



# KUU JA MUUT KIERTOLAISET

NIKLAS HIETALA



**Alkujaan Kuu tarkoitti vain yhtä suurta ja kirkasta taivaankappaletta. Kun Galileo näki kaukoputkellaan neljä Jupiteria kiertävää tähteä, syntyi uusi luokka. Erisnimestä Kuu tuli yleisnimi kaikille planeettojen kiertolaisille. Nämä kuut saivat myös omat erisimensä.**



**A**ntero Warelius kirjoitti 1845 ilmestyneessä *Enon opetuksia luonnon asioista* Jusu-pojan ja enon välisistä keskusteluista. Jusu ihmetteli luontoa ja sen ilmiöitä. Maailmankaikkeudesta eno osaa kertoa, että Aurinkoa kiertää ”kulkutähtiä, jotka ovat kahtalaisia, nimittäin: Kiertolaisia (eli Planeettoja) ja Pyrstötähtiä”.<sup>1</sup> Planeettoja ovat Merkurius, Venus eli Kointähti, Maapallo, Mars, Westa, Juuno, Pallas, Keres, Jupiter, Saturnus ja Uranus. 1800-luvulla löydetty ensimmäiset asteroidit luokiteltiin aluksi planeetoiksi. Neptunusta ei oltu vielä löydetty.

Eno kertoo myös, että Jupiterilla on ”4 kumpania elikkä Kuuta, jotka kiertäin ympärillä seuraavat häntä samalla lailla, kuin meidän Kuummekin Maata”. Eno tietää, että Saturnuksen ”ympäriensä on seitsemän Kuuta ja vielä paitsi niitä erinomainen loistava Kehä, josta ei tiettä tarkkaan mitä ainetta se on”. Lisäksi Uranuksesta hän sanoo, että ”hänellä on hawaittu 6 Kuuta; mutta kyllä kaiketi hän apu-waloja tarwitseekin, olewa niin armottoman kaukana Auringosta; ja taitaa hänellä olla useampikin ehk’ei kaukaisuuden tähden ole tuntemaan tultu. Tieten kulkee myöskin usiampia Kiertolaisia, kuin nämä yksitoista, Auringomme ympäri, waikk’ei vielä ole hawaittu”.<sup>2</sup>

Kävin kerran läpi 1800-luvun suomalaisten maantieteen oppikirjojen opetuksia aurinkokunnasta.<sup>3</sup> Silloin kiinnitin huomiota planeetan käsitteeseen ja kuinka niiden määrä kasvoi vuosisadan aikana, kun uusia asteroideja havaittiin. Sittemmin olen havahtunut siihen, kuinka sana kuu tarkoitti jo silloin muitakin kiertolaisia kuin Maan Kuuta.

Ruotsinkielisissä oppikirjoissa käytettiin mäne-sanan rinnalla tai sijasta myös termiä *drabant*. Esimerkiksi Karl Collanin maantieteen oppikirja kertoo, että ”De rörliga himlakropparne äro af tre slag: *Planeter, Drabanter och Kometer*”.<sup>4</sup>

”Drabanterna äro himlakroppar, som röra sig kring någon planet ... Månen är jordens drabant” muuttuu K. L. Elmgrenin käänöksessä muotoon ”*Kuut* ovat taivaan-palloja, jotka kiertävät jotakuta kiertotähteä ... *Kuu* on maamme sivukiertolainen”.<sup>5</sup>

1 Warelius 1845, 25.

2 Warelius 1845, 32–33.

3 Hietala 2018.

4 Collan 1866, 6.

5 Collan 1866, 6; Elmgren 1867, 2.

Englannissa käytetään sanaa *satellite* myös kuista. Tekokuiden aikana on alettu erotella luonnolliset satelliitit (*natural satellites*) ihmisen valmistaamista.

Alun alkaen kuulla on tarkoitettu kuitenkin maapalloa kiertävää Kuuta. Yleistermi planeettojen kiertolaisille siitä tuli hiljalleen sitä mukaa, kun kuita löydettiin muiden planeettojen ympäriltä.

## Medicien tähdet

Ensimmäiset toista planeettaa kiertävät kuut löysi Galileo Galilei kaukoputkellaan vuonna 1610. Hän havaitsi neljä tähteä, jotka kulkivat yhdessä Jupiterin kanssa, siis sitä kiertäen.<sup>6</sup>

Galilei oli Kopernikuksen aurinkokeskisen maailmankuvan kannattaja. Kaukoputkihavainnot tukivat tätä. Galilei näki Venuksella vaiheet, mikä on selvä merkki siitä, että Venus kiertää Aurinkoa. Myös se, että oli olemassa Jupiteria kiertäviä tähtiä, viittasi siihen, että maakeskinen järjestelmä oli väärä. Galilei näki kuu-ukon rosoiset kasvot ja pilkkuja auringossa. Nämä taivaalliset kappaleet eivät siis olleet muuttumattomia ja täydellisiä niin kuin Aristoteles väitti.

