

ROLF MAXIMILIAN SIEVERT JA KIIRGUSKAITSE

Tõnu Viik

See oli vist 1993.aastal, kui Rolf Sieverti nimi minu teadvusesse jõudis. Olime Enn Realoga toleaeegses Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi majas Tallinnas Toomkooli tänaval, kus keldris asus Henno Putniku kiirguslaboratoorium. Labor oli täis kavalaid riistu, mis Henno oli rootslaste käest saanud ja tema riiulil nägin ma kaht ühesugust raamatut Rolf Sievertist. Küsisin seda Hennolt lugeda, ja minu kätte see jäigi. Kunagi tuletasin seda Hennole meelde, kuid ta lõi käega, sest teine jäi ju talle.

Ega see rootsi keele lugemine lihtne just polnud, kuid järgnev toetub väga suures osas just sellele raamatule.

Rolf Sieverti isapoolne vanaisa pärineb Saksamaalt Magdeburgi lähedalt. Ta kolis hiljem ümber Zittausse, kus asutas hästimineva kondiitriäri ja teda valiti rae esimeheks. Tal oli kolm poega, kellest vanim, Max, sai müügiagendiks masinaehituse alal, kes muuhulgas esindas ka Berliinis asuvat Zenkeri masinaehitustehast. Ta nägi head võimalust iseseisvalt tegutsema hakata ja ta avas 1881.a. Stockholmis Max Sieverti masinakaupluse. Algul importis ta vaid saksa kaupa, kuid hiljem hakkas pakkuma ka



Joonis 1. Rolf Maximilian Sievert (1896-1966)

rootsi tooteid. Näiteks importis Lars Magnus Ericsson – rootsi telefonide tootmise algataja – kaableid ainult Max Sieverti äri kaudu. Ericssoni olid vihastanud kõrged tollid ja ta uuris Maxilt, et kas too ei tahaks ise kaableid tegema hakata. Max alustaski seda, asutades ettevõtte *Alpha Sundbybergis*, mis hakkas valmistama hobuste kabjanaelu. Äri edenes hästi ja peagi asutati Max Sieverti vabrikute aktsiaselts, kellelt Ericsson kõik vajalikud kaablid ostis.

1885. aastal sai Max Sievert Rootsi kodakondsuse ja üheksa aastat hiljem abiellus ta Sofia Carolina Panchéeniga. Neile sündis tütar Lisa 1895.a. ja aasta hiljem poeg Rolf. Laste elu oli muretu ja kuna ema nendega eriti ei tegelenud, siis hoidsid nad väga kokku. Oma suved veetsid nad Vallentunas, Rolfile meeldis purjetada ja selle huvi säilitas ta terveks eluks. Talvel elati Stockholmis Riddargatanil.

Isal oli plaan, et Rolf astub tema jälgedesse ja kui poiss oli sobivas vanuses, siis pandi ta praktiseerima ühte isa vabrikusse. Kuid see lõppes kiiresti, kui keegi töölistest viskas mingi raudeseme direktoripoja pähe. Kohe otsiti Rolfi jaoks rahulikum töökoht.

Rolfi isa suri 1913.a., kui poiss oli 17-aastane, jättes talle hiigelvaranduse.

Ta tegi ära tudengieksamid Uues Elementaarkoolis ja 1914.a. sügisel alustas ta meditsiiniõpinguid Karolinska instituudis, kuid seal talle ei meeldinud. Siis tahtis ta õnne proovida Kuninglikus tehnikakõrgkoolis (KTH), kuid Uue Elementaarkooli eksamid polnud ta haridust õigesti näidanud ning ta pidi sooritama uuesti tudengieksamid matemaatikas, füüsikas ja keemias, kus keemias pandi talle hindeks “kiiduväärt”. 1915.a. sügisel astus ta KTHsse elektrotehnikat õppima, kuid paari kuu pärast jättis ta asja pooleli, sest õppimise tempo tundus talle liiga kõrgena. Lõpuks jõudis ta oma otsingutega Uppsalasse, kus 1919.a. sooritas filosoofia kandidaadieksami astronoomias, meteoroloogias, matemaatikas ja mehaanikas.

Sajandivahetusel oli Rootsi füüsika põhiliselt eksperimentaalne ja enamasti seotud täppismõõtmistega, kuid juba hakkas ka teoreetiline füüsika kosuma. Pärast lõpetamist pöördus Sievert Stockholmi tagasi ja asus tööle assistendina TA Nobeli instituudis Tycho Auréni juures uurima röntgenkiirte neeldumist ja tegi ära füüsika litsensiaadieksami 1924.a. Samal aastal alustas ta Radiumhemmetis koostööd Gösta Forsselliga. Mõnda aega oli ta veel tegev isa asutatud kaablitehases, kuid juba 1928.a. müüs ta koos ema ja õega kõik selle tehase aktsiad teistele sugulastele. Aktsiate müügist saadud raha eest ostis ta Östergötlandis, Rejmyres asuva mõisa Tvartorpi. See oli värvika ajalooa, sest oli kunagi kuulunud Greta Garbo esiisale Gabriel Gyllenstålile ja veel varem Ida-India kompanii ühele direktorile Olof Lindahlile, keda

hüüti mereröövliks. See mõis jäigi Sieverti omaks tema elu lõpuni.



Joonis 2. Sievert hoiab põlvedel kasti kallihinnalise radiumiga.

Veel enne seda, 1920.a. oli ta ette võtnud õppimisreisi omal kulul USAsse, kus ta sai kokku Forsselliga. Nad käisid koos mitmes radioterapeutilises asutuses ja Sievert tutvus tõsisemalt kiirguse kasutamisega meditsiinis. Tegelikult algasid tema radiofüüsikalised uuringud pärast USAst tagasipöördumist ning aastad enne II maailmasõda olid talle viljakad, sest siis ta võttis kiirguse mõõtmiseks kasutusele kondensaatorikambri meetodi ja teoreetilises plaanis jõudis Sieverti integraalini.

Ta alustas tööd, kasutades tagasihoidlikke ressursse, kuid eesmärk oli tõsine: mõõta kiirguse intensiivsust erineva doseeringu puhul ja paremini kaitsta kliniku töötajaid. Töö käis kolmes põhisuunas:

1. Töötada välja meetodid kiirgusega ümberkäimiseks röntgenaparaatide ja radiumipreparaatidega;
2. Teoreetilises plaanis paremini aru saada kiirguse kvantitatiivsest olemusest, et välja töötada paremad mõõteriistad. Ka kiirguse bioloogilise mõju uurimine oli tähtis;
3. See suund sarnanes esimesega, kuid puudutas riigi erinevaid haiglaid ja kiirguse mõõtmist nendes.

