

ASTROBIOLOGIA

Johdatus oppiaineeseen

Astrobiologian suuret kysymykset ovat 1900-luvulta lähtien olleet: ”Mitä elämä on?” ”Miten elämä syntyi Maassa?” ja ”Missä kaikissa muodoissa elämää voi esiintyä?”. Synnyttääkö evoluutio aina samankaltaisia ratkaisuja? Mitkä muut alkuaineet paitsi hiili voivat synnyttää elollista elämää? Mikä on elollisen ja elottoman ero?

Omasta aurinkokunnastamme elämän merkkejä on löytynyt **Marsista**, **European** ja **Enkeladuksen** pinnanalaisista meristä sekä **Oortin pilven** komeetoista. Aurinkokunnan ulkopuolella sadasta tutkitusta tähtijärjestelmästä on löytynyt komeettojen lisäksi viisi elollista maailmaa: **Terranova** (*Alfa Centauri A I*), **Han Shan** (*Delta Pavonis*), **Kali-Yuga** (*Xi Ursae Majoris Ab*), **Poseidonia** (*DM +33 2277 IV*) ja **Aurore** (*Eta Boötis IIc*). Kaksi viimeksimainittua ovat kuita.

Sol (Aurinkokunta)

MARS (Sol IV): Marsin viileissä valtamerissä elämän kehitys näyttää noudatelleen samoja suuntaviivoja kuin Maassa. Ilmakehän ohentuminen ja vulkaanisen toiminnan sammuminen johtivat kuitenkin planeetan varhaiseen kuivumiseen. Pohjoisen pallonpuoliskon valtameret (*Marineris* ja *Borealis*) vetäytyivät regoliitin alle. Eteläisen pallonpuoliskon *Hellaksen* sisäjärvi kuivui kokonaan, jättäen jälkeensä vain joukon fossiileja.

Marsin horrostava bakteerikanta säilyi kuitenkin elinkelpoisena syvällä pinnan alla, tuottaen ilmakehään metaania joka havaittiin ensimmäisen kerran jo vuonna 2004, kauan ennen ensimmäistä miehitettyä Mars-lentoa. Areobiologit ovat luokitelleet useita satoja marsilaisperäisiä bakteereita, joista osa on yhteisiä Maan kanssa. Havainto johti *panspermia*-teorian vahvistumiseen astrobiologien keskuudessa.



Ihmisen toiminnan vuoksi Marsin elinolosuhteet ovat muuttuneet rajusti, ja se heijastuu niin planeetan kasvi- kuin eläinkantoihinkin. Marsin kiistanalainen maankaltaistamisohjelma (kts. *YMIR*) aiheutti Marsin alkuperäiselle ekosfäärille korvaamatonta tuhoa. Alkuperäinen bakteerikanta on säilynyt suht' ennallaan ainoastaan eteläisen pallonpuoliskon ikeroudassa.

Nykyään Marsissa kasvaa vesialueiden läheisyydessä luonnonvaraisena planeetalle varta vasten geenimuunneltua floraa, kuten mustaa jäkälää, sieniä, sammalia ja alkeellisia suikerokasveja. Marsin kasvihuoneissa ja hydroponisilla farmeilla viljellään hauraampia lajikkeita, kuten vitaminoitua vehnää (*triticum martiae*), hedelmiä, vihanneksia ja bionisia lihatuotteita. Kts. [Encyclopaedia Galactica, Mars](#).

EUROPA, ENKELADUS: Pienten kuiden jääkuorten alla elää valolta ikuisesti suojattuna tulivuorten lämmössä viruksia, bakteereita sekä alkeellisia kemosynteesiin kykeneviä biototeja. Bakteerien kehitys analoginen Marsin ja Maan kanssa -> koko Aurinkokunnan elämä peräisin samasta lähteestä?

OORTIN PILVI: Ekstremofiilejä mikrobeja, viruksia ja itiöitä.