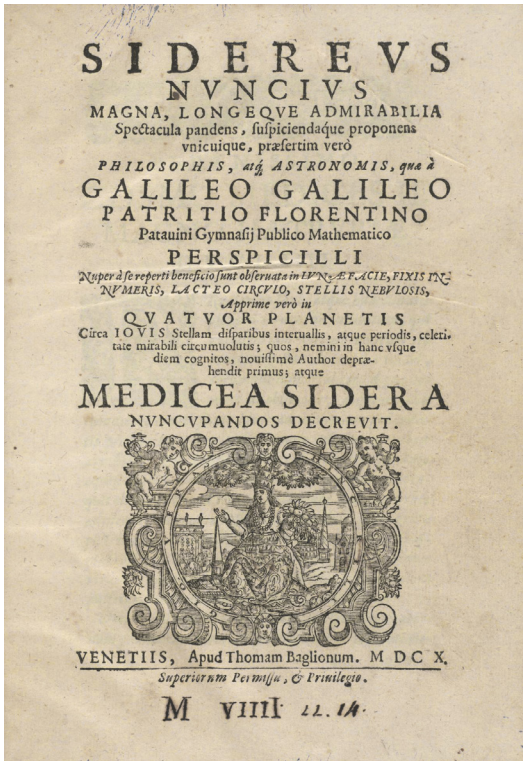
Maakeskisessä mallissa kaikki seitsemän planeettaa (Kuu, Aurinko, Merkurius, Venus, Mars, Jupiter ja Saturnus) kiersivät maata. Kopernikuksen aurinkokeskisessä mallissa planeetat kiersivät Aurinkoa, mutta Kuu kiersikin Maata. Jupiterin kiertolaiset sopivat tähän malliin – miksipä ei muillakin planeetoilla voisi olla kumppaneita.

Löytämistään kiertolaisista Galilei käytti useita eri termejä.<sup>7</sup> Hän kutsui niitä milloin tähdiksi (*sidera, stellae, stellulae*), milloin planeetoiksi (*planetae*). Galilei numeroi ne ja viittasi niihin yhteisnimellä Medicien tähdet. Näin hän kunnioitti Toscanan Medici-sukua ja erityisesti suurherttua Cosimo II:ta, jonka palveluksessa hän oli. Galileo pohti myös vaihtoehtoa *Cosmica Sidera*, joka viittasi Cosimoon, mutta voitaisiin tulkita myös kosmisiksi tähdiksi.

Kuultuaan Galileon löydöksistä Johannes Kepler kirjoitti niistä. Kepler puhuu uusista planeetoista, mutta käyttää niistä lisäksi sanaa kuu. Keplerin tekstistä on selvää, että hän piti Galileon tähtiä Kuuhun verrattavina Jupiterin kiertolaisi-

6 Galilei 1999, 55–81.

7 Dick 2013, 37–39.



Kuva 1. Galileo Galilein teoksen *Sidereus Nuncius* kansilehti. Sivun keskellä Galileo mainitsee ”neljä planeettaa” (*quattro planetis*), kuten hän havaitsemiaan Jupiterin kiertolaisia kutsui. Kuva: Wikimedia.org.

na. Kepler myöskin uskoo, että Jupiter on asuttu, sillä eihän sen kuita ole selvästikään tarkoitettu meille maan asukeille, jotka vasta kaukoputken avulla näimme ne ensi kertaa.<sup>8</sup>

Kepleriä on kiittäminen myös satelliitti-sanasta. Latinan *satelles* tarkoittaa seuralaista tai saatatajaa. Saatuaan käsiinsä kaukoputken ja nähtyään Jupiterin kuut omin silmin hän kirjoitti havainnoistaan raportin, jossa puhui Jupiterin kiertolaisista satelliitteina (*Jovis satellitibus*).

### Jupiterin rakkauden kohteet

Nykyään Galilein kuut tunnetaan Simon Mariuksen antamalla nimillä. Marius väitti havainneensa kuut Galileista riippumatta ja itse asiassa hieman aiemmin.<sup>9</sup> Hän julkaisi havaintonsa kuitenkin vas-

8 Kepler ja Rosen 1965, 10–11, 41–43.

9 Marius käytti juliaanisen kalenterin mukaista päivämäärää,

ta paljon myöhemmin, vuonna 1614. On mahdollista, että Simon Marius todella näki Jupiterin kuut. Galileo ei ollut valmis jakamaan kunniaa eikä suhtautunut suopeasti saksalaiseen kilpailijaansa.

Marius esitti kirjassaan *Mundus Jovialis* useita nimeämisvaihtoehtoja. Galileon tavoin Marius halusi vetää kotiinpäin ja kutsui kuita Brandenburgilaisiksi tähdiksi. Lisäksi hän ehdotti systeemiä, missä Jupiterin kiertolaiset nimettäisiin Auringon kiertolaisten mukaan. Sisin olisi Jupiterin Merkurius, seuraava Jupiterin Venus ja niin edelleen. Nämä ehdotukset eivät ottaneet tuulta alleen.

Ehdotus, joka jäi elämään, oli syntynyt keskustelussa Johannes Keplerin kanssa. Kuut saivat nimikseen Io, Europa, Ganymede ja Callisto. He kaikki olivat mytologiassa Jupiterin intohimon kohteita. Mariuksen ja Keplerin nimiehdotusta voi pitää hieman hävyttömänäkin. Ylijumala Jupiter oli nimittäin varsinainen häntäheikki, joka käytti jumalaista asemaansa törkeästi hyväkseen, eikä aina kysellyt suostumusta kiinnostuksen kohteitaan.

