

Atomipommin vaikutus ja suojautuminen sitä vastaan

Kirjoittanut yleisesikuntaeverstiluutnantti R. Arimo

A. YLEISTÄ

Atomipommista kirjoitellaan päivälehdissä harva se päivä. Suomeksi on siitä kuitenkin julkaistu kovin vähän asiatietoja, yhtä vähän sen tehosta ja vaikutuksesta kuin suojautumisesta sen tuhoilta. Ulkomaisessa kirjallisuudessa sen sijaan asioita käsitellään sängen perusteellisesti, pysyen kuitenkin yleisillä teoreettisilla linjoilla ja visusti varoen sotilaallisesti tärkeiden salaisuuksien paljastamista. Varsinkin amerikkalainen "atomipommikirjallisuus" on laaja. Seuraavassa yritetään pääasiallisesti viimeksi mainitun perusteella esittää tietoja atomipommin tehosta ja vaikutuksesta sekä suojautumisesta sitä vastaan, puuttumatta varsinaisiin teoreettisiin perusteisiin.

Tavallisessa räjähdysilmiössä on kysymys kemiallisista reaktioista, mutta atomipommin räjähtäessä aineen atomien kokoomus muuttuu, atomiytimet hajaantuvat eli fissioituvat, ja alkuaineet muuttuvat toisiksi. Tällöin vapautuvat energiamäärät ovat monin verroin suuremmat kuin kemiallisissa reaktioissa. Näin ollen "atomiräjähdysaineen" teho painoyksikköä kohti on aivan toista suuruusluokkaa kuin tavallisen räjähdysaineen. Atomipommi on kuitenkin suuren lentopommin kokoinen, on mainittu sen pituudeksi 5 m ja painoksi useita tonneja. Tämä johtuu siitä, että tarvitaan monimutkaiset laukaisukoneistot ja tietyt metallimassat suojaksi radioaktiivista säteilyä vastaan.

Fissioilmiön edellytyksenä on, että aktiivista ainetta on tietty vähimmäismäärä, jotta fissioituminen voisi päästä alkuun ja jatkua. Toisaalta taas suuressa määrässä aktiivista ainetta ilmiö alkaa itses- tään, aine ei säily. Tämä ns. kriittinen koko lienee 10—30 kg:n paik- keilla. Atomipommissa kaksi "atomiräjähdysainekappaletta", joiden yhteinen paino ylittää kriittillisen koon, ammutaan vastakkain eri- tyisellä koneistolla, jolloin yhtyneessä ainemäärässä tapahtuu fis- sioituminen ja atomipommi räjähtää. Atomiräjähdysaineen vaikean ja kalliin tuottamisen sekä toisaalta sen suuren tehon vuoksi krii- tillinen koko ylitettäneen vain sen verran, että räjähtäminen on taattu. Pommin syttyminen on varmistettu monin ja monimutkaisin sytytyskoneistoin.

Koska atomipommeja voidaan rakentaa varsin eri tehoisia, ame- rikkalaiset ovat ottaneet käytäntöön käsitteen "yksikköpommi" (no- minal atomic bomb), jonka teknilliset arvot ovat tarkoin määrite- tyt ja johon muita pommeja voidaan verrata. Tämän yksikköpom- min katsotaan vastaavan 20 kilotonnin eli 20 milj. kilon trotyyli- panosta, ja siitä esitetään seuraavat luvut:

2×10^{13} kaloria,

$8,4 \times 10^{20}$ ergiä eli $8,5 \times 10^{12}$ kgm,

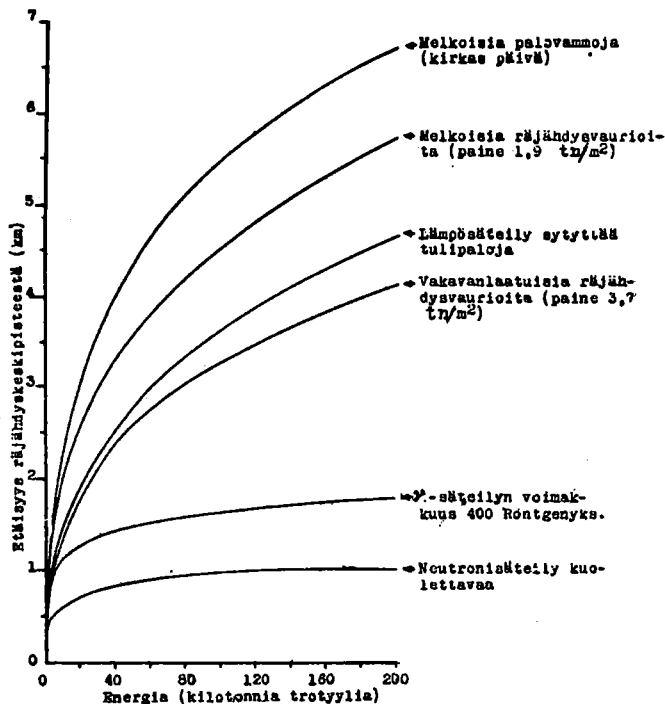
$2,3 \times 10^7$ kilowattituntia.

Sama energiamäärä saadaan 7000 tonnista kivihiiltä, ja vertauksen vuoksi mainittakoon, että Imatran voimalaitos kehitti v. 1950 noin 972 milj. kilowattituntia, mikä vastaisi noin 42 atomipommiä. Tä- män energiamäärän kehittämiseen tarvittava uraani tai plutonium- määrä on muutaman cm:n läpimittainen pallo. Vastaavan trotyylikuu- tion särmä on 31,5 m. — Kysymys on kuitenkin hyvin vähäisistä ener- giamääristä luonnossa esiintyviin verrattuna. Niinpä atomipommin energia vastaa suunnilleen 5 km²:n alueelle kirkkaana päivänä tulevan auringon energiasäteilyn määrää. Voimakkaan maanjäristyksen aikaansaamiseen tarvittaisiin miljoona atomipommiä.

Yksikköpommi on täysin teoreettinen käsite, mutta Japaniin pudot- tetut olivat tätä suuruusluokkaa. Todennäköisesti nykyiset ovat jo paljon suurempia, eräiden tietojen mukaan Eniwetokin kokeiluissa käytetty vastaisi 100—120 kilotonnia trotyyliä. Ilmeisesti on pom- min hyötysuhdetta onnistuttu parantamaan atomiräjähdysainetta

lisäämättä. Kuvassa 1 esitetystä käyrästä voidaan verrata toisiinsa erisuuruisten pommien vaikutusta.

Viime aikoina on lehdistössä näkynyt tietoja, että amerikkalaiset olisivat onnistuneet ratkaisemaan 1000 kertaa voimakkaamman pommin rakentamiseen liittyvät teknilliset vaikeudet — teoreettisesti tällaisen pommin tekemisen edellytykset ovat jo kauan olleet tunnetut. Tämän ns. vetypommin räjähdysilmio on toisenlainen kuin tähänastisten: atomiytimet eivät hajaannu, vaan päinvastoin vety-ytimet yhtyvät heliumytimiksi. Vapautuvat energiamäärät ovat suunnattomasti suuremmat kuin fissioilmiossa, lisäksi hyötysuhde on paljon edullisempi. Vaikeutena on ilmiön alulle paneminen, koska siihen tarvitaan yhtä suuri kuumuus kuin auringossa vallitseva. Korkean lämpötilan synnyttämiseen käytetään uraani- tai plutoniumpommia, joka siis toimii vetypommin "aloitepanoksena". Vetypommin valmistamiseen tarvitaan litiumia, ja hiljattain näkyneiden tietojen



Kuva 1. Erisuuruisten atomipommien vaikutus.

mukaan amerikkalaiset harkitsevat sen ottamista valtion valvontaan tähänastisten atomipommin raaka-aineiden tavoin.

Kuten kuvasta 1 näkyy, painevaikutus kasvaa energiamäärän lisääntyessä paljon hitaammin kuin suoranaisen lämpösäteilyn vaikutus. Radioaktiivinen säteily saavuttaa varsin pian maksiminsa. Ilmeisesti tällaisten suurpommien vaikutus tuleeekin olemaan jonkin verran toisenlainen kuin nykyisten. Lämpösäteilyn merkitys kasvaa suuremmassa määrässä kuin paineaallon.

Rinnan suurpommien kehittämisen kanssa on kokeiltu myös ns. taktillisten atomipommien ja jopa atomikranaattien parissa. Amerikkalaiset väittävät viime aikoina suorittaneensa menestyksellisiä kokeiluja. Teholtaan nämä ovat yksikköpommin suuruusluokkaa, sillä kriittillinen koko rajoittaa pienempien aikaansaamista. Mahdollisesti on pommien teknillistä rakennetta onnistuttu siten parantamaan, että niiden paino ja koko on saatu pienemmiksi.

B. ATOMIPOMMIN RÄJÄHDYSILMIÖ

1. Räjähdyksessä ilmassa

Atomipommi voidaan räjäyttää ilmassa, maanpinnan alla tai vedessä. Tietyissä suhteissa nämä räjähdysilmiöt eroavat toisistaan, kuten myöhemmin esitetään, mutta atomipommin räjähdykselle on aina ominaista korkea lämpötila, voimakas paineaalto ja radioaktiivisen säteilyn ilmeneminen. Parhaiten atomipommi pääsee oikeuksiinsa ilmaräjähdyksessä, ja sitä lieneekin pidettävä normaalina räjäyttämistapana.

Atomipommin räjähtäessä syntyy aluksi suunnaton kuumuus, miljoonia C-asteita. Tavallisen räjähdyspommin maksimilämpötila on vain noin 5000° C. Muutamien sekunnin miljoonasosien jälkeen varsinainen räjähdys onkin tapahtunut ja ilmiö ilmenee ns. tulipallona. Säteilevä energia kuumentaa ympäröivän ilman, ja tulipallo laajenee tilavuudeltaan. Noin 0,1 millisekunnin (millisekunti = 0,001 sek) jälkeen pallon halkaisija on noin 27 m ja lämpötila vain 300000° C. Tällä hetkellä valon voimakkuus noin 3 km:n päästä katsottuna on

100 kertaa suurempi kuin auringon valon voimakkuus maan pinnalla.

Laajetessaan tulipallo aiheuttaa ympärilleen voimakkaan paineaallon. Tulipallo kasvaa noin 15 millisekunnissa 180 m:n läpimittaiseksi, ja pintalämpötila on tällöin noin 5000° C. Paineaallon paine ja lämpötila pienenevät samanaikaisesti, minkä johdosta ilma, jonka läpi se etenee, ei enää rupeakaan hehkumaan. Tällöin paineaalto irtaantuu tulipallosta ja jatkaa etenemistään noin 4500 m/sek:n nopeudella. Noin 1 sek:n kuluttua tulipallo on suurimmillaan, halkaisijan ollessa lähes 300 m. Paineaalto on tähän mennessä edennyt hieman yli 300 m:n päähän keskipisteestä.

Tulipallo kohoaa ylöspäin kuin kaasupallo, ja noin 10 sek:n kuluttua se on noussut noin 450 m, mutta samalla sen lämpötila on jatkuvasti laskenut eikä valoilmiota enää näy. Paineaalto on tämän ajan kuluessa edennyt noin 3,5 km, tehnyt pääasiallisen tuhotyönsä ja käynyt verrattain vaarattomaksi. Atomipommin välitön vaikutus on nyt lakannut, koska myös gamma- ja neutronisäteily on pääasiallisesti loppunut.

Tulipallon sisällä ovat kaikki aineet, myös atomipommin metalliosat, hehkuvassa kaasumaisessa tilassa. Vieläpä lakattuaan valaisemasta kuuma kaasupullo jatkuvasti nousee ylöspäin. Lämpötilan laskeessa tapahtuu sekä veden että metallien kondensoitumista ja muodostuu vesipisaroita sekä erikokoisia metallihiukkasia. Jos räjähdys tapahtuu matalalla (enint. 150 m), jolloin tulipallo koskettaa maan pintaa, siihen sekaantuu pölyä maasta sekä mahdollisesti metalleja maalialueelta. Nämäkin kaasuntuuvat ja myöhemmin taas kondensoituvat. Näin syntyvä "atomipilvi" nousee suuriin korkeuksiin, jopa stratosfääriin asti ja saattaa näkyä tunnin ja kauemminkin. Sen tunnusomainen sienimäinen muoto lienee kaikille tuttu julkaisuista valokuvista. Pölyhiukkaset ja vesipisarot tulevat myös radioaktiivisiksi koskettaessaan radioaktiivisia metallihiukkasia. Maahan pudotessaan ne voivat olla vaaraksi. Päivälehdissä oli hiljattain uutinen, jonka mukaan Nevadassa suoritettujen kokeilujen seurauksena oli aiheutunut vahinkoja sekä radioaktiivisesta pölystä että lumesta. Yleensä kuitenkin atomipommi räjäytettäneen mahdollisimman suuren hävitystehon aikaansaamiseksi niin korkealla, että tämäntapai-

nen vaikutus ei ole tuntuva. Hiroshiman ja Nagasakin pommituksissa tämä ilmiö ei aiheuttanut lainkaan vahinkoja.

