

eTUUBI

Toukokuu 2018

Tiedetuubin klubin kuukausijulkaisu

TIEDE  TUUBI



**"Aina kun olen
käynyt uimassa,
otan esiin eTuubin."**

Christopher Michel

Kesä ja käet

Kevät hujahti hetkessä ohi ja sitten oltiinkin jo kesässä. Toukokuu oli ennätysellisen lämmin. Ilmatieteen laitoksen mukaan mennyt kuukausi oli Suomen mittaushistorian lämpimin toukokuu, hellepäiviä oli enemmän kuin kertaakaan aiemmin toukokuussa ja suuressa osassa maata myös auringonpaistetta riitti ennätysellisen paljon. Ei ihme, että luonto heräsi kertalaakista täyteen kukoistukseensa.

Kun asuinpaikkana on Nuksio, tulee luonnossa liikuttua paljon. Metsä alkaa takapihalta ja tapanani onkin harva se viikonloppu lähteä kameran kanssa poluille ja puroille. Muutaman kilometrin päässä on Pikku Sorlampi, jolla asustaa kaakkuripariskunta.

Pari viikkoa sitten suuntasin taas tuolle pienelle suolammelle. Kaakkurit uiskentelivat ylväästi vastarannalla ja jossain kukkui käki. Kukapa ei olisi alkukesästä kuulunut käen kukuntaa, mutta huonolla tuurillani olen onnistunut näkemään röyhkeän pesänvaltaajan vain kerran elämässäni. Ja siitäkin on nelisenkymmentä vuotta.

Kaikuva kukunta tuli selvästi jostain lammen rantamilta, joten jäin kytikselle. Käen värit sulautuu sekametsään jokseenkin täydellisesti, joten lintua on vaikea nähdä, ellei se lähde lentoon. Kolmen vartin odottelun jälkeen käki nousikin siivilleen. Siinä se menee!

Matkaa oli melkoisesti, joten kameran kennolle tallentui vain pikkuruisia käenkuvia. Sitten maisemaan ilmestyi toinenkin käki ja kaksikko aloitti kilpalennon puusta toiseen. Nojailin liikkumatta männynrunkoon ja toinen linnuista erehtyi laskeutumaan puunoksalle noin 15 metrin päähän.

Kauaa käki ei siinä viihtynyt, mutta pääsi silti kuvaan. Melkeinpä voisi sanoa, että oikein poseerasi.

Hyvää kesää ja antoisia lukuhetkiä eTuubin parissa!

Markus Hotakainen



Sisällys

- 2 Pääkirjoitus
- 4 Turussa kaivetaan taas – ohikulkijatkin hommiin
- 7 Antiainetta puristettiin yhä pienempään tilaan
- 8 Valtava aalto havaittu Etelämerellä
- 10 Bakteerit syövät Titanicin hylkyä
- 12 Happea oli jo nuorena maailmankaikkeudessa
- 14 Vihreä liskonveri voi olla ratkaisu malariaan
- 16 Outoa lasersäteilyä Muurahaissumusta
- 18 Kiihkeä avaruustappelu: Musk vastaan Bezos
- 21 Pimeä aine saattaa olla osittain sähköistä
- 23 Kylässä Carl von Linnén kesämökillä
- 28 Tiedetaide: Katie Paterson – materiaalina universumi
- 30 Arkisto '13: Hiilikuituinen hissivallankumous
- 33 Klubiextra: Malesialaiskoneen etsinnässä vesiperä
- 40 Tiedetuubin klubi kivien ihmemaassa
- 44 Toimitus esittäytyy

Julkaisija: www.tiedetuubi.fi

Päätoimittaja: Markus Hotakainen

Toimitussihteeri: Jari Mäkinen

Toimittaja: Jarmo Korteniemi

Ulkoasu: Kirjavelho

Ilmestyy 12 kertaa vuodessa

Yhteystiedot: toimitus@tiedetuubi.fi

NASA





Turussa kaivetaan taas – ohikulkijatkin hommiin

Jari Nieminen



Turkulainen Aboa Vetus & Ars Nova -museo jatkaa pihamaallaan viime kesänä aloitettuja arkeologisia tutkimuksia. Kaivauksiin ja arkeologiseen tutkimukseen liittyy tänä vuonna myös vapaaehtoistoimintaa.

Arkeologiassa päivän sana on osallistuttaminen. Eri puolilla Suomea on viime vuosina tehty useita kaivauksia, joihin yleisö ja asiasta kiinnostuneet ovat päässeet mukaan hommiin. Tunnetuin näistä lienee Heureka omilla kulmillaan Vantaan

*Aboa Vetus & Ars Novan kesän 2018 kaivauksia johtava arkeologi **Jari Aalto**.*

Jokiniemessä tehty kaivaus, missä löydettiin harvinaisia savi-idoleita. Turussa piste-tään kuitenkin paremmaksi: siellä kaivetaan ihan keskellä kaupunkia.

Aboa Vetus & Ars Nova -museon pihamaalla kaivettiin jo viime kesänä, mutta tänä vuonna kaivauksiin ja arkeologiseen tutkimukseen liittyy tänä vuonna uudenlaista vapaaehtoistoimintaa: tavoitteena on kehittää yleisön kanssa tehtävää arkeologiaa



ja saada vapaaehtoisista koostuva ryhmä mukaan arkeologisen tutkimuksen koko kaareen – myös kaivausalueen ulkopuolella.

Yleisöarkeologian ytimenä on yhteisöllinen oppiminen. Kaivaus on arkeologien, museon ja yleisön yhteinen tutkimuskohde, jossa yleisö osallistuu samaan aikaan kuin tutkija.

Vapaaehtoisten on mahdollista osallistua arkeologisen kaivauksen lisäksi esimerkiksi taustatutkimukseen arkistossa, esinelöytöjen käsittelyyn kaivausten jälkitöissä ja viestintään museon verkkosivuilla ja sosiaalisessa mediassa.

Hankkeen yleisöarkeologi **Elina Mattila** koordinoi toimintaa ja kouluttaa osallistujat tehtäviin. Kaivaus on museon ja yleisön

yhteinen tutkimuskohde, jossa arkeologit ja yleisö ovat dialogissa keskenään.

Tutkimusprojektin kaikissa vaiheissa tarkastellaan sitä, mikä arkeologiassa kiinnostaa yleisöä ja millä tavoin yleisö voi ja haluaa osallistua arkeologiseen tutkimukseen ja arkeologisen kulttuuriperinnön elävänä pitämiseen. Hankkeen myötä löytyvät toimintatavat otetaan käyttöön ja yleisöarkeologiasta tulee osa museon pysyvää toimintaa. Samalla luodaan tila uudentlaiselle kansalaisvälittäjätoiminnalle arkeologian parissa.

Museo osallistuu kehittämishankkeellaan EU:n kulttuuriperintövuoteen, jonka teemana on osallisuus kulttuuriperintöön ja sen tarjoamiin voimavaroihin.

Yleisökaivaus tuo historian näkyväksi keskelle arkipäivää ja kaupunkitilaa

Aboa Vetus & Ars Novan kesän 2018 arkeologinen tutkimuskohde sijaitsee museon sisäpihalla, Itäisen Rantakadun ja Nunnankadun kulmauksessa.

Kaivausalueella on sijainnut Turun palon 1827 aikaan niin sanottu Forsteenin kivitalo, joka oli nimetty 1700-luvun alussa tontin omistaneen **Samuel Forsteenin** mukaan. Vuoden 1835 kartassa rakennusta ei näy, joten se on luultavasti tuhoutunut palossa ja purettu joitakin vuosia sen jälkeen.

Kaivausten tarkoituksena on saada rakennuksen jäänteet esille ja selvittää sen tarkempi rakentamisajankohta ja -vaiheet. Kaivaus on aiempien vuosien tapaan avoin yleisölle.

Kuka tahansa voi pistäytyä arkeologien juttusilla kaivausalueella, joka sijaitsee helposti saavutettavassa museoympäristössä. Kaivauksen etenemistä voi kesän aikana seurata myös museon verkkosivujen ja sosiaalisen median kautta. Hankkeen hastag on *#laajennetaanturkua* kaivausten nimen mukaan.

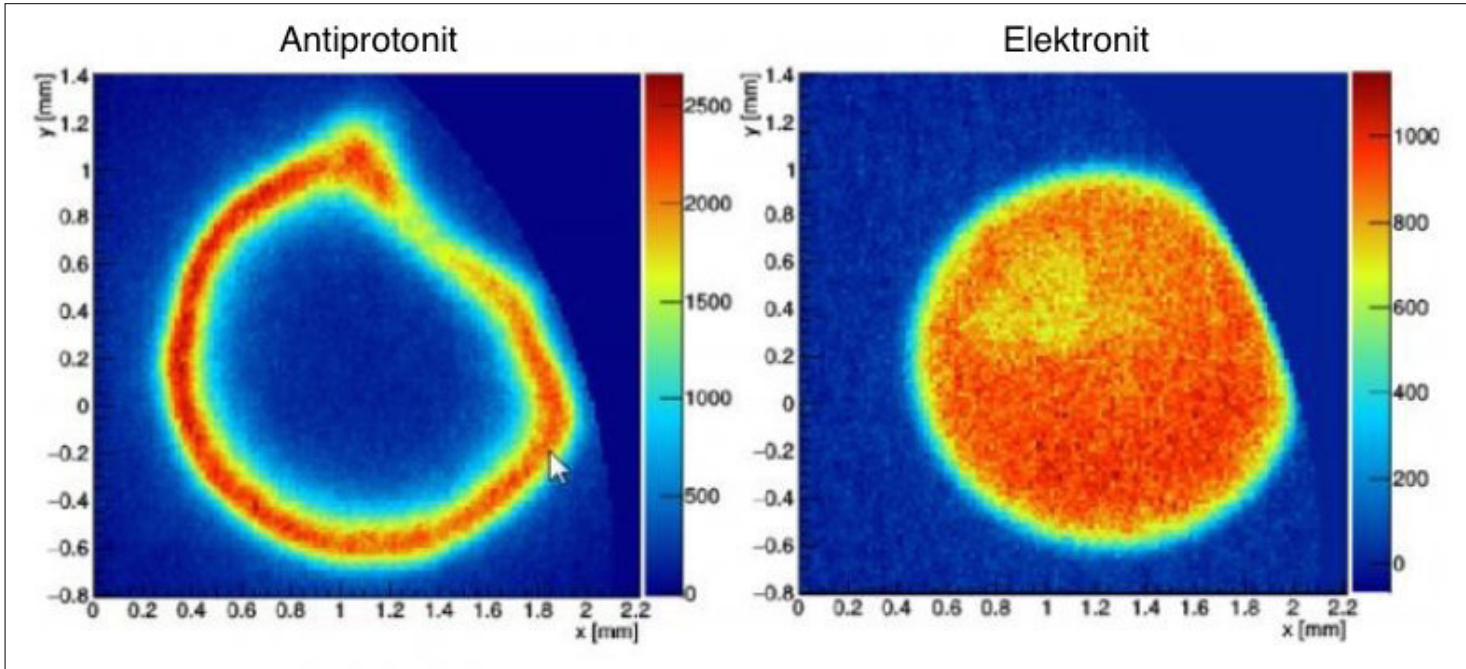
★JM

Jari Nieminen



Arkeologisia löytöjä kesän 2017 kaivauksilta.

Antiainetta puristettiin yhä pienempään tilaan



Vaikka aine ja antiaine tuhoavat kohdatessaan toisensa, ne voivat muodostaa "epäneutraalia" plasmaa, joka koostuu sekä hiukkasista että antihiukkasista. Sitä on opittu käsittelemään uudella tavalla.

Kansainvälinen tutkijaryhmä on CERNissä eli Euroopan hiukkasfysiikan tutkimuskeskuksessa onnistunut puristamaan antiprotonien ja elektronien muodostaman hiukkaspilven 0,34 millimetrin läpimittaiseksi eli kymmenesosaan alkuperäisestä.

Uudessa tekniikassa käytetään hyväksi vinosti pyörivää "plasmalinkoa", jossa keskihakuvoima saa aikaan tarvittavan

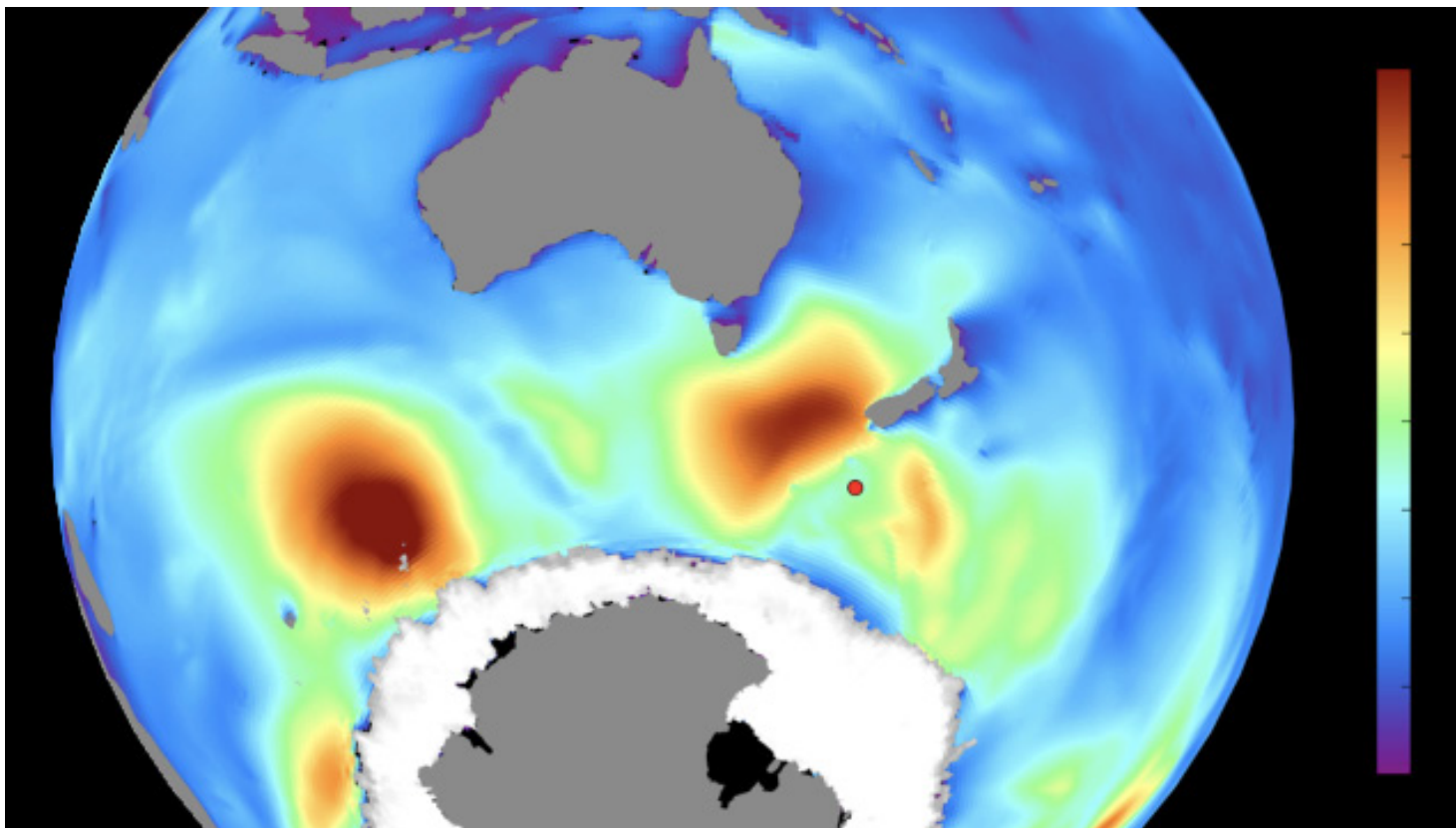
puristusvoiman. Magneettisen loukun sähkökenttiä muutetaan siten, että hiukkaspilven pyörimisnopeus kasvaa kasvamisestaan.

