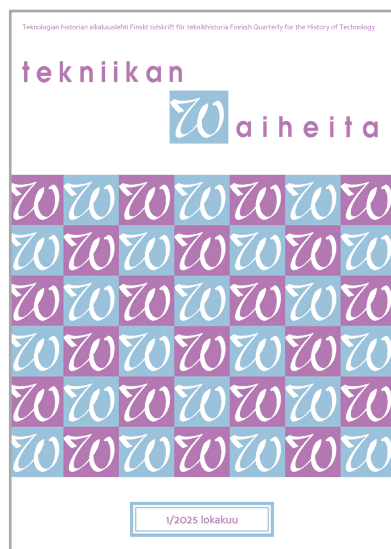




Tekniikan Waiheita
ISSN 2490-0443
Tekniikan Historian Seura ry.
43. vuosikerta: 1
2025
<https://journal.fi/tekniikanwaiheita>

Suomalaisen isotooppiteknologian ensiaskeleet

Markus Ahlskog

To cite this article: Markus Ahlskog, ”Suomalaisen isotooppiteknologian ensiaskeleet” Tekniikan Waiheita 43, no. 1 (2025): 30–46. <https://doi.org/10.33355/tw.156891>

To link to this article: <https://doi.org/10.33355/tw.156891>



Tämä työ on lisensoitu Creative Commons
Nimeä 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä.

Suomalaisen isotooppiteknologian ensiaskeleet

Markus Ahlskog

Radioaktiivisten isotooppien käyttö teknologiassa rajoittuu nykyään lähes yksinomaan lääketieteelliseen käyttöön säteilyhoidossa ja isotooppidiagnostiikassa. Suomalaisen isotooppidiagnostiikan historia on kerrottu varsin kattavasti, mutta vasta siitä vaiheesta, 1960-luvulla, jolloin ala jo oli päässyt jonkinlaiseen alkuun. Näin ollen alan aivan ensimmäisten pioneerien toiminta 1940- ja 1950-luvuilla tällä saralla on osittain jäänyt pimentoon, vaikka toki nimet ovat tunnettuja toisissa yhteyksissä. Tuolloin tehtiin ensimmäiset kokeet radioaktiivisilla isotoopeilla diagnostiikassa, sekä potilailla että eläinkokeissa. Nämä kokeet olivat myös varsin hyviä kansainvälisessä vertailussa, mikä on huomionarvoinen suoritus ottaen huomioon Suomen yleiset vaikeudet sodanjälkeisinä vuosina. Kehitykseen liittyi tuolloin myös erinäisiä poliittisia jännitteitä. Lisäksi 1950-luvulla vallitsi valtaisa innostus atomiteknologiasta, ja radioaktiivisille isotoopeille povattiin suunnattoman paljon enemmän käyttökohteita kuin vain lääketieteellisiä. Suomessa nk. energiakomitea, joka koordinoi miltei kaikkea 1950-luvun satsausta atomiteknologiaan, sivuutti lääketieteelliset sovellutukset lähes täysin, joten tämä puoli kehittyi omin voimin.

Johdanto

Isotooppiteknologia on ydinfysiikan sovellusalue, jossa nimensä mukaisesti hyödynnetään isotooppeja. Atomiytimen rakenneosat ovat suunnilleen samankokoiset protonit ja neutronit, joista ensin mainittujen lukumäärä, raskaimmilla yli 90, kertoo alkuaineen lajin ja neutronien lukumäärä taas mikä alkuaineen variaatio, eli isotooppi. Esimerkiksi jodin (I) isotooppeja tunnetaan 38 kpl., mutta luonnossa esiintyy melkein yksinomaan isotooppi I-127 joka koostuu 53 protonista ja 74 neutronista ($53+74=127$). Lääketieteellisessä isotooppiteknologiassa tärkeä on ydinreaktoreissa valmistettava I-131, jossa 78 neutronia.

Isotooppiteknologia on usein radioaktiivisten isotooppien hyödyntämistä. Tällainen isotooppi on epästabiili ja muuttuu nk. puoliintumisaajan määräämän ajan kuluessa joksikin toiseksi isotoopiksi, joka on joko samaa alkuainetta tai sitten kooltaan läheisen alkuaineen isotooppi. Samalla se emittoi gammasäteilyä ja/tai hiukkassäteilyä. Esimerkiksi yllä mainittu I-131 emittoi gammasäteilyä ja muuttuu xenon-isotoopiksi Xe-131. Ei-radioaktiivisten isotooppien teknologia, lähinnä massaspektrografia, on myös tärkeää, mutta siihen emme tässä kirjoituksessa paneudu.

Radioaktiivisessa hajoamisessa emittoituva säteily on hyvin suurienergistä, siksi se on vaarallista, mutta isotooppiteknologialle oleellista on se, että suuren energian ansiosta jo yksittäisen atomin emittoima säteily pystytään parhaimmillaan havaitsemaan. Tämä antaa isotooppiteknologialle sen ratkaisevan edun, minkä takia se on käytössä lääketieteellisessä diagnostiikassa: sillä pystyy havaitsemaan mitättömän pieniä ainemääriä, jotka ovat muiden menetelmien tavoittamattomissa. Radioaktiivisen isotoopin sijainti, levinneisyys tai pitoisuus ihmiskehossa havaitaan suhteellisen kätevästi sen lähettämän radioaktiivisen säteilyn avulla. Radioaktiivisten isotooppien tällaista käyttöä kutsutaan yleisesti, siis muutenkin kuin lääketieteessä, merkkiainetekniikaksi.

Isotooppiteknologia pohjautuu pääosin ydinfysiikan 1930-luvun ratkaiseviin läpimurtoihin. Tuolloin löydettiin neutroni, ymmärrettiin ensi kertaa pääpiirteissään millainen atomin ydin on ja opittiin, miten uusia isotooppeja voi valmistaa. Hiukkaskiihdyttimet tekivät tuloaan. Tunnetuin tuon ajan ydinfysiikan löytö oli tietenkin uraanin fissio (atomiytimen halkeaminen) ja siihen perustuvan atomipommin valmistus toisessa maailmansodassa. Merkkittävä osuus fission löydössä oli Kööpenhaminassa sijaitsevalla Niels Bohr -instituutilla, jossa samoihin aikoihin toimi myös alun perin unkarilainen ja myöhemmin Ruotsiin asettunut George de Hevesy¹. Hevesy on isotooppiteknikan tärkein pioneeri ja erityisesti sen sovellutuksissa kemiallisten ja biologisten ilmiöiden tutkimisessa, mistä hänelle myönnettiin vuoden 1943 Nobelin palkinto. Muutamaa vuotta myöhemmin USA:ssa Willard Libby kehitti C-14 isotooppiin perustuvan iänmäärittystekniikan, joka mullisti arkeologian ja paleontologian ja josta myönnettiin Nobel-palkinto vuonna 1960. Iänmäärittystekniikka poisluki- en, isotooppiteknologiasta tuli ennen kaikkea osa lääketieteellistä teknologiaa. Radiologian muodossa lääketiede on kuitenkin jo 1890-luvulta lähtien hyödyntänyt ydinfysiikkaa, jolloin röntgen- ja radioaktiivinen säteily löydettiin, eli jo ydinfysiikan syntyessä ja kauan ennen kuin fyysikot toden teolla ymmärsivät asiaa. Suomessa radiologian etenemisestä kertoo jotain se, että alan yhdistys perustettiin vuonna 1924².

Ensimmäiset suomalaiskosketukset uuteen isotooppiteknologiaan

Ensimmäinen suomalainen, joka lähempää pääsi seuraamaan nousevaa isotooppiteknologiaa oli Lennart Simons (1905–1986) Helsingin yliopiston fysiikan laitokselta, joka oli vierailevana tutkijana Niels Bohr-instituutissa 1938–1939³. Simons perehtyi itse ydinfysiikkaan ja luonnollisesti fissio-ilmiöön, joka löydettiin juuri silloin. Mutta Simons on kertonut keskustelleensa myös Hevesyn kanssa, ja Simonsin henkilöarkistosta löytyy heidän koko 40-luvulla käytyä kirjeenvaihtoa. Simons nimitettiin Helsingin yliopiston fysiikan professoriksi vuonna 1941. Pian sen jälkeen alkoi jatkosota, jolloin tutkimustoiminta meni jäihin.

