

OSION 1 TEKSTIOSA

YLEISOHJEITA

Valintakoe on kaksiosainen:

- 1) Lue oheinen teksti huolellisesti. **Lukuaikaa on 20 minuuttia.**
Voit tehdä merkintöjä tekstiin.
- 2) Ennen tehtävien suorittamista teksti kerätään pois. Tämän jälkeen jaetaan tekstiosioon liittyvät tehtävät ja samalla kertaa myös toinen osio, jossa on matematiikan, loogisen päättelyn ja fysiikan/kemian tehtävät.

Aikaa molempien osioiden tehtävien vastaamiseen on yhteensä 2 h 45 min.

**ÄLÄ KÄÄNNÄ SIVUA ENNEN KUIN
VALVOJA ANTAA LUVAN !**

Tähtäimessä toisen maailman elämä (Teksti: Michael D. Lemonick, National Geographic 7/2014)

Yksi ihmiskunnan vanhimmista kysymyksistä saattaa ratketa jo meidän elinaikanamme. Olemmeko yksin?

Elektroninen signaali matkaa Nasan Jet Propulsion Laboratorysta Kalifornian Pasadenasta robottikulkijaan, joka tarraa kiinni alaskalaisen järven 30-senttimetrinen jääpeitteen alapintaan. Kulkijan valonheitin syttyy loistamaan. ”Se onnistui!” huudahtaa insinööri John Leichty teltassa järven lähellä. Tempu ei ehkä kuulosta miltään teknologiselta läpimurrolta, mutta se voi olla ensimmäinen pieni askel kohti kaukaisen kuun tutkimista.

Yli 7000 kilometriä etelämpänä Meksikossa geomikrobiologi Penelope Boston kahlaa 15 metriä maanpinnan alapuolella pimeässä luolassa pohkeensyvyisessä vedessä. Hänellä on muiden tutkijoiden lailla yllään teollisuuskäyttöön tarkoitettu hengityslaite ja varailmasäiliö, jotta hän selviytyisi luolaan tulvivista, myrkyllisistä rikkivety- ja hähkäkaasuista. Hänen jaloissaan vellovaa vettä terästä rikkihappo. Äkkiä hänen otsalampunsa valaisee paksun ja pitkänomaisen, hennosti läpikuultavan nestepisaran, joka tihkuu ulos kalkkisesta, murenevasta seinämästä. ”Eikö olekin söpö?” hän huudahtaa.

Nämä kaksi paikkaa – jäätynyt arktinen järvi ja trooppinen myrkkyluola – saattavat suoda lisävalaistusta yhteen maailman vanhimmista ja keskeisimmistä kysymyksistä: Onko elämää muuallakin kuin maapallolla? Toisenlaisen elämän on niin meidän aurinkokunnassamme kuin kaukaisten tähtien ympärilläkin kenties kyettävä selviytymään jään peittämissä valtamerissä, esimerkiksi Jupiterin Europa-kuussa, tai umpinaisissa kaasunvaloissa, jollaisia saattaa olla Marsissa viljalti. Jos yhtä äärimmäisissä olosuhteissa Maassa selviytyviä elämänmuotoja pystytään eristämään ja tunnistamaan, ollaan askeleen lähempänä elämän etsimistä muualtakin.

On vaikea sanoa, milloin Maan ulkopuolisen elämän etsintä muuttui tieteiskirjallisuudesta tieteeksi, mutta yksi tärkeä virstanpylväs oli eräs tähtitieteilijöiden tapaaminen marraskuussa 1961. Sen järjesti nuori radioastronomi Frank Drake, jota kiehoi ajatus vieraiden sivilisaatioiden radiolähetysten etsimisestä.

