

# KEMIA

HISTORIAEKSTRA 2014

Kemi

TEOLLISUUS • TUTKIMUS • TALOUS • KOULUTUS • YMPÄRISTÖ • BIO • NANO • PROSESSI

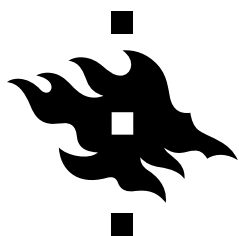
Maatila oli

**A.I. VIRTASEN**  
sielunmaisema

**NOBELIN PALKINTO**  
saa tunteet roihuun

**KEMIA**  
Kemi  
40 vuotta

**INSINÖÖRIN**  
hyytävä yövuoro



HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

KEMIAN LAITOS  
KEMISKA INSTITUTET  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

# KEMIALLA

huipulle ja yhteiskuntaan



## Suomen suurin ja laaja-alaisin kemian laitos

Syvällisestä perustutkimuksesta teollisiin sovelluksiin.  
Monipuolista kotimaista ja kansainvälistä opetus- ja tutkimusyhteistyötä.  
Kemianluokka Gadolin koulujen opetuksen tukena.



[WWW.HELSENKI.FI/KEMIA](http://WWW.HELSENKI.FI/KEMIA)



**Kustantaja**

Kemian Seurat  
Urho Kekkosen katu 8 C 31  
00100 Helsinki  
puh. 010 425 6300  
toimisto@kemianseura.fi  
kemianseurat.fi

**Julkaisija**

Kempulssi Oy / Kemia-lehti  
Pohjantie 3  
02100 Espoo  
toimitus@kemia-lehti.fi

**Toimitus**

Päätoimittaja  
Leena Laitinen  
puh. 040 577 8850  
leena.laitinen@kemia-lehti.fi

**Toimituspäällikkö**

Päivi Ikonen  
puh. 0400 139 948  
paivi.ikonen@kemia-lehti.fi

**Taitto**

K-Systems Contacts Oy  
Päivi Kaikkonen  
taitto@kemia-lehti.fi

**Sihteeri**

Irja Hagelberg  
puh. 0400 578 901  
irja.hagelberg@kempulssi.fi

**Lisäkappale tiedustelut:**

tilaukset@kemia-lehti.fi  
puh. 0400 578 901 /  
Hagelberg



Painos 10 000 kpl  
Forssa Print, Forssa 2014  
www.forssaprint.fi

## PÄÄKIRJOITUS

20. maaliskuuta 2014

### ”Tuli vapauden tunnelma”

Helsingin yliopistossa ahersi maaliskuussa 1914 poikkeuksellisen lahjakas ja motivoitunut fuksi. Tutkijaksi haluava ylioppilas oli tullut edellisyyksynä Viipurista pääkaupunkiin opiskelemaan eikä huvittelemaan.

”Se minua ihastutti, että sai itse valita aineet, joita halusi oppia. Tuli sellainen vapauden tunnelma”, maamme tunnetuin tiedemies Artturi I. Virtanen muisteli myöhemmin. Suomalaisten onneksi tuleva nobelisti valitsi kemian, jonka parissa hän teki ainutlaatuisen uran ja nerokkaat keksintönsä.

Tämä Kemian Seurojen kustantama historialehti on 40-vuotiaan Kemia-lehden lukijalahja ja kunnianosoitus ihmisille, jotka ovat vieneet kemian tiedettä ja teknologiaa eteenpäin.

Olemme koonneet lehteen vuosien varrella julkaisemiamme tarinoita kemiasta ja kemisteistä, miehistä ja naisista, joille tiede ei ollut työtä vaan elämää. Osa jutuista on päivitetty, ja mukana on myös aivan

uusia artikkeleita, kuten Touko Perkon avausjuttu Virtasesta ja kertomus suomalaisen kemianteollisuuden noususta sivuroolista vientiveturiksi.

Lehti nostaa esiin myös uranuurtajia, jotka ovat raivanneet esimerkiksi naisille tietä luonnontieteisiin. Onneksi lahjakkaiden nuorten ei enää tarvitse luopua unelmiensa ammatista vain siksi, että sattuvat edustamaan ”väärää” puolikasta ihmiskunnasta.



Markku Joutsen

*Leena Laitinen*

Leena Laitinen

## SISÄLLYS

- 4 Artturi I. Virtasen elämä oli suuri seikkailu
- 10 Gustaf Komppa oli kemian voimamies
- 11 Kemistikilta on virkeä vanhus
- 12 Nobelin palkinnon värikäs historia
- 17 Johan Gadolin löysi uuden alkuaineen
- 18 Kemianteollisuuden monet kasvat
- 22 Yövuoroon
- 26 Biokemian pioneeri Ulla Hamberg
- 29 Rosalind Franklin, dna:n tumma leidi
- 30 Analytiikka arkeologien apuna
- 34 Rachel Carsonin Äänetön kevät järjestytti maailmaa
- 38 Mies joka kansantajuisti aivojen oikut
- 42 Liekkisulatuksen huikea menestystarina
- 45 Molotovin cocktail pelasti Suomen
- 46 Viinan viemät vallankahvassa
- 49 Liemivoimaa ja namimuruja
- 50 Pastöroinnin isä keksi myös pipetin



Ilkka Pollari kirjoittaa jäätävästä keikasta Oulun muurahais-happotehtaassa, s. 22.



Rosalind Franklinin löytö tuotti Nobelin palkinnon kahdelle miehelle, s. 29.



**Nobelisti ja Metta-lehmä.** Niin kunnioitettu tiedemies – jonka mullistavaa rehukeksintöä arvostivat varmasti lehmätkin – kuin A. I. Virtanen olikin, hän oli itse ylpein maanviljelijän tittelistään.





J. Kallonen • Kuvien haltijat: Valtio

# Suomen oma AIV Iloisen karjalaispojan elämä oli suuri seikkailu

■ Artturi Ilmari Virtanen asetti jo koulupoikana itselleen tavoitteen saada aikaan jotain pysyvää ja merkityksellistä. Muutama vuosikymmen myöhemmin hän toi Suomelle pienen maan toistaiseksi ainoan tieteen Nobelin palkinnon.

## Touko Perko

Viipurilaisen veturinkuljettajan **Kaarlo Virtasen** ja hänen vaimonsa **Serafinan** (o.s. **Isotalo**) perheeseen syntyi 1800–1900-lukujen vaihteessa yhteensä seitsemän poikaa. Heistä neljä nuorinta kuoli kuitenkin keuhkokuumeeseen jo ennen yksivuotispäiväänsä.

Pojista kolmanneksi vanhin, **Artturi Ilmari Virtanen** (1895–1973) tuli myöhemmin siihen tulokseen, että keuhkokuume oli seurausta A-vitamiinin puutteesta. Perheessä käytettiin ruokamenojen säästämiseksi ruisleivän, ruispuuron ja perunan ohessa vain kuorittua maitoa, josta A-vitamiini oli rasvan separoinnissa siirtynyt kermaan.

Veljien kuolema oli keskeinen kannustin siihen, että Virtasesta aikanaan tuli Suomen johtava ravitsemusasiantuntija, joka johti Kansanravitsemuskomitean tutkimuksia vuodet 1936–1940. Hänen ansiotaan on muun muassa se, että kaikkiin kouluihin saatiin kouluruokailu.

A. I. Virtasen lapsuudessa hänen kotimaansa tunnettiin syrjäisenä ja köyhänä ”Euroopan tyhjätaskuna”. Hänen aikuistuessaan Suomi oli kuitenkin nousmassa maanosan nopeimmin kehittyvien kansakuntien ryhmään. Tuossa edistyksessä Virtasella ja hänen tieteellään oli vahva roolinsa.

Virtanen itse kutsui elämäänsä ja työtään kemian parissa ”suureksi seikkailuksi”. Jo oppikoulun yläluokilla Viipurin Klassillisessa lyseossa hän päätti ryhtyä tutkijaksi ja asetti tavoitteekseen saada aikaan jotain merkityksellistä, suurta ja pysyvää.

## Aku Ankan ihailija

Lapsena Artturi lausui mielellään runoja jo niin pienenä, ettei osannut vielä säännettä – ”vanhempien kuulijoiden vilpittömäksi iloksi”. Jo tuolloin havaittiin, että hänellä oli herkkä runokorva ja elävä rytmitaju.

Lukuhetket kaupunginkirjastossa syrjäyttivät urheilun, johon poika myös tunsi viehtymystä. Hän otti kuitenkin vielä keski-ikäisenäkin mielellään osaa pikku kilpailuihin maatilallaan, hyppäsi pituutta ja heitti keihästä tai kiveä.

Koulussa Artturi oli vilkas ja usein kovääninenkin oppilas. Esimerkiksi laulutunnilla opettaja saattoi häntä ojentaa: ”Artturi pitäköön suunsa kiinni, jotta toisten äänet kuuluvat.”

”Näin menetti maailma suuren laulajan”, Virtanen kertoi – puoliksi leikillään – työtovereilleen vuosikymmeniä myöhemmin.





Fyysisestä kunnostaan Artturi, jolla oli alttiutta moniin sairauksiin, pyrki pitämään huolta liikkumalla luonnossa, harrastamalla hyötyliikuntaa, syömällä terveellisesti ja kieltäytymällä tupakasta ja alkoholista.

Hän oli koko ikänsä innokas kalastaja, joka vielä nobelistinakin mielellään paistoi ahvenia nuotiolla. Kerrankin hän kirjoitti kouluaineesta kesäisestä kalarekistä ja päätti aineen: ”Olimme onnellisia ja kalat molskivat iloisisa veneen pohjalla”.

Opettaja tohti hieman epäillä sitä, että kalat olisivat ilosta molskineet.

Nuoren Artturin ehdoton suosikki oli amerikkalainen **Mark Twain**, yksi maailmankirjallisuuden johtavista humoristeista. Tom Sawyerin ja Huckleberry Finnin seikkailut Mississippi-virralla ihastuttivat Artturin poikamaista mieltä. Samasta syystä häntä viehätti **Aleksis Kiven Seitsemän veljestä**.

Leikkimielisen *homo ludens* -asenteen Virtanen säilytti vanhoille päivilleen saakka. Hän ei kaihtanut esiintyä *Aku Ankan* säännöllisenä lukijana sen jälkeen, kun lehti alkoi vuonna 1952 Suomessa ilmestyä. Nobelisti kutsui sitä

Kymmenen ikävuoden korvilla Artturi ja hänen kaksi veljeään inostuivat kerran rakentamaan lentokonetta. Lopputulos jäi kauaksi tavoitteesta, mutta Artturi ei ollut tästä moksiskaan vaan totesi: ”Saatiin ainakin ihan hyvät lantakärkyt putarhatöihin.”

”ainoaksi puhdashenkiseksi julkaisuksi meidän ajassamme”.

Myös kiinteä suhde Mark Twainiin säilyi. 75-vuotishaastattelussaan Virtanen kertoi, että hänet oli juuri valittu kansainvälisen Mark Twain -seuran ritariksi. Ennen häntä suomalaisia ritareita olivat olleet **Sibelius** ja **Mannerheim**.

### Yliopiston vapaus

Opiskelu Helsingin yliopistossa oli Virtaselle mieluista.

”Se minua ihastutti, että sai itse valita ne aineet, joita halusi oppia. Tuli sellainen vapauden tunnelma... Tämähän on yliopiston tehtävä: vapauttaa koulupojat läksyistä ja antaa mahdollisuus vapaasti valita ne alat, joihin he halua-

vat perehtyä,” hän kertoi vähän ennen kuolemaansa.

Pääaineensa valintaa Virtanen perusteli näin:

”Jollain tapaa kemia viehätti minua ja minulla oli se tunne, että tässä on tie, jota tarvitaan välttämättä, että nämä luonnontieteet saavat vasta sellaisen oikean nyanssin, kun ne yhdistetään kemiaan.”

Opiskeluvuosinaan A. I. Virtanen löysi myös myös tulevan vaimonsa.

Kaikki lähti siitä, että kemian laitoksen laboratorio suljettiin jo kello 17, Virtanen kertoi myöhemmin oppilaalleen **Jorma K. Miettiselle**.

Maantieteen laitoksessa sai sen sijaan piirtää karttoja iltakahdeksaan saakka. Kun viipurilaisnuorukainen oli tullut pääkaupunkiin opiskelemaan eikä huvittelemaan, hän valitsi opintojensa kohteeksi myös maantieteen. Sitten hän suorittikin aineesta approbaturin.

Karttarajoituksissa Virtanen tutustui etenkin naisopiskelijoihin, joita maantieteen kursseilla oli runsaasti. Poikalyseon kasvattina hän oli ”tyttöjen suhteen kaino”, mutta alkoi siitä huolimatta kulkea harjoituksista kotiin yhtä matkaa erään **Lilja Moision** (1894–1972) kanssa.

Artturin ja Liljan suhdetta vahvistivat muutkin yhteiset harrastukset, kuten aktiivinen toiminta ylioppilaiden raittiusseurassa, jonka illanvietoissa ei juopoteltu ja jossa tanssin sijasta leikittiin piirileikkejä.

### Vaiherikas häämatka

Pari avioitui vuonna 1920, jolloin Artturi oli jo valmistunut tohtoriksi ja Lilja maisteriksi. Samana keväänä Virtaset lähtivät yhdistetylle hää- ja opintomatkalalle Sveitsiin.

Sinne nuoripari halusi matkustaa Saksan kautta, mutta Saksan lähetystö ei myöntänyt Liljalle viisumia, ”koska tällä ei olisi mitään tekemistä Zürichissä”. Näin matka piti tehdä Englannin ja Ranskan kautta.

Britanniaan pääsy osoittautui hankalaksi. Tanskan Esbjergistä Lontooseen kulkeva laiva, jolla Virtasten oli tarkoitus matkustaa, kellui lakon takia satamassa. Pari matkusti Norjan Bergeniin, mutta laivapaikat sieltä Newcastleen oli myyty loppuun pariksi viikoksi eteenpäin.

Kolmen päivän odottelun jälkeen he kuitenkin saivat liput, kun eräs vanhempi pariskunta peruutti matkansa tulossa olleen myrskyn takia. Nuoret Virtaset eivät pelänneet, mutta ”molemmat olimme ensimmäisen ja viimeisen kerran elämässämme kovassa meritaudissa”.

Vaiherikkaan häämatkan seuraava koettelemus oli Lontoossa, jossa pankkivirkailija ei tunnistanut Suomen markkoja

Virtasesta tuli innokas *Aku Ankan* lukija heti, kun lehti vuonna 1952 alkoi ilmestyä Suomessa.



AIV-rehun ensimmäiset kenttäkokeet tehtiin Tuiskulan maatilalla Askolassa vuonna 1928. A. I. Virtanen seisoo ylhäällä rehutuppo kädessään, vierellään Henning Karström.





**Virtanen oli esimies, jonka innostus tarttui koko laboratorioon. Tässä tutkitaan työn tuloksia tohtori Niilo Rautasen (vas.) kanssa.**

eikä suostunut vaihtamaan niitä punniksi.

”Hän kääntyi muun henkilökunnan puoleen siellä konttorissa, heilutti ilmassa tätä tuhatlappusta ja sanoi: ’Katsokaa, Suomen markkoja!’ Silloin minä olin suoraan sanoen niin kiukuissani, että olin vähällä iskeä sitä äijää”, Virtanen kertoi.

Kun puntia ei ollut edes ruokaan, Virtaset kiirehtivät Pariisiin, jossa heillä oli rahaksi vaihdettava sekki, ”niin että saimme ensi kerran kunnolla syödä”. Muuten kokemukset kyllä karttuivat myös Pariisissa. Virtaset asuivat kolme päivää bordellissa, kun eivät tienneet, millaisesta palvelutalosta oli kysymys.

Päämäärä oli sen sijaan toiveiden täyttymys.

”Kun saapui Sveitsin rajan yli, niin todella tunsin tulevansa uuteen maailmaan. Siellä vallitsi hyvinvointi ja järjestys, kaikki liikenne kulki hyvin ja todella se oli rauhan maa. Sen takia me ihastuimme Sveitsiin suuresti.”



Virtanen sai väitöskirjansa aiheen professori Ossian Aschanilta keväällä 1917 mutta aloitti tutkimuksensa vasta syksyllä. Kemikaalit ja laboratoriotarvikkeet olivat lopussa, eikä niitä enää saatu kemian suurmaasta Saksasta, joka oli Venäjän vihollinen.

”Oli niin vähän kemikaaleja, että ei ollut kysymys, mitä halusi tutkia, vaan mitä voi tehdä”, Virtanen muisteli myöhemmin.

## Isänmaallinen viipurilainen

Artturi Ilmari Virtanen syntyi Helsingissä 15. tammikuuta 1895. Kolme kuukautta myöhemmin perhe muutti Viipuriin, josta tuli Artturin koti- ja koulukaupunki.

Päästyään ylioppilaaksi Viipurin klassillisesta lyseosta vuonna 1913 Virtanen aloitti kemian opinnot Helsingin yliopistossa. Sieltä hän väitteli filosofian tohtoriksi vuonna 1919.

Väitöksensä jälkeen Virtanen siirtyi kemistiksi Valion laboratorioon, jonka johtajaksi hänet valittiin vuonna 1921. Laboratorioista tuli vuonna 1924 myös Helsingin yliopiston biokemian laboratorio. 1920-luvun alkuvuosina Virtanen teki myös opintomatkoja Saksaan, Sveitsiin ja Ruotsiin.

Vuonna 1921 Virtanen keksi voin säilyvyyttä parantavan AIV-suolan ja vuonna 1929 uudenlaisen karjanrehun säilöntämenetelmän, AIV-rehun. Keksinnot toivat hänelle vuoden 1945 kemian Nobelin palkinnon.

Vuonna 1931 Virtanen kutsuttiin Teknillisen korkeakoulun biokemian professoriksi ja vuonna 1939 Helsingin yliopiston kemian professoriksi. Vuonna 1931 hänestä tuli myös uuden Bioteknillisen tutkimuslaitoksen johtaja, jossa virassa hän toimi vuoteen 1973.

1930-luvulla Virtanen tutki muun muassa emmentaljuuston laatua ja biologista typensidontaa. Sotavuodet 1939–1944 hän keskittyi etsimään korvaavia ratkaisuja ravinnon ja materiaalien puutteeseen. Hän kehitti kuuluisaan Molotovin cocktailiin kemiallisen sytyttimen ja myös erilaisia räjähteitä.

Virtanen valittiin ensimmäisenä Suomen Akatemian jäseneksi ja akateemikkojen esimieheksi. Hän sai lukuisia tiedeakatemioiden jäsenyyksiä ja muita kunnianosoituksia myös ulkomailta.

Virtanen avioitui Lilja Moision kanssa vuonna 1920. Parille syntyi kaksi poikaa, **Kaarlo Ilmari** vuonna 1921 ja **Artturi Olavi** vuonna 1925.

A. I. Virtanen osallistui Viipurin valtaukseseen vuoden 1918 sodassa, joka oli hänelle ehdottomasti vapauskota. Jatkosodan jälkeen hän arvosteli julkisesti **Paasikiven** ja **Kekkonen** johtamaa yya-politiikkaa. Molemmat presidentit kuitenkin pitivät Virtasta tieteen nerona ja käyttivät häntä ja muita johtavia toisinajattelijoita vastavoimana Neuvostoliiton ylenmääräisille vaatimuksille.

**Touko Perko**

**Pariisissa Virtaset asuivat kolme päivää bordellissa, kun eivät tajunneet, minkälaisesta palvelulaitoksesta oli kysymys.**



**Lilja ja Artturi Virtanen istumassa maatilansa kuistilla vuonna 1961.**



Biokemiallisen tutkimuslaitoksen kasviosaston parvekkeella vietetään juhlia keväällä 1944. Toisena oikealta Henning Karström, A. I. Virtasen oikea käsi ja ensimmäisenä tohtoriksi väitellyt oppilas.



Kun vielä alppimaan upea luonto lumosi Virtaset, heistä tuli pysyviä Sveitsin ystäviä.

### Matka nobelistiksi

Sveitsissä Artturi I. Virtanen työskenteli viisi kuukautta Zürichin teknillisessä korkeakoulussa maatalouskemian professorin **Georg Wiegnerin** laboratoriossa.

Toisella, Tukholmaan tehdyllä opintomatalla Virtasen oppi-isäksi kasvoi **Hans von Euler**, joka vuonna 1929 sai kemian Nobelin palkinnon. Kun von Eulerilla oli ollut opettajinaan viisi nobelistia, palkinnosta tuli Virtasellekin luonteva tavoite, joka olisi saavutettavissa ahkeralla, innovatiivisella työllä.

Virtanen oli aloittanut työnsä kemistinä Valion laboratoriossa vuonna 1920 ja nousut seuraavana vuonna laboratorion johtajaksi. Vuonna 1924 laboratorion tulo myös biokemian yliopistolaboratorio.

Kun pienessä ja kodikkaassa laboratoriossa – Virtasen sanontaa käyttäkseni – ”paikittiin töitä”, johtaja kulki usein huoneesta toiseen keskustelemassa nuorten tutkijoiden kanssa. Hänellä oli tapana innostuneena myhäillen huudahtaa: *Fervet opus* [työ hurisee]!

Latinankielisessä huudahduksessa näkyi klassillisessa lyseossa saatu klassi-

Kuuluu saksalainen käymiskemisti Carl Neuberg vieraili Suomessa 1920-luvun lopulla ja halusi tavata A. I. Virtasen. Kolmikymppisen suomalaisen nähdessään saksalainen ihmetteli: ”Oh, Sie sind so jung, Sie sind so jung.”

Kun Virtanen vuonna 1973 kertoi tapauksesta entisille kollegoilleen, Henning Karström totesi: ”No, sinä olit nuori poikanen siihen aikaan.”

**Laboratoriossa Virtasella oli tapana myhäillen huudahtaa: *Fervet opus!* Työ hurisee!**

sen sivistyksen perusta, josta Virtanen oli syystä ylpeä.

Jo 1920-luvulla laboratoriossa syntyi ns. Virtasen koulukunta. Hänen oppilaitaan väittelivät ensimmäisinä **Henning Karström** ja **Janne Tarnanen**.

Myös suuret keksintönsä, AIV-voi-



F. P. Niinivaara

Vain onnekkaimmat kuulijat mahtuivat istumaan tuoreen nobelistin luennolla Helsingin yliopistossa vuonna 1945. Jopa eteisaula oli täpötäynnään väkeä.





Professorit Jorma K. Miettinen (kesk.) ja Matti Kreula ojentavat A. I. Virtaselle tämän 70-vuotispäivän kunniaksi lyötetyn mitalin suurikokoista kipsimallia.

Tukholman kaupungintalon Nobel-juhlassa Virtanen intoutui tanssimaan elämänsä ensimmäisen tanssin.



Mies joka piirsi nimensä Nobelin palkinnon historiaan. Ruotsin kuningas Kustaa V ojentaa vuoden 1945 Nobelin palkinnon Artturi I. Virtaselle.

## Nobelisti oli erittäin ylpeä kirjeestä, joka oli osoitettu "Maanviljelijä A. I. Virtaselle".

suolan ja AIV-rehun, Virtanen teki jo 1920-luvulla. Niiden ansiosta hän nousi Nobel-kaavailuihin ensimmäisen kerran vuonna 1933, jolloin professorit **Niilo Toivonen** ja **Oskari Routala** ehdottivat hänelle palkintoa. Kaikkiaan ehdolla oli tuolloin 12 kemistiä.

Kemian Nobel jätettiin tuona vuonna jakamatta, mutta komitea piti Virtasta varteenotettavana ehdokkaana. Se kuitenkin katsoi, ettei AIV-rehua ollut vielä tarpeeksi testattu. Komitea halusi siksi odottaa sekä ruotsalaisten omia rehukokemuksia että Virtasen uusia tutkimustuloksia biologisesta typensidonnasta.

Valio oli vuonna 1931 rakentanut uuden, komean Biokemiallisen tutkimuslaitoksen, jonka tueksi oli perustettu laajajohjainen Kemiantutkimus-Säätiö. Tarkoituksena oli taata Virtaselle mahdollisimman hyvät tutkimusolosuhteet.

Tämä jatkoikin AIV-järjestelmänsä

kehittämistä läpi koko vuosikymmenen ja informoi säännöllisesti ruotsalaisia Nobel-päätäjiä edistymisestään, kunnes oli vuonna 1945 lopulta valmis palkittavaksi.

Artturi Ilmari Virtasesta tuli tuolloin Suomen ensimmäinen tiedenobelisti ja samalla kansallissankari.

Tukholman kaupungintalossa järjestetyn juhlaillallisen huumassa Virtanen kumarsi parketille toisen tutkijan, entisen oppilaansa **Maire Jaarman** – tanssien näin elämänsä ensimmäisen tanssin.

### Ylpeä maanviljelijä

Sekä Virtanen että Valio olivat jo ennen Nobel-voittoa saaneet AIV-innovaatioista huomattavat patenttitulot.

Virtasen oppilas, professori **Jorma Erkama** kertoi vuonna 1967, että menestyksellisenä keksijänä ja nobelistina Virtasella olisi ollut erinomaiset mahdollisuudet kasvattaa omaa varallisuuttaan. Sitä tämä ei kuitenkaan tehnyt, vaan sijoitti rahat tieteeseen.

Patenttituloillaan Virtanen tosin teki yhden suuren ostoksen hankkimalla itselleen Sipoosta maatilan – mutta senkin tutkimuslaitoksensa koetilaksi.

Lilja Virtasen kertoman mukaan hänen miehensä ihaili maanviljelijän työtä, koska se oli niin monipuolista ja koska se ammattina oli ihmisen ravitsemuksen perusta. Virtanen oli todennut, että jos hän ei olisi tiedemies, hän haluaisi olla maanviljelijä.

Virtasen vahva karisma synnytti luottamusta myös päätoimisissa viljelijöissä. Hänestä tuli koko kansan Rehu-Virtanen,

Keväällä 1947 nobelisti pani kerran merkille, että muuan nuori tutkijan-alku oli kovin alakuloinen. Virtaselle kerrottiin, että naisen abiturienttivelä makasi Marian sairaalassa kuolemaisillaan vatsakalvontulehdukseen.

