

# Yleistietoa atomipommista.

Kirjoittanut majuri A. Bremer.

## I. Yleistä.

Elokuun 6. päivän aamuna 1943 ilmoittivat Japanin emämaan tutka-asemat, että korkealla lentäviä vihollisen lentokoneita oli lähestymässä Hiroshiman kaupunkia. Noin kello 8.00 aikaan japanilaisten tutkat kuitenkin totesivat, että kysymyksessä oli ainoastaan muutama viholliskone. Koska tämän perusteella odotettiin vain vihollisen lentotiedustelua, annettiin kaupungille »vaara ohi»-merkki.

Kello 8.16 Japanin yleisradio kuitenkin huomasi, että Hiroshiman radio-asema äkkiä vaikeni. Samanaikaisesti olivat myös kaikki puhelin- ja lennätinyhteydet Hiroshimaan katkenneet. Pian saapui kaikilta tahoilta Hiroshiman lähiympäristöstä mitä sekavimpia tietoja kauheasta räjähdyksestä, joka oli kohdannut Hiroshiman kaupunkia. Tokiossa sijaitseva Japanin ilmapuolustuksen päämaja oli hämmästynyt todettuaan, ettei mitään voimakkaita viholliskonemuodostelmia ollut liikkeellä sekä että Hiroshimassa ei pitänyt olla mitään huomattavampia räjähdysainevarastoja. Eräs yleisesikuntamajuri määrättiin heti lähtemään lentoteitse Hiroshimaan ottamaan selvää tapahtumain todellisesta kulusta. — Lennettyään huomattavan matkan ja oltuaan n. 160 kmn päässä kaupungista, majuri ja hänen ohjaajansa huomasivat etelässä valtavan savu- ja tulimeren. Koko Hiroshiman kaupunki oli täydelleen liekkien vallassa. He tekivät kierroksen laajan palavan alueen ympäri, nähdäkseen mitä kaupungista mahdollisesti oli vielä jäljellä. Sotilaslentokenttä oli murskana ja rautina sekä hylätty. Sinne ei voinut laskea. Lopulta majuri las-

keutui n. 50 kmn päähän kaupungista etelään. Täällä hän sai eräältä merivoimien upseerilta ensimmäisen silminnäkijän kuvauksen räjähdyksestä. Apuun lähetetyä pelastus- ja avustushenkilökunnan oli täytynyt palata tyhjin toimin takaisin, sillä kadut olivat valtaviin tulipalojen ja sortuvien rakennusten eristämät. Palaneiden vaatteiden riekaleissa ja ylt'y-leensä palohaavoissa olleet pakolaiset kertoivat yhtäpitävästi uskomattomista kauhuista, myrskystä, joka oli lakaissut kaiken, raunioista ja kuolemasta. Kaiken tämän oli aikaansaanut yksinäinen lentokone yhdellä ainoalla pommilla. Neljänsadantuhannen asukkaan kaupunki oli käytännöllisesti katsoen tuhoutunut. Vaikutus oli ollut uskomaton. 11—12 km<sup>2</sup> suuruinen alue oli raunioitunut melkein täydellisesti.

Mistä saattoi johtua yhden ainoan pommin mielikuvituksellinen räjähdysvoima? Koko maailma oli hämmästyksen lyömänä. Pian saatiin vastaus. Pommin räjähdysvoimaksi oli otettu käyttöön eräs maailmankaikkeuden alku- ja perusvoimista, joka mm. antaa auringolle sen valon ja lämmön.

Toisen maailmansodan yllätysten sarjan kruunasi yhdenneljätoista hetkellä Amerikan uusi valtti — atomipommi.

Atomipommin räjähdysvoimaa koskevat sensaatiomaiset tiedot seurasivat nyt sanomalehdissä toinen toistaan, kauhistuttaen ihmiset sekä mullistaen valtioiden puolustussuunnitelmat. Siitä lähtien on sanomalehdissä melkein joka päivä ollut jotakin atomipommista tai atomienergiasta.

Atomipommi hallitsee maailmaa.

Atomipommin ja sen valtavan tehon ymmärtämiseksi on aluksi syytä luoda lyhyt yleissilmäys atomin rakenteeseen ja siihen kytkeytyneeseen energiaan.

## II. Atomiteoria.

### Einsteinin teoria.

Aikamme kuuluisan tiedemiehen prof. Einsteinin teorian mukaan tietynsuuruinen ainemäärä vastaa tietynsuuruista energiaa. Jos jokin ainemäärä saataisiin täydellisesti muuttumaan ener-

giaksi, syntyisi suunnaton määrä energiaa. Einsteinin matemaattisen kaavan mukaan tämä energia on yhtä suuri kuin aineen määrä grammoina kerrottuna valon nopeuden neliöllä seuraavasti:

$$E = m \cdot c^2$$

$E$  = energia

$m$  = massa

$c$  = valon nopeus  $3 \cdot 10^{10}$  cm/sek.<sup>-1</sup>

Tämän mukaan esim. 1 kg jotakin ainetta täydellisesti energiaksi muutettuna antaisi tavattoman energiamäärän, nimittäin 25 000 000 000 kWh sähköenergiaa tai muutettuna lämmöksi yhtä paljon kuin 3 000 000 tn kivihiiltä pystyisi palamisen kautta aikaansaamaan.

Aineessa on niin ollen kätkeytyä suuri määrä energiaa, joka tiettyjen olosuhteiden vallitessa siitä vapautuu, useimmiten lämmön muodossa. Itse asiassa aine ja energia ovat saman asian kaksi erilaista ilmenemismuotoa.

Kemiallisissa reaktioissa saadaan jo suuria energiamääriä, esim. kivihiilien palaessa tai nitroglyseriinin räjähtäessä. Mutta luonnossa on vielä monin verroin suurempi energialähde, nimittäin atomien sisäinen energia.

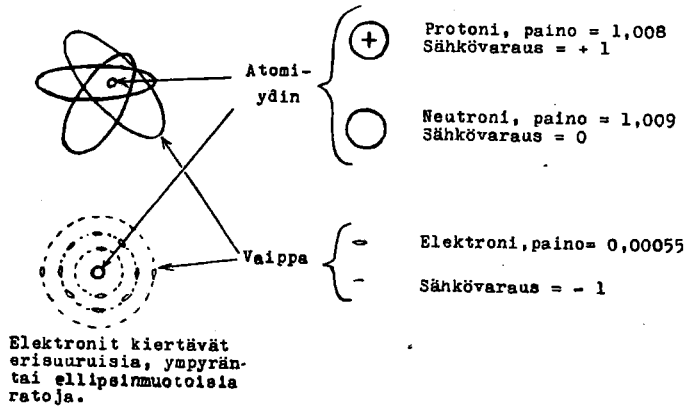
Kaikki mitä on ympärillämme, on atomeista kokoonpantu: esineet jotka näemme, ruoka jota syömme, ilma jota hengitämme sekä oma kehomme.

### Atomin koko ja rakenne.

Atomi on *kooltaan* — aineen pienin osa. Huolimatta atomin tavattomasta pienuudesta on fysikaalisten kokeiden perusteella saatu selvä kuva sen rakenteesta. Jos esim. puoli miljoonaa atomia ladotaan yhteen riviin vierekkäin, saadaan hiuksen paksaus. Nuppineulan metallinen nuppi käsittää n. 20 000 000 atomia.

Koko *atomirakenne* muistuttaa huomattavasti aurinkokuntaamme. Jokainen atomi muodostaa pienen »aurinkokunnan». Keskuksen, »aurion», muodostaa atomisydän eli -ydin, jolla on positiivinen sähkövaraus. Sitä ympäröivät »planeetat», elektronit, omaavat sitä vastoin negatiivisen varauksen. Koska positiivinen

ja negatiivinen sähkö ovat atomissa keskenään tasapainossa, ne eivät vaikuta ulospäin. Vastakkaisesti varautuneet atomin eri osat vetävät toisiaan puoleensa, mutta »planeettojen» elektronien suuren kiertonopeuden ansiosta pitää keskipakoisvoima ne erillään, niinkuin maapallo suuren kiertonopeutensa ansiosta pystyy vastustamaan auringon vetovoimaa.



Kuva 1.  
Atomi ja sen osat.

Atomit liikkuvat vuorostaan tiettyjä ratojaan molekyylin sisällä.

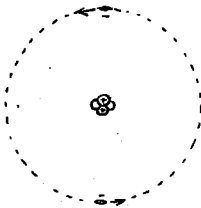
Atomin eri osien keskinäistä suhdetta kuvaa parhaiten seuraava esimerkki. Jos atomin voisi suurentaa niin isoksi, että sen halkaisija olisi 100 m, ei sen ydin olisi jalkapalloa suurempi. Atomi käsittää niin ollen suurimmaksi osaksi tyhjää tilaa. Ydin käsittää vain noin kymmenestuhannesosan atomin halkaisijasta, alkuaineesta riippuen. Niinpä atomin ydintä on kuviteltu niin tiheäksi ainekasautumaksi, että nuppineulan pään suuruinen kappale sellaista ainetta painaisi yli 1 000 tonnia.

Aikaisemmin atomeja pidettiin jakamattomina, materian pienimpinä osina, joista maapallon alkuaineet oli kokoonpantu. Vuosien mittaan on kuitenkin saatu yhä selvempi käsitys atomin rakenteesta. Nykyisen atomifysiikan mukaan atomiin kuuluu kuusi perushiukkasta eli -osasta, »partikkelia». Nämä ovat: protoni, neutroni ja elektroni, jotka ovat atomin pysyväisiä

perusosia, sekä edellisten lisäksi neutrino, positroni ja mesotroni.

Kaikki muut, paitsi neutrinohiukkanen, on kokeellisesti voitu todeta, mutta v. m. teoreettisesti päätellen on oletettu olevan. Näiden lähempi tarkastelu ei aiheen käsittelyn kannalta ole kuitenkaan tarpeen. Mainittakoon vain, että mesotroneja eli raskaita elektroneja esiintyy erityisesti kosmellisessa säteilyssä.

Maapallon jokaisella g:lla alkuaineella on oma atominsa, jossa on ydin ja sitä ympäröivä verho eli vaippa.



Helium-atom  
Atomiluku = 2  
Atomipaino 4,003

Kaksi elektronia, paino = 0,001  
varaus = -2

Kaksi protonia, paino = 2,016  
varaus = + 2

Kaksi neutronia, paino = 2,018  
varaus = 0

Kuva 2.  
Tyypillinen atomi.

Yksi tai useampi protoni ja neutroni muodostavat atomiytimen. Sähkövaraukseltaan protoni on positiivinen, neutroni ja elektroni negatiivinen (ks. kuvat 1 ja 2). Melkein ole mattomien etäisyyksien vuoksi on eri osasten keskinäinen sitövä vetovoima toisiinsa tavattoman suuri atomiytimessä, kumoten positiivisten hiukkasten keskinäisen työntövaikutuksen.

Melkein painottomat mutta tavattoman nopeat, lähes valon nopeudella atomiytimen ympäri kiertävät elektronit muodostavat atomin vaipan. Kaikilla elektroneilla on yhtä suuri massa sekä yhtä suuri negatiivinen sähkövaraus. Koska atomi on ulospäin sähköisesti neutraali, täytyy ytimessä olevan positiivisen varauksen olla yhtä suuri kuin elektronien yhteenlaskettu negatiivinen varaus vaipassa. Kemiallisissa reaktioissa, kuten palamisilmiöissä, elektronivaipan energia muuttuu.

### Atomipaino ja massavajaus.

Joka atomilla on oma *atomipainonsa*, jonka perusyksiköksi on valittu  $\frac{1}{16}$  hapen atomipainosta, jolloin vedyn atomipainoksi on saatu noin 1 ja hapen siten 16.

Kaikissa atomeissa (vetyatomia lukuunottamatta, josta puuttuu neutroni) on siis kolme perusosaa: protoni, neutroni ja elektroni. Kun vetyatomissa, jonka atomipaino on noin 1, on vain protoni- ja elektronihiukkanen, ja kun viimeksi mainitun paino on niin äärettömän pieni,  $\frac{1}{1826}$  protonin painosta, ettei sitä käytännössä tarvitse ottaa huomioon, voidaan protoninkin painona pitää 1:tä. Kun neutroni on suunnilleen protonin painoinen, senkin paino on siis 1. Suoritetuilla kokeilla on kuitenkin todettu, että ytimen massa (atomipaino) on hieman pienempi kuin sen protonien ja neutronien yhteenlaskettu massojen tarkka summa (atomin massaluku). Tämä erotus, »massavajaus», ilmaisee, paljonko massaa häviäisi tai muuttuisi energiaksi, jos erillisistä protoneista ja neutroneista onnistuttaisiin kokoamaan samanlainen ydin. Massavajaus ilmoittaa myös, paljonko energiaa tarvitaan, jotta ydin voitaisiin hajoittaa erillisiksi protoneiksi ja neutroneiksi.

### Atomnumero.

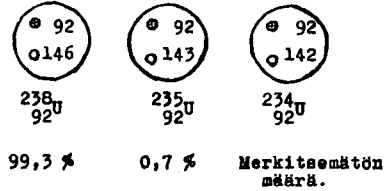
Atomnumero ilmaisee protonien lukumäärän atomytimessä taikka myös elektronien lukumäärän vaipassa. Alkuaineet on järjestetty juuri atominumerojärjestyksen mukaan. Niin ollen esim. vedyn — yksinkertaisimman lajissaan ja keveimmän alkuaineen — ydintä (jossa on yksi ainoa protoni) kiertää yksi elektroni. Seuraavan, heliumatomin ytimen muodostaa kaksi protonia ja kaksi neutronia, ja sen ydintä kiertää kaksi elektronia. Uraanin ytimessä on 92 protonia ja 146 neutronia ja sitä kiertää 92 elektronia; sen atominnumero on siis 92. Se onkin raskain alkuaineista. *Atomipaino* seuraa suhteellisesti atominumeroa.

### Isotoopit.

Tiedemiehet ovat huomanneet, että alkuaineella saattaa olla atomeja, joilla on erilainen massa. Tällöin alkuaineella on useita

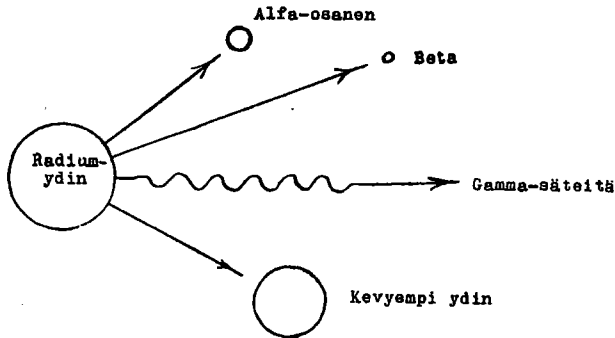
*isotooppeja*, millä tarkoitetaan, että ytimessä on sama määrä protoneja mutta neutronien lukumäärä vaihtelee, ts. on atomeja, joilla on sama kemiallinen ominaisuus mutta erilaisia atomipainoja (ks. kuva 3).