Prosessin alkuvaiheessa loukussa olevien antiprotonien määrä on alle 0,1 prosenttia elektronien määrästä, mutta pyörimisnopeuden kasvaessa elektronien määrää vähennetään, jolloin hiukkaspilvi saadaan ahdettua pienempään tilaan.

Tavoitteena ei ole pelkkä ennätysten rikominen, vaan antiaineen ominaisuuksien tarkempi tutkimus. Tutkijat pyrkivät mittaamaan ensimmäistä kertaa suoraan gravitaation vaikutuksen antiaineeseen. Antivedyn putoamiskiihtyvyys Maan vetovoimakentässä on tarkoitus määrittää yhden prosentin tarkkuudella. ★MH



Valtava aalto havaittu Etelämerellä



Toukokuun 8. päivänä Uuden-Seelannin ilmatieteen laitoksen asentama yksinäinen mittauspoiju Etelämerellä sai todella kyytiä: siihen iski 23,8 metriä korkea aalto.

Merenkävijät kertovat aina tarinoita yksittäisistä, valtavista aalloista ja sellaisia on saatu muutamia jopa kuvattuakin.

Mutta näin suurta aaltoa ei ole toistaiseksi tullut eteen eteläisellä pallonpuoliskolla. Tiistaina 8. toukokuuta Etelämerellä noin 600 kilometriä Uudesta-Seelannista etelään

keskellä aavaa valtamerta oleva mittauspoiju rekisteröi suurimman koskaan mitatun aallonkorkeuden. 23,8 metriä on seitsenkerroksisen talon korkeus. Jos sellainen olisi iskenyt laivaan, niin se olisi ollut pulassa.

Kaikkein suurimmat aallot on kuitenkin mitattu Pohjois-Atlantilla. Brittien merentutkimusalus rekisteröi helmikuussa 2000 Skotlannin länsipuolella useita 18,5 metriä korkeita aaltoja ja yksittäisiä, joiden korkeus oli jopa 29,1 metriä.

Todennäköisesti suuria aaltoja on enemmänkin ja ehkä suurempiakin, mutta niistä on vaikea saada tietoa. Mittauspoijuja on varsin harvassa ja valtameret ovat suuria.

Pientä vinkkiä asiasta on saatu satelliittihavaintojen avulla. Vuonna 2004 tutkijat kävivät läpi Envisat-satelliitin kolmen viikon aikana ottamia tutkakuvia maailman meriltä ja löysivät kymmenen yli 25-metristä aaltoa.

Nyt jättiaallon Etelämerellä havainnut poiju oli varsin uusi, sillä se asennettiin paikalleen vasta viime maaliskuussa.

Poiju mittaa vain 20 minuuttia kolmen tunnin välein, joten suuria aaltoja oli todennäköisesti tuolloin enemmänkin. Kenties jopa suurempiakin.

Alkuviikosta alueella oli hyvin voimakas, nopeasti kehittyvä matalapaine, joka puskee liikkuessaan meren pinnalla samaan suuntaan kulkevia aaltoja ikään kuin mukanaan. Matalapaine lisää niiden vauhtia ja voimaa, jolloin ne saattavat kehittyä näinkin suuriksi.

Aallot jatkavat eteenpäin meren pinnalla, vaikka matalapaine heikkeneekin. Toden-

näköisesti tämäkin ennätysaalto rantautuu Pohjois-Amerikkaan vain viikon päästä.

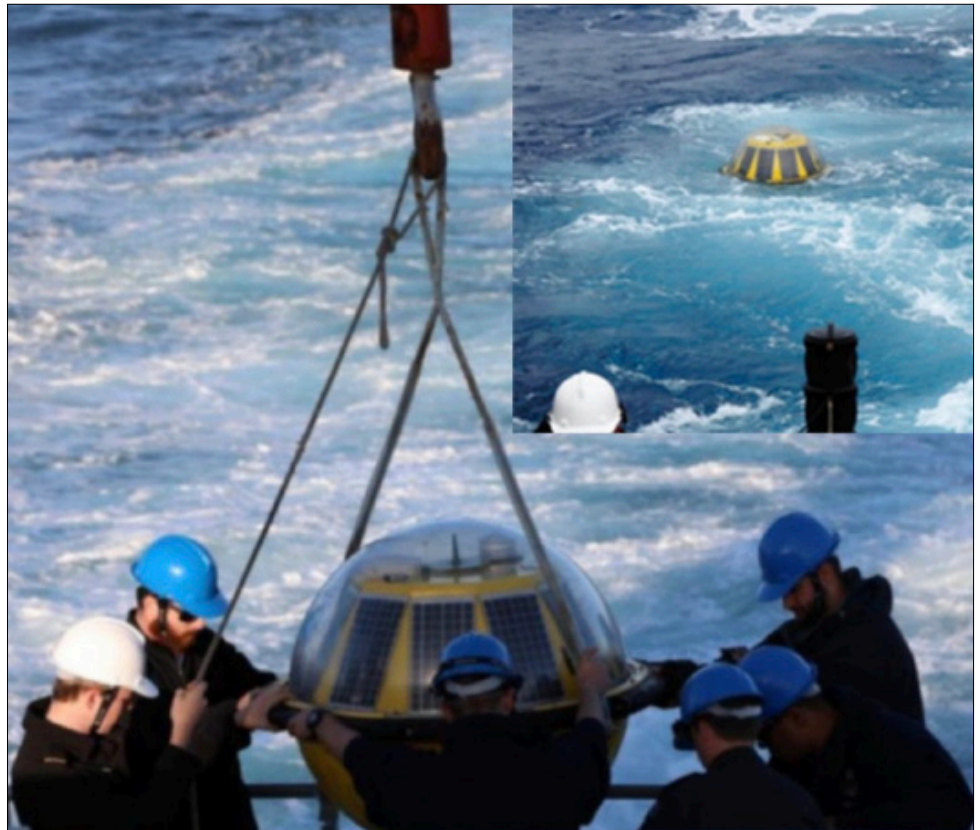
Edellinen eteläisen pallonpuoliskon rekisteröity aallonkorkeusennätys on vuodelta 2012, jolloin australialainen poiju Tasmanian eteläpuolella kirjasi luvun 22,03 metriä.

Epävirallisesti suurin tiedossa oleva aalto havaittiin vuonna 1826, kun ranskalainen tutkimusmatkailija **Jules Dumont d'Urville** kertoo havainneensa 33 metriä korkeita aaltoja Intian valtamerellä. Häntä arvosteltiin jälkikäteen, sillä kukaan ei uskonut niin suuria aaltoja olevan olemassa – jopa tunnettu tutkija **François Arago** laski, että aalto ei voi olla suurempi kuin 9,1 metriä.

No, hän oli väärässä ja voi olla, että Dumont d'Urville oli oikeassa; jättiaaltoja on olemassa ja kunhan tämä uusiseelantilais-poijukin pääsee tekemään mittauksiaan pitemmän aikaa, voidaan sielläkin havaita yli 30-metrisiä jättiläisiä. ★JM

MetOceanNZ

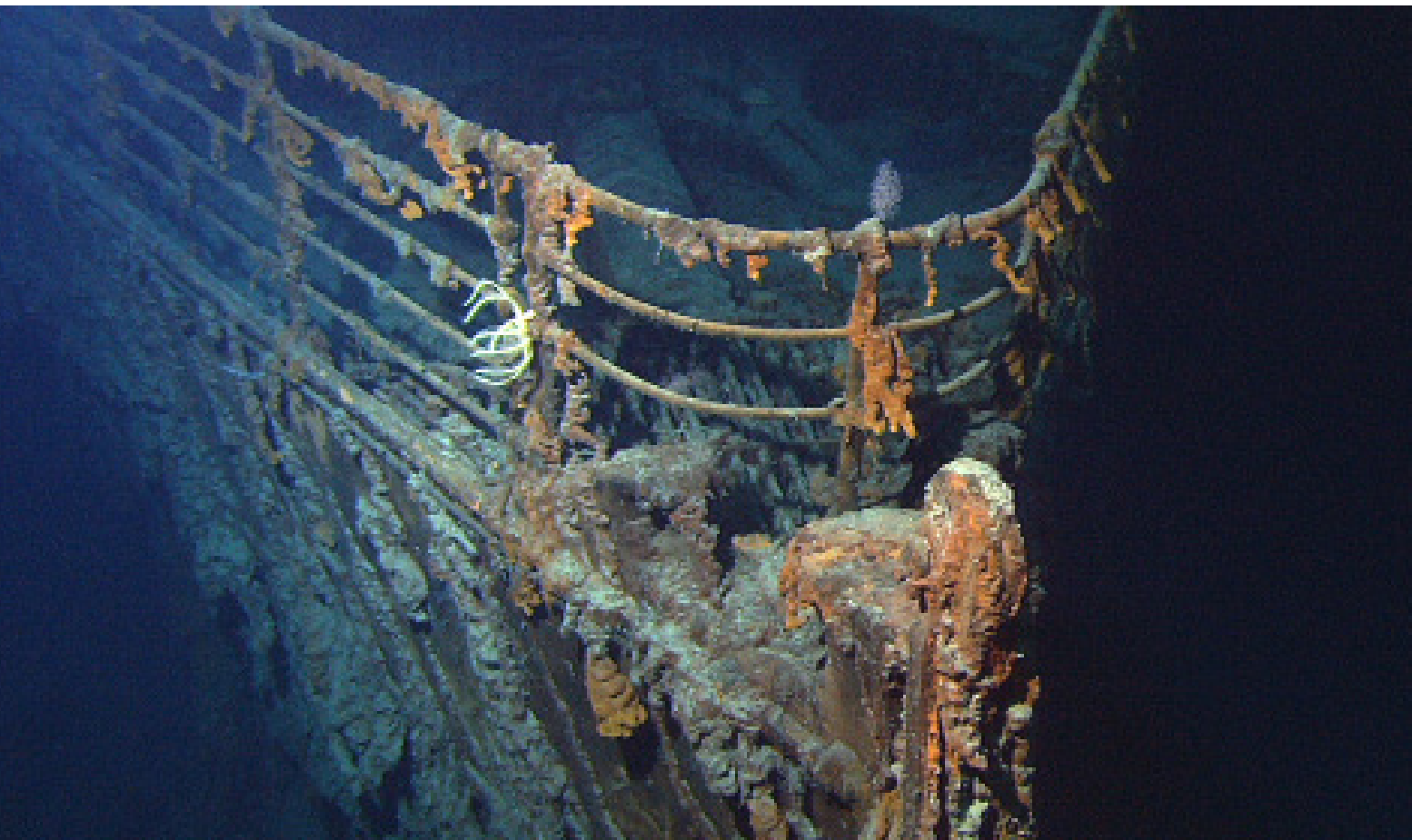
Mittauksen tehnyttä poijuja lasketaan mereen Campbell-saaren lähistöllä 2. maaliskuuta 2018. Poiju toimii aurinkosähköllä ja sen paneelit ovat läpinäkyvän kuvun alla suojassa meren kuohuilta. Tietonsa se lähettää eteenpäin satelliittipuhelinyhteyden avulla ikään kuin tekstiviestinä.





Bakteerit syövät Titanicin hylkyä

NOAA (Titanic Expedition 2004)



BBC Earth kertoo kiinnostavassa artikkelissaan metallia syöivistä bakteereista, jotka pistävät juuri nyt myös eeppi-sen Titanicin hylkyä pieniin poskiinsa. Kenties jo 20 vuoden kuluttua hylky on tuhoutunut.*

Titanic lepää Atlantin valtameren pohjassa noin 3 800 metrin syvyydessä. Siellä, pimeydessä ja suuressa vedenpaineessa, kaikki tapahtuu hitaasti. Myös ruostuminen.

Niinpä vuonna 1912 uponneesta Titanicista on vielä paljon jäljellä, kuten sille tehty sukellukset osoittavat.

Ruostetta ikävämpi tuhoaja on kuitenkin vuonna 1991 löydetty kummallinen metallinsyöjäbakteeri.

Tutkijat kanadalaisesta Halifaxissa sijaitsevasta Dalhousien yliopistosta toivat laboratorioon laivasta jääpuikolta näyttävän kokkareen. Yllättäen siinä oli elämää, mutta tutkijat eivät osanneet tunnistaa sitä täysin.

Pikakelaus liki 20 vuotta eteenpäin: saman yliopiston tutkija **Henrietta Mann**

ryhmineen määritti vuonna 2010 syyllisenä olevan bakteerin. Se oli aivan uudentyyppinen, oimtuinen syvänmeren bakteeri, joten ei ollut sinänsä yllättävää, ettei sitä osattu aikoinaan tunnistaa.

Mannin tutkimusryhmä antoi sille löytöpaikkaa kunnioittaen nimen *Halomonas titanicae*.

Halomonas-bakteerit viihtyvät mainios-
ti muun muassa hyvin suolaisissa ympäristöissä. Tutkijoiden mukaan *Halomonas titanicae* selviää vedessä, jonka suolapitoisuus on 0,5–25 posenttia, mutta potreimmin se voi silloin, kun suolapitoisuus on 2–8 prosenttia.

Bakteerit kiinnittyvät laivan rautaosiin ja muodostavat niihin juuri jääpuikon kaltaisia muodostelmia. Syynä muotoon on pai-

novoima, joka valuttaa bakteereja hitaasti alaspäin samaan tapaan kuin vesipisarot valuvat alaspäin ja jäätyvät puikon pintaan. Meren pohjassa kaikki vain käy paljon hitaammin.

Titanicin hylyn ympäristön suolapitoisuutta ei tunneta hyvin, joten arvio ajasta, mikä kuluu koko 47 000 -tonnisen laivan murentamiseen, on varsin epävarma. Se saattaa olla vain 14 vuotta tai yli 30 vuotta.

Joka tapauksessa bakteerit käyttävät hyllyn rautaa hyväkseen, joten vähitellen rautta siirtyy bakteerien elintoimintojen myötä meriveteen. Laiva tulee siis taatusti kierrätetyksi.

★JM

* Varmuuden vuoksi todettakoon, että bakteereilla ei ole poskia. Ilmaisuu on kuvainnollinen.

Cobh Heritage Center



Titanic kuvattuna Corkissa 11. huhtikuuta 1912.



Happea oli jo nuoressa maailmankaikkeudessa

ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/NASA/ESA Hubble Space Telescope/
W. Zheng (JHU)/M. Postman (STScI)/the CLASH Team/Hashimoto et al.



Happi on tuntemamme elämän kannalta keskeinen alkuaine. Se on syntynyt tähtien sisuksissa jylläävässä fuusioreaktioissa – uuden tutkimuksen mukaan jo maailmankaikkeuden vauvaiästä alkaen.

Vetyä, heliumia ja litiumia lukuun ottamatta kaikki universumin alkuaineet – myös elämän kannalta keskeiset hiili,

happi ja typpi – ovat tulosta tähtien ydinfuusiosta. Ikääntyvien tähtien räjähtäessä alkuaineet leviävät avaruuteen ja niiden määrä kasvaa tähtisukupolvesta toiseen.