Rigil Kentaurus

Etäisyys Maasta: 4,36 valovuotta

Nimet: Rigil Kentaurus, Nánmén'èr (南門二), Alfa Centauri AB

Alfa Centauri on kolmoistähtijärjestelmä. Se koostuu kahdesta päätähdessä (A, B) ja niitä kiertävästä punaisesta kääpiöstä Proxima Centaurista. Alfa Centauri A, joka tunnetaan myös nimellä *Toliman* (hepr. ”täältä ikuisuuteen”) on hieman Aurinkoa isompi ja kirkkaampi, hyvin metallirikas G2 V-luokan tähti. Tähti on hitaasti pyörivä, eikä sillä ole auringonpilkkuja. Alfa Centauri B, *Bungula*, on K1 V-luokan keltaoranssi, hieman Aurinkoa pienempi ja himmeämpi tähti. Tähdet kiertävät toisiaan elliptisesti 79,9 vuoden jaksossa keskietäisyyden ollessa 23,7 tähtitieteellistä yksikköä.

TERRANOVA (Alfa Centauri A I): Terranova on Alfa Centauri A:n ensimmäinen planeetta. Se kiertää Tolimania elokohällä 1,25 AU:n etäisyydellä (kiertoaika 477 päivää). Läpimitta on 12 000 km verrattuna Maan 12 750 kilometriin. Planeetan massa on 0,82 Maata ja painovoima suuremman tiheyden vuoksi 1,1 g. Ilmanpaine on 0,92 ja happipaine 0,18, joten ilma on hieman ohuempaa. Terranovan mesosfäärissä on tavattu suuri määrä erilaisia vapaita metalli-ioneja, joita ei muista puutarhamaailmoista tunneta. Planeetalla on kaksi hyvin pientä kuuta, Esa ja Europos, jotka ovat sen vangitsevia hiilipitoisia asteroideja.



Terranovan ilmasto-olosuhteet ovat erikoiset. Sen toinen, oranssi aurinko kiertää taivaalla hidasta ympyrää niin, että puolet vuodesta se paistaa öisin ja puolet vuodesta päivisin. Harvinaisia kaksoisauringonlaskuja pidetään tunnetun avaruuden kauneimpina. Tähtien elliptinen kierto aiheuttaa Terranovalla tavallisten vuodenaikojen lisäksi ns. ”suuria vuodenaikoja” 40 vuoden jaksossa.

Terranovan pinnasta 60% on nestemäisen veden peitossa. Hiilipohjainen elämä on ilmestynyt planeetalle samoihin aikoihin kuin Maahankin ilmeisesti komeettojen mukana. Terranovan evoluutiota on hidastanut planeetan pinnalle pääsevän ultraviolettiäteilyn vähäinen määrä. Sen kotoperäinen eliöstö on suurelta osin väritykseltään keltaista protokasvillisuutta, joka muistuttaa suuresti jurakauden saniaisia. Floran kellertävä väritys johtuu kaiken terranovalaisen elämän vasempaan kiertyneistä aminohapoista. Maaperäinen eliöstö levisi Terranovalle ensimmäisten luotainten ja tutkimusmatkojen ansiosta.

Planeetalle istutetut maallisen eloonjäämistaistelun karaisemat lajit ovat villiintyneet Terranovalla täysin syrjäyttäen alkuperäistä eliöstöä kaikkialla.

Koska alkuperäinen eliöstö vierastaa aluetta, jolle Maan lajikkeet ovat levinneet, planeetansuojelusta on tullut yksi Terranovan polttavimmista poliittisista kysymyksistä. Planeetan asutusmahdollisuudet ja merkitys Maan ”uutena rajaseutuna” niin väestöongelman ratkaisemisen kuin uusien luonnonvarojen hyväksikäytön kannalta tarkoittavat sitä, että Terranova tulee tulevaisuudessa ohittamaan Marsin ihmiskunnan tärkeimpänä jalansijana avaruudessa. Euroopan Unioni, Kiina, Yhdysvallat, Japani ja Brasilia ovat kaikki perustaneet omat siirtokuntansa planeetalle, jonka nopeasti kasvava asukasluku lähestyy (bioroidit mukaanluettuna) miljoonaa.

Delta Pavonis

Etäisyys Maasta: 19,9 valovuotta

Delta Pavonis on G7 V-IV –luokan vanha keltainen kääpiö, joka on muuttumassa punaiseksi jättiläiseksi. Se on hieman Aurinkoa kirkkaampi, mutta viileämpi tähti. Delta Pavonis aloittaa nk. Kiinan haaran, läheisten tähtien ketjujen muodostaman tähtienvälisen avaruuden alueen, joka on määritelty kuuluvaksi Kiinan kansantasavallan etupiirialueeseen.