Simons piti kuitenkin marraskuussa 1942 Suomen Tiedeseurassa ydinfysiikasta ja sen sovellutuksista esitelmän, joka julkaistiin 1943⁴. Siinä artikkelissa hän ensimmäisen kerran vihjaisi tavoitteestaan hankkia hiukkaskiihdytin, tai ”atomsärkijä”, kuten kiihdytintä oli alan ulkopuolisille suunnatuissa esityksissä tapana kutsua, ja jollainen oli jo Niels Bohr instituutissa. Artikkelin loppuosassa Simons käsitteli ydinfysiikan mahdollisia sovellutuksia, varsinkin sen käyttöä lääketieteessä ja uraanin fissiota hyödyntävässä energiantuotannossa. Sotilaallisista sovellutuksista ei ollut puhetta. Eräs sovellus oli kiihdyttimen käyttö syövän sädehoitoon. Simons mainitsee esimerkkinä Haukelandin sairaalan Norjassa, jossa oli vuodesta 1940 lähtien, yhtenä ensimmäisistä paikosta maailmassa, käytetty Van de Graaff -tyyppistä kiihdytintä tähän tarkoitukseen.

Kiihdyttimillä alettiin 1930-luvulta lähtien tuottaa biologialle ja lääketieteelle sopivia isotooppeja. Sota tietenkin hidasti kehitystä, ja Suomeen ei juuri saatu sen aikaisia tiedelehtiä, joten täällä oltiin osittain pimennossa alalla tapahtuneesta kehityksestä. Simonsilla oli kui-

¹ Levi 1985

² www.sry.fi.

³ Ahlskog 2022.

⁴ Simons 1943.

tenkin juuri ennen jatkosodan syttymistä suunnitelmia tehdä yhdessä Hevesyn ja Helsingin yliopiston kasvifysiologian professori Runar Collanderin kanssa yhteistyötä isotooppiteknikan soveltamiseksi biologian tutkimuksessa⁵. Collander oli alansa johtava tiedemies Suomessa, ja hän oli saanut kansainvälistä tunnustusta tutkimuksistaan, jotka koskivat kasvien soluseinämien rakennetta ja permeabiliteettiä eli kykyä läpäistä eri molekyyliä. Kaikkien solujen toiminta on riippuvainen soluseinämien permeabiliteetista eli kyseessä on yksi biologian perusmekanismeista. Se oli mainio kohde radioaktiivisen merkkiainetekniikan soveltamiselle, ja lieene ollut ensimmäinen yritys Suomessa tehdä tällaista tutkimusta, mutta sodasta johtuen se jäi tekemättä. Collander keskittyi sodan jälkeen kirjoittamaan suomenkielisiä yliopisto-oppikirjaa *Kasvifysiologian perusteet*, joka säilyi pitkään alan perusteoksena.

Yhteistyösuunnitelmien vakavuudesta kertoo jotain myös se, että Collanderin tohtoriopiskelija Veijo Wartiovaara lähti vuonna 1942 tutkijavierailulle Kööpenhaminaan nobelpalkitun professori August Kroghin laboratorioon tekemään suunnilleen samaa kuin mitä Collander oli suunnitellut tekevänsä Simonsin kanssa. Sota oli tuolloin suhteellisen rauhallisessa vaiheessa niin miehitetyssä Tanskassa kuin asemasotaa käyvässä Suomessa. Tarvittavat isotoopit oli tarkoitus valmistaa Niels Bohr -instituutin kiihdyttimellä, mutta laite oli epäkunnossa Wartiovaaran vierailun aikana. Jotain hän sai kuitenkin aikaiseksi päätellen siitä, että Krogh vaati saada merkitä Wartiovaaran nimen erään vuonna 1944 ilmestyneen julkaisunsa tekijäluetteloon. Englantilainen Jack Dainty teki 1950-luvulla sen, minkä Collander, Simons ja Wartiovaara olivat suunnitelleet tekevänsä, eli hän mittasi menestyksellisesti solumembraanien permeabiliteetin isotooppiteknikan avulla. Dainty oli Simonsin tapaan taustaltaan fission ja kiihdyttimien erikoistunut ydinfysiikko, mutta tuli tunnetuksi biofysiikkona. Wartiovaarasta tuli Helsingin yliopiston professori vuonna 1962 ja kasvisolumembraanien permeabiliteetti oli uran pääaihe, joten hänenkin Kööpenhaminan vierailunsa oli merkittävä.

Isotooppiteknologia lähtee käyntiin Simonsin ryhmässä

Sodan päätyttyä Simons palasi omien kiihdytinsuunnitelmiansa pariin. Ainakin osittain lääketieteellisiin tarkoituksiin rakennettu kiihdytin oli eräässä vaiheessa myös Simonsin tähtäimessä⁶. Suomen sairaalalaitosta oltiin uudistamassa jo ennen sotia, ja toukokuussa 1943 vahvistettiin keskussairaalalaki. Uudistuksen läpiviemistä hankaloitti Uudenmaan ruotsinkielisten kuntien suunnitelma perustaa ruotsinkielinen keskussairaala, jossa annettaisiin ruotsinkielistä lääketieteellistä yliopisto-opetusta. Vuonna 1945 Folktingetin Svenska Vetenskapliga Centralrådet, jonka jäsen myös Simons oli, laati raportin sairaalasuunnitelmasta. Sen mukaan sairaalassa olisi radiologinen osasto, jossa olisi sädehoitoa varten kiihdytin, jolla voitaisiin tehdä lääketieteellisten sovellutusten lisäksi myös atomifysiikan tutkimusta. Suunnitelma oli tässä vaiheessa ilmeisen vakava, sillä lääketehdas Ab Medica Oy:n teknillinen johtaja, professori Jim Östling lahjoitti n. 600 000 mk kiihdyttimen hankintaa varten. Tämä summa ei ollut riittävä valmiin kiihdyttimen hankkimiseen, mutta sen avulla olisi ollut mahdollista ottaa ensimmäinen askel kohti toimivaa kiihdytintä. Suunnitelmasta oli Hufvudstadsbladetissa

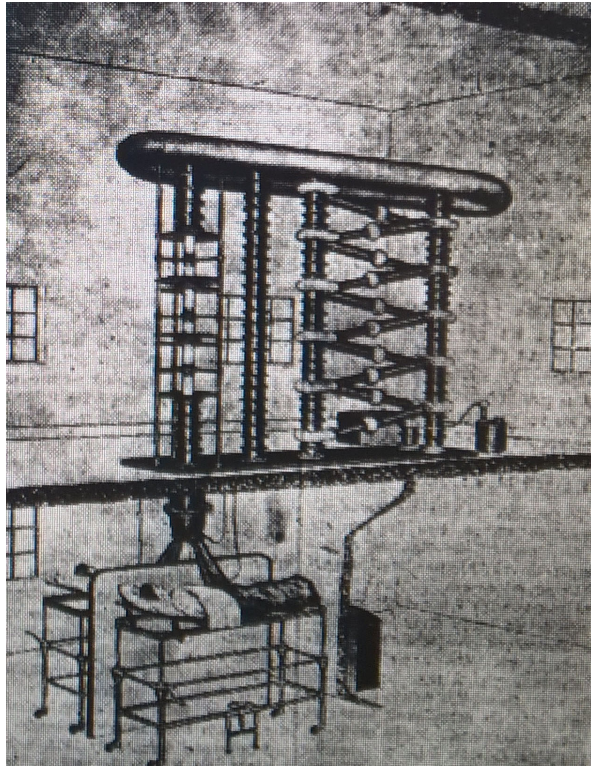
⁵ Ahlskog 2022, 45.

⁶ Ahlskog 2022, 46.

vuoden 1944 lopulla pitkä artikkeli, jossa oli myös kuvitteellinen piirroskuva laitteistosta (Kuva 1).

Simons ja hänen yhteistyökumppaninsa lääketieteen puolelta yrittivät saada rahoitusta kiihdyttimen rakentamiseen myös amerikkalaiselta Rockefeller-säätiöltä. Liv och Hälsa -säätiötä edustanut professori (h.c.), lääketieteen tohtori Fredrik Saltzman anoi Rockefeller-säätiölle 19.3.1946 lähettämässään kirjeessä 20 000 dollarin rahoitusta Van de Graaff -kiihdyttimelle, jonka Simons rakentaisi Helsingin yliopiston fysiikan laitoksella ja josta se valmistuttuaan siirrettäisiin suunniteltuun keskussairaalaan sairaanhoitoa ja lääketieteellistä tutkimusta varten. Hevesy, joka oli jo tuossa vaiheessa nobelisti, kirjoitti suosituskirjeen Rockefeller-säätiölle, joka kuitenkin hylkäsi hakemuksen. Vuonna 1947 Simons sai kuitenkin valtion budjetista ensirahoituksen Van de Graaff -tyyppisen kiihdyttimen rakentamiseksi⁷. Se valmistui vasta vuoden 1958 paikkeilla mutta oli lopulta peruskivi Simonsin ydinfysiikan perustutkimukseen keskityneellä uralla sekä laajemmin Helsingin yliopiston kiihdytinlaboratoriolle⁸. Tämä kiihdytin ei ollut tekemisissä lääketieteellisten sovellutusten kanssa.

