



Sattuman osuus tieteessä

Raimo Lehti

Royston M. Roberts: Sattuma tieteessä, onnekkaitten oivallusten historiaa. Suom. Leena Salmi, Hannu Salmi, Timo Paukku. Helsinki University Press 1998, 237 s.

Royston M. Robertsin kirjan Sattuma tieteessä epilogissa ilmoitetaan (s.223): "Tämä kirja kertoo sattumalta tehdyistä tieteellisistä keksinnöistä". Ei ole syytä olla puristinen kysymyksessä, mitä on pidettävä tieteenä ja mitä tekniikkana, mutta selkeyden vuoksi voisi ilmeisissä tapauksissa pyrkiä nämä erottavaan terminologiaan. Jos näin tekee, tuntuu tieteen korostaminen hieman erehdyttävältä, sillä teoksen 30 luvusta tasan puolet (luvut 1, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29) käsittelee tekniikkaa tai jopa tuotekehittelyä. Kerrotaan mm. miten keksittiin ensimmäinen onnistunut valokuvausmenetelmä, särkymätön lasi, tarranauha ja muistilaput.

Useat esimerkit koskevat kemian tekniikkaa, joka on kirjoittajan oma erikoisala. Kerrotaan, miten keksittiin kumin käsittely vulkanoimalla, keinoitekoinen kaupallisesti menestyvä väriaine (indigo), dynamiitti, selluloidi ja keinoitekoinen kuitu ja makeutusaineet, ja miten kehiteltiin polystyreenin, nailonin, polyeteenin, teflonin, bensiinin, polykarbonaattien ja kovien muovien valmistusprosessia ja tuotekehittelyä. Kerrotaan esimerkiksi, että "Yhdysvalloissa tuotettiin viime vuosikymmenen lopulla noin neljä miljoonaa tonnia polyeteeniä vuodessa". Vallan kiinnostavaa, mutta valaisevatko esimerkit sattuman osuutta tieteessä?

Olisivatko jotkin keksinnöistä voineet jäädä tekemättäkin, ja millainen maailmamme siinä tapauksessa olisi? Ehkäpä teknistä tyyppiä olevissa kemiallisissa keksinnöissä sattumanvaraisuus on suurempi kuin lähempänä perustiedettä olevissa keksinnöissä. Voimme kuvitella maailman ilman sakariinia ja nailonsukkia Varmaankin on löydettyissä lukuisia kemiallisia kombinaatioita, jotka olisivat joitakin käytännön tarkoitusta varten mukavia. Esitellyissä tapauksissa keksijä kuitenkin yleensä tutki suunnitelmallisesti selvästi määritellyn käytännön probleemin ratkaisuja ja oli valmistautunut oivaltamaan sattuman tarjoaman tapahtuman merkityksen.

Tekniikan alaan kuuluvaksi voi myös katsoa kirjan ensimmäisenä lukuna esitetyn kertomuksen, miten Arkhimedes määräsi kuningas Hieronin kruunun kultapitoisuuden. Olihan siinäkin olemassa ulkoapäin "yhteiskunnasta" asetettu ongelma, jonka ratkaisua Arkhimedekselta kysyttiin. Hän keskittyi ongelmaan ja (mikälii meille periytyneestä kertomuksesta voi päätellä luotettavana), sattuma auttoi häntä löytämään "teknisesti" käyttökelpoisen ratkaisun. Sattuma ei auttanut ymmärtämään, mikä (nykyisin termein) on ominaispaino, vaan (kenties) miten sen käytännössä voi määrätä monimutkaisen muodon omaavan kappaleen tapauksessa.