HAN SHAN (Delta Pavonis I): Delta Pavonis –järjestelmä muodostuu kahdesta asteroidirenkaasta ja kahdesta niitä seuraavasta planeetasta. Ulommainen planeetta on 3,5 Jupiterin massainen kaasujättiläinen *Yu Huangdi*, sisempi *Han Shan* (”kylmä vuori”). Kansainvälinen tähtitieteellinen seura on antanut planeetalle myös nimen Hades, mutta kiinalainen nimitys on laajemmin tunnettu. Maailman läpimitta on vähän alle 14250 km ja sen pintapainovoima on 1,23 g.

Planeetan ilmakehästä peräti 39 % on happea, joten pienikin kipinä tai liekki voi aiheuttaa valtavan tulipalon. Ihmiskasutus on mahdollista ainoastaan yli 2 500 metrin korkeudessa, jossa kaasukehän ohuus vaikeuttaa palamista. Han Shanin maaperä ja vesi on hyvin hapanta. Planeetta kiertää aurinkoaan elokehän rajamailla, joten se on suureksi osaksi jäässä.

Han Shanin eliöstö on suureksi osaksi esibioottisella asteella. Mikrobien ja pieneliöiden lisäksi planeetalla on useita kookkaita yksisoluisia eliölajeja, jotka käyttäytyvät parvina kuin kokonaiset yksilöt. Sopeutuessaan karuun ympäristöönsä ne ovat saaneet joitain hyvin vaarallisia muotoja. Yksi esimerkki on nk. ”veitsikärpäset”, tuulen mukana ajautuvat katkarapuja muistuttavat yksisoluiset olennot, jotka ovat kuin eläviä lasinsiruja.

Wu-Beijing ja United Samsung ovat perustaneet planeetalle kaksi kaivossiirtokuntaa (*Tientsin* ja *Guangzhou*). Planeetalla asuu myös lähes 1000 Euroopan Unionin kansalaista Hermia-tukikohdassa.

Radiomajakkatunnus NLYN 76 (Restricted world). Lähestyminen edellyttää voimassa olevaa Kiinan kansantasavallan viisumia ja tutkimuslupaa.

Alula Australis

Etäisyys maasta: 27,3 valovuotta

Nimet: *Alula Australis*, ξ *Ursae Majoris*

Alula Australis -järjestelmä muodostuu kahdesta toisiaan kiertävästä kaksoistähtiparista ja yhdestä ruskeasta kääpiöstä, joten se on itse asiassa viitoistähti. Järjestelmään kuuluu lisäksi yhdeksän planemoa, jotka vaihtelevat 0,9 Jupiterin massaisesta kaasuplaneetasta alle 5000 km halkaisijaltaan oleviin kivenmurikoihin. Aniharvalla Alula Australis -järjestelmän kappaleella on edes suhteellisen vakaa kiertorata.

KALI-YUGA (Xi Ursae Majoris Ab Id):

Ensimmäistä kaksoistähtiparia kiertää kaksirenkainen 0,9 jupiterin massainen (mutta sitä paljon suurempi) kaasujättiläinen *Caelus*, jonka kaasukehä sisältää runsaasti vesihöyryä. Caeluksella on 13 kuuta, joista kolme (*Brontes*, *Steropes* ja *Arges*) ovat Maan kokoisia. Brontes, lähin kuuta, tunnetaan nykyään nimellä *Kali-Yuga*. Caeluksen rata nelostähtijärjestelmän sisällä vaihtelee 432 000 vuoden jaksoissa. Muutokset ovat aiheuttaneet radikaaleja muutoksia Brontesin olosuhteille ja vauhdittaneet elämän evoluutiota.

Maailman runsashappisen kaasukehän ilmanpaine on kolme kertaa Maan vastaava. Pintapainovoima on 0,87 g. Kali-Yugan ammonium- ja sulfidipitoinen alkumeri peittää sen pinta-alasta 68 prosenttia ja maa jakaantuu kahden suuren mantereen kesken. Merta on kutsuttu "orgaaniseksi sopaksi", sillä se sisältää lähes kaikkia elämän rakennusaineita ynnä metallisuoloja ja rikkiä.

Tiheän ilmakehensä ansiosta Kali-Yugalla ei ole napajäätiköitä. Sen trooppinen lämpötila jakaantuu suhteellisen tasaisesti koko planeetan alueelle. Caeluksen elliptinen rata ja kaksoistähtiparin valovoiman muutokset saavat aikaan suuria lämpötilanvaihteluja sen 434 päivää kestävästä vuoden aikana. Hapen määrä ilmakehässä riittää spontaaniin syttymiseen Kali-Yugaa riivaavien suunnattomien ukkosmyrskyjen aikana. Hiilidioksidimäärät ovat kolmekymmentä kertaa Maata korkeammat.