Palataksemme Jim Östlingin myöntämään rahoitukseen, Liv och Hälsa -säätiön piti nyt miettiä, mihin sitä käytetään. Kokouksessa 6.5.1947 päätettiin, että Simonsin laboratorista hankitaan noin 300 000 mk:lla Geiger-Müller-tyyppisiä säteilyn ilmaisimia (eli detektoreita) lääketieteellisen isotooppitekniikan tutkimuksiin⁹. Tämä sopi mainiosti Simonsille, sillä aloittelevalle, Suomen ainoan ydinfysiikan tutkimusryhmän oli joka tapauksessa laitettava paljon aikaa ja energiaa mittauslaitteiston kehittämiseen ja rakentamiseen. Simons kirjoitti erilaisista säteilymittauslaitteistoista, pääasiassa Geiger-Müller-detektoreista, kaikkiaan seitsemässä julkaisussa vuosina 1947–1950. Tekniikan vaikeudesta alkuvaiheessa kertoo vuodelta 1947 Simonsin kirjeenvaihto, jossa hän sai käytännön neuvoja Geiger-Müller-laitteiden tärkeimpien osien, eli niiden tyhjöputkien, käsittelystä ruotsalaiselta professori Sigvard Eklundilta, josta myöhemmin tuli kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) pääjohtaja.



Kuva 1. Hufvudstadsbladetissa 1.12.1944 olleen artikkelin piirros, joka esittää sairaalassa sädehoitoterapiassa käytettyä kiihdytintä eli atominsärkijää. Kuvan kaltaisia laitteita oli juuri pystytetty esim. Rolf Sievertin laboratorioon Ruotsissa.

⁷ Tuomi 2005.

⁸ Holmberg 1996.

⁹ Ahlskog 2022, 48.

A.I. Virtanen ja Biokemian tutkimuslaitos

Helsingin yliopiston Biokemian tutkimuslaitoksen johtaja, professori Artturi I. Virtanen (1895–1973), eli lyhyesti AIV, on myös tärkeä nimi suomalaisen isotooppiteknologian alkuhistoriassa ja muutenkin tuon ajan tieteen ja teknologian parissa¹⁰¹¹. Vuonna 1945 hänelle myönnettiin kemian Nobelin palkinto ”tutkimuksesta ja keksinnöistä maatalous- ja ravintokemiassa, erityisesti rehunsäilönnän menetelmästä”, eli Suomessa hyvin tunnetusta AIV-menetelmästä. Biokemian tutkimuslaitoksessa alkoi suomalainen alan tutkimus, joka oli alusta saakka kansainvälistä tasoa.

Heti sodan jälkeen Virtanen kiinnostui isotooppiteknikasta ja ryhtyi sillä alalla konkreettisiin toimenpiteisiin¹². Virtasen opiskelijoiden tekemien Pro gradu -tutkielmien joukosta löytyy Bengt Kihlmanin vuonna 1945 valmistunut ”De stabila isotoperna i den biokemiska forskningen”. (Kihlman toimi myöhemmin mm. genetiikan professorina Ruotsissa.) Tämän lisäksi isotooppiteknikkaa käsiteltiin myös useissa muissa laitoksella 1940-luvulla valmistuneissa opinnäytetöissä, esim. Aira Venhon (myöh. Harjanne), jota pidetään Suomen sairaalakemian pioneerina.

Niinpä Virtaselle tuli Geiger-Müller-detektorin hankkiminen ajankohtaiseksi. Ruotsissa oli vastikään perustettu moderniin poikkitieteelliseen biologian ja biokemian tutkimukseen keskittyvä Wenner-Gren-instituutti, josta Biokemiallinen tutkimuslaitos hankki ensimmäisen Geiger-Müller-laitteensa vuonna 1946 Rockefeller-säätiöltä saamallaan rahoituksella. Tekniikka oli kuitenkin hankalaa, kuten yllä jo mainittiin, eikä tällä laitteella vielä päästy takomaan tuloksia. Virtanen hankki tutkimuslaitokseensa vuonna 1952 kaupallista tuotantoa olleen Tracerlab-merkkisen Geiger-Müller-mittauslaitteiston, jolla vähitellen päästiin käyntiin. George de Hevesy vieraili laitoksella sodanjälkeisinä vuosina muutaman kerran (kuva 2), ja piti jatkossakin yhteyttä Virtaseen, joten Virtanen sai isotooppitutkimuksiinsa huippuluokan asiantuntija-apua.

Atomiteknologian kitkaa

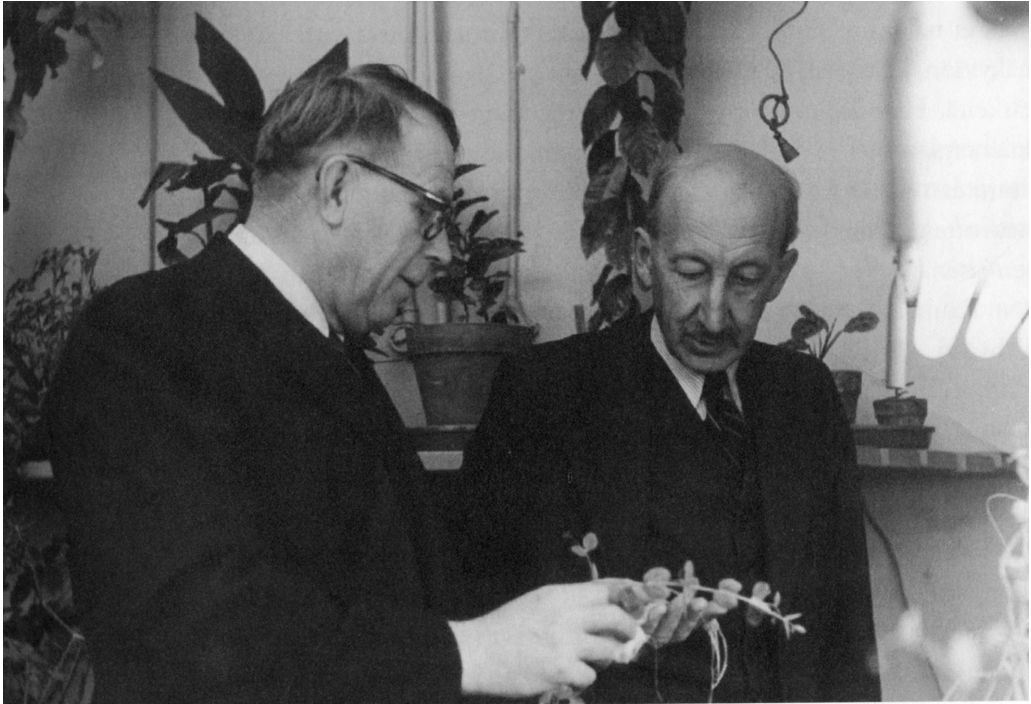
Suomessa oli tuolloin siis kaksi menestyksellistä tiedemiestä, biokemisti Virtanen ja ydinfyysikko Simons, joilla oli mielenkiintoa ja rahkeita tehdä jotain isotooppiteknikan sovellutuksien kanssa. Isotooppien käyttäminen näihin tarkoituksiin vaati fyysikoiden vahvaa osallistumista, koska isotooppiteknikan teoreettinen ja käytännöllinen perusta ydinfysiikassa olivat bio- ja lääketieteiden edustajille vieraita. Tuolta ajalta ja myöhemmiltäkin ajoilta on paljon hyviä esimerkkiä fyysikon ja biologin tai lääketieteilijän menestyksellisestä yhteistyöstä isotooppiteknikan parissa, kuten ydinfyysikko Ernest Lawrencen ja hänen veljensä lääketieteilijä John Lawrencen yhteistyö USA:ssa ja Hevesyn ja fysiologi August Kroghin yhteistyö Tanskassa. Kaikki ovat Nobel-palkittuja, paitsi John Lawrence, jota kuitenkin kutsutaan lääketieteellisen isotooppiteknikan isäksi.

Suomessa Simons ja Virtanen olisivat siis muodostaneet luonnollisen ja muita päätään pidemmän taisteluparin. Mitään merkkejä heidän yhteistyöstään tai vähäisimmästäkään

¹⁰ Heikonen 1993.

¹¹ Perko 2014.

¹² Ahlskog 2022, 55.



Kuva 2. George de Hevesy vieraili Biokemiallisessa tutkimuslaitoksessa vuonna 1952. Vierailun isäntä A.I. Virtanen ja Hevesy tekivät yhteistyötä hernekasvien rauta-aineenvaihdunnan tutkimisessa Fe-59 isotoopilla. Valion Arkisto.

vuoropuhelusta ei kuitenkaan löydy¹³. Tätä voi ihmetellä, etenkin kun tiedämme Virtasen yrittäneen 40-luvulla saada laboratorioonsa hankitun Geiger-Müller-laitteiston toimimaan, siinä onnistumatta. Puhelinsoitto Simonsille olisi voinut ratkaista ongelman nopeasti. Simons puolestaan etsi isotooppitekniikan valmiuksilleen käyttökohteita (Collander, lääketieteilijät), mutta ei näytä etsineen niitä Virtasen suunnalta.