Raimo Lehti on todennut, että noin kolmensadan vuoden ajan Jupiterin kuut pysyivät nimettöminä ja niihin viitattiin lähinnä numeroiden avulla. Nimet Io, Europa, Ganymede ja Callisto eivät olleet kuitenkaan painuneet unholaan, koska sittemmin ne vakiintuivat. Lehti arvelee, että yksi syy erisnimien käytön aloittamiseen oli avaruusluotainten lennot, jotka tekivät kuista yksilöllisiä taivaankappaleita.<sup>10</sup>

Jupiterin viides kuu löytyi vasta vuonna 1890. E. E. Barnard havaitsi sen Lickin observatoriossa Kaliforniassa. Ranskalainen Camille Flammarion ehdotti sille nimeä Amalthea. Amaltheia oli nymfi, joka imetti Zeusta (eli Jupiteria).<sup>11</sup> Barnard ei kuitenkaan innostunut nimestä. Hänestä riitti, että kuuhun viitataan viidentenä kuuna.<sup>12</sup>

Jupiterin kuut eivät löytyneet ratasäteitten mukaisessa järjestyksessä, ja siksi numerot olivat sekavia. Kansainvälinen tähtitieteellinen unioni (IAU) löi Amalthean nimen lukkoon vuonna 1976.

jolloin hänen havaintovuotensa oli 1609. Sen takia näytti, että havainto oli paljon aikaisempi kuin Galilein. Todellisuudessa kyse oli vain päivästä.

10 Lehti 1999.

11 Amaltheia esitetään usein vuohena. Hänen katkaistu sarvensa oli runsaudensarvi, joka tuotti yltäkylläisyyttä.

12 Blunck 2010, 9–11.



Silloin nimensä saivat muutkin tunnetut Jupiterin kuut.<sup>13</sup>

IAU on päättänyt, että Jupiterin kuut nimitään Zeuksen tai Jupiterin rakastajien ja jälkeläisten mukaan. Tällä hetkellä Jupiterilla tunnetaan 79 kuuta.

### Titaaneja ja muita jättiläisiä

Saturnuksen kuita Galileo Galilei ei havainnut, mutta näki kyllä sen renkaan. Hän ei kuitenkaan ymmärtänyt näkemäänsä – varsinkin, kun renkaan kääntyessä toiseen asentoon Maan suhteen se ei enää ollut havaittavissa. Galileo kuitenkin ymmärsi havainneensa jotain tärkeää. Varmistaakseen asemansa ensimmäisenä havaitsijana hän kirjoitti havainnostaan anagrammin, jonka lähetti Keplerille. Anagrammin ratkaisu kuului ”Olen nähnyt ylimmän planeetan kolminkertaisena”.

Saturnuksen korvien eli sen kolminkertaisuuden salaisuuden selvitti hollantilainen Christiaan Hyugens. Hän oli tarkkaillut Saturnusta, ja vuonna 1655 hän löysi sitä kiertävän kuun. Hyugensin löytämä Titan on Saturnuksen kuista suurin. Hyugenskin turvautui anagrammiin varmistaakseen asemansa. Hän julkisti löydöksensä vuotta myöhemmin pamfletissa *De Saturni Luna*. Hyugens kutsui siis Saturnuksen kiertolaista kuuksi. Paljastettuaan yhden anagrammin ratkaisun kirjoitti hän toisen. Tällä hän kertoi, että Saturnusta ympäröi ohut, litteä rengas, joka ei koske siihen missään. Tiedon renkaasta hän julkisti vuonna 1659.<sup>14</sup>

Italialaissyntyinen, Ranskassa vaikuttanut Giovanni Domenico Cassini löysi ennen 1600-luvun loppua vielä neljä uutta Saturnuksen kuuta. Yhdellekään viidestä kuusta ei kuitenkaan annettu nimeä, vaan niihin viitattiin järjestysnumeroilla.<sup>15</sup> Cassini löysi kuut kahdessa erässä, mutta ei suinkaan ratasäteen mukaisessa järjestyksessä, joten toinen löytökerta muutti numeroita.

Numerot alkoivat tuntua epäkäytännöllisiltä, kun Uranuksen löytäjä William Herschel löysi vuonna 1789 kaksi uutta kuuta, jotka olivat aiempia kuita lähempänä Saturnusta. Herschel kuitenkin kutsui niitä kuudenneksi ja seitsemänneksi

kuuksi. Eli kuut olivat järjestyksessä Saturnuksesta poispäin 6, 7, 1, 2, 3, 4 ja 5.<sup>16</sup>

Siirtyminen erisnimiin tapahtui Williamin pojan John Herschelin ohjaamana. Motiivina oli tieteelliset suurvaltasuhteet. William Herschel oli kutsunut löytämäänsä planeettaa Yrjön tähdeksi (*Georgium Sidus*, Yrjö III:n mukaan). Nimeä ei kuitenkaan innolla omaksuttu Britteinsaarten ulkopuolella. Nimivaihtoehto Uranus alkoikin saada suosiota.<sup>17</sup>

