnetismiin, joka oli aikalaisille todella mystinen luonnonilmiö. Kepler nosti esille William Gilbertin ajatukset magnetismista parhaimpana painovoiman selittäjänä. Painovoiman tieteenhistoriassa Keplerin rooli on nähty varhaisena mekanistisen painovoimateorian tukijana. Vaikka Keplerin asema tieteenhistoriassa on suuri, niin siitä huolimatta tämän tutkimuksen sisällä näkyy hyvin, miten Keplerin ajatuksissa esiintyi aikalaisilleen tuttuun tapaan edelleen paljon teologisia ja metafysisiä näkemyksiä, jotka eivät olleet kytköksissä empiirisiin päätelmiin. Mielenkiintoisesti edellä mainittu Gilbert oli saanut vaikutuksia Brunon näkemyksistä, joten Kepler sai myös Brunosta epäsuoraa vaikutusta omaan ajatteluunsa. Samalla tavoin Tyko Brahe oli vuorovaikutuksessa sekä Keplerin että Brunon kanssa. Tämä osoittaa, miten Bruno ja Kepler olivat osa laajempaa uuden ajan alun kosmologisen keskustelun kontekstia, jossa hyvin erilaiset näkemykset ja ajattelijat olivat keskenään suorassa ja epäsuorassa vuorovaikutussuhteessa.

Merkittävin kiistakapula Keplerin ja Brunon näkemysten välillä kytkeytyi kuitenkin maailmankaikkeuden kokoon. Bruno uskoi äärettömän maailmankaikkeuden olemassa oloon ja näki sen myös teologisesti täysin perusteltuna. Kepler taas kielsi kyseisen ajatuksen ja hän perusteli rajallisen maailmankaikkeuden olemassa oloa empirialla. Hän sanoi, että mitkään havainnot eivät tue

ajatusta siitä, että maailmankaikkeus jatkuisi ikuisesti. Keplerin oma teologinen ajattelu kytkeytyi tähän Auringon kautta, sillä jos Aurinko olisi vain yksi äärettömästä määrästä tähtiä, niin Aurinko muuttuisi merkityksettömäksi, ja koska Aurinko symboloi Keplerille Jumalaa, niin ajatusta Auringon mitättömyydestä ei voinut mitenkään hyväksyä. Tämä osoittaa jälleen hyvin, miten Keplerin ajattelussa empiria ja teologia kulkivat monesti käsi kädessä.

Tutkimuksessa käytetyt alkuperäislähteet poikkesivat suuresti toisistaan. Brunon teos oli uuden ajan alun kontekstiin hyvin tyypillinen dialogi, jossa erilaiset hahmot debatoivat keskenään filosofisista ongelmista. Dialogin äänekkäin henkilö esitteli Brunon omat argumentit ja muut hahmot esittivät hänelle vasta-argumentteja. Keplerin teos sen sijaan rakentui matematiikasta, geometriasta, empiriasta ja niiden avulla argumentoinnista. Siksi hänen julkaisunsa voi nähdä luonnontieteellisen teoksen prototyypinä. Kummatkin alkuperäislähteistä olivat verrattain haastavaa luettavaa niiden vaikeiden aiheiden vuoksi. Siitä huolimatta tarkan lukemisen ja analysoinnin avulla niistä pystyi löytämään paljon mielenkiintoisia uuden ajan alun kosmologiaan ja luonnonfilosofiaan kytkeytyviä ajatuksia.

