



STUDIA GENERALIA 2011

AINEEN ARVOITUS

**20.10.2011 AINEESTA
ELÄMÄÄ**

MITÄ ON ELÄMÄ?

Professori Hannu Sariola

Aina 1800-luvun lopulle uskottiin, että mudasta ja kuolleista eläimistä syntyy elämää. Jo vuonna 1668 italialainen, kokeellisen lääketieteen isänä pidetty Francesco Redi oli kuitenkin osoittanut, että kuolleesta ei synny elämää. Hän pani lihaa avonaiseen ja umpinaiseen astiaan. Ainoastaan avonaisesta astiasta pyrähti jonkin ajan kuluttua kärpäsiä. Louis Pasteur teki toisen version samasta kokeesta vuonna 1862. Hän täytti lihaliemellä kaksi lasipulloa, jotka steriloidtiin keittämällä. Toiseen pulloista johti suora ja toiseen mutkitteleva lasiputki, joka kääntyi joutsenkaulamaisesti alaspäin bakteereiden pulloon pääsyn estämiseksi. Kumpikin pullo oli yhteydessä ilmaan. Ainoastaan suoran putken lihaliemeen ilmaantui bakteereita. Kokeensa jälkeen Pasteur julisti juuri haudanneensa elämän itsestään synnyn.

Kukaan ei tiedä, miten elämä ilmaantui maan päälle. Tämä ei ole ihme, koska elämä on mahdollonta määritellä. Voi vain kuvailla sille ominaisia piirteitä. Onko kuivunut siemen elävä? Onko virus elävä? Virus lisääntyy vain toisen organismin sisällä, eikä sillä ole omaa aineenvaihduntaa solujen ulkopuolella: rajatapaus. Onko tietokonevirus elävä? Ihmisen ohjelmoima, sähköpostin ja Internetin kautta lisääntyvä tietokonevirus täyttää vähintäänkin samat elämän kriteerit kuin biologinen virus. Onko olemassa mitään rajaa elävän ja kuolleen aineen välillä? Jo vuonna 1953 Harold Urey ja Stanley Miller onnistuivat tuottamaan aminohappoja metaanista, vedystä, ammoniakista ja vedestä, joiden arveltiin muodostaneen muinaisen maailman hapettoman kaasukehän. Myöhemmin Sidney Fox osoitti, että voimakkaasti kuumentamalla aminohapoista muodostuu proteiinien kaltaisia ketjuja, proteinoideja.

Maapallo syntyi samoihin aikoihin auringon ja tämän aurinkokunnan planeettojen kanssa. Maatiivistyi 4,6 miljardia vuotta sitten kaasu- ja pölypilvestä, joka syntyi kun läheinen supernova räjähti. Emme tiedä, miten nopeasti elämää ilmaantui planeetallemme, mutta vanhimmat fossiiliset löydöt ovat yli 3 miljardia vuotta vanhoja. Tumalliset solut ilmaantuivat 1,6 miljardia vuotta sitten ja ensimmäiset monisoluiset organismit 600 miljoonaa vuotta sitten. Elämän syntyhetkellä maapallo ei ollut mikään lomaparatiisi. Sitä pommittivat jatkuvat meteoriittikuurot. Alkumerikään ei ollut mikään lomaparatiisin uima-allas vaan muistutti myrkyllistä jäteallasta. Kaasukehässä oli runsaasti hiilidioksidiä ja -monoksidiä, syaanivetyä ja ammoniakia. Näissä olosuhteissa elämä kuitenkin syntyi, ja rupesi muuttamaan planeettaa. Myrkyllinen kaasukehä muuttui vähitellen mikrobien ansiosta happipitoiseksi ilmakehäksi. Oleellista elämän synnylle oli energian syöttö eri muodoissaan planeetan järjestelmään. Vulkaaninen ja auringon lämpö sekä kosminen säteily toimivat elämän katalysaattoreina.