Otaksuttiin atomipommilla voivan olla vaikutusta ilmastollisiin olosuhteisiin, mutta tämä ei pidä paikkaansa, koska esiintyvät energiamäärät ovat lopultakin suhteellisen vähäisiä ja niin lyhytaikaisia, että ne eivät ehdi saada aikaan muutoksia ilmakehän rakenteessa. Sen sijaan on todettu atomipommilla olleen välillinen vaikutus aiheuttamiensa suurten tulipalojen vuoksi. Niinpä Hiroshiman tulipalo aiheutti sateen. Samanlaisia ilmiöitä on todettu suurten metsäpalojen ja toisen maailmansodan lentopommitusten yhteydessä.

2. Räjähdyks vedessä

Vedenalaista räjäyttämistä tutkittiin Bikinin kokeissa, joissa atomipommi räjäytettiin noin 60 m:n syvyisessä laguunissa ehkä muutamana kymmenen metriä pinnan alapuolella. Tarkkaa syvyyttä ei ole ilmoitettu. Ilmeisesti muodostuu vedenalaisessakin räjäytyksessä tulipallo samaan tapaan kuin ilmassa, mutta riittävän syvällä räjäytettäessä se ei tule lainkaan näkyviin pinnan yläpuolelle. Bikinissä se lienee jossain määrin näkynyt. Seuraavassa vaiheessa muodostuu kaasupallo, joka sisältää, paitsi atomipommin fission tuloksia, veden hajaantumisen syntyneitä vety- ja happiatomeja. Kaasupallo aiheuttaa joka suuntaan leviävän paineaallon, joka erottuu tummemman värisenä renkaana ympäröivästä vedenpinnasta. Ylöspäin kohdistuva paine nostatti Bikinin kokeessa ilmaan valtavat vesimäärät, arviolta noin miljoona tonnia. Noin 4 millisekuntia räjähdys jälkeen alkoi muodostua pystysuora vesipatsas, joka ulottui noin 2,5 km:n korkeuteen. Sen halkaisija oli noin 600 m. Uloimpana oli noin 90 m paksut vesiseinämät, ja patsaan sisäosa oli kaasumaisessa tilassa. Vesipatsaan yläosaan muodostui sienimäinen, myöhemmässä vaiheessa kukkakaalia muistuttava pilvi, joka sisälsi paitsi vesipisaroita ja atomipommin fission tuotteita, myös pohjasta veden mukana imeytyneitä hiukkasia. Koko pilvi oli voimakkaasti radioaktiivinen. Noin 10 sekunnin kuluttua räjähdysketkestä sienien kannan ympärille alkoi muodostua putoavista vesipisaroista suunnaton kuonaalto tai pilvi, joka ympyrän muotoisena levisi nopeasti joka

suuntaan. Tätä kuohuaaltoa on verrattu Niagaran putouksen alaosan kuohuihin, ja siitä aiheutui noin tunnin kestävä sade, joka tuulen mukana ajautui useiden kilometrien päähän. Voimakkaan radioaktiivisuuden vuoksi ilmiö voi olla varsin vaarallinen, ajateltakoon vain, että atomipommi pudotettaisiin suurkaupungin satamaan tai sen lähivesiin.

3. Räjähdyks maassa

Syvällä maan sisässä ei atomipommiä ole räjäytetty, joten kokemusperäisiä tietoja ei ole. Luonnollista kuitenkin on, että syntyy tulipallo samoinkuin ilmassa ja vedessäkin ja paineaalto leviää säteittäisesti joka suuntaan. Mitä lähempänä maan pintaa räjähdyspiste sijaitsee, sen suurempi osa energiasta purkaantuu ylöspäin. On laskettu, että pommin pitäisi räjähtää vähintään 180 m:n syvyydessä, jotta energiaa ei purkaantuisi ilmaan. Näin syvällä tapahtuva räjähdys vastaa teholtaan lievää maanjäristystä. Jos taas pommi pudotetaan lentokoneesta normaalseen tapaan ja se räjähtää noin 15 m:n syvyydessä, sen energiasta vain 35 % menee maanjäristyksen synnyttämiseen. Syntyvän kraaterin halkaisija on noin 240 m ja syvyys noin 30 m.

Varsin vaarallinen ilmiö maassa tai maanpinnassa, jopa ilmassakin lähellä maanpintaa tapahtuvassa räjähdyksessä on voimakas radioaktiivinen saastutus. Jos maaperä on pehmeätä, kuten hietaa tai mutaa, voi syntyä kuohuaallon tapainen pölypilvi, joka saattaa levitä laajalle tuulen mukana.

C. RÄJÄHDYKSEN VAIKUTUS

1. Paineaalto

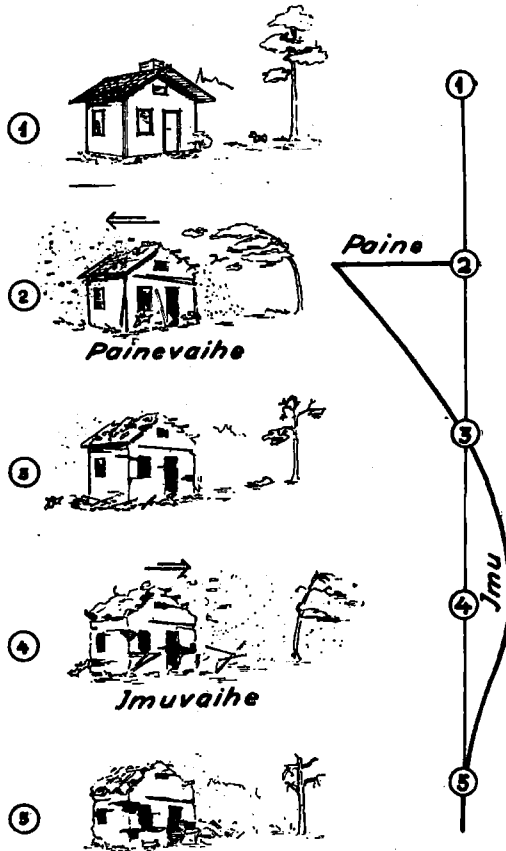
Atomipommin räjähdykseen liittyvistä ilmiöistä on vaarallisin ja tuhoisin ilmaräjähdyksen aiheuttama paineaalto. Joskin sekä lämpöettä radioaktiivisen säteilyn aiheuttama tuho on huomattavasti vähäisempi, on tietenkin mahdollista, että jossakin tilanteessa pommiä halutaan käyttää jonkin tietyn alueen radioaktiiviseen saastuttami-

seen räjäyttämällä pommi vedessä tai maan pinnassa. Voi myös joskus tulla kysymykseen sen käyttäminen tietyn pienehkön kohteen perusteelliseen tuhoamiseen. Tällaisissa tapauksissa kuitenkin suurin osa pommin tehosta menee hukkaan, joten normaalitapauksena on pidettävä ilmaräjähdyistä. Yksikköpommille sopivin räjäytyskorkeus on noin 600 m, suuremmille jonkin verran enemmän.

Paineaallon suuri tuho vaikutus perustuu siihen, että sekä elolliset olennot että rakennelmat kestävät ylipainetta varsin vähän. Amerikkalaisen arvion mukaan $10,5 \text{ kg/cm}^2$ riittää tappamaan ihmisen, $2,1 \text{ kg/cm}^2$ tuhoaa muunlaiset paitsi maanjäristyksiä kestämiin tarkoitettut teräs- tai teräsbetonirunkoiset rakennukset, $0,7 \text{ kg/cm}^2$ sortaa tavallisen kerrostalon ja $0,2 \text{ kg/cm}^2$ tavallisen meikäläisen puutalon. Normaalin ilmanpaine on noin 1 kg/cm^2 , edellä mainitut luvut tarkoittavat sen lisäksi tulevaa ylipainetta.

Luonnollisestikaan ei ole vaikeata rakentaa laitetta, joka kestää 600 m:n korkeudessa suoraan yläpuolella räjähtävän atomipommin paineen, mutta eri asia on lujittaa olemassa olevat rakennukset näin vahvoiksi.

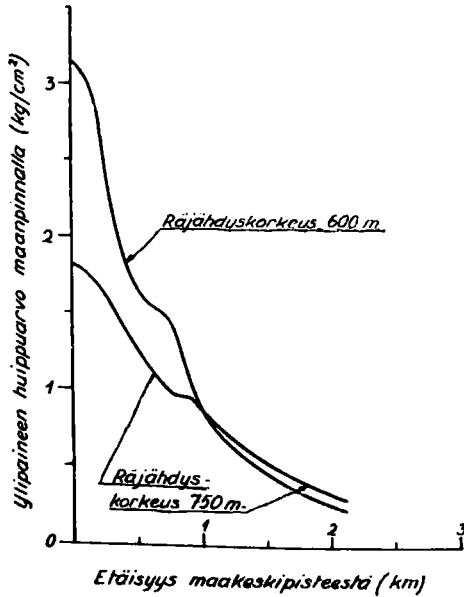
Kuten aikaisemmin on esitetty, räjähdysten aiheuttama paineaalto irtaantuu tulipallosta vajaan sadan metrin päässä keskipisteestä. Sitä voidaan verrata pitkin maan pintaa etenevään "painesinämään", jossa paineella on maksimiarvonsa. Ennen pitkää paineaallossa voidaan erottaa kaksi vaihetta, positiivinen eli varsinainen paine ja negatiivinen eli imuvaihe. Positiivisessa vaiheessa, joka on lyhyempi kuin negatiivinen, paine on monta kertaa korkeampi kuin negatiivisen vaiheen aikana. Esimerkiksi 1200 m:n päässä räjähdyspisteestä positiivinen vaihe kestää noin $\frac{1}{2}$ sek, negatiivinen muutamia sekunteja. Ilmahiukkaset liikkuvat positiivisen vaiheen aikana pois päin ja negatiivisen aikana takaisin keskipisteeseen päin. Pääasiallisin tuho tapahtuu positiivisen vaiheen aikana, jolloin rakenteet rikkoutuvat, negatiivinen vaihe oikeastaan vain edistää irtaantuneiden osien siirtymistä paikaltaan. Kuvassa 2 on havainnollisesti esitetty paineaallon eri vaiheet.



Kuva 2. Paineaallon vaiheet.

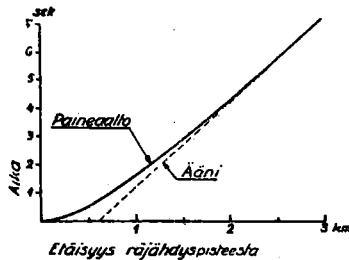
Kuvassa 3 on esitetty ylipaineen maksimi maanpinnalla maakeskipisteestä¹⁾ mitatun etäisyyden funktiona kahdelle eri räjähdyskorkeudelle. On huomattava, että painekäyrä aluksi laskee hyvin jyrkästi. Kuvassa ovat käyrien alkupisteet 600 ja 750 m:n päässä räjähdyspisteestä, mutta lähempänä on paine aivan toista suuruusluokkaa.

1) Maakeskipisteeksi nimitetään tässä esityksessä räjähdyspisteen projektiota maan pinnalla.



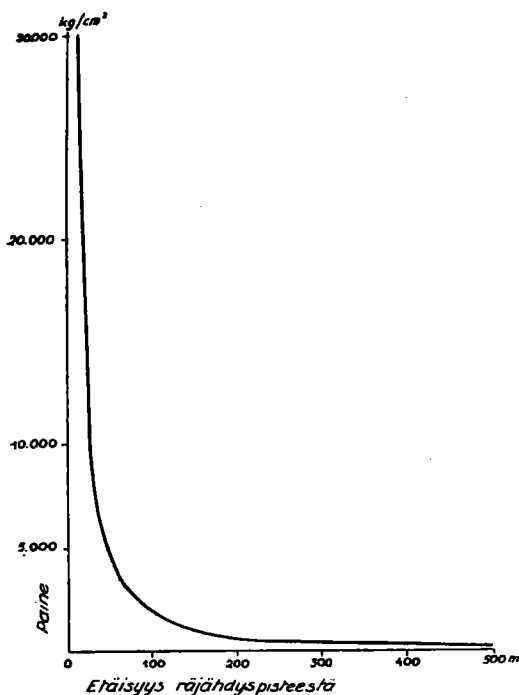
Kuva 3. Paineen huippuarvot maan pinnalla.

Todellisuudessa paine ei suinkaan ole yhtä etäällä keskipisteestä kaikkialla tarkoin saman suuruinen, sillä paineaalto saattaa heijastua maan pinnasta ja rakennuksista, ja näin ollen se paikallisesti voi olla nimellispaineeseen verrattuna moninkertainen.



Kuva 4. Paineaallon saapumis aika.

Kuvassa 4 on esitetty paineaallon saapumisaika etäisyyden funktiona ja verrattu sitä äänen vastaavaan aikaan. Kuvasta näkyy, että paineaallon nopeus on aluksi äänen nopeutta suurempi, mutta hidastuu vähitellen samaksi paineen laskiessa.