ALMA-teleskoopilla (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) tehtyjen havaintojen perusteella happea on esiintynyt maailmankaikkeudessa jo 13,28 miljardia vuotta sitten eli vain 500 miljoonaa vuotta alkuräjähdyksen jälkeen. Universumin ikä oli tuolloin ainoastaan neljä prosenttia nykyisestä.

Jotta nuoreen galaksiin, joka tunnetaan luettelotunnuksella MACS1149-JD1, olisi ennättänyt kertyä havaittava määrä happea, sen tähtien on täytynyt syttyä loistamaan jo paljon aikaisemmin, vain 250 miljoonan vuoden ikäisessä maailmankaikkeudessa.

“Oli jännittävää nähdä kaikkein kaukaisimman hapen signaali”, kertoo tutkimusta johtanut **Takuya Hashimoto** Osaka Sangyo-yliopistosta.

“Äärimmäisen kaukainen ja äärimmäisen nuori galaksi osoittaa hämmästyttävää kemiallista kypsyyttä”, ihmettelee puolestaan **Wei Zheng**, jonka johdolla määritettiin galaksin etäisyys Hubble-avaruusteleskoopin avulla.

Supernovaräjähdyksen seurauksena tähtienväliseen avaruuteen levinnyt happi kuumeni ja ionisoitui massiivisten tähtien voimakkaassa säteilyssä, ja alkoi hohtaa infrapunasäteilyn aallonpituuksilla.

Yli 13 miljardissa vuodessa maailmankaikkeuden laajeneminen on venyttänyt hapen lähettämän säteilyn aallonpituutta niin paljon, että nykyisin se on havaittavissa ALMA-teleskoopin rekisteröimällä millimetrialueella.

Itse asiassa hapen ja sitä sisältävän nuoren galaksin etäisyys määritettiin nimenomaan aallonpituudessa tapahtuneen muutoksen perusteella. Havainto varmistettiin Euroopan eteläisen observatorion VLT-teleskoopilla ja lisätietoa galaksista saatiin infrapuna-alueella toimivalla Spitzer-avaruusteleskoopilla.

Sen lisäksi, että happea ei ole aiemmin havaittu näin etäältä, MACS1149-JD1 on myös kaukaisin galaksi, jonka etäisyys on onnistuttu määrittämään tarkasti.

Tutkijat arvelevat, että galaksin tähdet syntyivät 250 miljoonaa vuotta alkuräjähdyksen jälkeen. Niiden voimakas säteily ja tähtituuli puhalsivat ylijääneen kaasun galaksista ulos, jolloin uusia tähtiä ei syntynyt pitkiin aikoihin.

Vasta noin 250 miljoonaa vuotta myöhemmin galaksiin oli kertynyt riittävästi kaasua uutta tähtisukupolvea varten. Uusien tähtien säteily puolestaan ionisoi edellisen sukupolven tuottaman hapen.

“Nyt tehdyn löydön ansiosta olemme päässeet tarkastelemaan tähtien kehityshistorian varhaisinta vaihetta”, Hashimoto toteaa.

★MH

NRAO/AUI/NSF/S. Dagnello



Taiteilijan näkemys nuoresta galaksista.

Vihreä liskonveri voi olla ratkaisu malariaan

Chris Austin, LSU



Australian pohjoispuolella on Uusi-Guinea, vaikeakulkuinen pääosin viidakon peittämä saari, missä on monenlaisia omituisia kasveja ja eläimiä. Eräs niistä on Prasino-haema prehensicauda, lisko, jolla on vihreää, myrkyllistä verta. Nyt siitä ollaan kehittämässä lääkettä ihmisille.

Yleensä ajattelemme, että veri on aina punaista. Näin onkin, paitsi jos olet lisko.

Prasino-haema-lajiin kuuluvien kaivajaliskojen eli skinkkien veri on paitsi vihreää, myös myrkyllistä. Vihreyden vereen tuova

pigmentti nimeltään biliverdiini on varsin voimakas myrkky. Vaikka liskoilla on sitä veressään 40 kertaa enemmän kuin ihmiselle olisi tappavaa, voivat liskot oikein hyvin.

Louisianan osavaltion yliopiston (LSU) tutkijaryhmä on analysoinut verinäytteitä 27 vihreäverisestä liskosta ja 92 niiden kanssa läheistä sukua olevasta, mutta punaverisestä liskosta. Nyt ryhmä koettaa kehittää sen avulla lääkettä malariaan ja muihin vastaaviin loistauteihin.

“Paitsi että näillä liskoilla on suurin biliverdiinipitoisuus kaikkiiin muihin eläimiin verrattuna, ovat ne kehittäneet jännittävän

vastustuskyvyn verensä myrkyllisyydelle”, selittää tutkijatohtori **Zachary Rodriguez** LSU:n yliopiston tiedotteessa.

”Jos voisimme ymmärtää, mikä tekee liskot vastustuskykyisiksi keltatautia vastaan, voisimme kenties kehittää välineitä moniin ihmisillään oleviin terveysongelmiin.”

Rodriguez, ryhmää johtava professori **Chris Austin** ja muut ryhmän jäsenet ovatkin jäljittäneet vihreän veren kehityshistoriaa ja siksi he ovat tutkineet kaikkiaan 51 erilaista liskolajia Uudessa-Guineassa. Kuusi kaivajaliskoista oli vihreäverisiä ja näistä kaksi on ollut tuntemattomia aikaisemmin.

Heidän mukaansa vihreäverisissä kaivajaliskoissa on selvästi neljä erilaista kehityslinjaa, ja samankaltaisia kehityslinjoja on havaittavissa niiden punaverisissä sukulaisissa.

Tutkimuksen mukaan vihreä veri kehittyi itsenäisesti eri liskolajeille eli se näyttää olevan sopeutumisen tulosta.

Aikaisemmin on tiedetty, että normaalia suurempi pigmentin määrä veressä on yleensä ollut eläimille hyödyksi; se toimii kuin antioksidantti, joka auttaa suojaamaan useita sairauksia vastaan.

Vihreän veren pigmenttien toiminta on sen sijaan ollut arvoitus, mutta nyt tiedetään esimerkiksi se, että biliverdiini-pigmentin kanssa läheinen bilirubiini on malariaoisille myrkyllistä.

Tutkimusryhmän jäsen, Amerikan luonnonhistoriallisen museon professori **Susan Perkins** toteaaakin, että vihreä veri saattaa olla avuksi, kun kehitetään lääkkeitä esimerkiksi malariaa vastaan.

★JM

Markus Hotakainen



Outoa lasersäteilyä Muurahaissumusta

NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/AURA)



*Muurahaissumu on tähden kuolinkou-
ristuksissa avaruuteen puhaltunut kaa-
supilvi. Uusien havaintojen mukaan
tähtiruumiin rinnalla piileksii toinen
tähti – alieneita ei löytynyt tälläkään
kertaa.*

Muurahaissumu eli Menzel 3 on ete-
läisellä taivaalla Kulmaviivoittimen
tähdistön suunnassa noin 8 000 va-

lovuoden etäisyydellä sijaitseva planetaa-
rinen sumu. Se on syntynyt Auringon ko-
koluokkaa olevan tähden puhaltaessa
uloimmat kerroksensa avaruuteen, jolloin
jäljelle on jäänyt suunnilleen maapallon ko-
koinen valkoinen kääpiö.

Euroopan avaruusjärjestön Herschel-ava-
ruustelekoopilla tehtyjen infrapunahavain-
tojen perusteella Muurahaissumusta tulee
lasersäteilyä. Vastaavanlaisia kohteita tun-
netaan vain muutama, sillä avaruudessa la-

säteilyn synty edellyttää aivan tietynlaisia olosuhteita.

Mielenkiintoinen yhteensattuma on, että Muurahaissumun 1920-luvulla löytänyt ja luetteloinut **Donald Menzel** esitti aikoinaan, että tällaisissa kaasupilvissä voi esiintyä valon vahvistusta säteilyn stimuloidun emission avulla – eli lasersäteilyä. Silloin laseria ei ollut vielä saatu toimimaan laboratoriossa.

“Havaitsimme hyvin harvinaista laseremissiota, jonka selittyy vedyn rekombinaatiolla”, kertoo tutkimusta johtanut **Isabel Aleman**.

Tällaista lasersäteilyä voi syntyä ainoastaan olosuhteissa, joissa tähden lähellä on hyvin tiheää kaasua. Havaintojen ja las kennallisten mallien vertailu osoittaa, että tiheyden on oltava noin 10 000 kertaa suurempi kuin yleensä planetaarisissa sumuissa ja myös Muurahaissumun ulommis sa osissa.

Yleensä planetaarisen sumun keskellä olevan kuolleen tähden ympäristö on tyhjää täynnä. Ulospäin puhaltunut kaasu on karannut avaruuteen ja jos jotain on jäänyt jäljelle, valkoinen kääpiö on vetänyt sen gravitaatiollaan puoleensa.

“Ainoa mahdollisuus näin tiheään kaasun esiintymiselle lähellä tähteä on sitä ympäröivä kiekko. Olemmekin havainneet sumun keskellä tiheän kiekon, joka näkyy sen tason suunnasta. Asento selittää osaltaan laser-signaalin voimakkuuden Maasta katsottuna”, sanoo tutkimukseen osallistunut **Albert Zijlstra**.

“Kiekon olemassaolosta voidaan päätellä, että valkoisella kääpiöllä on tähtikumppani, sillä kaasun päätymistä sitä kiertävään kiekkoon on vaikea selittää ilman seuralaisen vaikutusta. Lasersäteilyn ansiosta voimme tarkastella ainutkertaisella tavalla planetaarisen sumun keskellä olevaa kuollutta tähteä ympäröivää kiekkoa.” ★MH

Tiedetuubin tiedekiinnostavuuskartta

Oletko lähdössä lomalle?
Tiedetuubissa on yli sadan tieteellishenkisen vierailukohteen esittelyt ympäri maailman.
Katso, onko kohteessasi jotain kiinnostavaa!
www.tiedetuubi.fi/kartta

Kuvassa Pariisin luonnonhistoriallinen museo



Kiihkeä avaruustappelu: Musk vastaan Bezos

OnInnovation / flickr/Geri Druckman



*Tästä tulee jännää: **Jeff Bezos** vastaan **Elon Musk**. Onko tässä uuden avaruuskilpailun taistelupari?*

SpaceX -yhtiön perustaja Elon Musk on paistatellut viime vuodet otsikoissa. Mitä tahansa hän tekeekin (ja twiittaakin) SpaceX:n tulevaisuudensuunnitelmista, Tesla-sähköautoista, Hyperloopista, tunneleista, liekinheittämistä tai lehdistön laatua tarkkailevasta Pravda-palvelusta, se nousee heti puheisiin ja meemeiksi netissä.

Eikä ihme, sillä hän paitsi puhuu, niin myös tekee: käytännössä kaikki, mitä hän on vihjaillut aluksi, on muuttunut lopulta todeksi – tosin aikataulu on yleensä ollut varsin joustava.

Hänen vanavedessään on nyt tulossa Amazon-nettikaupan perustanut Jeff Bezos. Bezos on perustanut Blue Origin -nimisen avaruusyhtiön, joka on kehittänyt uudelleenkäytettävän New Shepard -raketin ja sen nokassa pomppauslentoja varten kapselin avaruusturistilentoja varten.

Hänen yhtiönsä on kehittämässä myös New Glenn -nimistä kiertoradalle saakka

kurottavaa rakettia, josta on tulossa jokuinkin yhtä iso ja voimakas kuin SpaceX:n tekeillä olevasta Big Falcon Rocket -raketista.

Siinä missä SpaceX on rakentamassa uusille raketeilleen tehdasta Kaliforniaan, on Bezosin rakettitehdas harjakorkeudessaan Cape Canaveralissa Floridassa.

Ei ole vaikea arvata, että näiden kahden yhtiön välille on kehittymässä lähiaikojen jännittävin taistelu – uuden ajan avaruuskilpailu, sillä uudet markkinat avaruudessa ovat valtavan suuret ja ensimmäisenä ehtivä kerää suuren potin.

Kuinka suuria raketit ovat? Kuvassa yllinä on nyt lentävä SpaceX:n Falcon 9 ja sen alapuolella New Glennin kaksi versiota, kaksivaiheinen ja kolmivaiheinen. Suurempi raketeista on 99 metrin pituinen (tai korkeinen).

Niiden alapuolella on Nasan tekeillä oleva Space Launch System, joka on kertakäyttöinen ja perustuu avaruussukkulan sekä ammoisten Apollo-lentojen tekniikkaan.

Alimpana on SpaceX:n Big Falcon Rocket. Siinä missä New Glenn voi nostaa matalalle

kiertoradalle 45 tonnia, kykenee BFR laukaamaan 150 tonnia.

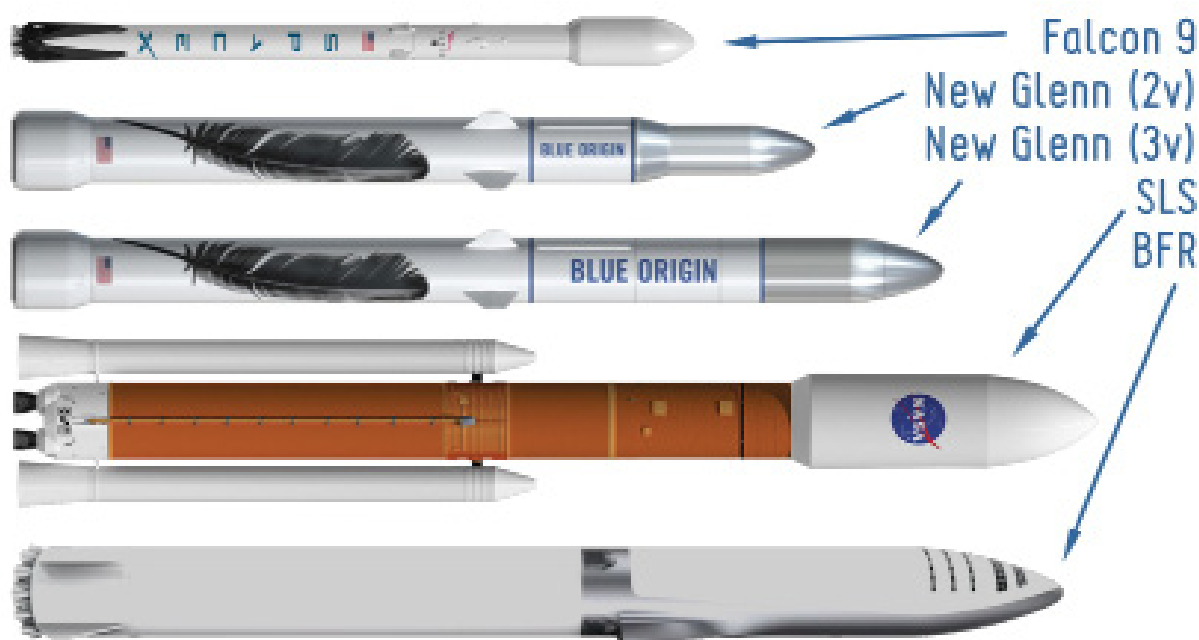
Kumpikin yhtiö on tiedotuspolitiikassaan varsin samanlainen: tulevista tekemisistä ei paljoa puhuta. Samalla kummallakin on takanaan jo vakuuttava historia, joskin Blue Origin on ollut tähän mennessä altavastajana kahdessa olennaisessa asiassa.