Kyseisten alkuperäislähteiden kautta on myös helppo ymmärtää sitä, miksi Brunon ja Keplerin rooli tieteenhistoriassa on ollut hyvin erilainen. Brunon teos ei näyttäydy nykytutkijan silmissä mitenkään tieteellisenä. Hän ei esimerkiksi käyttänyt matematiikkaa näkemystensä tukena. Kepler taas hyödynsi geometriaa ja matematiikkaa teoksessaan. Tästä syystä hänet onkin nähty merkittävänä tieteen kehityksen pioneerina. Tämä ja aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että jako Keplerin ja Brunon välillä tieteelliseen ja ei-tieteelliseen ei tietenkään ole täysin perusteltua. Mielenkiintoisen heidän ajatustensa vertailusta tekee myös se, että nykytiedon valossa esimerkiksi Brunon näkemykset maailmankaikkeuden koosta ovat lähempänä todellisuutta kuin Keplerin. Toisaalta Keplerin kehittämät planetaariset lait ovat edelleen tärkeitä tähtitieteessä. Heidän kummankin esittämät näkemykset ovat siis vieläkin relevantteja nykytilanteessa, vaikka paljon tietoa on kasaantunut heidän jälkeen.

Alkuperäislähteet ovat olleet tämän tutkimuksen kysymysten kannalta hyvät. Tietysti sekä Bruno että Kepler olivat tuotteliaita kirjoittajia ja he julkaisivat elinaikanaan suuren määrän erilaisia teoksia. Luonnollisesti heidän ajatuksensa myös muokkautuivat heidän omana elinaikanaan, eivätkä heidän kosmologiset ja luonnonfilosofiset näkemyksensä olleet staattisia. Mahdollisen jatkotutkimuksen aiheen tarjoaisi Keplerin ja Brunon ajatusten vertailu, ja tarkastelu, miten heidän ajatuksensa muuttuivat heidän omana elinaikanaan. Toinen potentiaalinen jatkotutkimuksen aihe olisi ottaa mukaan lisää aikalaisia kosmologiseen keskusteluun liittyneitä henkilöitä. Tähän keskusteluun kuului

tietysti suuri määrä hyvin erilaisia persoonia, joiden ajatukset poikkesivat suuresti toisistaan. Kaiken kaikkiaan uuden ajan alun kosmologista keskustelua on tutkittu jo paljon, mutta aina saattaa löytyä uudenlaisia näkökulmia ja vertailupareja, jotka tarjoavat uusia mahdollisuuksia tieteenhistorian tutkimukselle.

Brunon ja Keplerin kosmologisten ajatusten vertailu tarjosi myös oivan mahdollisuuden tutkia, miten eri tavoin uuden ajan alussa luonnonfilosofit lähtivät haastamaan vanhaa Aristoteleen ja Ptolemaioksen ajatuksiin perustuvaa maailmankuvaa. Brunon kritiikki kohdistui erityisesti Aristotelesta kohtaan, jota hän arvosteli teoksessaan ankarasti. Brunolle Aristoteles näyttäytyi filosofina, jonka takia oli syntynyt käsitys rajallisesta, ja näin ollen Brunon mielestä väärästä maailmankaikkeudesta, jossa Jumalan todellinen kaikkivoipaisuus ei voinut ilmetä ihmisille. Keplerin kritiikki kohdistui myös Aristotelesta kohtaan, mutta teoksensa matemaattisuuden ja geometrisuuden johdosta hän kritisoi enemmän Ptolemaiosta, joka oli kehittänyt vanhan maakeskisen maailmankuvan matemaattiset perusteet. Brunosta poiketen Kepler pyrki sopuisaan kritiikkiin ja esitteli järjestelmällisesti, miksi Ptolemaioksen kehittämä malli ei ollut paras mahdollinen malli havaintojen selittäjänä.

Kootusti voi todeta, että Bruno ja Kepler olivat kumpikin aikakaudelleen poikkeuksellisia hahmoja, jotka kehittivät uusia, ja monella tapaa mullistavia ajatuksia, jotka haastoivat vanhaa luonnonfilosofista ajattelua. Yhtä tärkeää heidän poikkeuksellisten ajatustensa lisäksi on se, että heidän näkemyksensä eivät syntyneet tyhjiössä, vaan vanhan ajattelun kritiikin ja uudenlaisen ajattelun synnyttämän keskustelun ja synteessin kautta. Toisaalta he kumpikin ammensivat tukea näkemyksilleen muualta, ehkä jopa hieman unohdetummasta vanhasta ajattelusta. Keskeistä on se, että Bruno ja Kepler olivat kumpikin osa pidempää historiallista tieteen, luonnonfilosofian ja kosmologian kehityksen prosessia, jossa erilaiset ajattelutavat ja -rakenteet olivat keskenään vuorovaikutuksessa, ja omalta osaltaan synnyttivät uusia ajatuksia.