Virtanen soitti välittömästi yliääkärille. Puhelun jälkeen potilas sai sairaalan niukoista varastoista penisilliiniä. Näin veli, nimeltään Mikko Laaksonen, pelastui. Samalla pelastui Suomelle myöhempi kansanedustaja, oikeusministeri ja verohallituksen pääjohtaja.

maaseudulle nousi kymmeniätuhansia AIV-torneja, ja maitotiloilla tehtiin "virtasia".

Pari kertaa nobelisti sai kirjeen, joka oli osoitettu "Maanviljelijä A. I. Virtaselle". Tästä tutkija oli ylpeämpi kuin siitä, että Paavin akatemia puhutteli häntä *Hänen Ylhäisyydekseen*.

Ylpeä Virtanen oli myös siitä, että Sipoon tilalla häntä tituleerattiin isännäksi eikä professoriksi. Isännän rooli ei kuitenkaan merkinnyt sitä, ettei hän olisi voinut itse tarttua tilan pienimpiinkin töihin. Nobelisti nähtiin usein muun muassa kitkemässä rikkaruohoja koekentiltä. □

Dosentti Touko Perko on kirjailija ja historioitsija. Hänen uusi kirjansa *Tieteen valtias – politiikan toisinajattelija. Nobelisti A. I. Virtasen elämäntyö ilmestyy alkuvuodesta 2015.*

# Gustaf Komppa oli kemian voimamies

■ Viipurilainen vossikanpoika Gustaf Komppa nousi yhdeksi Suomen kaikkien aikojen arvostetuimmista kemisteistä. Hänen kuuluisin saavutuksensa on kamferin synteesi.

Pekka T. Heikura

Kemisti **Gustaf Komppa** onnistui siinä, mitä **Ossian Aschan** ja monet muut tutkijat olivat ennen häntä turhaan yrittäneet: kamferin totaalisynteessissä.

Teoreettisen mallin Komppa sai valmiiksi vuonna 1901, ja vuonna 1903 synteesi toteutui vihdoinkin käytännössä. Saavutuksellaan suomalaiskemisti nousi maailmanmaineeseen yhtenä alan etevimmistä synteetikoista.

Gustaf Komppa syntyi vuonna 1867 Viipurissa vuokra-ajurin poikana. Kun hän kuoli Helsingissä vuonna 1949, hän oli kohonnut yhdeksi kaikkien aikojen arvostetuimmista suomalaisista kemisteistä.

Vähävarainen Komppa ei koskaan suorittanut ylioppilastutkintoa, mutta kauppaneuvos **Wilhelm Hackmanin** järjestämän lainan turvin hän eteni Polyteknilliseen opistoon ja valmistui sieltä diplomi-insinööriksi vuonna 1890. Vuotta myöhemmin hän suoritti myös filosofian kandidaatin tutkinnon Helsingin yliopistossa.

Seuraavan vuoden Komppa työskenteli ajan merkittävimmissä teknillisessä oppilaitoksessa, Zürichin polyteknillisessä koulussa, professori **A. R. Hantzschin** laboratoriossa. Sveitsistä palattuun hän väitteli tohtoriksi Helsingin yliopistossa vuonna 1893.

Väitöksensä jälkeen Gustaf Komppa aloitti työn kemian opettajana vanhassa opinahjossaan Polyteknillisessä opistossa. Ura jatkui kemian professorina vuodesta 1908 lähtien, jolloin laitos muuttui Teknilliseksi korkeakouluksi. Professorinvirkaa hän hoiti 70-vuotiaaksi eli vuoteen 1937 saakka.

Orgaanikko Kompan kaikki tunnetuimmat saavutukset liittyvät juuri kamferin ja terpeeniyhdisteiden kemiaan. Hän tutki sekä luonnossa esiintyviä että synteettisiä terpeeni- ja kamferiyhdisteitä.



**Gustaf Komppa väitteli tohtoriksi Helsingin yliopistosta mutta teki tieteellisen uransa Teknillisessä korkeakoulussa, jossa hän työskenteli lähes kolme vuosikymmentä.**

## Myös teollisuusmies

Urallaan Gustaf Komppa ratkaisi muitakin nimenomaan alisyklisen kemian alaan kuuluvia rakennekysymyksiä. Hänen meriitteihinsä kuuluu myös pineenin totaalisynteesi vuonna 1937.

Utteran tutkija kehitti myös muun muassa menetelmän, jonka avulla kotimaisesta turpeesta voitiin tehdä korkeakantaanista bensiiniä ja nestemäistä voiteluainetta. Turvebensiniitutkimuksia hän jatkoi vielä eläkkeellä ollessaankin.

Julkaisijanaan Komppa ahkeroi: hänen julkaisutoimintansa käsittää kolmatasataa tutkimusta koti- ja ulkomaisissa tieteellisissä aikakauskirjoissa.

Toimeliaana miehenä professori ehti osallistua myös käytännön teollisuushankkeisiin. Hän kuului muun muassa Orion Oy:n ja Suomen Gummitehdas Oy:n – nykyisen Nokian Renkaiden – perustajiin ja johti yritysten hallituksia vuosien ajan.

Komppa oli Suomalaisen Tiedeakatemian perustajajäsen ja sen ensimmäinen sihteeri vuodet 1908–1944. Heidelbergin, Kööpenhaminan ja Uppsalan yliopistot kutsuivat hänet kunniatohtoriksi.

Viimeisinä vuosikymmeninään tiedemies harrasti koristepuiden ja -kasvien viljelyä ja saavutti kansainvälistä mainetta myös tällä alalla. □

Kirjoittaja on historioitsija ja vapaa toimittaja.

Artikkeli julkaistiin ensimmäisen kerran *Kemia*-lehden numerossa 8/2004.



# Kemistikilta on virkeä vanhus

■ Suomen vanhin kemistijärjestö juhlii tänä vuonna 123-vuotispäiväänsä. Ikinuorta ei ikä paina.

Artturi Ropponen ja  
Markku Hurme

Kemistikillan perusti vuonna 1891 legendaarinen **Gustaf Komppa**. Kilta on paitsi nykyisen Aalto-yliopiston vanhin ja kaunein ainejärjestö myös koko Suomen vanhin kemistijärjestö.

Killan 123-vuotinen historia on kirjava, mutta kuiva tai pölyinen ei taival ole koskaan ollut. Killan jäsenet ovat tehneet ekskursioita sekä kotimaahan että ulkomailla, näytelleet, urheilleet ja aina välillä harjoittaneet omien juomien valmistusta.

Jo Kompan aikana kemistit pelasivat marjapussina tunnettua korttipeliä. Sen rinnalle kiltalaisten toiseksi kansallispeleiksi nousi vuonna 1983 korona. Molempien pelaajia tapaa yhä Otaniemen kiltahuoneesta luentotoukujen aikana.

Vuonna 2011 kemistiopiskelijat tempaisivat killan 120-vuotisjuhlan kunniaksi tekemällä lajin maailmanennätyksen. Energiajuomien ja teekkarihengen siivityksellä kemistipelejä pelattiin yhtäjaksoisesti 120 tuntia.

Kemistikillan  
pHuksien  
can-can-show  
kruunasi  
myös vuoden  
2012 Kondensation.



Kemistikilta

Kemistikilta alkoi julkaista omaa lehteään *Tislettä* vuonna 1966. Samana vuonna kemistit muuttivat teekkari-  
en eturintamassa Helsingin keskustasta Otaniemeen, kun silloinen Teknillinen korkeakoulu vaihtoi maisemaa.

Alkuaikoina kemistin tunnisti valkeasta laboratoriotakista, mutta 1980-luvun alussa käyttöön otettiin tekkarihaalarit. Nyt kemistinpunaiset haalarit ja teksti *Saa juottaa* ovat jo vuosikymmeniä olleet olennainen osa kiltahistoriaa.

Kemistikillan arvostettu vuosijuhla Kondensatio vetää vuosi toisensa jälkeen runsaasti väkeä juhlimaan kiltaa perinteisin menoin. Olennainen osa iltaa on pHuksitanssiryhmä *CanCanin* esiintyminen.

## Jäynät arvossaan

Kemistikiltalaisten arkkihollisia ovat kautta historian olleet fyysikot. Teknillisen fysiikan opiskelijat ovat vuosien saatossa joutuneet niin vuosittaisten lumisotien lumipesu-uhreiksi kuin moninaisten jäynien kohteiksi.

Legendaksi on muodostunut jäynä, jossa fyysikkojen kiltahuoneen lattia pantiin uuteen uskoon. Joukko pHukseja tunkeutui eräänä yönä pääsiäisen alla huoneeseen mukanaan multasäkkejä

ja kassallinen rairuohon siemeniä. Pelto kylvettiin huolellisesti koko lattia-alalle. Ruohon kasvun varmistamiseksi tilaan asennettiin myös automaattinen kastelujärjestelmä.

Pääsiäisen jälkeen fyysikkoja odotti iloisenä yllätyksenä kova ruohonleikkuuhomma.

Fyysikkojen kuuluiin vastaiskuihin kuuluu kemistien kiltahuoneeseen ilmestynyt kookas betonikuutio. Sen sisään oli valettu akku ja nauhuri, joka pauhasi koskaan päättymättömältä nauhalta Neon2:n kappaletta *Kemiaa*.

Kemian tekniikan korkeakoulun tutkintouudistuksen myötä Kemistikillan rooli on monin tavoin muutoksessa. Kilta ei enää vastaanota omia pHukseja, vaan fuksikasvatus on siirretty uuden korkeakouluyhdistyksen Prosessiteekkarit ry:n hoidettavaksi.

Lumisodan henki kuitenkin elää Kemistikillan ja Fyysikkokillan yhteisissä sitseissä, ja Kemistikilta tuo kemianopiskelijat ja muut kemistimieliset yhteen myös tulevaisuudessa. □

Artturi Ropponen on Kemistikillan puheenjohtaja ja Markku Hurme killan oltermanni vuosilta 2007–2012.

artturi.ropponen@aalto.fi  
markku.hurme@aalto.fi

# Nobelin palkinnon värikäs historia

## Kiehtovia kertomuksia ja tunteen paloa

■ Nobelin palkinnon historiaan mahtuu monta jännittävää tarinaa: huikeita voittoja, karvaita pettymyksiä, jaettua iloa ja kalvavaa kateutta.

Leena Laitinen

Joulukuussa 1896 kuollut **Alfred Bernhard Nobel** jätti jälkeensä käsinkirjoitetun testamentin ja suunnattoman omaisuuden. Testamentin puutteiden ja perintökiistojen takia ensimmäiset Nobelin palkinnot päästiin jakamaan vasta viisi vuotta myöhemmin, 10. joulukuuta 1901.

Kemian, fysiikan sekä lääketieteen ja fysiologian aloilla leivottiin vuosina 1901–2001 kaikkiaan 482 nobelistia. Aluksi palkittiin tavallisesti vain yksi tutkija, mutta sittemmin palkinto on useimmiten jaettu kahden tai kolmen samalla alalla ansioituneen kesken.

Ratkaisu on hiukan lievittänyt ruuhkaa luonnontieteiden nobelistiehdokkaiden pitkäksi venähtäneessä jonossa. Alkuperäisen testamentin mukaan palkinto tulisi jakaa tuoreeltaan, menneenä vuotena tehdystä löydöstä tai keksinnöstä. Niin nopea toiminta osoittautui pian liian vaativaksi tavoitteeksi, ja käytännöstä luovuttiin suosiolla.

### Kärsivällisyys palkitaan – ainakin toisinaan

Palkinnon odottaminen on silti vaatinut ehdokkailta melkoista kärsivällisyyttä, eniten **Francis Peyton Rousilta**, joka oli 87-vuotias saadessaan vuonna 1966 lääketieteen Nobelin kasvaimia aiheuttavien virusten tutkimuksestaan. Palkittu keksintönsä hän oli tehnyt 55 vuotta aiemmin.

Tervaskantotutkijoita edustanut Rous jatkoi työtään yhdeksänkymmppiseksi, mutta monet muut ehdokkaat ovat ennätäneet manan majoilte odotettuaan vuosi-

kymmenet turhaan suurta päiväänsä.

Ehdokkaiden ei toisaalta ole tarvinnut vaivata päätään ajatuksella, josko kunnianosoitus ymmärrettäisiin myöntää edes jälkikäteen, sillä Nobelin testamentti määrää, että palkinto voidaan jakaa vain elävälle henkilölle.

**Arnold Sommerfeldiä** ehdotettiin palkittavaksi kymmeniä vuosia, mutta 73:sta eri ehdotuksesta huolimatta hän ei koskaan saanut palkintoa. Radiokemisti **Otto Hahn** sai odottaa Nobeliaan 31 vuotta sen jälkeen, kun oli päässyt ensi kertaa ehdokkaaksi.

Itse **Albert Einstein** joutui odottamaan fysiikan Nobeliaan kymmenen vuotta ennen kuin hän sai palkintonsa vuonna 1921. Palkinto ei kuitenkaan tullut hänen maailmankuvaa mullistaneista suhteellisuusteorioistaan vaan hänen 1905 keksimästään valosähköilmiöstä.

On kuitenkin liioiteltua väittää, että Nobel-komitea palkitsi vain ikääntyneitä tutkijoita mittavasta elämäntyöstä. Palkittujen joukossa on myös nuoria.

**William Lawrence Bragg** oli vasta 25-vuotias saadessaan vuoden 1915 fysiikan Nobelin yhdessä isänsä **William Henry Braggin** kanssa. Kunnianosoitus tuli kiderakenteiden tutkimuksesta röntgensäteilyn avulla. Nuorimpien listalla häntä seuraa neljä muuta fyysikköä, jotka palkittiin 31–33-vuotiaina.

### Tuplapalkitut nobelistien aateliala

Ehdokkaan saamien ehdotusten määrä ei välttämättä korreloi Nobel-komitean päätösten kanssa. **Marie Curieta** eh-

dotettiin palkittavaksi vain neljä kertaa – ja hän on ainoa kahdesta eri luonnontieteestä Nobelilla koskaan palkittu henkilö.

Marie Curie sai vuonna 1903 fysiikan palkinnon radioaktiivisuuteen liittyvästä tutkimuksesta yhdessä puolisonsa **Pierre Curien** ja **Henri Becquerelin** kanssa ja vuonna 1911 kemian palkinnon yksinään radiumin ja poloniumin löytämisestä.

Marie Curiella on suuri ansio siihen, että juuri Nobelin palkinnosta on tullut tunnetuin, arvostetuin ja halutuin maailman tiedepalkinnoista.

Curien lisäksi kolme luonnontieteilijää on saanut Nobelin palkinnon kahdesti. Kemisti ja tutkijoiden rauhanliikkeen aktiivi **Linus Pauling** on ainoa, joka on yksinään vastaanottanut kaksi eri alan Nobelia: vuonna 1954 kemian palkinnon kemiallisen sidoksen tutkimuksistaan ja vuonna 1963 rauhanpalkinnon työstään ydinaseiden kieltämisestä.

**Fredrik Sanger** sai kemian Nobelin yksinään insuliinin rakennetutkimuksesta vuonna 1958 ja yhdessä **Paul Bergin** ja **Walter Gilbertin** kanssa dna:n emäsjärjestyksen tutkimuksesta vuonna 1980. Transistoreja ja suprajohtavuutta tutkinut **John Bardeen** jakoi eri kollegoidensa kanssa fysiikan Nobelin kahdesti, vuosina 1956 ja 1972.



Sisukkuus ja tiedonhalu olivat **Ada E. Yonathin** eväinä matkalla kohti Nobelin palkintoa.







Marie Curie raivasi häikäisevällä esimerkillään naisille tietä luonnontieteisiin. Hän on ainoa tutkija, joka on saanut Nobelin palkinnon kahdesta eri tieteestä.



### Tohtorius etu muttei välttämättömyys

Useimmat palkituista ovat olleet tohtoreita, mutta kunniaa on päässyt osalliseksi myös muutamia maisteritason tutkijoita, kuten vuoden 1987 kemian nobelisti **Charles Pedersen**, joka palkittiin kollegoineen uusien molekyylien kehittämisestä.

Ainoa laatuaan on **Max Theiler**, jolla ei ollut lainkaan akateemista tutkintoa, kun hänelle vuonna 1951 myönnettiin lääketieteen Nobel keltakuumerokotteen kehittämisestä.

Muutamit tutkijat ovat tehneet palkinnon arvoista tutkimusta jo väitöstyösään, joskaan työtä ei aina ole arvostettu reaaliajassa.

**Svante A. Arrhenius** julkaisi elektrolyyttien dissosiaatioteoriaansa väitöksessään vuonna 1884. Työ hyväksyttiin neljän tunnin armottoman ruodinnan päätteeksi alimmalla mahdollisella arvosanalla. Yhdeksäntoista vuotia myöhemmin sama tutkimus palkittiin

**Wignerille tuli kiire siepata luuri ja kertoa, että kyllä kiitos hän Nobelin haluaa.**

kemian Nobelilla.

Kun Nobelin palkinnon saajat julkistetaan, onnelliset valitut joutuvat useimmiten silmänräpäyksessä valtaisan mediavyörytyksen ja onnittelutulvan kohteeksi.

Eivät kuitenkaan aina. Kun **Gerhard Hertzberg** oli vuonna 1971 lähdössä junalla Leningradista kohti Moskovaa, asemalle kiirehti viime tingassa tuntematon mies, joka väitti olevansa tiedeakatemiasta ja ilmoitti, että Hertzbergille oli juuri myönnetty fyysikan Nobel.

## Läpi lasikaton terävällä älyllä ja teräksisellä tahdonvoimalla

Kemian, fysiikan ja lääketieteen nobelistien joukkoon mahtui palkinnon sadan ensimmäisen vuoden aikana vain kymmenen naistutkijaa. Vuoden 2001 jälkeen heitä on tullut viisi lisää.

**Marie Curien** jälkeen seuraava kemian naisnobelisti oli hänen tyttärensä **Irène Joliot-Curie**, joka palkittiin yhdessä puolisonsa **Frédéric Joliot'n** kanssa vuonna 1935 keino-tekoinen radioaktiivisuuden keksimisestä.

Sekä äiti että tytär antoivat tieteelle suurimman mahdollisen uhruksen, sillä molemmat saivat tutkimustyösäänsä suuria säteilyannoksia. Marie menehtyi myöhemmin aplastiseen anemiaan, Irène akuuttiin leukemiaan.

Kolmas kemian naisnobelisti oli vuonna 1964 palkittu **Dorothy Hodgkin**, joka selvitti kiderakenneanalyysin avulla muun muassa penisilliinin kemiallisen rakenteen.

Hodgin työskenteli Ghanan yliopistossa saadessaan sähköitse tiedon palkinnosta. Innoissaan hän lähti jakamaan ilouutista ja tapasi käytävällä afrikkalaisen opiskelijan.

”Onpa mukavaa”, tämä vastasi kohteliaasti uutisen kuultuaan.

”Mikä muuten on Nobelin palkinto?”

Neljäs ja toistaiseksi viimeinen kemian naisnobelisti on **Ada E. Yonath**, joka palkittiin vuonna 2009 ri-

bosomin, solun proteiinitehtaan, rakenteen selvittämisestä.

Jerusalemmissä kasvaneen Yonathin opintie oli vaakalaudalla jo lapsena, kun hän joutui isänsä kuoltua lähtemään ansiotyöhön. Lahjakas ja päättäväinen tyttö rahoitti koulunkäyntinsä antamalla yksityistunteja koulutovereilleen ja teki sittemmin vaikuttavan kansainvälisen uran.

Siitä, miksi naisten osuus luonnontieteiden nobelisteista on vain pari prosenttia, voitaisiin kirjoittaa kokonainen kirja – ja on kirjoitettukin.

**Sharon Bertsch McGrayne** kuvaa vuonna 2001 julkaistussa teoksessaan *Nobel Prize Women in Science* paitsi onnellisen lopun saaneita menestystarinoita myös sitä lasikattoa, johon niin monen ansioituneen naistutkijan nousu kohti Nobelia on päättynyt.

Katto on ollut väliin peräti matalalla ja lasin sijasta kovaa puuta. **Lise Meitner** joutui piiloutumaan luentosalin penkin alle päästäkseen kuuntelemaan kemian opetusta. Yliopisto-opiskelu sallittiin 1900-luvun alun Berliinissä vain miehille.

Sinnikäs Meitner teki sittemmin yhdessä **Otto Hahnin** kanssa huomattavia löytöjä radiokemian alalla. Meitnerille ehdotettiin Nobelia kaikkiaan 39 kertaa, mutta kun vuoden 1944 palkinto uraanin halkeamisreaktion keksimisestä lopulta myönnettiin, palkinnon sai yksin Hahn.

Sinnikäs Meitner teki sittemmin yhdessä **Otto Hahnin** kanssa huomattavia löytöjä radiokemian alalla. Meitnerille ehdotettiin Nobelia kaikkiaan 39 kertaa, mutta kun vuoden 1944 palkinto uraanin halkeamisreaktion keksimisestä lopulta myönnettiin, palkinnon sai yksin Hahn.

Seuraavat kuusi tuntia Hertzberg vietti junassa kuumeisesti pohtien. Miten niin Nobel? Miten niin fysiikasta? Perillä Moskovassa häntä odotti juhlallinen vastaanotto, liuta lehtimiehiä – ja tieto siitä, että kyseessä olikin kemian palkinto vapaiden radikaalien elektronirakenteen tutkimuksesta.

Maineikas ydinfyysikko **Eugene Wigner** oli ehtinyt saada jo lukuisia palkintoja ja ilmoittaa kyllästyneensä kaiken maailman huomionosoituksiin, kun hän heräsi yölliseen puhelinsoittoon vuonna 1963.

Puheluun vastannut vaimo kuunteli uutisen ja totesi, ettei hänen puolisonsa kaipaa enää mitään palkintoja. Wigne-



## Seuraavat kuusi tuntia Hertzberg vietti yksin junassa kuumeisesti pohtien. Miten niin Nobel? Miten niin fysiikasta?

rille tuli kiire siepata luuri ja kertoa, että kyllä kiitos hän Nobelin haluaa.

### A. I. Virtanen ja muut kiistellyt nobelistit

Tutkijoiden keskinäiset erimielisyydet ja kaunat ovat lyöneet oman leimansa kilpailuun maailman halutuimmasta tiedepalkinnosta. Orgaanisen synteesin taitaja **Robert B. Woodward** sai omansa vuonna 1965 vasta sen jälkeen, kun hänen palkitsemistaan kiivaasti vastustanut kollega **Laurate** oli kuollut.

Kateuden sävyttämään jälkipeliin ja palkittujen töiden kritisointiin on uhrattu mittavasti tutkijaenergiaa. Nurinaa herätti muun muassa **Enrico Fermille** vuonna 1938 myönnetty fysiikan Nobelin palkinto.

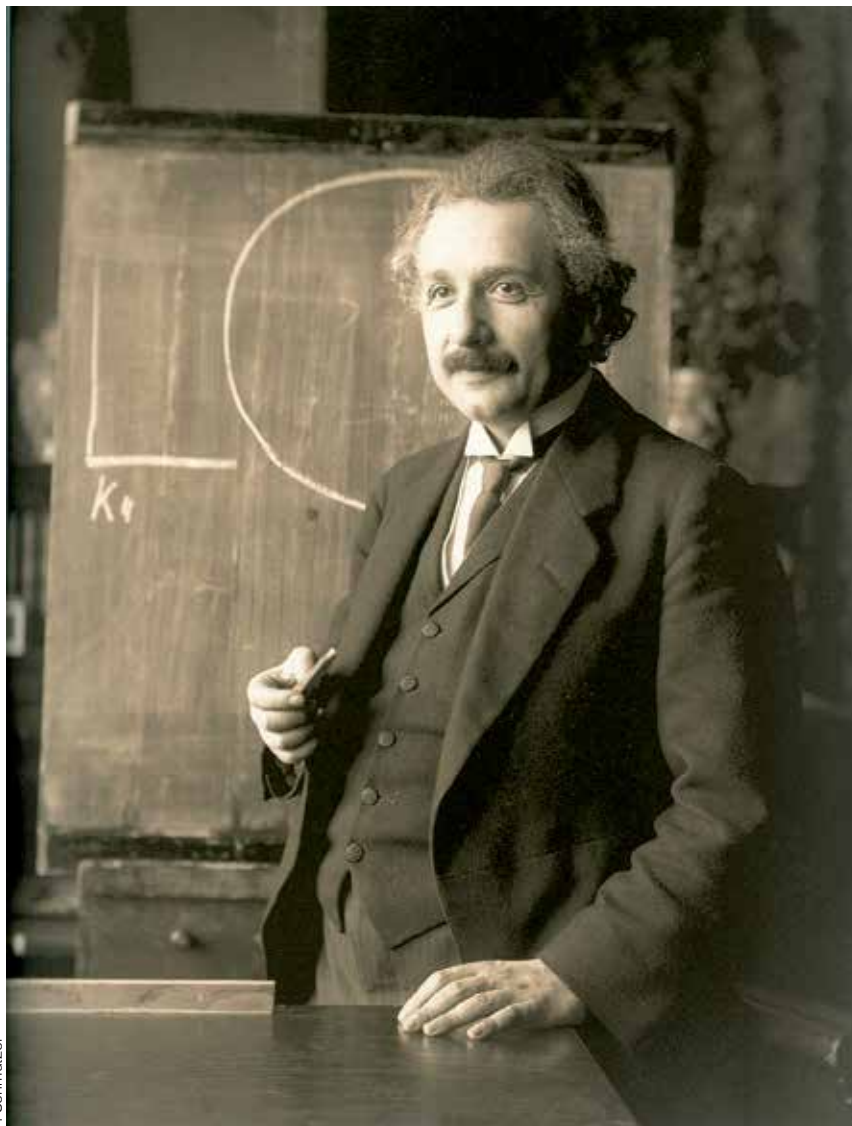
**Glenn T. Seaborg** – joka itse sai kemian Nobelin vuonna 1951 uraania raskaampien alkuaineiden löytämisestä – väitti, että palkinto myönnettiin Fermille väärin perustein: Fermi ei suinkaan löytänyt neutronipommituksen avulla uusia uraania raskaampia alkuaineita, kuten palkinnon perusteissa todettiin, vaan uusia isotooppeja.