Sitten tuli ranskalainen Urban Le Verrier, joka laskemalla ennusti Neptunuksen olemassaolon ja sijainnin. Hän halusi kutsua uutta planeettaa itsensä mukaan, siis Le Verrieriksi. Saadakseen John Herschelin tuen, lupasi Le Verrier hänelle, että kutsuisi Uranusta Herscheliksi. Vaikka John olisikin saanut oman sukunimensä taivaalle, ei hän asiasta innostunut. Brittiläinen John Couch Adams oli nimittäin myös laskenut Neptunuksen paikan yhtä aikaa Le Verrierin kanssa. Britit kuitenkin hävisivät kisan Ranskalle, koska tähtitieteilijät eivät reagoineet kyllin nopeasti Adamsin laskelmiin. Ranskalainen nimi taivaalla olisi pysyvä muistutus tästä tappiosta.

John Herschel oli valmis alkamaan käyttää nimeä Uranus Yrjön tähden sijasta. Lisäksi hän Saturnuksen kuita käsittelevässä työssään nimesi kuut numeroinnin sijaan. Näin hän vakiinnutti mytologiset nimet aurinkokunnan kappaleille ja piti Le Verrierin poissa taivaalta.<sup>18</sup>

Herschel nimesi Saturnuksen kuut titaanien, Saturnuksen sisarusten mukaan. Sittemmin Saturnuksen kiertolaisia on löytynyt niin lukuisasti, että on alettu käyttää muidenkin jättiläisten nimiä. Saturnuksella tunnetaan 82 kuuta, joista 53 on jo nimetty. Nimissä esiintyy muun muassa pohjoismaalaisten, gallien tai inuitien mytologian jättejä.

### Shakespeare avaruudessa

Kokonainen vuosisata oli menossa ohi ilman, että uusia aurinkokunnan kappaleita löydettiin. 1700-luvun pelasti suuri William Herschel, joka löysi planeetta Uranuksen vuonna 1781 ja kuusi

13 Müller ja Jappel 1977, 337.

14 Howard 2004.

15 Cassini tosin omisti löytämänsä kuussa Aurinkokuninkaanakin tunnetulle Ludvig XIV:lle käyttäen nimeä *Sidera Lodoicea* (Blunck 2010, 54).

16 Case 2019, 310.

17 Mytologiassa Uranus oli Saturnuksen isä, joka taas oli Jupiterin isä. Niinpä saksalainen Johann Bode ehdotti Uranusta Jupiteria ja Saturnusta ulomman planeetan nimeksi. (Borlik 2014, 4).

18 Case 2019, 312–320.

vuotta myöhemmin kaksi sen kiertolaisista. Liikaksi hän löysi kaksi Saturnuksen kuuta.

Seuraavat Uranuksen kuut löysi englantilainen William Lassell vuonna 1851. Lassell konsultoi kuitenkin nimistä John Herschelien kanssa. Herschel ehdotti, että taivaan jumalan kiertolaiset voisivat olla ilman hengettäriä: keijuja tai henkiä. Hän valitsi isänsä löytämille kuille nimet Oberon ja Titania (Shakespearean *Kesäyön unelmasta*) ja Lassellin löytämille nimet Umbriel ja Ariel (Alexander Popen runoelmasta *The Rape of the Lock*; Ariel on myös Shakespearean *Myrsky*-näytelmässä).<sup>19</sup>

Näin taivaalla sekoittui klassiseen mytologiaan englantilaista kirjallisuutta. Myös sittemmin löydetty Uranuksen kuut on nimetty joko Shakespearean näytelmien hahmojen tai Popen *The Rape of the Lockin* hahmojen mukaan. Uranuksella tunnetaan 27 kuuta.

### Meren jumalan valtakunta

Lassell sai ensi havainnot Neptunusta kiertävästä kuusta vain 17 päivää planeetan löytymisen jälkeen, lokakuussa 1846. Havaintojen vahvistaminen vei joitakin kuukausia, mutta lopulta Triton oli kiistatta löytynyt.

Koska Neptunuksella ei pitkään tunnettu muita kuuta, ei ollut tarvetta nimetä sen kuuta. ”Neptunuksen kuu” yksilöi taivaankappaleen kyllin hyvin. Nimeä Triton ehdotti ranskalainen Camille Flammarion vuonna 1880, mutta se ei heti vakiintunut.

Neptunuksella tunnetaan 14 kuuta. Ne ovat saaneet nimensä Neptunukseen tai Poseidoniin liittyvien mytologian hahmojen mukaan.