Oma lukunsa on Simonsin ja Virtasen suhteet isotooppitekniikan pioneeriin Hevesyyn. Tämän todennäköisesti ensimmäinen vierailu Suomessa ja Virtasen luona oli vuonna 1946, jolloin Simonsin perheen vieraskirja osoittaa, että Hevesy oli vieraillut sielläkin. Näyttää siltä, etteivät Simons ja Virtanen Hevesy-kontaktiansa hyödyntämisessäkään edes yrittäneet vetää yhtä köyttä. Syy kaikelle tälle löytynee politiikasta, sillä Virtanen oli tunnettu vasemmistolaisuuden ja YYA-politiikan vastustaja, kun taas Simons julkisesti propagoi jotain päinvastaisista, erityisesti rauhanaatetta. Simonsin voinee sijoittaa porvarillisen kentän ääriveremmalle laidalle.

Tässä kohtaa on korkea aika esitellä kolmas tärkeä henkilö suomalaisen isotooppitekniologian historiassa, nimittäin Runar Gäsström (1914–1998), josta on viime ajoilta useampi kirjoitus¹⁴. Suomalaistaustainen Gäsström ilmestyi vuonna 1946 Neuvostoliitosta, taskusaan Moskovan yliopiston fysiikan tutkintotodistus, ja sai heti assistentin paikan Simonsin

¹³ Ahlskog 2022, 67.

¹⁴ Maalampi 2020; Ahlskog 2022.

ryhmässä. Hän tulisi myöhemmin palaamaan Neuvostoliittoon, ja nykyään ei ole epäilystä hänen kiinteistä suhteista KGB:hen. Jo tuolloin moni epäili tuollaista kuviota Gäsströmin taustalla, mutta ilmeisesti Simons halusi aluksi nähdä asiat ruusuisemmin. Siten atomitekniologiaan liittyi 40- ja 50-luvuilla huomattavia ajan politiikan sävyttämiä hankaluuksia, joista kerrotaan toisaalla¹⁵¹⁶.

Useamman henkilön todistuksen mukaan Gäsström oli varsin lahjakas fyysikko. Hänellä oli tärkeä osuus Van de Graaff -kiihdytinprojektin alkuvaiheessa, mutta ehkäpä suurempi vastaava rooli suomalaisen isotooppilääketieteen tekniikassa. On perusteltua sanoa, että suomalaisen lääketieteellisen isotooppitekniikan kansainvälisesti varsin aikainen liikkeellelähtö perustui Simonsin aloitteisiin ja Runar Gäsströmin panokseen niiden käytännön toteuttamisessa, kuten seuraavaksi näemme.

Lääketieteellisen isotooppitekniikan alku

Simonsin toinen yritys isotooppirintamalla, Collander-yhteistyön kuivuttua, johti käytännön toimintaan, vaikka on sanottava, että hänen osuutensa rajoittui lähinnä projektin alullepääntöön. Kun suunnitelma ruotsinkielisen keskussairaalan perustamisesta oli kariutunut, perustettiin yhtenä korvaavana ratkaisuna Marian sairaalaan IV sisätautien klinikka (IV Medicinska kliniken). Klinikkan esimiehen tehtävään liittyvään professuuriin nimitettiin Bertel von Bonsdorff 1.5.1947. Tämä yksikkö toimi vuoteen 1996 saakka, ja se on merkittävä osa Suomen lääketieteen historiaa¹⁷. Yksikön tärkeimpiä tutkimusaiheita oli radioisotooppien käyttöönotto lääketieteessä, erityisesti lääketieteellisessä diagnostiikassa¹⁸.

Suomalaisen lääketieteellisen isotooppidiagnostiikan pioneerina pidetään Gustaf Östlingiä (kuva 3), joka oli aiemmin mainitun Gustaf Jim Östlingin poika. Nuorempi Östling oli väitellyt lääketieteen tohtoriksi vuonna 1946 kliinisen farmakologian aihepiiristä ja toimi vuosina 1946–1949 IV sisätautien klinikalla assistenttina. Simons ehdotti vuonna 1946 ryhtymistä isotooppitekniikan kokeiluihin niin, että hänen ryhmänsä rakentaisi siihen tarvittavan Geiger-Müller-ilmaisimen. Östling suostui ehdotukseen, ja siitä asia lähti eteneeseen¹⁹.

1940-luvulla lääketieteellisiin sovellutuksiin soveltuvia isotooppeja oli saatavilla vain muutamia (I-131, Na-22, P-32). Östling oli todennut fosforin isotoopin P-32:n sopivaksi maksan sairauksien tutkimiseen, josta hänellä oli aikaisempaa osaamista. Lähin paikka, jossa radioisotooppeja voitiin valmistaa oli nobelisti Manne Siegbahnin laboratorion syklotroni-tyyppinen kiihdytin Tukholmassa. P-32:n puoliintumisaika on 13,2 päivää, joten sen kuljettaminen Helsinkiin kokeita varten oli mahdollista. Lokakussa 1947 Simons kirjoitti Siegbahnille pyytäen häneltä P-32:ta, ja toisessa kirjeessä 3 kk myöhemmin Simons toteaa ensimmäisen erän tulleen hyvin käytetyksi analyysimetodien harjoittelussa. Myöhemmin Tukholman syklotronilta saadut määrät osoittautuivat liian pieniksi ja Östling siirtyi käyttämään Englannissa atomireaktorilla syntetisoituja isotooppeja.

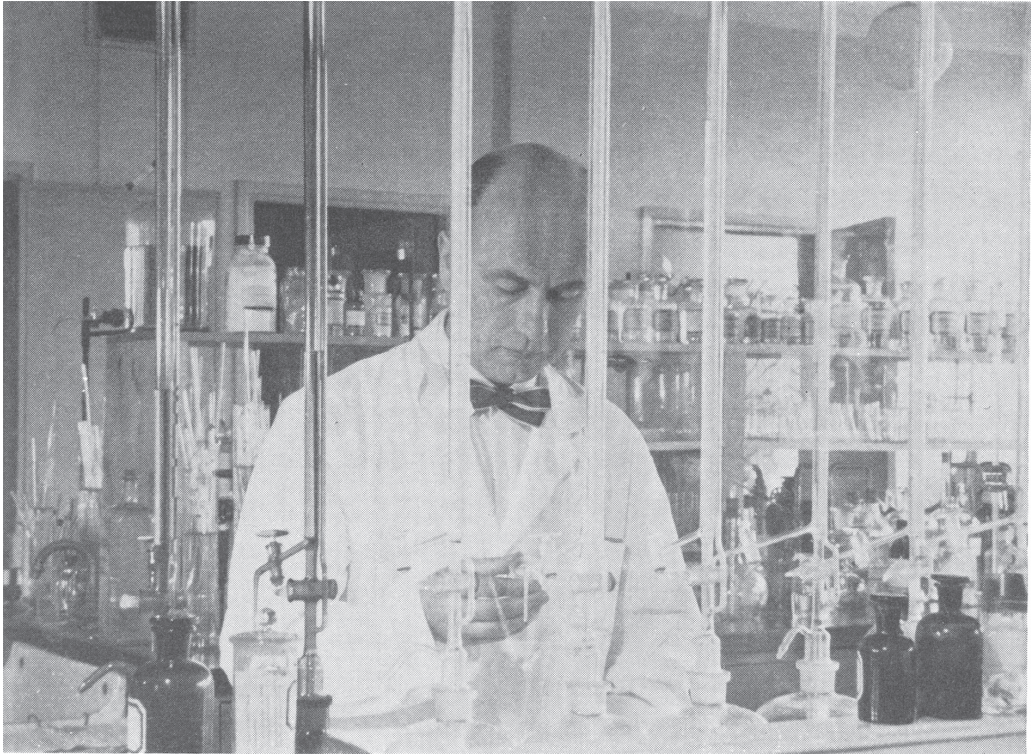
¹⁵ Ahlskog 2022.

¹⁶ Ahlskog 2023.

¹⁷ Wahlberg 2000.

¹⁸ Gräsbeck 1985.

¹⁹ Ahlskog 2022, 103.



Kuva 3. Gustaf Östling Medica Oy:n laboratoriossa. Östling teki yhteistyössä Lennart Simonsin ryhmän kanssa Suomen ensimmäiset isotooppiteknikan kokeet, mutta ei kuitenkaan erikoistunut sille alalle. Runar Urbans : Oy Medica Ab 1911–1961.