Sievert hoidis ennast pidevalt kursis sellega, mis maailmas kiirguse uurimise alal toimus. Ta pühendas palju aega ja raha vastava kirjanduse, eriti aga ajakirjade

hankimiseks.

Radiumhemmetis pidi Sievert läbi ajama kitsastes oludes – tal oli eksperimentide tegemiseks vaid 5 ruutmeetrit ruumi ja palka ta sealt ei saanud. Rootsi vähiühing otsustas 1923.a., et Radiumhemmet peab leidma Sievertile suuremad ruumid. Selle tulemusena valmis järgmisel aastal radiofüüsika laboratoorium, mille etteotsa sai Sievert. Raha laboratooriumi sisseseadmiseks – 30000 krooni – tuli tundmatult annetajalt, kelleks suure tõenäosusega oli Sievert ise.

Laboratoorium tegeles tõhusalt kiirguse uute mõõtmismeetodite ja –riistade väljatöötamisega. Tööpõld laienes pidevalt ja aparate tuli juurde, nii et Sievertil oli raske oma röntgenaparatuuride juurde pääseda. Nii pidi ta kasutama oma sidemeid Füüsikalise keemia Nobeli instituudis, et oma tööd jätkata.

Jälle tuli appi vähiühing, kes pani ette anda Sieverti laboratooriumile vähemalt 200 ruutmeetrit pind ning 1929.a. lõpus kolis laboratoorium Södermalms linnosaadressil Fjällgatan 20A. Samal ajal tegi Sievert oma inimeste tööajal olulise muudatuse, et vähendada nende kokkupuutumist kiirgusega.

1925.a. sügisel oli Sievert käinud Berliinis Füüsika-tehnika riigiasutuses oma instrumente kalibreerimas kindlaksmääratud röntgenühiku, nn R-ühiku baasil. See ühik oli defineeritud, nagu tollal kombeks, naha erüteemse doosi järgi, st naha punetamise järgi. Sievert alustas statistilist uuringut mitmetes Rootsi haiglates R-ühiku ja enne kasutusel olnud HED-ühiku võrdluseks (rootsi keeles *hud erütem dosen* – naha erüteemdoos). Tulemuseks oli, et doosi suurus isegi sama tüüpi kiirguse puhul võis erineda kuni neli korda! Nii alustasid Sievert ja Forssell diskussiooni kiirgusdooside mõõtmise paremaks standardiseerimiseks ja Sievert asutas oma laboris uue osakonna, kes tegeles peamiselt Rootsi haiglates kasutatava kiirgusravi jälgimise ja standardiseerimisega. Selle osakonna etteotsa sai Robert Thoraesus ja juba 1929.aastal külastas Thoraesus 27 röntgenosakonda, kus ta mõõtis röntgeniaparatuuris kasutatavat pinget, röntgentoru voolu ja doosikiirust. Nii sai Sievert väga täpse ülevaate kiirguse kasutamisest Rootsi haiglates. Sieverti ettepanekul varustati iga röntgeniaparatuur kontrollkaardiga, mida pidi täitma igas kuus.

1928.a. oli rahvusvaheline ühikutekomitee teinud Stockholmis ettepaneku võtta kasutusele uus doosimõõtmise ühik ja Sievert, kes oli komitee liige, toetas seda ettepanekut igati. Kuid 1. jaanuaril 1936 otsustas Rootsi meditsiinilise radioloogia ühing, et doosi tuleb mõõta rahvusvahelistes r-ühikutest, mis olid defineeritud erinevalt varasemast R-ühikust. Sievert aga pidas isegi seda uut ühikut nürriks tööriistaks,

öeldes, et r-ühik annab korrektse tulemuse vaid siis, kui kiirguse bioloogiline mõju on võrdeline selle poolt põhjustatud ionisatsiooniga õhus.

Sievert oli juba oma kiirgusuurimise tee alguses olnud väga huvitatud kiirguse intensiivsuse täpsest mõõtmisest. 1923.a. konstrueeris ta oma esimese mõõteriista, mille olu seisnes tuntud kiirgusallika kiirguse võrdlemises uuritava allika kiirgusega. See oli kohmakas riistapuu, kuid lubas mõõta kiirgust varjestava ekraani taga. Sievertile oli oluline kaitsta kiirgusega tegelevaid inimesi kiirguse tervistkahjustava toime eest. Ta uuris igasuguste ehitusmaterjalide kaitsvat mõju ja tõi selle kirjeldamiseks sisse seatina ekvivalendi, so kui paks peaks olema seatinast plaat, et ta peaks kinni samapalju kiirgust kui mingisuguse kindla paksusega uuritav materjal. Kuid Sieverti kõige suuremaks saavutuseks mõõteaparatuuri loomisel oli kondensaatorikambri meetodi kasutamine. Selle meetodi kasutamiseks oli vaja ionisatsioonikambrit, elektromeetrit ja juhtmeid. Elektromeeter mõõtis elektrivoolu, mis tekkis, kui mõõdetav kiirgusallikas ioniseeris õhku ionisatsioonikambris, ning see kamber ja elektromeeter olid omavahel juhtmega ühendatud. Selliseid aparate oli loomulikult juba varem kasutatud, kuid ionisatsioonikamber ja elektromeeter olid olnud koos samas aparaadis. Sievert lahutas need, mis lubas mõõtjal viibida mõõdetavast allikast eemal. Sievert arendas mõõteaparatuuri, tehes seda väiksemaks ja usaldusväärsemaks. 1932.aastaks oli mõõtekambri läbimõõt vaid 14 mm.

Sieverti kondensaatorikambrid levisid kiiresti üle maailma ja neid nimetati sagely "Bg"-kambriteks, mis viitas nende tähtsamatele konstruktsioonmaterjalidele: 'bärnsten' – rootsi keeles merevaik ja grafiit.

Kõige selle innovatsiooni ja konstrueerimise kõrval ei unustanud Sievert teoreetilisi uuringuid, kusjuures need olid tal alati suunatud konkreetse probleemi lahendamisele. Teda huvitas, milline on füüsiliste dooside mõju organismile ja selle erinevatele osadele. Niisuguse mõju rehkendamiseks oli vaja teada kiirguse jaotust ruumis ja kui kiirgus lähtub lineaarses allikast (nt raadiuminõelast), siis doosi arvutamiseks tuletas Sievert valemi, mis sisaldas nn Sieverti integraali. Pärast selle töö avaldamist tekkisid tal lahkarvamused saksa radiofüüsikute Walter Friedrichi ja Otto Glaseriga, kes olid sama probleemiga tegelenud, kuid valedele tulemustele jõudnud. Pärast Sieverti vastust artikli näol ajakirjas *Zeitschrift für Physik* vaidlus lõppes.