Ensinnäkin New Shepard -raketti on varsin pieni. Se soveltuu ainoastaan suborbitaalilentoihin eli vain sinkoamaan kapselinsa noin sadan kilometrin korkeuteen.

Raketin ja ihmisten kuljettamiseen soveltuvan kapselin tekemisessä on ollut pieniä vastoinkäymisiä, mutta jos uutta tehdessä sellaisia ei olisi, olisi tilanne oikeastaan huolestuttava. Nyt kaikki näyttää hyvältä ja Blue Origin saattaa ennättää aloittamaan kaupalliset avaruusturistilennot ennen Virgin Galacticia jo tänä vuonna.

Toiseksi yhtiö ei ole lentänyt vielä kertaakaan avaruuteen. Sen suuri New Glenn -raketti on vain puhetta, vaikkakin New Shepard antaa hyvän pohjan puheille. Jos pieni raketti toimii, niin miksi suurempi ei toimisi?

Wikipedia/Tiedetuubi



Raketin koelentoa suunnitellaan vuodeksi 2020 ja jo seitsemän sen laukaisua on myyty.

SpaceX ei ole kertonut paljoakaan Big Falcon Rocketistaan, mutta Elon Musk on kuvaillut sitä monissa eri yhteyksissä. Hän kaavailee raketistaan laitetta, jolla voidaan perustaa siirtokunta Marsiin ja joka mullistaisi paitsi liikenteen avaruuteen, niin myös mannertenvälisen lentämisen paikasta toiseen maapallolla.

Musk kertoi Mars-suunnitelmastaan ja BFR-raketista ensimmäisen kerran Kansainvälisen astronauttisen unionin IAF:n kokouksessa vuonna 2016 ja täsmensi sitä uudelleen viime vuonna. Vuoden aikana raketti oli hieman muuttunut, mutta periaate oli pysynyt hyvin samana. Kyseessä on kokonaan uudelleenkäytettävä raketti, jonka ensimmäinen vaihe laskeutuu nykyisten Falcon 9 -rakettien tapaan alas. Toinen vaihe on itse asiassa avaruuslentokone, joka pystyy laskeutumaan rakettimoottoriensa avulla pystysuoraan alas lentonsa jälkeen.

Avaruusalus voisi lentää myös muille taivaankappaleille, ja koska se ei tarvitse ilmaa kehää lentääkseen, pystyy se laskeutumaan myös Kuuhun tai Marsiin.

Tänä vuonna IAF:n kokous pidetään syyskuun lopussa Bremenissä, Saksassa, ja tällä kerralla sen pääpuhujaksi on pyydetty Muskin sijaan Bezosia.

Hieman vinkkiä tulevasta saatiin kuitenkin toukokuun lopulla Sydneyssä olleessa satelliittifoorumissa, missä Blue Originin kaupallinen johtaja **Ted McFarland** kertoi – osin varmasti paikallista yleisöä miellyttääkseen – Australian olevan olennaisessa osassa yhtiönsä suunnitelmissa.

Blue Origin on ottanut yhteyttä vastaperustettuun Australian avaruushallintoon, koska “Australiassa on paljon kykyjä” ja “paljon tilaa”.

Etenkin jälkimmäinen saattaa viitata siihen, että Australiassa tehtiin 1960- ja 70-luvuilla rakettikokeita Woomeran suurella koealueella, joka sopi siihen oikein mainiosti. Kyseessä on edelleen maailman suurin koealue, ja sitä on koetettu markkinoida myös kaupallisten avaruusyhtiöiden käyttöön useita kertoja. Kenties Blue Origin tulee aikanaan laukaisemaan rakettejaan sieltä.

Bezos kertoi Los Angelesissa pidetyssä avaruuskokouksessa (Space Development Conference) tähtäävänsä alkuvaiheessa ennen kaikkea Kuuhun. Hänen mukaansa Blue Origin olisi mielellään yhteistyössä NASAn tai ESAn kanssa, mutta on valmis aloittamaan lennot Kuuhun myös yksinään. Yhtiö ja Bezos ovat jo aikaisemmin ehdottaneet kuulaskeutujan tekemistä ja nyt Bezos heittelee jo ajatusta kuuasemasta sekä teollisesta toiminnasta Kuussa.

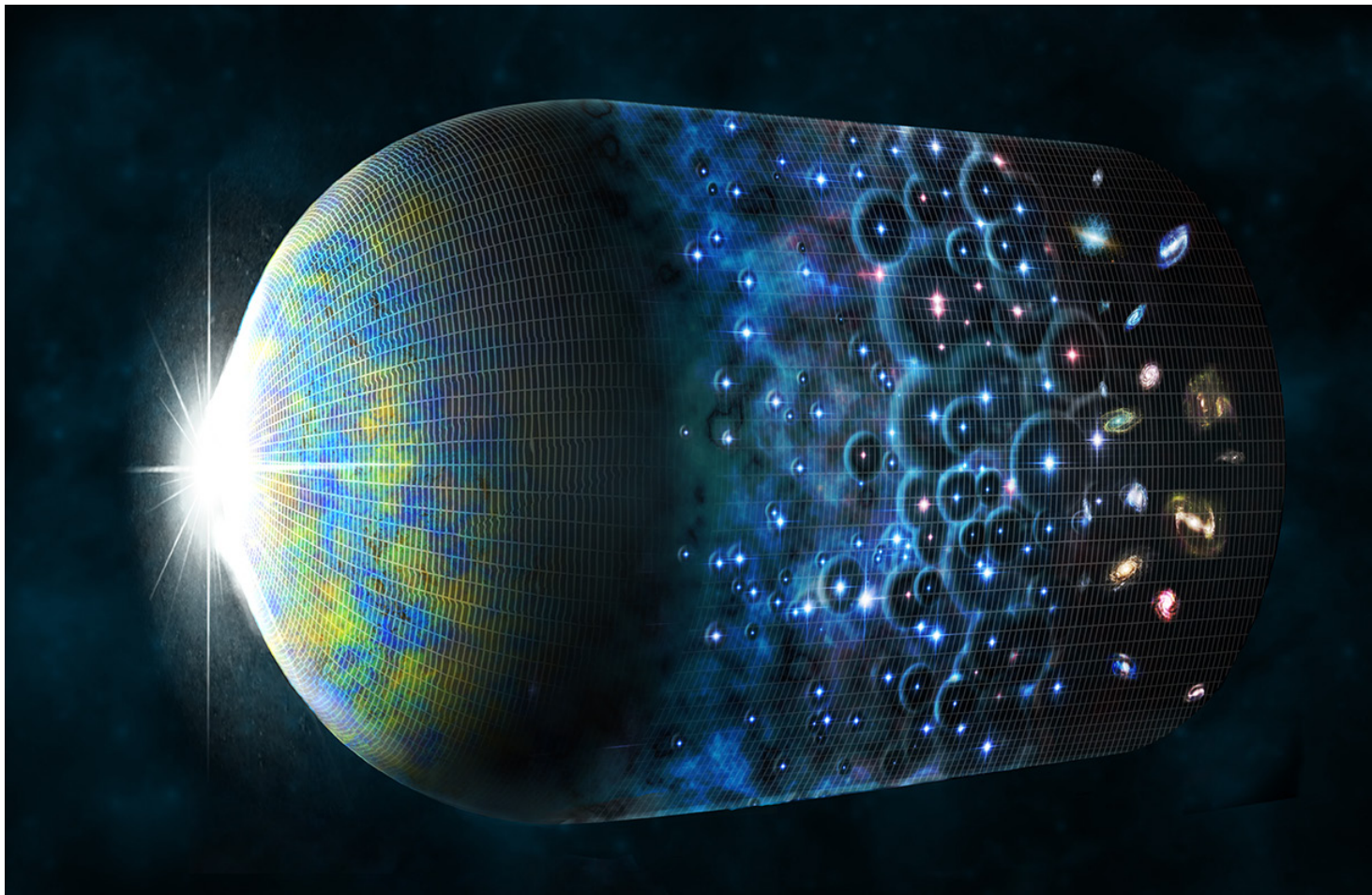
★JM



TIEDE & TUUBI

Pimeä aine saattaa olla osittain sähköistä

CfA/M. Weiss



Suurin osa maailmankaikkeuden materiaasta on pimeää ainetta, jonka olemuksesta on vain arvailuja. Uuden mallin mukaan osalla sen hiukkasista saattaa olla heikko sähkövaraus.

Julian Munoz Harvardin yliopistosta ja **Avi Loeb** Harvard-Smithsonianin astrofysiikan keskukselta ovat pohtineet mahdollisuutta, että osa pimeän aineen hiukkasista voisi vuorovaikuttaa tavallisen

aineen kanssa sähkömagneettisen voiman välityksellä.

Helmikuussa EDGES-projektissa (Experiment to Detect the Global EoR [Epoch of Reionization] Signature) havaittiin universumin ensimmäisen sukupolven tähdistä signaaleja, jotka viittaavat pimeän aineen ja tavallisen aineen vuorovaikutukseen.

Likikään kaikkia tutkijoita havainnot eivät ole vakuuttaneet, mutta Munoz ja Loeb lähtivät etsimään teoreettista selitystä mahdolliselle vuorovaikutukselle.

“Tutkimuksemme perusteella pystymme muodostamaan kuvan perusfysiikasta tulokittiinpa EDGES-projektin tulokset miten tahansa”, Loeb arvioi. “Pimeän aineen luonne on yksi tieteen suurimmista mysteereistä, joten meidän täytyy käyttää hyväksi kaikki mahdollinen uusi tieto sen selvittämiseksi.”

Vallitsevan käsityksen mukaan ensimmäisten tähtien ultraviolettisäteily vuorovaikutti tähtienvälisen kylmän vetykaasun atomien kanssa, minkä ansiosta ne pystyivät absorboimaan kosmista mikroaalto-taustasäteilyä.

Alle 200 miljoonaa vuotta alkuräjähdyksen jälkeen tapahtuneen absorptioon olisi pitänyt heikentää taustasäteilyn voimakkuutta. EDGES-projektin tutkijoiden mukaan he ovat havainneet teorian mukaisen heikkenemisen, mutta vetykaasun lämpötila näyttäisi olleen ainoastaan puolet oletetusta.

“Jos EDGES-projektissa on havaittu vetykaasun olleen tuolloin oletettua kylmempää, mikä voisi selittää sen? Yksi mahdollisuus on, että vety on jäähtynyt pimeän aineen vaikutuksesta”, Munoz pohtii.

Taustasäteilyn absorptioon aikoihin tavallisen aineen vapaat elektronit ja protonit liikkuvat alhaisimmalla mahdollisella nopeudella, mutta myöhemmin ensimmäisten mustien aukkojen röntgensäteily kiihdytti niiden liikettä. Varattujen hiukkasten sironta on voimakkainta alhaisilla nopeuksilla, joten tavallisen aineen ja pimeän ai-

neen – mikäli osalla sen hiukkasista on sähkövaraus – vuorovaikutus olisi silloin ollut suurimmillaan.

Se olisi saanut vetykaasun jäähtymään, koska pimeä aine on kylmää. Se selittäisi EDGES-projektin havainnot.

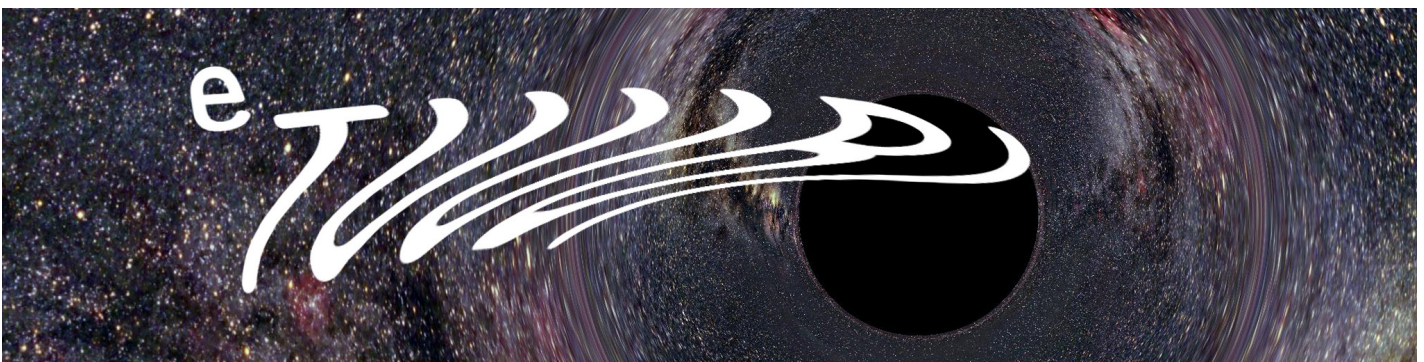
“On mahdollista, että pimeän aineen hiukkasilla on pikkuruinen sähkövaraus – noin miljoonasosa elektronin varauksesta – joka saa aikaan kosmisen aamunkoiton ajoilta saapuvan signaalin. Niin pieniä varauksia on mahdoton havaita suoraan edes tehokkaimmilla hiukkaskiihdyttimillä”, Loeb sanoo.

Pienikin määrä heikosti varattuja pimeän aineen hiukkasia selittäisi EDGES-projektin havainnot ja toisaalta se ei vielä aiheuttaisi ristiriitaa muiden havaintojen kanssa. Jos suuri osa pimeän aineen hiukkasista olisi varattuja, ne eivät olisi päässeet Linnunradan kiekon tasoon, missä havaintojen perusteella on suuret määrät pimeää ainetta.

Kosmisesta taustasäteilystä tehtyjen havaintojen perusteella tiedetään, että protonit ja elektronit muodostivat varhaisessa maailmankaikkeudessa atomeja. Vain pieni osa varatuista hiukkasista jäi vapaaksi.

Munozin ja Loebin mukaan on mahdollista, että pimeä aine käyttäytyi samalla tavalla. EDGES-projekti ja muut vastaavat tutkimushankkeet saattavat olla ainoa keino tehdä havaintoja sähköisesti varatuista hiukkasista, sillä suurin osa pimeästä aineesta on varauksetonta.

★MH





Julkaistu 6.6.2017

Kylässä Carl von Linnén kesämökillä

Jari Mäkinen



*Hurraa! Tiedetuubin juttusarja tieteellisesti kiinnostavista (turisti)kohteista jatkuu. Tässä kesäkauden ensimmäisessä jutussa kohteina ovat Uppsala ja sen luona oleva Hammarby. Näitä kahta paikkaa yhdistää Ruotsin kenties merkittävien tiedemies **Carl Linnaeus**, joka tunnetaan kenties paremmin aatelisnimellään **Carl von Linné**.*

Monet suomalaiset käyvät Tukholmassa, mutta monikaan ei jaksakaan lähteä pääkaupunkia kauemmaksi.

Tosin ihan lähelläkin on jännää, yllättävää katsottavaa: noin tunnin päässä Tukholmas-

ta sijaitseva Uppsala on hengeltään vähän kuin Turku kaupungin läpi virtaavine joki-neen, vanhoine rakennuksineen ja 1960- ja 1970-luvuilla tehtyine taloineen. Näitä kahta paikkaa yhdistää myös se, että ne ovat yliopistokaupunkeja.

Heti Uppsalaan saavuttua ei voi olla huomaamatta kaupungin suurmiestä, sillä Linné näkyy joka puolella. Tässä hän asui, tuolla työskenteli, siinä on hänen puutarhansa ja siellä hän kävi kävelyllä. Paikkoja on lähes liikaa, mutta onneksi kaupunki on tehnyt ystävällisesti karttoja sekä laittanut infotauluja ympäri kaupunkia, joiden avulla Linnén paikkoihin tutustuminen käy kätevästi.

