

# 50 VUOTTA ATOMIN SÄRKEMISTÄ SUOMESSA

Paavo Tuomi

Tänä vuonna tuli kuluneeksi 50 vuotta ensimmäisestä atomin keinotekoisesta särkemisestä Suomessa. Sen tekivät fil. kand. Eliel Skurnik ja tämän kirjoittaja ”vahingossa” teknillisten kokeiden yhteydessä keväällä 1955 juuri valmistumassa olleella Helsingin yliopiston fysiikan laitoksen hiukkaskiihdyttimellä, Van de Graaff -generaattorilla.

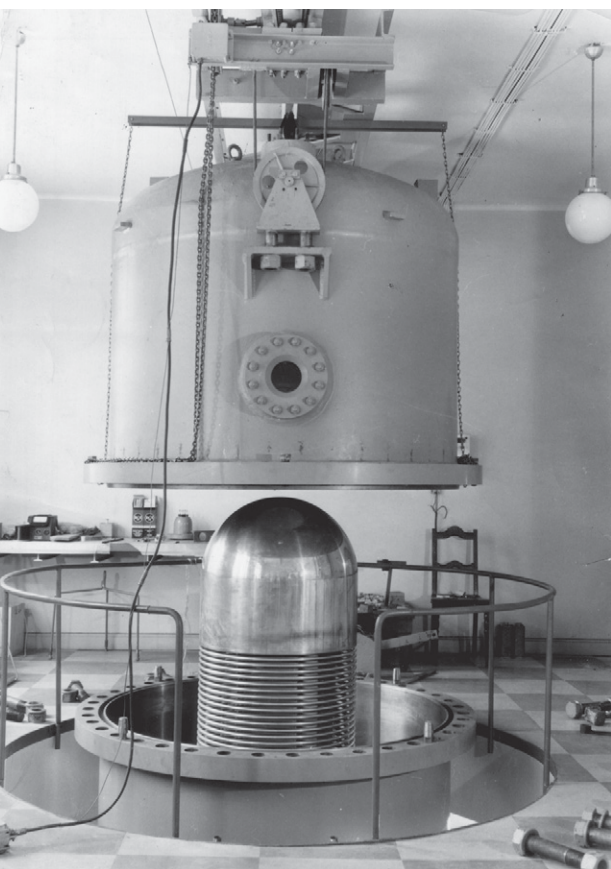
## HELSINGIN YLIOPISTON ATOMIN-SÄRKIJÄN LYHYT HISTORIA

Van de Graaff -hiukkaskiihdytin oli Suomen ensimmäinen atominsärkijä. Kiihdytin oli opetuksen ja tutkimuksen aktiivisessa käytössä 45 vuotta, ja sitä käyttäen tehtiin tänä aikana runsaasti ydinfysiikan, materiaalfysiikan ja alkuaineanalytiikan tieteellisiä tutkimuksia. Kiihdyttimen ympärille muodostetussa Siltavuorenpenkereen kiihdytinlaboratoriossa tehtiin näinä vuosina mm. 69 väitöskirjaa.<sup>1</sup>

Kiihdytin oli ainutkertainen Helsingin yliopiston ja suomalaisen teollisuuden yhteistyönä suunnittelema ja Suomessa rakentama laitteisto. Projektin suurimmat osat valmistettiin 1948–52 Tampellan, Wärtsilän ja Valmetin tehtailla. Tampella teki n. 9 m<sup>3</sup>:n sisältä kiillotetun 17 at:n painesäiliön, johon Valmetin valmistama alumiininen suurjännitepylväs sijoitettiin. Wärtsilä valmisti erilaisia vaativaa työstöä edellyttäviä raskaita metallirakenteita. Valmet oli oppinut alumiinihiittausoksen sodan aikana, ja nyt sellaista taitoa tarvittiin. Van de Graaff -hiukkaskiihdyntä ei saanut mistään valmiina, eikä tavoitteiden mukaista järjestelmää pystynyt kohtuullisin kustannuksin ja ulkomaan valuutan niukkuuden vuoksi ulkomailla teettämään.

Siksi se oli rakennettava kotimaassa, vaikka sellaista ei ollut koskaan ennen tehty. Eikä tehty sen jälkeenkään. Järjestelmän kiihdytysputki sekä sähkövarauksia kuljettava hihna olivat amerikkalaista alkuperää. Kaikki elektroniikkajärjestelmät sekä suuri joukko hienomekaanisia metalliosia suunniteltiin ja rakennettiin Fysiikan laitoksen omilla resursseilla. Kiihdyttimen ensimmäinen versio rakennettiin toisen maailmansodan jälkeisenä niukkuuden aikana. Myöhempinä vuosina järjestelmää uudistettiin ja täydennettiin monilla tutkijoiden tarpeita tyydyttävillä lisäyksillä. Suomalaisen teollisuuden osuus oli näissäkin hankkeissa tärkeä, mutta raskaiden rakenteiden tultua tehdyksi sen merkitys kiihdyttimen rakentamisessa väheni, ja samanaikaisesti vuodesta 1955 lähtien teollisuuden huomio alkoi muutenkin enenevässä määrin suuntautua atomivoiman hyötykäytön suuntaan. Tässä tarkoituksessa se perusti v. 1956 Voimayhdistys Ydin -nimisen yhteistyöorganisaation, joka ryhtyi mm. tukemaan ydinteknillistä koulutusta ja lahjoitti v. 1958 alikriittisen miilun Teknilliselle korkeakoululle ydintekniikan koulutukseen.

Toisen maailmansodan lopputulokseen oli vaikuttanut suurvaltojen kyky huipputasoinen tieteelliseen ja teknilliseen työhön.



Tieteen ja tekniikan korkea taso koettiin kansakuntien olemassaolon yhdeksi kulmakiveksi. Suomen tieteen ja tekniikan saattamiseksi ajanmukaiselle tasolle tehtiin 1940-luvulla useita merkittäviä aloitteita. Eräät niistä kohdistuivat tieteellisen tutkimuksen organisoimiseksi tehokkaaksi, eräät taas tutkimusvälineistön saattamiseksi ajanmukaiseksi. Helsingin yliopisto oli kärsinyt suuria vaurioita sodan aikana. ”Fysiikan laboratorion mittakoeista ja välineistä suuri osa on tuhoutunut Helsingin pommituksissa ja kojeita muualle siirrettäessä. Kun uutta ei ole hankittu ja kun fysiikan kehitys on mennyt viime vuosina huomattavasti eteenpäin, olisi fysiikan laitos saatettava ajanmukaiselle kannalle, johon tarvitaan 30,000,000 mk viiden vuoden aikana”<sup>2</sup>. Eduskunta suhtau-

Kiihdyttimen suurjännite- ja kiihdytinosat on sijoitettu painesäiliöön riittävän jännite-eristyksen aikaansaamiseksi. Kiihdytin alkuperäisessä sijoituspaikassaan Fysiikan laitoksen päärakennuksessa, jossa se ulottui kolmen kerroksen läpi. Kuva: Kosonen.