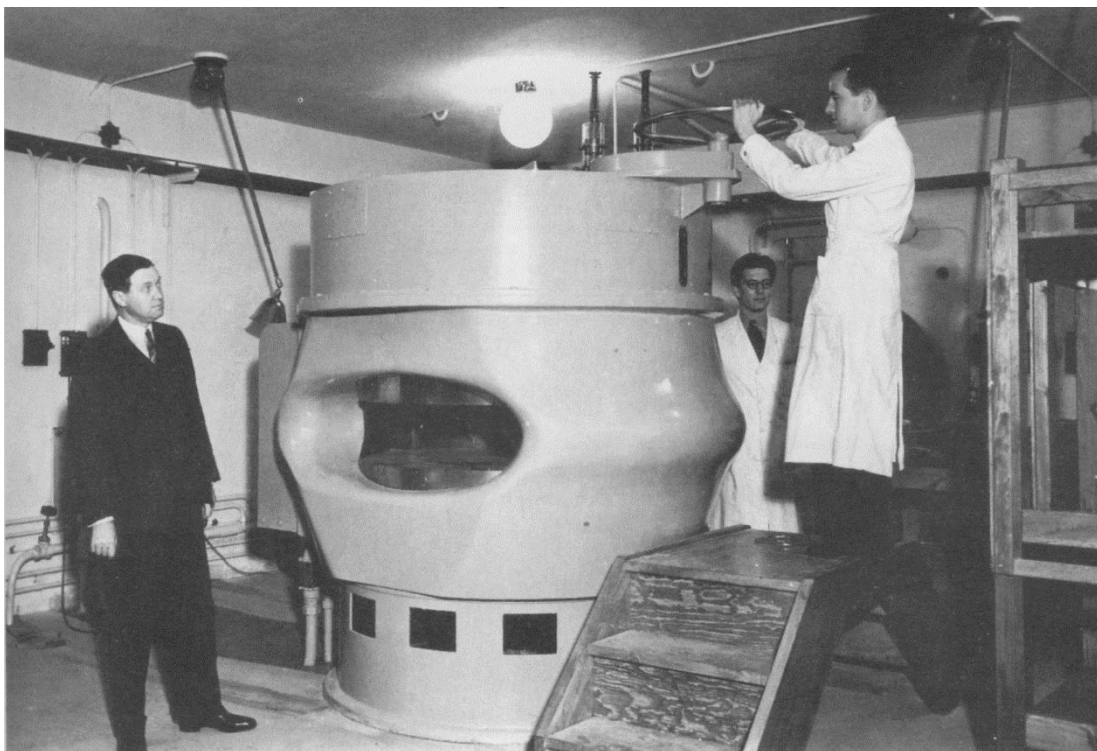
1926.a. oli kuningas Gustav V ellu kutsunud komisjoni, kes pidi tegelema uue haigla rajamisega Stockholmi, ja samuti Karolinska instituudi uue asukohaga. Selleks oli riiksdag reserveerinud piirkonna Solnas. 1928.a. tekkis hea võimalus Radiumhemmeti

kolimiseks uude asukohta, sest Gustav V oli andnud oma 70-ks sünnipäevaks Rootsi rahva poolt kogutud kingituse – üle 5 miljoni krooni – vähiuuringute seltsile. Selle eest otsustati rajada radioterapeutiline kliinik, mis sai nimeks Juubelikliinik, Karolinska haigla juurde. Sama raha eest sai Radiofüüsika instituut uue kolmekorruselise hoone 100 meetri kaugusel Juubelikliinikust. Sinna, kolmandale korrusele ehitati välja viietoaline korter köögiga, mis sai Sieverti Stockholmi koduks kuni pensionile minekuni 1965.aastal.

Rahvusvaheline tegutsemine

1920.aasate algul sai William David Coolidge'l leiutatud kuumkatoodröntgenitoru aina tavalisemaks. See andis aga märksa tugevama röntgenkiirte voo ja kasvajate ravimisel pidi olema väga ettevaatlik, et mitte terveid kudesid kahjustada. Seega doosi suuruse määramine muutus erakordselt tähtsaks. Mitmel pool maailmas hakkasid tekkima radioloogilised ühingud ning tekkis vajadus rahvusvahelise koostöö järele. Esimesel radioloogia kongressil Londonis 1925.aastal lepiti kokku universaalsete ühikute vajalikkuses, aga samuti ka kiirguskaitse soovitusel. Otsustati kokku tulla kolme aasta pärast Stockholmis. Nii toimuski II radioloogiakonverents Riksdagi hoones, kuhu tuli kokku 964 delegaati 40 maalt. Moodustati väike kiirguskaitse küsimustega tegelev diskussioonirühm inglase G.W.C. Kaye'ga eesotsas, kes tegi ettepaneku luua kiirguskaitse komitee. Sievert valiti selle esimeheks ja komitee sai nimeks Rahvusvaheline Röntgenkiirte ja Raadiumi Kaitsekomitee, mis hiljem muudeti ICRPks (*International Commission on Radiological Protection* – radioloogilise kaitse rahvusvaheline komitee). Tegelikult algas selle komitee asutamisega läbimõeldud ja füüsikale toetuv kiirguskaitse. Komitee pidas enne II maailmasõda kolm koosolekut: Pariisis 1931, Zürichis 1934 ja Chicagos 1937. Zürichis kehtestas komitee doosi piirmäära ja doosi suuruse ühikuks sai röntgen. Sievert paistis komitee töös välja kui hea konstruktor ja teoreetik ning tema kuulsus kasvas.

Üks Sieverti headest sõpradest oli Nobeli preemia laureaat Manne Siegbahn, kes oli Uppsalast tulnud taasavatud teaduste akadeemia füüsika instituudi professoriks. Gösta Forssell oli olnud selle instituudi avamise suur eestvõitleja. Siegbahni õpilased olid samuti ühel või teisel viisil seotud Sievertiga, nimetagen siin vaid Nobeli preemia laureaati Hannes Alfvéni ja Sigvard Eklundi, kes vastutas Rootsi esimese tuumareaktori ehitamise eest. Üks Manne Siegbahni õpilastest – Sven Benner – mängis Sieverti elus suurt rolli. Ta alustas Sieverti assistendina 1930.aastal, hiljem oli



Joonis 3. Manne Siegbahn Rootsi esimese tsüklotroni ees.

dotsendiks Stockholmi kõrgkoolis ja alates 1952.aastast töötas ta Göteborgi radiofüüsika instituudi juhatajana. Tema tunnusmärgiks olid täpsus ja analüüs, teda peeti ka füüsikalaboratooriumide matemaatikuks.