Kuva 5. Painekäyrä atomipommin räjähtäessä vedessä.

Räjähtäessään vedessä atomipommi aiheuttaa kolme eri aaltoa: varsinaisen paineaallon, muutamia tavallisia pinta-aaltoja sekä lisäksi aikaisemmin mainitun "kuohuaallon", jotka kaikki etenevät säteittäisesti. Paineaallon nopeus on aluksi äänen nopeutta (vedessä n. 1500 m/sek) paljon suurempi, mutta hidastuu pian samaksi. Paineen huippuarvot ovat aluksi paljon korkeammat kuin ilmassa, mutta vaimeneminen on myös suurempi, joten vaikutusala jää paljon pienemmäksi. Kuvassa 5 on esitetty syvässä vedessä räjäytetyn yksikköpommin paineaallon huippuarvot etäisyyden funktiona. Bikin kokeissa todettiin pinta-aallon maksimikorkeudeksi 300 m:n päässä 28,3 m ja 3000 m:n päässä 3,5 m. Ensimmäisen aallon saapumisaajat olivat vastaavasti 11 sek ja 127 sek.

2. Lämpösätely

Kuten jo aikaisemmin on mainittu, atomipommi eroaa tavallisesta pommista siinä, että syntyvät lämpötilat ja lämpöenergian määrät ovat valtavasti suuremmat. Niinpä atomipommin koko energiamäärästä noin kolmannes esiintyy säteilyenergiana, vastaten noin $6,7 \times 10^{12}$ kaloria ja n. 8 milj. kilowattituntia. Tällaiset energiamäärät luonnollisesti aiheuttavat myös suurta tuhoa.

Atomipommin säteilyenergia ilmenee valtaosaltaan valona sekä ultraviolettina ja infrapunaisena säteilynä. Nämähän eroavat toisistaan vain aallonpituudeltaan. Osa absorboituvasta säteilystä, varsinkin ultravioletista, voi aiheuttaa kemiallisia reaktioita, mutta suurin osa muuttuu lämmöksi. On arvioitu, että Japanin pommituksissa (räjähdyskorkeus noin 600 m) lämpötila maan pinnassa räjähdyspisteen alla oli 3000—4000° C. Koko säteilyn kesto aika on varsin lyhyt, pääasiallisesti se tapahtuu 3 sek:n kuluessa räjähdysketkestä lukien. Säteilyn tärkeimmät fysikaaliset vaikutukset ilmenevät aineiden syttymisenä ja ihmisen ihon palamisena. Lyhyen kestoajan johdosta lämpö ei ehdi tunkeutua syvälle, vaan sen vaikutus jää varsin pinnalliseksi. Lämmön vaikutusta tutkittaessa pidetään kriteerinä pinta-alan yksikköä kohti absorboitunutta eli imeytyntä energiamäärää, kaloria/cm². Eri aineiden kriittiset energiamäärät tietyn vaikutuksen aikaansaamiseksi ovat varsin erilaiset. Seuraavassa taulukossa on eräitä esimerkkejä. Taulukkoon on merkitty myös vaikutusetäisyys kirkkaalla ilmalla. Onhan helposti ymmärrettävissä, että esim. sumussa ja sateessa vaikutusetäisyys on pienempi.

Aine	Vaikutus	Kriit. energia kal/cm ²	Vaikutusetäisyys näkyvyyden ollessa	
			20 km	10 km
Iho	Kohtalainen palam.	3	3	2,5
	Vähäinen palam.	2	3,6	3
Valkoinen paperi	Hiiltyy	8	2,1	1,8
	Palaa	10	1,9	1,7
Musta paperi	Palaa	3	3	2,5
Havupuu	Hiiltyy	8	2,1	1,8
(douglaskuusi)	Palaa	11	1,8	1,6
S:a tummaksi värätettynä	Palaa	3	3	2,5
Vaahtera (musta)	Hiiltyy	8	2,1	1,8
	Palaa	25	1,3	1,2
Puu villakangas (harmaa)	Kärventyy	8	2,1	1,8
	Palaa	10	1,9	1,7
Nylon	Sulaa	3	3	2,5
Villasarssi (tumman sininen)	Nukka kärventyy	2	3,6	3
	Irtonaiset kuidut palavat	7	2,2	1,9
Synteettinen kumi	Palaa	8	2,1	1,8
Bakeliitti	Hiiltyy	75	0,7	0,7

Japanissa arvioitiin kaikista ihmisille aiheutuneista vammoista noin 75 % ja vaarallisista vammoista noin 50 % olleen palovammoja, joko "leimahduksen" tai liekkien synnyttämiä. "Leimahdusvammoja" oli 20—30 % kaikista palovammoista. Niitä todettiin Hiroshimassa noin 2,3 km:n päässä ja Nagasakissa 4 km:n päässä maakeskipisteestä. "Leimahdus" aiheuttaa palovammoja vain räjähdyspisteen puoleiselle ruumiin sivulle. Yleensä vaatetus antaa riittävän suojan, mutta todettiin, että varsinkin ohuen ja tumman vaatteiden läpi syntyi vammoja, jopa niin että kirjavan vaatteiden tummasta kuvioituksesta tai raidoituksesta jäi selvä kuva ihoon.

Vähäinen ultraviolettisäteily aiheuttaa ihon punoitusta, voi-
makas jopa kipeitä rakkuloita. Ihmisten herkkyys ultraviolettisäteilylle on varsin erilainen. Niinpä on todettu, että kirkkaalla ilmalla 2 km:n etäisyydessä yleensä suurin osa ihmisistä ei saa mitään vam-

maa, mutta herkimmat joutuvat kärsimään ihon punoituksesta (eryt-hema). Todennäköisesti ihovammat kuitenkin aiheutuvat suurem-massa määrässä infrapunaisen kuin ultravioletin aaltoalueen sätei-lystä.

Japanin pommituksissa hiiltiväät tai mustuivat säteilyn aiheutta-masta kuumuudesta tuholta säästyneet puhelinpylväät, puut, raken-nukset yms. räjähdysten puoleiselta sivultaan vielä yli 3 km:n etäi-syydellä. Jos edessä oli suojaavia rakennuksia tms., ei vaurioita ilmen-nyt. Erikoislaatuisena ilmiönä mainitaan, että lähes 2,5 km:n päässä räjähdyspaikalta oli säteilylämpö hiillyttänyt paperin musteella kir-joitettujen kirjainten kohdalta, kirjoittamattoman osan säilyessä.

Atomipommin sytytysvaikutus ei suinkaan ole sen vaarallisin omi-naisuus. On arvioitu, että saman tuhon kuin Hiroshiman tai Naga-sakin atomipommit olisi aikaansaanut noin 325 tonnia tavallisia rä-jähdyspommeja ja 100 tonnia palopommeja. Atomipommi on kui-tenkin ainutlaatuisen tuhon äkillisessä valtavuudessa, varsinkin ajateltaessa sen vaikutusta tulipalojen sytyttämisessä.

Ilmeisestikin atomipommi aiheutti säteilyllään suuren määrän tulipaloja, mutta suurin osa näistä oli kuitenkin välillisen vaikutuk-sen tuloksena, kun paineaalto rikkoi liedet, uunit ja kaasujohdot, sähköjohtoihin tuli oikosulkuja jne. Paineaalto myös helpotti tulen leviämistä rikkomalla ikkunoita, ovia, seiniä, palomuureja, välipohjia, portaita jne. Toisaalta on kuitenkin todettava, että esim. puutalot palavat sortuneina huomoinnakin kuin pystyssä. Palojen yhtäaikainen syttyminen laajalla alueella aiheutti, ettei kaduista, palokujista ja joista ollut paljoakaan hyötyä tulipalojen rajoittamisessa. Tuhon suuruuteen vaikutti myös se, että palontorjuntavälineistöä ja henki-lökuntaa tuhoutui, Hiroshimassa esim. edellistä 70 % ja jälkimmäistä 80 %. Kun vielä kadut tukkeentuivat, eivät palokunnat päässeet lä-hemmäksi kuin 2 km:n päähän maakeskipisteestä. On siis varsin luon-nollista, että tällä säteellä kaikki rakennukset tuhoutuivat. Vesijoh-doissa paine laski, kun talojen putkistot rikkoutuivat, jopa paikoi-tellen varsinaiset pääjohdotkin, mistä oli seurauksena sammutusve-den puute.

Atomipommi voi aiheuttaa myös paikallisen myrskyn. Hiroshimassa syntyi noin 20 min räjähdysten jälkeen keskustaan puhaltava tuuli,

jonka nopeus oli 2—3 tunnin kuluttua suurimmillaan, noin 50—60 km/t. Tällainen tuuli rajoittaa Japanin kokemusten mukaan palon leviämisen yleensä sille alueelle, missä syttyminen alun perin tapahtuu. Tuulta seuraa tavallisesti sade, mikä johtuu veden kondensoitumisesta hiili- ym. hiukkasten ympärille, kun nämä nousevat kylmempiin ylempiin ilmakerroksiin. Tällaista tuulta ei kuitenkaan synny, jos räjähdysketkellä puhaltaa niin voimakas tuuli, että se tuo paloalueelle riittävästi ilmaa. Nagasakissa esimerkiksi puhalsi etelätuuli, noin 60 km/t, joka painoi tulta laaksoa pitkin pohjoiseen päin, missä onneksi ei ollut mitään palavaa.

3. Radioaktiivinen säteily

Atomipommin räjähtäessä syntyy neljänlaista säteilyä: alfa-, beta-, gamma- ja neutronisäteilyä. Alfasäteiden muodostavat ns. alfa-hiukkaset, jotka ovat koostuneet 2 protonista ja 2 neutronista. Beta-säteiden säteilevinä osina ovat elektronit. Gammasäteily on elektromagneettista säteilyä, samanlaista kuin röntgensäteily.

Säteily voidaan jakaa ajallisesti kahteen jaksoon: alkusäteilyyn ja jälkisäteilyyn. Näiden välinen raja ei ole tarkka, mutta vakiintuneen käytännön mukaan sanotaan alkusäteilyksi ensimmäisen minuutin aikana tapahtuvaa ja jälkisäteilyksi tätä myöhemmin tapahtuvaa säteilyä.

Alfa- ja betasäteilyllä ei kumpaisellakaan ole käytännöllistä merkitystä, koska niiden tunkeutumiskyky on niin pieni, että ne ilmaräjähdyksen ollessa kyseessä eivät pääse maan pintaan saakka. Gamma- ja neutronisäteilyn läpäisykyky on sen sijaan varsin suuri, joten niiden vaikutusala on laaja. Kumpainkin säteilylaji aiheuttaa vahingollisia seuraamuksia elollisille organismeille, mutta sen sijaan niillä ei ole syytystehoa, joten ne eivät voi aiheuttaa palovahinkoja. Vaikkakin atomipommin energiasta vain noin 3 % muuttuu alkusäteilyksi ja tästäkin määrästä vain 1 % pääsee tunkeutumaan joltisellekin etäisyydelle räjähdyspisteestä ja vaikka jälkisäteilyn energiamäärät ovat samaa suuruusluokkaa, säteilyvammat ovat varsin merkittävä osa kaikista atomipommin aiheuttamista vammoista. Suojautuminen radioaktiiviselta säteilyltä on paljon vaikeampaa kuin lämpösäteilyltä.

Jonkinlaisen kuvan saamiseksi gammasäteiden tunkeutumiskyvystä eri aineisiin esitetään seuraava taulukko:

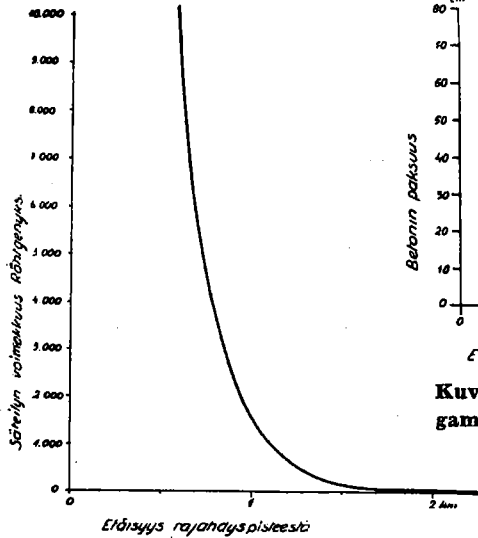
Vaimene- minen	Suojapaksuus cm:inä							
	Alkusäteily				Jälkisäteily			
	Vesi	Betoni	Rauta	Lyijy	Vesi	Betoni	Rauta	Lyijy
0,2	76	28	10	4	30	13	4	2
0,1	102	38	13	6	41	17	6	3
0,02	178	63	21	10	63	28	10	4
0,01	203	76	24	12	74	33	11	5
0,001	280	102	36	17	104	48	16	8

Vaimentamisella tarkoitetaan, että säteilyn voimakkuus pienenee tiettyyn osaan kulkiessaan suoja-aineen läpi, esim. alkusäteilyn voimakkuus vähenee yhteen tuhannesosaan noin metrin paksuisen betoniseinän vaikutuksesta.