Alkuaine tunnetaan siitä, ettei sitä voida hajoittaa tavallisella kemiallisella reaktiolla. Niiden joukossa esiintyy kuitenkin kahta eri lajia isotooppeja, nk. *pysyvät isotoopit*, joilta puuttuu aktiivisuus, sekä *radioaktiiviset isotoopit*, jotka hajoavat itsestään muodostaen säteilyn kautta uusia keveämpiä atomeja tai niiden osia. Radioaktiivisimpiin alkuaineisiin kuuluvat järjestelmän painavimmat metallit kuten radium ja uraani, joissa ilman ulkoapäin tulevaa vaikutusta ilmenee säteilyä (ks. kuva 4).



Kuva 3.

Isotooppeja. Kemiallisesti samaa ainetta. Atomydin käsittää saman määrän protoneja, mutta eri määrän neutroneja.



Epätasapainossa olevat atomit räjähtävät vapaaehtoisesti ja muodostavat kevyempiä atomeja.

Kuva 4.  
Radioaktiivisuus.

## Radioaktiivisuus.

Tutkittaessa *radioaktiivisuuden* syitä sekä radioaktiivisten aineiden jatkuvan energian lähdettä havaittiin säteilyn muodostuvan kolmesta tekijästä, nimittäin  $\alpha$ -,  $\beta$ - ja  $\gamma$ -säteistä.

$\alpha$ -säteet ovat heliumytimiä, joissa on positiivinen varaus.  $\alpha$ -osanen lentää suoraviivaisesti melkein puolella valon nopeudella.

$\beta$ -säteet ovat elektroneja, joilla on siis negatiivinen varaus. Nämä säteet muistuttavat lähinnä katodisäteitä (negatiivisella sähköllä varattujen hiukkasten muodostamia suihkuja), niiden eteneminen on suoraviivaista pystyen kulkemaan hienojen ainekerrosten, vieläpä metallienkin läpi nopeudella, joka on huomattavasti suurempi kuin puolet valon nopeudesta.

$\gamma$ -säteet muistuttavat röntgensäteitä, mutta ovat paljon läpäisevämpiä ja kovempia kuin kovimmat röntgensäteet. Tästä johtuu mm., että niitä käytetään lääketieteellisenä parannuskeinona, koska ainoastaan nämä pystyvät tunkeutumaan kyllin syvälle ihmisen elimistöön. Ne saavuttavat myös tavattoman nopeuden (valon nopeuden) ja pystyvät läpäisemään paksujakin metallilevyjä. Säteiden eteneminen on suoraviivaista, eivätkä edes magneettikentätäkään pysty poikkeuttamaan niitä.

Säteily johtuu siitä, että kaikkien raskaiden atomien ytimet eivät ole tasapainossa. Ne ovat muutoksen alaisia ja sinkoavat itsestään erilaisia osia saavuttaakseen tasapainotilansa. Tämä aineenmuutos — alkuaineen atomin jakautuessa toiseksi atomeiksi — tapahtuu atomiytimessä hajoamisen, jakautumisen tai räjähdysten kautta. Näin vapautuva energia ilmenee hajoamistuotteiden liike-energiana, valona ja lämpönä.

### Keinotekoinen radioaktiivisuus ja atomin särkeminen.

Jotta voitaisiin käyttää hyödyksi atomien energian suunnatonta voimaa, täytyy atomiytimiä koettaa keinotekoisesti särkeä, jolloin osa energiasta vapautuu. Atomin ytimessä tapahtuvaa reaktiota ei saa sekoittaa kemialliseen reaktioon, jossa muutos tapahtuu reaktioon osallistuvien atomien elektronivaipassa. Ytimen reaktiossa sitä vastoin alkuaine muuttuu toiseksi alkuaineeksi.



Usein näissä ydinreaktioissa muodostuu ytimiä, jotka eivät ole tasapainossa ja jotka siten tulevat *keinotekoisesti radioaktiivisiksi*. Tällä tavoin on onnistuttu saamaan radioaktiivisia isotooppeja kautta alkuainejärjestelmän.

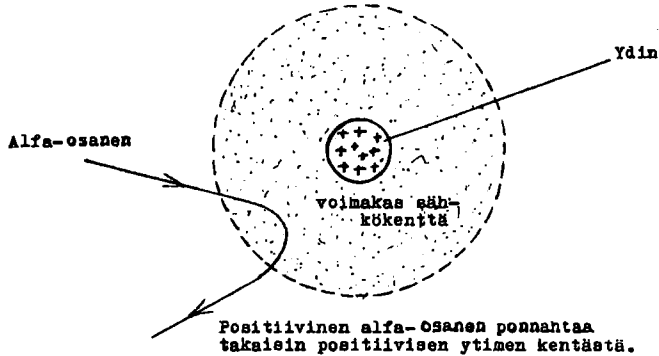
Tämä osoittaa, että maapallon kaikkien alkuaineiden atomit ovat mahdollisesti joskus olleet epästabiileja ja niin ollen radioaktiivisia. Ei tarvitse siis muuta kuin uudelleen häiritä niiden tasapainotilaa, ja atomit ovat keinotekoisesti jälleen tulleet radioaktiivisiksi. Nämä keinotekoisesti radioaktiiviset aineet käyttäytyvät täsmälleen samalla tavoin kuin luonnollisetkin radioaktiiviset aineet.

Keinotekoinen ytimen särkeminen — aineen muutos ja radioaktiivisuus — aikaansaadaan tieteellisissä tutkimuksissa erikoisilla säteilylähteillä, ns. »atomikanuunoilla». Näillä »ammutaan» tai »pommittetaan» tiettyjen aineiden atomiytimiä erinäisillä »partikkeleilla» eli osasilla, nimittäin  $\alpha$ -osasilla, protoneilla, deutero-neilla (raskas vety) sekä neutroneilla.

Ensimmäinen ehto reaktion syntymiseen atomiytimessä on, että »ammuntaan» käytetyillä sähköisesti varatuilla osasilla on tarpeeksi suuri nopeus. Toinen ehto on, että osanen kohdistuu atomiytimeen. Tämä on erittäin vaikeata, koska atomiydin käsittää ainoastaan murto-osan atomin tilavuudesta. Tästä huolimatta on onnistuttu saamaan ydinreaktioita. Sillä on onnistuttu aikaansaamaan tehokkaita osaslähteitä, jotka lähettävät lukuisia osasia sekunnissa, antaen niille suuren nopeuden. Kun tällainen osanen syöksyy atomivaippon läpi, se aikaansaa varatun osasen ja elektronien kesken voimakkaan jännitteen. Tämä johtaa usein siihen, että jokin elektroni tulee töytäistyksi ulos vaipasta. Osasen jatkaessa matkaansa atomiydintä kohti on sen nopeus usein alentunut niin paljon, ettei se enää pysty saavuttamaan ydintä, sillä osaset ovat sähköisesti positiivisia kuten ytimetkin. Niiden välillä on siis voimakas poistyöntävä voima (ks. kuva 5). Ainoastaan siinä tapauksessa, että osasella on tarpeeksi suuri nopeus, se pystyy voittamaan poistyöntävän voiman sekä tunkeutumaan ytimeen.

Positiivinen sähkövaraus ytimessä kasvaa atominumeron mukaan. Sen tähden raskaiden atomiytimien pommittaminen sähköisesti varatuilla osasilla on erittäin vaikeata.

Neutronit ovat ilman sähkövarausta eivätkä niihin niin ollen vaikuta työntövoimat ytimen taholta, päinvastoin vetovoima. Sentähden neutronit ovat hitaista osasista ainoat, jotka pystyvät tunkeutumaan raskaiden atomien ytimeen. Ne ovat myös selvästi tehokkaimmat niistä osasista, jotka tulevat kysymykseen atomiytimiä pommitettaessa, mutta niitä ei esiinny vapaasti luonnossa, paitsi kosmellisissa säteissä.



Kuva 5.  
Ytimen pommittaminen atomiosasilla.

Neutroneja voidaan kuitenkin saada irtautumaan eräissä ydinreaktioissa niin, että ne vuorostaan vaikuttavat raskaiden atomien ytimeen aikaansaaden siellä reaktion. Ydinreaktiossa vapautuvien ja ytimensä jättävien neutronien liike-energia on hyvin suuri.

Mutta koska sitä vastoin hitailla neutroneilla on suuri kyky tunkeutua uraani- ja plutoniumytimiin ja aikaansaada niiden jakautuminen, täytyy neutronien liian suurta liike-energiaa vähentää. Tämä aikaansaadaan siten, että neutronilähde ympäröidään tietyillä aineilla, sellaisilla kuin raskas vety, vesi, parafiini ja grafiitti. Kun neutronit törmäilevät näiden aineiden atomeihin, niiden nopeus pienenee halutunlaiseksi.

### Säteilylähteet.

Tieteellistä atomintutkimusta varten on konstruoitu erikoisia säteilylähteitä. Niiden tehosta riippuu säteilyn voimakkuus, jolla tarkoitetaan sitä, montako osasta säteilylähde pystyy lähettämään

sekunnissa. Säteilykeskuksia varten oli rakennettava jättiläismäisiä sähkölaitoksia.

Tärkeimpiä säteilylähteitä ovat syklotroni, betatroni ja synkrotoni. Periaatteena on, että sähköisesti varatut osaset ohjataan syklotroniin, missä ne voimakkaan magneettikentän ja vaihtovirran vaikutuksesta joutuvat kiihtyvään pyörivään liikkeeseen spiraalin muotoista rataa myöten, saaden täten tavattoman nopeuden syöksyessään ulos syklotronista. Amerikassa olevassa syklotronissa on deuteronin liike-energiaksi saatu 16 milj. elektronvolttia (MEV) ja  $\alpha$ -osasilla kaksinkertainen määrä. Mainittakoon, että parhaillaan<sup>1</sup> on Amerikassa rakenteilla uusi jättiläissyklotroni, jonka painoksi tulee 4 000 tn. Se pystyy kehittämään deutoneilla nopeuden, joka vastaa 200 milj. elektronvolttia, ja  $\alpha$ -osasilla 400 milj. el.voltia. Myöskin Ruotsissa on atomintutkimus erittäin laajalla pohjalla. Parhaillaan<sup>1</sup> siellä on rakenteilla syklotroni, josta tulee huomattavasti suurempi kuin aikaisemmin Amerikassa käytännössä ollut (joka pystyi aikaansaamaan 20 MEV). Ruotsalaisen syklotronin tehoksi sitä vastoin tulee 40 MEV.

Betatronissa on erilaisia magneettikenttiä, joissa elektronit liikkuvat ympyrän kehällä saaden nopeuden, joka lähentelee valon nopeutta.

Synkrotoni on edellisten välimuoto. Sillä saadaan miljardin elektronvoltin energia, joka lähentelee kosmisten säteitten energiaa. Tällä laitteella toivotaan voitavan hajottaa mm. atomiytimen osia, kuten protoneja ja neutroneja, sekä tutkia kosmisten säteitten osia, kuten esim. mesotroneja.

Viimeisin huuto, elektroniakseleraattori, voi aikaansaada 1 000 milj. voltin jännityksiä. Ulkonäöltään se muistuttaa jättiläiskanuunaa, jonka pääosana on valtava pyörivä sylinteri.

Näiden koneiden käyttö on yksinomaan tieteellistä laatua. Aineiden massavalmistukseen niitä sen sijaan ei voida käyttää, koska pienenkin määrän valmistus kestäisi vuosia, vuosikymmeniä, jopa -satoja.

Edellä mainittujen koneiden etuna on se, että niitä käytettäessä voidaan helposti valikoida osalaji ja säännöstellä osasten nopeus. Säteilyn voima saadaan niille riittävän suureksi ja sitä paitsi ne ovat vapaita  $\gamma$ -säteistä, jotka ovat yleensä suurena haittana muissa menetelmissä.

<sup>1</sup> 1948.

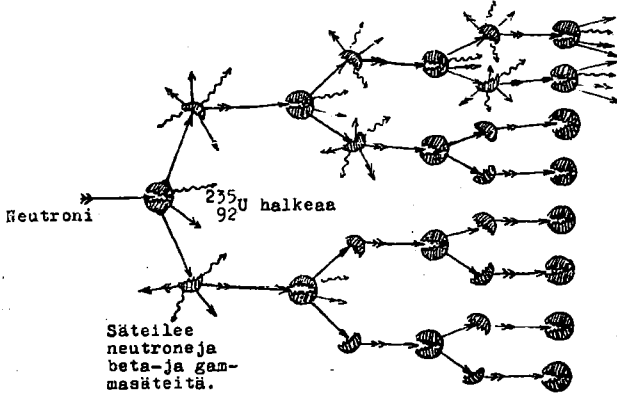
### Ydinreaktio.

Kun osanen sattuu ytimeen, sen energia siirtyy amerikkalais-ten väitteiden mukaan osittain ytimen lähimpiin osasiin. Niistä taas energia vuorostaan siirtyy edelleen naapuriosasiin. Näin ytimeen tullut ylimääräinen energia vähitellen jakautuu ytimen kaikkien hiukkasten osalle. Mutta nyt ei ydin ole enää tasapainossa, vaan törmäyksiä tapahtuu osasten kesken, aikaansaaden alituista vaihtelua ylimääräisen energian jakaantumisessa. Jossakin tilanteessa tämä voi huipentua johonkin ytimen pinnalla olevaan osaseen, ja jos liike-energia on tarpeeksi suuri, voi osanen naapuriosasten vetovoimasta ja vaikutuksesta huolimatta irtaantua sekä poistua ytimestä. Jos ydin tämän jälkeen on tasapainossa, ei ole oikeastaan tapahtunut mitään paitsi että  $\gamma$ -säteilyä voi silloinkin syntyä. Ytimeen tullut osanen on tällöin samanarvoinen kuin siitä poistunut.

Jos sitä vastoin lähtevä osanen on erilainen kuin ytimeen tullut, on muutos ytimestä tapahtunut. Ytimeen tulleen ylimääräisen osasen energian suuruudesta riippuu, tapahtuuko ytimestä energian aaltoliikettä eli resonanssi-ilmiötä vai ei. Tästä resonanssi-ilmiöstä riippuu, lähteekö ytimestä yksi tai useampia osasia, tai tapahtuuko suorastaan ytimen jakautuminen. Sitä paitsi, kun osanen tunkeutuu atomiytimeen, muuttuu  $1/1100$  sen massasta liike-energiaksi, joka ilmenee usein esim. säteilynä. Energian liikemäärä aikaansaa niin ollen neutronin, protonin,  $\alpha$ -osasen tai  $\gamma$ -säteilyn irtaantumisen ytimestä.