Toinen sekin tavallaan "teknistä" tyyppiä oleva keksintöjen ryhmä on lääkeaineiden keksiminen. Näitä käsittelee 5 lukua (luvut 3, 6, 18, 22, 27). Lääkeaineiden löytyminen on arvattavasti aina ollut osittain sattumanvaraisten havaintojen varasta. Kun kokeilee ja havaitsee, niin on todennäköistä, että joskus tärppää. Jotkut esimerkit koskevat luonnosta löytyvien lääkeaineiden keksimistä. Kerrotaan mm., miten intiaanit keksivät kiniinin malarialääkkeeksi. Isorokkorokotteen löytäminen karjakon kokemustiedon perusteella on esimerkki, jossa puhtaasti sattumanvarainen tapahtumasarja näkyy ilmeisenä. Ehkäpä tämä on tyypillistä tapauksille, missä löydetään käytötapa komplisoiduille luonnonilmiöille, joillaisia löytyy varsinkin biologian alalta.

Antibioottien, penisilliinin, sulfalääkkeiden ja magaiinien keksiminen ovat esimerkkejä lääkkeiden keksimisen oikullisuudesta, ja samoin vaikkapa joillekin lääkkeille, esimerkiksi aspiriinille ja eräille psyykenlääkkeille, löydetty uudet käyttömahdollisuudet. Lääkkeiden keksimisen kuten muidenkin keksintöjen yhteydessä voi tietenkin kysyä, minkä verran sattumanvaraista on, että lääkitsevä ominaisuus ylipäänsä keksittiin, vai liittyykö sattuma vain siihen, kuka nimenomainen henkilö sattui keksinnön tekemään?

Luonnonvoimia ja perushiukkasia

Edellä tarkastellut kaksi aihealuetta kattavat lukumääräisesti kaksi kolmannesta kirjan luvuista. Otaksuttavasti suurinta kiinnostusta herättävät kuitenkin ne kymmenen lukua, joissa tarkastellaan "perustieteeseen" kuuluvia esimerkkejä, ja sattuman mahdollista vaikutusta niiden tapauksessa. Luvuissa



5 ja 19 sekä epähistoriallista esimerkkiä esittelevässä luvussa 4 kerrotaan perustavien luonnonvoimien löytämisestä.

Tällaisesta on kyse, kun Galvani keksi sähkövirran sammakonkoipien nykähtelystä. Miten tulee sattumanvaraisuus mukaan? Olisiko sähkövirta voinut jäädä keksimättä, tai sähkömagnetismi? Nämähän 'ovat olemassa', ja aikanaan ne olisi välttämättä keksitty. Sattuma lienee vaikuttanut vain siihen, kuka sattui keksijäksi, ja kenen mukaan siis kutsumme galvanismia galvanismiksi ja jännitteen yksikköä volttiiksi.

Samoin on asian laita röntgensäteiden, radioaktiivisuuden ja ydinfission keksimisen tapauksessa. Sattumalla oli tietty osuus keksimistapahtuman yksityiskohdissa. Röntgensäteet ovat kuitenkin osa sähkömagneettista spektriä, joten ne oli pakko löytää, ja sama pätee radioaktiivisten alkuaineiden tapauksessa: eräät alkuaineet kertakaikkiaan ovat radioaktiivisia. Keksintöjen sattumanvaraisuutta voi hyvinkin epäillä jo sen takia, että molemmat keksinnöt tehtiin 1890-luvun jälkipuoliskolla. Tuon ajan fysiikan historian tutkija löytää useita perusteluita sille, miksi keksinnöt tehtiin juuri silloin. Keksinnöissä ilmenevä sattuma ei anna runkoa historian kirjoittamiselle; keksintöjen taustalla oleva fysiikan yleistilanne sen sijaan antaa.

Usein esitetty myytinomainen esimerkki kuvitellusta sattumasta on kertomus Newtonista ja omenan putoamisesta. Kertomuksen autenttisuuden todistukseksi vedotaan Sir Isaacin tunnetun Stukeleyn kertomukseen siitä, miten "ajatus painovoimasta oli aikaisemmin juolahtanut" Newtonin mieleen (s. 21-22):

[...] Hän mietti itsekseen, miksi omenan pitäisi aina pudota Maahan nähden kohtisuoraan. Miksi omena ei liiku sivuttain tai ylöspäin, vaan jatkuvasti kohti Maan keskipistettä? Varmastikin syy on se, että Maa vetää sitä puoleensa. Aineessa täytyy olla puoleensa vetävä voima, ja maapallon aineessa puoleensa vetävän voiman täytyy olla Maan keskipisteessä, ei maapallon millään reunalla. Siksi omena putoaa kohtisuoraan eli kohti keskipistettä. [...]