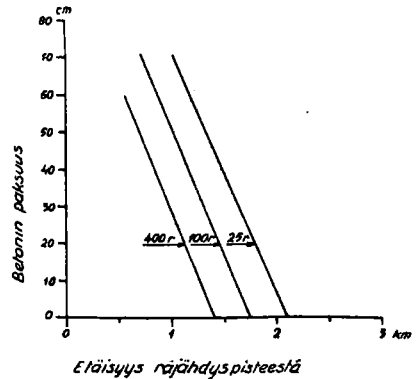
Säteilyn vaikutusta elollisiin olentoihin mitataan ns. röntgenyksiköllä (r). Puuttumatta yksikön määrittämiseen todettakoon, että 400 r:n säteily koko ruumiiseen muutaman minuutin aikana aiheuttaa kuoleman noin 50 %:lle ihmisiä. Tätä annosta sanotaan keskimääräiseksi kuolettavaksi annokseksi. Kuvasta 6 näkyy, että tämän vaikutus ulottuu noin 1300 m:n päähän. Jos osa ruumiista on hyvin suojattu — vaatteet eivät riitä —, ihminen voi kestää enemmänkin kuin 400 r.

Kuvasta 7 näkyvät tarvittavat betonin suojapaksuudet räjähdyspisteestä mitatun etäisyyden funktiona kolmelle eri säteilyn voimakkuudelle. Vastaavat arvot tiiviiksi sullotulle maalle saadaan kertomalla betonin arvot luvulla 1,7. Tavallinen maalla katettu pommi-suoja, jossa maapeitteen paksuus on n. $\frac{1}{2}$ m, alentaa säteilyn voimakkuuden 400 r:ä pienemmäksi noin 700 m:n etäisyydeltä maakeskipisteestä.

Tässä yhteydessä on syytä korostaa, että noin puolet säteilyn kokonaismäärästä tulee ensimmäisen sekunnin aikana. Näin ollen voi nopea suojaautuminen merkitä hengen pelastumista. Viitattakoon vielä kuvaan 1, josta näkyy, että atomipommin suurentaminen ei olennaisesti laajenna säteilyn aluetta.



Kuva 6. Gammasäteilyn voimakkuus.



Kuva 7. Betonin suoja-paksuudet gammasäteilyn vaimentamiseksi 400—25 röntgenyksikköön.

Neutronisäteilyn energia on suunnilleen samaa luokkaa kuin gammasäteilyn, mutta ainakin 99 % siitä tulee vähemmässä kuin miljoonasosa sekunnissa. Näin ollen jälkisäteilyllä ei ole merkitystä. Neutronisäteilyn vaikutusalue on myös pienempi kuin gammasäteilyn, kuolettava vaikutus suojattomiin ihmisiin nimittäin ulottuu noin 800 m maakeskipisteestä. Säteilyn voimakkuus pienenee hyvin nopeasti etäisyyden suurentuessa. Neutronisäteilyltä suojaavat suunnilleen samat betonin suoja-paksuudet kuin gammasäteilyltä, mutta betoni on tehokkaampaa, jos siinä on rautaa (teräsbetoni), magnetiittia tai limoniittia. Merkille pantava eroavaisuus gammasäteilyyn nähden on, että neutronisäteily ei ole suoraviivaista, vaan neutronien radat ovat epämääräiset, jonka johdosta suojan on oltava umpinainen. Gammasäteilyltä sen sijaan ihminen on suojaassa pelkän seinänkin takana.

Jälkisäteilyn eli ensimmäisen minuutin kuluttua esiintyvän säteilyn aiheuttavat pommin räjähtäessä syntyvät hajoantumis- eli fission tuotteet, hajoantumatta jääneet urani- ja plutoniumhiukkaset

sekä tietyissä olosuhteissa neutronien radioaktiivisiksi tekemät vesi- ja maahiukkaset. Yleensä ovat ilmakehään hajonneet radioaktiiviset hiukkaset merkityksettömiä. Vaaralliseksi sen sijaan voi muodostua maan pinnan radioaktiivinen saastuminen, joka on sitä vähäisempi mitä korkeammalla pommi räjähtää. Matala ilmaräjähdyks (enint. 150 m) aiheuttaa enintään muutamia päiviä kestävä saastutuksen. Kuitenkin voitaneen ajaa autolla alueen läpi jo 15 min:n kuluttua ja kävellä 6 t:n kuluttua. Jatkuva oleskelu on tosin vielä vaarallista, ellei ole kunnollista suojapaikkaa. Varsin haitallista on radioaktiivisen pölyn hengittäminen, mikä tosin voidaan estää käyttämällä tavallista kaasunaamaria. Maan pinnan alla tapahtuva räjähdys aiheuttaa varsin voimakkaan ja pitkäaikaisen, joskin alaltaan suppean saastutuksen. Se on kuitenkin laajempi kuin syntynyt kraatteri, koska maahan satanut radioaktiivinen hiekka ja pöly levittävät vaarallista aluetta. Saastutuksen ylittäminen nopeallakin ajoneuvolla on hengenvaarallista.

Hen

Vedessä tai lähellä veden pintaa tapahtuvan räjähdysten saastutusvaikutus on suurempi kuin ilmaräjähdyksen. Radioaktiivisuus vaimenee kuitenkin nopeasti, 90 % häviää ensimmäisen puolen tunnin aikana. Niinpä ei aluksella ole suurtakaan vaaraa, vaikka se ylittääkin saastutetun alueen varsin pian räjähdysten jälkeen. Jos sensijaan alus sattuu olemaan räjähdysketkellä vaarallisella alueella, siihen voi muodostua hyvinkin pitkäaikainen saastutus. Esimerkkinä mainitaan USA:n sotalaivastoon kuuluva "Independence", joka Bikin kokeissa oli 800 m:n päässä räjähdyspaikasta. 2 viikon kuluttua mitattiin säteilyn voimakkuudeksi 3 r päivässä, vuoden kuluttua 0,3 r päivässä, ja vielä 3 vuoden kuluttua oli vaikea löytää laivasta paikkaa, missä säteilyn voimakkuus olisi alittanut 0,3 r viikossa. Tätä amerikkalaiset pitävät varmuusrajana, jos ihminen joutuu jatkuvasti pitkiä aikoja työskentelemään säteilyn alaisena.

Radioaktiivinen saastutus voidaan aikaansaada ilman atomipommiakin levittämällä radioaktiivisia aineita maan pinnalle. Tällaisen "radiologisen sodan", kuten amerikkalaiset sitä nimittävät, selostaminen ei kuulu esityksen puitteisiin.

D. ATOMIPOMMIN TUHOVAIKUTUS

1. Vaikutus rakennuksiin

Atomipommin paineaalto eroaa tavallisen räjähdyspommin paineaallosta paitsi voimakkuudeltaan myös sikäli, että sen kesto-aika on sekunnin suuruusluokkaa (kuva 8), kun tavallisella pommilla se on vain muutamia millisekunteja. Tämäkin aiheuttaa sen, että tuho-vaikutus tulee suuremmaksi. Se on nimittäin riippuvainen paitsi paineesta myös kestoajasta, joiden tuloa sanotaan impulssiksi. Molempien täytyy ylittää tietty kriittinen raja, jotta tuho-vaikutusta ilmeneisi. Koska kaikki rakennelmat ovat pieniä paineaallon pituuteen (kesto- aikaan) verrattuna, voidaan tuho-vaikutuksen kriteerinä pitää yksinomaan paineen maksimia.

On myös otettava huomioon, että paineaallon vaikutus rakennuksen pystysuoraan seinään on kaksi kertaa niin suuri kuin jos sama seinä olisi vapaasti ilmassa. Tämä johtuu siitä, että maanpinta heijastaa paineaallon.

Paineaallon tuho-vaikutus määräytyy seuraavista tekijöistä. Paine on riippuvainen etäisyydestä, kuten kuvien 3 ja 8 käyrät osoittavat. R ä j ä h d y s k o r k e u s pyritään määrittämään siten, että tuho-alue tulisi mahdollisimman laajaksi eikä tehoa kuluisi hukkaan suoraan alapuolella olevan alueen tarpeettoman perusteelliseen hävittämiseen. Paineaallon s u u n t a kohteeseen nähden vaikuttaa sikäli, että esimerkiksi pitkänomainen rakennus, jonka päätyyn paine kohdistuu, joutuu paljon pienemmän kuormituksen alaiseksi, kuin jos paine kohdistuisi sen pitkään sivuun. Jos paine tulee vinottain, on rasitus sitä suurempi, mitä suurempi on tulokulma. Vaikutus on riippuvainen paitsi kuormituksen alaisen pinnan s u u r u u d e s t a, myös rakennelman m u o d o s t a. Ylimalkaisena sääntönä voitaneen pitää, että aerodynamisesti edullinen muoto vähentää tuho-vaikutusta. Tietyt osat rakennuksesta kestävät vähemmän painetta kuin toiset. Varsinkin ikkunat särkyvät hyvin nopeasti, ja tämän tapahduttua ulko- ja sisäpuolinen paine t a s a a n t u v a t, mikä vähentää paineen tuho-vaikutusta rakennukseen kokonaisuudessaan.

Näiden tekijäin lisäksi tulee vielä rakennusten, kukkulain tms. suojaava eli varjostava vaikutus niiden takana oleviin rakennelmiin sekä

paineaallon heijastuminen rakennuksista tms. Hyvin suuri ja aivan lähellä toista oleva rakennus antaa jossakin määrin suojaa paineaaltoa vastaan, mutta paineen pitkän kestoajan takia suojan merkitys on paljon vähäisempi kuin tavallisen pommin ollessa kysymyksessä. Paineaallon heijastumisilmiöllä ei ole sanottavaa merkitystä muulloin kuin korkeiden rakennusten reunustamien katujen muodostamisissa kuluissa. On myös todettu, että vedestä heijastuva paineaalto osaltaan saattaa vaikuttaa sillan tuhoutumiseen nostamalla siltaa ylöspäin sen jälkeen kun varsinainen paineaalto ensin on painanut sitä alaspäin. Tällä tavoin syntyvä värähtely saattaa olla hyvin vaarallinen.

Paineaallon tuho vaikutus riippuu myös rakennelmien tanakkuudesta ja joustavuudesta. Mitä t a n a k a m p i rakenne, sitä paremmin se vastustaa muodonmuutoksia ja sitä suuremmat voimat niihin tarvitaan. Niinpä maanjäristystä kestävä tarkoitettu rakenne säilyy paremmin kuin vain normaalille tuulen paineelle mitoitettu. Mitä j o u s t a v a m p i rakenne on, sitä suuremmat mahdollisuudet rakennelmalla on kestää muodonmuutokset sortumatta. Lisätekijänä mainittakoon, että rakennuksissa on sellaisia osia kuin väliseinät yms., joita ei lujuuslaskelmissa oteta huomioon, mutta jotka myös vastustavat muodonmuutoksia. Mitä enemmän tällaisia lisätukia on, sitä paremmin rakennus kestää.

Paineaallon aiheuttamien kuormitusten suunnattoman voiman vuoksi ei pysyviä muodonmuutoksia aina voida estää. Amerikkalaiset lähtevätkin siltä pohjalta, että kussakin tapauksessa määritetään, kuinka suuret muodonmuutokset ovat sallittuja, jotta rakennelma olisi vielä käyttökelpoinen, ja suorittavat mitoituksen tämän mukaisesti.

Amerikkalaiset ovat toistaiseksi ainoat, joilla on ollut tilaisuus suorittaa atomipommituskokeiluja todellisia maaleja vastaan. He ovatkin perusteellisesti tutkineet aiheuttamia tuhoja Nagasakissa ja Hiroshimassa ja päätyneet seuraavanlaisiin yleisluonteisiin tuloksiin. Pienet tiilirakennukset sortuivat täydellisesti. Kevyet rakennukset ja asuintalot tuhoutuivat täysin paineesta ja tulesta. Teräsrunkoiset tehdasrakennukset menettivät seinänsä ja katonnsa ja vain vääntyneet rungot jäivät jäljelle. Melkein kaikki maanpäällinen lähellä maakeskipistettä tuhoutui, lukuun ottamatta teräsbetonisia savupiippuja. Jotkin rakennukset olivat kallellaan, keskipisteestä pois päin, kuin hirmu-

myrskyn runtelemina. Puhelinpylväät olivat katkenneet tyvestä ja lentäneet paikoiltaan lankoineen kaikkineen. Kaasusäiliöt olivat murtuneet ja painuneet kasaan. Monet rakennukset, jotka matkan päästä näyttivät ehjiltä, osoittautuivat vaurioituneiksi ja tulen tuhoamiksi.