Tutkittaessa luonnon raskainta alkuainetta, uraania, huomattiin sen olevan tärkeä raaka-aine atomien energian lähteenä, sillä sen atomiytimen todettiin jakautuvan suhteellisen helposti hitaan neutronin vaikutuksesta. Se ei kuitenkaan sellaisenaan kelvannut tarkoitukseen, mutta oli tärkeänä raaka-aineena eräälle toiselle uraanilajille sekä uudelle keinotekoiselle aluaineelle, plutoniumille. Tutkimuksissa havaittiin uraania olevan kolmea eri isotooppia, joiden massaluvut ovat  ${}_{92}^{238}\text{U}$ ,  ${}_{92}^{235}\text{U}$  ja  ${}_{92}^{234}\text{U}$ . Tavallisin on  ${}_{92}^{238}\text{U}$ , siinä on 92 protonia ja 146 neutronia — atomipaino on siis 238. Luonnossa tätä esiintyy 99,3 % ja  ${}_{92}^{235}\text{U}$ :ta ainoastaan 0,7 %;  ${}_{92}^{234}\text{U}$  on hyvin harvinainen.

Suorittamiensa laskelmien perusteella tiedemiehet uskoivat nyt varmasti, että uraaniatomien jakautuminen aiheuttaisi sarjareaktioita ja uraani tuhoutuisi hirvittävästi räjähtäen. Mutta näin ei tapahtunut. Pian selvisi, että sarja räjähdysmäisiä reaktioita saataisiin syntymään ainoastaan, jos käytettäisiin puhdasta  ${}^{235}_{92}\text{U}$ :ta.



Kuva 6.  
Ketjureaktion periaate.

Radioaktiivinen  ${}^{235}_{92}\text{U}$  saattaa reaktiosarjan alkuun ja jatkaa sitä, jota vastoin  ${}^{234}_{92}\text{U}$  ja  ${}^{238}_{92}\text{U}$  pysäyttävät jo alkaneen reaktion.

Kun hidas neutroni iskee  ${}^{235}_{92}\text{U}$ :n atomiytimeen, viimeksi mainittu jakautuu kahdeksi uudeksi atomiksi, joiden massaluvut voivat olla esim. 140 ja 96, ja sen jälkeen vapautuu 1–3 neutronia, jotka sinkoutuvat reaktiokeskuksesta suurella nopeudella (n. 30 000 km/sek.). Syntyneet uudet atomit ovat kaasumaisessa tilassa, epästabiileja ja voimakkaasti radioaktiivisia, ja lisäksi niille jää vielä varsin paljon ylimääräisiä neutroneja. Tästä aiheutuu pitkä sarja säteilyjä ja muodonmuutoksia ennen kuin atomit saavuttavat lopullisen tasapainotilan. Siinä yhteydessä reaktiokeskuksesta sinkoutuu lisäksi neutroneja ja muitakin osasia suurella voimalla. Tässä jakautumisprosessissa n. tuhannesosa (tarkemmin sanottuna  $\frac{1}{1100}$ ) ytimen massasta muuttuu energiaksi, joka ilme-

nee säteilynä ja ulos sinkoutuvien osien liike-energiana. Vaikka vain näin pieni osa massasta muuttuu energiaksi, on vapautunut energiamäärä siitä huolimatta suunnaton. On laskettu, että jokaisen atomiytimen jakautuessa vapautuva energiamäärä vastaa 200 milj. elektronvolttia.

Osa uraaniytimen jakautumisen kautta vapautuneista neutroneista pommittaa toisten atomien ytimiä, ja näin jatkuu jakautuminen räjähdyksmäisellä nopeudella (ks. kuva 6). Tällä tavoin syntyy sarjaprosessi eli *ketjureaktio*, jota voi kuvitella uraanin palamiseksi. Näin jokaisessa osareaktiossa vapautuneet energiamäärät muodostavat *atomienergian*, joka nousee valtavan suureksi.

Kuten jo mainittiin  $^{238}_{92}\text{U}$  ei sovellu atomienergian lähteeksi, sillä neutroni aikaansaa harvoin sen ytimen jakautumista, vaan sen sijaan se suorastaan nielee neutroneja ja siten pysäyttää jakautumisprosessin. Tämän välttämiseksi on käytettävä puhdasta  $^{235}_{92}\text{U}$ :ta. Se jakautuu sekä hitaiden että myös nopeiden neutronien vaikutuksesta. Jos sitä on tarpeeksi suuri määrä, pääsee ketjureaktio jatkumaan. Sen alkuunpanemiseksi tarvitaan ainoastaan muutama neutroni — esim. kosmillisista säteistä harhautuneen neutronin osuminen uraanimassaan. Sen jälkeen ketjureaktio jatkuu yhä kasvavalla nopeudella ja tuloksena on räjähdys.

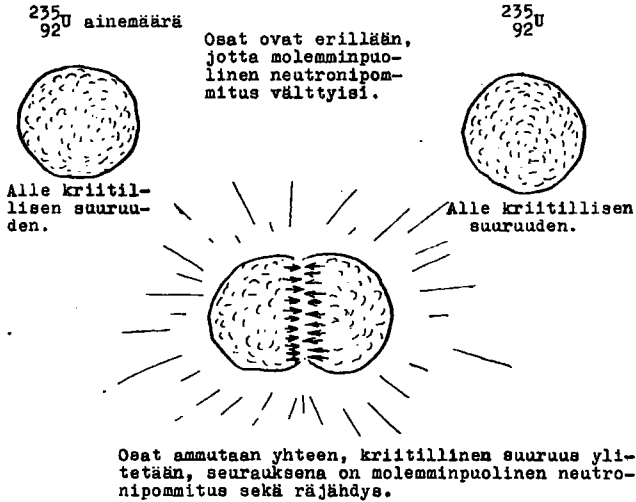
### **Reaktiokerroin, kriittinen suuruus ja itsenäinen ketjureaktio.**

Tietyllä hetkellä jakautumisprosessin aikana on syntynyt tietty määrä uusia neutroneja, olettakaamme esim. 100. Osa näistä joutuu harhateille, mutta osa, esim. 40, kohdistuu vielä jakautumattomien atomien ytimein aiheuttaen niiden jakautumisen. Jos tällöin syntyy jälleen 100 uutta neutronia, muodostuu jakautumisprosessista ketjureaktio. Sitä lukua, joka saadaan, kun syntyneiden neutronien lukumäärä jaetaan alunperin vapaina olevien neutronien lukumäärällä, sanotaan *reaktiokertoimeksi*.

Jotta ketjureaktio olisi mahdollinen, tulee reaktiokertoimen olla vähintään 1. Jos kerroin on 1 tai vain vähäisen suurempi,

tapahtuu reaktio hitaasti, mutta sen suuretessa reaktio kiihtyy räjähdysmäiseksi.

Neutroni, joka ei ole osunut minkään atomin ytimeen, voi jo sinkoutua ulos koko hajoitettavasta uraanikappaleesta. Tämän estämiseksi kappale tehdään sen muotoiseksi, että sen pinta tulee



Kuva 7.  
Atomiräjähdyksen periaate.

mahdollisimman pieneksi, ts. pallon muotoiseksi. Täten koetaan saada neutronihäviö niin pieneksi kuin suinkin. Toiselta puolen mitä suurempi pallo on, sitä varmemmin myös neutronit sen sisällä pysyvät. Sen vuoksi kappale ei saa olla määrättyä rajaa pienempi, koska neutronihäviö tulisi niin suureksi, että reaktion jatkuvaisuus vaarantuisi. Tästä kappaleen kriittisestä arvosta ei ole tietoja julkaistu, ja se onkin eräs atomipommin salaisuuksista, mutta se lienee  $^{235}_{92}\text{U}$ :lla ja plutoniumilla 1:n ja 100:n kg:n välillä, ehkäpä n. 1–40 kg:aan.

Keinotekoisien alkuaineen plutoniumin atomiydin jakautuu yhtä helposti kuin  $^{235}_{92}\text{U}$ :n, mutta raskaammasta plutoniumista saadaan vielä suurempi atomienergia (ks. kuva 7).

Amerikkalaisten tietojen mukaan on myös muiden alkuaineiden atomeja onnistuttu jakamaan. Kuitenkin on huomattu, että atomiytimiä, joiden massaluku on alle 100, ei toistaiseksi ole onnistuttu jakaa.

Atomien energian kehittämiseksi tarpeellinen *itsenäinen ketjureaktio* voidaan aikaansaada kahdella eri tavalla. Jos puhdasta uraanin isotooppia  ${}_{92}^{235}\text{U}$  on riittävän suuri määrä ja jakautuminen saadaan alkuun, reaktio jatkuu edelleen kiivaasti, räjähdysmäisesti. Jos taas rakennetaan erityinen laite, uraanimiilu, jossa uraani pannaan reaktioprosessia hillitsevän aineen, moderaattorin sekaan, aikaansaadaan uraanissa hidas, jatkuva ketjuprosessi. Viimeksi mainittua tapaa käytetään esim. plutoniumin valmistukseen.

### ${}_{92}^{235}\text{U}$ :n valmistus.

Kuten jo alussa mainittiin  ${}_{92}^{235}\text{U}$ :ta on vain 0,7 % uraanimalmissa. Sen erottaminen siitä on hyvin vaivalloista ja suuritöistä. Se on mahdollista melkein vain fysikaalisin keinoin. Menetelmä perustuu siihen, että  ${}_{92}^{235}\text{U}$  on kevyempi kuin  ${}_{92}^{238}\text{U}$ , joten menetelmissä kevyempi koetetaan erottaa raskaammasta. Menetelmistä mainittakoon termodiffuusio-, kaasusuodatus-, keskipakois- ja sähkömagneettinen menetelmä.

Uraani on hyvin harvinaista ja vaikeasti saatavissa olevaa ainetta. Suurimmat uraanimalmiesiintymät ovat nykyisin Belgian Kongossa ja Kanadassa, pienempiä määriä on löydetty muualtakin, mm. Ruotsista, Norjasta, Grönlannista ym.

### Plutoniumin valmistus.

Plutonium on tiedemiesten keksimä uusi keinotekoinen alkuaine, jonka massaluku on vieläkin suurempi kuin yleisimmän uraanin isotoopin  ${}_{92}^{238}\text{U}$ :n, nimittäin 239. Sitä syntyy uraanin



ydinreaktioprosessin yhteydessä. Tämä tapahtuu uraanimiilussa, johon raaka-aineeksi on pantu  ${}_{92}^{238}\text{U}$ :ta ja siihen sekoitettu  ${}_{92}^{235}\text{U}$ :ta samassa suhteessa kuin sitä on luonnon uraanimetallissa. Lisäksi miiluu pannaan muitakin aineita, kuten esim. moderaattoriksi grafiittia hillitsemään prosessia. Plutoniumia syntyy miilussa kehitysprosessin kautta. Reaktio on seuraavanlainen.

${}_{92}^{238}\text{U}$ :n ydin vangitsee  ${}_{92}^{235}\text{U}$ :n jakautumisen kautta singonneen neutronin, jolloin syntyy uusi isotooppi  ${}_{92}^{239}\text{U}$ . Tämä sinkoaa vuorostaan ulos elektronin, jolloin yksi neutroneista muuttuu protoniksi. Seurauksena on uusi ydin ja samalla uusi atomi, neptunium, jonka atominumero on 93. Tämä on radioaktiivinen ja sinkoaa jälleen elektronin sekä  $\gamma$ -säteen, jolloin muodostuu plutoniumdyin. Plutoniumin atominumero on 94. Prosessi kestää 2 vrk.

Plutoniumia voidaan valmistaa myös syklotronilla, mutta saadut määrät ovat niin häviävän pieniä, että tätä menetelmää voidaan käyttää vain valmistettaessa plutoniumia tieteellistä tutkimusta varten.

Plutoniumia valmistuu niin ollen uraanimiilussa ikään kuin sivutuotteena. Sen ominaisuuksista on huomattava, että neutronilla on samanlainen kyky jakaa sen atomeja ja aiheuttaa siinä ketjureaktion kuin  ${}_{92}^{235}\text{U}$ -isotoopissakin.

Uraanimiilut ovat suuria rei'illä varustettuja grafiittilaitteita. Reikiin asetetaan uraanimetallisauvat alumiinipäällysteisinä. Reaktiossa syntyvät suuret lämpömäärät sidotaan vedellä, jota taukoamatta pumpputaan uunien läpi.

Jokainen »uuni» hoitaa itse itsensä. Sen tulee kuitenkin olla niin konstruoitu, että ketjureaktio jatkuu tasaisesti sammumatta taikka kiihtymättä räjähdykseksi. Grafiitti toimii neutronien jarruttajana sitomatta niitä kuitenkaan itseensä. Uunin valvontalaitteiden täytyy olla erittäin herkkiä ja luotettavia.

Reaktion tuloksena syntynyt energia ilmenee selvimmin suurena kuumuutena, joka nousee näissä uuneissa suunnattomaksi. Amerikkalaisten tehtaiden jäähdyttämiseen käytettiin Columbia- ja Colorado-jokien vettä, ja kerrotaan että niiden veden lämpö

kohosi siitä varsin huomattavasti. Suuren radioaktiivisen säteilyn takia tehtaiden täytyy olla kauko-ohjattuja sekä lyijyseinillä ja maa- tai betonivalleilla suojattuja.

Edellä mainitut miilut voivat ensi kädessä tulla kysymykseen, jos halutaan käyttää atomienergiaa tekniikan palvelukseen lämpö- ja voimalähteenä. Sivutuotteena saataisiin silloin plutoniumia.

Tällä hetkellä<sup>1</sup> pystynevät amerikkalaiset jättiläismäisissä tehtaissaan valmistamaan päivittäin n. 4 kg  $^{235}_{92}\text{U}$ :ta ja 10 kg plutoniumia, siis yhteensä 14 kg vuorokautta kohti. Tästä saa jonkinlaisen käsityksen siitä kuinka vaikeata on saada näitä aineita, vaikka valmistukseen käytetään tonneittain raaka-aineita.

### III. Atomipommi.

Jo 1939 eräiden maiden tiedemiehet olivat ilmoittaneet sotilasviranomaisilleen atomitutkimusten tulleen sellaiseen vaiheeseen, että oli olemassa teoreettiset edellytykset aikaansaada sellainen radioaktiivisten aineiden muodostama suunnaton energialähde, jossa aineiden atomiydinten hajoamiset saataisiin tapahtumaan niin nopeasti, että energia vapautuisi melkein valon nopeudella. Oli varsin luonnollista, että tämä herätti ennen kaikkea suurvaltojen huomiota ja mielenkiintoa. Syntyi ainoalaatuinen kilpajuoksu sotaikäyvien maiden välillä kysymyksen ratkaisemiseksi käytännössä. Pidettiin selvänä, että sille, joka ensimmäisenä kykenisi käyttämään tätä suunnatonta energialähdettä sotilaallisena voimatekijänä, aukenisi mahdollisuus sanella vastustajalleen rauhanehdot. Kuten kaikki tiedämme, onnistui ainoastaan Pohjois-Amerikan Yhdysvaltojen toteuttaa tämä rakentamalla atomipommi.