Sittemmin on päästy jonkinlaiseen konsensukseen siitä, että virhettä ei ehkä sittenkään tehty palkittavan valinnassa vaan ainoastaan palkinnon perustelujen kirjaamisessa.

Epäilyttävänä on pidetty myös omaa ylpeydenaiheuttamme, **Artturi I. Virtasen** vuonna 1945 saamaa kemian palkintoa, joka myönnettiin keksinnöistä maatalous- ja ravintokemiassa, erityisesti happokäsittelyyn perustuvasta rehunsäilöntämenetelmästä.

Englantilainen tutkija **Elisabeth Crawford** kollegoineen väitti *Physics Today* -lehdessä vuonna 1997, että Virtasen palkinto saattaa olla kaikkien aikojen kyseenalaisin luonnontieteissä koskaan jaetuista Nobeleistä – poliittisesti perusteltu huomionosoitus kaksi sotaa hävinneelle mutta tieteensä ja itsenäisyytensä säilyttäneelle Suomelle.

Kolme kirjaa Virtasesta ja hänen työstään kirjoittanut tekniikan tohtori **Matti Heikonen** suhtautuu väitteeseen tyynesti ja pitää kritiikkiä pelin henkeen kuuluva-



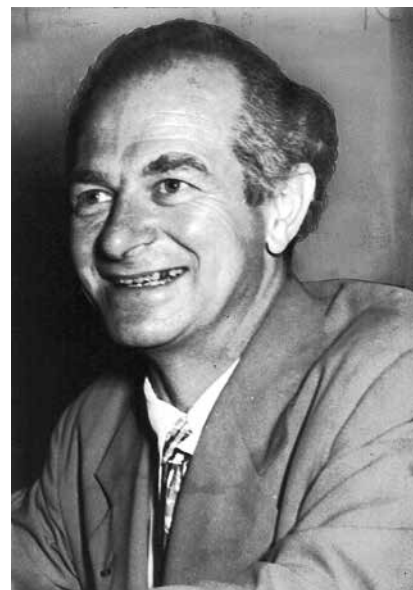
Albert Einstein oli kymmenen vuoden ajan ehdolla nobelistiksi ennen kuin tärppäsi. Palkitukseivät yllättäen tulleet kuuluisat suhteellisuusteoriat vaan valosähköilmiö.

na. Hän huomauttaa myös, ettei Crawfordin ryhmällä ole asiantuntemusta rehunsäilönnän eikä ravitsemuksen ongelmista tuonaikaisissa oloissa.

”Virtasen oivallus, rehun happamuuden säätö pH-alueelle 3–4, oli nerokas keksintö tuorerehun säilöntään ja sitä kautta koko ruokahuollolle. Maito oli aikoinaan laajoilla alueilla Euroopassa ainoa läpi talven saatavissa ollut tuoretuote ja keskeinen vitamiinien ja proteiinien lähde. Ongelmana oli vain lypsykarjan talviruokinta.”

”Nykyihmisen on vaikea tajuta menneiden aikojen kansanravitsemuksen ja -terveyden surkeita epäkohtia. Tätä nykyä Virtasen työn merkitys kuitenkin tiedetään ja tunnustetaan laajalti.”

Virtaselle esitettiin palkintoa lähes joka vuosi vuodesta 1933 lähtien. Myös vuoden 1939 kirjallisuuden nobelistimme **F. E. Sillanpää** oli toistuvasti eh-



Linus Pauling sai Nobelin kemian palkinnon kemiallisen sidoksen tutkimuksistaan ja rauhanpalkinnon ydinaseiden vastaisesta työstään.





dokkaana koko 1930-luvun ajan. Myös Sillanpään palkinto tuomittiin poliittisin perustein annetuksi.

”Jos väitetään, että poliittiset syyt ratkaisivat Virtasen ja Sillanpään Nobelin palkinnot, voidaan yhtä hyvin kysyä, mitkä poliittiset syyt estivät heidän palkitsemisensa 1930-luvun rauhanvuosina”, Heikonen huomauttaa ja arvelee, että osaselitys löytyy Ruotsin ja Suomen tuolloisista kireistä suhteista.

”Taustalla oli ennen muuta Helsingin yliopiston ja Teknillisen korkeakoulun suomalaistaminen, mikä herätti todel-

la pahaa verta Ruotsissa. Urheilusuhteet olivat täysin poikki. Lisänä vaikutti ruotsalaisten syvä katkeruus Kansainliiton päätöksestä, jonka mukaan Ahvenanmaa kuului Suomelle.”

Jotkut ruotsalaiset antoivat ymmärtää, että suomalaiset edustivat alemmaa mongolista rotua.

”Vaikka monet ruotsalaiset asiantuntijat arvostivat Virtasen saavutuksia, aika suomalaisen kulttuurin ja tieteen laajemmalle hyväksymiselle kypsyi vasta, kun Ruotsissa tajuttiin, että ilman Suomen panosta Neuvostoliiton raja saattaisi siirtyä huomattavasti lännemmäksi.”

### Palkinto ja mihin sitä voidaan käyttää

Nobelin palkintoon kuuluu nahkaan sidottu diploma, kultainen mitali ja reipas tukku käteistä rahaa. Vuonna 1901 palkintosumma oli 42 000 Yhdysvaltain dollaria, mikä vastasi 60-kertaisesti amerikkalaisen työntekijän keskiavuospalkkaa.

Siitä, mihin palkitut käyttivät palkintorahansa, on säilynyt monia tarinoita. Marie Curien kerrotaan käyttäneen osan summasta kylpyhuoneensa korjaukseen.

Albert Einstein oli eronnut puolisoitaan pari vuotta ennen palkitsemistaan jäätyään jo aiemmin kiinni avioliiton ulkopuolisesta suhteesta. Eron ehtojen mukaisesti Einstein joutui luovuttamaan palkintorahat lastensa äidille.

**C. V. Raman**, joka palkittiin vuonna 1930 fysiikan Nobelilla valonsirontatutkimuksesta ja Raman-efektin keksimisestä, osti timantteja tutkimustaan varten. Sittemmin hänestä kehittyi menestykseäs liikemies timanttikaupassa.

Suomalaisten mieliä lämmittää vuoden 1922 fysiikan nobelistin **Niels Bohrin** epäitsekkäs teko: atomien rakennetutkimuksesta palkittu tutkija luovutti kultaisen mitalinsa talvisodan puhjettua Suomen sotakeräykseen.

Niels Bohr joutui sodan aikana kipeään tilanteeseen kahden muun Nobelmitalin takia. Bohr oli luentomatalla Saksassa, kun hänen ystävänsä, vuoden 1914 nobelisti **Max von Laue** kääntyi hänen puoleensa. Natsit olivat ryhtyneet keräämään kansalaisilta kultaesineitä, ja Laue pyysi Bohria kuljettamaan turvaan hänen ja aiemmin Yhdysvaltoihin muutaneen **James Franckin** mitalit.

Vuoden 1925 fysiikan nobelisti Franck oli katsonut parhaaksi poistua Saksasta



**Svante Arrheniuksen väitöskirja hyväksyttiin niukin naukin. Yhdeksäntoista vuotta myöhemmin sama työ palkittiin kemian Nobelilla.**

vuonna 1933 saatuaan natsiviranomaisilta kyselyn sukulaisuussuhteistaan. Franck oli vastannut rehellisesti, että hänellä oli seitsemän juutalaista esi-isää, mutta kahdeksatta epäiltiin pakanaksi.

Bohr onnistui kuljettamaan von Lauen ja Franckin mitalit Tanskaan, mutta kun saksalaiset huhtikuussa 1940 valloittivat maan, Bohr teki pikaisen päätöksen ja liuotti mitalit kuningasveteen osoittaen taten teoreettiselle fyysikolle kunnioitettavaa tietämystä käytännöllisessä kemiassa.

Paineen alla tehty ratkaisu jäi vaivaamaan Bohrin mieltä. Sodan jälkeen hän pyysi Nobel-säätiötä valamaan mitalit uudelleen hänen toimittamastaan kultaliuoksesta.

Näin James Franck lopulta sai uuden mitalin Chicagossa vuonna 1952 järjestetyssä juhlassa, jota hän itse tosin piti turhanäkkäisenä. Kun juhlaväki vaelsi soitukulkueena ihastelemaan Franckin vanhaa kotitaloa, nobelistin kuultiin mutisevan, että hänhän oli vain vuokrannut talosta muutamaa huonetta.

Kiitospuheenvuorossaan Franck löysi episodista yhden hyvän puolen: koska hänen ja Max von Lauenin kultamitalit olivat sekoittuneet samaan liuokseen, hänellä oli nyt kirjaimellisesti ilo jakaa mitalinsa hyvän ystävänsä kanssa. □

Alkuperäinen artikkeli julkaistiin *Kemia*-lehdessä 1/2002. Jutun lähteenä oli Foil A. Millerin artikkeli *Philatelia Chimica et Physica* -lehdessä 3/2001.



James Franckia kiinnostivat tiede ja tutkimus, Nobel-juhlinta sen sijaan oli hänestä turhanaikaista touhua.



Tanskalainen Niels Bohr lahjoitti Nobelin palkintoon kuuluneen kultaisen mitalinsa Suomen sotakeräykseen talvisodan puhjettua.

**Franck oli vastannut rehellisesti, että hänellä oli seitsemän juutalaista esi-isää, mutta kahdeksatta epäiltiin pakanaksi.**



Suomen kuuluisin kemisti

# Johan Gadolin löysi uuden alkuaineen

■ Johan Gadolinin pitkään elämään mahtui monta merkittävää saavutusta, joista arvostetuin on ensimmäisen harvinaisen maametallin eli yttriumin löytö.

Lauri Niinistö

**Johan Gadolin** (1760–1852) opiskeli kemistiksi Turun akatemiassa Suomen ensimmäisen kemian professorin **Pehr Adrian Gaddin** johdolla ja väitteli tohtoriksi Uppsalan yliopistossa.

Jo 25-vuotiaana Gadolin kiinnitettiin turkulaisyliopiston ylimääräiseksi professoriksi. Varsinaisen professorin virkaan hän sai nimityksen Gaddin kuoltua vuonna 1797.

Professorina Gadolin ryhtyi ensi töikseen uudistamaan akatemian kemianopetusta. Hän anoi heti varoja uuteen laboratoriorakennukseen, joka kuitenkin valmistui vasta vuonna 1815. Siihen asti Gadolin antoi ylioppilaiden käyttää omaa, Vartiovuorella sijainnutta laboratoriotaan.

Laboratorio-opetuksessa Johan Gadolin kuului eurooppalaisiin edelläkävijöihin. Hänestä kehittyi analyyttisen kemian taitaja, joka saavutti tällä alueella keskeisimmät kansainväliset voittonsa.

## Ytterbyn musta kivi

Johan Gadolinin tunnetuin kokeellinen saavutus oli uuden alkuaineen, yttriumin, löytäminen vuonna 1794.

Geologiaa harrastanut luutnantti **C. A. Arrhenius** oli vuonna 1787 löytänyt ruotsalaisessa Ytterbyn kylässä toimineesta kaivoksesta mustan, raskaan mineraalin. Tämän *tungstenin*, raskaan kiven, koostumusta ei kuitenkaan ollut saatu selville.

Vasta kun näyte joutui Gadolinin käsiin, tämä teki siitä huolellisen analyysin ja selvitti sen kemialliset ominaisuudet. Perusteellisessa tutkimuksessaan Gadolin onnistui eristämään mineraalista uuden alkuaineen, joka nimettiin yttriumik-

92-vuotiaaksi elänyt Johan Gadolin on kansainvälisesti tunnetuin suomalainen kemisti. Sekä alkuaine gadolinium että gadoliniitti-mineraali ovat saaneet nimensä hänen mukaansa.



si. Mineraali sai puolestaan nimen gadoliniitti.

Näin alkoi harvinaisten maametallien löytöhistoria, jota kesti 150 vuotta. Myös kolme muuta tuona ajanjaksona löydettyistä uusista alkuaineista – terbium, erbium ja ytterbium – sai nimensä Ytterbyn kylän mukaan.

Vuonna 1880 yksi löytyneistä maame-talleista ristittiin gadoliniumiksi, joka on ainoa henkilön mukaan nimetty stabiili alkuaine.

## Ansaitusti arvostettu

Teoreettisella puolella Gadolinia voidaan pitää uuden kemian pioneerina Pohjois-Euroopassa. Hänen vuonna 1798 ilmestynyt oppikirjansa *Inledning till kemien* oli ensimmäinen ruotsinkielinen teos, jossa luovuttiin vanhasta flogistonteoriasta.

1600-luvulla syntynyt teoria selitti palamisen niin, että palavasta aineesta vapautuu *flogiston*-nimistä ainetta. Teorian todisti vääräksi 1700-luvun ranskalais-

kemisti **Antoine Lavoisier** osoittamalla, että palaminen on prosessi, jossa palava aine yhdistyy happeen.

Gadolin jäi eläkkeelle Turun akatemiasta vuonna 1822 mutta jatkoi vielä senkin jälkeen emeritusprofessorina.

Vuonna 1840 Gadolin sai arvoisensa tunnustuksen Keisarilliseksi Aleksanterin yliopistoksi muuttuneelta *alma materiltään*. Ensimmäisessä promootiossaan yliopisto vihki tuolloin 80-vuotiaan kemistin kunniatohtorikseen.

Aikalaisten arvostusta osoittivat Johan Gadolinin jäsenyydet parissakymmenessä tieteellisessä seurassa ja akatemiassa. Tuorein osoitus jälkipolvien arvostuksesta on, että Euroopan kemianseurojen liitto FECS nosti hänet sadan huomattavimman eurooppalaisen kemistin listalle. □

Kirjoittaja on epäorgaanisen kemian emeritusprofessori, joka harrastaa kemian historiaa.

Alkuperäinen artikkeli julkaistiin *Kemia*-lehden numerossa 5/2002.





Raskas, kevyt, hyvä, paha

# Kemianteollisuuden monet kasvot

■ Suomen kemianteollisuus on kasvanut vaatimattomasta alustaan suurimmaksi ja monipuolisimmaksi vientialaksi. Kun ala vielä takavuosina tunnettiin ympäristöpahiksena, nyt tehtaavat panneet päästönsä kuriin, ja kemia tarjoaa ratkaisuja luonnon ja ilmaston suojeluun.

Päivi Ikonen

Terva, ruuti, sprii. AIV-rehu, lannoitteet, rikkihappo. Pesuaineet, huulipunat, muovipullot. Bensa, autonrenkaat, lateksimaalit, antibiootit.

Mitä yhteistä on kirjavan listan tuotteilla?

Se, että kaikki ovat kemianteollisuuden yritysten valmistamia. Tuoteluetteloa olisi helppo vielä jatkaakin lähes loputtomiin.

Kemianteollisuuden monimuotoisuudesta muistuttaa heti alkusanoissaan alan tuore historiikki *Raskasta ja kevyttä – Kertomus kemianteollisuudesta ja sen edunvalvonnasta*.

Muistutus on paikallaan, sillä käsitys kemian alan teollisuudesta ja sen tuotevalikoimasta on keskivertokansalaisen mielessä usein hämärä. Selvää on, että metsäteollisuus jalostaa puuta ja elintarviketeollisuus tekee ruokaa. Kemian kato on kuitenkin niin korkealla ja seinät

leveällä, ettei näkymän sumentuminen ole ihme.

Anna Commentin, Laura Puron ja Veijo Åbergin kirjoittama ja Kemianteollisuus ry:n kustantama teos julkaistiin vuonna 2013 juhlistamaan alan edunvalvonnan 70-vuotista taivalta. Lukijalle kirja tarjoaa oivallisen tilaisuuden paikata myös mahdollisia aukkoja alan eri sektoreiden ja tuotannon tuntemuksessa.

Kun ”raskas” kemia puskee isolla volyymilla esimerkiksi öljyjaloiteita ja peruskemikaaleja, ”kevyen” puolen tehtaavat tuottavat vaikkapa liimaa ja lääkkeitä. Kirja esittelee tasapuolisesti molempien historiaa.

## Pienestä liikkeelle

Viheliäinen periferia. Tuhoisan sisällissodan raunioittama rutiköyhä, kahteen katkeraan leiriin jakautunut maa, jossa ihmisten keskimääräinen elinikä on hädän tuskin 47 vuotta. Valtaosa väestöstä nyhtää niukan elantonsa viljelemällä kiviikkaisia peltotilkkuja.

Nyt ei puhuta 2000-luvun Afrikan kurjimmasta kolkasta vaan reilun sadan vuoden takaisesta Suomesta.

Sellaiset olivat olot, joissa vastasyntyneen valtion teollisuus alkoi kehittyä, historiikki kuvailee. Kemian alan tehtaavat ponnistivat alkuun metsästä ja elivät pitkään metsän siipien suojassa. Maailman ensimmäinen mäntyöljytislaamo ehti käynnistyä Gutzeitin Kotkan-sellutehtaan kupeessa jo ensimmäisen maailmansodan alla vuonna 1913.

Sota oli antanut lisäpotkua myös eurooppalaiseen kloorintuotantoon. Ensin saksalaiset keksivät käyttää kloorikaasua kemiallisena aseena, sitten huomattiin, että kloorikalkilla voi puhdistaa saastuneita varusteita.

Keisarillinen Venäjä kiiruhti viime töikseen rakentamaan klooritehtaita muun muassa Varkauteen ja Kajaaniin,

mutta loppuvuodesta 1917 valmistuneet laitokset jäivät tsaarinajan perintönä itänaïsen Suomen käyttöön.

Muutkin nuoren maan kemiantehtaavat edustivat raskasta sektoria. Lappeenrannassa käynnistyi 1922 rikkihappolaitos, jonka tuotannosta iso osa meni Kotkassa seuraavana vuonna aloittaneen lannoite-tehtaan tarpeisiin. Ainetta tarvittiin myös AIV-rehun teossa, joka pääsi vauhtiin 1920-luvun lopulla. Muita rikkihapon suurkanjuttajia olivat sotien välisenä aikana metalli-, paperi- ja sellutehtaat.

Tasaisesta kehitystahdistaan huolimatta kemianteollisuus oli viimeisenä rauhan vuonna 1938 Suomen taloudessa vielä pikkutekijä. Vaikka kumiteollisuuskin laskettaisiin mukaan, maan teollisesta työvoimasta oli kemian leivissä yhteensä vain kolmisen prosenttia.

## Kasvu alkuun

Tilannetta kuvaa hyvin toisen maailmansodan (1939–1945) jälkeen sattunut tapaus. Liittoutuneiden valvontakomissio ei ollut uskoa korviaan, kun suomalaiset kertoivat, ettei maassa ollut edes väkevän typpihapon tuotantoa – joka on edellytys modernille aseteollisuudelle.

Sodan jälkeen kemianteollisuus alkoi kuitenkin kehittyä harppauksin.

Karjalankannaksen Jääskestä Valkeakoskelle evakuoitu Säteri Oy oli jo sotavuosina toiminut korviketeollisuuden lippulaivana. Rauhan tultua tehtaan koneet ryhtyivät jauhamaan selluloosasta viskoosikuitua, raaka-ainetta nousevalle tekstiiliteollisuudelle, entistä rivakammin.

Kokkolaan ja Harjavaltaan kohosi lisää rikkihappo- ja lannoite-tehtaita, Kymenlaaksoon mittavaa paperikemikaalien tuotantoa. Kaivattu typpitehdas rakennettiin puolestaan Ouluun.

» » »

Operaattoreita työssään Neste Oilin Porvoon öljynjalostamossa. Omien jalostamojen rakentaminen 1950–1960-luvuilla oli Suomelle iso asia.



Merkittävä virstanpylväs valtiollisessa teollistamisohjelmassa oli Neste Oy:n perustaminen vuonna 1948. Suomen öljyhuoltokin oli ennen sotia ollut kokonaan tuonnin varassa, joten oman öljynjalostamon valmistuminen 1950-luvun puolivälissä Naantaliin oli iso asia. 1960-luvulla saatiin vielä toinen iso jalostamo Porvooseen.

1960-luvulla suomalainen kemianteollisuus ponnahti jo hurjaan 14 prosentin vuosikasvuun, mikä oli OECD:n mukaan maailmanennätys. Kun ala oli vuonna 1950 työllistänyt 14 000 ja vuosikymmentä myöhemmin reilut 20 000 henkeä, 1970-luvun puolivälissä luku oli jo 37 000.

Uusia alueita olivat 1960–1970-lukujen taitteessa käynnistyneet petrokemianteollisuus sekä perusmuovien tuotanto. Muovituotannon pohjana toimi Nesteen eteenkrakkaamo, jossa teollisuusbensiinistä valmistettiin eteenikaasua muoviraaka-aineiden tuotantoa varten.

Uutta oli myös kemianteollisuuden viennin käynnistyminen, kun aiemmin oli toimittu pelkästään kotimarkkinoita varten. Länsimainen kauppa lähti EEC-sopimuksen jälkeen sujumaan hyvin, mutta idänkaupan alku takkuili, sillä Neuvostoliitto esitti pilkuntarkkaa sopimusta tavaravaihdosta ja suomalaistehdäiden tuotannollisesta erikoistumisesta.

Neuvottelevan venäläisministerin oli mahdollon ymmärtää, ettei suomalaisen edunvalvontajärjestön johtaja voinut tehdä maansa teollisuutta sitovia päätöksiä. Suomen kemianyritykset taas nousivat takajaloilleen pelkästä ajatuksestakin.

Tilanne laukesi, kun talouskomission uuden kemian työryhmän johtoon vuonna 1976 valittiin Kemiran tuore toimintajohtaja **Yrjö Pessi**, joka pidemmittä puheitta yksiselitteisesti tyrmäsi vastapuolen vaatimukset. Suorasanaisuutta ja isännän otteita arvostavat venäläiset perääntyivät, ja Kemira sai vähän ajan päästä ison fosfori- ja ammoniakkipaikan itänaapuriiin.

### Silmättömät kalat

Kun sotien jälkeen oli keskitytty teollisuuden ja talouden nostamiseen jaloilleen, elintaso alkoi 1960-luvulla olla jo niin korkea, että ihmiset saattoivat ryhtyä katselemaan sorviensa äärestä laajemmallekin. Ensimmäisenä silmiin osui lähiympäristö.

**Karmain esimerkki kemianteollisuuden synneistä olivat porilaisten kalastajien verkkoihin tarttuneet silmättömät silakat.**

**Venäläisministerin oli mahdollon ymmärtää, ettei suomalaisen edunvalvontajärjestön johtaja voinut tehdä maansa teollisuutta sitovia päätöksiä.**

Modernin ympäristöliikkeen lähtölaukauksen oli ampunut amerikkalainen biologi **Rachel Carson**, joka vuonna 1962 julkaisi kohutun kirjansa *Äänetön kevät*. Siinä hän kertoi, millaisia tuhoja liiallinen kemikaalien käyttö saattaa luonnossa tehdä. Kirja sai aikaan maailmanlaajuisen muutoksen, joka ulottui pian myös Suomeen.

Aika oli otollinen suomalaisen luonnonsuojeluliikkeen synnylle, sillä etenkin puunjalostus- ja kemianteollisuuden aiheuttamat ympäristöhaitat alkoivat käydä ilmiselviksi. Tehtaiden lähistöllä löyhkäsi, vesistöt olivat happamoituneet ja muuttuneet sinisistä ruskeiksi, saasteet pilasivat maaperää ja metsät näivettyivät.

Karmaisevimaksi esimerkiksi kemianteollisuuden synneistä nousivat porilaisten kalastajien verkkoihin tarttuneet silmättömät silakat.

Tutkimuksissa paljastui, että silmät oli pullauttanut pois kalojen huikkea verenpaine, joka oli repinyt rikki niiden silmänpohjien verisuonet. Silakoiden verenpaineen taas oli nostanut pilviin rautasulfaatti, jota sytki mereen Kemiran titaanidioksiditehdas.

Titaanivalkoista valmistava laitos päästi Pohjanlahteen myös kymmeniätuhansia tonneja rikkihappoa ja muita raskasmetalleja. Niiden mukana pohjamutiin upposi myös koko kemianteollisuuden julkisuuskuva.

Ympäristölainsäädännön kehittymisen ja teollisuuden oman asennemuutoksen myötä tilanne alkoi kuitenkin kohentua. Ensimmäinen vesiensuojeluohjelma syntyi vuonna 1974, ja ilmansuojelulaki astui voimaan vuonna 1982.

Ratkaisevana käänteenä kemianteollisuus itse pitää kanadalaisen kollegoidensa ideoimaa *Responsible Care* -ohjelmaa, joka saapui Eurooppaan 1990-luvun alussa.

Ohjelman tausta-ajatuksena oli, että kaikki kemianteollisuuden toiminnot on saatava vastaamaan muun muassa ympäristönormeja. Ohjelma tarjosi konkreettisen esimerkin siitä, että yritykset voivat toimia ympäristöasioissa myös suunnan-

näyttäjänä, eivät vain kehityksen seuraajina.

Kahden suuren, Kemiran ja Nesteen, johdolla suomalaiset kemianyritykset ryhtyivät rakentamaan uutta tekniikkaa ja ympäristöjärjestelmiä. Jo 1990-luvulla työn tulokset näkyivät ja tuntuivat. Neste oli kymmenessä vuodessa pudottanut päästöjään yli 80 prosenttia, Kemira karsinut omansa minimiin, ja pienemmät seuranneet perässä.

”Käytännössä ja suomeksi sanottuna me lopetimme saastuttamisen”, toteaa historiikissa **Hannu Vornamo**, tuolloinen Kemiran ympäristöjohtaja, sittemmin pitkäaikainen Kemianteollisuuden toimitusjohtaja.

### Kemian ääni kuuluviin

Kemian ala yritti ensi kerran koota voimansa yhteen jo 1920-luvun alussa. Pieni Kemianteollisuuden Yhdistys kuitenkin

**”Käytännössä ja suomeksi sanottuna me lopetimme saastuttamisen.”**

hiipui, kun hajanaisen kentän yrityksillä ei riittänyt rahkeita eikä kiinnostustakaan järjestäytymiseen.