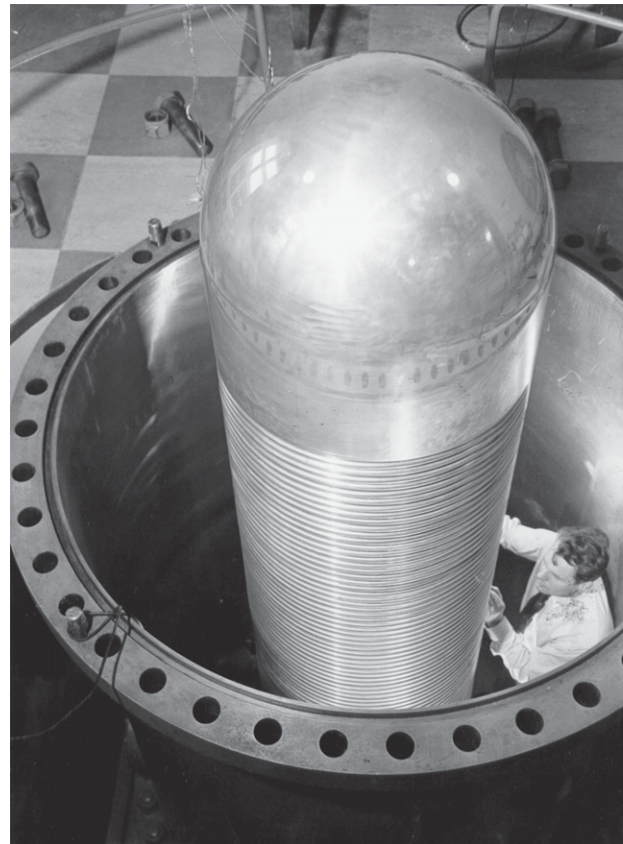
tui myönteisesti tähän vuoden 1947 tulo- ja menoarvioon sisällytettyyn ehdotukseen. Ydinfysiikan tieteellinen tutkimus sai vuosittaisen osansa ja ”tulota tuottamattomana pääomana” Van de Graaff -hiukkaskiihdyttimen rakennustyö pääsi alkamaan. Työ tehtiin professori Lennart Simonsin tieteellisellä johdolla. Monien muiden ydintutkimusta tekevien laboratorioden tavoin suunnitellun eräänä lähtökohtana käytettiin Robert J Van de Graaffin ym. MIT:ssä rakentamaa elektronien kiihdytykseen tarkoitettua järjestelmää.<sup>3</sup> Fysiikan laitoksen kiihdyttimen suunnittelusta ja rakentamisesta vastasi vuosina 1947–52 FM Runar Gåsström ja teknillisestä suunnittelusta, rakentamisesta ja kiihdyttimen käytöstä 1952–60 tämän kirjoittaja. Vuosina 1953–56 hankkeelle antoivat sivustatukea Helsingin yliopiston konsistorin lisäksi myös Suomen Fyysikkoseura ja Suomen Kulttuurirahasto kirjoittajalle myöntämillään matka-apurahoilla. Tukholman Teknillisen korkeakoulun fysiikan Nobelinstituuttiin, Kööpenhaminan yliopiston teoreettisen fysiikan laitokseen (Niels Bohrin instituuttiin) sekä Cambridgen yliopiston Cavendish-laboratorioon tehdyillä hiukastutkimuslaitteistojen tutkimus- ja kiihdyttimen käytön harjoittelumatkoilla ja niiden seurauksena syntyneellä yhteistyöllä oli suuri merkitys Helsingin hankkeen onnistumiselle. Matkakokemusten ”spin-offina” aloitettiin Helsingin yliopistossa fysiikan laajemman peruskurssin puitteissa v. 1955 myös luennot elektroniikasta ja ydinfysiikan tutkimusvälineistä. Suomen korkeakoulusta oli elektroniikka otettu opetusohjelmaan

tätä ennen vain Helsingin Teknillisessä korkeakoulussa.

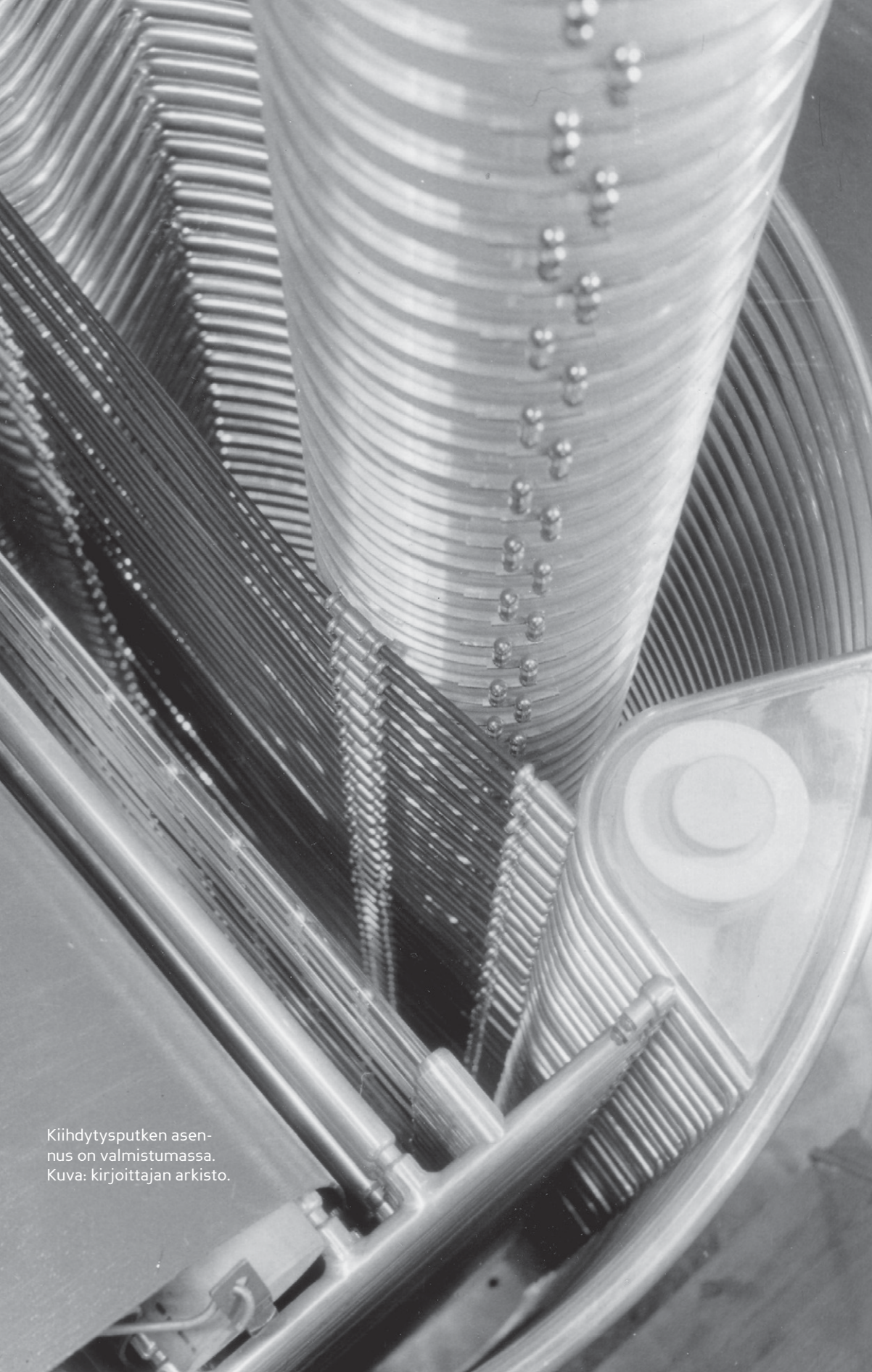
Kiihdytin otettiin rajoitettuun kokeilu- ja tutkimuskäyttöön keväällä 1956 ja lähes täysimittaiseen tutkimuskäyttöön lokakuussa 1958. Nyt myös suomalainen sanomalehdistö toi uuden atominsärkijän julkiseen tietoon: Uusi Suomi julkaisi joulukuussa 1956 uutisen *Atominsärkijä Suomeen, yliopiston Fysiikan laitoksen Van de Graaff generaattori otettu käyttöön.*<sup>4</sup> Teknillisten kokeilujen yhteydessä oli todettu, että laitteistolle varatut tilat olivat riittämättömät ja sopimattomat jatkuvaan tutkimuskäyttöön. Tilanteen korjaamiseksi laadittiin syyskuun puolivälissä 1956 suunnitelma ja ehdotus järjestelmän siirtämiseksi pois Fysiikan laitoksen päärakennuksesta sille rakennettavaan omaan laboratoriorakennukseen. ”Fysiikan laitoksen Van de Graaff generaattori on ensimmäinen maassamme valmistunut ydintutkimusväline, jota käytetään energiarikkaan hiukkassäteilyn synnyttämiseksi. Tämä suuri koneisto, joka kehittää 4 miljoonan voltin jännitteen, on lisälaitteineen maksanut lähes 30 miljoonaa markkaa... Ottaen huomioon sen tärkeän merkityksen, mikä Van de Graaff generaattorilla on sekä tutkimukselle että ydinfysiikkojen kasvatukselle, olisi generaattoria varten kiireesti rakennettava erillinen hallirakennus, joka sisältäisi välttämättömät huonetilat. Hallirakennuksen tilavuus olisi 2820 m<sup>3</sup>.”<sup>5</sup> Eduskunta hyväksyi vuoden 1957 II lisämenoarviossa 30 milj. mk tällaiseen tarkoitukseen. Helsingin Sanomat uutisoi asian otsikolla *Vaarallisesti säteilevä generaattori omaan taloon.*<sup>6</sup> Laboratorio valmistui