Sievert reisis palju ja kohtus mitmete radiofüüsikutega üle kogu maailma. Nendest kaht meest pidas ta oma headeks sõpradeks, inglasi Frederick W. Spiers'i ja Harold Gray'd. Gray oli mõõtnud kiirguse neeldumist ja siis hakanud tegelema kiirguse kasutamisega kasvajate ravil. Ta käis mitmel korral Rootsis Sieverti juures, kus nad arutasid kondensaatorikambri meetodi täiustamist.

Juba 20.sajandi kahekümnendatel aastatel oli selge, et ioniseeriva kiirgusega ümberkäimist tuleb reguleerida. Esimene riik, kes võttis vastu patsientide ja personali kiirguskaitse seaduse, oli Itaalia 1925.aastal. Samal aastal hakkas ka Nõukogude Liit reguleerima tervisekontrolli ja tööaegu. Neile järgnes Põhjamaadest Taani, kus 1930.aastal võeti vastu seadus röntgeniaparatuuride kasutamise kohta. Rootsi kiirgusseaduse aluseks võeti Taani oma ja Sievert soovis, et seadus hakkaks kehtima juba 1928. Nii see siiski ei läinud, sest pärast kuueaastast mõtlemist keeldus sotsiaalminister eelnõud kooskõlastamast. Valitsus andis siiski uue eelnõu koostamise Karolinska instituuti Radiumhemmetisse, kus Sievert koos oma kolleegidega uue eelnõu kokku pani, kuid alanud sõda lükkas seaduse vastuvõtmise edasi.

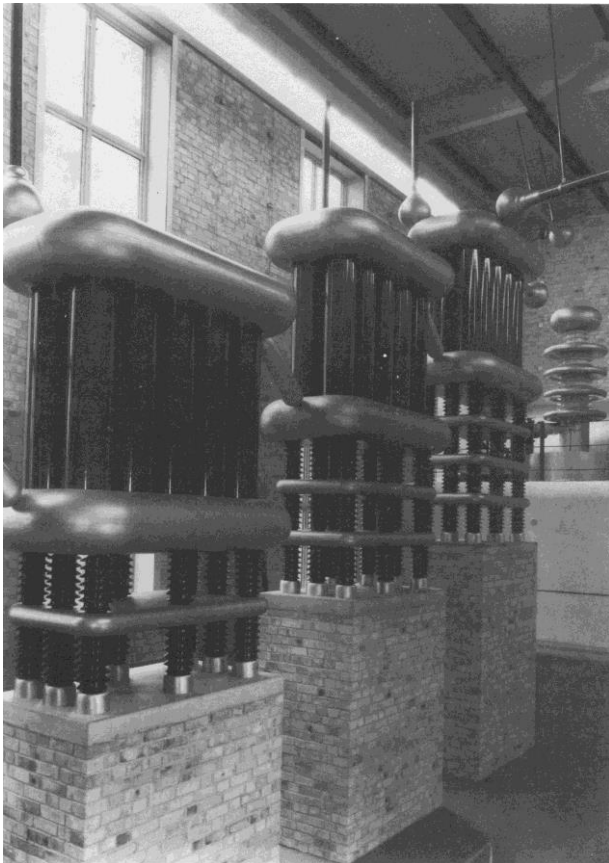


Joonis 4. Radiobioloogia konverents Stockholmis 1952. Sievert on prillidega, temast vasakul on Louis Harold Gray

Oli loomulik, et Sievert koos teiste füüsikutega soovisid anda oma oskused riigikaitseks, kuid nad ei tahtnud seda teha ei IVA ega sõjatööstuse kaudu (IVA – *Ingenjörsvetenskapliga akademi* – inseneriteaduste akadeemia), sest nende asutuste eesmärk oli kõik teadlased endale allutada. Mõned päevad pärast 1. septembrit 1939 kutsus Manne Siegbahn Rootsi füüsikuid organiseerima Füüsikute Valmisoleku komiteesse, kes pidi otsima kontakti kaitsevägega, et leida võimalusi koostööks. Ning kahe kuu pärast asutati Rootsi füüsika rahvuslik komitee, mille juhatusse valiti ka Sievert. Tegeldi rakettidega ja tankivastaste kumulatiivmürskudega. Ootamatult tekkis vastuolu kaitseministeeriumiga, kes tahtis olla ainus tehniliste uuenduste pakkuja armeele. Sellest vastuolust ülesaamiseks loodi Kaitseuuringute komitee Manne Siegbahniga eesotsas, kuid ega teadlaste uuringuvabadust ja sõjaväelaste survet ei õnnestunud ikkagi kokku panna. Siiski lootust ei kaotatud kummaltki poolt ja aprillis 1945 loodi FOA – *Försvarets forskningsanstalt* (Kaitseväge uurimisasutus), mille teiseks osakonnaks sai Militaarfüüsika instituut. Selleks ajaks oli Sievert militaarfüüsikast juba lahkunud.

Sellest ajast peale, kui Hahn, Meitner ja Strassmann avastasid uraani lõhenemise

1938.a., muutus akadeemiline tuumauurimine tohutuks tööstusharuks. Ja kui USA aatompommi valmis sai ning seda ka kasutas, hakkasid kõikide riikide sõjamehed seda pommi ka endale tahtma. Rootsi polnud mingi erand, sest nagu näitab kaitseväe eelarve 1946/1947 aastaks, eraldas riksdag riigikaitse uute vahendite arenguks 3.5 miljonit krooni, millest 1.2 miljonit oli ette nähtud aatomienergia uurimisele. Sellega koos kasvas ka suurte ja lühiajaliste kiirgusdooside mõju uurimine ning korraga oli radiofüüsika erakordselt populaarne teadusharu. Valitsus asutas Atomikomitee juba 1945.a. hilissügisel, kuhu teiste hulgas värvati ka Hannes Alfvén ja Manne Siegbahn. Komitee andis raha fundamentaaluuringuteks radiofüüsika alal üli- ja kõrgkoolidele. Sieverti suurim projekt pärast sõda oli nn kõrgepingesaal, et kõrgepinge abil saada suuri kiirgusdoose. Juba enne sõda oli arvatud, et suur kiirgusdoos lühikese aja vältel ei põhjusta organismis suuri muutusi, erinevalt pikaajalisest nõrgemast doosist. Sievert oli sõja esimesel aastal konstrueerinud seadme, mille abil sai objekti kiiritada tuhandiksekundi vältel, kuid ta tahtis seda aega veelgi lühendada.