Kun radioaktiivisten isotooppien hankinta oli järjestetty, säteilyn mittausta oli pääasiallinen teknillinen ongelma. Liv och Hälsa -säätio toteaa hallituksensa kokouksessa 7.5.1948, että Simonsin ryhmältä tilattu laite oli vastaanotettu. Säätio sijoitti laitteen ensin isä-Östlingin yhtiön Oy Medica Ab:n laboratoriotiloihin, ja myöhemmin IV sisätautiopin klinikalle Marian sairaalaan. Vastuu käytännön toimeenpanosta näyttää henkilöityneen kokonaan Runar Gåsströmiin. Tämä ilmenee varsinkin Östlingin ja myöhemmin Bror-Axel Lambergin julkaisuista, joissa tästä tuesta kiitetään ainoastaan Gåsströmiä. Tästä voitaneen päätellä Gåsströmin olleen aloitekykyinen ja että Simonsia ja hänen arvovaltaansa ei tarvittu enää sen jälkeen, kun alkuvaiheen järjestelykysymykset oli hoidettu.

Kliinisissä kokeissaan Gustaf Östlingillä oli kahdeksan maksasairautta potevaa potilasta tai muuta koehenkilöä. Henkilöiden verenkiertoon siirrettiin P-32 isotooppia sisältävää natriumfosfaattia tarkoituksena tutkia, kuinka sairas maksa syntetisoi fosfatiidiä veren fosfaatista. Fosfatiidi siirtyy takaisin verenkiertoon, joten ottamalla potilaasta verinäyte jonkin ajan kuluttua siitä, kun radioaktiivinen natriumfosfaatti on häneen injeksiolla siirretty, ja mittaamalla verinäytteen radioaktiivisuus saadaan tietoa maksan tilasta. Tarkkaa tietoa käytetystä laitteistosta ei ole, mutta tiedämme, että siihen kuului itse Geiger-Müller-säteilyilmaisimen lisäksi laskijalaitteisto ja annostelutekniikkaa. Jälkimmäiset mahdollistivat kvantitatiivisten isotooppikokeiden tekemisen.

Östling julkaisi ensimmäiset tuloksensa kotimaisessa Finska Läkaresällskapet Handlingar -lehdessä vuonna 1949²⁰. Tämä artikkeli on Suomen ensimmäinen varteenotettava tieteellinen julkaisu radioaktiivisiin isotooppeihin perustuvan merkkiainetekniikan sovellutuksesta. Samasta aiheesta ilmestyi pari vuotta myöhemmin perusteellisempi artikkeli Nordisk Medicin -lehdessä²¹.

1950-luvulle tultaessa kuvaan astui lääketieteen lisensiaatiksi vuonna 1949 valmistunut Bror-Axel Lamberg, joka kertoo muistelmissaan varsin yksityiskohtaisesti elämästään lääkäritutkijana²². Lamberg mainitsee, että Östlingin ensimmäiset Gåsströmin avustuksella tehdyt isotooppikokeet olivat taustana sille hankkeelle, jota hänelle tarjottiin vuonna 1950 väitöskirjatyön aiheeksi. Lamberg teki aluksi parin kuukauden opintomatkan Karolinska institutettiin Tukholmaan, jossa tutustui kansainvälisen tason lääketieteelliseen tutkimukseen, erityisesti isotooppidiagnostiikkaan. Väitöskirjatutkimukseen sisältyi isotooppimenetelmien käyttöä Runar Gåsströmin avustuksella. Päämääränä oli tutkia P-32:n imeytymistä kananpoikien kilpirauhasiin ja tämän suhdetta veren TSH-hormonin pitoisuuteen. TSH:lla kilpirauhanen stimuloituu tuottamaan aineenvaihdunnalle tärkeitä hormoneja. Lamberg sai vuonna 1952 assistentin paikan IV klinikalla ja saattoi näin keskittyä paremmin tutkimukseen. Hänen keväällä 1953 valmistunut väitöskirjansa oli Suomen ensimmäinen, jossa radioaktiiviset isotoopit olivat keskeisessä osassa²³.

IV sisätautiopin klinikalla alettiin radioaktiivisia isotooppeja käyttämään diagnostiikan lisäksi myös sairauksien hoidossa. Peter Wahlbergin väitöskirjatutkimus vuodelta 1955 käsitteli jodin isotoopin I-131 kilpirauhasen hormoonieritystä²⁴. Lamberg kertoo seuraavasti isotooppitoiminnan laajenemisesta Marian sairaalassa sekä tutkimuksen että sairaanhoidon puolella²⁵:

Kliniska undersökningar med radioaktiva isotoper inledde vi på IV Medicinska kliniken 1952 med radioaktiv jod I-131 och Maria sjukhus ställde ett rum till vårt förfogande för detta ändamål. Verksamheten i laboratoriet tjänade ju hela sjukhusets behov. Jag kom därefter att tillsammans med Peter Wahlberg använda I-131 för diagnostiska ändamål, men under de närmaste åren ökade användningen av radioaktiva isotoper överhuvudtaget på IV medicinska kliniken och det uppstod ett isotoplaboratorium som ännu inte under 1950-talet hade någon motsvarighet på annat håll i Finland. Verksamheten där var ytterligare Ralph Gräsbeck och Wolmar Nyberg som ägnade sig åt studier rörande blodsjukdomar och använde sig av radioaktivt järn Fe-59 och kobolt Co-60. Carl August Hernberg studerade bensystemet med P-32. Andra isotoper som jag också använde var radioaktivt kol C-14 och svavel S-35. ... Inom ramen för denna isotopaktivitet inledde vi behandling av tyreotoxikos med radioaktiv jod år 1954.

²⁰ Östling 1949.

²¹ Östling 1952.

²² Lamberg 2011.

²³ Lamberg 1953.

²⁴ Wahlberg 1955.

²⁵ Lamberg 2011, 144.

Lääketieteellisen isotooppitekniiikan vakiintuminen ja muita pioneereja

Marian sairaalan väen ohella muita kaikkein varhaisimpia suomalaisia isotoopeista kiinnostuneita lääketieteilijöitä²⁶ olivat Harry Zilliacus, Sakari Mustakallio, Osmo Turpeinen ja hänen oppilaansa Lars Reinius sekä Raine Jussila. Heistä Zilliacus pääsi alkuvauhtiin ainakin osittain Simonsin avulla.

Ensimmäinen Simonsin ja Zilliacuksen yhteistyön tulos lieene ollut vuodelta 1947²⁷ jälkimmäisen julkaisu, jonka aiheena oli syöpähoidossa käytetyn radiumin tuottaman säteilyn mittaaminen kliinisessä käytössä. Simons mainitaan artikkelin teknisen osan kirjoittajana. Zilliacus kirjoitti vuosina 1948–1949 hyvin perusteelliset artikkelit ydinfysiikan sovellutuksista lääketieteessä Finska Läkaresällskapetin lehteen^{28,29} ja Suomen lääkärilehteen³⁰. Artikkelit oli kirjoitettu sen ajan lääkärikunnalle sopivalla tyyllillä ja tasolla, ja ne olivat suhteellisen pitkiä. Niillä oli todennäköisesti suuri merkitys isotooppitekniiikan idean juurruttamisessa Suomen lääkärikunnan tietoisuuteen.

Ravintotutkijana tunnetuksi tullut entinen A.I. Virtasen oppilas Osmo Turpeinen toimi vuodesta 1947 alkaen Eläinlääketieteellisessä korkeakoulussa fysiologian ja lääketieteellisen kemian professorina. Hän teki kesällä 1949 opintomatkan USA:han ja osallistui Oak Ridgen tutkimuskeskuksessa järjestetyille atomitekniiikan kurssille. Hän julkaisi Duodecim-lehdessä vuonna 1950 varsin tasokkaan kirjoituksen *Radioaktiivisten isotooppien merkitys lääketieteelle*³¹. Turpeisen oppilas Lars Reinius tutki väitöskirjatyössään C-14 leimatun molekyylin kulkua rotissa. Tämä vuosina 1950–1953 suoritettu tutkimus oli ensimmäinen leimattua molekyyliä käyttänyt isotooppitutkimus Suomessa (väitöstilaisuus oli vain pari viikkoa Lambergin jälkeen).

Sakari Mustakallio kuului Suomen sädehoidon pioneereihin ja oli asettunut tälle uralle jo ennen sotia. Hänen aikainen osallisuutensa radioaktiivisten isotooppien käyttöönottoon oli tästä syystä luonnollista. Mustakallio kirjoitti Suomen lääkärilehteen vuonna 1950 artikkelin *Isotoopit lääketieteen palveluksessa*³². Hän keskittyi isotooppien käyttöön syövän sädehoidossa, eikä häntä juuri näkynyt isotooppidiagnostiikan kuvioissa. Helsingin Diakonissalaitoksella toimi lääkärinä Raine Jussila, joka kävi 1950-luvun alussa opintomatalla USA:ssa. Hän käynnisti jo 1950-luvun alkupuolella kilpirauhasen toiminnan tutkimisen I-131-isotoopilla ja kehitti isotooppien käyttöä myös jatkossa³³.