1959 Fysiikan laitoksen viereen, johon laitteisto siirrettiin vuoden vaihteessa 1959–60 sitä samalla täydentäen. Tällöin kiihdytintä olikin jo käytetty 3598 tuntia. Laboratoriotilaa saatiin riittävästi, kaikkiaan 600 m<sup>2</sup>, ja sitä oli varattu myös tulevia tarpeita varten mm. kohtioiden valmistamiseksi ja neutronitutkimuksia varten. Kiihdytinlaboratorioon tuli myös radiotaajuuksilta suojattu tutkimustila. Arkkitehti Einari Teräsvirran toimistossa suunniteltu laboratoriorakennus on nytemmin purettu ja tilalle on v. 2005 valmistunut yliopiston kasvatustieteellisen tiedekunnan kampusrakennus. Nyt kiihdyttimen paikalla on ravintola.

Kiihdytinlaboratorion muuttaessa vuosina 2001–02 Kumpulán kampukselle yliopiston fysiikaalisten tieteiden laitos lah-



Sähköstaattisella menetelmällä tuotettu ja suurjännitekupuun varattu kiihdytysjännite jaetaan kiihdytysputkelle suurjännitepylvään muodostavilla toisistaan eristetyillä ”ekvipotentiaalirenkailla”, jotka on kytketty pylvään sisällä olevan kiihdytysputken elektrodeille. Kuva: Kosonen.



Kiihdytysputken asennus on valmistumassa.  
Kuva: kirjoittajan arkisto.

joitti Suomen ensimmäisen atominsärkijän suurjännite- ja kiihdytinosat sekä siihen liittyvää havaintoaineistoa Tekniikan museolle. Täten täydentyi museolla jo ennestään ollut suomalaisen ydintutkimuksen ja -koulutuksen ensimmäinen teknillistieteellinen laiteperusta. Sen muodostavat nyt Van de Graaff -hiukkaskiihdytin sekä Helsingin Teknillisen korkeakoulun lahjoittamat alkriittisen miilun rakenteet ja monikanavainen pulssianalysaattori.

## ATOMIN SÄRKEMISEN LYHYT HISTORIA

Uudessa Seelannissa syntynyt englantilainen fyysikko Ernest Rutherford havaitsi luonnon radioaktiivisilla aineilla kokeillessaan 1919, että radiumin radioaktiivisen hajoamisen tuloksena syntyneen alfahiukkaseen törmätessä typpikaasun atomeihin syntyi reaktio, jossa törmäyksen kohteena ollut aine muuttui toiseksi. Alkemistien ikaikainen unelma oli toteutunut. Rutherfordin Manchesterin yliopistossa tekemissä kokeissa ei syntynyt lyijystä kultaa, mutta typpikaasu muuttui hapeksi ja lisäksi vapautui yksi protoni. Rutherford oli saanut radiumia koskevista töistään kemian Nobel-palkinnon jo 1908.

Radioaktiivisen hajoamisen tuloksena syntyneitä ”atomiammuksia” ei kuitenkaan voinut tuottaa ja niiden energiaa säädellä hallitusti, mikä tutkimuksen kannalta olisi ollut tarpeellista. Rutherford esittikin toivomuksen että fyysikot kehittäisivät laitteistoja, joilla saataisiin keinotekoisesti tuotettua tällaisia ”atomiammuksia”. Tavoitteena oli kiihdyttää ne niin suureen nopeuteen, että ne pystyisivät tunkeutumaan kohdeatomin ytimen sähköisen vallin läpi ja saamaan ytimessä aikaan muutoksia. Rutherford nojautui v. 1906–11 suorittamiensa kokeiden perusteella käsitykseen, että atomilla oli pieni mutta raskas ydin. Ytimellä varustetun atomin mallin esittikin tanskalainen Niels Bohr

vuonna 1913. Bohr sai fysiikan Nobel-palkinnon v. 1922.

Ensimmäinen ionien kiihdytinlaitteisto saatiin kehitettyä 1929. Englantilaiset John Cockcroft ja Ernest T.S. Walton saivat 14. huhtikuuta 1932 Cambridgen yliopiston Cavendish-laboratoriossa Englannissa tällaisella suuren tasajännitteen tuottavalla ”Cockcroft-Walton -generaattorilla” syntynyt 700 kilovoltin jännitteen, jolla kiihdytettyä protonisuihkulla he ampuivat kohteeksi valitsemaansa litiumia. He saivat tällöin Rutherfordin kokeiden kaltaiset tulokset keinotekoisesti kiihdytettyä hiukkassuihkulla.

Kokeessa syntynyt ydinreaktio tuotti kaksi helium-ydintä ja lisäksi Einsteinin  $E=mc^2$  kaavan mukaisesti noin  $2,7 \times 10^{-12}$  Ws energiaa/reaktio. Yhdestä grammasta kiihdytettyjä vetyatomin ytimiä ja seitsemästä grammasta litiumia syntyi siis energiaa saman verran kuin Loviisan ydinvoimalaitosyksikössä tunnin aikana. Protonin ja litiumin ”sulattamiseen” pysymättömään välitilaan ja edelleen halkeamiseen kuluu hiukkaskiihdyttimeltä kuitenkin huomattavasti enemmän energiaa kuin mitä reaktiossa syntyy. Cockcroftin ja Waltonin havainto johdatteli kuitenkin tutkijoita atomien tuottamisen jäljille. Cockcroft ja Walton saivat fysiikan Nobel-palkinnon vuonna 1951.