### Kammottavat kaksoiset

Saturnuksen renkaita koskeva anagrammi ei ollut ainoa, jonka Galileo lähetti Keplerille. Hän oli kertonut myös Venuksen vaiheista anagrammin muodossa. Kepler tuotti useita ratkaisuehdotuksia anagrammille. Yksi niistä kuului: ”Jupiterissa on punainen piste, joka pyörii matem(aattisesti).” Jupiterilla todella on punainen pilkku, suuri pyörremyrsky, joka liikkuu planeetan mukana sen kiertäessä akselinsa ympäri. Galileo tai Kepler eivät kuitenkaan tienneet siitä mitään. Keplerin ratkai-

su oli kieleltään kömpelö. Kepler uskoi planeettojen pyörivän Maan tavoin, joten hän odotti tällaista löytöä.<sup>20</sup>

Jupiterin punainen piste oli vain yksi yritys usean joukossa Keplerin pähkäillessä pulman parissa. On kummallisinta, että hän keksi ihmeellisen väärän ratkaisun Galileon toisellekin anagrammille. Saturnuksen kolmimuotoisuuden sijaan Kepler uskoi Galileon kertovan, että hän on nähnyt kaksi Marsin kuuta. Jälleen Kepler onnistui löytämään ratkaisun, johon oli valmis uskomaan. Koska Maalla on yksi kuu, voisi Marsilla olla kaksi kertaa niin monta kuuta. Seuraavalla planeetalla, eli Jupiterilla, oli Galileo jo havainnut kaksi kertaa sen verran eli neljä kuuta. Saturnuksella olisi varmaankin vielä enemmän kuuta.<sup>21</sup>

Marsin kuut havaittiin ensi kerran vasta vuonna 1877. Lähes 150 vuotta ennen kuiden löytymistä Jonathan Swift kirjoitti laivavälskäri Gulliverista, joka haaksirikkoutui merkillisiin maihin. Kerran hän päätyi Laputan ilmassa leijuvalle saarelle. Saaren asukkaat olivat perin kiinnostuneita tieteistä ja musiikista. He olivat kuitenkin syvästi teoreettisiin aatoksiin uppoutuneita. Jopa niin, että käytännön elämässä he olivat tavattoman hajamielisiä ja kömpelöitä. Yksi tiedonmuru, jonka Gulliver Laputan astronomeilta oppi, oli että Marsilla on kaksi kuuta.<sup>22</sup> Kun Voltaire *Mikromegas*-parodiasaan mainitsee Marsilla olevan kaksi kuuta, lienee se viittaus Gulliverin matkoihin.<sup>23</sup>

Marsin kuut löysi yhdysvaltalainen Asaph Hall. Hän ehdotti sodan jumalan kumppaneille nimiä Phobos ja Deimos, siis Pelko ja Kauhu. Marsin kuuta oli etsitty systemaattisesti aiemminkin. William Herschell etsi niitä tuloksetta vuonna 1783, ja 1800-luvulla niitä etsittiin jälleen pariin otteeseen. Koska mitään ei löytynyt, oletettiin, että Marsilla ei ole kiertolaisia. Hall ei kuitenkaan piitannut vakiintuneesta viisaudesta, vaan lähti rohkeasti etsimään. Hän oli kerran huomannut eräässä kanoanisessa oppikirjassa virheen liittyen Saturnuksen pyörähdysaikaan, joten ehkä Marsinkin suhteen oltiin väärässä. Hallilla oli käytettävissään suurempi kaukoputki kuin aikaisemmillä etsijöillä. Olosuh-

20 Whitten 1979, 190–191.

21 Goehring 1981, 41–42; Gingerich 1970, 110–111.

22 Swift 1988, 197.

23 Voltaire 2019, 63.

19 Borlik 2014, 5.

teetkin olivat otolliset, joten etsintä tuotti tulosta.<sup>24</sup>

## Kuvitellut kuut

Maalla on Kuu ja ulommilla planeetoilla on useampiakin kiertolaisia. Entäpä sisäplaneetat? Jo ennen kuin Hyugens havaitsi Saturnuksen Titan-kuun, oli napolilainen astronomi Francesco Fontana nähnyt yhden tai kaksi Venuksen kuuta. Todellisuudessa Venus on kuuton. Fontanan havainto oli pelkkää harhaa; samalla tavoin kun hän väitti nähneensä kaukoputkellaan yhteensä yhdeksän Jupiterin kuuta. Osa hänen virrehavainnoistaan saattoi johtua huonosta optiikasta.<sup>25</sup>

Seuraavan sadan vuoden aikana Venuksen kuusta tehtiin kourallinen havaintoja. Cassini näki sen kahdesti. Cassinin arvovalta lisäsi luotettavuutta kuun olemassaololle. Vuoteen 1770 mennessä oli kuitenkin usko Venuksen kuuhun lopahnut.<sup>26</sup>

Cassini ei ollut ainoa arvostettu astronomi, joka teki vääriä havaintoja. William Herschel luuli nähneensä Uranuksella yhteensä kuusi kuuta.<sup>27</sup> Kesti useampi vuosikymmen ennen kuin kukaan muu näki Uranuksen kuita. Hänen poikansa John Herschel onnistui havaitsemaan vain kaksi kuuta. Kun Lassell löysi seuraavat kaksi kuuta, pidettiin häntä niiden löytäjänä ja neljä William Herschelin havainnoista hylättiin virheellisinä.<sup>28</sup>

Joskus on jopa jaettu palkintoja virheellistä havainnoista. Näin kävi, kun William H. Pickering löysi Themiksen, Saturnuksen kymmenennen kiertolaisen vuonna 1904. Hän oli seitsemän vuotta aiemmin saanut tallennettua valokuvauslevyille yhdeksännen kuun, Phoeben. Vuonna 1906 Pickeringille myönnettiin Ranskan tiedeakatemian Lalande-palkinto molempien kuiden löytämisestä. Kukaan ei ole kuitenkaan koskaan pystynyt vahvistamaan Pickeringin havaintoa. Themisiä ei ole olemassa.<sup>29</sup>