Varsinaisesti toiminta pääsi alkuun so-tavuonna 1943, kun saatiin aikaan Kemian Keskusliitto. Nyt mukaan lähti merkittävistä yrityksistä valtaosa.

Keskusjärjestön toimenkuva painottui alkuajoina teknisen kehityksen seurantaan, julkaisutoimintaan ja tietopalveluun. Seuraavaksi ohjelmaan tuli kaupapoliitiikka.

Matka työmarkkinaosapuoleksi oli pidempi ja mutkaisempi. Vielä niinkin myöhään kuin 1990-luvun alussa maan kemianyritykset olivat jakautuneina yhdeksään eri työnantaja- tai elinkeinopoliittiseen järjestöön.

Muutos tapahtui vihdoin vuonna 1992, kun Kemian Keskusliitto ja vuonna 1987 perustettu Kemianteollisuuden Työnantajaliitto fuusioituivat Kemianteollisuus ry:ksi. Kokonaisuuteen sulautui samalla joukko muitakin alan järjestöjä.

Uuden ison keskusjärjestön ensimmäi-



**Kemian ääni kuuluu,  
sillä Kemianteollisuus  
ottelee nykyään  
raskaimmassa sarjassa.**

seksi toimitusjohtajaksi nimitettiin **Raili Nuortila**, jolla oli tuolloin takanaan jo 15-vuotinen ura Kemian Keskusliiton johdossa.

Vaikka alan teollisuus on tuotannoltaan yhtä kirjava kuin vuosisata sitten, järjestöpoliittisesti tilanne muuttui ratkaisevasti. Kun kemia nyt puhuu, se puhuu yhdellä äänellä. Ääni myös kuuluu, sillä nykyinen Kemianteollisuus ottelee kiistatta raskaimmassa sarjassa.

Vielä kuuluvammaksi ääni muuttuu, kun kemia esiintyy yhdessä Metsäteollisuuden ja Teknologiateollisuuden kanssa, mikä on 2000-luvulla yleistynyt trendi.

Jo Kemian Keskusliitosta oli 1980-luvulla tullut asiantuntijaorganisaatio, joka seurasi tarkasti eurooppalaisen ympäristö- ja kemikaalinormiston kehittymistä. Siinä olivat hyödyksi liiton tiiviit suhteet Länsi-Euroopan kemianteollisuuden järjestöön Ceficiin.

Kontaktiansa ansiosta suomalaisen kemianjärjestön asiantuntijat pääsivät seuraamaan Euroopan yhteisön direktiivien syntymistä hyvin läheltä.

”Se oli meille aivan uskomattoman hyödyllinen luokku aikana, jolloin Suomella ei ollut EEC:n kanssa muuta kuin vapaakauppasopimus”, Raili Nuortila muistelee historiikissa.

Osaamisensa ansiosta Kemian Keskusliitto pääsi mukaan myös alan suomalaisen lainsäädännön valmisteluun. Keskusjärjestö on siitä lähtien ollut osallisena laki- ja asetusehdotusten laadinnassa.

Vuodet 1994–2009 Kemianteollisuus ry:n toimitusjohtajana toiminut Hannu Vornamo korostaa järjestön merkitystä etenkin kemikaaliturvallisuutta käsittelevissä asioissa.

”Kemikaalien ja kemikaaliturvallisuuden alueella meillä ei ole tehty varmaan yhtään säädöstä 20 vuoteen ilman Kemianteollisuuden asiantuntijoita”, Vornamo sanoo.

”Järjestö ei voi siinä yrittää viilata linssiin, koska sen voi tehdä vain kerran.”

### **Muodonmuutoksen aika**

Viime vuosikymmeninä suomalainen kemianteollisuus on käynyt läpi perusteellisia muodonmuutoksia.

1980-luvulla ala lähti veturiensa johdolla yritysostoksille maailmalle. Kemian ostoskärkyyn kertyi lannoitevalmis-



**Raili Nuortila oli Kemian Keskusliiton ja Kemianteollisuus ry:n toimitusjohtaja vuosina 1978–1993, ja Kemian pääjohtaja Yrjö Pessi (vas.) toimi Kemian Keskusliiton hallituksen puheenjohtajana vuosina 1980–1984. Kaksikko edusti Suomen kemianteollisuutta monissa kansainvälisissä kokouksissa ja tapaamisissa.**

tajia muun muassa Belgiasta, Ranskasta, Hollannista ja Yhdysvalloista. Nesteestä puolestaan tuli samantapaisin kaupoin Euroopan suurin polyolefiinimuovien tuottaja.

Vuosikymmenen lopussa suomalaisyhtiöt omistivat yhteensä 50 ulkomaista tuotanto- ja parikymmentä tuotekehitysyksikköä. Yli puolet kemian 40 miljardin markan liikevaihdosta tuli rajojen takaa, ja kolmannes henkilöstöstäkin työskenteli ulkomaissa toimipisteissä.

### **Maan kemianteollisuus on muuttunut ”suomalaisesta” pikemminkin ”Suomessa toimivaksi”.**

Ostosmatkailun suunta kääntyi päinvastaiseksi, kun Suomesta vuonna 1995 tuli EU:n jäsenmaa, ja ulkomaisten sijoittajien kiinnostus suomalaisyrityksiin heräsi.

Käännekohtana voidaan pitää vuotta 1996, jolloin Enso, UPM-Kymmene ja Metsä-Serla myivät suuren osan kemianteollisuuttaan ulkomaisille ostajille. Kehitys on siitä pitäen jatkunut ja laajentunut myös kemian muille sektoreille.

Kemianteollisuus ry:n nykyisellä toimitusjohtajalla **Timo Lepällä** on siksi-kin johdettavanaan hyvin erilainen organisaatio kuin reilut 70 vuotta sitten

aloittaneella ensimmäisellä edeltäjällään **Yrjö Talvitiellä**.

2010-luvun alussa järjestön jäsenyrityksistä jo kolmannes oli ulkomaisessa omistuksessa. Suomessa toimivat nyt muun muassa kansainväliset kemianjätit BASF, Bayer, Akzo Nobel, DuPont, Sun Chemical ja Yara. Samalla maan kemianteollisuus on muuttunut ”suomalaisesta” pikemminkin ”Suomessa toimivaksi”.

Muuttuneet ovat myös yritykset itse, mistä hyviä esimerkkejä ovat kaksi suu-

rinta ja kauneinta. Pääosin yksityisiin käsiin siirtynyt entinen valtionyhtiö Kemira ei enää vuosiin ole tehnyt lannoitteita vaan keskittyy vesikemiaan, jossa se tähtää maailman ykköseksi.

Neste Oilistakin valtio omistaa nykyään vain niukin naukin puolet. Bion satasaava yritys on myynyt muovit ja nousut maailman johtavaksi uusiutuvien polttoaineiden tuottajaksi.

Kemia alana on tehnyt huiman loikan Suomen tärkeimmäksi vientiteollisuudeksi, jonka osuus maan koko viennistä on noin neljännes. Kemianteollisuuden tuotannosta menee ulkomaanvientiin jo kaksi kolmasosaa. □

# Yövuoroon

■ **Itsenäisyyspäivä se oli, 1981, Rolle soitti ja pyysi lähtemään Ouluun. Tulisivat Yrjön kanssa hakemaan niin, että iltakoneeseen ehdittäisiin. Kakkoskolonnin uudet keraamiset ralikat oli kuulemma romahtaneet eikä murkkuhapon tislausta eikä koko käynnistystä voisi jatkaa ainakaan ennen kuin se sotku oli siivottu.**

Ilkka Pollari

**A**jattelin mielessäni sitä sotkua: vähän niini kuin satatuhatta kukkapurkkia olisi kaadettu rappukuiluun. Vaimo vähän kyseli, että mihin siinä minua tarvittiin – varsinkin kun esikoinen saattaisi päättää syntyä minä päivänä tahansa. En osannut siihen sanoa oikein mitään.

Yrjön Sitikassa mietittiin mikä ne on romauttanut, olihan lujuudet tarkastettu Raschigilta. Epäiltiin, ettei sitä vapaata pinta-alaa sittenkään ollut riittävästi irtoralikoihin – muovisiin, isoihin ja kevyisiin renkasiin – verrattuna. Ja kun kiehuttimeen ahdetaan melkein kymmenen tonnia tunnissa höyryä, on kolonnin pohjalla vähän erilainen meininki kuin uusia perunoita keitellessä.

Rolle manaili, että mitä muuta tässä käynnistyksessä vielä voisi mennä pieleen. Minulle tuli vielä jotain mieleen, mutta älysin olla pomon seurassa viisas-tematta.

**P**ekkanen haki meidät Mersulla kentältä. Olisi se kyllä hakenut yksin minutkin, vaikka Kemiran nuorin insinööri olinkin. Ajeltiin Typelle ja käveltiin Matalaan hakemaan lämmintä päälle. Oulu oli tapansa mukaan kylmä.

Jompe kävi tilanteen nopeasti läpi: Metyyliformiaattia ei synny kuin nimeksi, mutta siinä asiassa uskottiin oltavan jo paremmalla puolella. Prisma oli tilattu ja sillä saataisiin häkäpaine reaktorissa

riittävän korkealle. Metanolinkuivaaja ei toiminut niin kuin piti, mutta se oli tässä savotassa pieni murhe. MF-Kolonnin pohjapumppujen poksit vuotivat – formiaattisakkaa syntyi kummallisen paljon ja sitä oli varmaan mennyt akselitiivisteisiinkin. Yrjö lupasi ehtiä niitäkin vielä miettimään, kunhan kävisi ensin katsomassa sitä ralikanlapiointia.

Jompen lista senkun jatkui. Hytykän satoja laippoja ei saatu pitämään, ja kunnossapidon pojat uhkailivat kärrätä romukentälle koko monisatametrisen hässäkän. Ja vaikka hydrolyysireaktio toimi, syntynyt pieni murkkuhappo-

määrä reagoi metanolin kanssa takaisinpäin metyyliformiaatiksi ja vedeksi heti flash-pöntössä. Ykköskolonniin ei vain saatu kertymään happoa.

Kinnusen pytty auttoi kyllä tasaamaan villisti heiluneen syöttösuhteen, mutta flässäyksen ongelmaan ei vielä ollut ratkaisua. Kyselivät olinko minä saanut jotain uutta irti niistä k-arvoista. Lupasin katsoa niitä Joukon ja Williamsin kanssa vielä ennen yövuoroa.


Happokolonnien kannatusrenkaiden lasitus ei kerta kaikkiaan kestänyt näitä lämpötilavaihteluita. Kolonnien särkyneitä lasituksia oli yritetty paikkailla sillä

» » »



Oulussa oli kylmä itsenäisyyspäivänä 1981.





Haettiin lisää kahvia ja mietittiin olisiko Pessille ja Uusitalolle muuta hyvää kerrottavaa kuin Kärppien kolmen ottelun voittoputki.





Muurahaisappotehdas rakenteilla kesällä 1981.

Jaakko Pavas / Kemira



mustalla massalla. Ja kaiken kukkuraksi nyt, kun vaivalla kerättyä happoa oli alettu tislata kakkoskolonnin paineessa, oli tämä keraaminen järjestetty täytekappalepatja romahtanut. Haettiin lisää kahvia ja mietittiin olisiko Pessille ja Uusitalolle muuta hyvää kerrottavaa kuin Kärpien kolmen ottelun voittoputki.

**P**aljon hyvääkin kuitenkin keksittiin. Tutkimuskeskusten pojat olivat vihdoin selvittäneet molempien reaktioiden tasapainot ja reaktionopeusyhtälöt. Niitä katseltiin, ja oltiin aika hiljaisia. Leonardille oli maksettu melkoisesti tästä aintulaatuisesta prosessilisenssistä, ja nyt, puolitoista vuotta myöhemmin ja kun kentällä oli parinkymmenen miljoonan arvosta romua pystyssä alkoi prosessin *oikea* kemia hiljalleen hahmottua... Se pani vähän nieleskelemään.

Mutta...toisaalta lasitettu teräs näytti kestävän kuumaa muurahaishappoa melkoisen hyvin. Sekin oli kyllä monella tavalla selvinnyt, mitä se ei kestä: reaktorin

pohjalle rysähtävää sekoitinelementtiä, PVDF-pinnoista irtoavaa fluoria, staattisen sähkön aiheuttamia läpilyöntejä monifaasivirtauksissa, suuria lämpötilaeroja... Jos – kuten toiset lisensorit olivat suosittelleet – happopuoli olisi tehty Hastelloystä, jäljellä ei olisi muutaman kuukauden päästä kuin läjä eristeitä.

Tieto oli tässäkin karttunut: lista metalleista ja muoveista, jotka eivät kestäneet kuumaa happoa, oli pelottavan pitkä. Hapon ja veden tislamisesta ei tietoa ollut vielä paljon kertynyt, mutta sen verran tiedettiin, ettei näillä erotusasteleiden määrillä vielä paljon happoa tislailtaisi. Sen minäkin McCabe-Thielen diagrammien piirtelystäni ymmärsin. Painetislauksen tasapainokäyrä täytyisi saada selvitettyksi, koska 85-prosenttisen väkevyyden saavuttaminen tulisi olemaan aikamoinen haaste.

Lisensorin edustaja Ian Williams alkoi heitellä toiveet kotiin pääsystä ennen joulua. Hänen mielestään flash-ongelman ratkaisuksi kehitettyä läskiventtiiliä ei

Oulun ensimmäinen muurahaisappotehdas valmistui syksyllä 1981. Se oli ensimmäinen metyyliformaatin hydrolyysiin perustuva laitos koko maailmassa. Vaikeiden käynnistysvaiheiden ja mittavien prosessimuutosten jälkeen vakaa hapontuotanto saavutettiin 1982 aikana.

Vuonna 2009 Kemira oli maailman toiseksi suurin tuottaja yli 100 000 tonnin vuosikapasiteetillaan. Muurahaisapon tärkeimmät käyttökohteet ovat biomasen säilöntä, nahka- ja tekstiili-teollisuus sekä kemianteollisuus.

pitäisi kokeilla. Idean isä Yrjö ja Jompe kuitenkin jatkoivat toteuttamiskelpoisen laiteratkaisun kehittämistä. Valmista happoa ei siis ollut vielä paljon Valiolle lähetettäväksi. Seuraavan kesän AIV-liuokset pitäisi varautua tekemään BP:n tai BASFin hapoista kuten ennenkin.

Tiedettiin, että iso urakka oli vielä edessä. Kokeneemmat kuitenkin vakuuttivat minullekin, että vähitellen kyllä päästäisiin niskan päälle. Tuntui hienol-

**Kari lähti pitkästä aikaa nukkumaan ja minä jäin ensimmäistä kertaa yövuoroon. Tähän ei Poli ollut minua kouluttanut.**



# Insinööri tarttui kynään

Jutun kirjoittaja Ilkka Pollari osallistui tekstillään *Kemia*-lehden vuonna 2009 järjestämään kirjoituskilpailuun, jossa kerättiin talteen kemian ammattilaisten muistoja työuralta. tarinat tallennettiin Tekniikan museoon.

Kirjoituskilpailusta tuli Ilkka Pollarille kimmoke tarttua kynään – jälleen kerran. *Kemia*-lehden lukijoille hän on entuudestaan tuttu myös puoliammattilaisena kirjoittajana, jonka kynästä on lähtöisin muun muassa A. I. Virtasesta kertova näytelmä parin vuoden takaa.

”Hyvä, että tuli ulkopuolinen sysäys. Deadline pani vauhtia”, naurahtaa Pollari, joka kertoo ajatuksen uran kiinnostavimpien vaiheiden muistelemisesta olleen mielessä jo pitkään.

”Teksti olisi perintönä niin itselle kuin firmallekin”, sanoo kemianteekniikan konkari, joka on tehnyt Kemirassa vuo-

desta 1981 alkaen vaiheikkaan ja monipuolisen uran.

Nyt Pollari on palaamassa lähemmäs juuriaan. Kemiran muurahaishappoon liittyvät tuotteet ovat siirtymässä yritys-kaupalla amerikkalaisomisteisen Taminc Corporationin haltuun. Kemira keskittyy strategiansa mukaisesti vesi-intensiiviseen liiketoimintaan.

Pollari puolestaan siirtyy kaupan toteutuessa Tamincin palvelukseen tutkimus- ja kehitystehtäviin sekä uuden liiketoiminnan kehitystehtäviin. Toimipaikkana hänellä säilyy Helsinki.

Laajempien muistelmien aika koittaa Pollarin mukaan viimeistään eläkevuosina. Hän kannustaa muitakin kynäilemään tarinansa talteen.

”Nykyään ei tieto muuten säily. Kaikki menee piiloon ruudun ylälaidan taakse ja katoaa kokonaan, kun kovalevy hajoaa. Tällainen keräys on konsti saada arvokkaat muistot, faktat ja tunteet säilymään jälkipolville.”

Kilpikirjoituksensa aiheeksi Pollari valitsi kuvauksen karusta keikasta pohjoiseen, vaikka takana on eksoottisempiakin aikoja, kuten projekti Koreassa tai Indonesiassa vietetyt vuodet.

”Oulun hanke oli elämäni ensimmäinen työskä, joka on siksikin jäänyt hyvin mieleen. Suomen kemianteollisuuden historiassa taas muistelmakuva-aikaa, jolloin täällä vielä investoitiin rohkeasti uusiin asioihin. Lisäksi teksti on nuoren insinöörin hatunnosto ammattilaisille, jotka todella osasivat asiansa”, Pollari perustelee.

Yksi asia jää taatusti vaivaamaan ainakin naispuolisia lukijoita, joten pakko kysyä: kerkisikö tuleva isä takaisin ja mukaan synnytykseen?

”Hyvin ehdin. Maija syntyi vasta 13. joulukuuta.”

”Ja olin muuten Kemirassa ensimmäisiä, jotka pitivät isyysloman. Kolme päivää olin vapaalla, ja kyllä sille siihen aikaan naureskeltiin.”

Päivi Ikonen

Ilkka Pollari teki Oulun-yövuoronsa jälkeen Kemirassa yli kolmikymmenvuotisen uran. Työ muurahaishappojen parissa jatkuu Tamincossa.



Kemira Oyj

ta olla mukana porukassa. Laitetaanpa tämä tästä kuntoon, sanoi Ojantakasen Villekin.

Kari lähti pitkästä aikaa nukkumaan ja minä jäin ensimmäistä kertaa yövuoroon. Tähän ei Poli ollut minua kouluttanut. Järveläisen ja Nordénin luennoilla reaktorit ja kolonnit, lämmönsiirtimet ja pumpput kuvattiin täsmällisinä yhtälöparvina, joista joku taitavampi helposti selvitti osittaiset moolitilavuudet, hydrauliset nostokorkeudet ja koko-

naislämmönsiirtokertoimet desimaalien tarkkuudella. Bredenbergin reaktionopeusyhtälöistä sai lopulta aina ja varmas-ti selville saannot ja loppupitoisuudet.

Täällä taas oli pakkasta 26 astetta ja minä yövuorossa. Nordénin ainoasta mieleen jääneestä ohjeesta (”Käyttää Henryn laki!”) ei nyt ollut apua. Oli jäätyvät putket ja vuotavat laipat, jotka kasvoivat kolmikymmensenttisiä jääpuikkoja. Pahaenteistä ääntä pitävät pumpput, jumittuvat säätöventtiilit, vuotavat lauhdekissat. Väärin johdotetut instrumentit

ja reistaileva ohjausjärjestelmä ennennäkemättömine TV-näyttöineen.

Onneksi yövuorossa oli Korpelan Jaska ja Kaarteen Martti, joten valvomosassa Kakkos-Kolmosen kompressorihallin toisessa kerroksessa ei tulisi aika pitkäksi. Pojat kyselivät puoliksi piruuttaan mitä neuvoja etelän insinööri suvaitsee tänne jänkhälle antaa. Sanoin, ettei teräsrakenteisiin kannattanut laittaa kieltä kiinni. □

Alkuperäinen artikkeli julkaistiin *Kemia*-lehden numerossa 6/2009.

# Biokemian pioneeri Ulla Hamberg

## pätevöityi kansainvälisissä huippuryhmissä

■ Monille nykymiesteille tuntemattomaksi jäänyt professori **Ulla Hamberg (1918–1985)** oli aikanaan poikkeuksellisen kansainvälistynyt kemisti. Kotimaan lisäksi hän loi uraa Ruotsissa, Brasiliassa ja Yhdysvalloissa.

Sisko Loikkanen

Turkulaiseen apteekkariperheeseen syntynyt **Ulla Hamberg** oli alun alkaen koulutukseltaan farmaseutti. Tohtoriksi hän

väitteli Helsingin yliopistossa vuonna 1962.

Hamberg pääsi jo varhain urallaan huipputason ryhmiin. Hän julkaisi ensimmäisen tieteellisen artikkelinsa nobelilisti **A. I. Virtasen** kanssa vuonna 1947 ja siirtyi seuraavana vuonna Tukholman Karoliiniseen instituuttiin kuuluisan **Ulf von Eulerin** ryhmään. Eulerin tutkimuskohteena oli hermojen välittäjäaine noradrenaliini ja sen toiminta. Hänet palkittiin työstä Nobelin lääketieteen palkinnolla vuonna 1970.

Eulerin assistenttina Hamberg pääsi paneutumaan ajankohtaiseen huippututkimukseen ja syventämään osaamistaan.

He julkaisivat yhdessä kahdeksan tieteellistä artikkelia vuosina 1948–1953 muun muassa *Acta Physiologica Scandinavica*, *Science*- ja *Nature*-lehdissä sekä *Biochemical Journalissa*. Hambergin nimi tunnettiin pian laajalti tutkijapiireissä.

Hamberg kiinnostui proteiinien kemiasta ja siirtyi vuonna 1954 tutkimaan aihetta brasilialaisen **Mauricio Rocha de Silvan** laboratorioon Sao Paulon yliopistoon.

Rocha de Silva oli vuonna 1948 löytänyt bradykiniinin, kiniineihin kuuluvan veriplasman peptidin, joka saa verisuonet laajentumaan. Hamberg puolestaan osoitti *Bothrops jararaca* -käärmeestä



Terttu Kososen kotialbumi

Helsingin yliopiston biokemian laitoksessa vietettiin työn lomassa pikkujouluja vuonna 1978. Kuvassa vasemmalta vahtimestari Elo Koivu, professori Ulla Hamberg, insinööri Kai Österlund ja kanslisti Kaisa Pitkänen.



## European Women in Chemistry nostaa esiin Ansoituneet ja alaspainetut naiskemistit

Kansainvälisen kemian vuoden 2011 kunniaksi julkaistu kirja valottaa eurooppalaisten naiskemistien elämäntarinoita ja merkitystä.

eristetyn myrkyllin avulla, että bradykiniiniä syntyy veriplasmassa isommasta kininogeeniproteiinista.

Hamberg työskenteli kahteen otteeseen myös Yhdysvalloissa, Wisconsinin yliopistossa vuodet 1956–1957 ja Clevelandissa 1959–1961.

Yhteisjulkaisuja Hamberg teki vuodesta 1959 alkaen A. I. Virtasen, farmakologian professorin **Armas Vartiainen** ja kemian professorin **Jorma Erkaman** kanssa. 1960-luvun puolivälistä lähtien hän työskenteli tutkijana Suomen Akatemian rahoituksen turvin.

### Elämä ja perintö biokemialle

Ulla Hamberg kuuluu Suomen biokemiallisen tutkimuksen pioneereihin. Hän toimi Helsingin yliopiston biokemian henkilökohtaisena ylimääräisenä professorina kesäkuusta 1976 kuolemaansa vuoteen 1985 asti.

Yliopistossa hän kokosi ympärilleen merkittävän tutkimusryhmän, joka jatkoi plasmaproteiinien tutkimista. Työ oli tuloksiltaan huomattavaa, varsinkin kun otetaan huomioon vähäiset taloudelliset resurssit.

Tieteellisen perinnön lisäksi nykytutkijat saavat kiittää Hambergia hänen päätöksestään testamentata varojaan Suomen Tiedeseuralle.

Ulla Hambergin rahastosta tuetaan ”erityisesti lääketieteellisesti suuntautuvaa biokemiallista tutkimusta syöpädiagnostiikan kehittämiseksi ja immunoterapian käytön selvittämiseksi pahanlaatuisissa syöpäsairauksissa”.

Hambergin tarinan kirjoittivat Helsingin yliopiston professorit **Pekka Pyykkö** ja **Carl. G. Gahmberg** teokseen *European Women in Chemistry*. □

Kirjoittaja on kemian diplomi-insinööri ja tiedetoimittaja.  
sisko.loikkanen@yle.fi

Artikkeli julkaistiin ensimmäisen kerran *Kemia*-lehden numerossa 5/2011.

”Kirja naiskemisteistä, mikä outo hanke! Kuinka näin harvat naiset ovat ansioituneet kemiassa?”

Tätä kirjan lukija varmaankin pohtii ensimmäisenä, arvelee *European Women in Chemistry* -teoksen esipuheen kirjoittanut **Nicole Moreau**, ranskalainen kemianprofessori ja kemianjärjestö Iupacin puheenjohtaja.

Naisten merkitystä kemian kehityksessä valottava kirja kertoo 54:n eurooppalaisen naiskemistin elämäntarinan. Mukaan valituista kolme on edelleen aktiivisia nykytutkijoita.

Moreau toteaa karusti, että kuuluisia naiskemistejä nyt kerta kaikkiaan on vähän, ja ottaa esimerkiksi kemian Nobelin palkinnot.