Minkälainen on tällaisen energialähteen lopullinen yksityiskohtainen rakenne sekä miten pommi on konstruoitu, on toistaiseksi salaisuus, jota amerikkalaiset eivät ole paljastaneet. Kuitenkin voidaan esitettyjen tietojen perusteella tehdä pommin rakenteesta sekä siinä käytetyistä aineista tiettyjä johtopäätöksiä.

<sup>1</sup> 1948.

### Atomipommin energialähde.

Ainoa ydinreaktiolaji, joka toistaiseksi tulee atomipommissa lähinnä kysymykseen, on jakautumisprosessi, ja ainoat tähän asti tunnetut aineet, jotka parhaiten soveltuvat tähän, ovat puhdas uraanin isotooppi  $^{235}_{92}\text{U}$  taikka plutonium yhdessä eräiden muiden ketjureaktiota edistävien aineiden kanssa, koska vaatimuksena on reaktion nopeus ja täydellisyys.

Edellä on käynyt ilmi, että jakautumismateriaalin massan täytyy ylittää määrätty raja-arvo, jotta jakautuminen jatkuisi ketjureaktiona. Myös ainemassan muoto vaikuttaa tähän raja-arvoon, sillä reaktiokerroin tulee helposti pienemmäksi kuin 1, jos liian monta neutronia pääsee häviämään aineen pinnasta.

Tätä jakautumismateriaalin raja-arvoa eli kriittillistä suuruutta voidaan kuitenkin jonkin verran alentaa ympäröimällä jakautumismateriaali aineella, joka heijastaa jakautumismateriaalista sinkoutuvat neutronit takaisin. Tällaisen aineen käyttämisellä on toinenkin etu. Neutronin suuri liike-energia hidastuu nopeammin neutronien törmätessä tällaisen aineen kevyihin atomeihin ja atomiytimiin kuin niiden törmätessä raskaisiin uraaniatomeihin, reaktionopeuden ja -täydellisyyden siten edistyessä. Sillä vain hitaat neutronit aikaansaavat varmasti ytimien jakautumisen. Edellisestä johtuen ei itse räjähdys voi olla silmänräpäyksellinen, vaan se kestää joitakin sekunnin miljoonasosia, koska neutronien suuren nopeuden tulee ensin hidastua, jotta reaktio voisi alkaa.

Materiaalin kriittisestä suuruudesta johtuu, että atomipommia ei voida tehdä miten pienikokoiseksi tahansa, koska sitä ei saataisi räjähtämään. Varmasti onkin ollut erittäin vaikeata ratkaista, kuinka suurta uraani- taikka plutoniummäärää on käytettävä, jotta ketjureaktio tulisi niin täydelliseksi kuin mahdollista. Toiselta puolen on pommia konstruoitaessa ollut otettava huomioon, että räjähdys ei pääse tapahtumaan ennenaikaisesti.

Eräs mahdollisuus estää jakautumismateriaalin ennenaikainen räjähdys on jakaa ainemäärä kriittillistä suuruutta pienempiin osiin ja sijoittaa osat riittävän etäälle toisistaan taikka sitten eristää osat toisistaan esim. kadmiumlevyillä, jotka sitten tarpeen tullen voitaisiin sopivin keinoin poistaa, vaikkapa jotakin taval-

lista räjähdysainetta käyttäen. Kolmas mahdollisuus, vaikkakin vähiten todennäköinen, on se, että ainemäärälle annetaan niin epäedullinen muoto, ettei itsenäinen ketjureaktio ole mahdollinen. Pommin jakautumismateriaalin täytyy niin muodoin olla jaettuna pienehköihin alle kriittisen suuruuden oleviin osiin, jotka halutulla hetkellä voidaan saattaa nopeasti toistensa yhteyteen, joten räjähdys on taattu. Miten tämä tapahtuu, on atomipommin huomattavin salaisuus.

Jälkimmäisessä menetelmässä täytyy aineen epäedullinen muoto puristaa nopeasti kokoon pallon muotoiseksi, samalla kun aine ympäröidään vaipalla, joka heijastaa irralliset neutronit takaisin.

On erittäin tärkeätä, että jakautumismateriaali saa täysin kiinteän muodon ennen räjähdystä. Jos räjähdys alkaa ennen kuin eri osat ovat kiinteästi koossa, saa jakautumismateriaali jo heti alussa liian suuren tilavuuden ja seurauksena on, että alle kriittistä suuruutta olevia kappaleita sinkoutuu ulos ja reaktio jää epätäydelliseksi. Tämän takia on jakautumismateriaali saatettava kiinteään kokoon mahdollisimman silmänräpäyksellisesti. Tämä on ollut esitettyjen tietojen mukaan eräs atomipommin vaikeimpia probleemoja. Jotta pommi tulisi niin tehokkaaksi kuin mahdollista, on jakautumisprosessi sen vuoksi pyrittävä tekemään mahdollisimman täydelliseksi.

Pommin tehoa voidaan kohottaa siten, että lisätään reaktionopeutta yrittämällä estää alkaneen ketjureaktion liian aikainen pysähdys sekä pyrkimällä pitämään jakautuva materiaali koossa mahdollisimman myöhäiseen hetkeen saakka. Tämän aikaansaamiseksi sekoitetaan jakautumismateriaaliin sopivia lisäaineita.

Amerikkalaiset tiedot eivät lähemmin selosta jakautumismateriaalin yksityiskohtaista kokoonpanoa, lukuunottamatta sitä että nykyisissä pommeissa käytetään pääaineena plutoniumia, koska

sitä pystytään valmistamaan suurempia määriä kuin  $^{235}_{92}\text{U}$ :ta ja

koska sen kriittinen suuruus lienee jonkin verran vastaavaa uraanin kriittistä suuruutta pienempi. Lisäksi on plutoniumista vapautuva energiamäärä suurempi. Eräiden tietojen mukaan kuuluu jakautumismateriaaliin todennäköisesti seuraavia aineita:

berylliumia,  
parafiinia,

uraania  $^{235}_{92}\text{U}$  ja

plutoniumia  $^{239}_{94}\text{Pu}$ .

Sekä uraani että plutonium säteilevät  $\alpha$ -osasia. Kun nämä pommittavat avuksi otettua berylliumia, lähtee siitä vuorostaan helposti ja runsaasti neutroneja. Neutronien nopeuden pienentämiseksi niiden annetaan kulkea sopivanpaksuisen parafiinikerroksen läpi. Näin aktiivisten neutronien lisääntyessä vaikutus yhä suurenee ja samalla neutronien nopeus sopivasti pienenee. Kuinka suuri itse jakautumismateriaalimäärä on ja kuinka suuri osa jakautumismateriaalista ehtii ottaa osaa reaktioon («räjähdykseen») ennen kuin reaktiokerroin tulee pienemmäksi kuin 1, ts. ennen kuin reaktio keskeytyy, ei ole toistaiseksi tiedossa. Amerikkalaiset ilmoittivat ensimmäisten pommien tehon vastanneen 20 000 tonnin räjähdysaineen tehoa. Tämä viittaisi siihen, että räjähdykseen käytetty uraani- tai plutoniummäärä olisi n. 1 kg. Eräiden tietojen mukaan olisi kuitenkin näissä pommeissa ainoastaan 5—10 % uraanista tai plutoniumista ehtinyt jakautua, kun taas muu osa pirstoutui tehottomana hukkaan. Sen tähden näiden pommien teho olikin odotettua pienempi. Onkin arveltu, että jakautumismateriaalia on käytetty 1—100 kg, todennäköisimmin n. 40—50 kg.

### Atomipommin todennäköinen rakenne ja toimintaperiaate.

Siitä, minkälainen atomipommin rakenne oikeastaan on, ei ole mitään varmoja tietoja, sillä sehän on eräs atomipommin salaisuudesta. Mutta kaiken todennäköisyyden mukaan sen rakenne on seuraavanlainen: Pääosan muodostaa sylinterimäinen putki, jonka kummassakin päässä ovat jakautumismateriaalin alle kriittisen suuruuden olevat osat. Radioaktiivisen säteilyn estämiseksi tätä sylinteriä ympäröi lisäksi paksu lyijyvaippa. Sylinterin toisessa päässä sijaitsevat pommin laukaisu- ja sytytinlaitteet, jotka määrättyllä hetkellä aikaansaavat eri osien yhtymisen. Näiden laitteiden tarkemmasta mekanismista ei ole tietoja. Pommin laukaisu tapahtuu joko tutka- taikka ilmanpainelaukaisimen avulla niin,

että pommi saadaan toimimaan halutulla korkeudella maanpinnan yläpuolella.

Atomipommin pyrstössä on kaksi laskuvarjoa, jotka hidastavat pommin putoamisnopeutta. Pommille pyritään antamaan niiden avulla suhteellisen hidas putoamisnopeus, jotta pommin pudottanut kone ehtisi tarpeeksi etäälle vaaralliselta alueelta. Se helpottaa myös pommin räjähdyskorkeuden määräämistä (ks. kuva 8).

Atomipommin painon ja koon täytyy olla varsin huomattava, sillä sen koneisto on todennäköisesti hyvin monimutkainen ja sen suojauslaitteet painavat. Sitä todistaa mm. se, että pommien pudotukseen käytettiin toisen maailmansodan suurinta pommituskonetta, »lentävää taistelulaivaa» B-29.

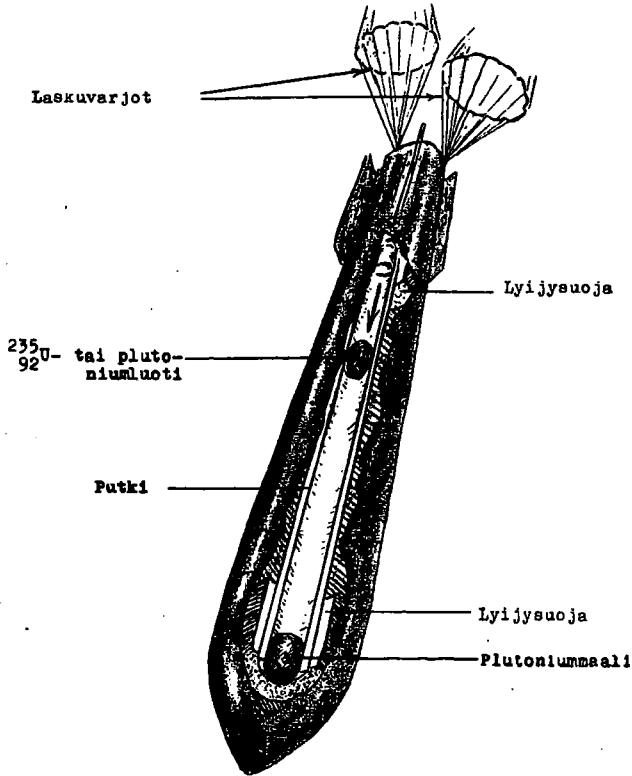
Amerikkalaisten ilmoitus, että pommin paino olisi ollut n. 11 kg, oli varmasti harhaanjohtamistarkoituksessa annettu. Pommin painoksi on nykyään arvioitu 4 500 kg sekä sen pituudeksi 6—8 m. Näihin tietoihin on kuitenkin syytä suhtautua tietyllä pidättyväisyydellä.

Kuljetuksen aikana atomipommi on vaaraton, sillä sen täytyy olla rakennettu siten, että toisiinsa vaikuttavat osat ovat riittävän etäällä toisistaan, niin ettei kriittinen koko tule ylityksi, taikka sitten eri osien välillä on levyjä, jotka estävät neutronien liikkeet ja jotka tarpeen tullen saadaan syrjään.

Kun pommin räjäyttämistä varten energialähteen osat halutaan saada yhdeksi kappaleeksi, se käy päinsä joko siten, että tavallisen räjähdyspanoksen avulla eri osat ammutaan yhteistä pistettä kohti, tai siten, että toinen osa ammutaan toisen sisään. Nykyisissä atomipommeissa on eräiden tietojen mukaan jälkimmäinen tapa käytännössä siten, että putken toisessa päässä on plutoniummaali ja toisessa päässä uraani  $^{235}_{92}\text{U}$ -luoti, joka välittömästi erinen pommin räjähdystä ammutaan laukaisulaitteen avulla plutoniummaaliin. Näin väitetään aikaansaattavan tehokkain ketjureaktio.

Kun pommi on pudotettu lentokoneesta kohteen yläpuolella, se putoaa hitaasti alaspäin, kunnes halutulla korkeudella esim. ilmanpaine aikaansaa mekanismin toimimaan. Tällöin beryllium, parafiini,  $^{235}_{92}\text{U}$  ja plutonium painuvat toistensa sisään. Sinkou-

tuvat  $\alpha$ -osaset panevat berylliumin luovuttamaan runsaasti neutroneja, jotka vuorostaan iskevät sopivasti hidastuneina  ${}^{235}_{92}\text{U}$ :n atomiytimiin. Niiden jakautuminen mahdollisimman samanaikai-



Kuva 8.  
Atomipommin todennäköinen rakenne.

sesti ja lukuisasti vaikuttaa edullisesti plutoniumin jakautumiseen, sillä  ${}^{235}_{92}\text{U}$ :n jakautuessa syntyy neutroneja tavattoman runsaasti. Näin ketjureaktio on saatu tapahtumaan mahdollisimman samanaikaisesti ja edullisesti jakautumismateriaalin ollessa vielä koossa. Suunnattoman suuri energiamäärä pääsee täten vapautumaan melkein valon nopeudella.

### Mitä tapahtuu kun atomipommi räjähtää.

Kun atomipommin jakautumismateriaalin osat on saatettu laukeamaan toisiaan vasten halutulla korkeudella, kriittinen suuruus tulee silmänräpäyksessä ylitetyksi ja jakautumisprosessi alkaa. Uraani- ja plutoniumytimen osat irtautuvat toisistaan tavattomalla voimalla ja nopeudella, mikä vastaa 100—200 milj. elektr.volttia, sekä neutronit vastaavasti noin 2,5 milj. elektr.voltin voimalla, vaihdellen jonkin verran reaktiosta riippuen. Syntyy niin ollen tavattoman nopeita jakautumisosasia, jotka sinkoutuvat suurella nopeudella ympäröivän materian läpi, iskien suunnattomalla voimalla välittömässä läheisyydessä oleviin atomiytimiin, atomeihin ja molekyyliin ja antaen näille suuren nopeuden. Seurauksena on täydellinen sekasorto materiassa. Eri osien kesken tapahtuu töytäyksiä ja yhteentörmäyksiä ja paine kasvaa nopeasti hyvin suureksi. Lukemattomista törmäyksistä on seurauksena suunnaton kuumuus sekä häikäisevän kirkas valoilmio. Samanaikaisesti tapahtuu välitön ja välillinen radioaktiivinen säteily valon nopeudella sekä neutronivyöry.