Nyt 84-vuotias Drake muistelee, että kun hän kutsui tapaamisen koolle, Maan ulkopuolisen älykkyyden etsintä (SETI) ”oli oikeastaan tähtitieteen tabu”. Laboratorion johtajan siunauksella hän kuitenkin kokosi kourallisen astronomeja, kemistejä, biologeja ja insinöörejä keskustelemaan nyt astrobiologiaksi kutsutusta aiheesta eli Maan ulkopuolisen elämän tutkimuksesta. Ennen kaikkea Drake halusi asiantuntijoiden apua sen selvittämiseen, kuinka järkevää olisi omistaa merkittävä määrä radioteleskooppiaikaa muukalaisten lähetysten kuulostelemiseen ja mikä mahtaisi olla kaikkein lupaavin etsintätapa. Kuinka monta sivilisaatiota muualla voisi järkevästi ajatellen olla? Niinpä hän raapusti ennen vieraiden saapumista liitutaalulle yhtälön.

Tuo raapustus, joka tunnetaan nykyisin Draken kaavana, kuvailee prosessin vastauksen määrittämiseen. Se alkaa Linnunradalla syntyvien auringonkaltaisten tähtien vuotuisella

määrällä, joka kerrotaan niiden tähtien osuudella, joilla on ympärillään planeettajärjestelmiä. Näin saatu luku kerrotaan kunkin planeettajärjestelmän elämälle suotuisien planeettojen keskimäärällä – siis sellaisten planeettojen, jotka ovat suunnilleen Maan kokoisia ja kiertävät tähteään elämälle suotuisalla etäisyydellä. Näin saatu tulo kerrotaan niiden planeettojen osuudella, joille voisi syntyä elämää, ja sitten niiden osuudella, joille voisi kehittyä älyllistä elämää, ja vielä niiden osuudella, jotka voisivat lähettää meille tunnistettavia radiosignaaleja.

Viimeisessä vaiheessa radiotaitoisten sivilisaatioiden lukumäärä kerrotaan keskimääräisellä ajalla, jona ne voivat lähettää signaalia tai pysyä edes hengissä. Jos tällaiset kehittyneet yhteiskunnat esimerkiksi tapaisivat räjäyttää itsensä ilmaan ydintuhossa vain muutama vuosikymmen radiotekniikan kehittämisen jälkeen, kuunneltavaa olisi luultavasti melko niukasti.

Yhtälö vaikutti kyllä järkevältä, mutta siinä oli yksi ongelma. Kenelläkään ei ollut hajuakaan siitä, mitä mikään noista luvuista tai kertoimista mahtoi olla, lukuun ottamatta aivan ensimmäistä muuttujaa: auringonkaltaisten tähtien syntytahtia. Loppu oli puhdasta arvailua. Jos SETI-tutkijat onnistuisivat nappaamaan radiosignaalin, epävarmuuksilla ei olisi merkitystä, mutta ennen sitä kaikkien Draken kaavan osatekijöiden asiantuntijoiden pitäisi yrittää täydentää sitä määrittämällä numeroarvoja. Se tapahtuisi etsimällä tapahtumien todennäköisyyksiä auringonkaltaisten tähtien ympäriltä tai yrittämällä selvittää Maan elämän alkuperä.

Kului kolmannesvuosisata, ennen kuin tutkijat pystyivät antamaan edes karkeita arvioita yhtälön tekijöistä. Geneven yliopiston Michel Mayor ja Didier Queloz havaitsivat vuonna 1995 ensimmäisen aurinkokuntamme ulkopuolisen planeetan, joka kiersi auringonkaltaista tähteä. Noin 50 valovuoden päässä Maasta sijaitseva planeetta nimeltä 51 Pegasi b on valtava, kaasumainen noin puolen Jupiterin kokoinen möykky, jonka kiertorata on niin tiukka, että sen ”vuosi” kestää vain neljä vuorokautta ja pinta-lämpötila on yli tuhat astetta.

Yksikään toistaiseksi löydetty planeetta ei ole täsmälleen samanlainen kuin Maa, mutta tutkijat uskovat löytävänsä sellaisen ennen pitkää. Tähän mennessä löydettyjen hieman suurempien planeettojen perusteella laskettiin hiljattain, että yli viidenneksellä auringonkaltaisista tähdistä on elämälle suotuisia, maankaltaisia planeettoja. Tilastollisesti katsottuna lähin niistä saattaisi olla vain 12 valovuoden päässä eli kosmisessa mittakaavassa ihan tuossa naapurissa.