Atomien tuottamisen ongelmat ratkesivat kuitenkin vasta James Chadwickin keksittyä neutronin olemassaolon 1932 ja raskaiden alkuaineiden kuten uraanin halkeamisessa syntyneiden neutronien aiheuttaman ketjureaktion löydyttyä.

## HIUKKASKIIHDYTTIMIEN KEHITTELYN HISTORIAA

1930-luvun alkuun mennessä oli jo kehitelty useita Rutherfordin toivomuksen mukaisia hiukkaskiihdyttimiä. Näitä olivat muun muassa amerikkalaisen Ernest O. Lawrencen

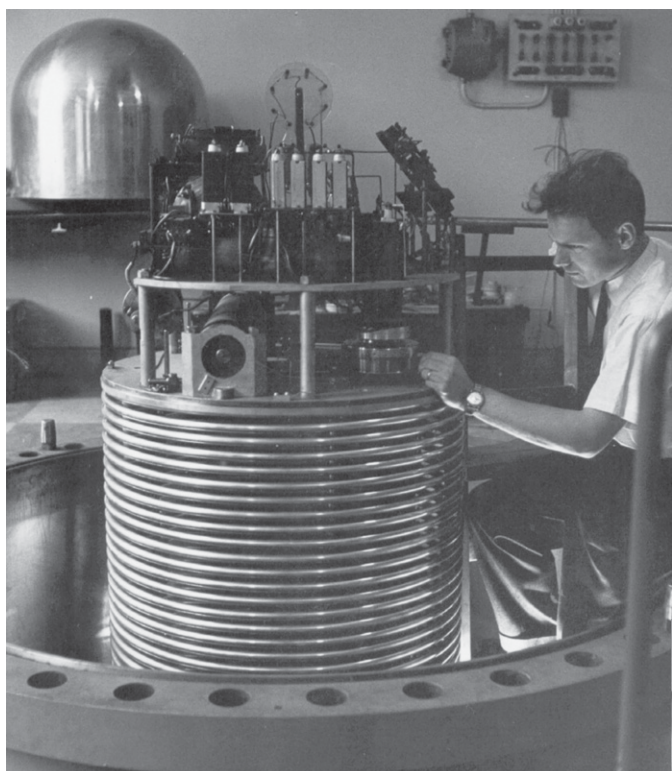
Usean miljoonan voltin potentiaalissa oleva suurjännitekuppu on täynnä elektroniikkaa. Elektroniikkalaitteet mittaavat, ohjaavat ja säätävät kauko-ohjatusti ionilähdettä sekä hiukkas-suihkun fokusointitoimintoja. Kuva: kirjoittajan arkisto.

kehittämä syklotroni ja myös amerikkalaisen Robert Jemison Van de Graaffin mukaan nimensä saanut kiihdytin: Van de Graaff -generaattori.

Robert J. Van de Graaff oli saanut herätteen suuren tasajännitteen tuottavan laitteiston rakentamiseen opiskellessaan vuosina 1925–28 Englannissa ja kuultuaan Rutherfordin toiveesta. Työskennellessään Yhdysvaltoihin paluunsa jälkeen Princetonnissa ja MIT:ssä hän toteutti ideansa soveltaen ilmakehän suurjännitteiden syntymekanismia, joka oli ollut tunnettu jo Benjamin Franklinin ajoista lähtien. Hän ei kuitenkaan antanut staattisella varausmenetelmällä kehittämänsä ja suurjännite-elektrodiin varauksensa jännitteen purkautua taivaan tuuliin vaan kytki sen pitkän tyhjiöputken elektrodille. Näin siitä saatiin kiihdytysjännite ”atomiampuksille”.

Fysikkojen tavoitteena oli ensisijaisesti rakentaa kiihdyttimiä, joilla voitaisiin hallitusti aikaansaada erilaisia ydinreaktioita ja niitä tutkimalla selvittää atomin sisäistä rakennetta. Tällaisista tutkimuksista oli kiinnostunut myös Helsingin yliopistossa fil.tri (vuodesta 1941 fysiikan professori) Lennart Simons, ja hän kävikin vuosina 1938–39 Niels Bohrin laboratoriossa Kööpenhaminassa tutustumassa aiheeseen, julkaisten matkastaan myöhemmin raportin.<sup>7</sup>

Joukko fyysikoita oli innoissaan jatkaamaan selvittelytyötä myös Cockcroftin ja Waltonin kokeiden viittaaman uuden energialähteen suuntaan. Tämä tutkimushaara johtikin sitten toisen maailmansodan aikana



Yhdysvalloissa Manhattan-projektiin, jonka pääasiallisena tarkoituksena oli atomipommin kehittäminen sekä atomien energian vapauttamiseen myös hallittuna energialähteenä. Tästä haarasta julkaisi Lennart Simons 1945 silloin ajankohtaisen koosteen.<sup>8</sup> Kiinnostus atomi- ja ydintutkimukseen lisääntyi Suomessa muutenkin.

## FYSIIKAN LAITOKSEN YDINTUTKIMUKSEN TAPAHTUMIA

Helsingin yliopiston Fysiikan laitoksella oli 1940-luvun puolivälistä lähtien kehittyä ja rakennettu ydintutkimuksessa tarvittavia instrumentteja, osittain hiukkastutkimuksiakin varten. Näihin sisältyi mm. radioaktiivisen säteilyn havaitsemiseen tarkoitettuja Geiger-Müller-ilmaisimia sekä niihin liittyviä pulssien laskimia ja silloista huip-

putekniikkaa edustaviin tuikeilmaisimiin tarkoitettujen kiteiden kasvatuskokeiluja. Laitteistoja rakennettiin myös amerikkalaisten Manhattan-projektista vuonna 1949 vapautuneeseen tietoon perustuen. Historian valossa tärkeäksi osoittautui vuosina 1950–51 laitoksella suunniteltu ja rakennettu 10-kanavainen pulssianalysaattori, josta sittemmin tuli heräte Kaapelitehdas Oy:n, nykyisen Nokia-yhtiön, elektroniikkatuotannon käynnistämiseksi.<sup>9</sup> Analysaattori oli yrityksen elektroniikkaosaston ensimmäinen omaan suunnitteluun perustuva elektroniikkatuote.<sup>10</sup>