Paineen jakautumismateriaalissa nopeasti kasvaessa materia joutuu heitetyksi ja työnnettyksi tieltä pois suurella voimalla sitä mukaa kuin jakautumisprosessi etenee ja joutuu pakosta leviämään yhä suuremmalle alueelle. Mutta kun tietty kriittinen raja tulee ylitetyksi, ketjureaktio pysähtyy, koska reaktiokerroin tulee pienemmäksi kuin 1. Se materiaalmäärä, joka ei siihen mennessä ole ehtinyt jakautua, jää niin ollen hajoamatta ja hyväksi käytämättä.

Pommin räjähdysvaikutukseen vaikuttavat ratkaisevasti räjähdyskeskuksessa syntyvä paine ja se miten nopeasti se saavutetaan.

Tiedemiehet ovat laskeneet paineen kasvavan atomipommin räjähdyskeskuksessa suunnattomasti, yli 1 000 000 ilmakehän suuruiseksi, mistä aiheutuu useita valtavia paineaaltoja, joiden seurauksena syntyy sen jälkeen tyhjiötiloja. Niitä vuorostaan seuraavat tyhjiöön virtaavien ilmassojen hirmumyrskyt.

Atomipommin räjähdyskeskuksessa syntyneen paineen aikaansaama liike-energia kohdistuu suunnattomalla voimalla ympäristön atomeihin ja molekyyliin, jotka saavat runsaasti energiaa.



Kun atomipommin räjähtäessä lukemattomat atomiosaset sinkoutuvat ja törmäävät toisiinsa, niiden liike-energia ilmenee tavattomana kuumuutena ja valona. On laskettu, että pommin räjähtäessä kuumuus nousee räjähdyskeskuksessa 55—60 miljoonaan asteeseen, mikä silmänräpäyksessä polttaa kaiken välittömässä läheisyydessä olevan, muuttaen höyryksi kiinteätkin aineet, kuten pommin metalliosat ja käyttämättä jääneen jakautumismateriaalin.

Mainittakoon, että auringon kuumuuden on laskettu olevan »vain» 20 miljoonaa astetta. Atomipommin räjähdyksessä kuumuus on siis kolminkertainen. Kuumuuden aiheuttama lämpösäteily aikaansaa ilman lämpötilan nousun räjähdyskeskuksen välittömässä läheisyydessä parinsadan metrin säteellä lähes 300 000 asteeseen, mikä kuitenkin nopeasti laskee etäisyyden kasvaessa, niin että esim. 500 mn päässä lämpötila on enää 6 000°. Atomipommi tuhoaa siis sekä polttamalla että paineaallolla. Räjähdyksessä esiintyvä loistava, aurinkoa muistuttava mutta sitä kirkkaampi ja häikäisevämpi tulipallo muodostuu ulossinkoutuvista, aktivoituneista, loistavista jakautumisosasista ja kaasuisista.

Suurin osa atomipommin energiasta vapautuu kuitenkin säteilyenergiana, joka edustaa hyvin laajaa aaltoaluetta lämpösäteilystä alaspäin, kuten esim. ultrapuna-, ultravioletti-, röntgen-, neutroni-,  $\beta$ - ja  $\gamma$ -säteilyä jne. Nämä säteilyt käsittävät sekä näkyvän että näkymättömän säteilyn, joka kestää niin kauan kunnes atomit ovat saavuttaneet tasapainotilansa.

Radioaktiivisessa säteilyssä, joka syntyy pommin räjähdysten yhteydessä, voidaan erottaa kolme ryhmää: a) jakautumisen yhteydessä muodostuva radioaktiivinen säteily, b) säteily, joka purkautuu radioaktiivisista jakautumisosasista, välimuodoista ja osasten muodonmuutoksista, c) toisarvoinen säteily, joka syntyy siten, että nopeat neutronit sekä räjähdyksessä purkautuneet kovat  $\gamma$ -säteet aiheuttavat ydinreaktioita ympärillä olevissa atomeissa, jotka sen kautta saavat aikaan radioaktiivisia isotooppeja ja säteilyä.

Yhteenvetona edellä olevasta voidaan todeta, että atomipommin räjähtäessä vapautuva energia ilmenee seuraavissa muodoissa:

I. *Jakautumisessa muodostuvien jakautumisosasien, kaasumaisien atomien, liike-energiana.*

Tämä energia-muoto ilmenee valtavana paineena, suurena kuumuutena ja lämpösäteilynä sekä myrkyllisinä kaasuna.

2. *Vapautuvien neutronien liike-energiana.*

Atomiytimien jakautumisien kautta syntyy valtava neutronivyöry, joka laavavirran tavoin syöksyy räjähdyskeskuksesta suurella nopeudella, mutta hidastuu jo huomattavasti 800 mn jälkeen.

3. *Radioaktiivisena säteilynä.*

Tämä on atomipommin suurin energiamuoto. Se on erittäin nopea, voimakas ja läpitunkeva ja aikaansaa pitkäaikaisia radioaktiivisia kaasuja ja pilviä.

4. *Valon aiheuttamana mekaanisena säteilypaineena.*

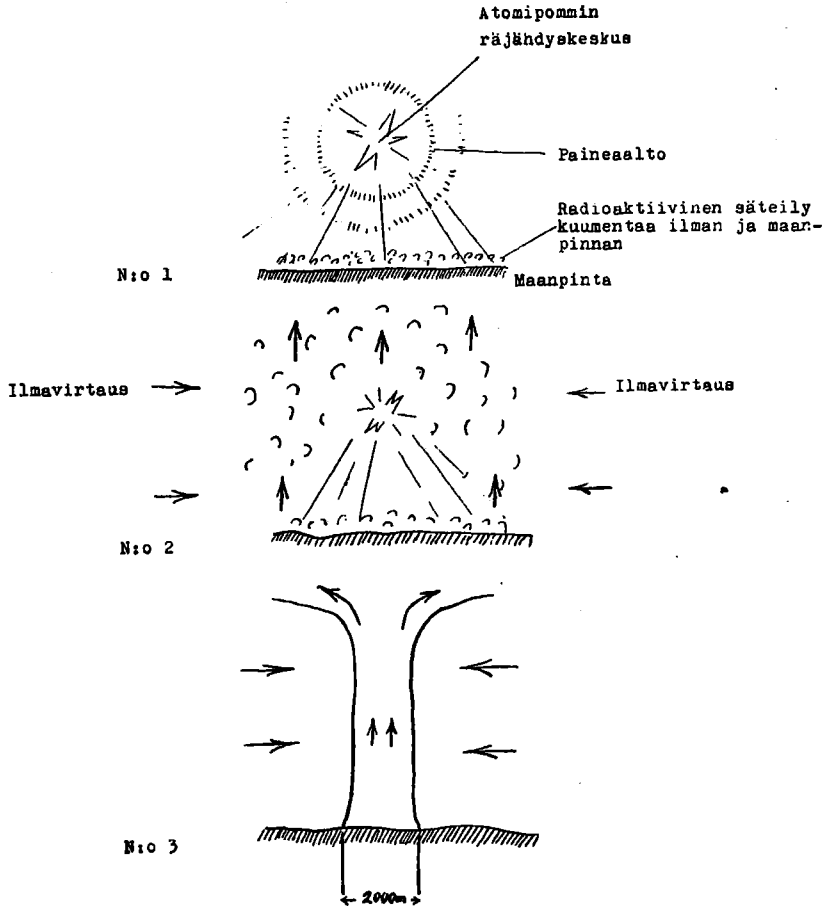
Atomiräjähdyksessä syntyvä valoilmio on sen välittömässä läheisyydessä niin voimakas, että se aikaansaa voimakkaan mekaanisen paineen, joka kohdistuu ympäristön atomeihin ja molekyyliin.

Edellä on käynyt ilmi, miten atomipommin räjähdyksessä vapautunut suunnaton energia purkautuu. Katsokaamme, mikä on tämän purkautumisen seurauksena ja mitä se vaikuttaa lähimpään ympäristöönsä.

Atomipommin räjähtäessä syntynyt suunnaton paine ja kuumuus räjähdyskeskuksessa sekä tavattoman kuumat radioaktiiviset räjähdyskaasut (jakautumisosat) ja höyryt kuumentavat ympärillä olevan ilman. Lisäksi radioaktiiviset säteet edetessään valon nopeudella ehtivät saavuttaa maan pinnan ennen kuin räjähdyskeskuksesta lähtevä paine ja loistavat osat. Säteet kuumentavat maanpinnan ja sitä lähinnä olevan ilmakerroksen.

Paine ja suuresti kuumentunut ilma laajenee voimakkaasti, jolloin ilman paino pienenee nopeasti, ts. ilma kevenee ja pyrkii nousemaan voimakkaasti ylöspäin. Seurauksena on valtava, n. 2 km leveä tuli- ja räjähdyspatsas, joka kohoaa tavattomalla voimalla ja nopeudella ylöspäin stratosfääriin, missä paine on pieni. Räjähdyspatsaan nousunopeudeksi on todettu n. 50 m/sek. Se hidastuu korkeammalla jonkin verran, niin että esim. 12 000 mn korkeuden saavuttamiseen menee n. 5 min. Kuumentuneiden kaasujen ja ilman sinkoutuessa suurelta osalta ylöspäin syntyy tilalle 1–2 kmn levyinen »tyhjiötila», johon ympärillä oleva ilma syöksyy mahtavana myrskynä. Tämä ilma puristaa räjähdys-

pilaria lähellä maanpintaa kokoon ja antaa ylöspäin pyrkiville kaasuille siten lisänopeutta. Tullessaan stratosfääriin pääsevät vielä huomattavan paineen omaavat kaasut ohentuneessa ilmassa



Kuva 9.  
Räjähdyshetken tapahtumasarja.

voimakkaasti laajenemaan (ks. kuva 9). Suoritettujen kokeiden perusteella on todettu (mm. Hiroshiman pommituksen jälkeen) radioaktiivisten kaasujen ja ilman leviävän stratosfäärissä alueelle, joka on yhtä suuri kuin koko Australian manner.

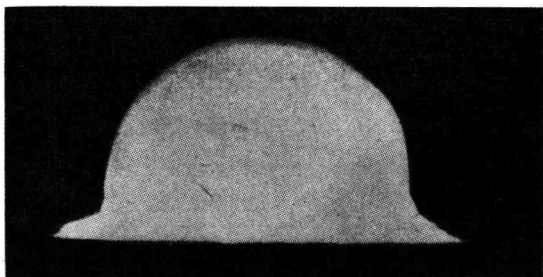
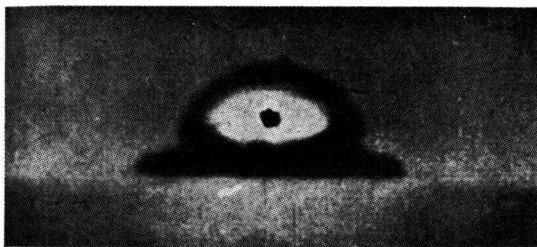
Atomipommin monivärinen räjähdyspatsas muistuttaa loppuvaiheessaan suurta puuta, jonka latva ulottuu stratosfääriin aina 18 000 mn korkeuteen saakka. Jokaisen atomipommiräjähdyksen on todettu aiheuttaneen voimakkaita myrskytuulia ja kaatosateita. (Ks. kuvat 10—12.)

### Atomipommin vaikutus.

Atomipommin vaikutusta on tarkastettava pääasiassa Hiroshiman ja Nagasakin pommitusten valossa, koska muita pommituksia ei ole ollut, eräitä kokeiluluontoisia pomminpudotuksia lukuunottamatta. Tuskin koskaan on uutta asetta käytetty ensimmäistä kertaa yllättävämmiin ja niin edullisten olosuhteiden vallitessa kuin Hiroshiman pommituksessa. Japanin häviö oli jo selvä. Tarvittiin vain viimeinen ratkaiseva isku, jotta maan hallitus saisi edullisen syyn luopua hyödyttömästä taistelusta. Hiroshiman kaupunki mataline, suhteellisen heikkotekoisine puurakennuksineen oli mitä edullisin kohde atomipommille, sillä japanilaiseen tyyliin siellä rakennusten seinät ovat raskaisiin kattoihin verrattuna suhteellisen heikot. Toisaalta rakennuksien rungot ovat maanjäristyksiä silmällä pitäen kuitenkin joustavia ja lujarakenteisiakin. Vaikka ne kestävät melko hyvin tärähdyksiä, lie ne niiden kestävyys painetta vastaan heikko. Eurooppalaiseen tyyliin rakennettuja kivirakennuksia oli kaupungissa sitä vastoin melko vähän. Mainittakoon, että kaupungin asukasluku, joka rauhan aikana oli 360 000, kasvoi sodan aikana laajentuneen teollisuuden ansiosta n. 430 000 henkeen.

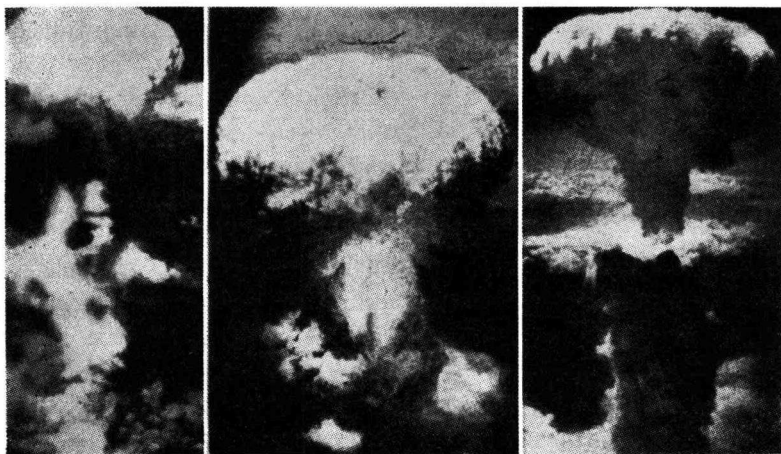
Hiroshiman pommi räjähti n. 600 mn korkeudessa kaupungin yläpuolella, tuhoten täydellisesti 60 % kaupungin alueesta. Muu osa kärsi suuria vaurioita. Silminnäkijäin kertomusten mukaan valtava tuli- ja räjähdyspatsas peitti kaupungin sakeaan savuja pölypilveen. Talot sortuivat ja sadoittain rakennuksia hävisi silmänräpäyksessä olemattomiin. Vaikutus oli niin tuhoisa, ettei sitä voinut sanoin kuvata. Ihmiset paloivat pommin räjähtäessä heti kuoliaiksi, eikä valtavien ruumiskasojen joukosta enää voinut erottaa miehiä ja naisia. Myös kaupungin laidassa oleva

Kuva 10. Heinäkuun 16. p:nä 1945 suoritettiin Alamogordossa Uudessa Meksikossa ensimmäinen atomipommikokeilu. Pommi oli asetettu terästorniin ja laukaisu tapahtui kauko-ohjauksella. — Vaalean alueen keskellä oleva musta täplä on ns. solarisaatioilmiö; kun valovoimakkuus on liian suuri, tulee koptoidessa valkoisen asemesta musta täplä.