Joonis 5. Kondensaatorpatari Cockroft-Waltoni generaatori toitmiseks.

Sellise lühikese ülitugeva doosi saamiseks oli vaja kaskaadgeneraatorit ja suuri kondensatoreid, mis Sieverti seadmes olid kümne meetri kõrgused. Pärast

mõningaid sekeldusi õnnestus Sievertil saada Aatomikomiteest raha ja saali ehitus algas 1946.a. Saalis oli põrandapinda 209 ruutmeetrit ning seal paiknes Cockroft-Waltoni generator, mille valmistas Sieverti kaablitehas, ja kondensaatorpatarei 40st kondensaatorist, mille kinkis sama tehas. Röntgenitoru koosnes veega jahutatavast raudsilindrist koonilise anoodiga. Selle ümber oli algul 48, hiljem 144 volframist hõõgniiti, mida toideti 3000 amprise vooluga 16-voldisest allveelaeva akumulaatorpatareist. 1949.aastal prooviti seadet 400000 voldise pingega. Probleemid tekkisid võimsa tühjendusvooluga, mis põhjustas tugevaid magnetvälju ja seetõttu läbilööke, hoolimata vaakumist. Kõrge vaakumi nõue oli nii tähtis, et oldi iga proovi eel sunnitud rauda seadme konstruktsioonides gaasidest "tühjendama".

Tegelikult ei hakanud see seade kunagi tööle täisvõimsusel. Sievert võttis seda isikliku tagasilöögina ja ta hakkas tegelema muude probleemidega. Võib-olla oli selle läbikukkumise taga ka Sieverti tehniline mahajäämus, sest mujal, eriti aga USAs oldi juba üle mindud pooljuhttehnoloogiale. Pealegi oli Sievert lähenenud probleemile lineaarselt, kasutades ülikõrgepingele üleminekul madalpinge arusaamu.

Paralleelselt kõrgepingesaali projektiga oli Sievert koos Agnar Egmarkiga rajanud radoonilabori, mis toimis täpselt nii, nagu pidigi. Mõte oli, et selle kaudu oleks jagatud radiumi lagunemisel tekkivat radooni teistele Rootsi uurimisasutustele ja haiglatele. Ega see labor täiesti ohutu ka polnud. Aeg-ajalt läks radoonikontsentratsioon nii kõrgeks, et töötajad tuli saata parki jalutama, kuni laborit tuulutati.

Ka Radiofüüsika instituudis sai tuule tiibadesse radooniuurimine. Uuriti elumajade radoonisisaldust, mis võis erinevates Rootsi paikades ja erinevatest materjalidest tehtud majades erineda kuni kümme korda. Uurijad soovitasid sagedat ruumide ventileerimist.

Lisaks kõigele konstrueeris Sievert inimkeha radioaktiivsuse mõõtja, mis toimis ioonkambri meetodil. Kuna Sievert soovis täppistulemusi, siis tuli labor viia kosmiliste kiirte mõju vähendamiseks varjule Henriksdali kalju sisse raiutud veepuhastusjaama, kus seda hakkas katma 70-meetrine graniidikiht. Ja kuna graniit ise samuti kiirgab, siis ümbritseti mõõteseade veel eriti mitteaktiivse veega, mis saadi Thamesist ja toodi kohale AB Svea laevade ballastveena ning veeti piimatsisternidega laborini. Seejärel sai Sievert Stockholmi tuletõrjega kaubale, et need oma võimsate pumpadega toimetaksid vee 8-kuupmeetritesse raudpaakidesse, mis igalt poolt mõõteseadet ümbritsesid. Nii suudeti looduslikku kiirgust umbes 100 korda vähendada.

Sieverti probleemilahendus oli lihtne: ta kas helistas või tegi visiidi selle organisatsiooni

kõige kõrgemale juhile, kellelt ta mingit teenet palus. Sieverti sõnul töötas ainult selline lähenemine.

1950. aastate algul jätkas Sievert ka oma konstrueerimisoskuse kasutamist ning koos Rune Walstamiga valmistas ta nn topeltkambri radioaktiivsuse mõõtmiseks. See aparaat kõrvaldas kondensaatorikambrite probleemi, milleks oli väike mõõtmispiirkond. Pärast II maailmasõda oli Sievert hakanud huvi tundma virmaliste vastu, ilmselt Hannes Alfvéni mõjul. See langes kokku Rootsi teaduste akadeemia huviga põhjaalade vastu, sest juba 1904.aastaks oli valminud seismoloogiajaam Vassijaures, kuid see põles maha 1910. Paar aastat hiljem kinkis Gustav V kasutamiseõiguse 46,4 ha maale Abiskos, kuhu rajati kaks osakonda, ühe geofüüsika jaoks ja teise bioloogia ning geoloogia jaoks. 1944.a. hakkas kujunema idee ühendada geofüüsikalised, seismoloogilised ja magnetilised vaatlused ja neid läbi viia Rootsi meteoroloogia ja hüdroloogia instituudis (SMHI). Seda ideed propageeris eriti SMHI peadirektor Gustaf Slettenmark. Teaduste akadeemia nägi ette kolm inspektorit Abiskosse, kes läksid Abisko komitee koosseisu ja kui üks neist loobus, siis 1945.a. sai komitee esimeheks Sievert. Komitee võttis 1946.a. ette reisi Abiskosse ja Kirunasse, mille tulemusena hakati tõsiselt mõtlema geofüüsika observatooriumi rajamisele Kiruna lähedale. See oli suurepärane saavutus, sest Abisko komitees olid koos väga erinevate huvidega inimesed, kuid Sievert suutis nad konsolideerida ühise eesmärgi saavutamiseks. Sievertile meeldis seltskondlik elu ja suurem osa komitee koosolekuist toimus tema ametikorteris Radiofüüsika instituudis, kus pärast koosolekut pakuti kerget einet, õlut ja napsu. 8. jaanuaril 1948 pidas Sievert teaduste akadeemias ettekande observatooriumi rajamise võimaluste kohta ning selle tulemusena otsustatigi observatoorium rajada 8 km Kirunast itta. Rajamise kuludeks arvestati 1335000 krooni. Rikas rauamaagikaevanduse linn Kiruna toetas tugevasti observatooriumi ehitamist, sest linn soovis oma tegevusalasid laiendada ning mitte jääda majanduse mõttes monokultuuriliseks. Lõpliku ehitamisotsuse võttis Rootsi valitsus vastu 1956.aastal ja selle otsuse taga oli suuresti ka lähenev Rahvusvaheline Geofüüsika Aasta. Järgmisel aastal observatoorium avati, mispuhul Sievertile anti teaduste akadeemia väike Linné kuldmedal ja peahoone söögisaali paigutati Sieverti portree (selle koopiat oli ka SSI konverentsisaalis).