Esitteisiin voi tutustua vaikkapa kahvilassa nimeltä Linné, joka sijaitsee hänen talonsa ja puutarhansa luona.

Linnén entinen asuintalo ja sen luona oleva kasvitieteellinen puutarha ovat nyt museo, ja se kertoo luonnollisesti herrasta ja hänen tekemisistään.

Museossa tulee hyvin selville se, että hänen tärkein tieteellinen teoksensa on vuonna 1751 ilmestynyt *Philosophia Botanica*, missä hän selitti (jo nuoresta alkaen pohtimansa) idean tieteellisestä taksonomiasta. Siis siitä, että kaikki kasvit, eläimet ja kivet voidaan luokitella ja niille voidaan antaa yleispätevät nimet.

Luonnosta puhuttaessa latinankieliset nimet ovat siis peräisin Linnéltä. Kun aiemmin nimet olivat ympäröiväisiä ja kuvailevia, siirtyi Linné käyttämään lyhyitä kaksiosaisia latinankielisiä nimiä. Esimerkiksi mansikat (*Fragaria*) on ruusukasveihin (*Rosaceae*) kuuluva kasvisuku ja metsämansikka on nimeltään *Fragaria vesca*. Talitiainen on puolestaan *Parus major*.

Linné jakoi kaikki eliöt luokkiin, lahkoihin, sukuihin ja lajeihin. Eläimet jaettiin kuuteen luokkaan: nelijalkaiset, linnut, amfibit, kalat, hyönteiset ja madot. Kasvit jaettiin heteiden ja emien mukaan 24 luokkaan.

Linnén aikaan ei tunnettu vielä evoluutiota eikä eliölajien keskinäisiä sukulaisuussuh-

teita, joten nykynäkökulmasta jaottelut ovat varsin omituisia ja keinotekoisia, mutta ne ovat edelleen toimivia.

Ei tullut pappia vaan botanisti

Carl von Linné syntyi Carl Linnaeuksena Smoolannissa, Råshultissa pappisperheeseen 23. toukokuuta 1707. Hänen synnyintalonsa on siellä myös museona.

Isä **Nils Linnaeus** (joka oli alun perin nimeltään Ingemarsson) halusi vanhimman poikansa jatkavan pappina paikkakunnalla, mutta näin ei käynyt, koska Linné innostui kasvitieteestä ja lähti opiskelemaan ensin kieliä, kirjallisuutta ja teologiaa, mutta pian hän siirtyi lääketieteeseen ja edelleen kasvitieteeseen.

Innostus kasvitieteeseen oli syttynyt jo nuorena, koska pappisisällä oli puutarha ja hän oli kiinnostunut kasveista. Linné viettiinkin pitkiä aikoja puutarhassa. Koska isä halusi suvun jatkavan seurakunnan pappisvirkaa, hän kielsi perheen nuorempaa poikaa, **Samuelia**, menemästä puutarhaan. Hänkin sai silti jostain luonnontieteen piston ja alkoi tutkia mehiläisiä. Hän kirjoitti niistä ja niiden hoidosta myös kirjan.

Lisäksi perheeseen kuuluivat äiti **Christina Brodersonia** sekä tyttäret **Anna Maria** ja **Sofia Juliana**.

Jari Mäkinen



Jari Mäkinen





Carl opiskeli Lundin ja Uppsalan yliopistoissa. Hän alkoi jo 23-vuotiaana valmistella käsikirjoitusta, josta syntyi lopulta hänen läpimurtoteoksensa *Fundamenta Botanica* (Kasvitieteen perusteet). Se oli aluksi vain ohut lehdykkä, mutta ajan myötä kirjoitus kasvoi ja täydentyi. Tutkimusmatka Lappiin ja hänen siellä keräämänsä 534 kasvinäytettä vahvistivat osaltaan hänen alustavaa ajatustaan kasvien luokitteluperusteista.

Vuonna 1732 tiedeakatemia lähetti hänet tutkimusmatkalle Lappiin. Matkan tuloksena syntyi vuonna 1737 teos *Flora Laponica*.

Pohjoisen matkat ja henkilöristiriidat Uppsalassa veivät Linnén vuonna 1735 Fahluniin, missä Linné ihastui **Sara Elisabeth Moraeaan**. Saran isä ei kuitenkaan halunnut antaa tyttärtään opiskelijalle, vaan kehotti poikaa lukemaan itsensä lääkäriksi ja palaamaan sen jälkeen naima-asiaan.

Niinpä Linné lähti lukemaan itsensä tohtoriksi Alankomaihin, missä hän panikin tö-

pinäksi. Hän hoiti varsinaiset opinnot nopeasti ja keskittyi sen jälkeen kasvitieteeseen.

Linné julkaisi vuonna 1735 teoksen *Systema Naturae*, missä hän oli kehitellyt taksonomia-ajatustaan pidemmälle. Se toi hänelle jo sen verran kuuluisuutta, että hän nousi etenkin Hollannissa tiedeseurapiireihin. Hän muun muassa tapasi Leidenissa kuuluisan **Hermann Boerhaaven**, joka tarjosi Linnälle mahdollisuutta lähteä kasvitieteellisille tutkimusmatkoille muun muassa Etelä-Afrikkaan ja Amerikkaan, mutta Linné kieltäytyi, koska ei pitänyt lainkaan kuumasta ilmasta.

Vaikka muut asiat olivatkin hänellä päällimmäisenä mielessä, Linné palasi Ruotsiin vuonna 1738, perusti lääkärinvastaanottonsa ja meni pian naimisiin Sara Elisabeth Moraeen kanssa.

Vuonna 1741 hänet nimitettiin Uppsalan yliopistoon lääketieteen professoriksi, mutta hän vaihtoi pian viran kasvitieteen professuuriin.

Vuosikymmentä myöhemmin Uppsalassa oli ruttoa ja Linné koki kaupunkielämän stressaavana, joten hän osti itselleen Uppsalan luota kolme maataloa, Hammarbyn, Sävjan ja hieman myöhemmin läheisen Edebyn.

Hammarby oli varsinainen asuintalo, missä professori perheineen vietti kesänsä. Sitä laajennettiin ja luonnollisesti sen luokse tehtiin pian oikeaoppisesti suunniteltu kasvitieteellinen puutarha.

Kesäisin opiskelijoita tuli asumaan Edebyssä, minne Linné oli kunnostanut heille asuntoja, ja Linné piti luentoja talollaan.

Hammarbyn päärakennus tehtiin vuonna 1762 ja se oli täysin Linnén itselleen suunnittelema: alakerrassa oli kaksi suurta yleistä tilaa, joita voitiin käyttää juhliin, luentoihin tai ruokasaleina, ja niiden keskellä oli – käytännöllisesti, mutta ei kovin

kauniisti – keittiö. Yläkerrassa olivat makuuhuoneet ja Linnén työhuone.

Työhuoneen seinät ovat erikoislaatuiset, sillä niiden seinäpaperit ovat edelleen ainutlaatuisia. Ne ovat piirroksia kasveista, joihin Linné on itse kirjoittanut kasvien nimet. Papereita on koetettu entisöidä moneen kertaan, mutta se on osoittautunut hankalaksi, koska ne on kiinnitetty seinään erittäin tiukasti. Siksi työhuone ja makuuhuone pidetään nykyisin hyvin hämärinä, jotta valo ei pääsisi tuhoamaan papereita.

Kunniapaikalla työhuoneen seinällä on hauska piirros valaasta. Kyseessä on pullokuonovalas, joka oli yksi kiinnostavimmista tapauksista, mihin Linné törmäsi eläinten nimiä tehdessään. Valas tunnetaan nyt nimellä *Hyperoodon ampullatus*.

Toinen erikoisuus on Linnén aatelisvaukuna. Hänelle myönnettiin aatelisarvo 1761, jolloin Linnéstä tuli virallisesti Linné tai siis



von Linné. Vaakunan tekeminen osoittautui hankalaksi, koska Linné olisi halunnut siihen kaikenlaista kasveista, eläimistä ja mineraaleista kertovaa, mutta vaakunantekijä halusi – kuten heraldikot yleensä – tehdä mahdollisimman yksinkertaisen. Lopulta vaakunassa on punainen, musta ja vihreä alue esittämässä luonnon kolmea pääkuntaa. Keskellä on halkaistu kananmuna, joka symboloi elämän jatkumista.

Hammarbyssä on myös pieni kivirakennus, jonka Linné rakensi Uppsalassa vuonna 1766 olleen suuren tulipalon vuoksi. Linnén kotitalo säästyi kuin ihmeen kaupalla ja ajatuskin siitä, että hänen koko arkistonsa ja kokoelmansa olisi tuhoutunut, oli niin kauhea, että hän päätti siirtää kaiken varmasti paloturvalliseen rakennukseen kauas kaupungista.

Onneksi arkisto ennätti olemaan rakennuksessa vain vajaat kaksi vuosikymmentä, sillä siellä papereita tuhosi home.

Ja mitä kiviin tulee, niin Linné oli vakuutunut siitä, että kivet kasvavat. Siksi hän punnitsi kiviä säännöllisesti ja koetti selvittää millä vauhdilla ne saavat lisää massaa,

mutta joutui huomaamaan, että ne eivät muutu. Hyvän tutkijan tapaan hän totesi olleensa väärässä.

Linné jätti työnsä Uppsalan yliopiston rehtorina vuonna 1772, kun hänen terveytensä alkoi heiketä. Viimeisten elinvuosiensa aikana hän menetti ensin liikuntakykynsä ja sitten osan muististaan, ja hän kuoli 10. tammikuuta 1778 Hammarbyssä.

Linnén arkisto ja kokoelma siirrettiin 1780-luvun puolivälissä jälkeläisten riitojen vuoksi Lontooseen: kaikki 14 000 kasvia, 3 198 hyönteistä, 1 564 kotiloa, noin 3 000 kirjettä ja 1 600 kirjaa ovat nyt Linnéan Society of Londonin säilössä.

Vaikka Linnén kehittämä luokittelu ei ole nykytiedon mukaan enää paras mahdollinen ja kätevin tapa nimetä sekä luokitella luontoa, on se edelleen käytössä eikä sen asemaa mikään ole muuttamassa. Sitä on kuitenkin paranneltu, mistä esimerkkinä ovat pääkunnat. Niitä kun Linné tunsikin vain kolme, mutta nyt niitä on peräti kuusi: arkit (Archaeobacteria), bakteerit (Eubacteria), protoktistit (Protoctista), eläimet (Animalia), sienet (Fungi) ja kasvit (Plantae). ★JM





28

Tiedetaide

Julkaistu 26.10.2013

Katie Paterson – materiaalina universumi

Giorgia Polizzi, 2012/Exhibition Rod Show, London



Miksi sulattaa meteoriitti, valaa se uudelleen omaksi toisinnokseen ja lähettää se takaisin avaruuteen? Tai noutaa hiekanjyvän Saharasta, muokata sitä ja palauttaa se autio-maahan?

Taiteessa luonnon jäljittely, mimesis, on ollut taiteen luomisen perusprinsiippi, aikoinaan myös taiteellisen taidon mittari.

Perinteisesti kuva luonnosta on tehty toiseen materiaaliin niin, ettei alkuperäistä mallia ole voinut sekoittaa jäljitelmään.

Mutta sata vuotta sitten taiteilijat alkoivat kyllästyä luonnon kopioimiseen. Syntyi ready-made: taiteilija saattoi valita minkä tahansa valmiin esineen ja esittää sen taiteena.

Taidosta tuli käsitteellistä. Käden taito, teoksen tekemiseen liittynyt työ, saattoi olla jonkun muun kuin taiteilijan työtä. Kaikki ready-made-taideteokset olivat ikään kuin kopioita alkuperäisistä esineistä. Ne olivat kuitenkin ihmisen tekemiä.

Sitten kehitettiin taiteen ajopuuteoria eli kysyttiin, voiko esteettistä mielihyvää tuottaa, luonnon muovaama puunkappale olla taideteos? Voiko siis avaruudesta maanpin-

nalle pudonnut meteoriitti olla taideteos? Tai autiomaasta löydetty hiekanjyvä?

Tämä on yksi taso, kun ryhdytään tulkitsemaan skotlantilaissyntyisen taiteilija **Katie Patersonin** teoksia, esimerkiksi *Campo del Cielo, Field of the Sky* ("Taivaan pelto", 2012). Meteoriitti lepäsi yli viisituhatta vuotta yhtenä argentiinalaisen Campo del Cieloksi kutsutun rautameteoriittien putoamisalueen laajalle levinneistä kappaleista.

Paterson sulatti tämän 4,5 miljardia vuotta vanhan eli suunnilleen Aurinkokunnan ikäisen 110-kiloisen rautajärkäleen. Sitten hän valoi sen uudelleen samannäköiseksi kuin se oli ollut. Meteoriitissa olleet kivet, metallit ja pöly sulivat ja muuttivat muotoaan. Meteoriitin tila ja aika siis muuttuivat, kun siitä tuli uuden taideteoksen materiaalia. Sen kosminen muisti jäi kuitenkin sen ulkomuotoon, jonka Paterson säilytti ennallaan.

Taiteen tutkijaa kiinnostaa teo(kse)n suhde perinteiseen jäljittelyteoriaan. Tässä tapauksessahan taiteilija jäljensi luontoa alkuperäiseen materiaaliin eli ikään kuin väärensi meteoriitin. Kuinka aito on meteoriitin versio omasta itsestään?

Uusi versio on edellyttänyt paljon inhimillistä työtä. Yhdessä tutkijoiden kanssa Paterson analysoi meteoriitin koostumuksen. Luonnon tuottama tehtiin uudelleen ihmiskäsin eli taiteeseen ikään kuin samalla palautettiin mimesiksen taidokkuutta. Mutta taiteilija on ollut prosessin ideoijana, työn tekivät ammattimiehet: valajat valmisivat muotin, sulattivat ja valoivat uudelleen rautakappaleen.

Prosessi oli tavallaan käänteinen ready-madeille: luonnonkappaleesta tehtiin artefakti, ihmisen tekemä esine. Taiteilijan tavoitteena on lähettää meteoriitin kappale

takaisin avaruuteen, ehkä Kansainväliselle avaruusasemalle. Silloin muodonmuutoksen kokenut kappale palaisi ikään kuin kotimaisemiinsa.

Kotimaisemiin Paterson palautti myös hiekanjyvän, jonka hän haki Saharasta ja joka nanoteknologian avulla työstettiin 0,00005 millimetrin suuruiseksi. Teos on esitetty näyttelyssä kuvana, jossa taiteilija seisoo hiekkadyynillä; teoksen nimi on *Inside this desert lies the tiniest grain of sand* ("Tässä autiomaassa on pienin hiekanjyvänen", 2010).

Tavallaan kyse on veistotaiteesta: materiaalia työstetään niin, että sen alkuperäinen muoto – tässä tapauksessa koko – muuttuu. Meteoriitti säilytti muotonsa, hiekanjyvä menetti sen.

Nämä taideteot vaikuttavat yksinkertaisilta, jopa minimalistisilta, kun tuijottaa taidenäyttelyssä olevaa meteoriittia, joka muistuttaa meteoriittia, joka se oli, tai yrittää ajatella niin pientä hiekanjyvää, ettei sitä pysty ajattelemaan.

Mutta kuinka usein taidenäyttelyssä näkee meteoriitteja tai edes väärennettyjä meteoriitteja? Kuinka usein havahdumme miettimään, mitä emme näe?