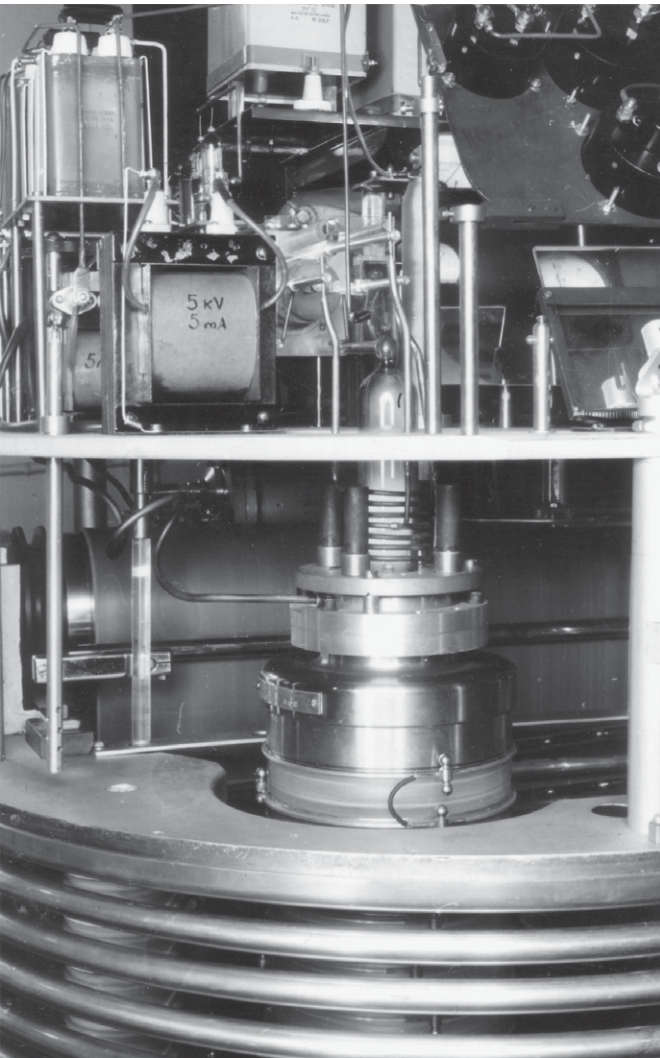
Keinotekkoisten ”hiukkasammuksien” tuottamiseen tarvittavan kiihdyttimen puute esti kuitenkin 1940-luvulla järjestelmäl-

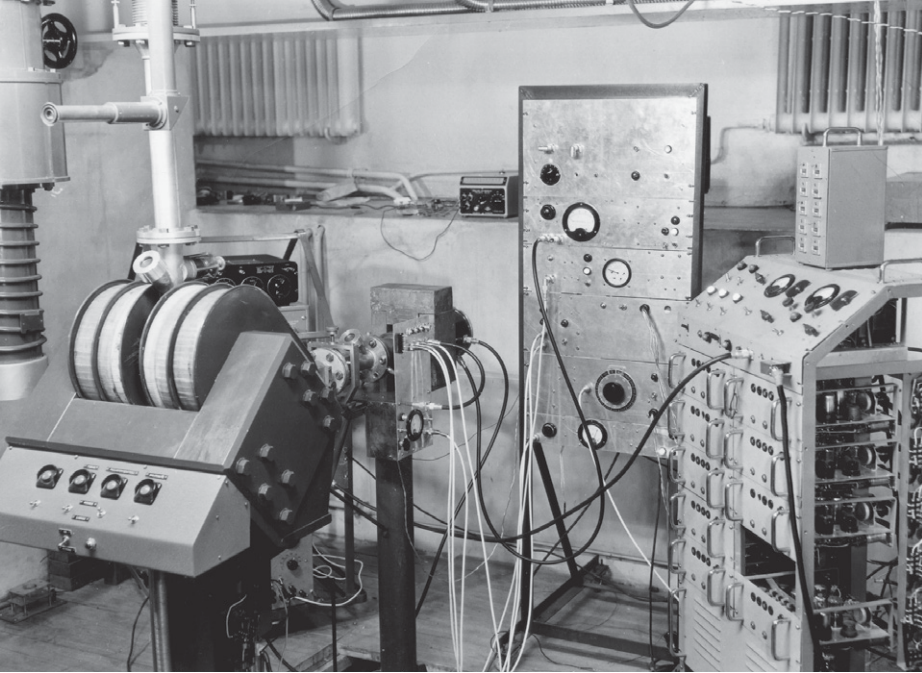
lisen työskentelyn tällä alueella Suomessa. Ainoat hiukkasammutukset tulivat avaruussäteilystä ja luonnon radioaktiivisista aineista. Avaruussäteilyä käytettiin hyväksi siten, että Vaisalan radiosondien mukana lähetettiin paksumulsoisia valokuvalevyjä yläilmoihin. Niiden pudottua takaisin maahan saadut levyt kehitettiin ja emulsiot tutkittiin mikroskooppisesti. Niissä näkyi ydinreaktioita, joita tulkittiin Simonsin laboratoriossa.

Ydinfysiikan tutkimuksen sananmukaisesti räjähdysmäinen kehittyminen varsinkin toisen maailmansodan aikana oli kuitenkin herättänyt suuren kiinnostuksen ydinfysiikan tutkimukseen ja pannut alulle ponnistelut tarvittavan laitteiston hankkimiseksi myös Suomeen. Simonsin käynnistämät alustavat selvittelyt johtivat siihen että Van de Graaff -tyyppisen kiihdyttimen hankinta näytti tarkoituksenmukaisimmalta vaihtoehdolta. Selvittelyissä todettiin lisäksi, että suurin osa tällaisesta järjestelmästä pystyttäisiin rakentamaan suomalaisen teollisuuden ja Fysiikan laitoksen omin voimin, mutta kiihdytysputki ja sähkövarauksia kuljettava hihna sekä mahdollisesti suurjännitepylvään muodostavat aluminiset ”ekvipotentiaalirenkaat” ja niiden väliset eristimet olisi hankittava ulkomailta.

Sähköstaattinen eli Van de Graaff -hiukaskiihdytin oli atomin keinotekoiseen särkemiseen 1930-luvulle tultaessa suunniteltujen laitteiden joukossa ydinfysiikkojen tarkkuustyökalu. Sen kiihdytysjännitettä voitiin säätää tarkasti ja kiihdytettyjen ”atomiammusten” energiahajonta oli pieni. Kiihdytys tapahtui useita metrejä pitkässä tyhjäksi pumpatussa erikoislasista tehdyssä kiihdytysputkessa, jonka reikäleivän tapai-

Protoniplasma on syttynyt ionilähteessä suurtaajuuden kentän herättämänä. Atomiammuksien kiihdytys voi alkaa. Kuva: kirjoittajan arkisto.





Analysointimagneetin avulla hiukkassuihkusta erotetaan energiahajontaa ja vieraita hiukkasia sisältävät "sivukeilat". Fysiikan laitoksen päärakennuksessa alkupe-  
räistä "High Flux" -analysointimagneettia ja tutkimusvälineitä sekä tutkijoita varten oli vain 9 m<sup>2</sup> tutkimustilaa, niin että "sinne mahtuvat joko tutkijat tai tutkimusvälineet mutta eivät samanlaisesti". Tilanne korjaantui 1959 kiihdyttimen saadessa oman laboratorionsa. Kuva: Kosonen.

sille elektrodeille generaattorin tuottama jopa usean miljoonan voltin tasajännite oli kytketty.

Fysiikan laitoksella ryhdyttiinkin Simonsin tieteellisellä johdolla vuonna 1947 suunnittelemaan Van de Graaff -hiukkas-kiihdytintä. Seuraavana vuonna valtion lissensitoimikunta myönsi tuontilissenssin kahta kiihdytysputkea eli "ioniputkea" varten. Vientilissenssiä ei Yhdysvalloista, josta ioniputket olisi hankittava, vielä ollut.