Kuva 11. Loistava alue, aurinkoa muistuttava tulipallo,

muodostuu ulossinkoutuvista loistavista jakautumisosista ja aktivisoiduista kaasusta. Valoilmiön lähellä maanpintaa oleva osa on leveämpi kuin itse keskus, mikä johtuu valon taittumisvaikutuksesta lämpimässä ilmassa maanpinnan lähellä. Ilma on näet ehtinyt jo lämmitä säteilyn vaikutuksesta ennen varsinaisen keskuksen saapumista.



Kuva 12. Atomipommille luonteenomaisia räjähdyspatsasmodostumia Hiroshiman ja Nagasakin pommituksista. Sivulta syöksyvä ilmavirta on puristanut räjähdyspatsasta kokoon. Kaasujen laajenemispyrkimys on latvassa selvästi havaittavissa.

rautatieasema oli raunioina ja radat poikki. Koko Hiroshiman kaupunki oli muuttunut pelkäsi rauniokasaksi.

Tulipalot riehuvivat useita päiviä ja avustuskomennuskunnat olivat voimattomia puuttumaan asioiden kulkuun. Kaikki kaupungin voimalaitokset ja keskuksset olivat tuhoutuneet. Niinpä Hiroshiman 33 paloasemasta 27 oli täydellisesti tuhoutunut. Kaupungin 298 lääkäristä ainoastaan 30 oli toimintakykyisiä. Kaikki johtohenkilöt olivat kuolleet jne. Sekasorto oli täydellinen. Pommituksen uhrien lukumäärä oli noussut hirvittäväksi. Erään aikaisemman virallisen tiedoituksen mukaan pommituksessa kuoli heti 60 000 henkeä, myöhemmin lisäksi 80 000 henkeä. 10 000 ihmistä katosi jäljettömiin, 14 000 sai pahoja ja 104 000 lieviä vammoja. Viimeisin sekä japanilaiselta että lähtötuoneiden taholta annettu virallinen tiedoitus ilmoitti Hiroshiman atomipommi-hyökkäyksen uhrien luvun nousseen kaiken kaikkiaan 306 545 henkeen, jolla tarkoitettaneen sekä kuolleiden että haavoittuneiden yhteismäärää. Uhrien lukumäärä oli joka tapauksessa tavattoman suuri kaupungin asukaslukuun nähden.

Nagasakin pommi räjähti lähempänä maanpintaa, n. 100—300 m korkeudessa. Pommin putoamisnopeutta hidastamaan tarkoitetuista laskuvarjoista toinen ei auennut, minkä takia pommi räjähti huomattavasti alempana kuin alunperin oli tarkoitettu. Kolmannes eli 2,5 km<sup>2</sup> kaupungin alueesta tuhoutui täydellisesti, 4,7 km<sup>2</sup> suuruisen alueen vaurioituessa varsin pahoin. Muu osa kaupunkia, joka sijaitsi korkeiden kukkuloiden suojassa, säilyi sitä vastoin suhteellisen vahingoittumattomana. Tulipalot riehuvivat Nagasakissakin useita viikkoja. 18 000 taloa tuhoutui täydellisesti, 60 000 vaurioituessa pahoin. Kaupungin 230 000 asukkaasta kuoli 30 000 ja yli 40 000 haavoittui. Alueellisesti pommin vaikutus oli Nagasakissa pienempi mutta paikallisesti tuhoisampi kuin Hiroshimassa, mikä johtuu pommin matalammasta räjähdyskorkeudesta. Tämän takia myös radioaktiivisuuden vaikutus oli Nagasakissa pitkäaikainen.

Atomipommin vaikutus on olemukseltaan kuin jättiläispalopommin, josta vapautunut atomienergia tuhoaa kohteensa polttamalla, paineella ja myrkyllisillä radioaktiivisilla kaasulla.

Pommin räjähtäessä ilmassa esim. kaupungin yläpuolella suurin osa vapautuneesta atomienergiasta muuttuu radioaktiiviseksi



Kuva 13.

Yleiskuva hävityksestä Hiroshiman kaupungissa. Puut joen rannalla ovat lehdettömät.

säteilyksi, joka etenee valon nopeudella ja kohdistuu maanpintaa vasten hyvin lyhyen ajan kuluessa. Kun säteilyvoima on tavattoman suuri, nousee pinnan lämpötila hyvin nopeasti, kuumentuen hetkellisesti 2 000—3 000°:een. Tähän liittyy lisäksi välittömästi räjähdyskeskuksesta tuleva kuumuus ja lämmön säteily, mikä edelleen nostattaa pinnan lämpötilaa. Jos pinta on palamiseen kelpaavaa ainetta, se syttyy heti. Kuumuus polttaa kaikki helposti syttyvät aineet vielä 2 kmn päässä. 500 mn rajan sisäpuolella sulavat metallilevytkin. Esim. Hiroshiman pommituksessa paloi kasvillisuus radioaktiivisen säteilyn johdosta vielä 2 kmn etäisyydessä, ja graniittikivissä esiintyi halkeamia 3 kmn päässä. Kaikki ihmiset, jotka joutuvat tämän säteilyn suoranaisten vaikutuksen alaiseksi, palavat heti kuoliaiksi vielä 1,5 kmn päässä. Seuraavalla vyöhykkeellä 1,5—2 kmiin jää yksi sadasta eloon, ja 2—4 kmn vyöhykkeellä ihmiset saavat palohaavoja, jotka usein johtavat kuolemaan. (Ks. kuva 13.)

Radioaktiivisen säteilyn energiamäärä on suunnaton, kun ote-

taan huomioon kuinka monta aaltoaluetta siinä on edustettuna sekä että säteilyä tapahtuu myös jakautumisosasista ja niiden väli-  
muodoista, kestäen siksi kunnes tasapainotilat on saavutettu. Tuulen mukana leviävät lisäksi räjähdyksessä syntyneet myrkylliset kaasut ja radioaktiivinen pöly, saattaen laajat alueet välilliselle säteilylle alttiiksi. Niinpä kerrotaan esim., että näiden pommitusten jälkeen kaikki valokuvauslaboratorioissa olleet filmit ja kopiopaperit olivat pilaantuneet 600 kmn päässä ja että radioaktiivisen säteilyn jälkiä olisi ilmaantunut runsaasti paperipeitteisiin filmeihin 1 600 ja 2 000 kmn päässä pommituskohteesta.

Seuraavasta selviää erilaisten säteiden vaikutus:

*$\alpha$ -säteet* ovat helium-ytimiä ja niin ollen positiivisesti varattuja. Niiden massa on kohtalaisen suuri, eivätkä ne pysty sanottavasti menemään kiinteän aineen läpi. Ne ovat lisäksi sähkökentälle alttiita.  $\alpha$ -säteilyn vahingollinen vaikutus ihmisruumiiseen on helppo estää.

*$\beta$ -säteet* ovat elektroneja, jotka pienen massansa ja suuren nopeutensa vuoksi pystyvät läpäisemään ohutseinäisiä kiinteitä aineita. Paksut kiinteäaineiset seinät sekä lyijy sitä vastoin estävät  $\beta$ -säteilyn. Sähkökentät vaikuttavat huomattavasti niiden kulkuun, koska niillä on sähkövaraus kuten  $\alpha$ -säteilläkin.  $\beta$ -säteiden vahingollista vaikutusta ihmisruumiiseen on huomattavan vaikeata estää.

*$\gamma$ -säteet*, jotka sinkoutuvat atomiytimistä, ovat erittäin kovia ja lyhytaaltoisia säteitä. Ne pystyvät helposti tunkeutumaan paksujen kiinteäaineisten seinien ja metallilevyjen läpi. Aine, mikä pystyy parhaiten estämään niiden säteilyä, on paksu lyijyseinä. Sen sijaan ne läpäisevät ohuen lyijyseinän. —  $\gamma$ -säteiden absorbointi riippuu pääasiallisesti ainemäärästä neliösenttiä kohti. Alkuainejärjestelmän raskaimmat atomit pystyvät toimimaan  $\gamma$ -säteiden tehokkaimpina jarruttajina. Tämä voi tapahtua esim. siten, että raskas lyijyatomi imee itseensä  $\gamma$ -säteen, jolloin yksi elektroneista sinkoutuu ulos, minkä jälkeen atomi sinkoaa välittömästi röntgensäteitä. Näin on vaarallinen  $\gamma$ -säde muuttunut vähemmän vaaralliseksi röntgensäteeksi, joka vuorostaan imeytyy johonkin toiseen atomiin. Tämä lähettää vuorostaan röntgensäteen jne. Näin vaikutus vähitellen heikkenee.  $\gamma$ -säteily purkautuu ytimestä, röntgensäteily sen sijaan elektronivaipasta.



$\gamma$ -säteily voi »häipyä» toisellakin tavalla.  $\gamma$ -säde voi näet atomiytimen läheisyydessä muuttua elektroniksi ja positroniksi taikka se imeytyy ytimeen, jolloin tästä tulee radioaktiivinen.

$\gamma$ -säteet ovat erittäin vahingollisia ihmisruumiille ja niiden vaikutusta on hyvin vaikeata estää.

*Neutronit* pystyvät, koska ne ovat ilman sähkövarausta, tunkeutumaan esteettä aineiden läpi, kunnes ne törmäävät jonkin aineen atomiytimeen. Vesi ja parafiini esimerkiksi jarruttavat niiden nopeutta. Kun nopeus on tarpeeksi pieni, ne imeytyvät mihin aineisiin tahansa, parhaiten kuitenkin boori- tai kadmiumytimiin.

Ihmiselle ovat  $\gamma$ -säteet ja neutronit kaikkein vaarallisimmat, sillä nämä pystyvät tunkeutumaan paksujen betoni- ja tiiliseinien läpi syvälle ihmisruumiiseen, tuhoten sen solut ja kudokset. Henkilöt, jotka ovat olleet voimakkaan radioaktiivisen säteilyn alaisina eivätkä ole heti kuolleet (kudokset palaneet), kuolevat 3 ja 4 viikon perästä ns. säteilytautiin. Yli kolmen tunnin oleskelu voimakkaasti radioaktiivisella alueella tuottaa kuoleman 6 viikon kuluessa. Säteilyn vaikutus ilmenee usein melko myöhäisessä vaiheessa. Erään lääkärin lausunnon mukaan saattaisi säteilyn vaikutus säilyä suvusta sukuun jopa 1 000 vuotta.

Kuuluksaan saksalaisen atomintutkijan prof. Otto Hahnin mukaan on atomiräjähdyksessä syntyvällä valoilmioilla niin voimakas säteilypainne, että se pystyy mekaanisella paineellaan tuhoamaan rakennuksia ja kaatamaan seiniä. Hän jatkaa, että vain harvat tietävät atomiräjähdyksessä syntyvällä valolla olevan niin voimakkaan tuhoavan vaikutuksen. Tavallisella valolla ei ole juuri nimeksikään tällaista painevaikutusta.

Atomipommin räjähdyshetken miljoonien asteiden kuumuutta seuraa valtava paineaalto, joka valon mekaanisen paineen ohella murskaa ylhäältäpäin rakennukset laajalla alueella yhdellä iskulla. Rakennusten katot sortuvat sisään, samoin seinät. Sortuneet rakennukset aiheuttavat lukemattomia tulipaloja ja oikosulkuja, uunien hajotessa ja sähköjohtojen katkeillessa. On selvää, että ihmishenkien menetys on suuri rakennusten sortuessa. Lisäksi pommin kuumuus ja radioaktiivinen säteily syyttävät suurella alueella kaikki helposti syttyvät aineet palamaan.

Paineaaltoja seuraa alipaine. Ohentuneen ilman joukkoon ja syntyneisiin tyhjiöihin syöksyvä mahtava ilmavirta murskaa jättiläisluudan tavoin loputkin rakennuksista, jotka mahdollisesti ovat jääneet pystyyn paineaaltojen jälkeen. Tyhjiöihin virtaavien ilmamassojen tuho vaikutus on erittäin suuri. Niinpä kerrotaan ensimmäisestä atomipommikokeilusta Uudessa Meksikossa, että tarkkailijat, jotka seisoivat suojavallin takana n. 10 kmn päässä räjähdyskeskuksesta, takaapäin virtaavan ilman paineesta menivät nurin.

Norjan ilmavoimien komentajan lausunnon mukaan on räjähdyskeskustaa kohti syöksyvien ilmamassojen voima vähintään yhtä voimakas ellei suurempikin kuin pommin räjähtäessä syntynyt painevaikutus. Paineaalto ja alipaine kehittyy painetuuleksi, joka kiertää kohdetta tuhannen kilometrin tuntinopeudella useiden tuntien ajan, kiihdyttäen kuumuuden sytyttämiä tulipaloja ja kaataen rakennuksia.

Eurooppalaiseen tyyliin rakennettuihin betoni- ja tiilirakennuksiin nähden näyttää vaikutus olleen jonkin verran erilainen. Esimerkiksi Hiroshimassa saattoi lähellä räjähdyskeskustaa olla muutamia pienehköjä betonirakennuksia, joiden seinät jäivät pystyyn. Suuret tiilirakennukset olivat sitä vastoin kuin pois puhallettuja. Suurin osa betoni- ja tiilirakennuksista, jotka olivat räjähdyskeskuksen alapuolella, sortuivat täydellisesti maan tasalle, mm. suuri vankilarakennus paksuine muureineen.

Yhteenvedona saaduista tiedoista on pommin vaikutus ollut lyhyesti seuraava: monikerroksiset betoni- ja tiilirakennukset sortuivat perustuksiaan myöten maan tasalle 1,6 kmn päässä, samoin yksikerroksiset tiilirakennukset 2,4 kmn päässä. 5 kmn päässä vain lujimmat rakennukset jäivät pystyyn. 7 kmn päässä kevyet rakennukset olivat raunioina, ja vaurioita aiheutui vielä 16 kmn päässä räjähdyspisteestä. Kaikki ikkunanruudut rikkoutuivat vielä 11 kmn ja osa 20 kmnkin päässä. Edellytettynä, että pommi räjähtää oikeassa korkeudessa, tuhoutuu kaikki varmasti 1,6 kmn säteellä.

Atomipommi vaikuttaa siis: radioaktiivisella säteilyllä, kuumuudella, lämpösäteilyllä, paineella sekä sitä seuraavalla alipaineella, valon mekaanisella säteilypainella sekä myrkyllisillä radioaktiivisilla kaasuilla.