## Kuitten kiertolaiset

William H. Pickeringin veli Edward C. Pickering oli Harvardin observatorion johtaja, ja veljekset tekivät toisinaan yhteistyötä. Eräs heidän hankkeistaan oli selvittää, onko Kuulla kiertolaisia. He halusivat tietää, josko jokin pieni kappale voisi olla Kuun kuu. Valokuvaan ei kuitenkaan tällaista tartunut, joten he päättelivät, että Kuulla ei ole ainakaan kiertolaisia, joiden halkaisija on suurempi kuin 200 metriä.<sup>30</sup>

Periaatteessa kuulla voisi olla oma kuunsa, alikuu. Tällaisen alikuun radan vakausta riippuu kappaleiden massoista ja ratasäteistä.<sup>31</sup> Aurinkokunnassa ei kuitenkaan tunneta alikuita, vaikka laskennallisesti olisi mahdollista, että Kuulla, Callistolla, Titanilla tai Japetuksella olisi pieniä seuralaisia.<sup>32</sup>

Kenties jotain toista tähteä kiertää planeetta, jota kiertää kuu, jota kiertää alikuu. Kepler-avaruusteleskooppi on havainnut lukuisia eksoplaneettoja. Yksi näistä, Kepler-1625b, kiertää Joutseen tähtikuviossa olevaa tähteä, joka on noin 8 000 valovuoden päässä meistä. Kepler-1625b on noin Jupiterin kokoinen planeetta. On hyviä syitä epäillä, että sitä kiertää noin Neptunuksen kokoinen kuu, Kepler-1625b I. Jos tämä varmistuu, olisi kyseessä ensimmäinen havainto eksokuusta.<sup>33</sup> Seuraava on silkkaa spekulatiota: laskennallisesti Kepler-1625b I:llä voisi olla jopa Maapallon kokoinen alikuu. Tällä alikuulla voisi olla jopa elämää.<sup>34</sup>

Kuvitelkaamme Kepler-1625b I:n alikuulla elävä paikallinen Ptolemaios, joka luulee elävänsä kaikkeuden keskuksessa. Hänen maailmankaikkeutta selittävässä mallissaan mahtaa riittää episyklejä ja ekvantteja!

## Onko Kuu planeetta?

Kesällä 2006 Kansainvälinen tähtitieteellinen unioni (IAU) kokoontui Prahaan. Tuossa kokouksessa hyväksyttiin virallinen määritelmä planeetalle. Sen mukaan planeetta on kappale, joka on massansa vuoksi saavuttanut pallomaisen muodon ja kiertää Aurinkoa radalla, jonka se on puhdistanut muista kappaleista.

24 Dick 2013, 218–220; Blunck 2010, 4–5.

25 Kragh 2008, 7–13.

26 Kragh 2008, 6.

27 Tämä selittää, miksi Warelius puhui kuudesta kuusta Enon opetuksissa.

28 Blunck 2010, 92; Cunningham 2020, 119–120, 154–155.

29 Campbell 1938, 123–124.

30 Kragh 2009, 5–6.

31 Reid 1973.

32 Kollmeier ja Raymond 2019.

33 Teachey ja Kipping 2018.

34 Forgan 2019; ks. myös Rosario-Franco ym. 2020.

Kuu täyttää kaikki kohdat tuosta määritelmästä. Maata ja Kuuta voisi ajatella kaksoisplaneettoina. Kuu on pallomainen. Se on riittävän massiivinen, jotta se voisi yksinäänkin puhdistaa Maa-Kuu-planeettaradin. Jos tarkkailee Maan ja Kuun ratoja Auringon ympäri, ei Kuu tee silmukoita Maapallon ympäri, vaan Maan ja Kuun radat leikkaavat vuorotellen toisiaan.<sup>35</sup>

Olen kuullut, että IAU:n planeetan määritelmää kritisoiivat vain katkerat amerikkalaiset, joita harmittaa, että Pluto menetti statusensa planeetana. Pluto kun oli ainoa amerikkalaisen löytämä planeetta. Itse rohkenen sanoa, että määritelmä ansaitsee tulla kritisoiduksi. Se on suhteellinen määritelmä: planeetta määritellään suhteessa Aurinkoon. Jos planeetta karkaa aurinkokunnasta, ei se enää ole planeetta, vaikka sen ominaisuudet eivät ole muuttuneet. Ennen kaikkea määritelmää ei voi soveltaa eksoplaneettoihin, eikä se ole kunnolla kvantitatiivinen.<sup>36</sup>

On esitetty parannuksia, jotka yksinkertaistaisivat määritelmää tehden siitä samalla kvantitatiivisen. Erään ehdotuksen mukaan planeetta voitaisiin määritellä tähden ja planeetan massojen sekä planeetan ratasäteen avulla. Tällainen määritelmä soveltuisi myös eksoplaneettojen luokitteluun.<sup>37</sup>