Kuun tavoin Kali-Yuga on vuorovesilukkiutunut emoplaneettansa kanssa 1:1 spin-
rataresonanssiin. Sen kiertoaika Caeluksen ympäri on 16 päivää, joten Kali-Yugalla on kahdeksan päivää tauotonta pimeyttä ja kahdeksan päivää tauotonta aurinkoa. Pitkät vuorokaudet synnyttävät erittäin voimakkaita, koko kuuta kiertäviä tuulia. Alula Australiksen kaksi muuta aurinkoa tanssivat taivaalla monimutkaista piirileikkiään, mutta kaikki valo siivilöityy tiheän kaasukerroksen läpi niin, että pinnalla vallitsee ikuinen sinivihreä hämärä.

Kali-Yugan elämä on syntynyt sen protobioottisesta meressä, mutta levinnyt jo varhaisessa



KALI-YUGA

Painovoima: 0,87g
Halkaisija: 11 378,9 km
Kiertoaika: 434,6 d
Pyörähdysaika: 16 d

Ilmakehä: 69% N₂, 30% O₂, 1% H₂O,
0,035% CO₂
Ilmanpaine: 3 bar

vaiheessa asumaan sen ilmakehään. Voimakkaat tuulet ja ilmakehän tiheys auttavat suunnattomia eliöitä pysymään ilmassa koko elämänsä ajan. Kaikkein kiintoisimpien joukossa ovat "taivasvalaat", suunnattomat lentävät valaat jotka syövät ravinnoksen ilmakehässä suurina lauttoina kelluvaa aiotumallista "levää". Kali-Yuga on tunnettu myös harvinaislaatuista pyörivistä eläimistään (*pedalaternorotandomovens centroculatus*).

Kts. [Encyclopaedia Galactica: Kali-Yugan elämä.](#)

DM +33 2277

POSEIDONIA (DM+33 2277 IV):

Kts. [Johdatus solaristiikkaan](#)

Eta Boötis

Etäisyys maasta: 31,9 valovuotta

Karhunvartijan tähdistössä sijaitseva Eta Boötis on kaksoistähtijärjestelmä. Eta Boötis A, traditionaaliselta nimeltään *Muphrid* ("yksinäinen") on kirkas, G0 – luokan keltainen alijättiläinen. Pienempi tähti, 0,48 solin massainen punainen kääpiö *Rubis*, kiertää sitä 1,425 au:n etäisyydellä, tehden yhden kierroksen aina 495 päivän välein. Järjestelmä sisältää erittäin huomattavia määriä vetyä raskaampia alkuaineita. Eta Boon lähin tähti on punainen jättiläinen Arcturus, joka loistaa Auroren taivaalla monta kertaa Venusta kirkkaammin. Ranskalainen väyläluotainretkikunta löysi Auroren vuonna 2178.



AURORE

Painovoima: 0,74g
Halkaisija: 9450 km
Kiertoaika: 2537 d
Pyörähdysaika: 61,3 d

Ilmakehä: 78% N₂, 19,34% O₂, 1% Ar, 0,035% CO₂

AURORE (η Boötis IIc): Järjestelmää kiertää viisi kaasuplaneettaa: *Hesperus* (0,8 Jupiteria), *Titonus* (5,3 Jupiteria), *Laodemon* (1,6 Jupiteria), *Theia* (0,5 Jupiteria) ja *Astreus* (0,28 Jupiteria). Näistä suurin, *Titonus*, luokitellaan "ruskeaksi kääpiöksi": tähtimäiseksi kappaleeksi, jolla ei ole tarpeeksi massaa vety-helium –fuusioon, mutta joka toisaalta tuottaa vetovoimansa vuoksi enemmän lämpöä ja valoa kuin vastaanottaa. Titonuksella on 72 kuuta, joista neljä suurempaa (*Memnon*, *Selene*, *Aurore* ja *Antilokus*). Titonuksen säteilemä lämpö riittää luomaan Aurorelle elämälle suotuiset olosuhteet.