Jos ottaisimme tämän kertomuksen vakavasti, niin se antaisi oudon kuvan Newtonista. Olihan kysymystä painavien kappaleiden putoamisesta kohti Maan keskusta jatkuvasti ja aktiivisesti pohdittu vähintäänkin Aristoteleesta alkaen, ja erityisesti Newtonin omana aikana kysymys oli kiivaan keskustelun kohteena. Jos siis asia olisi Newtonille "juolahtanut mieleen" vasta omenan pudotessa, olisi Newton ollut tuiki oppimaton ja aikansa tieteestä syrjäytynyt henkilö. Kertomus onkin historiallisen todellisuuden vastainen ja tieteestä virheellisen kuvan antava. Juuri tässä nimenomaisessa tapauksessa oli taustalla pitkäaikainen historiallinen kehitys, jossa omenan putoamisen kaltaisella sattumalla ei ollut sijaa.

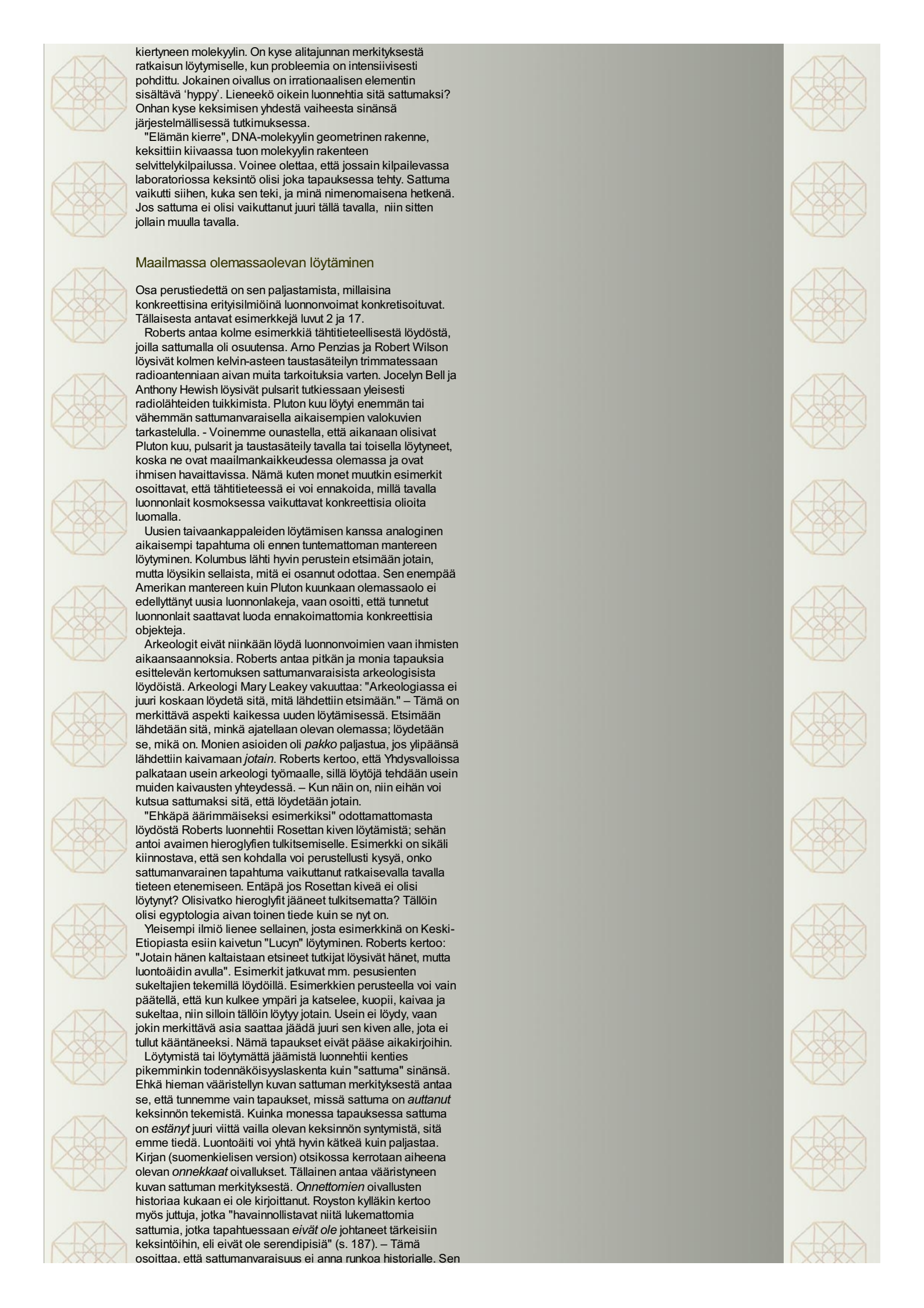
Edellisiin tapauksiin verrattavia ovat perushiukkasten ja niiden ominaisuuksien keksimiset (luvut 7, 10, 12, 30). Kemiallisten alkuaineiden löytämisestä mainitaan esimerkkeinä happi, jodi, helium ja jalokaasut. Sattuman mahdollisen merkityksen selvittäminen vaatisi historiallisen tilanteen analyysia. "Hapen löytäminen" on ambivalentti formulaatio tapahtumasarjalle, jonka alkujuuret ovat kauan kestäneessä palamisen ja hengittämisen välisen analogian tutkimisessa. Priestleyn mielipide oli (s.35):