Lähteet

Alkuperäisaineisto

Bruno, Giordano: *On the Infinite, the Universe and the Worlds*. Alkuteos: De l'infinito, universo e mondi (1584). Kään. Scott Gosnell. CreateSpace Independent Publishing Platform, Scotts Valley, California 2014.

Kepler, Johannes: *Astronomia Nova*. Alkuteos: Astronomia Nova ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΤΟΣ seu physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis ex observationibus G.V. Tychoonis Brahe (1609). Kään. William H. Donahue. Green Lion Press, Santa Fe, New Mexico 2020.

Tutkimuskirjallisuus

Boner, Patrick J.: *Kepler's Cosmological Synthesis: Astrology, Mechanism and the Soul*. Brill, Leiden 2013.

Boulting, William: *Giordano Bruno: his life, thought, and martyrdom*. Routledge, Abingdon Oxford 2013.

Bowen, Alan & Wildberg, Christian: *New Perspectives on Aristotle's De caelo*. Brill, Boston 2010.

Bowler, Peter J. & Rhys Morus, Iwan: *Making modern science: a historical survey*. University of Chicago Press, Chicago 2020.

Candela, Giuseppe: An overview of Cosmology, Religion and Philosophical Universe of Giordano Bruno. *Italica* (75) 3/1998, 348–364. American Association of Teachers of Italian, Verona, New Jersey.

Chen-Morris, Raz: From Emblems to Diagrams: Kepler's New Pictorial Language of Scientific Representation. *Renaissance Quarterly* (62) 1/2009, 134–170. The Renaissance Society of America, Chicago.

DeWitt, Richard: *Worldviews: an introduction to the history and philosophy of science*. Wiley-Blackwell, Chichester 2010.

Dupré, Sven: Kepler's optics without hypotheses. *Synthese* (185) 3/2012, 501–525. Springer Dordrecht, Berliini.

Ebeling, Florian, Lorton, David & Assmann, Jan: *The secret history of Hermes Trismegistus: hermeticism from ancient to modern times*. Cornell University Press, Ithaca 2007.

- Gal, Ofer & Chen-Morris, Raz: *Science in the age of Baroque*. Springer Dordrecht, New York 2013.
- Gatti, Hilary: *Essays on Giordano Bruno*. Princeton University Press, Princeton 2010.
- Gatti, Hilary: *Giordano Bruno: Philosopher of the Renaissance*. Routledge, New York 2016.
- Gavroglu, Kostas & Renn, Jürgen: *Positioning the History of Science*. Springer Dordrecht, Berlin 2007.
- Gilje, Nils: *A History of Western Thought: From Ancient Greece to the Twentieth Century*. Routledge, London 2001.
- Gingerich, Owen & Voelkel, James R.: Tycho and Kepler: Solid Myth versus Subtle Truth. *Social research* (72) 1/2005, 77–106. Graduate Faculty of Political and Social Science, New York.
- Granada, Miguel Á.: Aristotle, Copernicus, Bruno: centrality, the principle of movement and the extension of the Universe. *Studies in history and philosophy of science* (35) 1/2004, 91–114. University of Barcelona, Barcelona.
- Granada, Miguel Á.: Johannes Kepler. The Sun as the Heart of the World. *Journal for the History of Astronomy* (53) 2/2022, 133–140. SAGE Publications, London.
- Granada, Miguel Á.: Kepler and Bruno on the Infinity of the Universe and of Solar Systems. *Journal for the History of Astronomy* (39) 4/2008, 469–495. Science History Publications Ltd, London.
- Graney, Christopher M.: The Starry Universe of Johannes Kepler. *Journal for the History of Astronomy* (50) 2/2019, 155–173. SAGE Publications, London.
- Grant, Edward: *A history of natural philosophy: from the ancient world to the nineteenth century*. Cambridge University Press, Cambridge 2007.
- Hannikainen, Matti: *Menneisyden rakentajat: teorian historiantutkimuksessa*. Gaudeamus, Helsinki 2018.
- Hufnagel, Henning & Eusterschulte, Anne: *Turning Traditions Upside Down: Rethinking Giordano Bruno's Enlightenment*. Central European University Press, Budapest 2013.
- Jacquette, Dale: *Ontology*. Routledge, New York 2014.
- Koetsier, Teun & Bergmans, Luc: *Mathematics and the divine: a historical study*. Elsevier, Amsterdam 2005.