Valmistauduttaessa IAU:n vuoden 2006 kokoukseen oli planeetan määritelmästä luonnosteltu erilainen ehdotus. Se olisi nostanut planeettojen määrää aurinkokunnassa. Luonnoksen liitteenä oli selventäviä kysymyksiä ja vastauksia. Niissä todettiin, että planeettaa kiertävä kappale on satelliitti, jos parin massakeskipiste on planeetan pinnan sisäpuolella. Tarkentavassa kysymyksessä vielä todettiin, että tästä syystä Kuu ei ole planeetta, vaan Maan satelliitti.<sup>38</sup>

Viralliseen määritelmään tai sen kysymyksiin ja vastauksiin ei jäänyt satelliitin määritelmää. Planeetan määritelmässä mainitaan kyllä, että kaikkia muita kappaleita kuin planeettoja, kääpiöplaneettoja tai satelliitteja kutsutaan aurinkokunnan pienkappaleiksi.<sup>39</sup>

Kuulla ei siis ole määritelmää. Mutta toisaalta ei ole tähdellä tai galaksillakaan. Planeetta on erikoinen poikkeus. Se on määritelty virallisesti ilman, että on luotettu siihen, että sanojen tarkoitus kehittyi kielen mukana. Kuu muuttui tarkoittamaan planeettojen kiertolaisia ilman virallista määritelmää.

## Kirjallisuus

- Blunck, Jürgen (2010). *Solar System Moons: Discovery and Mythology*. (Dordrecht, Springer).
- Bokulich, Alisa (2014). Pluto and the 'Planet Problem': folk concepts and natural kinds in astronomy. *Perspectives on Science* 22(4): 464–490.
- Borlik, Todd Andrew (2014). Stellifying Shakespeare: Celestial Imperialism and the Advent of Universal Genius. *Shakespeare in Southern Africa* 26: 1–12.
- Bruse, Carl (2016). Planets, pluralism, and conceptual lineage. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 53: 93–106.
- Campbell, Leon (1938). William Henry Pickering, 1858–1938. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 50(294): 122–125.
- Case, Stephen (2019). A “Confounded Scrape”: John Herschel, Neptune, and Naming the Satellites of the Outer Solar System. *Journal for the History of Astronomy* 50(3): 306–325.
- Christensen, Lars L., Sim, Helen, Shida Raquel Y., Wolf, Nadja ja Nielsen, Lars H. (2006). *The Public Communication at the IAU GA 2006*. (IAU).
- Collan, Karl (1866). *Kurs i matematiska och fysiska geografien*. Fjerde upplagan. (Helsinki, J. C. Frenckell & Son).
- Cunningham, Clifford J. (2020). Herschel’s Spurious Moons of Uranus: Their Impact on Satellite Orbital Theory, Celestial Cartography and Literature. *Journal of Astronomical History and Heritage* 23(1): 119–162.
- Dick, Steven J. (2013). *Discovery and classification in astronomy: Controversy and consensus*. (New York, Cambridge University Press).
- Elmgren, K. L., suom. (1867). *Ensimäiset alkeet suure-opillisessa ja luonnon-omaisessa maantieteessä*. (Helsinki, SKS:n kirjapaino).
- Forgan, Duncan H (2019). The habitable zone for Earth-like exomoons orbiting Kepler-1625b. *International Journal of Astrobiology* 18(6): 510–517.
- Galilei, Galileo (1999). *Sidereus Nuncius*. Suom. ja toim. Raimo Lehti. (Helsinki, Ursa).
- Gingerich, Owen (1970). The satellites of Mars: Prediction and discovery. *Journal for the History of Astronomy* 1(2): 109–115.
- Goehring, G. Daniel (1981). Kepler’s Solutions to Galileo’s Anagrams. *Journal of the British Astronomical Association* 92: 41–42.
- Hietala, Niklas (2018). Planeettoja oli yli yhdeksän. *Tieteessä tapahtuu* 36(6): 3–9.
- Howard, Nicole (2004). Rings and Anagrams: Huygens’s System of Saturn. *The Papers of the Bibliographical Society of America* 98(4): 477–510.
- Kepler, Johannes ja Rosen, Edward, käänt. (1965). *Kepler’s Conversation with Galileo’s Sidereal Messenger*. (New York, Johnson Reprint Corporation).
- Kollmeier, Juna A. ja Raymond, Sean N. (2019). Can moons have moons? *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters* 483(1): L80–L84.
- Kragh, Helge (2008). *The Moon that Wasn’t: The Saga of Venus’ Spurious Satellite*. (Basel, Birkhäuser).
- Kragh, Helge (2009). The Second Moon of the Earth. *Journal for the History of Astronomy* 40(1): 1–10.
- Lehti, Raimo (1999). Jupiterin kuiden nimet ja nimettömyyden kausi. *Tähdet ja avaruus* 5/1999: 18–22.
- Margot, Jean-Luc (2015). A quantitative criterion for defining

35 Russell 2017.

36 Hietala 2018, 8. Tarkemmin planeetan määritelmän hyödyllisyydestä ja historiasta, ks. Weintraub 2007; Bruse 2016 ja Bokulich 2014.