[...] enemmän on kiittäminen sitä, mitä kutsumme sattumaksi eli filosofisesti sanottuna tuntemattomista syistä syntyvien tapahtumien havaitsemista, kuin mitään kunnollista suunnittelua tai ennakkokäsitykseen perustuvaa teoriaa.

Olipa mielipide oikea tai väärä, se antaa vastapainon pyrkimykselle nähdä tieteen eteneminen metafysisten tai sosiologisten tekijöiden määräämänä prosessina. Tieteen etenemiseen vaikuttaa ennen kaikkea se, mitä ihmisestä riippumattomassa maailmassa on olemassa, ja olemassaolevan löytymisen järjestykseen vaikuttaa muiden tekijöiden ohella myös sattuma.

Samankaltaisia esimerkkejä ovat molekyylien geometrista rakennetta koskevat keksinnöt, kuten Pasteurin löytämä yhteys molekyyli-tason geometrian ja aineen optisen aktiivisuuden välillä (vasemmalle ja oikealle kiertyvät molekyylit). Sattuman rooli oli vain siinä, että Pasteur sattui tutkimaan suolaa, jossa ilmiön voi suhteellisen selkeästi havaita. Tutkittavaksi otetun erityistapahtuksen täytyy antaa mahdollisuus keksinnön tekemiselle. Muilta osin esimerkissä on varsin vähän sattumanvaraista. Pasteurilla oli probleemi, ja hän tutki sitä järjestelmällisesti

Omalatuinen tapahtumasarja oli vaikuttamassa, kun Kekulé keksi bentseenin rengasmaisen molekyyli-rakenteen. Hän oli tutkinut asiaa kauan, ja kertoo nähneensä unessa kehäksi



kiertyneen molekyyliin. On kyse alitajunnan merkityksestä ratkaisun löytymiselle, kun probleemia on intensiivisesti pohdittu. Jokainen oivallus on irrationaalisen elementin sisältävä 'hyppy'. Lieneekö oikein luonnehtia sitä sattumaksi? Onhan kyse keksimisen yhdestä vaiheesta sinänsä järjestelmällisessä tutkimuksessa.