- Kragh, Helge: *Conceptions of Cosmos: From Myths to the Accelerating Universe: A History of Cosmology*. Oxford University Press, Oxford 2007.
- Lehikoinen, Anja: *Tieteenhistoria: tieteenhistorian teoreettisista ja metodisista perusteista sekä esimerkkejä tieteiden muutoksista kulttuurisissa yhteyksissä*. Joensuun yliopisto, Joensuu 1998.
- Lehrich, Christopher I.: *The Occult Mind: Magic in Theory and Practice*. Cornell University Press, Ithaca 2007.
- Lüthy, Christoph, Swan, Claudia, Bakker, Paul & Zittel, Claus: *Image, imagination, and cognition: medieval and early modern theory and practice*. Brill, Leiden 2018.
- Martens, Rhonda: *Kepler's philosophy and the new astronomy*. Princeton University Press, Princeton 2009.
- Myllykangas, Mikko & Pietikäinen Petteri: *Ajatusten lähteillä: aatteiden ja oppien historiaa*. Gaudeamus, Helsinki 2017.
- Neuber, Wolfgang, Zittel, Claus & Rahn, Thomas: *The Making of Copernicus: Early Modern Transformations of a Scientist and His Science*. Brill, Leiden 2015.
- North, John: *Cosmos: an illustrated history of astronomy and cosmology*. University of Chicago Press, Chicago 2008.
- Renn, Jürgen: From the History of Science to the History of Knowledge - and Back. *Centaurus* (57) 1/2015, 37–53. Blackwell Publishing Ltd, Oxford.
- Rhys Morus, Iwan: *The Oxford Illustrated History of Science*. Oxford University Press, Oxford 2017.
- Rossi, Paolo: *Modernin tieteen synty Euroopassa*. Alkuteos: La nascita della scienza moderna in Europa (1997). Suom. Lena Talvio. Vastapaino, Tampere 2010.
- Rowland, Ingrid D.: *Giordano Bruno: philosopher/heretic*. Farrar, Straus and Giroux, New York 2008.
- Špelda, Daniel: Kepler in the Early Historiography of Astronomy (1615–1800). *Journal for the History of Astronomy* (48) 4/2017, 381–404. SAGE Publications, Lontoo.
- Timberlake, Todd & Wallace Paul: *Finding our Place in the Solar System: The Scientific Story of the Copernican Revolution*. Cambridge University Press, Cambridge 2019.

Weinert, Friedel: *Copernicus, Darwin, & Freud revolutions in the history and philosophy of science*. Wiley-Blackwell, Chichester 2009.

Westman, Robert S.: *The Copernican question prognostication, skepticism, and celestial order*. University of California Press, Berkeley 2011.

Wolf, Jacqueline H.: Historical Methods. *Journal of human lactation* (34) 2/2018, 282–284. SAGE Publications, Los Angeles.

Muu aineisto

Tieteen termipankki -sanakirja. <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Termipankki:Etusivu> [haettu 14.04.2023].