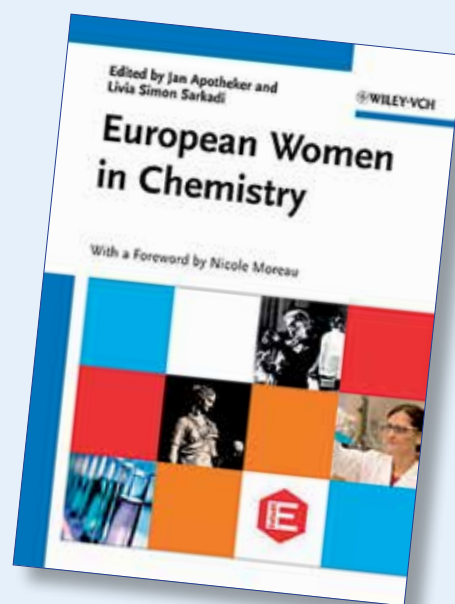
Vuosina 1901–2010 tieteiden Nobelin palkinnon sai yhteensä 612 tutkijaa, joista vain 15 oli naisia. Kemian palkintoja myönnettiin 159 tutkijalle, joista naisia on neljä. **Marie Curie** palkittiin vuonna 1911 ja hänen tyttärensä **Irène Joliot-Curie** vuonna 1935. **Dorothy Crowfoot Hodgkin** vastaanotti palkinnon vuonna 1964 ja **Ada Yonath** vuonna 2009.

### Naiskemistien kivinen tie

Moreau muistuttaa naisten kohtaamista vaikeuksista heidän pyrkiessään kemian pariin. Menneinä vuosisatoina kemian katsottiin vaativan erityistä rationaalista ajattelua. Naisia pidettiin alalle liian heikkoina ja irrationalisina.

Naiset kyllä sekoittelivat voiteita ja parfyymejä, eristivät kasveja vaikuttavia aineita ja valmistivat monenlaisia mikstuuroja, mutta heidän taitonsa olivat niin epäilyttäviä, että monet käytännön kemian hallinneet naiset tuomittiin noitina kuolemaan.

Tyttöjen asiaa ei edistänyt sekään, että heiltä evättiin kokonaan pääsy valmentaviin kouluihin ja yliopistoihin. Tyttären opiskelun esti usein oma isä. Michillä oli vapaa pääsy kemiaan, naisilla vain kyökkiin.



Tilanne muuttui satakunta vuotta sitten. Yhä useampi nainen saattoi aloittaa opinnot yliopistossa ja päätyä kemistiksi, mutta heistäkin vain harvoille ura avautui helposti. Monet kulkivat silti vaikeuksien kautta voittoon taistellen samalla naisten yhteiskunnallisen tasa-arvon puolesta. Juuri heistä nykytutkijoiden kannattaisi Moreaun mielestä ottaa mallia.

Kirjassa esitellään naiskemistejä ajanlaskumme alkuaikoina Aleksandriassa vaikuttaneesta **Maria Juutalaisesta** lähtien.

Nobelistien lisäksi mukana ovat esimerkiksi saksalainen **Katharina Landgester**, kemian Max Planck -instituutin ensimmäinen naisjohtaja, sekä ranskalainen emeritaprofessori **André Marquet** Pariisin Pierre ja Marie Curie -yliopistosta. Tutkimuksesta luovuttuaan hän on edistänyt kemian popularisointia sekä dialogia kemistien ja suuren yleisön välillä. Ulla Hamberg edustaa ainoana suomalaista kemiaa.

Wileyn kustantamaan kirjaan on valittu ennen kaikkea merkittävän akateemisen uran tehneitä kemistejä. Pois on rajattu muilla sarjoilla ansioituneet kemistit, kuten politiikan vahvat naiset **Margaret Thatcher** ja **Angela Merkel**.

## **Valmistunut kemisti tai alan opiskelija – Tule mukaan kemistien yhteiseen toimintaan!**

### **Suomalaisten Kemistien Seura ry**

- Verkostoitumista
- Ajankohtaista tietoa alalta
- Paikallisseurat ja jaostot järjestävät kokouksia, seminaareja ja retkiä
- Yritysvierailuja
- Teatteri- ja museokäyntejä
- Stipendejä nuorille kemisteille ja lahjakkaille kemian opiskelijoille



- Perustettu vuonna 1919
- Jäseniä 2720
- Tarkoitus: kemian ja sen sovellutusten, kemian tutkimuksen ja teollisuuden edistäminen sekä jäsenten tukeminen heidän työskennellessään mainituilla aloilla.

- Nimeää ehdokkaat International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), European Association for Chemical and Molecular Sciences (EuCheMS) ja European Polymer Federation (EPF) -järjestöihin.



**Finska Kemistsamfundet-Suomen Kemistiseura r.f. (FKS)** grundades i Helsingfors den 3 oktober 1891 på initiativ av dr Ossian Aschan och professor Edvard Hjelt vid Universitetet samt direktör Ernst Qvist vid Polytekniska Institutet. Till sin ålder är samfundet således det nionde kemiska sällskapet i Europa och det elfte i hela världen. Kemiska Säll-

skapet i Åbo ingår i FKS som en lokalförening och totalt har samfundet ca 250 medlemmar.

Idag utgörs verksamheten främst av företagsbesök med kemisk anknytning, besök på teater och konstutställningar, understöd till unga kemister, bl.a. priset ur Alfthans fond, och stöd till studenter och lärare. Den gemensamma julfesten med Fysikersamfundet samlar medlemmarna till glad samvaro, men också till presentationerna av årets Nobel-pristagare i fysik och kemi.



**Kemiallisteknillinen Yhdistys - Kemisktekniska Föreningen ry (KTY)** on perustettu v. 1970. Se toimii kemian tekniikan alalla työskentelevien yhdysseitienä tavoitteenaan kemian tekniikan ja kemian teollisuuden arvostuksen sekä ammatillisen kehityksen edistäminen.

Yhdistys järjestää mm. kokouksia, ekskursioita ja koulutustoimintaa sekä pitää yhteyttä kansainvälisiin alan järjestöihin. Jäsenmäärä v. 2013 oli 430.

Vuodesta 1993 KTY on pyrkinyt järjestämään Chemical Engineering Seminar ja Prosessikehityspäivä-tapahtumia vuorovuosin.

Vuodesta 1995 lähtien yhdistys on jakanut joka toinen vuosi Kemiantekniikan palkintoa tunnustuksena ansiokkaasta jatko-opinnäytteestä kemiantekniikan alalla. Tähän mennessä palkinnon on saanut 10 henkilöä väitöskirjastaan.

Ulkomaisia suhteita KTY hoitaa European Federation of Chemical Engineering -järjestön (EFCE) kautta. Järjestöllä on 18 työryhmää, joiden alat vaihtelevat eri yksikköoperaatioista koulutuksen kautta mm. prosessiturvallisuuteen ja se järjestää esim. kemian tekniikan kongresseja Euroopassa.





# Rosalind Franklin, dna:n tumma leidi

■ ”Dna:n tummaksi leidiksi” kutsuttu Rosalind Franklin ei koskaan saanut tietää, että 1900-luvun tunnetuin tieteellinen löytö perustui hänen tutkimukseensa.

Sisko Loikkanen

James Watsonin ja Francis Crickin sensaatiomainen artikkeli dna:n rakenteesta ilmestyi *Nature*-lehdessä 60 vuotta sitten, huhtikuussa 1953. Vuonna 1962 tutkijat pokkasivat saavutuksestaan lääketieteen Nobelin yhdessä Maurice Wilkinsin kanssa.

Tutkija, jonka löytöön Nobelin arvoimen havainto perustui, jäi vaille palkintoja. Hän oli britannianjuutalaiseen pankkirisukuun vuonna 1920 syntynyt **Rosalind Franklin**, Cambridgen huippuyliopiston kasvatti, joka aloitti uransa Britannian kivihiihen tutkimuskeskuksessa.

Sen jälkeen Franklin työskenteli Ranskan valtion kemiantutkimuslaitoksessa, jossa hän selvitti kiteisten ja ei-kiteisten aineiden rakennetta röntgensäde diffraktiomenetelmällä, kun hän vuonna 1950 sai kutsun palata kotimaahan.

Työtarjouksen esitti Lontoon King's College, joka halusi mukaan ajan kiihkeimpään tieteelliseen kilpajuoksuun eli dna:n salaisuuden selvittämiseen. Yhdysvalloissa pulmaa ratkoi jo kuuluisa kemisti **Linus Pauling** ja Britanniassa Cambridgen Cavendish-laboratorio.

King's Collegessa röntgenkristallografian osaaja sai aisaparikseen Maurice Wilkinsin. Kaksikon yhteistyö kuitenkin takkuili. Franklin ei vastannut Wilkinsissä arvelujen mukaan roihattaneisiin romanttisiin tunteisiin eikä myöskään pitänyt tätä vertaisenaan tieteentekijänä.

## Pöytälaatikon kuva

Tutkimukseen Rosalind Franklin kävi käsiksi tarmokkaasti. Pian hän osoitti,

että dna voi molekyylin sitoman veden määrästä riippuen esiintyä kahdessa erilaisessa, A- tai B-muodossa, ja päätteli, että molekyylin fosfaattirunko on ketjun ulko-osalla.

Vuonna 1952 Franklin sai otettua B-muodosta erinomaisen kuvan. Siinä erottuu selvä X:n muotoinen kuvio, joka on merkki kierteisestä rakenteesta. Systemaattisena luonteena Franklin siirsi kuvan pöytälaatikkoonsa odottamaan laskekelmia A-muodosta.

King's Collegen edistysaskeleet houkuttelivat paikalle utelijoita kävijöitä: James Watsonin ja Francis Crickin Cavendishista. Kun Rosalind Franklin ei ollut paikalla, Wilkins näytti vieraille tämän ottaman kuvan.

Pari viikkoa myöhemmin cavendishilaistutkijoita kohtasi toinen onnenpotku. Laitosten yhteistyötä koordinoitu johtaja luovutti heille Franklinin tutkimusraportin – jälleen tämän itsensä tietämättä.

Raportti avasi Watsonin ja Crickin silmät. Kaksikko tajusi, että dna muodostaa kaksoiskierteen, ja kiirehti julkaisemaan keksinnön omanaan. Artikkelissaan he eivät esittäneet Franklinin kuvia ja viittasivat tämän muihinkin töihin vain hyvin epämääräisesti.

Rosalind Franklinille ei koskaan selvinnyt, että mullistavassa löydössä oli hyödynnetty hänen tutkimustaan. Artikkelin ilmestyessä hän oli jo siirtynyt tutkimaan tupakan viruksia Birkbeckin yliopistoon. Siellä hän osoitti, että virusten perimän kantajana myös rna on rakenteeltaan kierteinen.

Vuonna 1958, 37-vuotiaana, Franklin menehtyi nopeasti edenneeseen munasarjasyöpään.

## Myöhäinen tunnustus

Rosalind Franklinin osuus dna:n löytöhistoriassa paljastui suurelle yleisölle vuonna 1968, jolloin James Watson julkaisi skandaalinkäryisen kirjansa *Kaksoiskierre*.

Watsonin panetteleva ja omahyväinen teksti sai aikaan voimakkaan reaktion.



Rosalind Franklinin ottama kidekuva oli avain dna:n kaksoiskierrekenteen selviämiseen.

Lukijat arvostelivat etenkin kuvaa, jonka hän antoi Franklinista. Kirja käynnisti spekulointia siitä, kuka itse asiassa oli keksinyt mitään.

Francis Crick taipui ennen vuonna 2004 tapahtunutta kuolemaansa myöntämään, että nobelistien löytö todella pohjautui Rosalind Franklinin työhön.

Vuonna 1928 syntynyt James Watson ei ole sitä vielä tehnyt. □

Sisko Loikkanen on kemian diplomi-insinööri ja tiedetoimittaja.  
sisko.loikkanen@yle.fi

Artikkeli julkaistiin ensimmäisen kerran *Kemia*-lehden numerossa 1/2013.

Analytiikka arkeologien apuna

# Luut kertovat monta tarinaa

■ Suomen asutuksen leviämistä selvitetään radiohiiliajoituksen avulla. Luiden stabiili-isotooppi-analyysi taas kertoo, mitä tuhansia vuosia sitten syötiin, ja muinaisdna-tutkimus paljastaa, kuinka menneisyydessä sairastettiin. Nykyarkeologia on kuin palapelin kokoamista, jossa kokonaiskuva rakentuu monen alan yhteistyönä.

Arja-Leena Paavola

Taannoinen vapunjälkeinen aamu on painunut poikkeuksellisen hyvin **Markku Oinosen** mieleen. Työhuoneeseensa astuneen paha-aavistamattoman tutkijan vastaanotti keskellä lattiaa pötköttänyt muhkea 120-senttinen luu.

”Se paljastui nuoren mammutin reisoluuksi, jonka radiohiilianalyysi osoitti noin 30 000 vuotta vanhaksi”, Helsingin yliopiston ajoituslaboratoriota johtava Oinonen naurahtaa.

”Suurin tähän mennessä tutkimistani luista, erään yksityishenkilön meille toimittama.”

Ajoituslaboratorioon tulee jatkuvasti tutkittavaksi niin kokonaisia luita kuin kirjepostina kulkevia pieniin minigrip-

pusseihin pakattuja luunkappaleitakin.

Radiohiilimenetelmällä ajoitetaan hiilipitoisia näytteitä, joiden ikä voi vaihdella sadasta vuodesta useisiin kymmeniintuhansiin vuosiin. Suomessa on tehty radiohiiliajoituksia sekä eläinten että ihmisten jäänteistä, lähinnä luista, jo yli neljä vuosikymmentä.

Luuaines koostuu kovasta kalsiumfosfaattimineraalista ja luuväliaineesta, joka on pääasiassa kollageenia. Kun kollageeni on kemiallisesti eroteltu luusta, se poltetaan. Polttoprosessissa syntynyt hiilidioksidi pelkistetään hiileksi, jonka määrä mitataan kiihdytinpohjaisella massaspektrometrillä (AMS) esimerkiksi Helsingin yliopiston fysiikan laitoksen

materiaalifysiikan osastossa.

”Varhaisina vuosina käytettiin pelkätään tukeilmaisintekniikkaa, jolla saadaan selville radiohiilen hajoamisessa muodostuneiden beetahiukkasten määrä. AMS:n avulla sen sijaan lasketaan yksittäiset hiiliatomit. Myös herkkyudessa on eroa: AMS-mittaukseen riittää tuhat kertaa pienempi määrä ainetta kuin säteilymittari vaatii”, Oinonen kuvaa tekniikoiden eroa.

Kotimaisten tehtävänantojen lisäksi ajoituslaboratorio saa tätä nykyä tilauksia etenkin Virossa, jossa tutkitaan paljon maan rikasta historiaa.

Oinosen mukaan on hyvä muutenkin pitää yllä yhteyksiä sukulaiskansaansa.



Suurin ajoituslaboratoriossa tähän mennessä tutkittu näyte ja koon 42 kenkä. Mammutin reisoluu paljastui 30 000 vuotta vanhaksi.





Markku Oinonen osallistui kesällä 2009 Havaijilla pidettyyn radiohiilikonferenssiin. Taustalla ilma-kehään tupruttelee hiiltä Kilauea-tulivuori.



## Tuukkalan vainajien taudit paljastuvat



Mikkelin kaupungin museot/Kuva-arkisto/Matti Sikanen

Mikkelin Tuukkalan kalmistosta löytyi kesällä 2009 joukko hautoja, joissa lepäsi seitsemän vainajaa luut anatomisesti järjestyksessä. Suljettujen hautojen lisäksi mullassa lojui eläinten luita, palaneita ihmisluita ja lisäksi irtoluita, jotka ovat joutuneet maahan historian eri vaiheissa.

Seitsemää 1200-luvulla elänyttä vainajaa on tutkinut arkeo-osteologi **Kati Salo** Helsingin yliopistosta. Hän on ulkomailla opiskellessaan erikoistunut muun muassa paleopatologiaan eli sairauksien merkien tunnistamiseen luista.

Rautakautisista vainajista nuorin on ollut kuollessaan vain nelivuotias.

”Lasten ikämääritykset voidaan tehdä melko suurella tarkkuudella, sillä hampaiden kehittyminen on luotettava mittari”, Salo kertoo.

Loput kuusi ovat eri-ikäisiä aikuisia, heistä yksi nainen ja vanhin yli 50-vuotias.

Aikuiset vainajat ovat poteneet sekä hampas- että nivelsairauksia. Leukaluu oli kaikilla vetäytyneet ientulehduksen seurauksena, ja jokainen oli menettänyt useita hampaita ennen kuolemaansa.

**Näin komeasti pukeuduttiin Tuukkalan. Mikkelin seudun muinaispukuun kuuluu pitkähihainen, nilkkoihin ulottuva pellavainen alusvaate, jonka päällä on kaksi villaista hametta ja esiliina. Kokonaisuuden kruunaa viitta.**

Hampaiden reikiintyminen viittaa Salon mukaan siihen, että Tuukkalan hautojen päätyneiden ravinto on ollut hiilihydraattipitoista ja että juomavedessä on ollut vain vähän fluoria. Rautakaudella on harjoitettu viljelystä ja saatu viljasta runsaasti hiilihydraatteja. Hammaskivestä voi puolestaan päätellä, että ruoka on ollut pehmeää.

”Kivikaudella taas syötiin paljon lihaa ja kasviksia. Kivikaudella eläneiden hampaissa on siksi runsaasti kulumia mutta vähän reikiä.”

Vanhimmalta vainajalta löytyi erittäin pahoja kulumia kaulanikamista, lisäksi kaksi rintanikamaa oli luutunut yhteen. Nivelrikot ovat yhä yleisiä iäkkäillä ihmisillä, mutta vauriot eivät hoidon ansiosta pääse yhtä pahoiksi. Nykyajan röntgenlääkäreille Tuukkala tarjoaakin mahdollisuuden nähdä, miltä pitkälle edenneet sairaudet näyttävät.

### Ammatti ja elämäntarina

Aivan kaikkea luut eivät omistajistaan kerro. Esimerkiksi nopeasti tappavat virustaudit eivät jätä niihin jälkiä. Sen sijaan kupan ja lepran kaltaiset tartuntataudit käyvät myös luihin.

Myös puutostauteja, kuten c-vitamiinin puutoksesta johtuvaa keripukkia, on havaittu lasten luista melko runsaasti. Näillä leveysasteilla on c-vitamiinin lähteitä ollut talvisaikaan vähän. Vasta 1700-luvulla yleistynyt peruna paransi suomalaiset keripukista.

”Luissa voi nähdä jonkinlaisen elämäntarinan, vaikka luiden koko tutkimuspotentiaalia ei vielä edes tunneta”, Salo sanoo.

Muinais-dna-tutkimusta on tehty vasta parikymmentä vuotta. Jonain päivänä kyetään kenties eristämään vaikkapa virusten dna:ta. Silloin voidaan ehkä selvittää muinaisten vainajien kuolinsyyt myös tapauksissa, joissa silmämääräisesti tarkasteltuna ei ole vammaa tai sairautta.

Tuukkalan vainajien perimän tutkiminen jatkuu Helsingin yliopiston oikeuslääketieteen laitoksessa. Seuraavaksi saatetaan selvittää esimerkiksi lihasten kokoa, jonka perusteella taas voidaan arvioida vainajan ammattiryhmää. Dna-tutkimuksissa kartoitetaan myös sukulaissuhteita ja rodullisia piirteitä.

### Vauraan väen leposija

Tuukkalan tuoreet hautalöydöt sijaitsevat jo aiemmin tutkituksi oletetulla alueella. Poikkeuksellisen rikas kalmisto löydettiin jo vuonna 1886. Kaukolämpöpötkön rakentamisen yhteydessä paljastuneet uudet, koskemattomat ruumishaudat olivatkin tutkijoille melkoinen yllätys. Kaikkiaan Tuukkalanasta on nyt löydetty yli 80 hautaa.

Nuorempaan rautakauteen ja varhaiskeskiaikaan ajoittuvassa kalmistossa vainajat on haudattu upeat vaatteet päällään. Myös hautojen esineistö on runsasta.

Naisten vaatteissa on ollut olkasoljet, joista riippui pronssisia kierteitä. Myös paidan solkina käytettiin pronssisia kehäsolkia. Puvun ketjuihin on mahdollisesti ollut kiinnitettynä erilai-

sia esineitä. Miehet on haudattu yllään vyölaitteet, joissa on pronssiset soljet ja pronssiheloja.

”Vainajat on haudattu vierekkäin itälänsisuuntaisesti, yleensä niin, että pää on kohti länttä. Hautausuunnan perusteella voi päätellä, että yhteisössä on jo ollut jonkinlaista kristillistä vaikutusta. Sitä tukee myös se, että haudoissa ei ole aseita, paitsi työkaluina käytettyjä kirveitä”, kertoo kaivausjohtaja **Esa Mikkola** Museovirastosta.

Aiemmin viikinkiajalla miehet haudattiin komeasti aseet mukanaan. Uskomusmaailman muuttuttua aseita ei enää arveltu tarvittavan tuonpuoleisessa. Kun kristinuskoko vakiintui, esineellinen hautaus loppui kokonaan, ja kuolleet alettiin haudata käärinliinoissa.



”Siitä on hyötyä myös oman arkeologisen tutkimuksemme kannalta”, historiallista innostunut fyysikko huomauttaa.

Työssään Oinonen voi ilokseen yhdistää oman koulutuksensa, taustansa ja mittaustekniikan tietonsa luonnon ja menneisyyden tutkimukseen.

”Tutkijan mielessä tarinat alkavat elää, vaikka turhia spekulatioita ei tietysti saa päästää vallalle. Mielikuvitus on kuitenkin työssä voimavara, jonka ansiosta saattaa syntyä jopa uusia tutkimusideoita.”

Radiohiilianalytiikkaa hyödynnetään Oinosen mukaan yhä enemmän esimerkiksi Suomen asutushistorian tutkimuksessa. Maaperämme ei tosin valitettavasti ole kovin otollinen muinaismuistojen säilymiselle, sillä happamassa maassa varsinkin luu tuhoutuu nopeasti.

Vaikka ihminen on tullut Suomeen heti jääkauden päätyttyä eli noin 11 000 vuotta sitten, arkeologisissa kaivauksissa löytyneet ja sitten ajoitetut luu- ja puunäytteet ovat pääosin peräisin viimeisten 2 000 vuoden ajalta.

Vanhempaa materiaalia ei yksinkertaisesti ole juurikaan säilynyt – paitsi palaneena.

”Kun luu palaa, sen kollageeni häviää ja kiderakenne muuttuu. Sellainen luu säilyy maassa huomattavasti paremmin.”

Tutkijalle luun kärventymisestä kieli-

vät sen vaalea väri ja koostumuksen matala typpi-prosentti. Kun kollageenia ei enää ole, analyysi tehdään epäorgaanisesta aineesta.

”2000-luvulla on tutkittu satakunta hyvin vanhaa, asutuksen alkua ajoilta peräisin olevaa palanutta luuta. Vanhimmat löydöt ovat olleet lähinnä ihmisten saaliseläinten luita. Niiden perusteella voi seurata asutuksen leviämistä sitä mukaa kuin uutta maata on kohonnut merestä esiin.”

### Hiilen hajoaminen kellon koneistona

Radiohiileksi kutsutaan hiilenkierron elementtiä, jota syntyy, kun kosmiset säteet iskeytyvät ilmakehään ja törmäävät atomeihin. Radiohiili kertoo tutkijoille tutkittavan kohteen iän eräänlaisen ”hajoamiskellon” avulla.

”Ilmakehän radiohiili päättyy yhteyttämisen kautta kasveihin ja ravintoketjua pitkin edelleen eläimiin ja ihmisiin. Eliön eläessä sen radiohiilipitoisuus saavuttaa tasapainon ilmakehän radiohiilipitoisuuden kanssa, mutta kuoleman jälkeen hiilen määrä alkaa pienentyä radioaktiivisen hajoamisen kautta”, Markku Oinonen kuvailee.

Radiohiilen määrä siis paljastaa ajankohdan, jolloin eliö, eläin tai ihminen on kuollut. Ajoituksessa nollavuotena pidetään yhteisestä sopimuksesta vuot-

ta 1950, josta lasketaan radiohiilivuosia taaksepäin sillä oletuksella, että ilmakehän radiohiilipitoisuus on pysynyt samana.

”Tosiasiaa aika-arvioihin joudutaan tekemään korjauksia. Auringon aktiivisuuden vaihtelut ja viime vuosisatoina myös fossiilisten polttoaineiden käyttö ovat muuttaneet ilman radiohiilipitoisuutta”, Oinonen huomauttaa. ”Se hankaloittaa varsinkin nuorempien näytteiden ajoitusta.”

Kalibroinniksi kutsutussa korjausprosessissa näytteen radiohiili-ikä muunnetaan kalenterivuosi-ikäksi. Määrittämisessä päästään Oinosen mukaan parhaimmillaan muutaman kymmenen vuoden tarkkuuteen. Kun kyseessä on tuhansia vuosia vanha kohde, heitto voi olla vuosisatojakin.

Nuoremista näytteistä ajoituslaboratorion tutkittavina ovat olleet esimerkiksi Lappeenrannan Huhtiniemestä vuonna 2006 löydetty ihmisjäännökset.

Sitkeiden huhujen mukaan alueella olisi jatkosodan lopulla vuonna 1944 toiminut salainen kenttäoikeus, jonka väitetään tuominneen satoja suomalaisia sotilaskarkureita kuolemaan. Väite ei kuitenkaan saa vahvistusta ainakaan radiohiilimäärittämisestä.

”Luista tehtyjen analyysien perusteella todennäköisyys siihen, että uhrin olisivat jatkosodan ajalta, on todella pieni. Radiohiiliajoituksen mukaan näytteet ovat 1900-lukua edeltävältä ajalta.”

Tulokset ovat samansuuntaisia löytöaineiston tyylihistoriallisen ajoituksen kanssa. Huhtiniemen jäänteiden joukosta löydetty esineet, kuten napit ja riipukset, edustavat selvästi 1940-lukua vanhempaa tyyli-suuntaa.

Luiden tutkimuksessa käytetään tätä nykyä myös uudempaa tekniikkaa, stabiili-isotooppianalyysiä. Stabiilit eli pysyvät isotoopit ovat hyvä työkalu prosessien tutkimuksessa ja aineiden alkuperän määrittämisessä.

Luun orgaanisen aineksen hiili- ja typpi-isotooppien suhteet muodostuvat sen mukaan, millaista ruokaa luiden omistaja on nauttinut. Vety- ja happi-isotooppisuhteeseen vaikuttaa myös käytetty vesi.