Se on hyvä uutinen astrobiologeille, mutta viime vuosina planeetanetsijät ovat tajunneet, että etsintää ei ole mitään syytä rajoittaa vain meidän Aurinkomme kaltaisten tähtien ympärille. ”Kun minä olin lukiossa, meille opetettiin, että Maa kiertää keskivertotähteä. Se on kuitenkin valetta”, sanoo Harvardin yliopiston tähtitieteilijä David Charbonneau. Todellisuudessa noin 80 prosenttia Linnunradan tähdistä on pieniä, viileitä, himmeitä ja punertavia kappaleita, joita kutsutaan M-kääpiöiksi. Jos maankaltainen planeetta kiertäisi M-kääpiötä oikealla etäisyydellä – sen pitäisi olla lähempänä tähteään kuin Maa Aurinkoa, jotta siellä ei olisi liian kylmä – se voisi tarjota paikan, johon elämä voisi juurtua yhtä helposti kuin auringonkaltaista tähteä kiertävälle maankaltaiselle planeetalle.

Tutkijat myös uskovat, että planeetan ei tarvitse olla Maan kokoinen soveltuakseen elämälle. ”Mikäli minulta kysytään, niin mikä hyvänsä yhden ja viiden Maan massan välillä käy mainiosti”, sanoo toinen harvardilainen tähtitieteilijä, Dimitar Sasselov. Elämälle suotuisien planeettojen ja niiden keskustähtien valikoima on siis todennäköisesti huomattavasti suurempi kuin mitä Drake ja muut paikalla olleet vuonna 1961 osasivat olettaa.

Yksi ainoa tekijä, joka on biologien mielestä olennainen meidän tuntemamme elämän kannalta, on nestemäinen vesi: tehokas liuotin, joka voi kuljettaa liuenneita ravintoaineita organismin kaikkiin osiin. Oman aurinkokuntamme osalta olemme tienneet vuodesta 1971 ja *Mariner 9* -lennon Mars-luotaimesta lähtien, että vesi todennäköisesti virtasi punaisella planeetalla ammuin vapaasti. Näin ollen siellä on saattanut olla elämää, vähintäänkin mikrobimuotoista, ja on mahdollista, että sen jäännöksiä voisi vielä olla maan alla, missä saattaa edelleen olla myös nestemäistä vettä. Myös Jupiterin Europa-kuun melko nuorena, jääpeitteisessä pinnassa näkyy halkeamia, mikä todistaa siitä, että sen alla velloo sula vesimeri. Noin 800 miljoonan kilometrin päässä Auringosta sijaitsevan Europan vesien pitäisi olla umpijäässä, mutta tuon kuun jatkuva taipuilu Jupiterin ja sen lukuisten muiden kuiden vuorovesivoimien keskellä synnyttää lämpöä, joka voisi pitää pinnanalaisen veden sulana. Teoriassa elämää voisi olla siinäkin vedessä.

Nasan *Cassini*-luotain havaitsi vuonna 2005 vesisuihkuja, joita purkautui Saturnuksen Enceladus-kuusta. Luotaimen sittemmin tekemät ja tämän vuoden huhtikuussa viimein julkaistut mittaukset vahvistavat, että tuonkin kuun pinnan alla on vesilähde. Sitä ei kuitenkaan vielä tiedetä, kuinka paljon vettä Enceladuksen jääkuori alleen kätkee tai onko se ollut nestemäistä riittävän pitkään, jotta elämää olisi voinut esiintyä. Saturnuksen suurimman kuun, Titanin, pinnassa on jokia, järviä ja sadetta, mutta Titanin meteorologinen sykli perustuu metaanin ja etaanin kaltaisiin nestemäisiin hiilivetyihin eikä veteen. Siellä saattaa elää jotain, mutta sen tarkempaa olomuotoa on hyvin vaikea arvioida.

Mars on paljon maankaltaisempi ja paljon lähempänä kuin yksikään noista kaukaisista kuista. Elämän etsintä on ajanut käytännössä jokaista Mars-hanketta. Nasan *Curiosity*-kulkija tutkii paraikaa Galen kraatteria, jossa sijaitsi miljardi vuotta sitten valtava järvi ja jonka kemiallinen ympäristö on nyt osoittautunut soveltuvaksi mahdollisille mikrobeille.