Paterson osoittaa meille jotakin käsityskykymme rajoista. Nykyaikaisen taiteilijan mittakaa-va ei löydy enää vain **Leonardon** renessanssikuvasta *Vitruviuksen ihmisestä* (n. 1485), vaan ulottuu nanomaailmasta universumin rajoille.

Taide – avaruuteen palaava Campo del Cielo -meteoriitti ja hiekanjyvänen jossakin syvällä Saharan autiomaassa – herättää parhaimmillaan sekä taiteeseen että tieteen liittyviä kysymyksiä, ihmettelyä ja uteliaisuutta. Eli aineksia, joista ihmiskunnan kehitys koostuu.

★ Helena Sederholm



Julkaistu 10.6.2013

Hiilikuituinen hissivallankumous

KONE



Suomalainen hissivalmistaja KONE on kehittänyt uuden, korkeisiin rakennuksiin tarkoitetun hissiteknologian, joka tekee mahdolliseksi jopa kilometrin korkuisen hissimatkan.

Rajoja rikkova KONE UltraRope -tekniikka sanoo hyvästit perinteisille teräksestä valmistetuille hissiköysille. Köydet ovat olennainen osa hissilaitteistoa, sillä hissikorit liikkuvat ylös ja alas nostoköyden ja tasausköyden varassa.

Jotta hissikori liikkuisi mahdollisimman mukavasti ja vähän energiaa kuluttaen, on sen sekä matkustajien massaa kompensoimassa vastapaino, joka sekin on köyden varassa.

Mitä korkeampi hissi on, sitä enemmän systeemissä on hissiköysiä ja siten köysien suhteellinen massa on sitä suurempi, mitä suurempi on nostokorkeus.

Näin ollen köyden massan vähentäminen tekee koko systeemistä paremman ja vähentää energian kulutusta. KONE UltraRope -köydessä on hiilikuituydin ja sen ympärillä

korkeakirkkainen pinnoite. Köysi on siten paitsi olennaisesti aiempaa kevyempää, niin se on myös lujaa ja sen kulumiskestävyys on erinomainen.

Myös korkeiden rakennusten huojumisesta aiheutuvat hissin käyttökatkot vähenevät, sillä hiilikuidun ominaistaajuus on täysin eri kuin teräksellä ja useimmilla muilla rakennusmateriaaleilla.

Yhtiön mukaan uudella nostoköydellä on vähintään kaksi kertaa pidempi käyttöikä kuin tavanomaisella teräsköydellä. Lisäksi erikoispinnoitteen ansiosta köysi ei vaadi voitelua, mikä tekee siitä myös varsin ympäristöystävällisen.

KONE UltraRopen kehitys- ja testausympäristönä on käytetty sekä oikeita hissejä että simuloitteja laboratorio-olosuhteissa. KONEella on Suomessa, Tytyrin kalkkikavoksen yhteydessä tuotekehityskeskus, missä on maailman pisin hissien testauskui-

lu. Kuilun pituus on yli 300 metriä. Köyttä ja sen vaatimaa tekniikkaa on testattu siellä vuodesta 2010 alkaen. Esimerkkejä lukuisista testatuista ominaisuuksista ovat mm. vetolujuus, taivutuksen kestävyys sekä materiaalin vanheneminen.

Hissien kysyntä lisääntyy

Kaupungistuminen lisää jatkuvasti hissien kysyntää ja yhä korkeampien rakennusten myötä myös hissien vaatimukset kasvavat. Yli puolet maailman väestöstä asuu jo nyt kaupungeissa, ja Yhdistyneiden kansakuntien arvion mukaan vuonna 2050 seitsemän ihmistä kymmenestä asuu kaupungissa.

Ylöspäin rakentaminen nähdään kestäväna kaupunkirakentamisen ratkaisuna ja ympäri maailmaa rakennettujen korkeiden rakennusten määrä on kasvanut nopeasti viime vuosina.

KONE



Paitsi yksittäisten pilvenpiirtäjien, niin myös rakennusten keskimääräinen korkeus kasvaa. Yli 200-metrisiä rakennuksia on Council on Tall Buildings and Urban Habitat -järjestön mukaan tällä hetkellä rakenteilla tai suunnitteilla yli 600 kappaletta.

Maailmassa on tällä hetkellä kolme yli 500-metristä rakennusta, ja tätä korkeampia rakennuksia on suunnitteilla tuleville vuosille parisenkymmentä.

KONEella on kiikarissaan ympäri maailman noin 3 000 rakennusta, jotka voivat hyötyä KONE UltraRopen tuomista eduista modernisoinnin kautta.

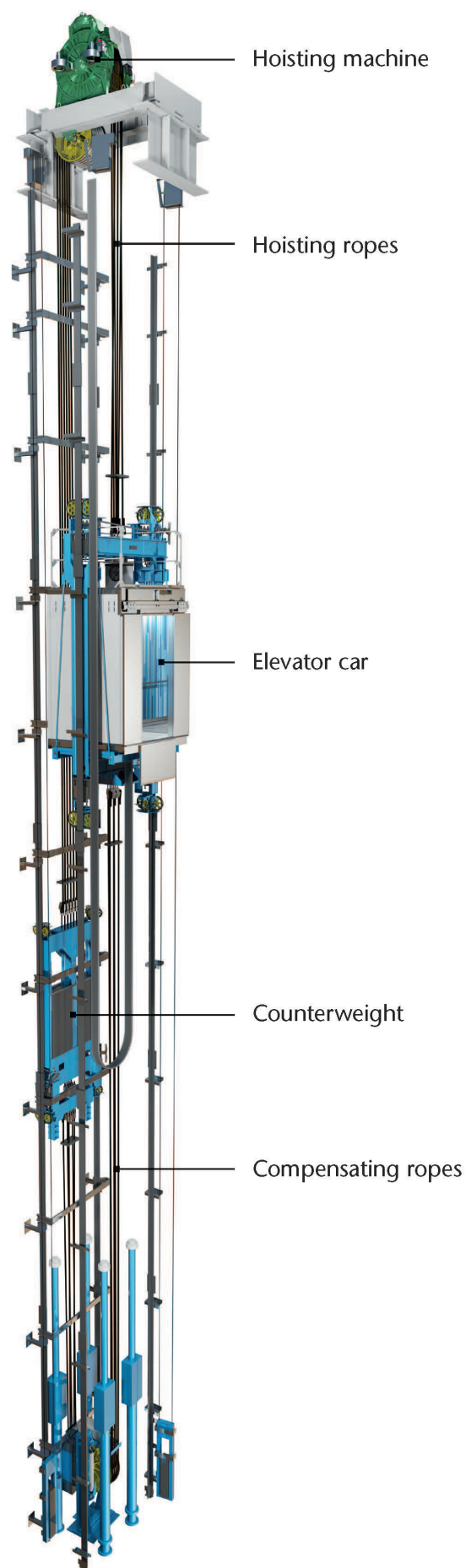
Suunta myös alaspäin

Samat syyt, jotka puskevat rakennuksia yhä korkeammiksi, tekevät myös rakentamisen yhä syvemmälle maan alle kiinnostavaksi. On suunta sitten ylös tai alas, liikutaan rakennuksissa hisseillä.

Kenties jännin suunnitteilla oleva maan-alainen rakennus on Mexico Cityyn hahmoteltu 35-kerroksinen Earthscraper, maan alle pyramidina tunkeva rakennus. Sitä suunnittelee meksikolainen arkkitehtitoimisto BNKR Arquitectura ideanaan toistaa perinteinen inkapyramidi, mutta väärinpäin.

Mexico Cityn historiallinen keskusta halutaan säilyttää perinteisen näköisenä, mutta paineet suurten rakennusten tekemiseen ovat kovat. Niinpä Earthscraper voisi tuoda 775 000 neliömetriä lisätilaa ilman, että kaupungin ulkonäkö muuttuu käytännössä lainkaan.

Suunnitelman mukaan rakennuksen päällä katutasossa on suuri aukio, jolla voidaan pitää konsertteja ja tapahtumia, ja rakennuksen kymmenen ylintä kerrosta olisivat uutta museota, joka esittelisi Asteekki- ja Maya-intiaanien kulttuuriperintöä. ★JM





Malesialaiskoneen etsinnässä vesiperä

Laurent Errera



Toukokuu 2018 oli siinä mielessä kiinnostava, että sen loputtua päättyi myös vuonna 2014 kadonneen malesialaisen matkustajakoneen etsintä Intian valtamerestä.

Tarkalleen ottaen viimeinen etsintäläiva, Seabed Constructor, teki muutamia sondauksia vielä kesäkuun puolella, mutta joka tapauksessa lennon MH370 etsintä on nyt päättynyt – ainakin toistaiseksi.

Ilmassa on edelleen kaksi isoa kysymystä. Ensinnäkin, kuinka suuri matkustaja-

kone voi noin vain kadota jälkiä jättämättä? Ja toiseksi, kuinka nykyaikana ei koneen hylkyä pystytä löytämään?

Periaatteessa vastaus kumpaankin kysymykseen on yksinkertainen, sillä Intian valtameri on suuri ja lentokone on siihen verrattuna hyvin pieni. Silti vastaus ei tyydytä: katsotaanpa tapausta siksi hieman tarkemmin...

Mitä tapahtui?

Malaysia Airlines -lentoyhtiön Boeing 777 nousi ilmaan yölennolle Kuala Lumpurista

Kone lähti matkaan Kuala Lumpurista klo 00.41 ja klo 1.19 siihen oli viimeinen radioyhteys. Klo 1.22 kone kääntyy nopeasti, laskeutui alemmas ja lensi Malesian ja Thaimaan rajalla kohti Penangin kaupunkia. Sen jälkeen Andamanin meren päällä kone suunta- si luoteeseen, kenties Indonesian ilmatilaa välttääkseen. Viimeinen varma tutkahavainto oli klo 2.22 Malesian aikaa.



Pekingiin 8. maaliskuuta 2014 mukanaan 239 matkustajaa ja miehistön jäsentä. Lennon ensimmäiset 40 minuuttia sujuivat täysin tavallisesti. Tai ainakaan tiedossa ei ole mitään erikoista siihen saakka, kun koneen piti siirtyä tuolloin Malesian ilmatilasta Vietnamin lennonjohdon hoitoon.

Kello 1.22 paikallista aikaa kone katosi tutkasta eikä siihen saatu enää radioyhteyttä. Ensimmäinen ajatus oli luonnollisesti se, että kone oli syöksynyt alas merialueella Malesian ja Vietnamin välillä. Pudonnutta konetta riennettiin etsimään ja mahdollisia henkiinjääneitä pelastamaan merestä.

Vähitellen sotilaat kertoivat omista tutkahavainnoistaan. Siviili-ilmailikenteen käyttämien tutkien lisäksi lentokoneet näkyvät hyvin sotilasvalvontatutkissa, mutta sotilaat eivät usein kerro havainnoistaan, koska tämä paljastaisi tutkien herkkyyden – ja tässä tapauksessa myös noloja tietoja siitä, ettei valvontaa oltu tehty niin hyvin kuin olisi pitänyt.

Tutkilla kuitenkin saatiin selvä kuva siitä, että Boeing ei ollut pudonnut, vaan muuttanut yllättäen lentosuuntaansa. Se kääntyi tiukasti oikealle, laskeutui matalammalle ja suuntasi hieman mutkitellen lounaaseen, kohti Intian valtameren aavaa ulappaa. Lentorataa katsoessa voisi ajatella, että lentäjä koitti tietoisesti välttää näkymistä tutkassa – tai että koneessa tapahtui jotain, vaikkapa tappelu ohjaamossa tai tulipalo, jonka takia kone ei voinut lentää tasaista, suoraa lentoa.

Tiettävästi viimeisen tutkatiedon koneesta sai Thaimaan ilmavoimat, jolloin kone suuntasi luoteeseen. Tyypillisesti sotilastutkat ylettävät noin 500 kilometrin päähän rannikolta, mutta joillain voimakkailla tutkilla voidaan nähdä korkealla lentäviä koneita kauempaakin. Australialla on tällainen pitkän kantaman tutkalaitteisto, joka voi havaita koneita jopa noin 3 000 kilometrin päästä, mutta valitettavasti se ei ollut käytössä tuona yönä.

Se, että matkustajakoneet lentävät tutkan ulottumattomissa valtamerien päällä, ei ole mitenkään ihmeellistä. Koko ajan ilmassa on satoja koneita Atlantin, Tyynen valtameren tai Intian valtameren yllä, joihin ei ole jatkuvaa yhteyttä. Ne lentävät siellä hvin omien kompassiensa, inertiaalisuunnistuslaitteidensa ja satelliittinavigoinnin avulla, ja kun kaikki sujuu normaalisti, kone matkaa eteenpäin suunniteltua reittiään ja pullahtaa esiin tutkaruutuihin meren toisella puolella.

Mertenkään päällä koneet eivät ole silti tavoittamattomissa, mutta yhteydenpito niihin riippuu pitkälti koneiden omasta aktiivisuudesta. Koneissa on yhä useammin satelliittipuhelimia ja satelliittien kautta tulevia nettiyhteyksiä, joten ne ovat käytännössä koko ajan yhteydessä ulkomaailmaan.

Tästä malesialaiskoneestakin olisi voitu olla koska tahansa yhteydessä ulkomaailmaan, jos olisi haluttu – ellei sitten jokin todella epäonninen sarja vikoja olisi sitä estänyt, tai miehistö olisi tietoisesti halunnut olla hiljaa.

Tosin liikennekoneet ovat yhteydessä myös automaattisesti ulkomaailmaan ilman miehistön aktiivisuutta: koneet välittävät itsestään teknisiä tietoja lentoyhtiön huolto-osastolle laitteistolla, joka käyttää mantereen päällä lennettäessä ilmailun VHF-radiotaajuuksia ja verkoston ulkopuolella nämä tekstiviestien kaltaiset koodit kulkevat satelliittien kautta.

Tämän ACARS-viestijärjestelmän sisältämä tieto riippuu kuitenkin siitä millaisia palveluita lentoyhtiö on tilannut systeemiä ylläpitävältä yhtiöltä. Aiemmin viesteissä ei ollut lainkaan koneen sijaintitietoja, mutta nykyisin koneen koordinaatit tulevat viestin mukana.

Koordinaatteja lähettää myös ADS-B-niminen laite, joka toimii vähän kuin tutkavaistaaja, paitsi että se ei vastaa tutkasignaaliin, vaan lähettää navigointisatelliittien perusteella saatua sijaintitietoa ja koneen suuntatietoa automaattisesti maassa oleville vastaanottimille. Tämä tulee korvaamaan aikanaan tutkapohjaisen lennonjohtojärjestelmän, ja jo nyt joissakin koneissa – kuten kadonneessa koneessa – on tällaisia lähettämiä. Ne eivät kuitenkaan toimi merten yllä.

Liikennelentokoneissa on myös hätälähetimiä, jotka välittävät automaattisesti onnettomuustilanteissa sijaintitiedot satelliittien kautta pelastusorganisaatioille. Nämä kuitenkin aktivoituvat vain törmäyksissä, joten jos kone ei iskeydy veteen tai maahan, ne eivät aktivoidu.

Hätäradiot toimivat myös upoksissa, mutta signaalin voimakkuus heikkenee voimakkaasti veden alla. Niiden paristot uupuvat 3–4 vuorokaudessa.