”Arkeologiaan ovat vahvasti tulossa mukaan sekä stabiili-isotooppianalyysit että dna-tutkimukset, joiden avulla luusta voidaan ottaa ”sormenjälki”. Se sisältää tietoa eliön geneettisestä ja maantieteellisestä alkuperästä sekä elintavoista ja -ympäristöstä”, Oinonen maalaillee tutkimuksen tulevaisuudennäkymiä. □

Kirjoittaja on vapaa toimittaja. arjaleena.paavola@gmail.com

Artikkeli julkaistiin ensimmäisen kerran *Kemia*-lehden numerossa 2/2010.



Arkeologiassa yhdistyvät luonto, historia ja luonnontieteelliset menetelmät, iloitsee Markku Oinonen, joka kuvassa kiipeää Henrik Asplundin kanssa Liedon Vanhannan kaivauksille.

KATI ESKOLA

# Puoli vuosisataa Äänettömästä keväästä

# Rachel Carsonin kirja järisytti maailmaa

■ Amerikkalainen tietokirjailija paljasti ensimmäisenä tuholaismyrkkujen liikakäytön vaarat ja joutui ankaran ajolahdin kohteeksi. Monelta jäi huomaamatta hänen kantansa, että kemikaaleja tarvitaan oikea määrä oikeassa paikassa. Nykypäivän kemianteollisuus voisikin pystyttää Rachel Carsonille patsaan.

Kalevi Rantanen

Kun Rachel Carsonin kirja *Äänetön kevät* 27. syyskuuta 1962 ilmestyi, se vaikutti sähkösoikin tavoin. Kirja järisytti yleisöä ja tutkijoita mutta eniten maailman kemianteollisuutta.

50-vuotisjuhlansa viettävän kirjan vaikutus jäi pysyväksi. Kun Yhdysvaltain kemian seuran lehti *Chemical & Engineering News* kirjoitti toukokuussa 2012 rikkakasvien torjunnasta, teksti oli kuin suoraan Carsonilta.

Arvostettu lehti varoitti viljelijöitä luottamasta liikaa nykyajan suosikkikemikaaliin glyfosaattiin, sillä sille vastustuskykyisiä rikkaruohokantoja on jo syntynyt.

Tämän päivän tieteen slangilla ilmaistuna *Äänetön kevät* on meta-analyysi, yhteenveto tutkimuksesta. Kirja kertoo pääasiassa kahden kemikaaliryhmän, organokloriinien ja organofosfaattien, vaikutuksesta ympäristöön. Tekstin painopiste on niistä pahamaineisimmassa eli myrkyssä nimeltä DDT.

Ennen *Äänetöntä kevättä* tiedot kemikaalien ympäristövaikutuksista olivat hajallaan kuin kasa palapelin paloja. Kun Carson yhdisti tosiasiat, kuva selkeni. Lukijat näkivät, että haitat olivat merkittäviä – mutta samalla he saivat tietää, että ongelmat olivat ratkaistavissa.

Nykytermein *Äänetön kevät* on myös skenaariotutkimus.

Ensimmäinen kirjan seitsemästätoista luvusta esittelee kuvitteellisen kaupungin, jonka ihminen on lamauttanut holtittomin myrkkuruiskutuksin. Seuraavissa viidestätoista luvussa vyörytetään vastaansanomaton todistusaineisto torjunta-aineiden vaikutuksista vesistöissä, maaperässä, kasvipeitteessä ja eläinkunnassa.

Viimeinen luku on yhteenveto hyvistä käytännöistä. Se kertoo, miten kasveja voidaan suojella optimoimalla kemikaaliruiskutukset, käyttämällä fysikaalisia ja biologisia menetelmiä sekä hyödyntämällä tuhohyönteisten luonnollisia vihollisia.

”Suu kiinni, luontonunna!”

Myrkkijä tarvitaan, mutta niitä pitää käyttää järkevästi.

Näin Carson sanoo kirjassaan moneen kertaan. Samaa hän toisti teoksen aiheuttaman kohun keskellä. *Äänettömässä keväässä* hän kirjoittaa:

”Minä en väitä, että kemiallisia hyönteismyrkkyjä ei saisi koskaan käyttää.

”Myrkkijä tarvitaan, mutta niitä pitää käyttää järkevästi.”

Väitän, että myrkylliset ja biologisesti voimakkaat kemikaalit on annettu holtittomasti väärin henkilöiden käsiin. Nämä henkilöt ovat joko suureksi osaksi tai kokonaan tietämättömiä vahingoista, joita aineet saattavat aiheuttaa.”

Televisiokeskustelussa vuonna 1963 Carson huomautti:

”Jotkut voivat ajatella, että luonnon taspaino on jotain, mikä kumottiin heti kun ihminen ilmestyi näyttämölle. Yhtä hyvin voisi sanoa, että kumotaan painovoima.”



1870-luvulla rakennettu Rachel Carsonin lapsuudenkoti Pennsylvanian Springdalella toimii nykyisin kirjailijan nimeä kantavana museona.





Biologi ja luonnonsuojelija Rachel Carson avasi ihmiskunnan silmät näkemään kemikaalien liiallisen käytön haitat ympäristölle.

United States Fish and Wildlife Service

”Tämä ei merkitse, että emme voisi yrittää kallistaa luonnon tasapainoa omaksi eduksemme. Mutta sitä yrittäessämme meidän pitää tietää, mitä teemme. Meidän pitää tuntea seuraukset.”

Nykypäivän kemianteollisuus olisi tyytyväinen, jos suuri yleisö ajattelisi ympäristöasioista Rachel Carsonin tavoin.

Vuonna 1962 tilanne nähtiin alan yri-

tyksissä kuitenkin toisin. Viimeinen asia, jonka kemikaalivalmistajat halusivat tehdä, oli neuvojen vastaanottaminen joltakin tietokirjailijalta.

Maatalouskemian jättiyhtiö Monsanto julkaisi *Äänetöntä kevättä* parodioineen tekstin *The Desolate Year* (Katoavuosi). Artikkelin kuvasi tilannetta, joka voisi syntyä, jos kasvinsuojeluaineita ei käytettäisi lainkaan. Kertomatta jätettiin,

että Carson ei ollut vaatinut myrkkujen täyskieltoa.

Aivan aluksi myös tieteelliset ja ammatilliset yhteisöt reagoivat Carsonin kirjaan enimmäkseen kielteisesti. Esimerkiksi tiedelehti *Science* julkaisi siitä nihkeän arvostelun.

*Chemical & Engineering News* oli vielä tyyliempi. *Äänettömän kevään* – alku-

➤➤➤

## Intohimona luonto ja kirjallisuus

Tuleva tietokirjailija Rachel Carson syntyi vuonna 1907 maalaistaloon Pennsylvanian Springdalessa. Isä oli enemmän kiinnostunut kiinteistöbisneksistä kuin maanviljelystä, mutta tämän liiketoimet sujuivat keskinkertaisesti. Perhe tuli juuri ja juuri toimeen.

Rachelilla oli elämässään kaksi intohimoa, luonto ja englannin kieli. Lapsena kieli ja kirjallisuus olivat hänelle pääasiallisia, ja tyttö piti sekä lukemisesta että kirjoittamisesta. Yksitoistavuotiaana hän julkaisi ensimmäisen kertomuksensa lastenlehdessä ja alkoi haaveilla kirjailijan urasta.

Luonnosta Rachelin oli saanut kiinnostumaan äiti, joka oli koulutukseltaan opettaja. Tyttö vaelteli pitkin Allegheny-joen rantoja ja tarkkaili kasveja ja eläimiä, erityisesti lintuja.

Lukiosta valmistuttuaan Rachel Carson lähti opiskelemaan kirjallisuutta Pennsylvanian naisten collegeen Pittsburghiin. Eräs opettajista kuitenkin innosti hänet vaihtamaan pääaineekseen biologian. Collegen jälkeen Carson

suorittikin maisterintutkintonsa Johns Hopkins -yliopistossa eläintieteestä erikoisalanaan meribiologia.

Kun Carsonin isä vuonna 1935 kuoli, 27-vuotiaasta Rachelista tuli perheen pääasiallinen huoltaja. Hän pestautui työhön Yhdysvaltain liittovaltion kalastusvirastoon (Bureau of Fisheries, sittemmin U.S. Fish and Wildlife Service).

Virastossa Rachel Carsonin kirjalliset lahjat huomattiin pian. Hän sai tehtäväkseen muokata tutkimusraportteja yleistajuiseen muotoon ja kohosi vähitellen laitoksen julkaisujen päätoimittajaksi.

### Kilpa aikaa vastaan

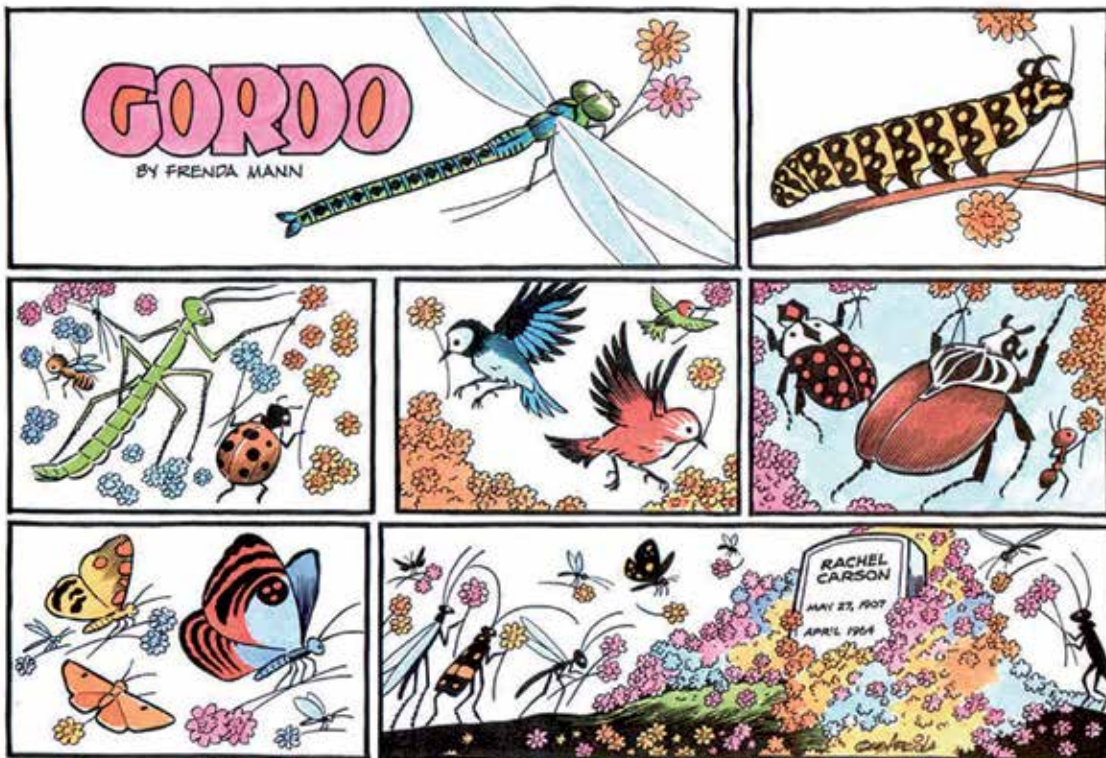
Työssään Rachel Carson oivalsi, että luonnontieteellisen ja kirjallisen osaamisen voi yhdistää. Hän ryhtyi kirjoittamaan myös vapaa-aikanaan ja julkaisi kaksi kirjaa merestä ja meribiologiasta. Toinen, *Sea Around Us* – suomennettu nimellä *Meren ihmeet*

– teki hänestä hetkessä menestyskirjailijan. Vuonna 1952 Carson saattoi jo jättäytyä täyspäiväiseksi tietokirjailijaksi.

Rachel Carson ei koskaan avioitunut eikä hänellä ollut biologisia lapsia. Hän kuitenkin huolehti koko läheisyydestään ja adoptoi vuonna 1957 sisarentyttärensä viisivuotiaan pojan **Rogerin**, joka oli äitinsä kuoltua jäänyt orvoksi.

Seuraavat vuodet olivat Carsonille raskaat. Hän ryhtyi kirjoittamaan *Äänetöntä kevättä* vuonna 1958, mutta työhön tuli tauko hänen oman äitinsä kuoleman johdosta. Vuonna 1960 Carson sai kuulla sairastavansa itse syöpää. Lääkäreiden mukaan hänellä olisi aikaa korkeintaan muutama vuosi.

Tärkeimmän kirjansa Carson ehti kuitenkin saada valmiiksi. Loanheitto *Äänettömän kevään* ympärillä oli hänelle jo yhdentekevää kohinaa. Rachel Carson menehtyi kotonaan Marylandin Silver Springissä 56-vuotiaana keuhkokuumeella vuonna 1964.



Rachel Carsonin ennenaikainen kuolema vuonna 1964 järkytti laajalti. Hänen muistonaan kunnioitetaan syntymäpäivänään muun muassa tämä sarjakuvastrippi.



kielellä *Silent Spring* – vihamielinen arvio oli otsikoitu yksiselitteisesti Silence, Carson eli Suu tukkoon, Carson.

Carsonia mustamaalattiin myös hen-

kilönä. Häntä pilkattiin muun muassa ”lintujen ystäväksi”, ”kalojen ystäväksi” ja ”kissojen ystäväksi”, häntä kutsuttiin ”luonnon papittareksi” ja ”luontonunaksi”. Luonnehdinnat todistivat hänen

vastustajiensa mielestä, että kirjailija oli väijäämättömästi väärässä.

Internetiä tai sosiaalista mediaa ei 1960-luvulla vielä ollut. Rivoimmista kommentteista ei jäänyt dokumentte-





United States Fish and Wildlife Service

Työssään Yhdysvaltain kalastusvirastossa Rachel Carson teki meribiologisia tutkimuksia. Kuvassa hän on yhdessä tutkijakollegansa Bob Hinesin kanssa.

## ”Nykypäivän kemianteollisuus olisi tyytyväinen, jos suuri yleisö ajattelisi ympäristöasioista Rachel Carsonin tavoin.”

ja, mutta törkeyksiäkin epäilemättä kerrottiin. Rachel Carson oli hyvä maali jo sukupuolensa ja siviilisäätynsä takia. Kemiaa pidettiin miesten valtakuntana. Alan ongelmista puhuminen ei kuulunut naisten, eikä varsinkaan naimattomien naisten, rooliin.

### Pelissäännöt uusiksi

Rachel Carson kuitenkin muutti pelin säännöt. Loanheittokampanja kääntyi bumerangiksi, joka iski käynnistäjiensä otsaan. Ryöpytys vain lisäsi bestselleriksi ampaisseen kirjan myyntiä.

Ilmapiiri alkoi ensimmäiseksi lientyä tiedemaailmassa.

Jo *Äänettömän kevään* kirjoitustyössä Carsonia oli avustanut joukko tutkijoita, kuten ekologi **Cornelis Briejer** Hollannin kasvinsuojelulaitoksesta, syöpätutkija **Wilhelm Hueper** Yhdysvaltain kansallisesta syöpäinstituutista ja hyönteistieteilijä **Allison Pickett** Kanadan maatalousministeriöstä.

Monet tutkijat julkaisivat kirjasta

myös myönteisiä arvioita, ja Carson sai kannattajia muun muassa kemistien joukosta.

*Chemical & Engineering Newsin* nykyinen päätoimittaja **Rudy Baum** on käynyt läpi vanhaa keskustelua. Hän muistuttaa, että ”hätkähdyttävän kielteisen ja lyhytnäköisen” kritiikin jälkeen lukijakirjeissä ryhdyttiin esittämään erilaisia näkemyksiä. Osa kemian ammattilaisista oli torjunta-aineiden liikakäyttöä aivan yhtä huolissaan kuin Carson.

Myös poliitikot huomasivat ympäristöasioiden merkityksen. Presidentti **John F. Kennedy** tilasi Valkoisen talon tiedekomitealta arvion hyönteismyrkkyongelmasta. Komitea vahvisti Rachel Carsonin johtopäätökset kaikessa olennaisessa.

Lopulta *Äänettömän kevään* esittämä välitön toimenpideohjelma toteutui suhteellisen nopeasti, ja kemikaalien käyttöä alettiin järkiperaistaa. Vuonna 1970 Yhdysvaltoihin perustettiin kansallinen ympäristönsuojeluvirasto EPA.

Myös Euroopan kemikaalivirasto Echa ja Reach-säännöstö ovat lenkkejä pitkä-

sä kehityskulussa, jonka Rachel Carson sysäsi liikkeelle. Uudistukset olisi tehty lopulta muutenkin, mutta hänen kirjansa joudutti kehitystä.

### Lähtölaukaus tutkimukselle

Pitkällä tähtäyksellä *Ääneton kevät* vaikutti merkittävimmin tieteeseen.

Suomalaisen asiantuntijan, ympäristöterveyden emeritusprofessorin **Jouko Tuomiston** mukaan Carsonin kirjan ”todellinen ansio oli antaa lähtölaukaus tutkimukselle”.

Myös Rachel Carsonin teoksen metodi, vaikutusketjujen erittely koko ekosysteemissä, pätee yhä. Tarvitsee vain panna DDT:n tilalle vaikkapa hiilidioksidi tai muu ajankohtainen kemiallinen yhdiste. □

Kirjoittaja on vapaa tiedetoimittaja.  
kalevi.rantanen@kolumbus.fi

Artikkeli julkaistiin ensimmäisen kerran *Kemia*-lehden numerossa 6/2012.



Oliver Sacksin neurologisia tarinoita on esitetty myös Suomen televisiossa. Hänen blogiaan voi seurata osoitteessa [www.oliversacks.com](http://www.oliversacks.com).



# OLIVER SACKS

## Mies joka kansantajuisti aivojen oikut

■ Neurologi ja tietokirjailija Oliver Sacks on kertonut tuhat ja yksi tarinaa aivojen oikuista.

Päivi Ikonen

Erään newyorkilaisen neurologin vastaanotolle saapui kerran arvostettu laulaja ja musiikinopettaja P.

Musiikkimies kertoi kärsineensä ”näköhäiriöistä”, joita silmälääkäri oli epäillyt aivoperäisiksi. Kokenut neurologi pani merkille potilaan hieman erikoisen katseen, mutta perustetit jalkapohjan koputteluineen eivät paljastaneet ongelmia.

Lääkärin hälytyskellot alkoivat kilkattaa, kun potilaan piti vetää toisesta jalasta riisuttu kenkä takaisin jalkaansa.

”Kumpi on jalka, kumpi kenkä?”, P. kysyi.

Hymyllen esitetty heitto meni kuitenkin vielä leikinlaskun piikkiin.

Käynti päättyi ilman diagnoosia. Potilas hyvästeli kohteliaasti, kääntyi sitten vaimonsa puoleen ja ryhtyi – lääkärin ällistykseksi – pontevasti kiskomaan tämän päätä irti hartioista.

Kyse ei ollut aviollisista ristiriidoista. P. vain veikkasi väärin arpoessaan ovensuussa seisseen vaimon ja hyllyllä odottaneen päähineen välillä.

Hämmästynyt neurologi oli **Oliver Sacks**, joka on ikuistanut tapauksen kirjaansa *Mies joka luuli vaimoan hatuksi* esimerkkinä siitä, millaisia temppeja aivojemme oikuttelu voi meille tehdä.

P:ltä löytyi sittemmin vakava vaurio aivojen näkökeskuksesta. Vaikka silmät ottivat visuaaliset viestit vastaan moitteetta, niiden tulkinta ei enää onnistunut. Laulunopettaja ei pian kyennyt tunnistamaan ainuttakaan arkista esinettä. Ammattiaan tämä harjoitti kuitenkin kuolemaansa asti, sillä hänen muut taitonsa ja tietonsa säilyivät ennallaan.

### Tieteestä tinkimättä

Lontoossa vuonna 1933 syntynyt Oliver Sacks on tehnyt uransa Yhdysvalloissa, mutta erinomaaisena neurotieteiden popularisoijana ja loistavana kirjoittajana hänet tunnetaan tätä nykyä kautta maailman.

Lämpimällä lähestymistavallaan Sacks on myös muuttanut asenteita. Monelle hänen lukijalleen aikanaan karsastetut neurologiset taudit, kuten Touretten oireyhtymä – joka saattaa panna kantajansa vaikkapa kiroilemaan hallitsemattomasti – ovat nyt inhimillisiä erityispiirteitä muiden joukossa.

Erityisesti Sacksia kiehtoo evoluution monitukaisiin luomus eli ihmisäivot, joiden rakenne, kemialla, kykyjä, toimintaa ja toimintahäiriöiden seurauksia hän ei lakkaa ihmettelemästä.

Hän on teoksissaan kuvaillut mielinpainuvasti muun muassa ”Amerikan viimeistä hippia”, jonka aivokasvain pysäytti elämään ikuisesti vapauden kesää 1969, konserttipianistia, jolle nuotit muuttuivat käsittämättömiksi kärpäsenlajiksi, ja kehitysvammaista poikaa, joka yhden silmäyksen jälkeen pystyy piirtämään arkkitehtonisesti täydellisen toisinnon mistä tahansa rakennuksesta.

Moni suomalainenkin muistaneekin vaikuttavan, tositahtumiin perustuvan elokuvan *Heräämissiä* (1990). Uutta lääkitystä kokeileva neurologi – valkokankaalla näyttelijä **Robin Williams** – saa vuosikymmeniä katatonisessa tilassa maanneen miehen (**Robert de Niro**) heräämään jälleen eloon, joskaan paraneminen ei jää pysyväksi.

Tosielämän neurologi oli pitkään sairaalalääkärinä työskennellyt Oliver Sacks, joka kirjoitti mystisestä unitaudista kärsineistä potilaistaan yhden parhaista kirjoistaan. Suomentamaton *Awakenings*, johon **Penny Marshallin** ohjaama elokuva perustuu, oli Sacksin läpimurtoteos.

Menestyskirjailijan ja suositun yleisöluennoitsijan asemalla on ollut myös kääntöpuolensa. Kirpeää kritiikkiä on tullut varsinkin ”vakavien” tutkijoiden riveistä, joissa Sacksin kansansuosioita ei aina ole ollut helppo niellä. Häntä on muun muassa huitaistu nimityksellä ”mies joka luuli potilaitaan kirjailijanuraksi”. Kommentteista on aistivinaan happaman pihlajanmarjan makua.

» » »



Absurdia / Oliver Sacksin kotialbumi

Perhelääkäri Samuel Sacksilla ja kirurgi Elsie Sacksilla oli neljä poikaa, Marcus (vas.), Oliver (äidin sylissä), David ja Michael, joista myös tuli lääkäreitä.

### Sacks teki säännöllisiä tutkimuskäyntejä potilaidensa luo jo paljon ennen fiktiivisen tv-tohtorin Housen aikoja.



Myös arvostelijat ovat joutuneet myöntämään, ettei Sacks yleistajuisissa teksteissään tingi tieteellisyydestä tip-paakaan.

Hän myös pysyttelee kirjailijanakin tiukasti lääkärintiikan rajoissa. Jokaisen potilaan henkilöllisyys jää luonnollisesti salaisuudeksi – paitsi jos tämä itse haluaa nimensä julki ja on jo kertonut taudistaan muutenkin. Tähän ryhmään kuuluu esimerkiksi tunnettu eläintieteen professori **Temple Grandin**, joka on puhunut avoimesti vaikeasta autismistaan.

Oxfordin ja Kalifornian yliopistot käynty, nykyään Columbian yliopiston professorina toimiva Oliver Sacks tunnustaa myös auliisti olevansa ennen muuta käytännön lääkärintyötä tekevä klinikko, ei tutkija. Reilussa puolessa vuosisadassa hän on kuitenkin ehtinyt perehtyä kymmenientuhansien potilaiden tauteihin, joten kirjoilla on kaikupohjaa.

Selvästi enemmän kuin kritiikkiä Sacks onkin saanut osakseen kunnioitusta. Hänen hoitokäytännöissään ja suhteessaan potilaisiin on sanottu riittävän opittavaa monelle nuorelle lääkärille.

Vanhan ajan perhelääkärien ammattikuntaa ihaileva Sacks on esimerkiksi sitä mieltä, että myös neurologi saa usein parhaan käsityksen potilaan oireista ja

toimintakyvystä tämän kotona. Hän on siksi tehnyt säännöllisiä tutkimuskäyntejä potilaidensa luo jo paljon ennen fiktiivisen tv-tohtorin **Housen** aikoja.

#### Kasvot sokeudelle

Tohtori S. on pidetty lääkäri, joka on pärjannyt elämässään hyvin huolimatta ongelmista aivojensa hahmotuskyvyssä. S. ei esimerkiksi juuri koskaan selviydy kotoaan työpaikalle eksymättä, sillä hän ei kykene oppimaan yksinkertaisintakaan reittiä eikä painamaan mieleensä maamerkkejä.

Ammattiroolinsa ulkopuolella S. on piinallinen, suorastaan patologisen ujo mies, jolle vaikkapa kahvikutsut ovat kauhun paikka.

Eniten kiusallisia tilanteita S:lle aiheuttaa tämän paha *prosopagnosia* eli kasvosokeus. Hän tunnistaa lähisukulaisensa mutta ei omaa sihteeriään tai parasta ystäväänsä. Naapuriaan S. osaa tervehtiä silloin, kun näkee tämän ulkoiluttamassa koiraansa, jonka S. kyllä tuntee. Ihmiskasvot sen sijaan merkitsevät S:lle vain silmien, nenän ja suun yhdistelmää, joka on hänen näkökulmastaan kaikilla samanlainen.

S. on Oliver Sacks itse.



Absurdia / Oliver Sacksin kotialbumi

Sukujuuriltaan liettuan- ja venäjänjuutalainen Oliver Sacks vietti *bar mitsva*-juhlaansa 13-vuotiaana vuonna 1946.



# Rakkaus kemiaan suojeli sodan kauhuilta

Oliver Sacks kuvaa nuoruusvuosiaan Englannissa hiljattain suomennetussa muistelmateoksessaan *Volframiheliumin hehku. Muistoja kemiallisesta lapsuudestaan*. Suku oli täynnä tiedemiehiä ja keksijöitä, ja myös Oliver toisti kotilaboratoriossaan suurten kemistien kokeita – välillä arveluttavin seurauksin.