Meksikolainen luola ei toki ole Mars eikä alaskalainen järvi Europa, mutta juuri Maan ulkopuolisen elämän etsiminen on tuonut tutkijat Sukokjärvelle. Sama haaste on houkuttellut Penelope Bostonin kollegoineen useita kertoja Cueva de Villa Luzin myrkylliseen luolaan Tapijulapan lähelle. Tutkijat pystyvät testaamaan kummassakin paikassa uusia elämänetsintätekniikoita ympäristöissä, jotka ainakin hyvin pitkälle muistuttavat avaruusluotaimia mahdollisesti odottavia olosuhteita. Ennen kaikkea he etsivät biologisia merkkejä eli näkyviä tai kemiallisia entisen tai nykyisen elämän jälkiä paikoista, joissa monimutkaisia laboratoriomenetelmiä ei voi käyttää.

Ajatellaanpa meksikolaista luolaa. Marsia kiertävät luotaimet ovat osoittaneet, että planeetalla on luolia, ja ne ovat juuri sellaisia paikkoja, joihin mikrobit olisivat saattaneet paeta sen jälkeen kun Mars menetti ilmakehensä ja pintavetensä kolmisen miljardia vuotta sitten. Marsilaisten luola-asukkien olisi pitänyt selviytyä jollakin muulla energialähteellä kuin auringonvalolla – esimerkiksi Penelope Bostonin lumonneella liman kaltaisella aineella. Tutkijat käyttävät näistä epämiellyttävistä klönteistä räkään viittaavaa nimitystä ”snottiitti”. Luolassa on tuhansia snottiitteja, joiden pituus vaihtelee senttimetristä puoleen metriin. Ne ovat todellisuudessa biofilmejä eli mikrobiyhteisöjä, jotka pysyvät koossa tahmeana, limaisena möykkynä.

Snottiitit ovat vain yksi luolan monista mikrobiyhteisöistä. Niitä on kaikkiaan noin kymmenkunta. ”Kullakin on oma, erityinen fyysinen ilmiasunsa. Kukin niistä hyödyntää erilaista ravintojärjestelmää.”

Yksi näistä yhteisöistä on erityisen kiinnostava. Se ei muodosta pisaroita tai klönttejä vaan piirtää luolan seinämiin erilaisia kuvioita: täpliä, viivoja ja jopa lähes hieroglyfeiltä näyttäviä viivaverkostoja. Astrobiologit ovat alkaneet kutsua näitä kuvioita biovermikulaatioiksi tai lyhemmin biovermeiksi. Nimitys on johdettu matoa tarkoittavasta sanasta, sillä kuvat muistuttavat matojen kaivamia kiemuraisia käytäviä.

On kuitenkin käynyt ilmi, että kuvat eivät ole ainoastaan luolan seinämällä kasvavien mikro-organismien tekosia. ”Sitä tapahtuu eri mittakaavoissa ja usein paikoissa, joissa jotakin luonnonvaraa on vähän”, sanoo kuvantamisjärjestelmiin erikoistunut texasilaisen Baylorin yliopiston insinööri Keith Schubert, joka tuli Cueva de Villa Luziin virittämään kameroita pitkäaikaista tarkkailua varten. Myös kuivien alueiden heinät ja puut luovat biovermikuvioita samoin kuin aavikkomaaperän pintakerrokset, joissa elää bakteereita, sammalia ja jäkäliä.

Jos tämä hypoteesi pitää kutinsa – ja hypoteesi se yhä on – niin biovermitutkijat ovat saattaneet löytää jotain ratkaisevan tärkeää. Tähän mennessä moni astrobiologien etsimistä elämän merkeistä on ollut happea tai muuta kaasua, jota Maan organismit vapauttavat. Happea tuottava elämä saattaa kuitenkin olla vain yksi monista.