Isotooppien käytöstä tuli IV sisätautiopin klinikalla kohtalaisen nopeasti rutiininomais- ta ja tekniikka levisi jo 1950-luvun puolella muihinkin sairaanhoidon yksiköihin, joissa oli valmiuksia kokeilla uusia menetelmiä. Marian sairaalan isotooppilaboratorio toimi alkupe- räisen idean mukaisena vuoteen 1959 asti. Siellä tehtiin sekä tutkimusta palvelevaa toimintaa että muidenkin sairaaloiden sairaanhoitoon liittyvää diagnostiikkaa ja terapiaa. Vuonna 1958 jälkimmäiseen liittyviä erillisiä isotooppitestejä tehtiin 1447 kappaletta, joka oli jo niin pal-

²⁶ Ahlskog 2022, 105.

²⁷ Zilliacus 1947.

²⁸ Zilliacus 1948.

²⁹ Zilliacus 1949.

³⁰ Zilliacus 1948b.

³¹ Turpeinen 1950.

³² Mustakallio 1950.

³³ Hyvärinen

jon, että päätettiin tehdä toiminnan uudelleenjärjestely. Siinä sairaalan isotooppilaboratorio siirtyi Helsingin kaupungin haltuun ja keskittyi pelkästään julkisen sairaanhoidon tarpeisiin.

Alan vakiintuminen johti Lääketieteellisen radioisotooppiyhdistyksen (Medicinska radioisotopföreningen) perustamiseen vuonna 1959. Lamberg oli ehkä keskeisin vaikuttaja alussa³⁴. Yhdistys on kansainvälisesti tunnustettu Suomen edustaja alalla. Marian sairaalan tutkimusväki perusti, pitkälti Sigrid Juselius -säätiön rahoituksen turvin, lääketieteen perustutkimuksen ylläpitämiseksi Medicinska forskningsinstitutet Minervan³⁵. Minerva-instituutin alku oli kiinteästi yhteydessä lääketieteellisen isotooppitutkimuksen nousuun, mutta se saavutti pian menestystä muillakin lääketieteen aloilla. Se toimii edelleen Meilahden lääketieteen tutkimuksen keskittymässä Helsingissä.

Energiakomitea ja isotooppiteknologia

Äskenen kertomus lääketieteellisen isotooppidiagnostiikan esiinmarssista jätti mainitsematta, että se oli vain pieni osa tuolloin länsimaissa vallinnutta valtavaa innostusta atomiteknologian mahdollisuuksiin, mitä ehkä voi kutsua historian ensimmäiseksi teknologiahypeksi³⁶. Nykyään tiedämme, että lääketieteellinen isotooppitekniikka kuului harvoihin edes jotenkuten lupaukset lunastaneisiin aloihin, mutta 50-luvulla optimistisimmat uskoivat ihmiskunnan siirtyvän nk. atomikauteen³⁷, vastaavasti kuin uusi aikakausi oli aikoinaan seurannut höyryvoiman, teräksen ja sähkön käyttöönotosta. Päälimmäisenä oli usko atomienergiaan, joka kokonaan korvaisi muut energialähteet, mutta myös isotooppiteknologian laajamittaiseen käyttöön perusteknologiana. Esimerkiksi A.I. Virtasella oli pyrkimyksenä alkaa tutkia radioaktiivisten isotooppien yleistä käyttöä elintarvikkeiden säilönnässä, mihin tuolloin Yhdysvalloissa panostettiin suuria summia³⁸.

Tämä oli taustalla, kun Suomen Akatemia teki esimiehensä A.I. Virtasen johdolla valtioneuvostolle maaliskuussa 1955 aloitteen, että Suomessa käynnistettäisiin koordinoitu panostus atomienergian ja muun atomiteknologian käyttöön ottamiseksi³⁹. Valtioneuvosto reagoi aloitteeseen välittömästi, asettamalla nk. energiakomitean pohtimaan asiaa ja valmistamaan mietinnön, johon nojautuen valtion investointeja voitaisiin kohdistaa. Vaikka siis odotusten mukaista atomikautta ei tullutkaan, niin Suomen nykyinen ydinenergiatoiminta juontaa juurensa energiakomiteasta.

Energiakomitean mietintö kokonaisuudessaan valmistui virallisesti 11.9.1956. Se on liitteenä noin 110 sivua pitkä, ja pääosa käsittelee atomienergian asioita⁴⁰. Muista merkittävin oli isotooppitekniikka. Energiakomitean työvaliokunnan kokouksessa 17.5.1955 päätettiin pyytää asiantuntijalausunnat isotooppitekniikan sovellutuksista eri aloilla⁴¹. A.I. Virtaselta ja tämän oppilaalta J.K. Miettiseltä pyydettiin biologiaa, maataloutta ja kemiaa, energiakomi-

³⁴ Lamberg 1985.

³⁵ Gräsbeck 2009.

³⁶ Ahlskog 2024.

³⁷ Del Sesto 1986.

³⁸ Virtanen 1957.

³⁹ Michelsen 2005.

⁴⁰ Energiakomitean mietintö; M:n 1956:28, 11.9 1956, Helsinki.

⁴¹ Ahlskog 2022, 167.

tean puheenjohtajalta Erkki Laurilalta teollisuutta ja Osmo Turpeiselta lääketiedettä koskeva lausunto. Kuten aikaisemmin tuli esille, Turpeinen oli ehkä merkittävin lääketieteellisen isotooppiteknikan asiantuntija, joka ei kuulunut Marian sairaalan henkilökuntaan. Hän ei kuitenkaan pöytäkirjojen mukaan toimittanut pyydettyä lausuntoa eikä kukaan muukaan lääketieteen alalta.

Virtasen ja Miettisen kirjoittamassa mietinnön liitekappaleessa (*Radioisotooppien käyttö kemian, maatalouden ja biologisten tieteiden alalla (Lääketiede poisluettuna)*) radioisotooppien käyttö on jaettu merkkiainetekniikkaan ja säteilytystekniikkaan. Merkkiainetekniikan osuudessa lueteltiin joukko kemian, biokemian, biologian ja maa- metsätaloustieteiden tutkimuskohteita, joissa radioisotooppeja on käytetty. Pidempiin kuvauksiin ei minkään niistä kohdalla mennä. Säteilytystekniikan lupaavina aihealueina he näkevät radioaktiivisten isotooppien käytön elintarvikkeiden säteilysteriloinnissa, mutaatioiden generaattorina kasvinjalostuksessa ja polymerisaation ajavana voimana synteetikemiassa.

Energiakomiteaan ei ollut otettu jäseneksi ketään lääketieteen edustajaa, ja kuten Miettisen ja Virtasen kirjoitelman otsikko sanoo, lääketiede oli rajattu pois heidän lausunnostaan. Tällä on merkitystä, sillä nykyään lääketiede muodostaa isotooppiteknikan ylivoimaisesti tärkeimmän sovellusalueen. Miettinen ja Virtanen toteavat, että jo tuolloin arviolta noin 50 % radioisotooppien käytöstä kohdistui lääketieteen alalle ja noin 25 % - 30 % heidän kuvaamilleen aloille. Sen enempää he eivät sano isotooppien sovellutuksista lääketieteessä, josta koko mietinnössä ei puhuta käytännössä lainkaan (koska siis Turpeisen lausuntoa ei tullut). He luettelevat radioaktiivisten isotooppien käyttökohteita kemian, biokemian ja biologian aloilla, mutta muutama niistäkin voitaisiin hyvin lukea lääketieteeseen kuuluviksi, kuten esim. jodi-123 kilpirauhashormonin tutkimuksessa tai hiili-14 rasva-aineenvaihdunnassa. Kirjoitelman toisessa säteilytystekniikan osassa yksi lääketieteellinen sovellutus tulee jälleen esiin, nimittäin isotoopit säteilyn lähteenä syöpähoidossa.

Energiakomitea pyysi lausuntoja mietinnöstä eri tahoilta, mm. Helsingin yliopistolta. Virtasen entinen oppilas, biokemian professori Jorma Erkama kirjoitti energiakomitean mietinnöstä yhden sivun pituisen kommentin, jossa hän on hyvin suopea energiakomitean ehdotuksille. Voitaneen olettaa, että Erkama oli harmonisoinut oman kantansa Virtasen kanssa. Lääketieteellisestä tiedekunnasta tuli parisivuinen lausunto, jonka takana olivat professorit Sakari Mustakallio ja Unto Uotila. Mustakallio oli osallistunut Geneven I atomiteknikan konferenssin delegaatioon, ja hän oli muutenkin usein mukana niissä kuvioissa, joita energiakomitean takana olevat tahot järjestivät. Mustakallion ja Uotilan lausunto kritisoi selvin sanoin aiemmin todettua lääketieteen näkökulman puuttumista mietinnöstä. He huomauttivat, että valtaosa isotoopeista käytetään lääketieteen tarpeisiin ja että isotooppien käyttö oli yleistymässä sairaaloissa kautta maan. Kirjoittajat suosittelivat suurempaa panostusta ydinfysiikan lääketieteellisten sovellutusten tutkimiseen ja lääketieteellisen isotooppiteknikan opetuksen järjestämistä tulevaisuudessa. Lääketiede jäi kuitenkin pääasiassa energiakomitean työn ulkopuolelle.