Mahdollisuus paeta sodan kauhuja ja sodanjälkeisen ajan ankeutta tieteen maailmaan suojeli kasvavan pojan mieltä. **Oliver Sacksille** luonnontiede edusti harmoniaa ja kauneutta, joita hän janoi kurjuuden ja ahdistuksen vastapainoksi.

Oliverin lääkärivanhemmat kannustivat poikaansa ihmettelemään elämän ilmiöitä. He eivät väsyneet vastaamaan tämän kysymyksiin, olipa kyse metalleista, kasveista tai kosmoksesta. Tiedonjanoinen poika saattoi kääntyä myös luonnontieteiden parissa työskennelleiden enojensa ja tätiensä puoleen.

Erityisesti **Dave**-enon hehkulamp-putehdas laboratorioineen oli mieluisa paikka. Eno rakasti volframiheliumin tiheyttä, kuumuudenkestoa ja suurta kemiallista vakautta, ja hänen mielestään volframiheliumin syvä helähdys oli ”maailman kaunein ääni”.

## Kemian sankarit

”Volframiheliumin” suuri sankari oli **Carl Wilhelm Scheele**. Pienen ruotsalaiskaupungin apteekkari teki tutkimuksiaan ilman apurahoja, palkkaa tai yliopistolista opetusvirkaa. Oliverille tutkijasta tuli yksi tieteen romantiikan ruumiillistumista.

Enon myötä Oliverkin innostui lukemaan kemian historiaa, sillä hän halusi kulkea entisaikojen tutkijoiden jalanjäljissä. Hänen sankareihinsa kuului myös modernin kemian isä **Antoine Lavoisier**, valistusajan kasvatti ja hapen löytäjä. Nuoren amatöörikemistin kolmas esikuva oli **Humphry Davy**, runoilija ja itseoppinut kemisti.

Oliver sai perustaa oman kotilaboratorionsa huoneeseen, joka sijaitsi ison talon takaosassa ja josta oli ovi puutarhaan. Uloskäynti osoittautui tarpeelliseksi, sillä kokeiden savuavat, räjähtelevät ja haisevat lopputulokset oli helpointa heittää ulos ovesta nurmikolle.

Kerran kuussa Oliver matkusti ostamaan taskurahoillaan erilaisia kemiallisia aineita pienestä kauppapuodista Lontoon ulkopuolella. Tuohon aikaan myös vaarallisia kemikaaleja myytiin koulu-  
pojillekin.

Kemian harrastaminen kotioloissa ei ollut mitenkään tavatonta. **J. J. Griffin** oli jopa kirjoittanut innokkaille koululaisille kirjan *Kemiallisia huvituksia*. Monet kirjan kokeet tuntuvat tänä päivänä liian vaarallisilta ilman ohjausta kotioloissa suoritettaviksi.

## Järjestelmän kauneus

Yksi Oliverin elämän kiintopisteistä oli Lontoon luonnontieteellinen museo. Koulu ei opettanut hänelle mitään olennaista luonnontieteestä, vaan hänen innostuksensa päinvastoin sammui koulun kursseilla. Oliverin tapa oppia oli museoiden tutkiminen, kirjojen omaehtoisen lukeminen, laboratoriokokeiden tekeminen ja vuorovaikutus tutkijaenon kanssa.

Mullistava löytö oli museon seinällä rakennettu malli **Mendelejevin** jaksollisesta järjestelmästä. Yhtäkkiä Oliver hahmotti alkuaineiden paikat kokonaisuuden osana ja ymmärsi niiden luokitteluperusteet. Järjestelmästä tuli kuin maantieteel-



Absurdia/Oliver Sacksin kotilaboriumi

**Oliver Sacksin äidillä oli peräti 17 sisarusta ja isäkin tuli suurperheestä, joten pojalla riitti tätejä, setiä, enoja ja serkkuja. Rakkaimpia sukulaisia olivat Volframiheliumin eli Dave (vas.) ja ”fysiikkakaeno” Abe.**

linen paikka, jossa poika vaelsi alueelta toiselle lumoutuneena sen järjestyksestä ja kauneudesta. Myös **Niels Bohrin** atomimalli oli Oliverille todellinen ihme.

Oliver Sacksin rakkaus kemiaan ei ole koskaan kuollut, vaikkei siitä elämäntahtia hänelle tullutkaan. Vuonna 1997 Sacks sai ystävältään **Roald Hoffmannilta** kirjeen, joka sisälsi julisteen jaksollisesta järjestelmästä ja metallinpalasen. Kun se putosi lattialle, Sacks kuuli taas volframiheliumin helähdysten. Alkoi tuhansien sivujen mittainen kirjallinen matka lapsuuden muistoihin.

## Arja Hakulinen

Kirjoittaja on Oliver Sacksin muistelmateoksen suomentaja. arja.hakulinen@absurdia.fi

Potilaidensa taudeilla ratsastamiset soimattu neurologi avasi myös oman tapauskertomuksensa vuonna 2011 suomennetussa teoksessaan *Kirjailija joka kadotti kirjaimet*.

Lempeän humoristiseen tapaansa Sacks kuvaa, kuinka hississä usein nostaa hattuaan kookkaalle harmaapartaiselle miehelle vain huomatakseen, että on sanonut päivää omalle peilikuvalleen.

Paljastuksellaan Sacks on antanut uu-

det, arvovaltaiset kasvot oireyhtymälle, jonka olemassaoloa kaikki lääkärit eivät vielä edes tunnusta. Sacks kertoo, että kasvosokeudesta kärsivät myös hänen veljensä ja äitinsä, mikä viittaa taudin perinnölliseen luonteeseen.

Synnynnäinen prosopagnosia vaivaa hänen mukaansa paria prosenttia ihmisistä. Heihin kuuluu myös Ruotsin kruununprinssessa **Victoria**, joka muutama vuosi sitten kertoi, ettei kykene tunnista-

maan ihmisiä kasvoista vaan turvaa muihin keinoihin ja avustajiinsa.

Syöpä vei muutama vuosi sitten Oliver Sacksilta näön toisesta silmästä. Sekään ei ole hiljentänyt kahdeksankymmppisen professorin tahtia, vaan ahkeran kirjoittajan kuulumisia voi lukea hänen blogistaan entiseen tapaan. □

Artikkeli julkaistiin ensimmäisen kerran *Kemia*-lehden numerossa 3/2012.

Suomen kuparin pelastajasta maailmanvalloittajaksi

# Liekkisulatuksen huikea menestystarina

■ **Petri Brykin keksintö ratkaisi sodanjälkeisen Suomen energiaongelman ja kasvoi suureksi vientimenestykseksi.**

Pekka T. Heikura

Outokumpu Oy:n Harjavallan tehtaassa 1940-luvun lopulla kehitetty liekkisulatus oli ensimmäinen kaupallinen autogeeninen sulatusmenetelmä, joka oli tarkoitettu hienojakoiselle vaahdotusri-kasteelle.

Diplomi-insinööri **Petri Brykin** (1913–1977) johdolla syntynyt, luon-  
nontieteen ja insinööriosamisen ne-

rokkaasti yhdistänyt kuparintuotannon keksintö kuului vuosisadan tärkeimpiin kemiallisen metallurgian innovaatioihin koko maailmassa.

Liekkisulatusta voidaan yhä pitää pait-  
si suomalaisen teknologian myös suoma-  
laisen kulttuurin keskeisenä lähettiläänä  
maailmalla.

Keksinnön kehityshistoriaa ja maail-



Outotec Oyj

Petri Bryk (vas.) ja John Ryselin paiskaavat kättä maailman ensimmäisessä liekkisulatusuunissa, joka käynnistyi Harjavallassa huhtikuussa 1949.



## Liekkisulatus antoi Outokummun teknologialle kasvot ja yritykselle identiteetin.

manvalloitusta tutkineen **Tuomo Särki-kosken** mukaan se perustui kumoukselliseen tekniikkaan, joka osoittautui sekä energiankäytön että ympäristön kannalta aiempia kuparinvalmistusmenetelmiä ratkaisevasti edistyskemmäksi.

### Mutkikas tapahtumaketju

Liekkisulatuksen metallurginen tapahtumaketju on hyvin monimutkainen. Pelkistetyksi ilmaistuna normaaliin sulfidisten rikasteiden käsittelyyn kuuluvat eksoterminen reaktio eli pasutus ja endoterminen reaktio eli sulatus siirretään tapahtumaan yhdessä uuniyksikössä. Tällöin rikasteeseen sisältyvien raudan ja rikin palamisessa syntyvä lämpö voidaan hyödyntää sulatuksessa.

Ratkaisu näyttää teoriassa yksinkertaiselta, kuten kaikki erinomaiset keksinnöt. Käytännössä sen kehittäminen ideasta tuotantovaiheeseen asti kesti neljä vuotta, ja toiset neljä vuotta uuden teknologian lastentautien nujertamiseen, vaikka työssä puursivat maan parhaat asiantuntijat.

Liekkisulatus ratkaisi sekä Outokummun että koko Suomen energiaongelmat. Kun lämpö saatiin palavasta rikasteesta, ulkopuolista energiaa ei enää tarvittu. Keksintö siirsi kuparinjalostuksen kokonaan uuteen aikakauteen ja herätti nopeasti valtavaa kansainvälistä kiinnostusta.

### Energiakriisi pakotti innovoimaan

1940-luvulla tehty kehitystyö oli aikaansa nähden tieteellisesti ja teknisesti poikkeuksellisen kunnianhimoista. Outokumpu oli Valion ohella yksi harvoista suomalaisista suuryrityksistä, jotka jo ennen sotia olivat kiinnostuneita luonnontieteeseen perustuvasta tutkimus- ja kehitystoiminnasta.

Sodanjälkeisissä oloissa Outokummun oli pakkokin keksiä uusi, energiaa säästävä sulatusmenetelmä, kun sähkön hinta nousi ja saanti vaikeutui. Tilanne uhkasi vakavasti Harjavaltaan vuonna 1944 siirretyn kuparisulaton kannattavuutta ja

toimintaedellytyksiä.

Ratkaisuksi valittiin uuden, energiaa säästävän metallurgisen prosessin kehittäminen. Outokummulla oli onnekseen hallussaan kaikki työhön tarvittu teknologiset, tieteelliset ja taloudelliset valmiudet.

### Pohjana professori Sihvosen tutkimustyö

Tutkijaryhmä aloitti työnsä Harjavallassa vuosina 1945–1946. Sen johdossa olivat Porin tehtaiden metallurgisten osastojen päällikkönä toiminut diplomi-insinööri **Petri Bryk** ja Harjavaltaan tehtaan isännöitsijä, yli-insinööri **John Ryselin**. Kolmas jäsen oli vuorineuvos **Eero Mäkinen**, joka teki päätöksen kehitystyön aloittamisesta ja jolla oli myös laaja tieteellinen koulutus.

Työn lähtökohtana oli professori **Väinö Sihvosen** palamisteoria. Sihvonen oli Teknillisen korkeakoulun ensimmäinen, vuonna 1936 virkaan astunut fyysikaalisen kemian ja sähkökemian professori. Jo vuoteen 1934 mennessä hänellä oli tuhatkunta koetta sisältävä koeaineisto, jonka pohjalta hän muotoili hiilen haptumisilmiöt yhdistävän kokonaisteorian. Sen ansiosta oivallettiin, että luonnostaan hitaiden kemiallisten reaktioiden nopeutta voitaisiin lisätä.

Petri Bryk oli professorin entinen oppilas, joka oli saanut päästötodistuksensa Sihvosen osastosta vuonna 1938. Harjavallassa Bryk ryhtyi ennakkoluulottomasti soveltamaan opettajansa teoriaa käytäntöön. Tuloksena oli laitteisto, jossa monimutkaiset palamis- ja sulamisreaktiot oli ensi kerran yhdistetty yhdeksi ja samaksi kokonaisuudeksi.

### Vaikeita päätöksiä kireässä aikataulussa

Laitteiston testaus saatiin alkuun vuonna 1947 Harjavaltaan pystytetyssä koesulatuksessa. Saman vuoden syksyllä Outokummun hallintoneuvosto myönsi varsinaisen tuotantoon tarkoitetun liekkisulaton rakentamiseen yli 200 miljoonaa markkaa, ja urakka käynnistyi välittömästi.

## Seuraavana askeleena happirikastus

Liekkisulatusmenetelmän uusi kehitysvaihe alkoi vuonna 1971, kun Outokummun Harjavaltaan tehtaassa otettiin käyttöön happirikastus.

Liekkisulatuksiin ryhdyttiin tuolloin syöttämään luonnollisen ilman sijasta ilmaa, johon oli sekoitettu teollisesti valmistettua happea. Uunit saivat 21 prosenttia sijasta ensin 30, pian 45 ja lopulta 80 prosenttia happea.

Happirikastus oli uusia kaivoksia avanneelle ja rikastemääriään lisänneelle yhtiölle kätevä keino tehostaa sulatusta ja metallien tuotantoa entisestään. ”Happikulttuuriin” siirtymällä Outokumpu sai ainutlaatuisen tilaisuuden hallita uunin olosuhteita ja säätää jo muutenkin hyvin toimintansa sulatusta.

Happiteknologia kohotti liekkisulatuksen kansainvälisen arvostuksen yhä korkeammalle. Liekkisulatus antoi Outokummun teknologialle kasvot ja yritykselle identiteetin. Uusi keksintö osoitti, että yhtiö kykeni säilyttämään paikkansa alan innovatiivisimpien joukossa.

Vaikka koetehtaasta oli saatu monipuolisia tuloksia, varsinaisen uunin kokoa ja muotoa määriteltäessä jouduttiin turvautumaan ”todennäköisyyssnäkökohtiin”. Reaktiokuilun korkeudeksi arveltiin riittävän kahdeksan metriä.

Vaikeinta oli päättää halkaisijan koko. Jos se valittaisiin liian pieneksi, kaasun nopeus nousisi liian suureksi. Palaminen tapahtuu tällöin alauunissa ja muodostuu liikaa pölyä. Jos taas halkaisija on liian suuri, lämpöalous kärsii, rikaste ei ehkä pääse syttymään ja palaminen huononee.

Koesulatukselta oli kuitenkin saatu pohjaa arvioille: kuilun yhden neliömetrin poikkipinta-ala vastaa 50 tonnin sulatus-tehoa vuorokaudessa. Kun tähtäimessä oli uuni, joka tuottaisi 24 000 tonnia kuparia vuodessa, reaktiokuilun halkaisijaksi tuli yläosassa 3,5 ja alaosassa 2,1 metriä.

Sulaton rakennusaikataulu oli uuvuttavan kireä. Lehdistölle tiedotettiin, että uusi menetelmä saataisiin käyttöön jo vuoden 1948 aikana. Amerikasta tilatut erikoistiilet kuitenkin myöhästivät ja saapuivat Harjavaltaan vasta 12. maaliskuuta 1949. Sen jälkeen työ jatkui riipeästi, ja sulatto oli valmis käynnistettäväksi 20. huhtikuuta.

» » »



Suurin osa Kiinassa tuotetusta kuparista valmistetaan nykyisin liekkisulatusmenetelmällä. Kuvan liekkisulatus-liekkikonvertointilaitos käynnistyi 2007 Kiinan Yangussa.

Outotec Oy

## Liekkisulatus vuonna 2014:

# Outotec jatkaa keksinnön voittokulkua

Liekkisulatusmenetelmän menestyksen siivittämänä Outokumpu alkoi kaupallistaa muitakin itse kehittämiään teknologioita. Muutamassa vuosikymmenessä liiketoiminta laajentui maailmanlaajuiseksi, ja Outokumpu Technologysta tuli alansa johtava teknologiatoimittaja.

Vuonna 2006 Outokumpu luopui teknologia liiketoiminnastaan ja keskittyi ruostumattoman teräksen tuotantoon. Emoyhtiöstä irtautunut Ou-

tokumpu Technology listautui Helsingin pörssiin, ja vuonna 2007 yhtiön nimeksi tuli Outotec Oy. Yhtiö sai kaikki liekkisulatusmenetelmään liittyvät teollisoikeudet.

Outotec on jatkanut menestyksekkäästi menetelmän kehitystä ja myyntiä. Tähän mennessä maailmalle on myyty 57 liekkisulatuslisenssiä. Noin puolet maailman sulattamalla tuotetusta kuparista ja peräti 70 prosenttia Kiinassa tuotetusta kuparista valmistetaan tätä nykyä liekki-

sulatusmenetelmällä.

Menetelmän tuorein kaupallistettu sovellus on liekkikonvertointi, jonka Outokumpu kehitti yhteistyössä amerikkalaisen Kennecottin kanssa. Yhdessä liekkisulatusmenetelmän kanssa käytettynä siitä tuli maailman puhtain kuparinvalmistuksen menetelmä. Kennecottin Utahissa toimivan kuparintuotantolaitoksen jälkeen seuraava lisenssi myytiin Kiinan Yangguun, jossa käynnistyi vuonna 2007 liekkisulatus-liekkikonvertointilaitos.

### » » » Vaikeuksien kautta voittoon

Uuden laitoksen alku oli masentava. Vaikka tekniikka oli periaatteessa valmis, autogeeninen sulatus ei lähtenyt sujumaan. Alkoi kuukausia ja jopa vuosia kestänyt, ajoittain hermoja raastanut taistelu toimivan laitteistoratkaisun löytämiseksi.

Prosessin käynnistyksessä ratkaiseva oli hetki, jolloin ”syöttö laitettiin päälle” eli rikaste päästettiin reaktiokuiluun. Kun se ei onnistunut toivottuun tapaan, myös jatko kangerteli. Ongelmaan löytyi lopulta ratkaisuksi sveitsiläisen Gebrüder Bühlerin toimittama kolakuljetin.

Muitakin lisälaitteita oli hankittava. Vuoteen 1953 mennessä pulmat oli yksi toisensa jälkeen selvitetty ja tekniikka saatu toimimaan moitteettomasti.

Seuraavana vuonna Outokumpu saatoi vihdoinkin rehellisesti sanoa hallitsevansa autogeenisen sulatuksen kokonaisuudessaan. Yhden liekkisulatuksen vuoden yhtämittainen, keskeytymätön käyttö on-

### Menetelmää on nimetty energiasammoksi, joka vapauttaa kuparinsulatuksen voimansaannin rajoitteista.

nistui vuonna 1957. Outokummun tutkimustoiminnan ensimmäinen ja samalla koko yhtiön historian merkittävin saavutus oli valmis.

### Suomalaisampomaailmanmenestykseen

Liekkisulatuksen autogeenisessä eli omavoimaisessa prosessissa on katsottu olevan jotakin samaa kuin itsestään käyvässä koneessa. Menetelmää on myös nimetty energiasammoksi, joka vapauttaa kuparinsulatuksen voimansaannin rajoitteista.

Sammon takojille, Petri Brykille ja John Ryselinille, myönnettiin vuonna 1954 Suomen kulttuurirahaston suurpalkinto, miljoona markkaa. Ryhmän

kolmas jäsen Eero Mäkinen oli kuollut edellisenä vuotena. ”Suomalainen menetelmä” oli siihen mennessä tehnyt Outokummun ja Suomen teknologian tunnetuksi kautta maailman.

Petri Bryk, liekkisulatuksen keskeisin kehittäjä ja koko Outokummun metallurgisen tutkimuksen henkilöitymä, oli jo vuonna 1949 nimetty yhtiön päämetallurgiksi suoraan toimitusjohtajan alaisuuteen.

Suomalaiskeksintö patentoitiin tuoreeltaan myös maailmalla. Vuosien varrella prosessi on hiottu huippuunsa, se on muuttunut arkipäiväksi ja kuuluu nykyään alan perusteknologiaan.

Metallurgien uskollista työjuhtaa voidaan verrata viime vuosisadan tärkeimpään massatuotteeseen, autoon. Asian tuntijat hallitsevat liekkisulatuksen yhtä vaivatta kuin ajokortin suorittanut autolajajamisen. □

Kirjoittaja on historioitsija ja vapaa toimittaja. Alkuperäinen artikkeli julkaistiin *Kemia*-lehden numerossa 9/2004.



# Molotovin cocktail pelasti Suomen

## ■ Talvisodan puhjettua suomalaiset kävivät päin panssari-vaunuja aseinaan polttopullot ja koivuhalot.

30. marraskuuta 1939 puhjennut talvisota yllätti pahasti Suomen kehnosti varustautuneet puolustusvoimat. Pulaa oli lähes kaikesta: käsiaseista, panssaritorjunta- ja kenttätykeistä sekä ammuksista, tankeista ja lentokoneista puhumatakaan.

Vihollista piti ryhtyä torjumaan korvi-keasein. Niistä tunnetuin oli Neuvostoliiton sodanaikaisen ulkoministerin mukaan **Molotovin** cocktailiksi ristitty polttopullo. Sen kehitti vuosina 1937–1939 Pioneeripataljoonassa palvelut kapteeni **Eero Kuittinen**. Idean keksintönsä hän oli saanut Abessinian ja Espanjan sodista, joissa panssari-vaunuja oli poltettu tulisoihduilla.

Riihimäen lasitehtaalta hankittuja tyhjiä viinapulloja alettiin Kuittisen ohjeen mukaan täyttää petrolin ja bensiinin tai spriin seoksella. Seoksen sitkimiseksi ja savun synnyttämiseksi pulloon lisättiin kuutiosentin verran tervaa. Pullon molemmin puolin sidottiin eristysnauhalla kaksi 15-senttistä syytystikkua, jotka valmisti Lahden tulitikkutehdas.

Pullojen täyttö tapahtui aluksi käsityönä. Se oli kuitenkin hidasta, joten jo joulukuussa työ siirrettiin Alkon Rajamäen tehtaille. Armeija toimitti bensiinin, ja spriitä Rajamäellä oli omasta takaa. Koneellisen pulloituksen ansiosta rintamalle voitiin pian toimittaa 40 000 valmista cocktailia.

Taistelussa syyttimet pantiin ensin tuleen ja heitettiin sitten pullo panssari-vaunun kuumenelle konepellille. Pullon särkyessä polttoaine syttyi, ja seuraavaksi roihusi venäläinen tankki.

Molotovin cocktail symboloi hyvin Suomen kamppailua vastustajan musertavaa panssariylivoimaa vastaan. Toinen yhden miehen ase tankkeja vastaan oli useista käsikranaateista koottu kasapanos. Jos muuta kättä pitempää ei ollut tarjolla, turvauduttiin jopa halkoihin, joita uhkarohkeasti juostiin työntämään hyökkäävien vaunujen telaketjuihin niiden pysäyttämiseksi.

## Räjähdeiden korvikkeita

Korvataksaan vähät tehdastekoiset panssarimiinat pioneeriyksiköt alkoivat rakentaa laudoista laatikkomaisia polkumiinoja, jotka saattoivat sisältää jopa viidestä kuuteen kiloa räjähdettä. Määrä riitti isonkin tankkivaunun tuhoamiseen.

Miinojen puutteessa pioneerit konstruivat rintamalla myös elävää voimaa vastaan erilaisia aseita, joita nykyään kutsuttaisiin henkilömiinoiksi. Reservin luutnantti **Olli Luhas** rakensi Kollaassa joulukuussa 1939 ansan, joka oli tarkoitettu hiihtäjien tai lumessa tarpovien turmioksi. Luhas-ansan nimellä kulkenut miina saavutti suuren suosion joukkojen keskuudessa.

Räjähdysaineiden tuotantoon talvisota toi kaksi merkittävää muutosta. Valtion ruutitehtaalla Vihtavuorella alettiin

ruudin työntävänä aineena toimivan nitroselluloosan valmistuksessa hyödyntää puuvillan sijasta puusellua. Korvike oli ideoitu jo vuonna 1926, mutta se otettiin laajamittaiseen käyttöön vasta sodan aikana, kun nitrosellun tuonti Saksasta tyrehtyi.

Selluloosan nitraamisessa käytettyä typpihappoa ei meillä valmistettu, mutta rikkihappoa oli saatavissa omasta takaa. Puusellun käyttö jäi pysyväksi uudistukseksi räjähteissä myös sodan jälkeen.

Tykkien kranaateissa käytettävää trotyyliä taas ryhdyttiin korvaamaan amatolilla, jota valmistettiin trotyylijuuhesta ja maanviljelyskäyttöön tarkoitettua ammoniumnitraatista. Ammoniumnitraatti muodosti aluksi 40, myöhemmin jatkosodan aikana jopa 47 prosenttia räjähteestä. Talvisodan lopulla amatolia tuotettiin Vanajan Harvialan trotyyliylijauheosastossa jo 1 200–1 800 kiloa päivässä. □

**Pekka T. Heikura**

Artikkeli julkaistiin ensimmäisen kerran *Kemia*-lehden numerossa 7/2009.



Scanstockphoto

**Neuvostoliiton ulkoministerin Vjatšeslav Molotovin mukaan nimensä saaneet cocktailit sekoitettiin Riihimäen Lasin viinapulloihin.**

# Viinan viemät vallankahvassa

■ Yksi asia yhdistää Josif Stalinia, Iivana Julmaa, Pietari Suurta, Henrik VIII:ta, Aleksanteri Suurta ja useita nykyajankin vallankäyttäjiä.

Pekka T. Heikura

Vaikka historioitsijat ovat kirjanneet menneisyyden lehdiltä paljonkin juoppoja, kukaan heistä ei ole oivaltanut, että monen tyrannin hirviömaisten tekojen takana on ollut ratkaiseva yhteinen nimittäjä.

Usean suurmiehen – tai ”suurmiehen” – kaksijakoisen persoonallisuuden, suuruudenhulluuden ja jopa käsittämättömän julmuuden selittää kuitenkin tuhoisa sairaus: alkoholismi. Etanoli on ollut maailmanhistoriassa keskeinen tekijä.

Tätä mieltä on tutkija **James Graham**, jonka mukaan historian pahoissa pojissa on huomattava määrä niitä, joiden holtittomasta käytöksestä voi selvästi tunnis-

taa alkoholismien oireet, ja niitä, joiden hirmuteot ovat yksiselitteisesti lähtöisin juoppohulluudesta.