Pohjois-Amerikan toisessa päässä hytistään Sukokjärvellä samanlaisissa puuhissa. Tutkijat työskentelevät siellä kahdessa eri leirissä, noin kilometrin päässä toisistaan. Koska järven pohjasta kupliva metaani liikuttaa vettä, jäätyminen on paikoin heikkoa. Päästäkseen moottorikelkalla leiristä toiseen tutkijoiden on ajettava kiertoreittiä, jotta he välttävät heikon jään paikat.

Juuri metaani kiinnitti tutkijoiden huomion alaskalaiseen Sukokiin ja sen lähijärviin vuonna 2009. Tätä yleistä hiilivetykaasua muodostavat erilaiset eloperäistä ainetta hajottavat, metanogeneiksi kutsutut mikrobit, joten metaani voisi olla elämän merkki, jota astrobiologit voisivat etsiä muilta planeetoilta. Metaania tulee kuitenkin myös tulivuorenpurkauksista ja muista ei-biologisista lähteistä, minkä lisäksi sitä syntyy Jupiterin kaltaisten jättilaneettojen ja Saturnuksen Titan-kuun kaasukehissä. Siksi on ratkaisevaa, että tutkijat pystyvät erottamaan biologisen ja ei-biologisen metaanin. Jos keskitytään jään peittämään Europa-kuuhun, kuten

Kevin Hand tekee, jääpeitteinen, metaanipitoinen Sukokjärvi ei ole hassumpi paikka aloittaa tutkimuksia.

National Geographicin nousevaksi tutkijakyvyksi nimeämä Hand harjoittaa astrobiologiaa mieluummin Europassa kuin Marsissa. Oletetaan, että menemme Marsiin ja löydämme sen pinnan alta Maan elämän kaltaisia DNA-pohjaisia organismeja. Se voisi tarkoittaa sitä, että DNA on yleismaailmallinen elämänmolekyyli, mikä on hyvinkin mahdollista. Se voisi kuitenkin tarkoittaa myös sitä, että Maan elämä ja Marsin elämä ovat lähtöisin samasta paikasta. Se tiedetään varmuudella, että asteroidien Marsin pinnasta irrottamia kappaleita on päätynyt Maahan. Sekin on todennäköistä, että Maasta on päätynyt kiviainesta Marsiin. Jos tällaisten avaruus kivien sisällä olisi eläviä mikrobeja ja ne selviytyisivät matkasta, mikä lienee mahdollista, ne olisivat voineet asettua sille planeetalle, jolle ne sattuiivat päätyään. ”Jos Marsin elämä osoittautuisi DNA-pohjaiseksi, siitä syntyisi ainakin jonkin verran keskustelua, olisiko se peräisin eri DNA-pohjasta”, sanoo Hand. Europa taas on huomattavasti kauempana. Jos sieltä löytyisi elämää, havainto viittaisi toiseen, itsenäiseen alkuperään – vaikka se olisikin DNA-pohjaista.

Europassa näyttäisi todellakin olevan elämän perustarpeita. Nestemäistä vettä on runsaasti, ja valtameren pohjassa saattaa olla samankaltaisia hydrotermisiä aukkoja kuin Maassakin. Niistä virtaisi ravinteita siellä mahdollisesti esiintyvälle elämälle. Europan pintaan iskeytyy silloin tällöin komeettoja, joiden sisältämät eloperäiset kemikaalit saattaisivat myöskin toimia elämän rakennuspalikoina. Jupiterin säteilyvyöhykkeen hiukkaset erottavat jäästä vetyä ja happea ja muodostavat melkoisen molekyylikattauksen, jonka eliöt voisivat hyödyntää purkausaukkojen tuottamia kemiallisia ravinteita.

Suuri tuntematon on se, kuinka nuo kemikaalit voisivat tunkeutua ehkä 15–25 kilometriä paksun jään läpi. Alkuvuodesta 2013 Hand ja Kalifornian teknillisen yliopiston astronomi Mike Brown todistivat Keck II –teleskoopin avulla, että Europan merien suolat olivat todennäköisesti kulkeutumassa pintaan, kenties juuri joidenkin halkeamien kautta. Loppuvuodesta 2013 toinen ryhmä raportoi havainneensa Hubble-avaruusteleskoopilla, että Europan etelänavalta suihkusi nestemäistä vettä. Europan jää ei selvästikään ole läpätunkematonta.