Aurore poikkeaa kuitenkin huomattavasti Maasta. Titonuksen suunnattoman vetovoiman puristuksessa siitä on tullut litistyneen kananmunan muotoinen. Aurore on Kali-Yugan tavoin vuorovesilukkiutunut Titonuksen kanssa niin, että se kuu kääntää aina saman pallonpuoliskon emäplaneettaansa kohti. Auroren yönpuoli, *La Glacière*, elää ikuista pimeää jääkauttaan, jossa Muphridin laskettua lämpötila laskee hiilidioksidin jäätympisteen alapuolelle. Päivänpuolella sijaitsee kuuma piste, jossa lämpötila pysyttelee veden kiehumispisteen yläpuolella. Sitä riepottelee ikuinen hurrikaani. Kahden ääripään välissä sijaitsee kapea lauhkea vyöhyke.

La Glacièren sulamisesta muodostunut Lieriömeri kattaa suurimman osan lauhkeasta vyöhykkeestä. Jäätiköstä sulavat vesimassat haihtuvat Titonuksen puolella ja palaavat rankkasateina ja myrskyinä takaisin kylmälle puolelle. Kuun ilmakehässä raivoavat tuulet aiheuttavat vakavia vaikeuksia kaikille lentolaitteille. Titonuksen vetovoiman synnyttämä vuorovesi-ilmiö on Aurorella 454 kertaa voimakkaampi kuin Maassa. Kanjoneissa ja solissa vuorovesi synnyttää satojen metrien pinnanvaihteluita.

Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana on selvinnyt, että Aurorella on sen ääriolosuhteista huolimatta kehittynyt kotoperäistä elämää. Hiilipohjainen eliöstö on kehittynyt alun perin Lieriömeressä ja siirtynyt vuorovesi-ilmiön vaikutuksesta kuivalle maalle. Alustavien tutkimusten mukaan Aurorella ei tunneta jakoa eläin- ja kasvikunnan välillä. Parhaiten tunnettu aurorelainen eliö on *hattulatvaksi* kutsuttu yleinen autotrofi, fotosynteesillä ravintonsa hankkiva kasvin ja eläimen välimuoto. Se on kahdeksan metriä korkeaksi kasvava sienimäinen eliö, jonka varjomainen hetula kerää Muphridin ja Titonuksen energiaa tuottaakseen sokeria. Hattulatvoilla on viisi alkeellista sydäntä ja se kykenee hitaasti liikkumaan päästäkseen otollisempaan asemaan aurinkoihin nähden.

Auroren varsinainen kasvillisuus käyttää sinivihreää klorofyllin vastinetta katalyyttinä fotosynteesissä, mutta enemmistö lajikkeista hankkii ilmeisesti lisäravinteita suoraan muista eliöistä lihansyöjinä tai mädännäiskasveina. Väritys vaihtelee sinisestä hiilenmustaan. Maaeläimiä ei ole voitu järjestelmällisesti luokitella.

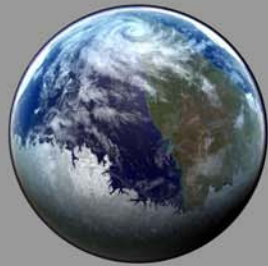
Pirennen-Bettencourtin retkikunnan mukaan ne näyttävät kehittyneen kaikki muutamasta äyriäisenkaltaisesta alkumuodosta. Monet eliöt erittävät voimakasta orgaanista happoa hajottaakseen ravintoa. Hapolta eliöitä suojaa niiden hiiliperäinen, ”orgaaniseksi muoviksi” kutsuttu panssari.



Aurorelainen hattulatvatiheikkö

Sellaisenaan syötynä Auroren eliöt ovat joko ihmisille myrkyllisiä tai sitten ne läpäisevät ruoansulatusjärjestelmän sulamatta vatsassa. Tämä johtuu siitä, että Terranovan tapaan Auroren elämä perustuu oikeanpuoleisille eli dekstroaminohapoille, jotka ovat Maassa tavattavien levoaminohappojen peilikuvia. Aurorelaisen elämän yksi mielenkiintoisimpia piirteitä on sen eliöstössä yleisesti tavattu kyky havaita ja suojautua punaisen kääpiön aurinkopurkauksilta. Näkyvän valon sijaan paikalliset elämänmuodot ovat hyvin herkkiä sekä infrapuna- että ultraviolettisäteilylle.

Aurore on kaukaisin ihmisen tutkima järjestelmä.



Aurore Eta Bootes II-C