Kiihdytin on kokonaisuudessaan mas-  
siivinen elektroniikkalaite. Fysiikan laitoksen kiihdytin oli vertikaalirakenteinen ja se ulottui alkuperäisessä sijoituspaikassaan laitoksen päärakennuksessa kolmen kerroksen läpi. Itse suurjännite- ja kiihdytinosa oli sijoitettu painesäiliöön, jossa 12 atmosfäärin ilma- tai typpiylipaineella saavutettiin haluttu jännite-eristys. Normaali-  
paineessa saavutetun 600 kV:n sijasta läpilyöntikestoisuus oli 12 at:n paineella 4,2 miljoonaa voltia. Generaattori painesäiliöineen painoi jonkin verran yli 10 tonnia ja kulutti sähkötehoa 30 kW. Tutkimuskäytössä kiihdytintä käytettiin pienemmällä kuin 3 MV:n jännitteellä. Haluttuja hiukkasammuksia synnyttävä ionilähde tuotti tutkimuksen tarpeisiin usean kymmenen  $\mu$ A:n ionisuihkun. 2,5 m pitkäs-

sä kiihdytysputkessa kiihdytetty ionisuihku poikkeutettiin vertikaalisesta horisontaaliseksi, ja sen haitalliset energiahajontaa ja mahdollisia vieraita hiukkasia sisältävät "sivukeilat" poistettiin sähkömagneetin avulla ennen kuin suihku ohjattiin maaliksi valittuun kohtioon. 10  $\mu$ A:n protonisuihkulla kohtioon iskeytyi 100 000 000 000 000 protoniammusta sekunnissa. Protonien energia oli pystyttävä mittaamaan tarkasti. Energian mittausta toteutettiin mittaamalla hiukkas-suihkua poikkeuttavan magneetin kenttävoimakkuutta ydinmagneettista resonanssi-ilmiötä hyödyntäen. Aiheesta on kirjoittaja laatinut erillisen raportin.<sup>11</sup>

Kiihdytysputki oli koko järjestelmän hankinnan kriittisin osa. Pyrkimykset sen hankkimiseksi Yhdysvalloista aloitettiinkin 1948. Asia oli herkkä vielä sodan jälkeisessä kaupan esteiden viidakossa, ja ensimmäinen vastaus elokuussa 1948 olikin: "...there are international restrictions which are difficult to comply with at this time". Kysehän oli ydintutkimuksen laitteistosta ja samasta vuodesta, jolloin Yhdysvaltain Atomienergiakomissio oli vasta julkaissut ensimmäiset atomipommin kehittämiseen johtaneen Manhattan-projektin tekniset tutkimustulokset.



Prof. Simons jatkoi ponnisteluja vieraillaan vuosina 1949–50 The Institute for Advanced Studyssa Princetonissa Yhdysvalloissa. Hän oli yhteydessä kiihdytysputkia valmistavaan High Voltage Engineering Corporation (HVEC) -yritykseen ja selvitteli mahdolliseen hankintaan liittyviä teknillisiä ja kaupallisia kysymyksiä. Robert J. Van de Graaff oli joidenkin tutkijakollegojensa kanssa perustanut HVEC-yrityksen muutamaa vuotta aikaisemmin. Asia eteni hiljalleen, ja vuoden 1950 maaliskuussa oli käsissä ennakkotarjous putkista. Rahaa tai lupaa hankintaan ei vielä ollut. Elokuussa 1951 rahahuolet alkoivat osittain selvitä, ja joulukuussa 1951 Suomessa ASLA-rahoitusta hoitava komitea hyväksyi 17 866 USD suuruisen määrärahan kahden ”purkausputken hankintaan”.

Koska rahoituksessa oli kyse ensimmäisen maailmansodan aikaisen Amerikan Suo-

melle antaman lainan takaisinmaksuprosessista, ei yliopiston Fysiikan laitos voinut tilata putkia suoraan toimittajalta, vaan tilaus oli hoidettava virkateitse amerikkalaisen ASLA-hankintoja Yhdysvalloissa hoitavan yrityksen kautta. Sen taas oli pyydyttävä tarjouksia ainakin kahdelta toimittajalta. Vilkkaan kirjeenvaihdon jälkeen asia kuitenkin eteni niin, että lokakuussa 1952 saattoi ainoa löytynyt toimittaja (HVEC) Yhdysvalloissa ilmoitti yliopiston Fysiikan laitokselle saaneensa tilauksen kahdesta kiihdytysputkesta ”and will spare no effort to supply you with the finest positive-ion accelerating tubes that can be made”. Suunnittelun aikana yhteistyö HVEC:n kanssa oli hyödyllistä, ja yhteys tähän toimittajaan on fysikaalisten tieteiden laitoksella säilynyt näihin aikoihin asti.

Kiihdyttimen kauko-ohjauskonsoli omassa laboratoriossa. Taustalla oikealla hämmöttää tilaa vievä uusi ”Low Flux” -analysointimagneetti avatun betonisen suojaoven takana tutkimustilassa. Kuva: Matti Huuhka, Museokuva.



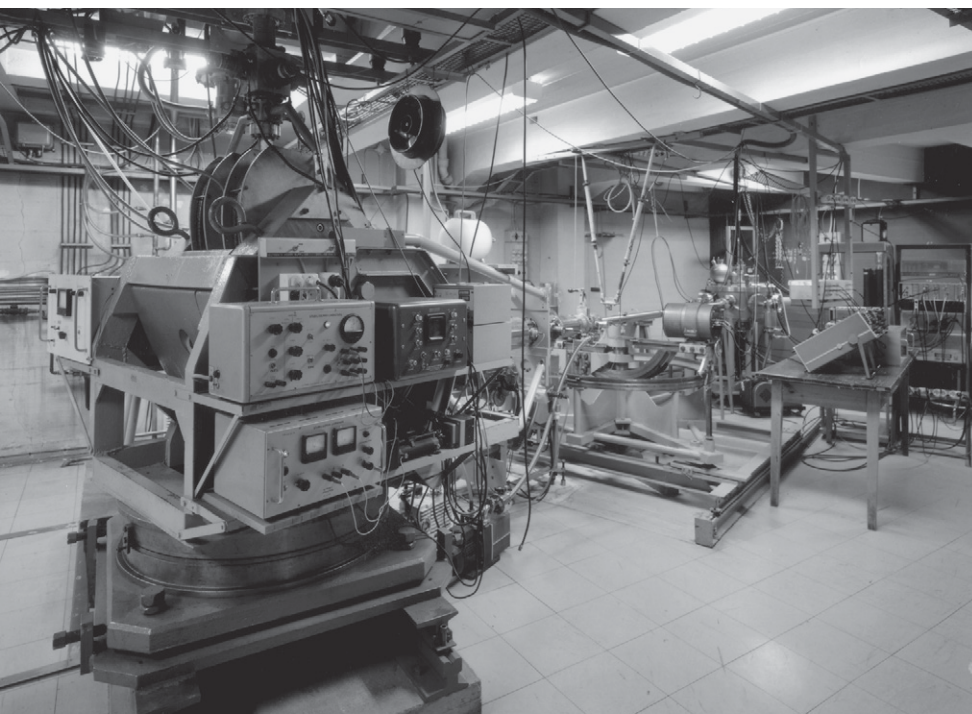
## KIIHDYTIN VALMISTUU

Järjestelmällä ryhdyttiin tekemään jännitekokeita ilman kiihdytysputkea, varauksia kuljettavan hihnan tultua asennetuksi syksyllä 1952. Joulukuussa oltiin valmiita kokeilemaan suurinta tuotettavissa olevaa jännitettä ja jännitekestoisuutta sekä jännitteen karkeaa stabiilisuutta. Maksimipaineella 13,5 at suoritettussa kokeessa 3,15 MV:lla yli 40 % suurjännitepylvään englantilaista valmistetta olleista Mycalex-eristimistä särkyi niissä olleen sisäisen valmistusvirheen seurauksena. Uudet eristimet valmisti Turun Posliinitehdas ennätysajassa. Ne kestivät 4,2 MV:n jännitteen yhdenkään 240 eristimestä särkymättä.