Aminohappoja, proteiinien raaka-aineita, syntyy mitä ilmeisimmin jopa keskellä jääkylmää avaruutta, jossa lämpötila on lähellä absoluuttista nollapistettä. Elämä onkin voinut syntyä muualla ja kulkeutua tänne meteoriittien mukana. Tätä teoriaa kutsutaan panspermiateoriaksi. Toisen teorian mukaan elämä syntyi otollisissa oloissa muinaisen maapallon merissä, ns. alkuliemessä – ehkä meteoriittien aiheuttamien sokkiaaltojen vaikutuksesta. Sopivia olosuhteita on voinut olla trooppisissa laguuneissa, tulivuorten lämmittämässä kuumissa lähteissä tai meren pohjalla. Kolmannen teorian mukaan elämä syntyi syvällä kallion uumenissa kovissa paineolosuhteissa mutta suojatussa kallionkolossa, jonne tihkui elämän synnyn tarvitsemia raaka-aineita. Neljännen teorian mukaan elämää on aina ollut, joten sen synty ei vaadi mitään selityksiä.

Kaikki ovat yhtä mieltä siitä, että elämän syntyminen oli erittäin epätodennäköistä. Tämä on selvää jo sen takia, että elämää ei ole löytynyt mistään muualta kuin omalta planeetaltamme. Tavalinen proteiini muodostuu noin sadasta aminohaposta. Koska erilaisia aminohappoja on parikymmentä, ne voivat järjestyä 10130 eri tavalla. Jo yhden proteiinin syntyminen sattumalta on erittäin epätodennäköistä, puhumattakaan solun kaikista proteiineista. Sen mahdollisuus on yksi 10^{40000} :sta. Luvussa on 40 000 nollaa! Äärimmäisen epätodennäköinen muuttuu kuitenkin todennäköiseksi, jos aikaa on rajatta ja reaktioita tapahtuu valtavia määriä. Yksittäisessä bakteerissa antibioottiresistenssin ilmaantuminen on erittäin epätodennäköistä, mutta miljardien bakteereiden joukosta antibiootit valikoivat nämä harvinaiset mutaatiot. Antibioottiresistenttien kantojen leviäminen onkin lääkäreiden jokapäiväinen päänsärky. Epätodennäköinen muuttuu tapahtumien suuren määrän kautta todennäköiseksi.

Elämää ei edes kannata yrittää määritellä yksilön syntymän ja kuoleman kautta. On hedelmällisempää tarkastella sitä biologisena prosessina ajassa, jossa informaatio siirtyy DNA- tai RNA-ketjuissa yksilöltä toiselle. Kaikki elämä perustuu näiden informaatiota siirtävien ketjujen digitaaliseen koodiin ja sen mutaatioihin, joka käynnistää ympärillään muutoksia proteiinien rakenteessa ja toiminnassa. Elämän monimuotoisuus osoittaa, että geneettisen informaation lisääntyminen ja muuntuminen on ollut keskeistä evoluutiossa. Aivan samaa olemme olleet mukana todistamassa muutamassa vuosikymmenessä tapahtuneessa tietokoneiden kehityksessä.

Keskeinen avoin kysymys on, miten ja missä RNA- tai DNA-ketjujen ympärille syntyi monimutkainen aineenvaihtuntakoneisto, solu. Tähän olemme saamassa pian vastauksen kokeellisen elämäntutkimuksen avulla. Kysymys ei ole enää siitä, luotiinko elämä vai syntykö se kemiallisina reaktioina alkumeressä. Pian saamme ainakin jonkin käsityksen siitä, miten kaikki sai alkunsa.

Studia Generalia -tilaisuudet videoidaan. Niitä voi seurata internetissä sekä suorina lähetyksinä että tallenteina: www.helsinki.fi/video/.

Yleisökeskusteluun voi osallistua myös tekstiviestitse lähettämällä kysymykset ja kommentit tilaisuuden aikana numeroon 050-415 4892. Tekstiviestit luetaan tilaisuudessa mahdollisuuksien mukaan. Keskustelua voi jatkaa tilaisuuden jälkeen Studia Generalia -verkkosivuilla osoitteessa:

<http://blogs.helsinki.fi/studiageneralia>.

Luentosarjan on suunnitellut Helsingin yliopiston Studia Generalia -toiminnan tieteellinen ohjausryhmä ja sen toteuttaa Helsingin yliopiston Avoin yliopisto yliopisto yhteistyössä Helsingin yliopiston Tietotekniikka-keskuksen kanssa.

Lisätietoja:

Tieteellisen ohjausryhmän puheenjohtaja,
vararehtori Kimmo Kontula
p. (09) 191 24150
kimmo.kontula@helsinki.fi

Koulutussuunnittelija
Sanna Saari-Salomeri
p. (09) 191 28047
sanna.saari-salomeri@helsinki.fi