Radiokemian laitos

Energiakomitean seuraajan atomienergianeuvottelukunnan kautta kulkeneen rahoituksen ylivoimaisesti suurin kohde oli nimensä mukaisesti atomienergiatutkimus, mutta se myönsi varoja myös muihin hankkeisiin, joista tärkein oli Helsingin yliopiston Radiokemian laitos.

A.I. Virtanen oli vielä mukana atomienergianeuvottelukunnassa rivijäsenenä ja hänen luottohenkilönsä isotooppiasioissa, Jorma K. Miettinen, oli jäsenenä sen tieteellisteknisessä jaostossa.

Miettinen tuli Biokemiallisen tutkimuslaitokseen vuonna 1948 ja alkoi tehdä väitöskirjaa proteiinien ja nukleotidien synteesistä⁴². Hän sopeutui ilmeisen hyvin taloon, koska hänen nimensä alkoi näkyä yhä useammin laboratorion eri aktiviteettien yhteydessä. Hän ansaitsi kannuksia eritoten paperikromatografiatekniikan vakiinnuttamisesta suomalaiseen biokemian tutkimukseen⁴³. Tämä tuolloin upouusi tekniikka mullisti suurten biomolekyylien tunnistamisen.

Miettinen sai Ranskan hallitukselta apurahan, jonka hän käytti vuoden 1953 lopulla osallistumiseen Ranskan atomienergiakomission järjestämälle, kahden kuukauden mittaiselle isotooppikurssille Pariisissa sijaitsevassa Institut du Radiumissa (tunnetaan nykyään nimellä Institut Curie). Sen jälkeen Miettinen siirtyi yhä vakavammin radioaktiivisten isotooppien pariin⁴⁴. Aluksi hän luonnollisesti osallistui niihin Biokemiallisen tutkimuslaitoksen isotooppiprojekteihin, joita oli jo laitettu alulle. Miettisen ensimmäinen tämän alan artikkeli koski C-14-leimatun alaniinin ottoa hernekasvin kasvualustasta. Hän piti vuodesta 1955 lähtien isotooppiteknikassa seminaareja opiskelijoille ja kurssitusta muillekin. Suomalaisten Kemistien Seura järjesti ensimmäisen isotooppisymposiumin 2.11.1955. Siinä esitelmöi usea isotooppien käytön vuosina 1950–1955 aloittanut tutkija. Miettisen lisäksi puhujina olivat FT Lars Reinius (eläinlääketiede), professori Sakari Mustakallio (radiologia), professori Kalevi Rankama (geologia) ja professori M.H. Tikkanen (metallurgia).

1950-luvulla suurvallat tekivät ydinasekokeita ilmakehässä, mikä johti radioaktiivisiin laskeumiin. Miettinen teki syksyllä 1955 paljon julkista huomiota saaneita radioaktiivisuusmittauksia sadevedestä. Tämä oli jo Biokemiallisen tutkimuslaitoksen alkuperäisen isotooppiaiheisen tutkimuksen ulkopuolella, ja tällaisista ideoista Miettinen alkoi rakentaa omaa profiiliaan tiedemiehenä. Hän sai atomienergianeuvottelukunnan rahoituksen turvin kenttäolosuhteisiin mukautettua korkealaatuista radioaktiivisuuden mittausteistoa, jolla hänen ryhmänsä tutki ydinlaskeutumasta johtuvan radioaktiivisten isotooppien (Sr-90, Cs-137) kulua Lapin ravintoketjussa jäkälä-poro-ihminen. Projekti oli intensiivisimmillään 1960-luvun alkuvuosina, jolloin saadut tulokset julkaistiin arvovaltaisissa kansainvälisissä tiedejulkaisuissa (mm. Nature-lehdessä).

Radiokemian laitos syntyi, kun esitys radiokemian professuurista meni Helsingin yliopistossa läpi muutaman vuoden kestäneen yrittämisen jälkeen vuonna 1962 ja Miettinen määrittäin hoitamaan sitä virkaatekevänä. Kun virka vuonna 1963 julistettiin auki, oli Miettinen ainoa hakija, ja hänen nimityksensä pysyvään virkaan tapahtui 13.7.1964. Myöhemmin tärkeäksi tutkimusaiheeksi nousi ydinvoimaloiden radioaktiivisen jätteenkäsittelyyn liittyvät kysymykset. Nämä tutkimukset saavat pääosan huomiosta Miettisen ja hänen työtovereiden sa toimittamissa Suomen radiokemian historiikeissa^{45,46}.

⁴² Miettinen 1954.

⁴³ Miettinen 1953.

⁴⁴ Ahlskog 2022, 182.

⁴⁵ Hiltunen 1985.

⁴⁶ Suksi 2014.

Hieman lääketieteellisen isotooppitekniiikan jatkosta

Lääketieteellisen isotooppitekniiikan kehityksestä Suomessa, siitä vaiheesta kun alan jonkinlainen perusteknologia jo oli olemassa, on kerrottu teoksessa *Radiofosforista fuusiokuvantamiseen*⁴⁷. Ihmisruumiin toiminta kokonaisuudessaan on monimutkaisten molekyylien yhteispeiliä, joten olennaista isotooppidiagnostiikan kehitykselle oli, että menetelmää voitiin käyttää näiden eri molekyylien kanssa. Jotta tämä onnistui, piti suorittaa kemiallinen synteesi, jolla radioaktiivinen isotooppi liitettiin osaksi jotain sopivaa molekyyliä. Kun isotooppi havaittiin sen lähettämän radioaktiivisen säteilyn kautta, saatiin samalla selville kyseisen molekyylin kulkeutuminen elimistössä. Radioaktiivisen isotoopin liittämistä johonkin molekyyliin kutsutaan molekyylin leimaamiseksi. Näin kehittyi siten isotooppitekniiikan farmaseuttinen puoli: radioaktiivisilla isotoopeilla leimattiin yhä laajempi valikoima ja yhä monimutkaisempia molekyyliä, ja isotooppitekniiikkaa voitiin käyttää kliinisissä tutkimuksissa jatkuvasti laajenevalle kirjolle sairauksia. Isotooppiyhdisteiden kauppaa tekivät sekä isot lääkeyhtiöt että pienet erikoisyrietykset. Isotooppien (pitkäikäisiä) hankintaa varten syntyi kaupallisia toimitajia, joista Juha Lieto mainitaan alan pioneerinä⁴⁸.

Kun erilaisia leimattuja molekyyliä oli 1960-luvulla käytettävissä, kuvantaminen tuli lääketieteellisessä isotooppitekniiikassa yhä keskeisemmäksi. Gammakameroiden kehittyminen mahdollisti diagnostisesti hyödyllisten kuvien ottamisen gammasäteilyä emittoivien isotooppien leviämisestä elimistössä. Gammasäteilykuvaus vuorostaan vaati, että käytettävissä isotoopeissa on neutronivajaus, jolloin isotoopeissa tapahtuisi protonin muuttuminen neutroniksi ja isotooppi säteilisi positronin. Ihmisen elimistössä positroni yhtyisi siellä olevan elektronin kanssa synnyttäen gammakvantin, joka voidaan havaita gammakameroilla elimistön ulkopuolella. Tätä kuvantamismenetelmää kutsutaan positroniemissiotomografiaksi eli PET-kuvaukseksi, ja se on nykyään isotooppidiagnostiikan tärkein menetelmä. Lääketieteellisen isotooppidiagnostiikan voittokulku jatkui siis ensimenestysten jälkeenkin. Toisaalta Ralph Gräbeck kirjoitti vuonna 1985 suomalaisen isotooppilääketieteen historiikkiinsa lopussa näin⁴⁹:

Suomi oli sotien jälkeen eittämättä isotooppilääketieteen eturintamassa. Tätä johtoasemaa emme valitettavasti ole pystyneet säilyttämään, mikä lienee lähinnä johtunut sekä henkilö- että raharesurssien puutteesta. Mutta taisipa innostuskin hieman vähetä: tunnetusti 1960-luvun lopun nuoria lääkäreitä ja päätöksentekijöitä kiinnostivat enemmän sairauksien yhteiskunnalliset syyt kuin laboratoriodiagnostiikka ja kokeellinen lääketiede, joihin radioisotoopit luonnostaan liittyvät.