Lähes kaksi seuraavaa vuotta kului elektroniikka- ja tyhjiöjärjestelmien sekä magneettisen analysointilaitteiston suunnittelussa ja valmistamisessa sekä säätöjärjestelmien asentamisessa ja kokeilussa. Tyhjiödiffuusiopumput ja muut pumppulaitteet oli hankittava ulkomailta. Yhteensä noin kuusi metriä pitkässä kiihdytys- ja ionisuihkun ohjauskanavassa oli kokeiden aikana pystyttävä säilyttämään  $10^{-6}$  mm Hg luokkaa oleva tyhjiö siitä huolimatta, että

ionilähteestä virtasi jatkuvasti ionisoitumaton vetykaasua, josta protoniplasma oli synnytetty suurtaajuuden kentän avulla. Muitakin ioneja kuin protoneja oli mahdollista tuottaa kiihdyttäväksi. Diffuusiopumppu tarvitsi jäädytykseen mm. 30 litraa nestemäistä ilmaa tai tyypeä vuorokaudessa, ja neste oli raitiovaunukuljetuksena haettava suurilla termospulloilla AGA:n tehtaalta läheltä nykyistä Tekniikan museota. Joskus kuljetuspullo särkyi ja raitiovaunun kauhistuneet matkustajat ryntäsivät kiireesti vauhasta ulos yhdessä pullon kantajan kanssa. Raitiovaunukuljetuksesta päästiin eroon vasta lokakuussa 1959, jolloin omaan laboratorioon asennettu ilman nesteytin otettiin käyttöön.

Teknilliset kokeet päästiin aloittamaan kiihdytysputken tultua asennetuksi ja alustavasti kokeiluksi keväällä 1955. Kokeiluissa oli tarkoitus kiihdyttää suurtaajuusionilähteen prototyypillä tuotettu protonisuihku ja mitata  $Al^{27}(p,\gamma)Si^{28}$  ydinreaktion ennestään tunnettuja resonanssenergioita, joista saataisiin alustavat jännitenormit kiihdyttimen energiamittauksien perustaksi. Ensimmäinen atominsärkeminen tapahtui kuitenkin tavallaan vahingossa kevätyön 1955 huu-



Omassa laboratorioissa oli yli kymmenkertaisesti tutkimustilaa sekä tutkimusvälineille että tutkijoille (vertaa kuvaan sivulla 12). Samanaikaisesti voitiin valmistella useita tutkimuskohteita. Analysointimagneetti sijoitettiin laakerirenkaan päälle, jossa sitä voitiin suunnata eri tutkimuskohteisiin. Kustannusten säästämiseksi laakeri "innovoitiin" Tr 1 -veturiin eli Ukko-Pekan juoksupyöräparista. Kuva: Matti Huuhka, Museokuva.

massa. Olimme saaneet toukokuun puolivälissä lasinpuhaltajalta suunnittelemamme suurtaajuusionilähteen uuden lasiosan ja asentaneet sen valmiiksi paineen alaisena tehtäviä tyhjiö- ja ”protoniammuksia” tuottavan vetykaasun syöttökokeita varten. Tyhjiö- ja painekoe antoivat yön hiljaisina hetkinä hyvät tulokset ja ionilähteen protoniplasmakin syttyi toivotulla tavalla. Koska päivä oli jo valkenemassa ja työpäivä kohta alkamassa, koetta jatkettiin kohottamalla kiihdyttimen jännite miljoonaan volttiin. Selvästi nähtävissä oleva hehkuva piste ilmestyi alumiiniseen kohtioon, joka oli asennettu odottamaan tulevia koekäyttöjä. Tuikeilmaisina, jota käytettiin gammasäteilyn havaitsemiseen, ilmaisi ydinreaktion syntyneen. Ei syntynyt tälläkään kerralla lyijystä kultaa, mutta joukko alumiini 27 isotoopin ytimiä oli muuttunut pii 28 isotoopin ytimiksi. Laajemmat teknilliset kiihdytyskokeet saatiin kuitenkin tehtyä vasta seuraavana vuonna analysointimagneetin viimeistelytöiden valmistuttua. Niitä tehtiin onnistuneesti myös Cockcroftin ja Waltonin tutkimuksista tutulla litiumilla. Kokeilujen aikana vahvistui käsitys siitä, että kiihdyttimelle varattu tila fysiikan laitoksen päärakennuksessa oli sopimaton jatkuvaan tutkimustyöhön. Tähän vaikutti paitsi sen riittämättömyys niin myös se, että kiihdyttimen yläpuolella olevassa laitoksen esimiehen prof. Nils Fontellin työhuoneessa alkoi punainen lamppu vilkkua varsinaisena työaikanakin yhä useammin, varoittaen kiihdyttimen synnyttämästä vaarallisesta röntgensäteilystä, kehottaen poistumaan alueelta. Näihin aikoihin Lennart Simons julkaisi Van de Graaff -generaattorihankkeesta raportin.<sup>12</sup> Eliel Skurnik väitteli ionilähteestä 1956.<sup>13</sup> Seuraavat väitöskirjat valmistuivat vuosina 1959<sup>14</sup> ja 1960<sup>15</sup> ja niiden aiheet olivatkin jo atominsärkemisestä.

Neljänkymmenenviiden vuoden aikana tutkijat julkaisivat kansainvälisissä aikakauslehdissä yli 500 tieteellistä artikkelia kiihdytinlaboratoriossa tehdyistä tutkimuksista.

Ydinfysikaalisten tutkimusten lisäksi laboratoriossa tutkittiin mm. puolijohteen vierasatomien määrää, syvyysjakautumia ja sijaintia kiteen hilan suhteen, ohutkalvojen paksuutta ja ainekoostumusta, sammalten tai puiden lehtien epäpuhtauksia, veriplasman hivenainepitoisuuksia, taideteosten väripigmentejä ja muinaisesineiden metalliseosten koostumusta. Siltavuorenpenkereen kiihdyttimellä on tehty myös yhden lajin maailmanennätys. Suoritettussa Doppler-siirtymäkokeessa on mitattu maailman lyhyimmät ydinten elinajat eli noin  $10^{-15}$  sekuntia. Valo kulkee sekunnissa 8 kertaa maapallon ympäri, mutta  $10^{-15}$  sekunnissa vain muutamia millimetrin tuhannesosia.

## MUSEOON

1980-luvulta lähtien Suomen ensimmäinen atominsärkijä korvautui enenevässä määrin Neuvostoliitosta hankitulla 5 MV:n tandemrakenteisella sähköstaattisella EGP-kiihdyttimellä. Tutkimustyön tarpeisiin on lisäksi hankittu mm. High Voltage Engineering Corporationin toimittama 500 kV:n sähköstaattinen ioni-implanterti. Nyt niillä jatketaan Kumpulankampuksella vuonna 1956 Siltavuorenpenkereelle perustetussa kiihdytinlaboratoriossa aloitettua työtä.