Rakennuksista kestivät parhaiten teräs- ja teräsbetonirunkoiset, varsinkin maanjäristyksiä kestämiään rakennetut, koska niissä oli otettu huomioon myös vaakasuorat kuormitukset, yleensä 1/10 pystysuorasta. Tällaiset rakennukset ovat myös jäykistetyt sivusuuntaan. Lähellä maakeskipistettä vertikaalinen kuormitus on vaikuttavampi kuin kauempana, ja näillä alueilla sattuihin, että katot olivat tuhoutuneet tai painuneet alas jääden riippumaan. Samoin oli saattanut tapahtua ylimpien välipohjien osalta. Muut osat rakennuksesta olivat saattaneet säilyä paremminkin kuin kauempana olevissa rakennuksissa, joissa vaakasuorat voimat olivat vaikuttavammat. Kauempana olevien rakennusten vauriot olivat yleensä seuraavanlaisia. Vesikatot ja varsinkin niiden räjähdysten puoleiset lappeet olivat rikkoutuneet tai taipuilleet. Välipohjat olivat vaurioituneet varsinkin ulkoseinän ja ensimmäisten kannatuspilarien väliseltä osalta. Alimmat välipohjat saattoivat olla pahoin vaurioituneet, mutta ylemmät ehjät. Tämä johtui siitä, että paine ei umpinaisissa pohjakerroksissa päässyt tasaantumaan. Pilarien ja välikannattimien betoni oli halkeillut, vieläpä raudatkin vikaantuneet. Ulkoseinät olivat taipuneet sisäänpäin varsinkin räjähdysten puoleisella sivulla. Lisäksi olivat kevyet väliseinät, rappaukset, ikkunat yms. vaurioituneet. Irtaantuneita kappaleita lenteli rakennuksista haavoittaen ihmisiä ja sulkien katuja.

Selvästi havaittiin, että kantavin tiiliseinien rakennetut rakennukset olivat paljon heikompia vaakasuoraa painetta vastaan kuin runkorakennukset.

Siltojen suhteen todettiin, että teräspalkkisillat olivat varsin kestäviä. 80 m:n päässä maakeskipisteestä oleva silta oli vain taipunut ja taas oiennut. Jotkin sillat kauempana olivat vaurioituneet enemmän. Erään teräspalkkisillan betonikansi oli pudonnut, mikä ilmeisesti johtui vedenpinnasta heijastuneesta paineesta. Eräs toinen silta oli siirtynyt sivuittain metrin verran, niin että liikenne rautatiekiskoja pitkin oli mahdoton.

Riittävän syvälle maahan upotetut vesijohtoputket ja sähkökaapelit eivät yleensä vaurioituneet.

900 m:n säteellä ja vaurioittaisi korjauskelvottomiksi rakennukset 1600 m:n säteellä. Perusteellisen korjauksen rakennukset vaatisivat aina 2400 m:n etäisyyteen ja vähäisempiä korjauksia 4 km:n etäisyyteen.

Tähänastisten tutkimustensa perusteella amerikkalaiset ovat määrittäneet sopivimmaksi katsotussa 600 m:n korkeudessa räjäytetyn yksikköpommin eriaisteiset tuhoalueet seuraavasti:

— täydellisen tuhon alue ulottuu noin 800 m:n päähän maakeskipisteestä ja on noin 2 km²;

— vakavan laatuksen tuhon alue ulottuu noin 1600 m:n päähän ja on noin 10 km²; tällä alueella rakennukset vioittuvat niin pahoin, että joko sortuvat tai ovat vaarassa sortua;

— melkoinen tuho ulottuu noin 2600 m:n päähän; alueen suuruus on noin 21 km²; rakennukset ovat käyttökelvottomat ilman korjauksia;

— osittainen tuho ulottuu noin 3200 m:n päähän ja alue on noin 31 km²; tämän alueen ulkorajoilla sattuu rappauksen vaurioitumista ja ikkunat rikkoontuvat;

— vähäinen tuho ulottuu jopa 13 km:n päähän ja alueen suuruus on 525 km²; vauriot ovat pääasiallisesti rappauksen karisemista ja ikkunain särkymisiä. Tämän alueen laajuus on varsin olennaisesti riippuvainen ilmastollisista olosuhteista ja voi tietyissä olosuhteissa nousta paljonkin suuremmaksi.

Maanalaisen räjäytyksen suhteen päädytään arvioon, että tuhoava vaikutus ulottuu 400—1000 m:n päähän, joskin seinä, tulisijoja ja perustuksia vaurioituu tai tuhoutuu vielä 1500 m:n päässä. Vähäisen tuhon alue saattaa ulottua yli 3 km:n päähän. Tämä osoittaa, että ilmaräjähdys on paljon tuhoisampi. Ylimalkaisena sääntönä pidetään, että 12—15 m:n syvyydessä tapahtuneen räjäytyksen vaikutussäde on vain puolet tai kaksi kolmannesta ilmaräjähdysten vaikutussäteestä.

2. Vaikutus ihmisiin

Atomipommin räjähdysten aiheuttamat vammat ovat kolmen laatuista: paineen aiheuttamia sekä palo- ja säteilyvammoja. Vaikkakin Japanissa on arvioitu palovammojen osuudeksi noin 50 %, on tarkan rajan määrittäminen erilaatuisille vammoille mahdotonta. Noin 800 m:n säteellä ovat kaikki eri lajit erikseen voineet olla kuolettavia, mutta tälläkään alueella eivät kaikki ihmiset suinkaan kuolleet, jos olivat kunnollisessa suojassa. Henkiin jääneistä osa kuoli myöhemmin ns. säteily sairauksiin radioaktiivisen säteilyn vaikutuksesta. Näitten osuus on arvioitu 5—15 %:ksi.

Korkea ilmaräjähdyksessä aiheuttaa etupäässä paine- ja palovammoja; jonkin verran esiintyy myös alkusäteilyn aiheuttamia vammoja, mutta jälkisäteilyn vaikutus on merkityksetön. Matala ilmaräjähdyksessä tai pintaräjähdyksessä aiheuttaa hieman vähemmän palo- ja painevammoja, mutta saastuttaa tietyn alueen maakeskipisteen ympärillä. Jos suoja-toimenpiteet on suoritettu, on tässäkin tapauksessa jälkisäteilyn osuus varsin pieni.

Vedenalaisessa räjähdyksessä paine- ja palovammojen osuus on vähäisempi, radioaktiivisen säteilyn osuus suurempi. Viimeksi mainittu aiheuttama vaara saattaa kestää pari kuukautta, jopa pitempäänkin ja pakottaa väestön evakuoimiseen saastutetulta alueelta.

Paine saattaa aiheuttaa suoranaisesti vammoja sisäelimiin ja rum-pukalvoihin sekä sisäistä verenvuotoa. Tämän alue on kuitenkin sup-pea, ulottuen vain noin 300 m maakeskipisteestä. Vaarallisempia ovatkin välilliset vaikutukset, jotka aiheutuvat rakennusten sortumisesta, sinkoilevista esineistä, lasinsirpaleista jne. Tällaisia vammoja todet-tiin Japanissa vielä yli 3,5 km:n päässä. Itse asiassa ovat atomipommi-tuksen tuhot samantapaiset kuin tavallisia räjähdys- ja palopommeja käytettäessä. Seuraavassa taulukossa esitetään eräitä vertailulukuja. Suuret tappiot km² kohti johtuvat ennen kaikkea atomipommin vaiku-tuksen äkillisyydestä.

	Hiroshi- man atomi- pommitus	Nagasakin atomi- pommitus	Tokion pommitus 9. 3. 45. 1667 tn rä- jähdys- ja palo- pommeja	Keskiarvo 93:sta Japa- nin pommi- tuksesta. 1129 tn räjä- ja palo- pommeja
Asukasluku/km ²	13500	25000	50000	—
Hävitetty alue km ² :einä	12	4,7	41	4,7
Kuolleita ja kadonneita	70000	36000	83000	1850
Haavoittuneita	70000	40000	102000	1830
Kuolleita hävitettyä km ² kohti	5800	7800	2000	390
Kokonaistappiot hävi- tettyä km ² kohti	11500	16000	4600	770

Palovammat olivat Hiroshimassa ja Nagasakissa joko tavallisia, tulenlieskan aiheuttamia tai suoranaisesta lämpösäteilystä johtuvia »leimahdusvammoja». Ne paranivat yleensä tavalliseen tapaan, mutta usein oli seurauksena arpikudoksen kasvaminen tai pigmenttihäiriöitä. Myös tukka ja ihokarvat paloivat suojaamattomista kohdista.

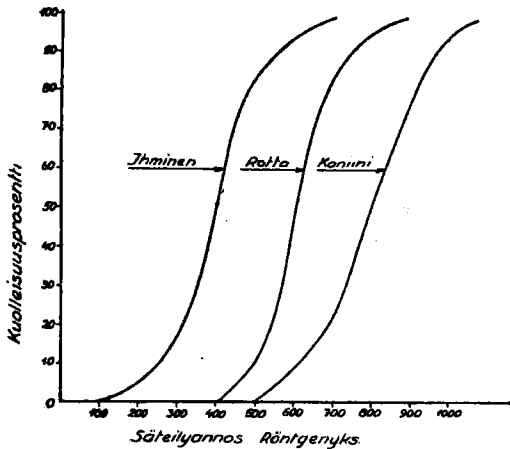
Pommin räjähtäessä syntynyt kirkas valonleiskahdus aiheutti tilapäistä sokeutta, joka häipyi tavallisesti puolessa tunnissa, mutta saattoi kestää pari päivääkin.

Radioaktiivinen säteily aiheuttaa sekä säteilyvammoja, jotka kohdistuvat tiettyihin ruumiinosiin, että myös säteilysairauksia. Ne ovat varsin erikoislaatuisia ja salakavaliakin, mutta niitten osuus on varsin pieni, enintään 15 % kaikista vammoista. Vaikutus on erilainen sen mukaan, kuinka kauan ihminen on ollut alttiina säteilylle. Hetkellisesti ja vain johonkin osaan ruumista kohdistunut säteily voi olla hyvinkin voimakas, pitkän ajan kuluessa varsin heikkokin säteily voi aiheuttaa vakavia vammoja. Käytännöllisistä syistä on lyhytaikaista säteilyä varten määritelty kolme eri »säteilyannosta»:

— kuolettava annos, 600 r tai enemmän, johtaa kuolemaan melkein kaikissa tapauksissa kahden viikon kuluessa,

— keskimääräinen eli puolileitaalinen annos, 400 r, aiheuttaa 50 %:n kuolleisuuden 2—12 viikon kuluessa ja

— vähäinen annos, 100—300 r ei yleensä aiheuta vaarallisia seuraamuksia.



Kuva 9. Elollisten olentojen kuolleisuus lyhytaikaisen radioaktiivisen säteilyn vaikutuksesta.

Kuvassa 9 on amerikkalaisten arvoitten mukaan laadittu kuolleisuuskäyrä lyhytaikaista säteilyä silmällä pitäen.

Kuolettava säteilyannos aiheuttaa nopeasti erilaisia šokkitiloja, minkä jälkeen seuraa pahoinvointia, oksetusta, ripulia ja kuumetta. Välillä oireet voivat hävitäkin, mutta uusiutuvat pian ja päättyvät kuolemaan. Keskimääräinen annos aiheuttaa samanlaisia oireita, mutta ne ovat lievempiä ja tavallisesti katoavat muutaman päivän kuluttua, uusiutuakseen viikon parin päästä. Vähäinen annos ei aluksi aiheuta minkäänlaisia oireita, mutta kolmannella viikolla esiintyy väsymystä, pahoinvointia ja ripulia, joskin verrattain helpossa muodossa. Näkyvänä oireena on myös tukan ja ihokarvojen lähteminen. Ulospäin näkymättömiä vaikutuksia ovat muutokset veren kokoomuksessa, erittäinkin valkoisten mutta myös punaisten verisolujen väheneminen, mikä aiheuttaa yleisen vastustuskyvyn alenemisen, joten potilas tulee vastaanottavaiseksi erilaisille infektioille. Lisäksi esiintyy muutoksia luuytimessä, tilapäistä steriliteettiä jne.