Tieto tekee Europaa kiertävän luotaimen lähettämisestä entistä houkuttelevampaa. Yhdysvaltain kansallinen tiedeneuvosto arvioi luotainlennon vuonna 2011 ja piti sitä perusteltuna, mutta yli kolmen miljardin euron hintalappu oli valitettavasti liian kallis. Robert Pappalardon johtama ryhmä palasi piirustuspöydän ääreen ja pani lennon uuteen uskoon. Heidän *Europa Clipper* -luotaimensa kiertäisi Jupiteria eikä Europaa, jolloin polttoainetta ja rahaa kuluisi vähemmän. Luotain tekisi kuitenkin noin 45 Europa-ohilentoa, joiden avulla voitaisiin yrittää kerätä tietoa kuun pinnasta ja kaasukehän kemiasta ja välillisesti myös sen merien kemiasta.

Pappalardo laskee uudenlaisen luotainlennon elinkaarikustannusten jäävän alle puoleentoista

miljardiin euroon. Jos lentoa aletaan todella suunnitella, ”me näkisimme laukaisun tapahtuvan joskus 2020-luvun alkupuoliskolla”. Jos kantoraketina toimisi *Atlas V*, matka Europan luo kestäisi kuutisen vuotta. ”On kuitenkin mahdollista, että käyttäisimme uutta SLS:ää eli *Space Launch Systemiä*, jota Nasa paraikaa kehittää”, sanoo Pappalardo. ”Se on iso raketti, jonka avulla pääsisimme perille 2,7 vuodessa.”

Clipper ei todennäköisesti löytäisi Europasta elämää, mutta se voisi valmistaa tietä laskeutujalle, joka kaivautuisi kuun pintaan ja tutkisi sen kemiaa Mars-laskeutujien tapaan. *Clipper* voisi myös etsiskellä parhaita laskeutumipaikkoja. Seuraava looginen askel laskeutujan jälkeen – Europan merta tutkiva luotain – voisikin olla paljon hankalampi toteuttaa. ”Kun tuollainen merenalainen laite joskus saadaan rakennettua, se on evoluution termin sanottuna Alaskassa testaamaamme *Australopithecukseen* verrattuna *Homo sapiens*”, sanoo Hand.

Handin ja hänen ryhmänsä Sukokjärvellä testaama perusmallin kulkija ryömi 30-senttimetrinen jään alla kelluen tiukasti kiinni sen alapinnassa. Anturit mittaavat veden lämpötilaa, suolapitoisuutta, happamuutta ja muita ominaisuuksia. Se ei kuitenkaan etsi suoranaisesti organismeja; siitä vastaavat järven toisessa päässä hankkeen toisen ulottuvuuden parissa työskentelevät tutkijat. Heistä John Priscu onnistui viime vuonna keplottelemaan eläviä bakteereita Whillansjärvestä 800 metriä Länsi-Antarktiksens mannerjään alapuolelta.

Hän selvittelee geobiologi Alison Murrayn ja jatko-opiskelija Paula Matheus-Carnevalin kanssa sitä, mitkä ominaisuudet tekevät jääkylmistä ympäristöistä elämälle suotuisia ja minkälaisia elämänmuotoja niissä todellisuudessa esiintyy.

Kaiken tämän tutkimustyön taustalla vaikuttaa edelleen projekti, josta koko astrobiologia sai alkunsa yli puoli vuosisataa sitten. Vaikka Frank Drake onkin jo oikeastaan eläkkeellä, hän etsii edelleen maapallon ulkopuolisia signaaleja, jollaisten löytäminen olisi ylivertainen saavutus. Hän on innoissaan upouudesta hankkeesta, jossa yritetään havaita kaukaisista sivilisaatioista peräisin olevia valonvälähdyksiä. ”Kaikkien lähestymistapojen kokeileminen on järkevää”, hän sanoo. ”Emmehän me pysty kovinkaan hyvin pääättelemään, mitä kaikkea maapallon ulkopuolella todellisuudessa puhataan.”