Ja vielä tämän lisäksi koneissa on veden alla kuultavaa äänisignaalia lähettävä ULD-laite, jonka kuuluvuusmatka ei kuitenkaan ole kovin suuri. Päällä oleva hydrofoni pysyy kuitenkin nappaamaan sen huudon helposti, mutta vain noin viikon verran onnettomuudesta – silloin lähettimen virta hiipuu.

MH370:n tapauksessa näistä mitään ei kuultu, ja jopa automaattiset huoltoviestit katkesivat, joten on loogista arvella (etenkin kaikkien muiden tekijöiden kanssa yhdessä), että viestien lähetys laitettiin tietoisesti pois päältä.

Pientä vinkkiä satelliitilta

Vaikka lentäjä tai miehistö olisi koettanut saada koneen myräksi ja lentää tutkien ulottumattomissa, ei se ihan onnistunut. Nimittäin kello 2.25 Malesian aikaa, siis

hieman yli tunti katoamisen jälkeen koneen ollessa jo noin 400 kilometriä länteen Male-siasta (viimeisen luotettavan tutkahavainnon mukaan), Boeingin satelliittitietoliikennesysteemi lähetti liittymispyynnön ACARS-verkkoon. Sen jälkeen laite vastasi automaattisesti ACARS-verkon yhteyskuittaukseen kerran tunnissa, minkä lisäksi koneeseen koetettiin soittaa kaksi kertaa satelliittipuhelimella, jolloin verkkoyhteys koneeseen muodostui, vaikka soittoihin ei vastattu.

Laitteiston viimeinen verkkoyhteys oli kello 8.19 tullut kuittaus eli tuolloin kone oli edelleen lennossa. Aikataulun mukaan koneen olisi pitänyt saapua Pekingiin lähes kaksi tuntia aikaisemmin, joten tässä vaiheessa koneen polttoaine alkoi olla vähissä.

MH370 ilmoitettiin virallisesti kadonneeksi kello 8.30 Malesian aikaa.

Vaikka satelliittiyhteyksissä ei ollut sijaintitietoja, pystyi satelliittioperaattori Inmarsat laskemaan koneen likimääräisen etäisyyden yhteydenpitoon käytetystä Inmarsat 3F1 -satelliitista. Näin voitiin päätellä kaksi

reittiä, joita pitkin kone on mahdollisesti lentänyt poispäin katoamispaikalta. Koska pohjoinen reitti olisi vienyt koneen Thaimaasta Kazakstaniin yli monien tutkien, eikä siellä konetta oltu havaittu, oli eteläinen reitti todennäköisempi.

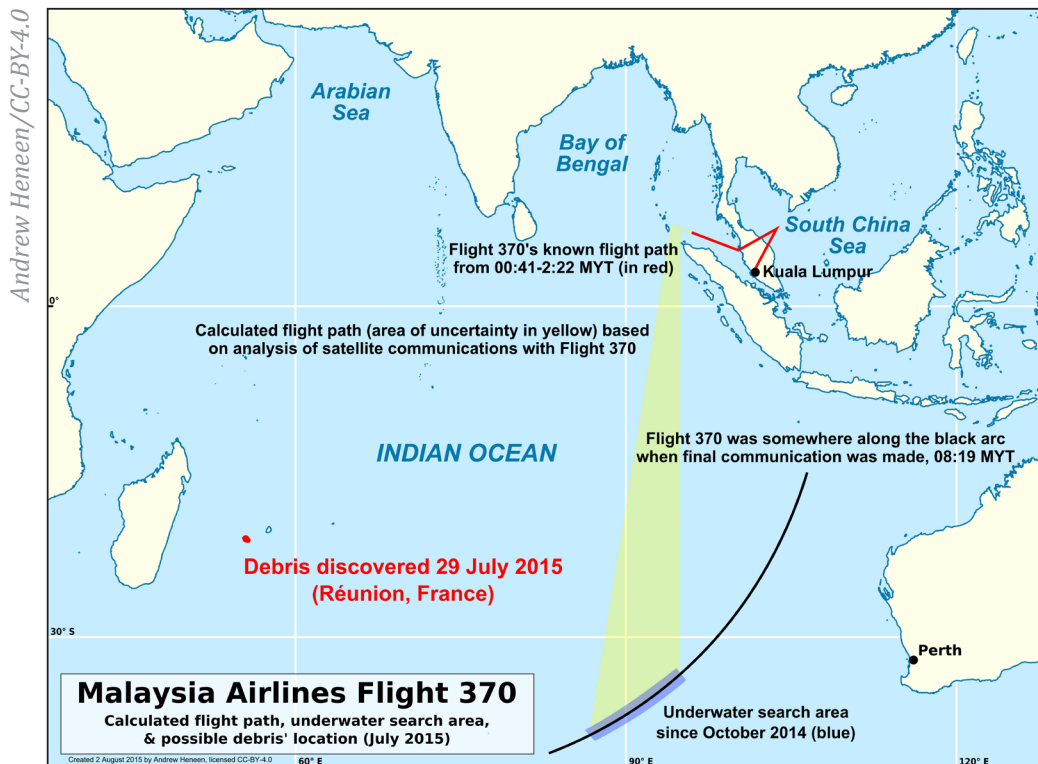
Kun satelliittitietojen analyysi saatiin valmiiksi 15. maaliskuuta, keskeytettiin Etelä-Kiinan merellä ja Thaimaan eteläpuolella käynnissä olleet koneen etsinnät, koska kone oli selvästikin mennyt kauemmaksi.

Sen jälkeen koneen hylkyä on etsitty merenpohjaa sondaten varsin suurilla alueilla, mutta mitään ei ole löytynyt. Paitsi muutamia romunpalasia, jotka ovat varmasti peräisin malesialaiskoneesta; ensimmäinen oli Tyynessämeressä olevan, Ranskalle kuuluvan Réunion-saaren rantaan huuhtoutunut ohjainpinta siivestä, mistä löytyneet sarjanumerot osoittavat sen olleen "hyvin todennäköisesti" kadonneessa koneessa.

Samalta alueelta Réunionilla löydettiin myös matkalaukku, kiinalainen vesipullo ja indonesialaista puhdistusainetta, jotka mahdollisesti ovat olleet koneessa. Jos jo

aikaisemmin todennäköisimmäksi koneen putoamispaikaksi oli päätelty Intian valtameren keskiosat noin 4 000 kilometriä länteen Australian eteläkulmasta, tukivat merivirta-analyysit tätä arviota. Putoamispäivänä tuolle alueelle kellumaan jätetty kapale olisi päätynyt todennäköisesti Réunionin tienoille.

Viime vuoden loppuun mennessä on eri puolilta Intian valta-



meren länsipuolta löydetty kaikkiaan 20 kappaletta, jotka ovat mitä todennäköisimmin peräisin malesialaiskoneesta. Samoin Australian lentoturvallisuusviranomainen ATSB on käynyt läpi satelliittikuvia, jotka on otettu katoamisen jälkeen Intian valtamereltä, ja näistä on löydetty 12 kappaletta, jotka erittäin todennäköisesti ovat koneesta lähtöisin.

Näiden kaikkien havaintojen ja analyysien perusteella ATSB ja tutkimukseen osallistunut Australian tieteellisen tutkimuksen keskus CSIRO päätyivät viime vuonna julkaisemassaan tutkimuksessa siihen, että koneen putoamispaikka "on erittäin suurella tarkkuudella ja todennäköisyydellä" 35,6° eteläistä leveyttä 92,8° itäistä pituutta.

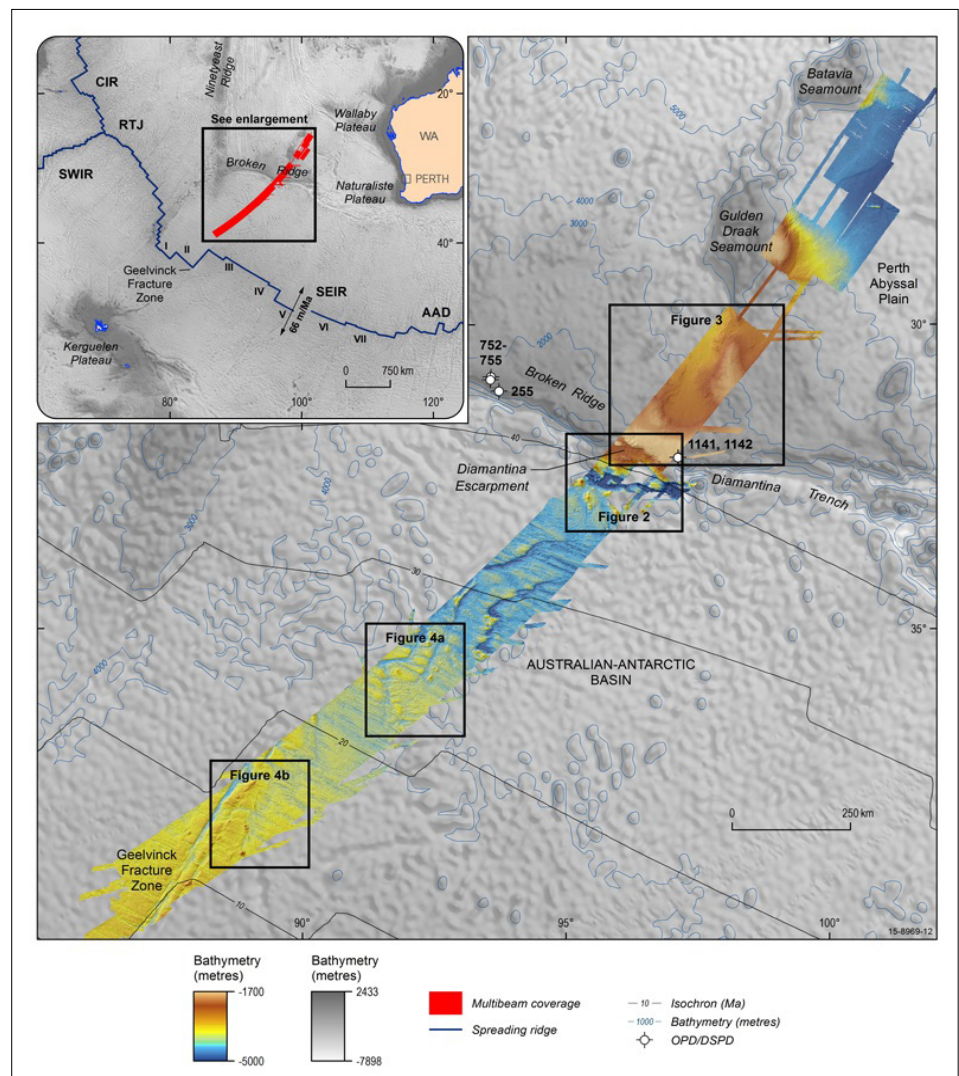
Merentutkijat ovat tyytyväisiä

Koneen hylkyä tai mitään isompia palasia ole onnistuttu löytämään neljä vuotta kestäneissä etsinnöissä. Merenpohjaa on skannattu parhaiten oletetun lentoradan alueelta ja paikasta, minne laskelmissa kone on todennäköisimmin pudonnut, mutta siis turhaan.

Ainoa konkreettinen tulos on juuri putoamisen jälkeen huhtikuussa 2014 saadut merenalaiset, heikot signaalit, jotka mahdollisesti ovat peräisin koneen mustista laatikoista. Periaatteessa niiden akut hiipuivat viimeistään 7. huhtikuuta, mutta periaatteessa ne saattoivat toimia vielä muutamia päiviä sen jälkeenkin. Kiinalainen Haixun

Kim Picard/Jonah Sullivan

Kuvassa on merenpohjaa Intian valtamereltä koneen oletetun putoamispaikan luota jotakuinkin Perthin länsipuolelta lähes keskellä valtamerta Australian ja Afrikan välissä Australian ja Antarktiksens mannerlaattojen liittymäkohdan luona. Kuvan harmaa pohja on satelliittien avulla mitattu painovoimakartta, ja sen päälle on merkitty MH370:n etsinnän ansiosta tarkasti kartoitettuja alueita. Laatikoidella on merkitty kaikkein parhaiten kartoitetut alueet, joista on lisätietoja täällä: <https://eos.org/project-updates/geological-insights-from-malaysia-airlines-flight-mh370-search>





01 ja Iso-Britannian kuninkaallisen laivaston kuunteluun erikoistunut alus HMS Echo kuulivat useita signaaleja huhtikuun alussa, mutta alueelta ei havaittu tarkoissa merenpohjakuvauksissa mitään.

Ensin kesällä 2014 konetta etsittiin nopeasti noin 305 000 neliökilometriä kooltaan olevalla alueella noin 2 600 kilometriä Perthin länsipuolelta. Meri on siellä syvää ja tuulet ovat kovia. Sen jälkeen lokakuusta 2014 alkaen tästä noin 120 000 neliökilometrin kokoista aluetta alettiin käydä läpi tarkemmin.

Etsintää tehtiin ensin sonarilla, merenalaisella tutkalla, joka on pitkän kaapelin päässä, meren pinnan alla noin 200 metrin korkeudessa pohjasta oleva luotain. Sen jälkeen välineiksi tulivat myös tehokkaampi sivulle skannaava (kolmiulotteisesti näkevä) sonar, erilaisia tutkia ja myös kameroita, jotka olisivat myös voineet nähdä pohjassa

olevia kappaleita.

Tarkemman tutkimisen aluetta laajennettiin ja paikkaa vaihdettiin hieman Réunionin löytöjen jälkeen, kunnes 17. tammikuuta 2017 etsintöjä rahoittaneet Malesia, Kiina ja Australia ilmoittivat etsinnän loppuvan tuloksetta.

Lokakuussa 2017 kaksi yritystä, hollantilainen meripelastusyritys Fugro ja amerikkalainen Ocean Infinity tarjoutuivat etsimään hylkyä palkkion toivossa; he etsisivät sitä omaan laskuunsa, mutta niille maksettaisiin, jos hylky löytyy. Malesian hallitus hyväksyi tarjouksen ja yhtiöt palkkasivat norjalaisen Seabed Constructor -aluksen (kuvassa yllä) tekemään etsintää.

Työ alkoi tammikuussa 2018 ja jatkui tuloksetta. Etsintäaluetta laajennettiin ja vaikka laivalla oli kahdeksan vedenalaista tutkimusalusta, jotka tutkivat merenpohjaa, ei mitään löytynyt. Malesian hallitus ilmoit-

ti 23. toukokuuta, että se ei jatka sopimusta enää toukokuun 31. päivän jälkeen ja Seabed Constructor lopetti etsinnät 9. kesäkuuta 2018.

Vaikka konetta ei löytynytäkään, tuotti etsintä paljon lisätietoa Intian valtameren pohjasta. Nyt se on kartoitettu hyvinkin tarkasti suurelta alueelta, ja siksi ainakin merentutkijat ja geologit ovat tyytyväisiä.

Mitä siis tapahtui?

Varmaa tietoa ei tietenkään ole eikä sitä saadakaan ennen kuin hylky ja sen lentotietojat tallentaneet laitteet saadaan tutkittavaksi. On kuitenkin mahdollista, että kone jää löytämättä ja onnettomuus selvittämättä.

Saatavilla olevien tietojen mukaan on kuitenkin todennäköistä, että syyppä koneen katoamiseen ja tuhoon on sen kapteeni **Zaharie Ahmad Shah**. Tapauksen aikaan 53-vuotias Shah oli kokenut lentäjä, jolla oli takanaan 18 365 lentotuntia ja joka oli ollut Boeing 777:n kapteenina vuodesta 1998 alkaen.