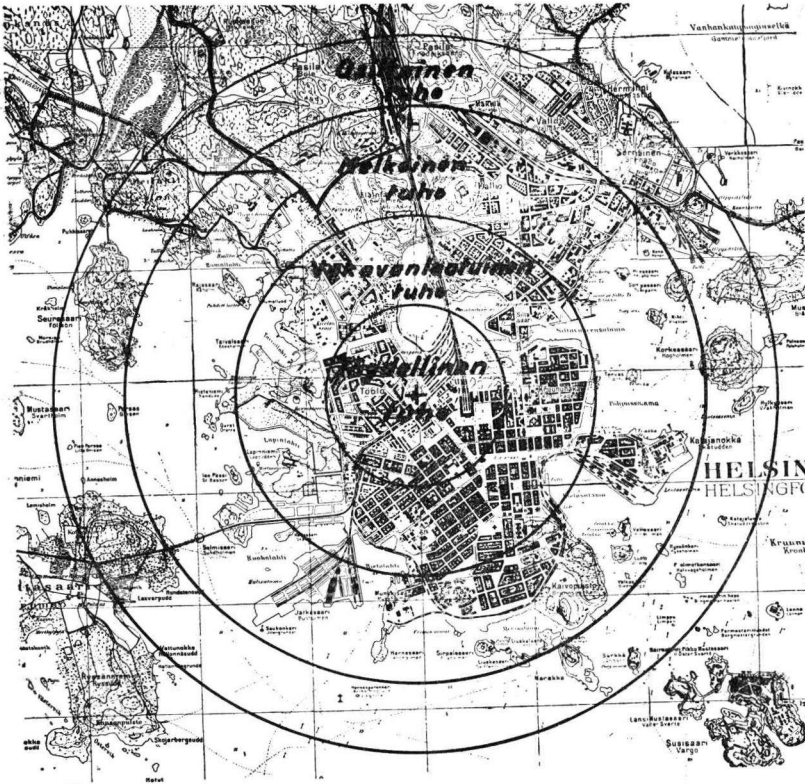
Radioaktiivinen saastutus voi vaikuttaa joko ulkonaisesti tai sisällisesti. Ulkonainen vaikutus on verrattavissa edellä esitettyyn, joskin se on paljon lievempää. Varmuusrajana pidetään, kuten aikaisemmin on

mainittu, 0,3 r:ä viikossa, joskin on todettu ihmisten kestäneen useita vuosia 0,1 r:ä päivässä ilman mitään haitallisia vaikutuksia. Yleensä sisäinen vaikutus on varsin merkityksetön. Alueella, missä ei ole ulkoisen vaikutuksen vaaraa, ei yleensä ole sisällisenkään. Vaikutus kohdistuu ensisijaisesti vereen, kun radioaktiivisesti varautuneita hiukkasia pääsee tunkeutumaan ruumiiseen esim. haavojen kautta. Normaalista puhtautta noudatettaessa ei tätä vaaraa juuri ole.

3. Vaikutus sotakalustoon

Aseet kestävät varsin suuriakin rasiuksia, joten niillä ei ole vaaraa kuin aivan lyhyillä etäisyyksillä. Ajoneuvot sen sijaan rikkoutuvat helpommin, ja Japanin kokemusten mukaan autot tuhoutuivatkin vielä 1600 m:n päässä maakeskipisteestä. Panssarivaunut antavat suojaa painetta ja lämpösäteilyä vastaan lyhyilläkin etäisyyksillä, mutta sen sijaan gammasäteily on vaarallinen aina 1200 m:iin saakka räjähdyspisteestä, mikä vastaa n. 1 km:n etäisyyttä maakeskipisteestä. Arat laitteet kuten radiot, tutkat, optiset laitteet jne voivat vaurioitua useiden kilometrienkin päässä. Lämpösäteily sytyttää tuleen teltat jopa 2,5 km:n päästä. Varastoihin nähden pätevät yleensä rakennuksista mainitut luvut.

Bikinin kokeitten perusteella arvioidaan, että jos atomipommi räjähtää ilmassa, kaikki alukset 750—900 m:n säteellä uppoavat tai pahasti vaurioituvat. Kohtalaisen tuhon alue ulottuu noin 1400 m:n päähän ja vähäisen tuhon alue noin 1800 m:n päähän. Jos atomipommi räjäytetään vedessä lähellä pintaa, kuten Bikinissä, täydellisen tuhon alue ulottuu 400—500 m:n päähän, mutta laivoja uppoaa vielä 800 m:n päässäkin. Sukelluksissa olevat sukellusveneet tuhoutunevat 800 m:n säteellä. Syvissä vesissä pidetään tehokkaimpana räjäytyssyvyytenä 300 m:ä, ja tällöin kevytrakenteiset alukset vaurioituvat vakavasti 900 m:n etäisyydellä, kun taas raskaat, monipohjaiset sotalukset voivat säilyä jopa 600 m:n päässäkin. Painealto saattaa vikuuttaa koneita niin pahasti, että alus tulee liikuntakyvyttömäksi vielä 1400 m:n päässä.



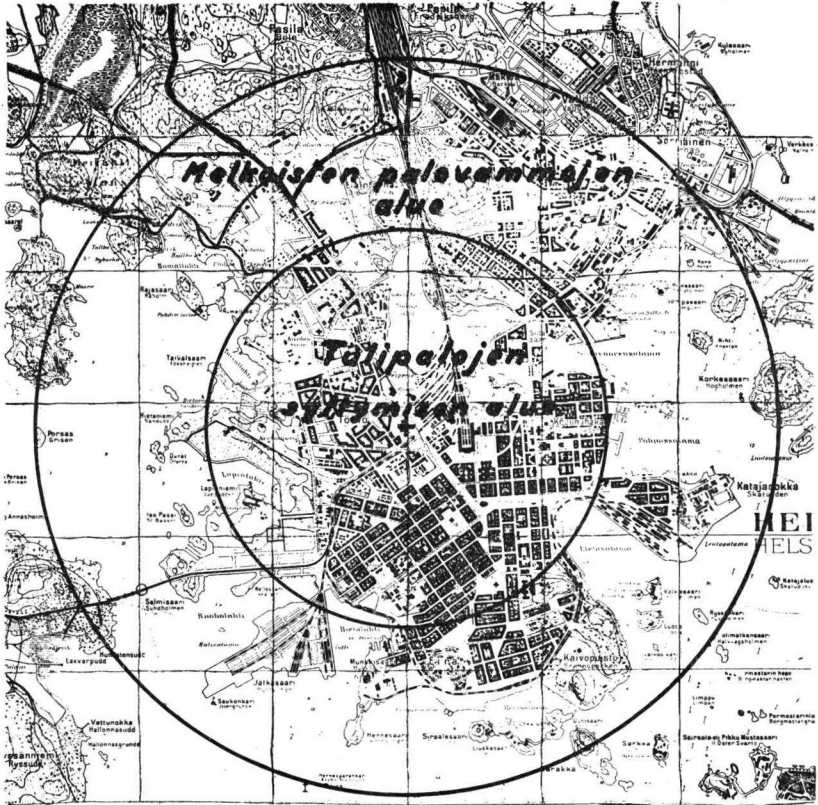
Kuva 10. Paineallon tuho vaikutus.

E. SUOJAUTUMINEN ATOMIPOMMILTA

1. Yleistä

Atomipommin tuhontekijät ovat paineaalto sekä lämpö- ja radioaktiivinen säteily. Jos ihminen on suojassa paineelta, eivät yleensä säteilyvaikutuksetkaan ole vaarallisia. Tämän johdosta suojautumiskeinot tavallisia räjähdyspommeja vastaan antavat tietyn turvan myös atomipommia vastaan. On kuitenkin otettava huomioon atomipommin suunnaton teho tavalliseen räjähdyspommiin verrattuna. Atomipommin säteilyvaikutukset aiheuttavat myös erikoistoimenpiteitä, jotta suoja olisi riittävä.

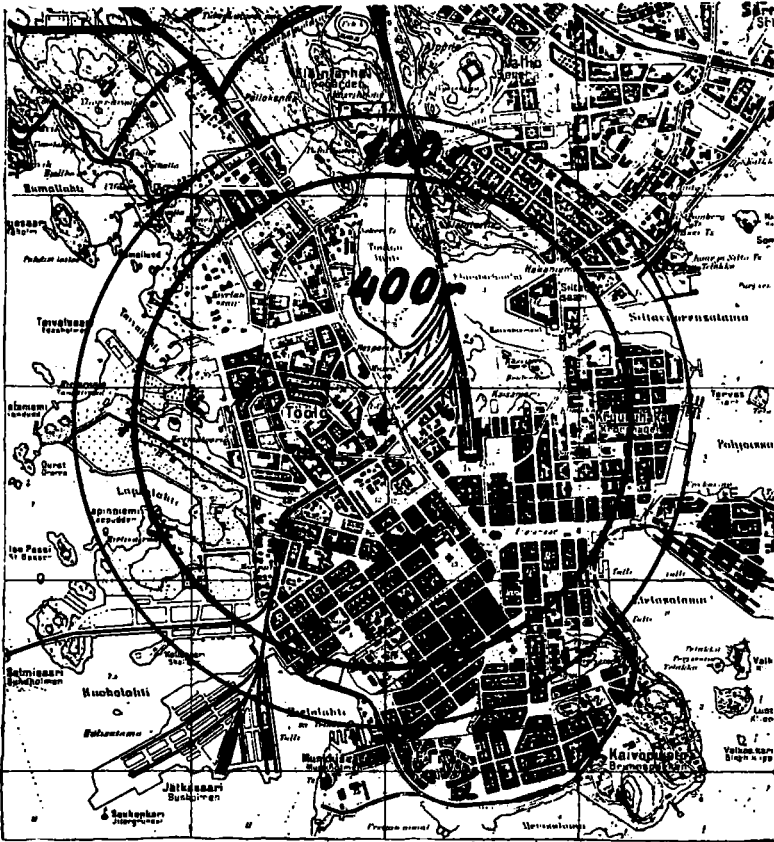
Alueella, jonne lämpösäteilyn teho ulottuu vaarallisena, ihmiset on



Kuva 11. Lämpösäteilyn tuho vaikutus.

suojattava sen välittömältä vaikutukselta. Radioaktiiviselta säteilyltä turvaa vain riittävän vahva suojakerros. Tähän sopii betoni erittäin hyvin, mikä on edullinen yhteensattuma, koska betoni on myös varsin edullinen materiaali rakennettaessa suoja paineen tuhoja vastaan.

Havainnollisen yleiskatsauksen saamiseksi atomipommin tuhoista on kuvissa 10—12 esitetty yksikköpommin vaikutusalueet sen räjähtäessä Helsingin yläpuolella 600 m:n korkeudessa. Vertaamalla kuvaan 1 voidaan ympyröitä laajentaa, jos halutaan kuvitella suuremman atomipommin vaikutusalueet. Tässä yhteydessä viitattakoon aikaisemmin mainittuun, että korkean ilmaräjähdyksen ollessa kysymyksessä ei ole todennäköisesti vaaraa radioaktiivisesta saastutuksesta ja jälkisätei-



Kuva 12. Radioaktiivisen säteilyn tuhovaikutus.

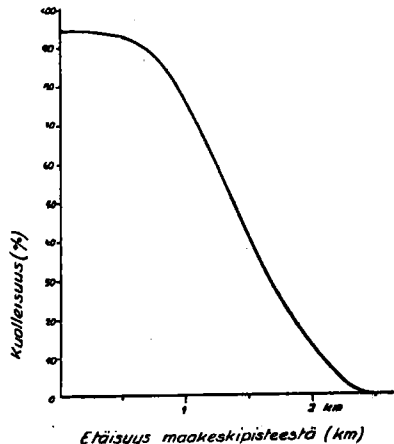
lystä, joskin aina on tämä seikka mittauksin selvitettävä. Useimmiten onkin tärkeää nopeasti saada selvyyttä, että saastutusta ei ole olemassa.

On paljon helpompaa rakentaa uudet rakennelmat sellaisiksi, että ne mahdollisimman hyvin suojaavat atomipommilta, kuin lujittaa jo olemassa olevia. Sen vuoksi seuraavassa tarkastellaan suojautumisproblemaa erikseen kummastakin näkökulmasta.

Atomipommin suunnattoman tehon vuoksi on ilmeistä, että räjähdyspisteessä ei vahvinkaan inhimillinen rakennelma voi säilyä. Väistämätön kysymys onkin niin ollen, miltä etäisyydeltä kannattaa ajatella

suojautumista eli toisin sanoen mikä on se pienin alue, jonka tuhoutumista taloudelliset ja teknilliset edellytykset huomioon ottaen ei ole mahdollista estää. Amerikkalaiset ovat täksi alueeksi määritelleet ns. täydellisen tuhon alueen, siis maakeskipisteestä noin 800 m:n säteellä piirretyn ympyrän. Tällöin edellytetään, että atomipommi räjähtää 600 m:n korkeudessa, jolloin sen fysikaalisen tuhon alue on suurin. Myös toista tietä päätellen he ovat tulleet samaan tulokseen. Japanin atomipommituksista saatujen kokemusten perusteella tehdystä käyrästä (kuva 13) näkyy, että kuolleisuusprosentti oli koko kysymyksessä olevalla alueella verrattain tasainen, mutta sen rajoilta se rupesi jyrkästi laskemaan. Näin ollen alkavat vasta täydellisen tuhon alueen ulkopuolelta käytännölliset mahdollisuudet rakenteellisin suojakeinoin ihmishenkien pelastamiseksi. Käytännölliset amerikkalaiset ajattelivat realistisesti.

Toisaalta on todettava, että kunnollisissa väestönsuojissa ihmiset säilyvät maakeskipisteessäkin, joten kuvan 13 kuolleisuuskäyrän antama kuva on liian synkkä. Amerikkalaiset itse korostavat, että esim. New-Yorkin maanalaisen rautatien suojissa ihmiset ovat täydessä turvassa, vaikka pommi räjähtäisi kaupungin yläpuolella. On myös otettava huomioon, että Amerikassa ei tarvinne ottaa huomioon muunlaisia pommituksia, joten suojatoimenpiteet ilmeisestikin suunnitellaan ainoastaan atomipommiä silmällä pitäen, kun sen sijaan Euroopassa on ajateltava kaikenlaisia pommituksia.