"Elämän kierre", DNA-molekyylin geometrinen rakenne, keksittiin kiivaassa tuon molekyylin rakenteen selvittelykilpailussa. Voinee olettaa, että jossain kilpailevassa laboratoriossa keksintö olisi joka tapauksessa tehty. Sattuma vaikutti siihen, kuka sen teki, ja minä nimenomaisena hetkenä. Jos sattuma ei olisi vaikuttanut juuri tällä tavalla, niin sitten jollain muulla tavalla.

Maailmassa olemassaolevan löytäminen

Osa perustiedettä on sen paljastamista, millaisina konkreettisina erityisilmiöinä luonnonvoimat konkretisoituvat. Tällaisesta antavat esimerkkejä luvut 2 ja 17.

Roberts antaa kolme esimerkkiä tähtitieteellisestä löydöstä, joilla sattumalla oli osuutensa. Arno Penzias ja Robert Wilson löysivät kolmen kelvin-asteen taustasäteilyn trimmatessaan radioantenniaan aivan muita tarkoituksia varten. Jocelyn Bell ja Anthony Hewish löysivät pulsarit tutkiessaan yleisesti radiolähteiden tuikkimista. Pluton kuu löytyi enemmän tai vähemmän sattumanvaraisella aikaisempien valokuvien tarkastelulla. - Voimme ounastella, että aikanaan olisivat Pluton kuu, pulsarit ja taustasäteily tavalla tai toisella löytäneet, koska ne ovat maailmankaikkeudessa olemassa ja ovat ihmisen havaittavissa. Nämä kuten monet muutkin esimerkit osoittavat, että tähtitieteessä ei voi ennakoita, millä tavalla luonnonlait kosmoksessa vaikuttavat konkreettisia olioita luomalla.

Uusien taivaankappaleiden löytämisen kanssa analoginen aikaisempi tapahtuma oli ennen tuntemattoman mantereen löytäminen. Kolumbus lähti hyvin perusteiden etsimään jotain, mutta löysikin sellaista, mitä ei osannut odottaa. Sen enempiä Amerikan mantereiden kuin Pluton kuunkaan olemassaolo ei edellyttänyt uusia luonnonlakeja, vaan osoitti, että tunnetut luonnonlait saattavat luoda ennakoimattomia konkreettisia objekteja.

Arkeologit eivät niinkään löydä luonnonvoimien vaan ihmisten aikaansaannoksia. Roberts antaa pitkän ja monia tapauksia esittelevän kertomuksen sattumanvaraisista arkeologisista löydöistä. Arkeologi Mary Leakey vakuuttaa: "Arkeologiassa ei juuri koskaan löydetä sitä, mitä lähdettiin etsimään." – Tämä on merkittävä aspekti kaikessa uuden löytämisessä. Etsimään lähdetään sitä, minkä ajatellaan olevan olemassa; löydetään se, mikä on. Monien asioiden oli pakko paljastua, jos ylipäänsä lähdettiin kaivamaan *jotain*. Roberts kertoo, että Yhdysvalloissa palkataan usein arkeologi työmaalle, sillä löytöjä tehdään usein muiden kaivausten yhteydessä. – Kun näin on, niin eihän voi kutsua sattumaksi sitä, että löydetään jotain.

"Ehkäpä äärimmäiseksi esimerkiksi" odottamattomasta löydöstä Roberts luonnehtii Rosettan kiven löytämistä; sehän antoi avaimen hieroglyfien tulkitsemiselle. Esimerkki on sikäli kiinnostava, että sen kohdalla voi perustellusti kysyä, onko sattumanvarainen tapahtuma vaikuttanut ratkaisevalla tavalla tieteen etenemiseen. Entäpä jos Rosettan kiveä ei olisi löytynyt? Olisivatko hieroglyfit jääneet tulkitsematta? Tällöin olisi egyptologia aivan toinen tiede kuin se nyt on.