Koneen reitti on nimittäin vaatinut selvästi suunnittelua ja tarkoituksellisuutta. Sen systeemien hiljentäminen on vaatinut koneen hyvää tuntemista ja koneen törmäyttäminen meren pintaan siten, että se on hajonnut osiin, mutta pelastuspoijut eivät ole aktivoituneet, on vaatinut taitoa.

On toki mahdollista, että koneen ohjaimossa olisi ollut esimerkiksi tulipalo, joka olisi sammuttanut radiot, tutkavastaimet ja ACASR-laitteet juuri "oikeassa" järjestyksessä ja saanut aikaan sen, että konetta olisi jouduttu lentämään sattumalta tutkia hämäävästi. Se on kuitenkin epätodennäköistä, etenkin kun kone oli selvästi tunnikaupalla vakaassa lennossa, ja sen aikana siitä olisi varmasti saatu yhteys.

Yksi mahdollisuus on se, että koneen paineistus oli lisäksi kadonnut juuri hankalaan aikaan siten, että miehistö ja matkustajat olisivat menettäneet ensin tajuntansa ja sitten henkensä. Sekin on erittäin epätodennäköistä.

Onnettomuuden epätodennäköisyyttä lisää vielä se, että Boeing 777 on erittäin luotettava kone. Mitään lähellekään vastaavaa ei ole koneille tapahtunut koskaan konetyypin yli 20 vuotta kestäneen lentohistorian aikana.

Toisaalta kapteeni Shahin kotoa löydettiin tietokone, jonka lentosimulaattoriohjelmalla oli lennetty juuri samankaltaisia reittejä kuin kadonneella koneella. Ei ole vaikeaa kuvitella, että Shah olisi harjoitellut katoamislentoa.

Tämä ei kuitenkaan todista kapteenin olevan syyllinen, mutta tekee sen hyvin todennäköiseksi kaiken muun ohella.

Kuten yleensä liikenneilmailussa, on tästä tapauksesta otettu jo opiksi. Kansainvälinen liikenneilmailujärjestö ICAO päätti vuonna 2016, että marraskuusta 2018 alkaen kaikkien valtamerten päällä lentävien koneiden pitää ilmoittaa sijaintinsa 15 minuutin välein satelliittiyhteyden kautta. Suurin osa lentoyhtiöistä noudattaa tätä määräystä jo nyt.

Lisäksi tämän vuoden maaliskuussa ICAO täydensi tätä vaatimusta siten, että vuoden 2021 alusta alkaen kaikkien uusien lentokoneiden pitää pystyä ilmoittamaan sijaintinsa satelliittien kautta vähintään kerran minuutissa onnettomuustapauksissa.

Vaikka lennon MH370 katoaminen olikin siis hyvin epätodennäköinen tapaus, on vastaavan tapahtuminen nyt ja tulevaisuudessa entistäkin epätodennäköisempää – ellei jopa mahdotonta. Se ei tietenkään paljoa lohduta lennolla kuolleiden omaisia, mutta meitä muita lentomatkestajia kyllä. ★JM



Markus Hotakainen

Tiedetuubin klubi kivien ihmemaassa

Tiedetuubin klubi kävi vierailemassa tiistaina 12. kesäkuuta Luonnontieteellisen keskusmuseon Geologisissa kokoelmissa. Sana ”kokoelmat” on monikossa, koska kyseessä on itse asiassa kolmen kokoelman kokonaisuus: siihen kuuluvat kivi- ja mineraalikokoelmat, meteoriitit sekä paleontologiset näytteet.

Yli kaksituntiseksi venyneen käynnin aikana yli-intendentti **Arto Luttinen** ennätti kierrättää vain kivien, mineraalien ja meteoriittien luona, joten museon noin 44 000 fossiili-, luu- ja maaperänäytettä ovat hyvä tekosyy uuteen visiittiin joskus toiste.

Kivi- ja mineraalinäytteitä on muuten museossa noin 50 000 ja meteoriitteja noin 600. Näistä vain osa on luonnollisesti esillä näyttelyssä, joka ei valitettavasti ole normaalisti avoinna yleisölle. Museolla ei ole henkilökuntaa niiden pitämiseen jatkuvasti avoinna, mutta niitä esitellään kyllä pyynnöstä.

Kokoelmat ovat olleet nykyisessä sijoituspaikassaan Kumpulan kartanolla kasvitieteellisen puutarhan alueella vuodesta 2014, kun ne jouduttiin siirtämään sinne Helsingin yliopiston keskustakampukselta perinteisen Arppeanum-talon siirryttyä muuhun käyttöön. Vaikka paikka ei ole yhtä suuri ja perinteikäs, on Kumpulan kartano etenkin kesäaikaan erittäin sympaattinen.



Kasvitieteellinen puoli on avoinna yleisölle syyskuun loppuun saakka tiistaista sunnuntaihin klo 11–18 ja erikoispäivinä myös geologisiin kokoelmiin pääsee tutustumaan. Kesällä 2018 tällaisia päiviä ovat mm. 6.–7.7. ja 3.–4.8., jolloin sisäänpääsy kokoelmiin klo 13–16 sisältyy puutarhan pääsylipun hintaan. Suomen luonnon päivänä lauantaina 25.8. klo 13–16 sisäänpääsy on ilmainen myös geologisiin kokoelmiin.

Paikalla on myös mainio kahvila, joka jo sinällään on kävelyretken väärti!

Jää on mineraali ja Suomessa oli supertulivuori

Arton erinomainen selitys klubilaisille alkoi jo ulkona, missä esillä on kolmetonninen rautamöhkäle. Suomalainen tutkimusmatkailija-mineralogi **A. E. Nordenskiöld** löysi sen vuonna 1871 Grönlannin Diskon saarel-

ta, Ovifakista. Itse asiassa kappaleita löytyi kaikkiaan kolme: kaksi muuta ovat Ruotsin kansallismuseossa ja Kööpenhaminan Geologisessa museossa.

Koska metallinen rauta on maapallolla hyvin harvinaista, Nordenskiöld oletti – varsin loogisesti – kimpaleiden olevan rautameteoriitteja. Hän pysyi itse tässä uskossa elämänsä loppuun saakka, vaikka jo tuolloin osattiin sanoa, että ne eivät olleet taivaallista perua, koska niissä oli oikeisiin rautameteoriitteihin verrattuna liian vähän nikkeliä ja liikaa hiiltä.

Oletettavasti tämän kaltaiset lähes puhtaat rautakimpaleet voivat syntyä erittäin kuumen rautapitoisen basalttilaavan ja kivihiilikerrostumien keskinäisessä vuorovaikutuksessa. Näitä ei ole löydetty toistaiseksi mistään muualta kuin Diskon saarelta Grönlannissa.

Voisikin siis sanoa, että kappale Kumpulankartanon pihalla on harvinaisempi kuin meteoriitit, joita sentään on löytynyt varsin paljon.

Oikeita meteoriitteja oli kuitenkin sisälly rakennuksessa. Siellä meteoriittikokoelman kunniapaikalla on Bjurbölen meteoriitti, joka putosi jäälle Porvoon edustalle 12.3.1899 klo 21.30.

Tuorein tulokas on Suomesta viime vuonna löytynyt komea rautameteoriitti – lajissaan ensimmäinen Suomessa. Tapaus on muutenkin harvinainen, sillä edellinen meteoriittilöytö tehtiin vuonna 1974 Ori-mattilassa.

Meteoriitin löysi lieksalainen **Pekka Vallimies** sieniretkellä 30. toukokuu-



ta 2017. **Kari Kinnusen** johdolla Geologian tutkimuskeskuksessa tehdyissä tutkimuksissa löytö varmistui paitsi meteoriitiksi, niin myös rautameteoriitiksi. Kyseessä on harvinaislaatuinen rautameteoriitti, jonka ominaisuuksia tutkitaan nyt tarkasti.

Lieksan meteoriitti on ollut näyttelyssä vasta parin viikon ajan, sillä se liitettiin kan-

Markus Hotakainen





salliskokoelmaan 30. toukokuuta, kun Valimies luovutti sen virallisesti Luomukselle.

Ennen meteoriitteja tosin klubi ennätti viettää jo liki tunnin mineraalinäyttelyn puolella. Siellä Arto selitti ensin geologian perusteita: mineraalit ovat geologeille kuin eläin- tai kasvimaailmassa ovat lajit biologeille. Niitä on kaikkiaan noin 4 000 erilaista, joskin lähes kaikista mineraaleista on pieniä variaatioita – aivan kuten on alalajeja eläinmaailmassa.

Kaikki kivet muodostuvat mineraaleista, ja siksi kiviä sinällään on vaikeampi luokitella. Niissä olevat mineraalit kuitenkin kertovat paljon kiven historiasta, koska mineraalit syntyvät aina niille tyypillisissä olosuhteissa ja geologisissa prosesseissa. Kivissä olevien mineraalien avulla voidaan

siis sanoa varsin tarkasti miten ja millaisissa olosuhteissa kivi on syntynyt.

Tarkalleen ottaen mineraalit ovat luonnossa kiinteässä muodossa esiintyviä alkuaineita tai epäorgaanisia yhdisteitä, joilla on tietty koostumus ja yleensä säännöllinen kiderakenne. Mineraaleja ovat siis kauniit suolakiteet ja monimutkaiset silikaatit eli piipohjaiset yhdisteet.

Yllättäen myös jää on mineraali: kyseessä on hapen (jota muuten kivissäkin on paljon) ja vedyn yhdiste, joka kiinteytyessään muodostaa tarkan kiderakenteen. Arto kertoi esimerkiksi Saturnuksen Titan-kuusta, missä hyvin matalassa lämpötilassa oleva jää toimii kuin kiviaines täällä Maan päällä. Monilla taivaankappaleilla on havaittu olevan kryotulivuoria, joista magman sijaan pursuaa jotain muuta ainetta kuin sulaa kiveä.

Arton mukaan itse asiassa sana tulivuori on hieman väärä, sillä monet tulivuoret eivät sylje tulta, eivätkä itse asiassa ole vuoriakaan.

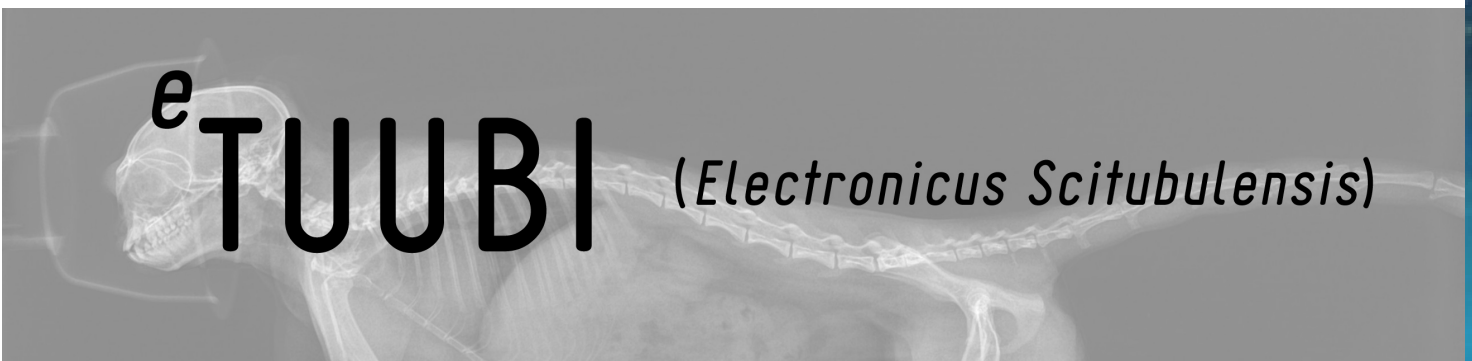
Mitä vielä tulivuoriin tulee, niin kiertokäynnin viimeisessä kohteessa, Suomen kallioperää esittelevässä huoneessa, puhuttiin kovasti supertulivuorista. Suomessa kun aikoinaan on ollut sellainen ja sen kraatteri näkyy geologisessa kartassa selvästi Suomen kaakkoiskulmassa. Arton selityksen jälkeen kartta avautui muutenkin: Suomen alueella oli muinoin kaksi tulivuorialuetta, jotka törmäsivät toisiinsa noin 1 900 miljoonaa vuotta sitten. Kyseessä oli mannerlaattojen törmäys, jonka tuloksena Suomen päälle kohosi pitkä vuoristo Svekofennidit. Se on kulunut vuosimiljoonien kuluessa hitaasti pois ja nykyinen Suomen kallioperä on itse asiassa ollut aikoinaan jopa 20 kilometrin syvyydessä.

Niin sanotussa Fennoskandia-kokoelmasa on pääosin 1800-luvun lopulla ja 1900-lu-

vun alussa eri puolilta Suomea kerättyjä näytteitä. Huoneen seinällä on suurikokoinen Fennoskandian kallioperäkartta vuodelta 1910, jonka professori **Wilhelm Ramsay** on itse värittänyt. Ramsay loi aikanaan käsitteen Fennoskandia, joka kattaa koko tämän meidän kolkkamme geologisesti yhtenäisen alueen.

Kuten aikaisemminkin Tiedetuubin klubin käynneillä, kysymyksiä ja juteltavaa olisi riittänyt vaikka kuinka pitkään. Jo nyt juttu liikkui geologivitsien ja maailmankaikkeuden synnyn välillä sujuvasti. Kiitokset Arto Luttiselle ja Luomukselle erittäin kiinnostavasta käynnistä. Kumpulan kartanossa kannattaa mennä käymään! ★JM

Markus Hotakainen





Toimitus esittäytyy

Jari Mäkinen

on opiskellut tähtitiedettä ja tehnyt juttuja etenkin avaruudesta, lentämisestä ja avaruuslentämisestä 1990-luvun alusta alkaen. Hän oli tekemässä YLEn tiedeohjelmia radioon ja televisioon vuoteen 2009 saakka, jolloin hän siirtyi työhön Euroopan avaruusjärjestöön. Sieltä hän palasi toimittajaksi vuonna 2012. Hän on toinen Tiedetuubin perustajista ja toimii nyt sen päätoimittajana. Jari on julkaissut kaksi kirjaa, *Avaruuslentäjän käsikirjan* ja *Planeettaluotainten ABC:n*.

Markus Hotakainen

on myös opiskellut tähtitiedettä ja kirjoittanut pääasiassa tähtitieteestä ja luonnosta 1980-luvulta alkaen. Lehtijuttujen lisäksi hän on ennen kaikkea tietokirjailija ja tietokirjojen kääntäjä; teoslistaus on liian pitkä tähän, sillä omia kirjoja on kertynyt 23 ja suomennoksia yli 40 – ja uusia tulee koko ajan. Markus on ollut myös tiedetoimittajana Yleisradiossa, toimituspäällikkönä WSOY:llä ja kustannuspäällikkönä Karttakeskuksessa. Markus on Tiedetuubin toinen perustaja ja lisäksi hän kirjoittaa *Taivaan tähden* -blogia Suomen Kuvalehdessä.

Jarmo Korteniemi

on Tiedetuubin toimituksen ainoa ”oikea” tutkija, sillä hän on paitsi opiskellut, niin myös valmistunut aineinaan tähtitiede ja planeettageologia. Hän on ollut tutkijana myös Yhdysvalloissa, jopa kuuluisassa Houstonissa sijaitsevassa Lunar and Planetary Institutessa. Infografiikkaan ja kirjaimellisesti tutkivaan journalismiin hurahtanut Jarmo on ollut mukana Tiedetuubissa lähes alusta alkaen ja sivuston eniten klikkauksia keränneet jutut ovat häneltä.