Praegu on Kirunas Rootsi kosmiliste uuringute keskus. Seal asub kosmosefüüsika instituut ja ka Esrange, satelliitide juhtimiskeskus, mille 1964.a. ehitas *European Space Research Organisation* (hilisem ESA) ja mis 1972.a. on Rootsi kosmosekorporatsioon.

Selle kõige loomisel oli Sievertil väga oluline osa.

Henriksdaleni labor avas Sievertile uue töösuuna, nimelt inimkeha radioaktiivsuse uurimise. Ta mõõtis radioaktiivsust suure hulga erinevate inimeste kehadest ja erinevates maakohtades üle Rootsi ning see teadmistepagas tuli suureks kasuks, kui USA ja NSVL aatomi- ja vesinikupommide atmosfäärikatsetuste tõttu kasvas foonikiirgus.

ÜRO oli sunnitud astuma same poliitilise diskussiooni suunas, kuid samuti võtma ette konkreetseid samme, nagu näiteks loodi 1955.a. *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* - UNSCEAR (Ühinenud Rahvaste Teaduskomitee Aatomkiirguse Efektide Uurimiseks).

Sievert valiti 1956.a. ICRP esimeheks ning kaks aastat hiljem ka UNSCEARi esimeheks. Need positsioonid andis talle kindla aluse, selleks et soovida rajada rahvusvaheline, majanduslikult iseseisev asutus, mis hakkaks kiirguskaitse probleemidega tegelema. Sellest ei tulnud küll midagi välja, kuid ta kauples siiski juurde vahendeid nii ICRPle kui UNSCEARile.

Tulekahju Windscale'i tuumajaamas Inglismaal 10.oktoobril 1957, mis *International Nuclear Event Scale*'i 7-pallise skaala järgi oli 5, ja mis paiskas atmosfääri 740 terabekerelli radioaktiivseid aineid – ennekõike jood-137 (võrdluseks Tšernobõl, kus paiskus välja 1760000 terabekerelli), sundis Rootsit asutama ekspertkomiteed valitsuse nõustamiseks aatomõnnetuste puhul (KRA).

Aastatel 1950-1965 oli Sievert tugevasti seotud rahvusvahelise tööga, kusjuures Henriksdaleni kogemused olid talle kindlaks toeks. Rootsis ja Inglismaal leiti, et isegi madalad kiirgusdoosid võivad põhjustada verepildi muutusi. Juba 1927.aastal oli ameerika geneetik Hermann Muller leidnud, et röntgenkiirgus suurendab mutatsioonide sagedust. Kõige sellega seoses oli Sievert muutunud ettevaatlikuks ja 1947.a. oli ta Londonis ette pannud vähendada radioloogilisel tööl oleva personali nädalast kiiritust 10 korda, seega siis 0.1 röntgenini. Samale nõudele jõudis ICRP alles 1956.a.

Rootsis ehitati esimene reaktor Kuninglikus Tehnika Kõrgkoolis Stockholmis Kuninganna Kristiina tänaval 1954.a. Sievert jälgis tähelepanelikult asjade kulgu ja kiirgusseaduse kunstlike radioaktiivsuse allikate osa selles laiendati tunduvalt.

Pärast II maailmasõda tegeldi Rootsis tõsiselt ideega teha riigile oma aatomrelv. Siiski asjad kunagi nii kaugemale ei jõudnud. Kui NSVL lõhkas oma esimese vesinikupommi 1953.aasta augustis, siis tõusis fooni kiirgustase tunduvalt ja jätkas tõusmist pärast



Joonis 6. Volvo Duett – kiirgusmõõtmisteks kohandatud auto.

kõiki järgnevaid katseid. Sievert organiseeris pideva foonikiirguse mõõtmise autol Volvo Duett, mis oli kohandatud kiirgusmõõtmisteks. Bengt Håkansson sõitis sellega piki Rootsi maanteid suvel ja talvel. Ühel juhul ootas Sievert kannatamatult andmeid Göteborgis, kuhu Håkansson pidi varsti jõudma. Linna sissesõidul ilmusid Håkanssoni auto taha kaks politseiautot, mis eskortisid teda sihtpunktini. Selgus, et Sievert oli palunud politseil seda teha, et takistada Bengtil kohvi jooma minemast ja sellega aega raiskamast!

Pärast 1955.a. pommikatsetusi tõusis Lõuna-Rootsis fooni kiirgustase 10% ja jäi selliseks kuni 1958.aastani. Siis tõstis selle aasta vihmane suvi foonikiirguse 20% kõrgemaks pikaajalisest keskmisest, see küll sügisel taas langes, kuid jäi ikka 10% kõrgemaks. Loomulikult hakkas see ka inimeste kehakiirgust kasvatama. Alguses polnud selge, mis aine seda põhjustab, kuid 1955/1956 tegid Chicago uurijad Miller ja Marinelli kindlaks, et see aine on tseesium-137. 1955.a. paiku ostis Sievert instituudile Volkswageni bussi, millesse paigutati mõõteaparatuur, ka stsintillatsioon-spektromeeter. Buss hakkas koostama Rootsi foonikiirguse kaarti. Ka uuriti eriti huvitavaid paiku lennukilt.

1951. loodi Rootsis veel üks komitee – kiirguskaitsekomitee, kuhu läksid ka Sievert,

Sven Benner ja Sigvard Eklund. Komitee pidi muuseas tegema ka Riksdagile ettepanekuid kiirgusseaduse muutmiseks, kui asjaolud seda nõuavad. Komitee kritiseeris Radiofüüsika instituuti selles, et seal olid segi läinud teadusuuringud rutiinse kontrollimistööga, mis läbi puudusid töötajate tegevuse täpsed kirjeldused. Instituuti ähvardas jagunemine mitme teise organisatsiooni vahel. Matts Helde instituudi eestseisusest tegi ettepaneku, et Sievert, kes püüdis kõiki ohje enda käes hoida, taganeks instituudi juhtimisest ja pühenduks ainult uurimistööle.