Yleisempi ilmiö lienee sellainen, josta esimerkkinä on Keski-Etiopiasta esiin kaivetun "Lucyn" löytäminen. Roberts kertoo: "Jotain hänen kaltaistaan etsineet tutkijat löysivät hänet, mutta luontoäidin avulla". Esimerkit jatkuvat mm. pesusienten sukeltajien tekemillä löydöillä. Esimerkkien perusteella voi vain päätellä, että kun kulkee ympäri ja katselee, kuopii, kaivaa ja sukeltaa, niin silloin tällöin löytyy jotain. Usein ei löydy, vaan jokin merkittävä asia saattaa jäädä juuri sen kiven alle, jota ei tullut kääntäneeksi. Nämä tapaukset eivät pääse aikakirjoihin.

Löytymistä tai löytymättä jäämistä luonnehtii kenties pikemminkin todennäköisyyslaskenta kuin "sattuma" sinänsä. Ehkä hieman vääristellyn kuvan sattuman merkityksestä antaa se, että tunemme vain tapaukset, missä sattuma on *auttanut* keksinnön tekemistä. Kuinka monessa tapauksessa sattuma on *estänyt* juuri viittä vailla olevan keksinnön syntymistä, sitä emme tiedä. Luontoäiti voi yhtä hyvin kätkeä kuin paljastaa. Kirjan (suomenkielisen version) otsikossa kerrotaan aiheena olevan *onnekkaat* oivallukset. Tällainen antaa vääristyneen kuvan sattuman merkityksestä. *Onnettomiin* oivallusten historiaa kukaan ei ole kirjoittanut. Royston kylläkin kertoo myös juttuja, jotka "havainnollistavat niitä lukemattomia sattumia, jotka tapahtuessaan *eivät ole* johtaneet tärkeisiin keksintöihin, eli eivät ole serendipisiä" (s. 187). – Tämä osoittaa, että sattumanvaraisuus ei anna runkoa historialle. Sen

enempää onnekkaita kuin onnettomatkaan oivallukset eivät muodosta aihetta, jonka historiaa voisi kirjoittaa. Roberts itse ei väitäkään tällaista; sanalla historia ovat suomentajat "parantaneet" kirjan alkuperäistä otsikkoa. Pikemminkin sattuman roolista löytää varoitussignaaleja liian suoraviivaiselle historian tulkitsemiselle.

Sattuman ja ennakoimattomuuden osuus tieteen kehityksessä

Ehkä enemmän kuin sanan varsinaisessa mielessä sattumaa kirja valaisee ennakoimattomuuden roolia tieteessä. Kirjoittaja antaa aivan oikean ohjeen (s. 224):

Opiskelijoita pitäisi kehottaa olemaan ajattelussaan ja tulkinnoissaan joustavia. Ihminen, joka näkee vain sitä, mitä odottaa ja sivuuttaa odottamattomat tulokset "väärinä", ei tee keksintöjä.

Ennakoimattomuudesta kirja antaa lukuisia esimerkkejä. Kirjoittaja kertoo kumin käsittelystä vulkanoimalla ja myöhemmin polyeteenin keksimisestä (s. 52, 183):

Goodyear löysi sattumalta ratkaisun ongelmaan, jota hän yritti epätoivoisesti ratkaista sen sijaan että olisi löytänyt jotain, mitä ei edes etsinyt. [...] Polyeteeni tarjoaa kuitenkin poikkeuksellisen selkeän esimerkin siitä, miten odottamattomia tuloksia tutkimus voi tuottaa ja siitä, miten tärkeä rooli sattumalla voi olla tutkimustyössä. [...] Vuosien 1932 ja 1933 aikana kokeiltiin noin viittäkymmentä reaktiota, ja tulokset tuottivat pettymyksen [...]