37 Margot 2015.

38 Christensen ym. 2006, 45.

39 Christensen ym. 2006, 58.

- planets. *The Astronomical Journal* 150(6): 185.
- Müller, Edith A. ja Jappel, Arnost (1977). *Transactions of the International Astronomical Union: Proceedings of the Sixteenth General Assembly Grenoble 1976*. (Dordrecht, Springer).
- Reid, Mark J. (1973). The Tidal Loss of Satellite-Orbiting Objects and its Implications for the Lunar Surface. *Icarus* 20(2): 240–248.
- Rosario-Franco, M., Quarles, B., Musielak, Z. E. ja Cuntz, M. (2020). Orbital Stability of Exomoons and Submoons with Applications to Kepler 1625b-I. *The Astronomical Journal* 159(6): 260.
- Russell, David G. (2017). The Moon Meets All Requirements of the IAU Definition for “Planet”. *International Journal of Astronomy and Astrophysics* 7(4): 291–302.
- Swift, Jonathan (1988). *Gulliverin matkat*. Suom. J. A. Hollo. (Juva, WSOY).
- Teachey, Alex ja Kipping, David M. (2018). Evidence for a large exomoon orbiting Kepler-1625b. *Science Advances* 4(10): eaav1784.
- Voltaire (2019). *Mikromegas: Filosofinen kertomus*. Suom. Marja Haapio. (Helsinki, Basam Books).
- Warelius, Antero (1845). *Enon opetuksia luonnon asioista*. (Helsinki, J. Simeliuksen perillisten tykönä).
- Weintraub, David A. (2007). *Is Pluto a Planet?: A Historical Journey through the Solar System*. (Princeton, Princeton University Press.)
- Whitten, Dennis J. (1979). Kepler and Cryptograms. *Journal of the British Astronomical Association* 89: 190–191.

Kirjoittaja on tekniikan tohtori.

## STRATEGISEN TUTKIMUKSEN ARVIOINTI

Strategisen tutkimuksen ensimmäisten päätyneiden ohjelmien tieteellinen toiminta on arvioitu. Arviointi osoittaa, että strategisen tutkimuksen ohjelmat ja hankkeet ovat uudistaneet tutkimusta ja niissä tehty tutkimustyö on ollut korkeatasoista ja monitieteistä. Kunkin ohjelman tieteellinen työ arvioitiin omissa itsenäisissä asiantuntijapaneelissaan. Ohjelmien arviointiraporttien tulosten mukaan uusi rahoitusmuoto on tuonut monitieteisellä työllään lisäarvoa tutkimuskentälle ja yhteiskunnalliseen päätöksentekoon.

Käsiteltävistä teemoista ohjelmat ovat kyenneet tuottamaan monitieteistä tutkittua tietoa esimerkiksi uudenaikaisilla yhteiskehittämiseen pohjautuvilla menetelmillä. Ohjelmien ja hankkeiden tulokset ovat siten tieteellisen vaikuttavuuden lisäksi tarjonneet vahvaa ja monipuolista tutkittua tietoa yhteiskunnallisen päätöksenteon tueksi.

Arviointi kohdistui neljään vuosina 2016–19 toimineeseen ohjelmaan, joiden teemat ovat yhä edelleen yhteiskunnallisesti ajankohtaisia:

- Kaupungistuva yhteiskunta (URBAN),
- Terveys, hyvinvointi ja elämäntavat (HEALTH),
- Osaavat työntekijät – menestyvät työmarkkinat (WORK) ja
- Turvallisuus verkottuneessa maailmassa (SECURITY).

## VIHERRAKENTAMISEN POTENTIAALI

Ilmastoa lämmittävien hiilidioksidipäästöjen ja maapallon hiilinielujen välillä on kuilu, jonka umpeen kuromiseen tarvittaisiin uutta metsää 9 miljoonaa neliökilometriä. Se on lähes 27 kertaa Suomen pinta-ala.

Koska kaupungistuminen ja maanviljely kilpailevat samoista maa-aloista, uusiksi hiilinieluisi tarvitaan muitakin vaihtoehtoja. Keinotekoisien fotosynteesin ja hiilidioksidia sitovien seinien kaltaiset keksinnöt ovat lupaavia, mutta niiden teho käyttöön on vielä vuosikymmenien matka.

Aalto-yliopiston tutkijat ovat yhdessä Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Helsingin yliopiston tutkijoiden kanssa selvittäneet viherrakentamisen potentiaalia kaupunkien hiilineutraaliuden edistämiseksi. Tutkimus julkaistiin kesäkuussa *International Journal of Life Cycle Assessment* -lehdessä.

”Viherrakentaminen on tärkeä osa kaupunkien viihtyisyyttä, mutta sen tehoa ilmastonmuutoksen torjunnassa on vaikea osoittaa yksittäistä puistoa tai pihaa suunniteltaessa. Yhteiset mittarit auttaisivat meitä suunnittelemaan kaupunkia paremmin juuri hiilineutraaliuden näkökulmasta”, sanoo Aalto-yliopiston professori **Matti Kuittinen**. Tutkijat suosittelevat, että elinkaariarvioinnin menetelmää kehitettäisiin niin, että myös viherrakentamisen tuotteille voitaisiin laatia EPD-ympäristöselosteita.