Vallanhimo taas on alkoholismissa jo sisäänrakennettu piirre, sillä osan sairautta muodostavat paisunut ego ja koroostunut itsekeskeisyys. Todelliset suurjuomarit eivät ole laitapuolen kulkijoita eivätkä rappioalkoholisteja, vaan heidät löytää nimenomaan yhteiskunnan huilulta.

## Raivoa ja ruoskintaa

Varhaisimpana alkoholisoituneena despoottina Graham pitää **Aleksanteri Suurta** (356–323 eKr). ”Maailman valtiat” oli lievästikin ilmaistuna alkoholin suurkuluttaja, jonka päivittäistä huvia – tappotyön ohessa – olivat raskaat juomingit (ks. *Kemia*-lehti 1/2007).

Alkoholisti on Grahamin tutkimusten mukaan ollut myös Englannin legendaarinen kuningas **Henrik VIII** (1491–1547). Anglikaanisen kirkon perustaja tunnetaan myös usean hovimiehensä murhauttajana ja kahden vaimonsa teloituttajana.

Venäjän hallitsijaluettelon ensimmäinen tsaari ja neljäs Iivana ei saanut pelottavalta kalskahtavaa lisänimeään syyttä suotta. **Iivana Julman** (1530–1584) hallintoa ei voi luonnehtia lempeäksi sen paremmin kuin hänen yksityiselämänsäkään. Itsevaltiaan pahimman rai-vonpuuskan uhriksi joutui hänen vanhin poikansa **Ivan** (1557–1581), jonka isä kajautti kepillään hengiltä.

Saman tempun teki runsas vuosisata myöhemmin **Pietari Suuri** (1672–1725), jonka vastaus kruununperillisen **Aleksein** (1690–1718) niskotteluun oli ruoskittaa tämä kuoliaaksi. Roteva kaksimet-

rinen tsaari osallistui rankaisutoimenpiteeseen korkeimman omakätisesti.

Illanistujaisissaan Pietari toimitti alamaisiaan ja arvovieraitaan pois päiviltä toisella keinoin: hän pakotti nämä juomaan niin paljon ja niin pitkään, että isäntää heikompien sydän joskus petti.

Iivana ja Pietari eivät olleet pelkästään tuurijuoppoja vaan ilmiselviä alkoholisteja, hirmuhallitsijoiden elämästä dokumentoituja tietoja tarkkaan tutkinut Graham korostaa. Heistä ei tehnyt hirviöitä aikakauden tai maan tapa eikä myöskään valta – vaan viina.

## Skandaaleita ja vainoja

Alkoholi on toki maistunut yhteiskunnan huipulla muuallakin kuin votkanhuuruisella Venäjällä.

Esimerkiksi Yhdysvaltain 1800-luvun presidenteistä kolme on kiistatta ollut alkoholisteja.

Heistä **Ulysses S. Grant** (1822–1885) oli myös korkea-arvoinen upseeri, joka ennen Valkoiseen taloon päätymistään johti kenraalina pohjoisvaltojen armeijaa maan sisällissodassa.

Ankara pitkäaikainen juopottelu jätti kuitenkin jälkensä: Grant ratsasti skandaalista toiseen, ja hänen virkakautensa muistetaan lähinnä heikosta hallinnosta ja korruptiosta.

Vuonna 1994 ilmestyneessä kirjassaan *Vessels of Rage, Engines of Power* (suom. *Juoppohullut vallankahvassa*, Ajatus Kirjat 2006) Graham listaa myös nykyajan alkoholisteja, jotka valta-asemiin päästyään ovat osoittautuneet turmioksi koko yhteiskunnalle.

Äärimmäisenä tapauksena tutkija pitää surullisenkuuluisaa amerikkalaista senaattoria **Joseph McCarthya**.

Tämä oli – monen alkoholistin tavoin – toisaalta viehätysvoimainen, toisaalta kyyninen, ilkeämielinen persoona, joka



Scanstockphoto

Kuningas Henrik VIII:lla oli kuusi vaimoa ja paha alkoholiongelma.







Alkoholisti ja historian pahamaineisin diktaattori. Synnyinseudullaan Georgian (Gruusian) Gorissa Josif Stalin seisoo yhä jalustalla.

## Juoppojen juoppo, tyrannien tyranni

Ihmiskunnan historiassa eniten kärsimystä oman maansa väestölle lienee aiheuttanut Neuvostoliiton diktaattori **Josif Stalin** (1878–1953). Tyranni tappi ainakin 25, rankimpien arvioiden mukaan jopa 50 miljoonaa ihmistä, ja sulki lisäksi miljoonia työleireille ja vankiloihin.

Pääsyynä tuhovimpaan oli juoppoudesta johtunut suuruudenhulluus, sanoo James Graham, jonka mukaan stalinismi oli valloilleen päästettyä alkoholismia.

Vaimon ja lasten sijasta *generalissimuksella* oli kokonainen kansa, jota pelotella ja terrorisoida. Perheenisä kykenee yleensä vain solvaamaan ja pahoinpitelemään, mutta Stalin pystyi – heitä ensin äärimmilleen nöyryytettyään – viemään uhreiltaan myös hengen.

Siinä sivussa Isä aurinkoinen tosin ehti tuhota myös perheensä. Isän nurja kohtelu sai **Jakov**-pojan (s. 1907) yrittämään 1920-luvun lopulla itsemurhaa (joskin kuolema tuli vasta saksalaisella sotavankileirillä vuonna 1943). Toinen vaimo **Nadežda Allilujeva** onnistui omassa yrityksessään vuonna 1932. Äidin viimeinen ohje 6-vuotiaalle **Svetlana**-tyttärelle kuului: ”Älä koske alkoholiin. Älä koskaan juo viiniä.”

### Suvun geenit

Viinapää Stalinilla oli ilmiömäinen. Hän pystyi todistettavasti kumoamaan kymmenittäin maljoja ilman, että istunto päättyi sammumiseen.

Alkoholisteille tyypilliseen tapaan Stalin oli myös yöeläjä, joka meni nuk-

kumaan vasta aamulla. Jotta uni tulisi edes silloin, valtiasta joi Grahamin mukaan läpi yön – samalla kun teki töitä. Voidaan vain kysyä, kuinka monta kuolemantuomiota hän allekirjoitti humalassa.

Stalin piti alter egonaan ja opettajanaan Iivana Julmaa. Hän myös pyrki matkimaan Pietari Suuren kuuluisia hengenvaarallisia juominkeja. Pietarin tapaan neuvostojohtaja pakotti alaisensa pitämään itselleen juomaseuraa. Nämä eivät uskaltaneet kieltäytyä, koska se olisi voitu tulkita niin, että heillä oli jotain salattavaa ja he pelkäsivät viinan irrottavan kielenkantimensa.

Myös Stalinin isä **Vissarion Džukašvili** (1850–1910) oli alkoholisti, samoin Stalinin toinen poika **Vasili** (1921–1962).





valehteli suorastaan patologisesti. McCarthy syyti järjettömiä, vihamielisiä syytöksiä vakoojijoista ja kommunisteista, joita näki kaikkialla.

Esittämällä vuonna 1952 perättömän väitteen, että hänellä oli hallussaan luettelo maan ulkoministeriön palveluksessa työskentelevästä ”205 kommunistista”, yksi ainoa alkoholisti onnistui tuottamaan huomattavaa vahinkoa sekä täysin syyttömille kansalaisille että isänmaalleen. Viattomien vaino päättyi vasta vuonna 1957, kun McCarthy kuoli – alkoholistiparantolassa maksakirroosiin.

### Sietokyvyn supersankarit

Alkoholistit eivät ole tissuttelijoita. Heidän elimistönsä viinansietokyky on normaaliin kuluttajaan verrattuna ällistyttävä.

Monien tunnettujen alkoholistien juomatavat häkellyttävät. He saattavat silmää räpäyttämättä kaataa alas kurkustaan sellaisia määriä etanolia, jotka veisivät keskivertoihmiseltä ainakin tajun ja usein hengenkin.

Esimerkiksi kirjailija **Ernest Hemingway** (k. 1960) raportoidaan juoneen illan aikana 60 kolmen sentin paukkua 40-prosenttista rommia. Tekstintuottoa ei rommissa marinoituminen häirinnyt.

Yhdysvaltain nuhteettoman baptistipresidentin **Jimmy Carterin** alkoholistiveljen **Billy Carterin** päivittäiseen mennyyseen kuului kaksi litran pulloa viskiä, minkä lisäksi janojuomana kului aimosatsi olutta. Kongressiedustaja **Wilbur Mills** tuhosi parlamenttityönsä lomassa kaksi pullollista vodkaa päivässä.



**Energinen Aleksanteri Suuri ehti juopottelultaan myös valloittaa maailman.**



Kuvat: Scanstockphoto

**Pietari Suurelle maistuivat vodka ja valta. Raivokkaasti Venäjää uudistanut tsaari antoi välillä viinan viedä.**

Kun satunnaisesti alkoholia nauttiva kostean illan jälkeen tuntee vähintäänkin huonovointisuutta, alkoholisti on ryyppy-yön jälkeisenä aamuna virkeä ja täysin työkunnossa, eikä ympäristö välttämättä huomaa hänessä mitään erikoista. Alkoholistin kunto romahtaa vasta pitkän, ehkä vuosikymmeniä jatkuneen juomisen jälkeen – silloin tosin usein kohtalokkaasti.

Alkoholismin kitkemistä Graham ei pidä mahdollisena. Kun viehtymys etanoliin on geneeissä, juoman vetovoimaa on mahdollista voittaa.

### Kirkonmiehistä yritysjohtajiin

Grahamin kirjan käännökseen on liitetty **Mikko Metsämaen** kirjoittama luku suomalaisista korkean tason alkoholisteista, joista tun-

netuin lienee pitkäaikainen ministeri ja Suomen Pankin pääjohtaja **Ahti Karjalainen** (1923–1990).

Viinamäen mieheksi paljastuu moni muukin poliitikko. Heidän juopottelunsa mahdollisti aikanaan halpa ”ministeriviina”, jota koskeva säädös kumottiin vasta 1984. Lisäksi tarjolla oli yllin kyllin viinanhuuruisia tilaisuuksia. Itäsuhteiden hoitoon kostea kanssakäyminen kuului olennaisena osana.

Graham itse vyöryttää poliitikkojen ohella esiin myös viinan viemiä amerikkalaisia kirkonmiehiä ja yritysjohtajia, joiden alkoholismi on kuitenkin jäänyt enemmän tai vähemmän tunnistamatta – samoin kuin heidän ympäristölleen aiheuttamat haitat.

Juoppoja löytyy epäilemättä myös Suomen elinkeinoelämästä. Hyvä esimerkki on **John Simonin** kuvaus Kone Oy:n ruhtinaasta, toimitusjohtajajomistajasta **Pekka Herlinistä** (1932–2003). Elämäkerta kertoo kohteensa alkoholisoitumisesta poikkeuksellisen avoimesti. □

Kirjoittaja on historioitsija ja vapaa toimittaja.

Artikkeli julkaistiin ensimmäisen kerran *Kemia*-lehden numerossa 5/2010.



# Liemivoimaa ja namimuruja

■ Sotavuosien ja niiden jälkeisen ajan ruokapulassa erityisesti lihalle, rasvalle ja makeisille kehitettiin monenlaisia korvikkeita.

**Pekka T. Heikura**

Toista maailmansotaa (1939–1945) edeltäneinä vaurauden vuosina suomalaiset söivät reippaasti lihaa, voita ja sokeria. Sota kuitenkin muutti tilanteen kokonaan. Eivät ainoastaan liha ja rasva vaan useimmat muutkin elintarvikkeet joutuivat nopeasti kortille eli säännöstelyn alaisiksi. Ruokatarpeita ei silti koskaan ollut riittävästi, ja valtaosa ihmisistä näki suoranaista nälkää.

Kesien 1940 ja 1941 kuivuus verotti pahasti viljasatoa, ja perunaakin tuli niukasti. Kriittisintä aikaa oli talvi 1941–1942, jonka jälkeistä kevättä kutsuttiin kansan suussa ”lantukevääksi”.

Vähäisten liha-annosten jatkamiseksi kehitettiin Lahden Liemivoima -niminen hiivatuote, joka sisälsi runsaasti munanvalkuaista ja B-vitamiinia. Liemivoiman avulla valmistettiin lihasopalta maistuvaa keittoa ja annettiin lihaisaa makua sienipihveille.

Liemivoima säästi paitsi lihaa myös arvokasta kaasua, koska sitä ei tarvinnut keittää tuntikausia. Hiivavalmistetta hyödynnettiin leivänkin päällä voin ja makkaran korvikkeena.

Myös paistinrasvasta oli ankara pula. Kärstysrasvan erikoisimpia korvikkeita olivat etikka ja parafiiniöljy. Voita taas jatkettiin perunalla, porkkanalla ja nauriilla. Voin korvaajana käytettiin myös sianihraa ja lampaantalia. Kakuissa ja pikkuleivissä voita tuurasi sianihraasta valmistettu laardi.

Omasta maasta saatujen vihannesten ja kasvien syöminen toisaalta lisääntyi lihapulassa pakostakin, ja itse pyydetty kala nousi arvoonsa. Myös esimerkiksi vuoden 1943 oivallinen puolukkasato kerättiin visusti talteen.

Perunan kulutus peräti kolminkertaistui. Vaikka ihmiset eivät ehkä perunan erinomaisuutta tiedostaneetkaan, he saivat juuri siitä tärkeitä vitamiineja: runsaasti C-vitamiinia ja B-ryhmän vitamiineja sekä kivennäisaineita.

Vähärasvaisesta ruokavaliosta oli hyötynsä myös tiskaajalle, jonka työstä tuli



Porkkanat murusiksi ja sakariinivettä päälle – siinä pula-ajan karamelli-resepti.

helpompaa, kun rasvaa ei tarvinnut hantata astioista irti. Pesuaineeksi riitti itse keitetty suopa tai pelkästään kuuma vesi.

## Porkkana palasiksi

Sotaan tyssäsi myös sokerilla herkuttelu. Kun sen tuonti vaikeutui, kansanhuoltoministeriö aloitti säännöstelyn heti joulukuussa 1939. Sokerin käyttö leipä- ja keksiteollisuudessa lopetettiin kokonaan toukokuussa 1942, ja seuraavan vuoden kesäkuuhun päättyi karamellien valmistus.

Niiden sijaan esimerkiksi Hellaksen makeistehdas alkoi tehdä uudenlaisia elintarvikkeita, joita kutsuttiin RaNa-tuotteiksi. Lyhenne tarkoitti ”ravintoa ja nautintoa”. Aidoista raaka-aineista valmistettuihin kuivikkeisiin ja jauheisiin kuului puurokastikejauhoja, leivinjauhetta ja mämmijauhetta.

Kansa kuitenkin eli suuressa makeanälässä. Kun kotitaloudet saivat sokeria yhä vähemmän, makeuttajaksi oli keksittävä vastikkeita. Korvikkeina käytettiin siirappia ja 1800-luvun lopussa keksittyä sakariinia. Kun sakariini on 450 kertaa sokeria makeampaa, sen liika-annostelu pilasi ruuan helposti.

Sokerin käyttö valmismehuihin ja virvoitusjuomiin oli kiellettyä, joten sokeoitua juotavaa oli turha kysyä kaupasta. Tarjolla oli vain marjoista puristettuja luonnonmehuja ja keinomehuja, jotka oli tehty vedestä, sakariinista ja esanssista.

Esanssimehujen laadussa ei ollut hurraamista, ja usein ne olivat silkkaa humpuukia. Erään tutkimuksen mukaan erinomaisia tuotteista oli vain neljä prosenttia ja peräti viidennes törkeitä väärännöksiä. Ei ihme, että mehujen pilkanimenä oli ”keuhkotautisen räkä”.

Kotitekoisina makeisina syötiin paremman puutteessa kuivattuja mustikoita. Karkinkorvikkeiden teollista tuotantoa harjoitti Huhtamäki, joka käytti niiden raaka-aineena juureksia. ”Namimurut” tehtiin kuivatuista porkkanan tai punajuuren palasista, joihin lisättiin sakariinivettä. Namimuru-pussien kyljestä voi lukea sattuvan ajankuvauksen: ”Karamelleja odotellessa”. □

Kirjoittaja on historioitsija ja vapaa toimittaja.

Artikkeli julkaistiin ensimmäisen kerran *Kemia*-lehden numerossa 3/2010.

# Pastöroinnin isä

## keksi myös pipetin

■ Ranskalainen Louis Pasteur muistetaan pastöroinnin ja rokotteiden kehittäjänä. Hänen nimensä elää myös jokaisen laboratorion keskeisessä työvälineessä, Pasteur-pipetissä.

Miksi ruuat ja juomat ajan mittaan pilaantuvat? Koska se on aineiden luonnollinen taipumus.

Näin ajateltiin vielä silloin, kun kuuluisa ranskalainen kemisti ja mikrobiologi **Louis Pasteur** (1822–1895) eli lapsuuttaan ja nuoruuttaan.



Suuren ranskalainen tiedemiehen Louis Pasteurin ikuisti kankaalle suuri suomalainen taiteilija Albert Edelfelt.

Käsitys paljastui vääräksi, kun monipuolisena tutkijana tunnettu Pasteur ryhtyi selvittämään asiaa. Hän oli jo osoittanut, että fermentoituminen eli käyminen ei ole puhtaasti kemiallinen tapahtuma, kuten oli oletettu, vaan ilmiön saavat aikaan mikrobit.

Nyt Pasteur oivalsi, ettei ruoka pahe-ne omia aikojaan, vaan syypäitä mätä-nemiseen ovat samaiset mikrobit, jotka pääsevät elintarvikkeeseen ympäröiväs-tä ilmasta.

Oivallus sai tutkijan tajuamaan, että mikrobit voivat saastuttaa myös labora-toriossa tutkittavat liuokset. Oli siis kek-sittävä väline, joka pitäisi nesteen puh-taana, kun sitä siirretään astiasta toiseen. Näin syntyi pipetti, ohut palkeella varustettu lasiputki, jonka sisässä lasti kulki turvassa pieneliöiltä.

Pipetin toiminta perus-tuu siihen, että palkeen painallus poistaa putkesta ilmaa. Kun pipetin kärki viedään liuokseen ja palje vapautetaan, neste imey-tyy sisään putkeen. Sieltä se voidaan tiputtaa halut-tuun paikkaan painamalla paljetta uudestaan.

### Nahkurin poika

Nahkurin poikana syntynyt Pasteur on esimerkki siitä, etteivät kaikki suuret tie-teentekijät ole aloittaneet ihmelapsina. Pojan koulunkäynti takkusi pahasti ennen kuin hän sai juonen päästä kiinni ja valmistui maisteriksi Pariisin École Normale Supérieuresta eli opettajaseminaarista vuon-na 1845.

Vauhtiin päästyään hän suoritti parissa vuodes-sa tohtorintutkimuksen ja sai paikan fysiikanopet-tajana. Vuonna 1849 Pas-



Pasteur-pipettien avulla siirretään nesteitä ja liuoksia astiasta toiseen.

teur nimitettiin Strasbourgin yliopiston kemianprofessoriksi ja muutamaa vuotta myöhemmin Lillen yliopiston luonnon-tieteellisen tiedekunnan dekaaniksi.

Sieltä hän palasi tieteellisen opetuksen johtajana pariisilaiseen *alma materiinsa*, jonne perustettiin häntä varten fysiolo-gisen kemian laboratorio. Pasteur luopui virastaan vuonna 1868 saatuaan pienen halvauksen mutta jatkoi tieteentekoa itsenäisenä tutkijana. Toimeentu-lon hänelle turvasi parlamentin myöntä-mä apuraha.

Vuonna 1887 Pasteur perusti tutki-muslaitoksen, joka kantaa yhä hänen ni-meään. Pasteur-instituutti on maailman arvostetuimpia mikrobiologian ja lääke-tieteen tutkimuskeskuksia, joka tunne-taan etenkin rokotetutkimuksista.

### Lääketieteen historiaan

Suurelle yleisölle Louis Pasteur tuonee ensimmäiseksi mieleen bakteereja tuho-avan lämpökäsittelyn eli pastöroinnin. Pasteurin keksimää menetelmää käytet-tiin Ranskassa aluksi viinin säilyvyyden parantamiseen, mutta nykyisin pastö-roinnin kohteena on – ainakin Suomessa – ennen muuta maito.

Pasteurin työ rokotteiden kehittäjänä toi hänelle kunniaapaikan lääketieteen historiassa. Tutkimuksissaan hän havait-si osin sattumalta, että heikennettyjen mikrobien avulla voi saada immunitee-tin monilta sairauksilta.

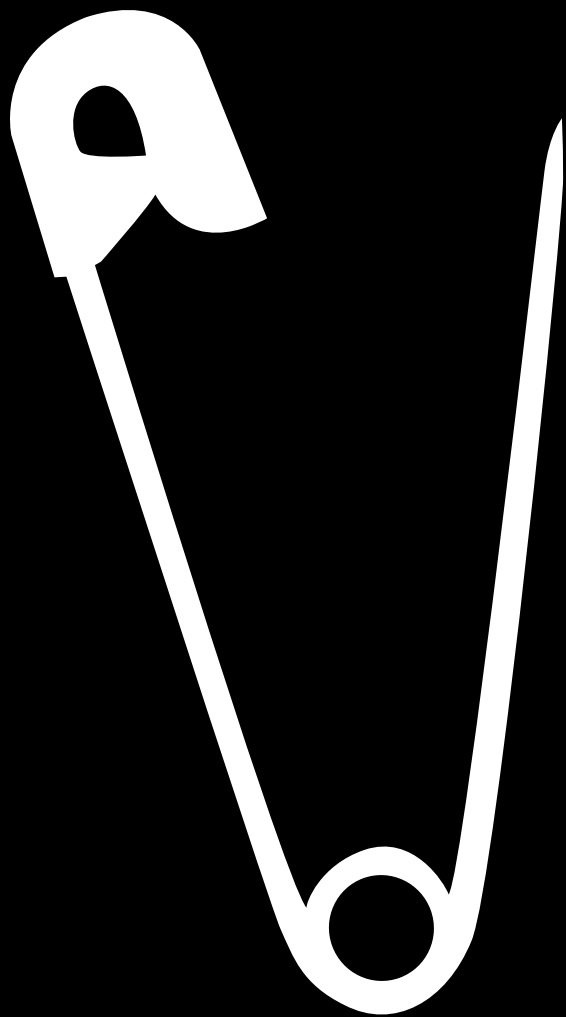
Havainnon seurauksena syntyivät ro-kotteet paiseruttoa ja rabiasta eli vesikauhua vastaan. Ensimmäinen ihmi-nen, jonka hengen rabiesrokote pelasti, oli ranskalainen pikkupoika nimeltään **Joseph Meister**. Aikuiseksi vartuttuaan poika maksoi velkansa tekemällä elä-mäntönsä Pasteur-instituutin vahtimes-tarina. □

Päivi Ikonen

Artikkeli julkaistiin ensimmäisen kerran *Kemia*-lehden numerossa 7/2013.



# Tällä kuitattiin velat\*



\* Yhdysvallat, 1846: köyhä mekaanikko Walter Hunt tuskailee yömyöhällä – 15 dollarin velka erääntyy huomenna! Hän vääntelee hermostuksissaan rautalankaa. Kuluu kolme tuntia, ja hän on huomaamattaan taivutellut hakaneulan. Hunt myy keksintönsä 400 dollarilla ja kuittaa velkansa. Hakaneula patentoidaan 1849.

4 nroa vain  
**19<sup>90</sup>**

Norm. 35,60  
**Etusi 44 %**

## Ällisty tekniikan historiasta – tilaa uusi lehti!

1. Lähetä ilmainen tekstiviesti numeroon 18303. Kirjoita viesti: **TEHI** Etunimi Sukunimi osoite, Esim. **TEHI Matti Mallikas Mallikatu 56 Helsinki 00120**

2. **Netistä**  
tarjous.tekniikanhistoria.fi

3. **Sähköpostitse:** lehtikampanja@talentum.fi. Kirjoita tilaukseesi tunnus **TEHI** sekä nimi- ja yhteystietosi.

4. **Puhelimitse numerosta**  
020 442 4100, ma–pe klo 8.15–16.30.



Kestotilaus, joka jatkuu automaattisesti hinnaston mukaisella kestotilaajan etuhinnalla. Tilauksen voi peruuttaa milloin vain. Tarjous voimassa 30.12.2013 saakka ja se koskee vain tilauksia Suomeen. Yhteystietoja voidaan käyttää ja luovuttaa markkinointitarkoituksiin henkilötietolain mukaisesti. Voit kieltää tietojesi käytön markkinointitarkoituksiin ilmoittamalla Talentum Median asiakaspalveluun: PL 920, 00101 Helsinki, puh. 020 442 4100, faksi 020 442 4101. Puhelujen hinnat (sis. alv 24%): Lankapuhelin 8,35 snt/puhelu + 3,2 snt/min. Matkapuhelin: 19,2 snt/min. Ulkomailta ao. maan puhelumatku.



# Joko tunnet Kemia-lehden?

*Kemia*-lehti on täynnä kiinnostavia juttuja arkipäivän kemiasta, terveydestä ja hyvinvoinnista, yhteisestä ympäristöstämme sekä kemian kiehtovasta historiasta ja keksinnöistä.

Lehti on tärkein kotimainen tietolähde alalla toimiville ja mainio lahjaidea kaikille luonnontieteistä kiinnostuneille. Lehden voi tilata painettuna, digiversiona tai molempina.

**Katso tilaushinnat ja tarjoukset täältä:**

[www.kemia-lehti.fi](http://www.kemia-lehti.fi)

> Tilausasiat

Tilaushinta kouluille 49 €,

tilaukset [www.aikakauslehdet.fi/kouluille](http://www.aikakauslehdet.fi/kouluille)

**Oletko kemian tai kemiantekniikan opiskelija?**

Liity Kemian Seuroihin osoitteessa

[kemianseurat.fi](http://kemianseurat.fi)

Saat *Kemia*-lehden vuosikerran kymppillä!

Kemia-lehti  
on myös  
facebookissa!

**KLIKKAA JA TYKKÄÄ!**

[www.facebook.com/kemialehti](http://www.facebook.com/kemialehti)



**KEMIA**  
Kemi