Riksdag nii otsustaski aastal 1958.

Sievert otsustas pärast pikka kõhklust pühenduda rohkem rahvusvahelisele tööle. Kõhkles ta aga reise pärast, sest nagu siis räägiti, oli tema soovimatus lennata sama suur kui tema soovimatus laevaga sõita. Sageli tegi ta nii, et ostis USAsse sõiduks nii lennuki- kui laevapiletid ja otsustas alles viimasel minutil, kumba kasutada.

Saanud 1956.a. ICRP juhiks, asendas ta vanad komiteed nelja uue spetsialistidest moodustatud komiteega. Rahvusvahelisel radioloogia konverentsil 1956.a. defineeriti esimest korda lubatud doos individile, mis on akumulunud pikema aja jooksul. Seal otsustati välja töötada ka nn geneetiline doos, mis pidi baseeruma kiirgusest tekitatud geneetiliste mutatsioonide mingil viisil fikseeritud kasvu. See aasta oli oluline ka selle poolest, et UNSCEAR palus ICRPI ja ICRUI koostada ettekanne ÜROle. Ettekandes pidi olema ettepanek, kuidas kindlaks teha usaldatavaid andmeid dooside kohta erinevatele kehaosadele. Sievert andis endale aru, kui tähtis see ettekanne saab olema ja määras Rootsis seda koostama neli radioloog ja kolm füüsikut. ICRP ja ICRU panid samuti kokku komisjoni 11 liikmest (koos Sievertiga) ettekande koostamiseks. Komisjoni lõppjärelendus oli, et pole võimalik tervel rahval individuaalseid kiirgusdoose registreerida ja et selleks tuleb kasutada statistilisi meetodeid.

Kolm aastat hiljem palus UNSCEAR samasugust raportit kiirgusdooside kohta, mida võivad saada meditsiini kiirgusega tegelevad töötajad. Olulise osa statistilisest andmestikust saadi Sieverti uuringutest.

Sieverti suurim panus ICRPsse polnud mitte teaduslik, vaid finantsiline, sest 1959.a. õnnestus tal saada Fordi fondist 250000 dollarit ICRP tegevuskuludeks viie aasta vältel. Lisaks sellele sai ta toetust ka Maailma Tervishoiu Organisatsioonilt ja Rockefelleri fondist. Ka Rootsi teaduste akadeemia toetas ICRP tööd. Kuna aga ICRP polnud ametlik organisatsioon, siis pidi Sievert kandma need toetusrahad enda pangaarvele, mis tekitas tema tulumaksu rehkendamisel suurt segadust.

Aastatel 1958-1960 oli Sievert UNSCEARi esimees.

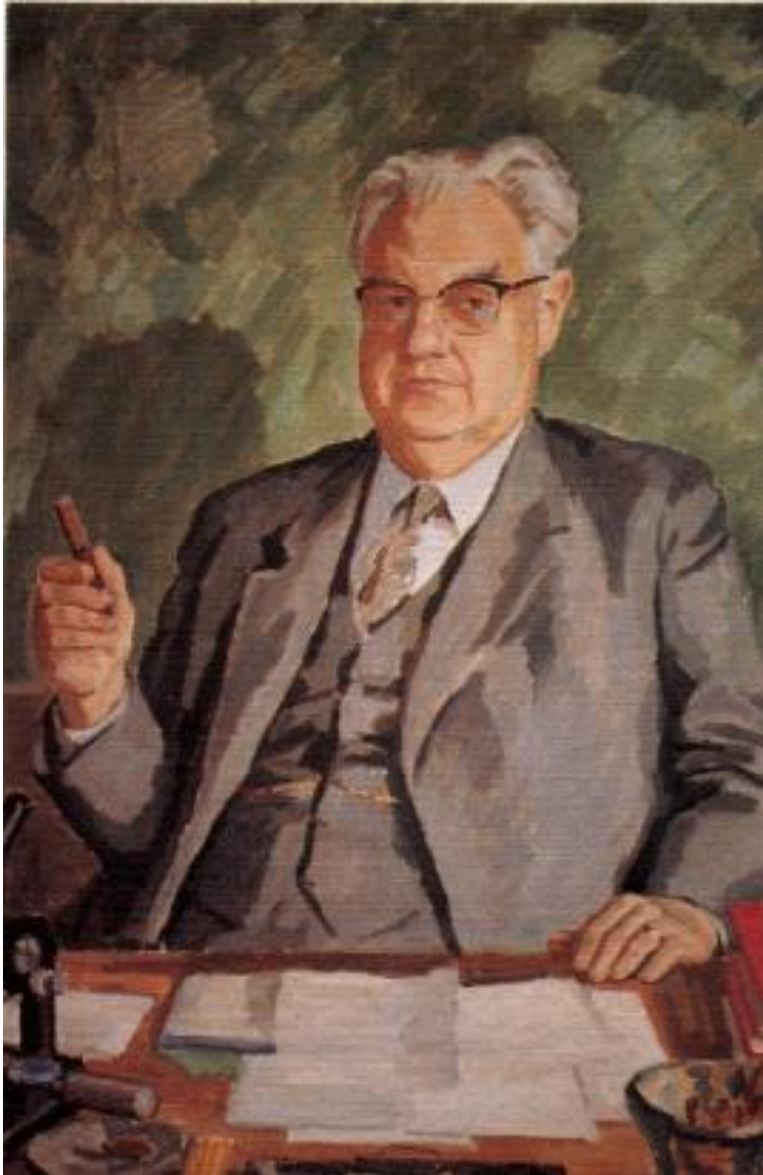


Joonis 7. Omaaegne Rootsi Kiirguskaitse Instituut.

Esimese impulsi valitsustest sõltumatu rahvusvahelise organisatsiooni loomiseks sai Sievert juba 1952.a. toimunud radiobioloogia konverentsil, mis toimus Stockholmis. Üks oluline põhjus, miks Sievert sellist organisatsiooni soovis, seisnes selles, et kiirguskaitse funktsioone peaksid esindama väga mitmete erialade inimesed - radiofüüsikud, radiobioloogid, radiogeneetikud, radiomediitsiini esindajad, kuid kogu see spekter puudus nii ICRPs kui ka ICRUs. Sievertil oli isegi selle organisatsiooni nimi valmis mõeldud – Rahvusvaheline Radioloogilise Kaitse Akadeemia, kuid see üritamine aga kahjuks edu ei toonud, sest sponsorid polnud nõus niisugust organisatsiooni üleval pidama.