Kun tällaista tapahtuu, niin pitäisi kai kutsua pikemminkin ennakoimattomuudeksi kuin sattumaksi sitä, jos viideskymmenesensimmäinen reaktio osoittautuu menestykseksi? Tutkimus tuottaa odottamattomia tuloksia, mutta olennaista on, että jotain tutkitaan. Kemisti Zieglerin työtä luonnehti hänen työnsä jatkaja (s. 189):

Karl Zieglerin ohjenuorana oli, että ei ole mahdollisuutta ennakoita jotain, joka on todella uutta: se voidaan keksiä vain kokeellisesti. -- Lisäksi yksi Zieglerin periaatteista oli pitää silmät avoinna eikä kieltää uusia ilmiöitä, vaikka ne tuntuisivat tärkeimpään hankkeeseen nähden kuinka epäoleellisilta tahansa.

Kirjoittaja tiivistää näkemyksensä "serendipisyyden" merkityksestä (s. 226):

Mikä tahansa mainituista sattumista ja vahingoista olisi voinut jäädä huomaamatta ja olisi silloin jäänyt merkityksettömäksi tapahtumaksi. Niillä henkilöillä, joille ne tapahtuivat, oli kuitenkin terävä-älyisyyttä. Juuri siksi meillä on selitys planeettojen liikkeitä hallitseville laeille; ensiaskeleet molekyyliarakenteen ja fysiologisen aktiivisuuden välisen suhteen ymmärtämisessä; käsitystä muinaisten sivistysten kulttuureista ja kielistä; röntgensäteet diagnoosien tekemistä ja hoitoa varten, radioaktiivisuus ja ydinenergia; rokote isorokkoa ja muita tauteja vastaan; "ihmelääke" penisilliini ja sen seuraajat; nailon ja polyesteri vaatteiden tekemistä varten; teflon paistinpannuja ja sydänläppiä varten; ja muut polymeerit muovipusseja, jääastioita, tutkia, vesihiihtoköysiä, luodinkestäviä suoja ja lentokoneiden ikkunoita varten.

Tässä kirjoittaja tuntuu selvästi lausuvan näkemyksensä sattuman *kausaalista* vaikutuksesta tapahtumien suurimittaiseen kulkuun. Kirjan lukija voi leikkiä pohdinnalla, onko tämä näkemys vallitsevasta kausaalirelaatiosta oikea. Missä tapauksissa keksintö olisi jäänyt tekemättä, jos sattuma ei olisi puuttunut peliin, ja missä tapauksissa keksintö oli tietystä mielessä välttämätön? Kirjoittaja ei kysymystä analysoi, eikä esittele keksintöjen muita ja sanan täydessä mielessä historiallisia taustoja. Tuntuu siltä, että sattumaa tärkeämmksi tekijäksi nousee jokin muu keksintöihin johtava asia. Roberts siteeraa lääketieteen nobelistin Richey'n puhetta (s. 128):

[...] keksintö ei ole lainkaan syvällisen ajattelun tulos, vaan yksinkertainen miltei vahingossa tehty havainto; niinpä minulla ei ole mitään muuta ansiota kuin se, että en kieltäytynyt näkemästä tosiasioita, jotka levittäytyivät edessäni täysin avoimesti.



Voimme tietenkin asettaa kyseenalaiseksi, onko tutkija itse osannut analysoida kaikkia keksintöönsä vaikuttavia tekijöitä, mutta ei hänen (ja monen muunkin) kokemaansa tunnetta eteensä "täysin avoimesti" levittäytyvistä tosiasioista tulisi tiedettä selitettäessä sivuuttaa, eikä piirtää tieteestä kuvaa "totuuden sosiaalisena konstruktiona". Kirjan kenties merkittävin anti harkitsevalle lukijalle löytyy siitä, että se korostaa ihmisen suunnitelmien rajoittuneisuutta keksintöihin johtavana tekijänä. Tieteessä keksitään sellaista, mitä kulloinkin voidaan keksiä, ja sen määrää maailma itse.

Kirjoittaja on Teknillisen korkeakoulun matematiikan emeritusprofessori, joka on erikoistunut erityisesti tieteen historiaan.