Kuva 13. Japanin atomipommitusten aiheuttama kuolleisuus.

2. Uusien rakennusten suunnittelu

Amerikkalaiset pitävät normina, että kaikkien rakennusten suunnittelussa, jotka sijaitsevat noin 5 km:n säteellä todennäköisestä atomipommitusmaalista, on pommitusvaara otettava huomioon. Sortumisvaaran vuoksi rakennukset on rakennettava teräsbetoni- tai teräsrunkoisina. Tiiltä rakennusaineena pitäisi välttää. Näin ollen tuomitaan kokonaan kantavat tiiliseinärakenteet, joita meillä vielä paljon käytetään. Edullista olisi valaa betonirunkoon liittyvät ulkoseinätkin teräsbetonista, mikä ei tietenkään estä käyttämästä sisäpuolella lämpöä eristäviä kerroksia. Rakennukset eivät saisi olla 30 m:ä korkeampia (räystäskorkeus). Vertauksen vuoksi mainittakoon, että Helsingin uusimmatkin rakennukset ovat tätä matalampia. Pienet rakennukset olisi tehtävä monoliittisina (yhtenäisinä) teräsbetonirakenteina. Tuulen paineeksi olisi laskettava 450 kg/m^2 vaakasuorassa suunnassa ja 350 kg/m^2 pystysuorassa suunnassa. (Meillä mitoitetaan rakennukset $100\text{--}125 \text{ kg/m}^2$ tuulenpaineelle ja katot $100\text{--}200 \text{ kg/m}^2$ lumikuormalle.) Amerikkalaiset normit maanjäristystä kestämiin tarkoitetuille rakennuksille määräävät, että horisontaaliset kuormitukset on laskettava noin 10 %:ksi vertikaalisista.

Välipohjien tulisi olla teräsbetonia, ja samaa rakennusainetta suositetaan myös väliseiniin, toisaalta koska ne lisäävät rakenteen jäykkyyttä ja toisaalta koska ne voivat toimia kantavina rakenteina, vaikka esimerkiksi uloimmat pilarit katkeaisivatkin.

Betoniteräksen pitäisi olla pehmeätä (venyvää), koska kova teräs helpommin katkeaa. Mitään lukuja ei kuitenkaan mainita.

Kaikkia ulkonevia osia kehoitetaan välttämään, koska ne helposti sortuvat, jolloin ne ovat vaarallisia ihmisille ja tukkivat kadut. "Lasisipalatsija" ei hyväksytä, vaan kehoitetaan tulemaan toimeen mahdollisimman pienellä ikkunapinta-alalla. Kattotiilet eivät myöskään ole suositeltavia, koska ne helposti irtaantuvat.

Sotilaallisesti tai teollisuuden kannalta erityisen tärkeät laitokset kehoitetaan rakentamaan maanalaisiksi, esim. sijoittamaan ne sopiviin kaivoksiin.

3. Vanhojen rakennelmien lujittaminen

Vanhojen rakennusten lujittaminen on vaikeampaa kuin uusien suunnittelemine. Ensimmäinen tehtävä on tutkia kestävyys sortu-

misvaaraa vastaan. Edullisempänä pidetään uusien pysty- ja vaakatuukien sekä kannattimien lisäämistä ja uusien teräsbetonisten väliseinien rakentamista kuin vanhan rungon lujittamista. Erittäin suositeltavana pidetään teräsbetonikuoren rakentamista rakennuksen ulkopintaan, koska täten lisätään sekä sisä- että ulkopuolella olevien turvallisuutta.

Paperi- tai kangassuikaleiden liimaaminen ikkunoihin ei auta mitään, koska paine on niin pitkäaikainen, että lasi kuitenkin ehtii murtua. Sen sijaan suositetaan metallilankaverkkoista lasia, joka estää ainakin suurimpien lasinsirpaleiden irtaantumisen.

Kaikki sisä- ja ulkopuoliset ulkonevat osat, kuten koristeet, ornamentit, reunalistat jne. olisi mikäli mahdollista poistettava.

Paineelta suojaamiseksi olisi tehtäisiin, sähkölaitoksiin, muunto-asetemille jne. rakennettava 30 cm:n paksuisia teräsbetonisia väliseiniä, jotka ankkuroidaan pohjaan.

4. Väestönsuojelu

Amerikkalaiset ohjeet väestönsuojien rakentamiseksi atomipommista vastaan osoittavat, että meikäläiset normit ovat riittävät. Heidän ohjeittensa olennaisimmat kohdat ovat seuraavat.

Väestönsuojelun komentopaikat ja ensiapuasemat on sijoitettava lujiin rakennuksiin, joitten ympäristössäkään ei ole helposti sortuvia tai syttyviä rakennelmia. Suojapaksuudeksi riittää 60 cm teräsbetonia, tai jos laitos on sijoitettu johonkin olemassa olevaan rakennukseen, huonetilojen lujittaminen noin 30 cm:n paksuisilla betoniseinillä ja katolla. Mitoituksessa on otettava huomioon, että niin hyvin seinien kuin katonkin staattiseksi kuormitukseksi lasketaan 2500 kg/m². Lisäksi kehoitetaan välttämään sellaisia paikkoja, missä rakennusten sortumat voisivat aiheuttaa hyödyttömiä lisäkuormitusta.

Talojen väestönsuojat sijoitetaan rakennusten sisäosiin. 30 cm:n betoniseinää, joka on hyvin liitetty rakennuksen runkoon, pidetään riittävänä lisärakenteena suojaamaan niin hyvin paineelta kuin radioaktiiviselta säteilyltäkin 800 m:n päässä maakeskipisteestä ja kauempana.

Olemassa oleviin rakennuksiin suunniteltavien väestönsuojien kelpoisuuden arvioimiseksi amerikkalaiset ovat kehittäneet erityisen menetelmän, jonka pääkohdat seuraavassa selostetaan. Väes-

tönsuojaksi suunnitellun huoneen ominaisuudet määritetään pistein ja suojat luokitellaan saamiensa pistemäärien mukaan neljään luokkaan, joista I on sellaisenaan sopiva, II ja III vaativat kunnostamista ja IV tulee vain paremman puutteessa kysymykseen.

Suunnitellun suojan sopivuutta arvosteltaessa ovat pääperusteina rakennuksen konstruktio sekä suojan lujuus pystysuorassa ja vaakasuorassa suunnassa. Jos suoja ei näissä kaikissa suhteissa täytä vaatimuksia, se ilman muuta putoaa III tai IV luokkaan. Vähemmän tärkeitä arvosteluperusteita ovat ulospääsymahdollisuudet, lasin aiheuttama vaara, putkistot jne. Näiden merkitys on kuitenkin niin pieni, että ne eivät yleensä pysty kovin paljon luokkaa alentamaan. Pisteitä annetaan seuraavasti.

1. Rakennuksen konstruktio:
 - teräs- tai teräsbetonirunko 20 p.
 - muunlainen monikerroksinen kivitalo 9 "
2. Pystysuora suojaus:
 - vähintään 4 betonivälipohjaa suojahuoneen yläpuolella 20 "
 - 3 betonivälipohjaa 9 "
 - vähemmän kuin 3 betonivälipohjaa 0 "
3. Vaakasuora suojaus:
 - suojahuone on kaikilta neljältä sivultaan suojattu siten, että seinästä on ainakin 4/5 maanpinnan alapuolella tai että toinen kivirakennus on enintään 30 cm:n päässä seinästä tai että suojahuone on ainakin 6 m ulkoseinästä ja välissä on ainakin yksi kantava väliseinä 20 "
 - suojahuone on vähintään kahdelta sivultaan vastaavasti suojattu 9 "
 - suojahuone ei ole edes kahdelta sivultaan suojattu 0 "
4. Ulospääsymahdollisuudet:
 - kellarissa tai I maanpäällisessä kerroksessa olevasta suojahuoneesta on vähintään kaksi suoraan ulosjohtavaa ovea, tai ylemmässä kerroksessa on vähintään yksi ovi suoraan porraskäytävään 5 "
 - ylemmässä kerroksessa olevasta suojahuoneesta päästään rakennuksen ulkopuolisiin portaisiin 3 "

5. Lasi:

- suojahuoneessa ei ole lasi-ikkunoita seinissä eikä katossa, ei myöskään lasiovia 5 p-
- päinvastaisessa tapauksessa 0 "

6. Putkistot, kattilat, säiliöt yms.:

- suojahuoneessa tai sen seinissä ei ole höyry-, kaasueikä vesiputkistoja, höyrykattiloita, -säiliöitä tms. 2 "
- suojahuoneessa tai sen seinissä on joko höyry- tai vesiputkistoja tms. 1 "
- kaikkia mainittuja 0 "

7. Vaarallisia esineitä suojahuoneen katossa tai yläpuolella:

- suojahuoneen katossa on raskaita koristeita, valaisimia tms. tai sen yläpuolella on raskaita koneita tms. 0 "
- tällaisia esineitä ei ole 1 "

8. Vaarallisia laitteita suojahuoneen lähellä:

- suojahuoneen lähellä on räjähdysaine- tai öljyvarastoja tai vaarallisia kemikaaleja 0 "
- lähistöllä ei ole vaarallisia varastoja 1 "

Yhdistelmä:

Väestösuojan ominaisuudet	Suotava pistemäärä	Vähimmäispistemäärä
Perusvaatimukset:		
— rakennuksen konstruktio	20	9
— pystysuora suojaus	20	9
— vaakasuora suojaus	20	9
Tärkeät lisävaatimukset:		
— ulospääsymahdollisuus	5	3
— ei vaaraa lasista	5	5
Erikoisia vaatimuksia:		
— vaarallisia putkistoja tms.	2	1
— vaarallisia laitteita yläpuolella	1	1
— vaarallisia varastoja lähellä	1	1

Seuraava taulukko osoittaa väestösuojien luokittelun.

Pistemäärä	Luokka	Kelpoisuus
70 — 74	I	Väestönsuoja kelpaa sellaisenaan
64 — 69	II	Sopiva kunnostettavaksi
55 — 63	III	Vähemmän sopiva kunnostettavaksi
9 — 54	IV	Voi tulla kysymykseen vain paremman puutteessa

On huomattava, että väestönsuoja ei pääse I luokkaan, ellei se ole teräs- tai teräsbetonirunkoisessa rakennuksessa, ellei yläpuolella ole vähintään neljää betonivälipohjaa, ellei sitä sivusuunnassa suojaa vähintään kaksi seinää tai se ole maan pinnan alapuolella, ellei siitä ole hyvä ulospääsy sekä ellei se ole lasin suhteen vaaraton.

Talojen ulkopuolisina väestönsuojina kehoitetaan käyttämään varsinkin maahan kaivettuja, jotka ovat lujimpia painetta vastaan kuin maanpäälliset. Erityisesti suositetaan betonirakenteita, mutta puisetkin hyväksytään. Katon staattiseksi kuormitukseksi on otettava 2500 kg/m². Radioaktiiviselta säteilyltä suojaamiseksi katon on oltava 60 cm betonia tai 1 m tiivistä maata tai hiekkasäkkejä. Amerikkalaiset suosivat myös aaltolevyrakenteita ja varsinkin tehtaissa valmistetuista betonilamelleista koottavia suojia. Rakennuspaikalla suoritettava työ pyritään saamaan mahdollisimman koneelliseksi käyttämällä mm. liikkuvia nostureita. Betonilamellit peitetään maalla suojaksi radioaktiivista säteilyä vastaan. Mainittakoon tässä yhteydessä, että meikäläinen ns. imubetoni- eli pallokorsu on Amerikassa alun perin suunniteltu väestönsuojaksi.

Jos atomipommitus tulee yllättäen eikä väestö ole kerinnyt väestönsuojiiin, on ulkona avoimella paikalla olevan heti valonleimahduksen nähtyään heittäydyttävä maahan selin valoon päin ja suojattava kaikki paljaat paikat, kuten kasvot, niska ja kädet, polttavalta lämpösäteilyltä. Tässä asennossa on oltava 10 sek, jonka jälkeen on ruvettava hakeutumaan parempaan suojaan. Tosin vaatteet eivät suojaa radioaktiiviselta säteilyltä, mutta koska lämpösäteily ulottuu paljon kauemmas kuin radioaktiivinen, kannattaa kuitenkin aina äsken mainittu suojautuminen. Kaupungilla

liikuttaessa taas on katsottava, onko askeleen tai parin päässä suojaista paikkaa, kuten rakennuksen kulmaa, ovi- tai porttikäytävää tms. ja heti rynnättävä suojaan, selin valoon päin. Ellei suoja ole aivan äärellä, on paras heittäytyä maahan. 10 sek:n kuluttua on aika ryhtyä hankkiutumaan parempaan suojaan. Rakennuksessa sisällä oltaessa on heti suojauduttava esim. huonekalujen taakse tai pöydän alle, selin ikkunaan. Koska paineaalto tulee myöhemmin kuin valonvälähdys, ikkunoita on vältettävä noin minuutin ajan. Ensi tilassa on hakeuduttava rakennuksen sisäosiin, mikäli mahdollista väestönsuojaan.