Olosuhteet Hiroshiman pommituksessa olivat erittäin edulliset, joten tulokset saattavat antaa jonkin verran väärän kuvan pommien todellisesta tehosta. Tuntuu melko varmalta, että pommin vaikutus eurooppalaisen rakennustyylin mukaiseen kaupunkiin olisi jonkin verran pienempi. Toisaalta on huomioon otettava, että nykyiset atomipommit ovat monin verroin voimakkaammat kuin Hiroshima- ja Nagasaki-malliset pommit. Oman maamme puurakenteiset kaupungit ovat todennäköisesti hyvin arkoja atomipommihyökkäyksille, mutta niiden pienuus ja merkittämättömyys suureen maailmaan verrattuna ovat toisaalta niiden paras suoja.

### **Atomipommin vaikutuksen vertailu tavalliseen pommiin nähden.**

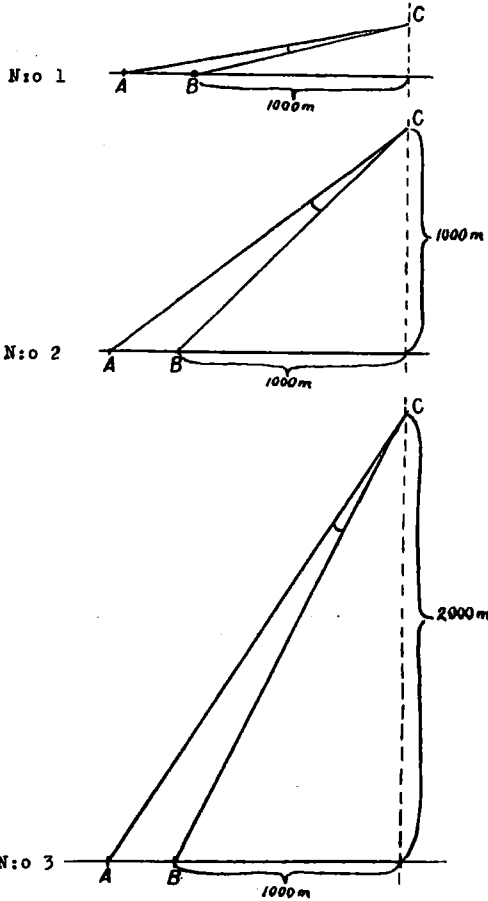
Olellainen ero atomipommin ja tavallisella kemiallisella räjähdysaineella ladatun pommin välillä on siinä, että atomipommin tuho vaikutus on suurin sen räjähtäessä huomattavan korkealla maalin yläpuolella. Tavallinen kemiallinen pommi sen sijaan aiheuttaa räjähdysvaikutuksellaan suurinta tuhoa iskiessään maaliin.

Näiden pommien vaikutukset eivät ole mitenkään suhteellisia pommien energiamäärään nähden. Niinkuin muistamme, 1 kg:n atomiräjähdysmateriaalia laskettiin vastaavan 20 000 tn trotyyliä. Atomipommin räjähdysvaikutus on kuitenkin jonkin verran pienempi, mikä on todellisuudessa todettu paikkansa pitäväksi. Minne siis häipyvät atomipommin suunnaton energiamäärä?

Ensiksi on otettava huomioon, että ainoastaan osa atomipommin energiasta muuttuu räjähdyksessä liike-energiaksi, suuren osan muuttuessa sen sijaan radioaktiiviseksi säteilyksi. Toiseksi atomipommin räjähtäessä ilmassa tämä suunnaton energiamäärä purkautuu ympärillä olevaan ilmaan — stratosfääriin — ainoastaan osan kohdistuessa maanpintaa vasten. Tästä huolimatta tuho vaikutus on valtava. Kemiallisessa pommissa sen sijaan räjähdysainelataus muuttuu räjähdyksessä melkein täydellisesti liike-energiaksi itse maalissa.

### Atomipommin edullinen räjähdyskorkeus.

Koska atomipommin energiamäärä purkautuu räjähdyksessä pääasiassa paineen, lämpö- ja radioaktiivisen säteilyn muodossa, niin atomipommi saatetaan räjähtämään ilmassa sopivalla korkeudella maalin yläpuolella, jotta sen valtava tuho vaikutus saataisiin kohdistumaan mahdollisimman laajalle alueelle. Tämän takia



Kuva 14.

Atomipommin edullinen räjähdyskorkeus.  
Jana  $A-B$  on esim. luotilinjasta  
1 000 m:n päässä.

pommi saatetaan räjähtämään sellaisella korkeudella kohteen yläpuolella, että linja räjähdyskeskus—ja kauimpana oleva kohta maanpinnalla, jossa vaikutus vielä on tuhoisa, muodostaa n.  $45^\circ$  kulman räjähdyskeskuksen luotilinjan kanssa. Edullisin räjähdyskorkeus on jonkin verran erilainen atomipommin eri energiamuodoilla. Kaikki vaativat kuitenkin huomattavan korkeuden. Maaston kumpuisuus varjostavana tekijänä on myös otettava huomioon.

Esim. radioaktiivisen säteilyn voima riippuu räjähdyskorkeudesta seuraavasti. Atomipommi aikaansaa suurta tuhoa voimaaperäisen säteilynsä ja räjähdyksessä vapautuvien neutronien kautta. Jos säteilyvoima ja neutronikeskitys ylittää määrätyn rajan, tämä aiheuttaa elollisissa olioissa varman kuoleman. Lisäksi kaikki helposti palavat esineet ja pinnat syttyvät lämpövaikutuksesta palamaan, edellytettynä että

säteilyvoima ylittää määrätyn raja-arvon. Jotta atomipommin vaikutuksesta hyödyttäisiin mahdollisimman paljon, täytyy sen räjähtää sellaisella korkeudella maanpinnan yläpuolella, että edellä mainittu säteilyvoiman rajaarvo ylitetään niin suurella alueella maanpintaa kuin mahdollista.

Edullisin räjähdyskorkeus selviää kuvasta 14.

Säteilyvoima on selvästi tehokkain tapauksessa n:o 2, sillä janan A—B:n osalle tuleva säteilykulma ja säteily määrä on suurin.

Tapauksessa n:o 1 kulma on pienempi ja säteily tulee vinosti sivulta, joten pienikin maaston epätasaisuus varjostaa ja vähentää säteilyn voimaa. N:o 3:ssa säteilykeskus on huomattavasti kauempana, joten säteilyvoimat ovat pienemmät n:o 2:een verrattuna.

Pommin edullisin räjähdyskorkeus vaihtelee pommin mallin ja tehon mukaan. Hiroshima- ja Nagasaki-mallisen atomipommin edullisin räjähdyskorkeus lienee ollut n. 400 ja 800 m:n välillä, maaston ja maalin laadun mukaan.

### **Suojautumismahdollisuudet atomipommia vastaan.**

Erään englantilaisen aliupseerin kerrotaan lausuneen, että ainoa suoja atomipommia vastaan on, ettei ole siellä missä se räjähtää. Tässä piilee paljon totuutta, sillä on hyvin vaikeata rakentaa sellaisia laitteita, jotka pystyisivät kestämaan tai torjumaan atomipommin vaikutusta.

Atomipommihyökkäysten voidaan tällä hetkellä odottaa tapahtuvan yksinomaan pommituslentokoneilla. Sillä V 2:n hyötykuorma, kantomatka ja osumistarkkuus on siksi pieni, ettei sitä voida ajatella toistaiseksi kuljettamaan suurikokoista ja painavaa atomipommia. Mutta lähitulevaisuudessa on mahdollista, että hyökkäykset tapahtuvat miehittämättömillä radioitseohjatuilla pommituskoneilla tai pitkänmatkan raketeilla. Ainoa mahdollisuus estää tällaiset pommihyökkäykset on tuhota tarpeeksi ajoissa näiden lento-ohjaimet sekä yrittämällä tuhota maalia lähestyvä pommituskone hävittäjillä ja ilmatorjunnalla. V 2:n varalle ei sitä vastoin todennäköisesti tulla keksimään mitään tehokasta torjuntakeinoa, sillä sen nopeus on siksi suuri, melkein 2 km/sek., ettei vastatoimenpiteitä ehditä suorittaa. Jäljelle jää-

vät ainoastaan passiiviset toimenpiteet — pommisuojat — kaitautuminen maan alle. Teknillisten välineiden avulla on ehkä mahdollisuus saada ajoissa tietää lähestyvistä vaarasta sekä hälyttää väestö pommisuojiin. Tämä vaatisi vähintään 340 kmn minimirajaa hälytystetäisyydeksi.



Kuva 15.

Kuva esittää toista Bikinin pommiräjähdystä 25. 7. 46. Räjähdyks tapahtui veden alla. Kuva otettu ilmasta robottikoneesta.

Minkälainen pitäisi pommisuojan olla, jotta se olisi tehokas atomipommihyökkäystä vastaan? On laskettu, että 15 mn paksuinen betoni kestää atomipommin täysosuman. Kallioon louhittu pommisuoja on tarpeeksi tehokas, edellytettynä että kallioseinät ovat riittävän paksut, sillä säteily ja lämpövaikutus ovat siksi hetkellisiä, etteivät ne ehdi tunkeutua syvemmälle, ja painevaikutuksen kallioluola kestää hyvin. Paksut seinämät riittävät estämään myös  $\gamma$ -säteiden tunkeutumisen. Varmuuden vuoksi luola on kuitenkin suojattava lyijylevyillä  $\gamma$ -säteitä vastaan. Neutronisäteilyä vastaan pommisuojaan on sijoitettava vesisäiliöitä niille suunnille mistä vaara on tarjolla. Veteen on lisäksi sekoitettava boorihappoa tai booraksia. Lisäksi huone on vuorattava kadmiumlevyillä. Näin varustettuna suojahuoneen pitäisi tarjota tehokas suoja. Suojahuoneen on lisäksi oltava niin

tiivis, ettei radioaktiivinen ilma ja tomu pääse tunkeutumaan sisälle.

Atomipommin räjähdyspatsas toimii jonkinlaisena suojaavana johtoputkena, jota myöten suurin osa äärimmäisen vaarallisia ja myrkyllisiä radioaktiivisia kaasuja sinkoutuu stratosfääriin, ainoastaan pienen osan jäädessä lähelle maanpintaa.

Pahin radioaktiivisuus kestää vähintään parisen tuntia, jona aikana väestön on siis oltava pommisuojoissa. Radioaktiivisuus riippuu paljon ympäristöstä, kuten esim. millaisista aineista rakennukset ovat rakennettu ja sekä minkälaiset pinnat on kyseessä. Radioaktiivisuus saattaa kestää vuosikausia ennen kuin se on kokonaan häipynyt. Erinäisillä pintakäsittelyillä radioaktiivisuutta voidaan kuitenkin pienentää.

Mainittakoon, että Bikini-saarten atomipommikokeiluissa syntynyt radioaktiivinen pilvi oli elossa vielä seuraavan vuoden toukokuussa — ja se oli stratosfäärissä 8:nneksi maapallonkierroksellaan. Pohjois-Amerikassa kiellettiin mm. kaikki lennot 5 000 m:n yläpuolella useiksi viikoiksi »Bikini-pilven» radioaktiivisuuden takia. (Ks. kuva 15.)

#### **IV. Atomipommin kehitys II maailmansodan jälkeen.**

Toisen maailmansodan päättymisestä lähtien ovat amerikkalaiset kuumeisesti jatkaneet atomipomminsa edelleen kehittämistä täydellä tarmolla. Niiden valmistus tapahtuu nykyään täydellä teholla kuten sodankin aikana. Atomintutkimuksiin ja pommien valmistukseen varatusta valtavasta määrärahasta ei ole vähennetty ainoatakaan dollaria tähän päivään mennessä. Päinvastoin on tutkimuslaitoksia ja tehtaita huomattavasti laajennettu.

Tammikuun 28 p:nä 1946 kenraalisotamarsalkka Mac Arthur tiedotti, että Amerikalla on atomipommi, joka on 1 000 kertaa voimakkaampi Hiroshimaan pudotettua pommia. Nykyinen uusi »superpommi» vastaa 20 miljoonan TNT-räjähdysainetonnin tehoa, kun sitä vastoin Hiroshiman pommi vastasi vain 20 000 tn. Ame-

rikkalaiset selittävät lisäksi, että pommin suunnattomasta tehosta ja energiamäärästä saa jonkinlaisen kuvan, kun kuulee että sen energia on yhtä suuri kuin 10 kertaa se energiamäärä, jonka Amerikan armeija, laivasto ja ilmavoimat käyttivät yhteensä koko toisen maailmansodan aikana ammuksina, pommeina, torpedoina, raketteina jne.

Yllä mainitun tiedoituksen johdosta erään ranskalaisen aika-kauslehden edustaja haastatteli Albert Einsteinia, kysyen oliko asiassa tosiaan perää. Prof. Einstein myönsi asian olevan todella niin, lisäten että amerikkalaiset ovat onnistuneet kehittämään atomipommin tehoa kauhistuttavalla tavalla, joka tekee Hiroshiman ja Bikinin pommit leikkikaluiksi nykyisen super-pommin rinnalla. Ihmiskuntaa uhkaa sen johdosta suunnattomat vaarat. Suuren tiedemiehen lausuntoa ei moni epäille.

Myös brittiläiseltä taholta on kuulunut samanlaisia tietoja. Brittiläinen atomiasiantuntija prof. Oliphant selosti esitelmässään Englannin parlamentissa, että tiedemiehet ovat onnistuneet valmistamaan tällaisen hirvittävän atomipommin.

Teoreettisesti katsoen tällaisen pommin aikaansaaminen on täysin mahdollista, joten amerikkalaisten tiedoituksen ei tarvitse olla perätön. Aikaisemmin kävi jo ilmi, että Hiroshima-mallissa atomipommissa muuttui ainoastaan  $\frac{1}{1100}$  jakautumiseen osaa ottavien atomien massasta energiaksi. Sen tähden täytyy olettaa, että on onnistuttu kehittämään menetelmä, jossa energiaa saadaan vapautumaan vielä suuremmissa määrin.