Kohe pärast KRA loomist alustas NSVL Novaja Zemljal tuumarelvade katsetusi. Tavalistes tingimustes oli atmosfääris liikumine lääne-ida suunaline, kuid välistada ei saanud ka vastupidist liikumist, mis oleks kogu Rootsi, eriti aga Norrlandi seadnud suurde ohtu. Hakati välja töötama kaitseplaane, ja mitte ainult Rootsis, vaid ka teistes Skandinaaviamaades. Sieverti ettepanekul ja hilisemal juhtimisel hakati pidama nende maade ekspertide kohtumisi, millega liitusid hiljem ka Soome ja Island.

1956.a. otsustas Riksdag, et Rootsis tuleb luua eraldiseisev kiirguskaitse organisatsioon nimega Riigi Kiirguskaitse Instituut (SSI). Sellega võeti kiirguskaitse



Joonis 8. Rolf Maximilian Sievert 67 aastase Erik Kinelli maalil.

alased tegevused Radiofüüsika instituudilt ära, kuid need asutused asusid kõrvuti ning neid hakkas hiljem lausa ühendama avar galerii. Seega siis Sieverti loodud impeerium jagunes kolmeks – haiglafüüsikaks Karolinska haiglas ja Radiumhemmetit administreeris SSI.

Viimastel eluaastatel tegutses Sievert aktiivselt Rootsi teaduste akadeemias.

Eespool pole me kuigi palju kirjutanud Sievertist kui inimesest. Nüüd on aeg see viga parandada.

Kahest abielust oli Sievertil seitse last. Ta oli abiellunud Ingrid Sandbergiga 1918.aastal ja neil oli neli last – Bo (1919), Max (1920), Bengt (1922) ja Kerstin (1926). Kuid see abielu kestis vaid 13 aastat ja 1932.a. abiellus Sievert Astrid Östergreniga, kellega tal oli kolm last – Rolf (1933), Johan (1935) ja Christina (1938). See abielu

pidas vastu kuni Sieverti surmani 1966.a. Soome Talvesõja ajal võttis paar endale nn sõjalapseks Veijo Kankare, kes jäigi nende peresse.

Nooremad lapsed õppisid Sigtuma humanistlikus koolis ja suvel olid nad Tvartorpis. Laste pärast pidi ka Astrid seal olema ja hoolitsema nii laste kui kogu talu eest, mille suurus oli üle 1000 hektari.

Sievertile meeldisid lapsed ja ta võis nendega sageli koos aega veeta. Poliitikast ta huvitatud polnud ja võttis selle koha pealt sõna vaid siis, kui see oli Radiofüüsika instituudi käekäigule oluline. Talle meeldis muusika ja Tvartorpi kabelisse laskis ta ehitada oreli. Olles Stockholmis asuva Oscari kiriku organist Alf Linderi sõber, kutsus Sievert teda igal aastal Tvartorpi kontserti andma teenijarahvale ja rentnikele.

Sievert oli lapsest saadik huvi tundnud liblikate vastu ja see huvi oli jäänud, nii et Hannes Alfvén kutsus teda makrolepidopteroloogiks. Alfvén mäletas hästi, et kui nad käisid Kirunas, siis ajas Sievert tundrutel liblikaid taga.

Ka kaktused kuulusid Sieverti lemmikute hulka, neid ta lausa katalogiseeris. Tähelepanuväärne oli see, et hoolimata oma värvipimedusest huvi ta sellistest värvilistest objektidest.

Purjetamishuvi säilitas ta kõrge vanuseni ja tal oli omaenda jaht, mida teinekord tuli veoautol Tvartorpidest Stockholmi vedada.

Sievert päästis koos oma lapsepõlvesõbra Harald Almqvistiga Tvartorpi lähedal asunud Rejmyre klaasivabriku, mis raskustesse sattus. Tõsi küll, pärast seda kui kommuun oli neid palunud, kuid Rejmyre klaasivabrik töötab tänase päevani.

Ülemusena oli Sievert range, kasutas alati tiitleid, kuid samas korraldas igal aastal Luutsinapäeva pidusid kogu personalile ning pidas õdusaid ühiseid kolmapäevaõhtuid kohvi ja saiakestega – kõik selleks, et inimesed omavahel tutvuksid ja ühte hoiaksid.

Kuigi Sievert juhatas mitmeid suuri rahvusvahelisi organisatsioone, närveldas ta alati enne esinemisi ja lihvis oma kõnesid perfektsuseni.

Ta oli loomult impulsiivne ja kui talle mõni idee pähe tuli, siis võis ta oma töökaaslastele kasvõi keset ööd helistada, et selle idee üle nõu pidada.

1. detsembril 1966 oli Sievertil maooperatsioon, mis läks hästi, kuid kaks päeva hiljem tekkis tromb ja Sievert suri. Ta oli soovinud olla maetud Tvartorpi, kuid seda keelasid Rootsi seadused. Nii maetigi ta algul Solnasse, kuid tänu tema kunagistele tutvustele kõrgete kirikutegelastega sai ta tuhk lõpuks ikkagi Tvartorpi.

Kuna ta oli oma töös palju tähelepanu pööranud korduvate väikeste kiirgusdooside mõju uurimisele, siis võttis Conférence Générale des Poids et Mesures 1979.aastal

kasutusele ioniseeriva kiirguse ekvivalentdoosi mõõtmiseks ühiku 1 siivert = 1 J/kg (Sv). See ühik kujutab endast organismis neeldunud kiirgusdoosi, mis on läbi korrutatud kiirgusfaktoriga, mis arvestab erinevat liiki kiirguste erinevat mõju kudedele. Selline oli siis Rolf Maximilian Sieverti elu, keda me võime õigusega pidada üheks kõige suuremaks kiirguskaitse rajajaks maailmas.

Kasutatud kirjandus

1. Weinberger, Hans: Sievert: enhet och mångfald, en biografi över den svenska radiofysikens, radiobiologins och strålskyddets grundare Rolf Sievert. Stockholm, 1990.
2. Taylor, Lauriston S.: Rolf Sievert, Radiation Research, 33, 681-684, 1968.
3. Walstam, Rune: Sven Benner. Pionjär inom den medicinska radiofysiken, Strålskyddsnytt, 16-17, No 3, 2001.
4. Radiation Protection Act and Ordinance, Swedish Code of Statutes (SFS), 1988:220, Published on May 25, 1988.