Väestönsuojelun järjestelyyn nähden korostetaan erityisesti hälytyksen nopeuden merkitystä, jotta väestö ehtisi suojaautua. Väestönsuojia on oltava tiheässä, jotta matkat eivät tule pitkiksi. Kaduilla liikkuvia varten on oltava riittävästi yleisiä väestönsuojia. Tällä puolen Atlantin on näkynyt vaatimus, että väestön pitäisi nukkua väestönsuojissa, koska öiseen aikaan ei muuten ehditä suojaan. Väestönsuojelutyössä vedotaan erityisesti kansalaisten vapaaehtoisuuteen ja omatoimisuuteen. Johdolle on varattava suoja-~~ista~~ komentopaikat ja varmat viestiyhteydet, mm. radiot, joilla päästään yhteyteen langallisen viestiverkon toiminnan häiriytyessä. Oletetaan, että atomipommitusta seuraa ajanjakso, jolloin kaikki toiminta on lamassa ja vasta vähitellen päästään systemaattiseen ja johdettuun pelastustoimintaan. Tällöin on kaukoavustuksen merkitys ratkaiseva, koska tuho on niin suuri ja sen alue niin laaja, ettei tilannetta omin voimin pystytä hallitsemaan.

On näkynyt tietoja myös tulevaisuuden "atomikauden kaupungeista", jotka on suunniteltu nimenomaan atomipommituksien tuhon eliminoimiseksi. Nämä ovat tietenkin utopistisia ja kai enimmäkseen propagandamielessä julkaistuja. Kieltää ei kuitenkaan voida, että varsinkin Amerikassa määrätietoisesti työskennellään ihmishenkien ja omaisuusarvojen suojaamiseksi sekä desentralisointia tietä että väestönsuojelua kehittämällä.

5. Suojautuminen radioaktiiviselta saastutukselta

Suojautuminen radioaktiiviselta saastutukselta on kokonaan uusi väestönsuojelun muoto, jota ei vielä missään ole käytännössä kokeiltu. Koska radioaktiivinen saastutus aina liittyy fysikaaliseen

Hjaiset

tuho vaikutukseen, on syytä selvittää, mitkä ovat yleisimmät esiintymismuodot.

1. Suuri tuho ja voimakas saastutus voi aiheutua vedenalaisesta räjähdyksestä esim. kaupungin satamassa, mutta on ajateltavissa, että vihollinen tietoisesti pyrkii saastutukseen erityisin radioaktiivisin ainein. Tällaisen »radiologisen sodankäynnin» edellytykset lienevät kuitenkin vielä tällä hetkellä vähäiset.

2. Suuri tuho ja vähäinen saastutus on mahdollinen atomipommin nykyiselläkin kehitysasteella.

3. Keskinertainen tai vähäinen tuho ja keskinertainen tai voimakas saastutus on mahdollinen paitsi radiologisessa sodankäynnissä myös esim. atomipommin jäädessä räjähtämättä eli "suutariksi".

Ensimmäinen tehtävä on saastutuksen toteaminen. Yhtä tärkeätä on saada selvyys siitä, että saastutusta ei ole tapahtunut. Ensimmäisessä tapauksessa toimenpiteiden laatu riippuu siitä, missä määrin on suoritettava jätteiden poistamista, liikenneväylien avaamista jne. Toisessa tapauksessa on todettava, onko ja missä saastutusta, sekä seurattava mahdollisen radioaktiivisen pilven tai sumun liikkumista. Kolmannessa tapauksessa on radioaktiivisen säteilyn vaara suhteellisesti suurin, koska muu tuho on vähäisempää kuin edellisissä tapauksissa. Torjunnan edellytyksenä on, että on valmistauduttu mittauksin toteamaan saastutukset — niitä ei aistimin voida havaita — että on henkilökuntaa ja välineitä puhdistustoimenpiteitä varten ja että on varauduttu väestön evakuointiin vaaralliselta alueelta.

Radioaktiivisen saastutuksen poistamiseen on kolme tapaa: saastuneiden esineiden upottaminen mereen tai kaivaminen maahan, niiden jättäminen käyttämättä tietyksi ajaksi, kunnes radioaktiivisuus itsestään laskee sallittuun arvoon, ja erityiset puhdistusmenetelmät. Kahta ensin mainittua pidetään parhaina, mutta koska niitä ei aina voida käyttää, on tutkittu erilaisia puhdistusmenetelmiä.

Vaatteet yleensä estävät radioaktiivisten aineiden välittömän kosketuksen ihoon, mutta saastuneina ne ovat vaarallisia, jonka vuoksi ne on riisuttava ja hävitettävä. Perusteellinen peseytyminen runsaasti vettä ja saippuaa käyttäen on varsin hyvä keino. Vielä te-

hokkaampaa on käyttää erilaisia saippuattomia, yleisesti käytännössä olevia puhdistusaineita. Alusten, rakennusten, aseiden ym. puhdistamiseen käytetään vesi-, höyry- tai vesihiekkasuihkutusta tai myös pinnan polttamista. Viimeksi mainitut menetelmät tosin turmelevat arat pinnat. Maan pinnan puhdistamiseen voidaan käyttää vesihuuhtelua, sen peittämistä noin 30 cm:n maakerroksella tai sen kääntämistä kyntämällä. On myös kokeiltu eräitten kemikaalien käyttämistä puhdistustoimintaan. Saastuneet ruokatavarat on hävitettävä, mutta suojassa olleet ovat käyttökelpoisia. Suojaksi kelpaa tiivis paperipakkaus, säilykkeet siis eivät mene pilalle. Juomaveden puhdistukseen riittää yleensä kaupunkien vesijohtolaitoksissa suoritettava puhdistus tai tislaminen. Pelkkä keittäminen ei auta. Lähde- ja kaivovesi, yleensä siis pohjavesi, säilyy saastumattomana. Pintavedet tulevat vaarattomiksi muutamassa päivässä.

F. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Atomipommia sanotaan »strategiseksi» aseeksi sillä perusteella, että se parhaiten pääsee oikeuksiinsa laajojen ja tärkeiden kohteiden kuten liikenne-, teollisuus- ja asutuskeskusten pommituksissa. Mutta sitä voidaan käyttää myös »taktillisena» aseena esimerkiksi hyökkäyksen tulivalmistelussa. Korkea ilmaräjähdyks, joka aiheuttaa suurimman tuhon, ei synnytä maastoon radioaktiivista saastutusta, vaan hyökkäysjoukko voi tunkeutua murtokohtaan heti pommin räjähdettyä. Sitä voidaan ajatella myös käytettäväksi erittäin vahvojen linnoituslaitteiden tuhoamiseen antamalla sen räjähtää vasta kohteessa tavallisen räjähdyspommin tapaan. Keskitetty ja voimakas atomipommien taktillinen käyttö voi asettaa syvänkin puolustuksen varsin kovalle koetukselle.

Vaikutus suojaamattomiin eläviin maaleihin on hyvin tuhoisa varsinkin lämpö- ja radioaktiivisen säteilyn vaikutuksesta, mutta myös paineaallon lennättämien »sirpaleiden» takia. Joukot ovat erityisesti vaaralle alttiina siirtojen ja liikuntasodan aikana. Sen sijaan suojautuneen, vaikkapa vain pika- tai kenttälinoittautuneen joukon tappiot ovat paljon vähäisemmät. Avoimessakin poterossa mies saa suojaa paineaalloilta ja lämpösäteilyltä sekä jo puolen kilometrin päässä maakeskipisteestä myös radioaktiiviselta säteilyltä kyyristymällä

kuoppansa pohjalle, jolloin reunoilla oleva maa antaa riittävän suojan. Katettu suojapotero suojaa myös sirpaleilta, mutta katteena oleva maakerros on tavallisesti niin ohut, ettei se suojaa radioaktiiviselta säteilyltä. Linnoittamisohjesäännön mukainen kenttäkorsu on turvallinen maakeskipisteessäkin, jos on kysymyksessä yksikköpommin korkea ilmaräjähdyks. Radioaktiiviselta saastutukselta se ei suojaa, koska kenttäkorsu ei yleensä ole kaasunpitävä, vaan päästää saastuneen ilman tunkeutumaan sisälle. Kantalinnoituslaitteet sen sijaan tehdään aina kaasunpitäviksi, mutta vasta happilaitteilla varustaminen tekisi ne täysin riippumattomiksi ulkoilmasta. Metsän antama suoja on varsin vähäinen. Puut kaatuvat laajalta alueelta, ja vielä kauempaa katkeilee oksia aiheuttaen vammoja suojaamattomille miehille. Kesällä syttyy lämpösäteilyn vaikutuksesta laaja metsäpalo, joskin joukot ovat suojassa suoranaishelta lämpösäteilyltä.

Atomipommin vaikutus rakennuksiin on itse asiassa tuhoisampi kuin ihmisiin, koska ihminen kestää varsin suuria paineita. Välilliset vahingot ovat yleensä suuremmat kuin suoranaiset. Tämäkin seikka vaikuttaa, että atomipommia pääasiallisesti käytettäneen rintamantakaisten rakennettujen kohteiden tuhoamiseen. Laaja alue ja harva asutus ovat suuri etu verrattuna tiheään kaupunkiasutukseen.

Mitä paremmin väestönsuojelu on järjestetty, sen vähäisempi on ihmishenkien hukka. Ei ole syytä tässä ruveta arvioimaan, kuinka suuren tuhon atomipommitus meillä aiheuttaisi, ottaen huomioon väestönsuojelumme nykyisen tilan. Tosin meikäläinen kallioon louhittu väestönsuoja kestää maakeskipisteessäkin, vieläpä verrattain matalankin ilmaräjähdyksen, mutta onko suoja riittämiin? Ja ovatko talojen väestönsuojat kunnossa? Uusiin taloihin ei rakenneta väestönsuojia, vaikka lisäkustannukset olisivat varsin vähäiset. Miksi ei esimerkiksi Arava-lainan saamisen ehtona ole teräsbetoninen runkorakenne ja väestönsuoja?

Onko väestönsuojelun organisaatio kunnossa? Onko ilmavalvontamme ajan tasalla ja nykyaikaisesti varustettu?

Desentralisaatiosta meillä ei edes keskustella. Päinvastoin rakennetaan esimerkiksi Helsinkiin, joka muutenkin kasvaa nopeata vauhtia, mm. 5000 ihmisen sairaalakompleksia.

Atomipommi on ase muiden joukossa, tosin tähän asti keksityistä tehokkain. On turhaa arvailla, muodostuuko se tulevassa sodassa

ratkaisevaksi, tai edes sitä, uskaltautuuko kumpikaan sotivista puolistä sitä ensimmäisenä käyttämään. Mutta jos sitä käytetään, voi yllätys merkitä suuria tappioita ja varautuminen pienempiä. Luoteaanko siihen, ettei ainakaan meillä ole vaaraa? Tuollainen toiveajattelu voi käydä hyvin kalliiksi.

Käytetyt lähteet:

- "Atomic Weapons and Civil Defence", Atomic Scientists News, vol. III (1949)
 "Atomkrieg. Wie schütze ich mich?" Terra-Verlag, Konstanz, 1950
 Bethe, H. A.: "The Hydrogen Bomb", Bulletin of the Atomic Scientists vol. VI (1950)
 Borie: "Quelques aspects de la question de la protection des industries contre les bombardements strategiques", Revue du Génie Militaire, Mai-Juin et Juillet-Aout 1950
 "Damage from Atomic Explosion and Design of Protective Structures", Report prepared for the National Security Resources Board, USA, 1949
 Cessner, H.: "Über die Atombombe", Gesellschaft für militärische Bautechnik, Zürich, 1949
 Hedengren, Sven: "Atombombens taktiska användning", Effektivt Försvar, N:o 2/1951
 Hersey, John: "Hiroshima", Bantam Books, New-York, 1948
 Lapp, R. E.: "Must we hide?" Addison Wesley Press Inc. Cambridge Mass. USA, 1949
 Lawrence, William: "The Hell Bomb", Alfred A. Knopf, New-York, 1951
 Liddel Hart, B. H.: "Defence of the West", Cassel, London, 1950
 "Medical Aspects of Atomic Weapons", Report prepared for the National Security Resources Board, USA, 1949
 "The Effects of Atomic Weapons", Prepared for and in Cooperation with the US. Atomic Energy Commission and Department of Defence, McGraw-Hill Book Company, New-York, 1950
 The Military Engineer, USA
 — Amirkian, Arsham: "Atomic Bomb Shelters", March-April 1951
 — Hayes, T. J.: "Atomic Bomb Protection Noy", July-Aug. 1951
 — —, — "Evaluation Atomic Bomb Shelters", Sept.-Oct. 1951
 — Lichtenberger, Chester: "A Civil Defence Organisation", May-June 1951
 — de Ment, Jack: "Litium — Hydrogen Bomb Source Material". Nov.-Dec. 1951
 — Parker, David B.: "The Atomic Battlefield", Sept.-Oct. 1950
 Tämän kirjoitelman kuvat ja taulukot perustuvat pääasiallisesti teokseen "The Effects of Atomic Weapons".