Tiedemiesten lausuntojen mukaan atomipommia on kehitetty edelleen yhä hirvittävämmäksi aseeksi, eikä kehityksen päättymistä ole vielä nähtävissä, sillä kehitysmahdollisuudet eri teitä käyttäen ovat lukuisat. Pommin tehoa on pystytty kohottamaan odotettua nopeammin tekemällä lukuisia uusia parannuksia ja ottamalla käytäntöön aikaisempien aineiden lisäksi uusia, joista energia saadaan vapautumaan vielä monin verroin suuremmissa määrissä. Tällä tavoin on onnistuttu valmistamaan entistä suuremman hävitystehon omaavia atomipommeja. Viimeisten uudemmallisten jättiläis-atomipommin tehon lasketaankin nousevan useampisata-, jopa tuhatkertaiseksi. Eräiden tietojen mukaan käytettäisiin näiden pommin tehon kohottamiseksi mm. vetyä, heliumia ja raskasta vettä. Periaatteena on, että jollakin tällai-



sella aineella täytetty »super-pommi», niinkuin niitä nykyään nimitetään, räjäytetään tavallisen atomipommin avulla. Räjähdysketken miljoonien asteiden kuumuudessa syntyneiden reaktioiden kautta vapautunut energiamäärä nousee tällöin monisatakertaiseksi Hiroshiman- ja Bikinin-mallisiin atomipommeihin verrattuna. Mitä menetelmiä tällöin käytetään näin suuren tehon aikaansaamiseksi, ei selosteta tarkemmin. Eräiden atomintutkijoiden arvelujen mukaan kyseessä olisi helium 3-isotoopin käyttö puhtaana nestemäisessä muodossa. Tätä isotooppilajia on ainoastaan yksi kutakin miljoonaa tavallista heliumatomia kohti. Toinen mahdollisuus on ehkä eräs atomienergian vapautumisen suhteen tehokkaan reaktion hyväksikäyttö, nimittäin vedyn muuttuminen heliumiksi. Tämä reaktio on kuitenkin ollut hyvin vaikeasti aikaansaattavissa. Kerrotaan että jo saksalaiset aikoinaan pyrkivät aikaansaamaan vety-atomipommin. Voidaankin olettaa amerikkalaisten käyttäneen hyväkseen saksalaisten tutkimusten tuloksia.

Kuuluisa atomintutkija, raskaan veden keksijä, Nobel-palkinnon saaja ja yksi atomipommin luoja, professori Harold C. Urey piti aikoinaan Upsalan yliopistossa mielenkiintoisen esitelmän atomipommista ja -energiasta, mainiten mm., että nykyään on helppo valmistaa sellainen atomipommi, joka on 1 000 kertaa aikaisempaa pommia voimakkaampi, kustannusten nousematta silti juuri nimeksikään. Hän mainitsi lisäksi, että atomipommin valmistuskustannukset nousevat tällä hetkellä 2 miljoonaan dollariin, mutta että kustannukset jatkuvasti alenevat valmistusmenetelmien yksinkertaistuessa. Amerikkalaiset pitävät atomipomia hyvin halpana aseena, perustellen mielipidettään sillä, että sen aikaansaama tuho vaikutus on niin valtava, että samansuuruisen tehon aikaansaamiseksi muita keinoja käyttäen tarvittaisiin niin suurisuuntainen sotakoneisto, että se tulisi vastaavasti paljon kalliimmaksi.

Uusin atomipommi on tyyppijärjestyksessä jo 6:s.<sup>1</sup> Johtavien brittiläisten tiedemiesten ja atomintutkijapiirien mukaan tämä »super-pommi» eroaa aikaisemmista pommeista siinä, että sen räjähdysvaikutusta voidaan lisätä kuinka paljon tahansa. Tämän

---

<sup>1</sup> 1948.

jättiläispommin räjähdysaineena on uraanin ja plutonin sijasta raskasta vettä. Räjähdysketken miljoonien asteiden kuumuudessa järjestyvät raskaan veden vetyatomit parittain, jolloin suunnattomia lämpöenergiämääriä vapautuu.

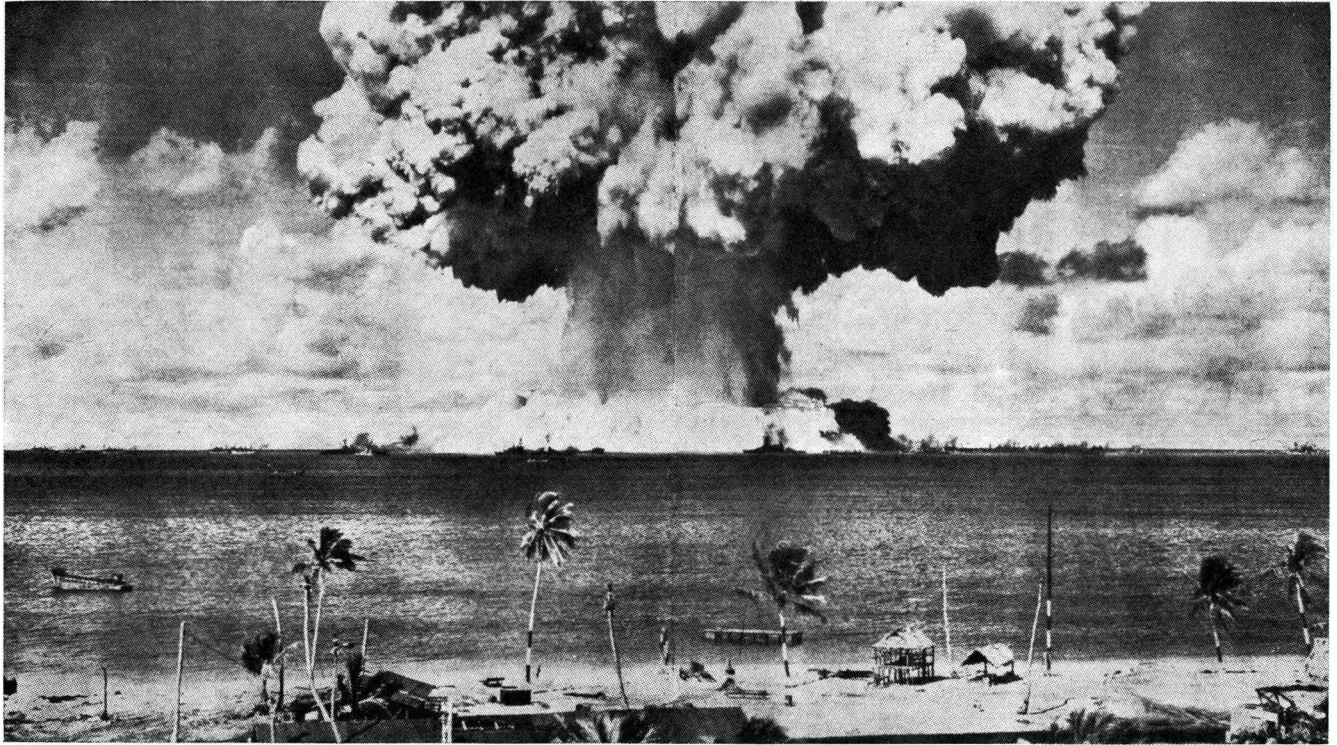
Uusi super-atomipommi on rakennettu siten, että pääräjähdysaineena on raskas vesi, jonka sisään on sijoitettu tavallinen atomipommi ikään kuin detonaattoriksi. Lisäämällä raskaan veden määrää voidaan pommin tehoa lisätä kuinka paljon tahansa.

Prof. Urey'n lausunnon mukaan uuden pommin vaikutusala on n. 1 000 km<sup>2</sup>, sillä pommin räjähdyksessä syntynyt suunnaton määrä myrkyllisiä radioaktiivisia kaasuja aikaansaa tuulen mukana levitessään niin voimakkaan ilman radioaktiivisen säteilyn, että kaikki elollinen elämä laajalla alueella on mahdotonta. Kaikkiin tietoihin voidaan suhtautua epäillen, mutta näiden asioiden epäileminen ei suinkaan poista niiden olemassaolon mahdollisuutta.

Koska atomienergian hyväksikäyttöön kelpaavia aineita on toistaiseksi ollut vähän ja nekin vaikeasti saatavissa, on kokeiltu lukuisia uusia aineita, jotka kelpaisivat atomiräjähdysaineeksi. Kanadalaiset ja englantilaiset ovatkin onnistuneet keksimään tällaisen aineen. Kyseessä on uusi uraanilaji 233 U, jota saadaan toriummalmista sekoittamalla siihen pieniä määriä tavallista uraania. Toriummalmiesiintymiä on erittäin runsaasti mm. Intiassa ja Brasiliassa. 80 % maailman toriummalmiesiintymistä lasketaan olevan Intiassa. Tätä 233 U:ta on helppo valmistaa ja sitä saadaan runsaasti yksinkestaisin ja halvoin menetelmin.

Bikinin ja Eniwetekin atomipommikokeilut ovat olleet koko maailman suuren mielenkiinnon kohteena. Oli selvää, että asia kiinnostasi suuresti ennen kaikkea suurvaltojen sotilas- ja laivastopiirejä, sillä oli saatava selvyys, kannattaako jatkuvasti uhrata miljardeja suurien valtamerilaivastojen ylläpitämiseksi, jos ne sodan puhjettua kuitenkin upotetaan atomipommeilla lentoaseen toimesta. Samoin oli saatava selvyys siitä, kannattaako ylläpitää mahtavia pommituskonelennostoja vai korvataanko ne kauko-ohjatuilla pommeilla ja raketeilla. Vastaukset näihin kysymyksiin selvittävät puolustajan ja hyökkääjän mahdollisuudet tulevassa sodassa.

Mainittakoon, että Bikinin atomipommikokeiluissa saadut koke-



Kuva 16.

Bikinin atomipommi räjähtää veden alla aiheuttaen 2 400 metrin vesipatsaan. 10 laivaa upposi ja 5 vaurioitui pahoin. Vertaa vesimassojen suuruutta sotalaivojen kokoon.

mukset on päätetty ottaa huomioon useiden maiden laivastouudistuksissa, kuten esim. naapurimaassamme Ruotsissa. Niinpä ruotsalainen amiraali Ericson mainitsee selostuksessaan mm., että kallioluoliin sijoitetut laivastotukikohdat ovat varmin turva atomipommitusta vastaan. Mutta myös laivanrakennuksessa on otettava huomioon atomipommin vaikutus. Laivojen suojaamiseksi paineaaltoja vastaan niiden kansirakenne tehdään virtaviivaiseksi. Kaikelle annetaan pyöristetetyt muodot, ja sivuventtiilit täytyy hylätä. Henkilökunnan suojaamiseksi säteilyltä on tykistö ja muu aseistus sijoitettava uudelleen. Samoin on kattilat vahvistettava. Kaikki laivat varustetaan ns. Walter-koneistolla, so. vetysuperoksidikoneilla, joilla tyydytetään laivojen happitarve, jotta ne tarvittaessa voisivat suljetuin venttiilein nopeasti kulkea radioaktiivisen alueen läpi. Laivasto tulee myös lähiaikoina siirtymään reaktiokäyttöön suurentuneen nopeustarpeen takia. Sen kautta päästään lisäksi erittäin aroista ja haavoittuvista potkuri- ja peräsinlaitteista. Tarkoituksena on aikaansaada »atomivarma» iskukykyinen laivasto.

Eniwetekin kokeiluista ei ole näkynyt juuri mitään tietoja. Englantilaisten tietojen mukaan kokeilut koskivat ensi kädessä atomimiinoja, erilaisia kauko-ohjattuja aseita ja jättiläisraketteja. Atomilatauksella varustettuja raketteja on saatettu räjähtämään maa- ja merimaaleja vastaan. On onnistuttu konstruoimaan miinoja, joilla on suunnaton räjähdysvaikutus. Edelleen mainitaan, että näissä kokeiluissa olisi pudotettu erimallisia atomipommeja, mm. raskasvesi-atomipommi. Mainittakoon, että välittömästi näiden kokeilujen jälkeen keskeytettiin 13:n parhaillaan rakenteilla olevan sotalaivan rakennustyöt, koska oli välttämätöntä muuttaa näiden laivojen piirustuksia.

Atomipommi on rakenteeltaan todennäköisesti siksi järeätekoinen, ettei atomienergiaa voida ajatella toistaiseksi käytettävän esim. tavallisessa tai ilmatorjuntatykistössä. Ehkä tämä myöhemmin voi tulla kysymykseen atomintutkimuksen edistyttyä, mutta kielteistä käsityskantaa tukee vielä se, että atomiräjähdysaineeksi kelpaava materiaali on toistaiseksi hyvin vaikeasti saatavissa, joten suurempia määriä ei voida saada riittävästi laajempaan käyttöön.

## V. Atomipommin käyttö aseena ja vaikutus sodankäyntiin.

Atomipommi on selvästi ensi kädessä ilma-ase, joka pommituskoneen avulla pudotetaan tai ehkä lähitulevaisuudessa ohjattavan raketin avulla kohdistetaan maaliin: Atomipommi on myös selvästi strateginen ase. Pelinavauksessa sillä on mitä suurin merkitys, koska ratkaisu voidaan aikaansaada nopeasti, sillä pommin vaikutusta ei pystytä torjumaan. Vastustajan johto joutuu toimimaan sokeasti, sillä hyökkäykset voidaan tehdä yllättäen suurella voimalla ja teholla ennen kuin vastustaja on saanut oman sotakoneistonsa toimintaan.

Atomipommi on lisännyt lentoaseen tehoa ja merkitystä suunnattomasti. Ilmasota saa sen tähden yhä suuremman merkityksen. Lentoaseen valtava teknillinen edistys, uudet keksinnöt kuten reaktio- ja raketivoima, tutka- ja kauko-ohjaus ovat lisänneet lentoaseen tehoa suuresti. Tämän kautta on puolestaan atomipommin käyttömahdollisuus suuresti lisääntynyt. Lentoase tulee sen tähden painamaan leimansa vastaisuudessa kaikkiin sotatoimiin entistä enemmän.

Lentoaseen suuren edistyksen johdosta ovat strategiset rajat yhä enemmän hävinneet ja useiden maiden sotilasmaantieteellinen asema ratkaisevasti muuttunut. Toiminta-alueet ovat laajentuneet ja etäisyydet menettävät suuresti merkitystään.

Suuret pommilennostot häviävät. — Sen sijaan suhteellisen pieni määrä koneita voimakkaan hävittäjäsaaton suojaamana riittää tehtävien suorittamiseen. Pommitukset voidaan suorittaa kauko-ohjattuna liitopommituksena suurista korkeuksista ja suurella nopeudella, jolloin puolustajan on hyvin vaikeata päästä käsiksi hyökkääjän koneisiin.

Parannetut laitteet ja menetelmät suunnistamisessa ja pomminpudotuksessa aikaansaavat sen, että lentohyökkäykset pimeässä ja huonolla säällä tulevat yhä tehokkaammiksi. Sen tähden tuleekin strateginen pommitus tapahtumaan tavallisesti yöllä.

Ei ole epäilystäkään siitä, että atomipommi on hirvittävin ase, minkä ihmiskunta on keksinyt. Sen tähden ei ole aliarvioitava niitä vaaroja, joita tämän kautta syntyy. Vaarallisinta on, etteivät kaikki kansat ymmärrä tätä.

**Lähdekirjallisuus:**

*Dessauev*: Atomenergie und Atombombe.

*Stenvinkel*: Hur Atombomben kommer till och verkar.

*Ahlgren*: Atomkrig.

*Tyrén*: Atomikautta kohti.

*Dietz—Niini*: Atomienergia tulevaisuuden voima.

*Wennerström*: Morgondagens Flyg.

Aikakauslehdistä:

Flying

Wingar

Svensk Flygtidning.