Siltavuorenpenkereen ”kotitekoinen” Van de Graaff -kiihdytin purettiin vuonna 2001 ja siirrettiin Tekniikan museoon odottamaan musealista uudelleen pystytystään. Kun pystytystyö on tätä kirjoitettaessa saatettu suunnitellussa laajuudessa päätökseen, on hyvä muistaa, että laitteisto on osa Suomen tieteen vaikeiden aikojen historiaa ja yksi merkittävimmistä yksittäisistä tutkimuslaitteistoista suomalaisessa fysiikan tutkimuksen historiassa. Kuten Allan Tiitta on Suomen Akatemian historiassaan Siltavuorenpenkereen hiukkaskiihdyttimestä todennut: ”Toisen maailmansodan jälkeiset vuodet olivat Suomen tieteessä puutteen aikaa.

Kun varoja ei ollut tutkimusvälineiden hankintaan, oli turvaututtava omaan suunnittelu- ja valmistustaitoon.”<sup>16</sup> Samalla tietenkin syntyi myös sellaista osaamista, jota ehkä ei olisi kertynyt valmiita laitteistoja ostamalla.

<sup>1</sup> Juhani Keinonen, Fysikaalisten tieteiden laitos, Kiihdytinlaboratorio, www.acclab.helsinki.fi, kalvosarja lokakuu 02.

<sup>2</sup> Hallituksen esitys eduskunnalle valtion tulo- ja menoarvioksi 1947 ”Tuloa tuottamattomat pääomamenot”.

<sup>3</sup> W.W. Buechner, R. J. Van de Graaff ym: ”Electrostatic Accelerator for Electrons” The Review of Scientific Instruments, vol. 18 number 10, Oct. 1947, 754.

<sup>4</sup> Uusi Suomi 8.12.1956. Muita lehdistössä Van de Graaff kiihdytintä käsitelleitä artikkeleita 1950-luvulla: Paavo Tuomi, Atomeja rikotaan Suomessakin. Tekniikan maailma 1/1957. Hembygd atommaskin ger kärnforskarfröjd. Hufvudstadsbladet 4.5.1957. Ydinenergia meillä ja muualla. Uusi Kuvalehti No. 45, 7.11.1958.

<sup>5</sup> Hallituksen esitys eduskunnalle lisämenoarvioksi vuodelle 1957.

<sup>6</sup> Helsingin Sanomat 2.3.1958.

<sup>7</sup> Lennart Simons: ”Fissionsfragment och annat från min tid vid Niels Bohrs laboratorium 1938-1939”, Arkhimedes 28. 1976, 106-118.

<sup>8</sup> Lennart Simons: ”Huvuddragen av den officiella amerikanska rapporten om atombomben”. (Eripainos 1945).

<sup>9</sup> Martti Tienari toim.: Tietotekniikan alkuvuodet Suomessa. Suomen Atk kustannus Oy. 1993, 116.

<sup>10</sup> Martti Häikiö: Nokia Oyj:n historia. Osa 1 Fuusio. Edita, 2001, 116.

<sup>11</sup> Paavo Tuomi: ”Eräs varhainen säätöteknillinen projekti”. Teollisuusautomaation vuosikymmeniltä 1960- ja 1970- luvut. Suomen Automaatioseura ry, SAS julkaisusarja nro 23, STH julkaisuja Nro 6, 2001, 29-32.

<sup>12</sup> Lennart Simons: ”Helsingfors Van de Graaf generator” Fysikersamfundet i Finland N:o 26. 1955.

<sup>13</sup> Eliel Skurnik: ”A Contribution to the Study of High Frequency Ion Source”, Soc.Sci.Fenn. Comm.Phys. Math. XIX. 3. 1956.

<sup>14</sup> Märten Brenner: ”Gamma Radiation from Proton Capture in Aluminium at the 991 keV Resonance” Soc. Sci. Fenn. Comm. Phys. Math. XXIII. 5. 1959.

<sup>15</sup> Karl-Edvard Nystén: ”Resonances in and Gamma Rays from  $Mg^{25}(p,\gamma)Al^{26}$ ”, Soc. Sci. Fenn. Comm. Phys. Math. XXIV. 9. 1960.

<sup>16</sup> Allan Tiitta, Suomen Akatemian historia I. SKS, 2004, 40.

## LÄHTEET:

BRENNER, Märten: ”Gamma Radiation from Proton Capture in Aluminium at the 991 keV Resonance” Soc. Sci. Fenn. Comm. Phys. Math. XXIII. 5. 1959.

BUECHNER, W.W., VAN DE GRAAFF, R. J. (ym.): ”Electrostatic Accelerator for Electrons”. The Review of Scientific Instruments, vol. 18 number 10, Oct. 1947.

Hallituksen esitys eduskunnalle valtion tulo- ja menoarvioksi 1947 ”Tuloa tuottamattomat pääomamenot”.

Hallituksen esitys eduskunnalle lisämenoarvioksi vuodelle 1957.

HÄIKIÖ, Martti: Nokia Oyj:n historia osa 1 Fuusio. Edita 2001.

KEINONEN Juhani, Fysikaalisten tieteiden laitos, Kiihdytinlaboratorio, www.acclab.helsinki.fi, kalvosarja lokakuu 02.

NYSTÉN, Karl-Edvard: ”Resonances in and Gamma Rays from  $Mg^{25}(p,\gamma)Al^{26}$ ”, Soc. Sci. Fenn. Comm. Phys. Math. XXIV. 9. 1960.

SIMONS, Lennart: ”Huvuddragen av den officiella amerikanska rapporten om atombomben”. (Eripainos) 1945.

SIMONS, Lennart: ”Helsingfors Van de Graaf generator” Fysikersamfundet i Finland N:o 26. 1955.

SIMONS, Lennart: ”Fissionsfragment och annat från min tid vid Niels Bohrs laboratorium 1938-1939”, Arkhimedes 28. 1976.

SKURNIK, Eliel: ”A Contribution to the Study of High Frequency Ion Source”, Soc.Sci.Fenn. Comm. Phys. Math. XIX. 3. 1956.

TIENARI, Martti (toim.): Tietotekniikan alkuvuodet Suomessa. Suomen Atk kustannus Oy. 1993.

TIITTA, Allan: Suomen Akatemian historia I. SKS. 2004.

TUOMI, Paavo: ”Eräs varhainen säätöteknillinen projekti”. Teollisuusautomaation vuosikymmeniltä 1960- ja 1970-luvut. Suomen Automaatioseura ry, SAS julkaisusarja nro 23, STH julkaisuja Nro 6. 2001.

Kirjoittaja on eläkkeellä oleva insinööri, joka oli vuodesta 1949 lähtien töissä Helsingin yliopiston Fysiikan laitoksella, viimeksi 1952-60 Van de Graaff-generaattorin suunnittelusta ja rakentamisesta vastaava insinöörinä. 1960-83 hän toimi Suomen Kaapelitehdas Oy:n elektroniikkaosaston/ Oy Nokia Ab Elektroniikan eri tehtävissä, 1975-82 teollisuusautomaatio-osaston johtajana ja 1982-83 Oy Nokia Ab Elektroniikan teknillisenä johtajana. 1983-89 hän oli Kajaani Elektroniikka Oy:n toimitusjohtaja.