Bror-Axel Lambergkään ei jaksanut täysillä paneutua isotooppilääketieteeseen uransa myöhemmissä vaiheissa. Eräässä muistelussaan hän toteaa, ettei tuntenut vetoa alalle enää 1960-luvulla, jolloin se tuli entistäkin teknisemmäksi ja laitekeskeisemmäksi.

Suomalaisen lääketieteellisen isotooppitekniiikan varmaankin tärkein kehitys on tapahtunut 1970-luvulta lähtien Turussa⁵⁰. Lennart Simonsin oppilas Märten Brenner siirtyi tohtorin tutkinnon suorittuaan Helsingin yliopiston säteilyklinikalle fyysikon tehtäviin. Vuon-

⁴⁷ Vanninen 2009.

⁴⁸ Hiltunen, 109.

⁴⁹ Hiltunen, 93.

⁵⁰ Ahlskog 2022, 226.

na 1966 hän sai kokeellisen fysiikan professorin viran Åbo Akademista, jossa hän ryhtyi puuhaamaan syklotronin hankintaa. Jo varhain Brenner mainitsi hankinnan tarkoituksena olevan tehdä sekä ydinfysiikan perustutkimusta että valmistaa isotooppeja lääketieteellisiin tarkoituksiin.

Jotta potilaan saama säteilyannos jäisi isotooppidiagnostiikassa mahdollisimman pieneksi, oli tärkeää, että käytettävissä olisi mahdollisimman lyhytikäisiä isotooppeja. Isotooppitekniikkaa voitiin siis käyttää vain, jos isotooppeja valmistettiin lähellä sairaalaa. Tarvittavia neutronivajaita isotooppeja voidaan valmistaa vain syklotroneilla. Vaadittiin siis, että sairaalassa tai riittävän lähellä sitä toimi syklotroni. Turun lääketieteilijät olivat hyvin varhain mukana ajamassa syklotronin hankkimista isotooppituotantoa varten. Päätös tehtiin vuonna 1970, ja kiihdytin vihittiin käyttöön 1974.

Niinpä Turussa nykyään toimii kansallinen PET-keskus (Turku PET Centre)⁵¹. Se on Åbo Akademin, Turun yliopiston lääketieteellisen tiedekunnan ja Turun yliopistollisen keskussairaalan yhteinen instituutti ja Turun seudun tärkeimpiä korkean teknologian yksiköitä. Sillä on käytössään useampi syklotroni ja PET-skanneri. PET-keskus on tuottanut monia kansainvälisesti merkittäviä tuloksia isotooppilääketieteessä, ja sen piiristä on valmistunut toista sataa lääketieteen väitöskirjaa.

Helsingin yliopiston Radiokemian laitoksen toimintaa tarkastellessamme totesimme, että isotooppilääketieteen puolelle laitos ei mennyt, alan elinvoimaisuudesta huolimatta. 1980-luvulta lähtien tosiasiat kuitenkin alkoivat painostaa tähän ja etenkin nuoret tutkijat ajoivat asiaa⁵². Radiokemian laitoksen seuraava esimies oli professori Timo Jaakkola (virassa 1989–2005), joka oli laboratorion oma kasvatti. Syklotroni isotooppien tuotantoa varten saatiin vuonna 1997 ja tästä lähtien isotooppilääkkeiden kehitys on ollut iso osa Radiokemian laboratorion toimintaa.

⁵¹ Knuuti 2008, Vanninen 2009.

⁵² Suksi 2014.

Lähteet

- Ahlskog, Markus. 2022. *Katsaus Suomen varhaiseen atomihistoriaan*; Suomen Tiedeseura, Bidrag till kännedom av Finlands natur och folk 219, 2022; DOI: doi.org/10.54572/ssc.173.
- Ahlskog, Markus. 2023. "Professori Lennart Simons ja Suomen ydinergiateknologian alkuvaiheet", *Tekniikan Waiheita*, 41, N:o 1, (2023) 28–45.
- Ahlskog, Markus. 2024. "Stora teknologihajpar genom tiderna", *Nya Argus*, Årgång 117, Nr. 9–10, 291.
- Del Sesto, Stephen L.. 1986. "Wasn't the Future of Nuclear Energy Wonderful?", teoksessa *Imagining tomorrow*, Ed. Joseph J. Corn, MIT Press.
- Gräsbeck, Ralph. 1985. "Isotooppilääketieteen ensiaskeleet", teoksessa Hiltunen 1985, 90–93.
- Gräsbeck, Ralph. 2009. *Finska Läkaresällskapets Handlingar*, 169, Nr.2, (2009) 68.
- Heikonen, Matti. 1993. *AIV-Isänmaan aika*, Kirjayhtymä.
- Hiltunen, Jukka (päätoim.). 1985. *Radiokemia Suomessa*. Helsinki: Suomen Kemistiliiton Radiokemistien jaosto.
- Holmberg, Peter. 1996. "Den första Van de Graaff-acceleratorn i Helsingfors". *Arkhimedes* N:o 4 (1996) 20–28.

- Hyvärinen, A. *Suomen Kliinisen kemian yhdistys 50 vuotta-Historiikki 1947-1997*, Suomen Kliinisen kemian yhdistys ry. 40.
- Knuuti, Juhani ja Sven-Johan Heselius, Uno Wegelius (Eds.). 2008. *Putting Turku on the map – A history of the Turku PET Centre*. May 2008, Turku, Finland.
- Lamberg, Bror-Axel. 1953. "Radioactive phosphorus as indicator in a chick assay of thyrotropic hormone", *Acta Medica Scandinavica, Supplement* 279, 1953.
- Lamberg, Bror-Axel. 1985. *Lääketieteellinen Radioisotooppiyhdistys 1959–1984*.
- Lamberg, Bror-Axel. 2011. *Minnen*. 2011-2013.
- Levi, Hilde. 1985. *George de Hevesy: life and work*, Rhodos, Copenhagen (1985).
- Maalampi, Jukka. 2020. *Runar Viktor Gåsström – fyysikko kylmän sodan aikakaudelta*, Tiedepolitiikka 3/2020. 43–48.
- Michelsen, Karl-Erik ja Tuomo Särkikoski. 2005. *Suomalainen ydinvoimalaitos*, Helsinki: Edita.
- Miettinen, Jorma K. 1953. "Kvantitatiivisesta paperikromatografiasta ja paperielektroforeesista", *Suomen Kemistilehti A*, **26**, (1953) 49.
- Miettinen, Jorma K. 1954. "On nitrogen assimilation and synthesis of proteins and nucleotides in low-nitrogen yeast", *Annales Academiæ Scientiarum Fennicæ A II. Chemica*, **58**, (1954).
- Mustakallio, S. 1950. *Suomen lääkäreilehti – Finlands läkartidning*, N:o.15, s. 589 (1950).
- Perko, Touko. 2014. *Mies, liekki ja unelma – Nobelisti A.J. Virtasen elämäntyö*, Otava.
- Simons, Lennart. 1943. "Nyare kärnfysik", *Societas Scientiarum Fennica - Årsbok-Vuosikirja*. XXI B. N:o. 7, 1943.
- Suksi, Juhani (toim.). 2014. *Radiokemia Suomessa; II-osa*, Radiokemian laboratorio, Helsingin yliopisto.
- Tuomi, Paavo. 2005. "50 vuotta atomin särkemisestä", *Tekniikan Waiheita*, N:o 3 (2005) 5-16.
- Turpeinen, Osmo. 1950. *Duodecim*, No.3 (1950) 159.
- Vanninen, Esko (toim.). 2009. *Radiofosforista fuusiokuvantamiseen*, Lääketieteellinen Radioisotooppiyhdistys.
- Virtanen, A.I.. 1957. "V kemistipäivät Helsingissä 18-19.1 1957", *Suomen Kemistilehti A*, **30**, (1957) 42.
- Wahlberg, Peter. 1955. "The effect of thyrotropic hormone on thyroid function", *Acta Endocrinologica, Supplement* 23, 1955.
- Wahlberg, Peter. 2000. *Finska Läkaresällskapetets Handlingar*, **160**, Nr. 2, (2000).
- Zilliacus, H. 1947. *Acta Radiologica*, **28**, (1947) 790.
- Zilliacus, H. 1948. *Finska Läkaresällskapetets Handlingar*, **91**, (1948) 153.
- Zilliacus, H. 1948b. *Suomen lääkäreilehti – Finlands läkartidning*, No.12, (1948) 369.
- Zilliacus, H. 1949. *Finska Läkaresällskapetets Handlingar*, **92**, (1949) 49.
- Östling, G. 1949. *Finska Läkaresällskapetets Handlingar*, **92**, Nr. 2, (1949) 232.
- Östling, G. 1952. *Nordisk Medicin*, **47**, Nr. 26, (1952) 886.