

Medisinske og biologiske virkninger av atomkrig

Ved årsskiftet 1983/84 rettet organisasjonen «Norske leger mot atomkrig» en anmodning til Lægeforeningen om å oppnevne en ekspertgruppe som skulle ha til oppgave å uttale seg om de medisinske virkninger av en eventuell kjernefysisk krig i Norge og videre om helsevesenets muligheter for å yte befolkningen hjelp under og etter en eventuell slik krig.

Den norske lægeforenings sentralstyre avga følgende uttalelse til henvendelsen fra «Norske leger mot atomkrig»:

«Sentralstyret har forståelse for den problemstilling som er reist i Deres henvendelse. Sentralstyret finner imidlertid at dersom det fortsatt ansees å være behov for utredninger omkring medisinske skadevirkninger av en eventuell kjernefysisk krig i Norge, besitter «Norske leger mot atomkrig» selv nødvendig ekspertise til å gjøre dette arbeid. Det antas i så fall at i det alt vesentlige vil det være medlemmer av Lægeforeningen som vil komme til å bli engasjert i arbeidet, hvilket vil være i pakt med det vedtak som foreningens landsstyre gjorde sommeren 1983:

Med bakgrunn i den medisinske kyndighet som representeres ved blant annet norske leger, oppfordrer landsstyret foreningens medlemmer til å engasjere seg – på den måte den enkelte finner det hensiktsmessig – i arbeidet til fremme av medisinsk/faglige opplysninger om skadevirkninger ved eventuell

bruk av atomvåpen eller andre våpen med tilsvarende masseeffekt.»

På denne bakgrunn har «Norske leger mot atomkrig» selv utarbeidet en rapport om medisinske og biologiske virkninger av atomkrig.

Rapporten er datert Oslo, mai 1985. I forordet til rapporten heter det bl.a.:

Virkningene av kjernevåpen på mennesker er bare en del av bildet. Kjernevåpen skader hele det biologiske miljø mennesket er avhengig av for sin eksistens. Vi har derfor omtalt også de generelle biologiske og økologiske virkninger av atomvåpen.

Vedlagte rapport uttrykker vårt beste skjønn basert på FN-utredninger og autoritative amerikanske og engelske kilder. Rapporten er enstemmig og er undertegnet av:

Alexander Pihl, prof. dr. med, formann

Ulrich Abildgaard, prof. dr. med.

Chr. F. Borchgrevink, prof. dr. med.

Peter Hjort, prof. dr. med.

Jens-Gustav Iversen, førsteamanuensis, dr. med.

Einar Kringlen, prof. dr. med.

Knut Lote, ass. overlege dr. med.

Fredrik Mellbye, stadsfysikus

Kaare R. Norum, prof. dr. med.

Bjarne A. Waaler, prof. dr. med.

Rapporten ble forelagt for Lægeforeningens sentralstyre 20.06.1985, og gjengis nedenfor i sin helhet.

INNLEDNING

Det største helseproblem vår verden står overfor er en mulig krig med kjernefysiske våpen. En atomkrig er en katastrofe som langt overgår tidligere kriger og naturkatastrofer, med konse-

kvenser av nærmest ufattelig omfang. I en rekke land har legenes organisasjoner vurdert de medisinske konsekvenser av atomkrig. Konklusjonene er en-tydige. Helsevesenet har ingen muligheter for å mildne virkningene av en atomkrig. De katastrofale virkninger

kan kun unngås ved å forebygge kjernefysisk krig.

Selv om befolkningens viten om atomvåpens virkninger er økt i løpet av de siste år, er de fulle medisinske og biologiske konsekvenser av en atomkrig ennå ikke alment erkjent. Leger

«Kjernefysiske våpen, «atomvåpen», er kvantitativt og kvalitativt forskjellige fra konvensjonelle våpen.»

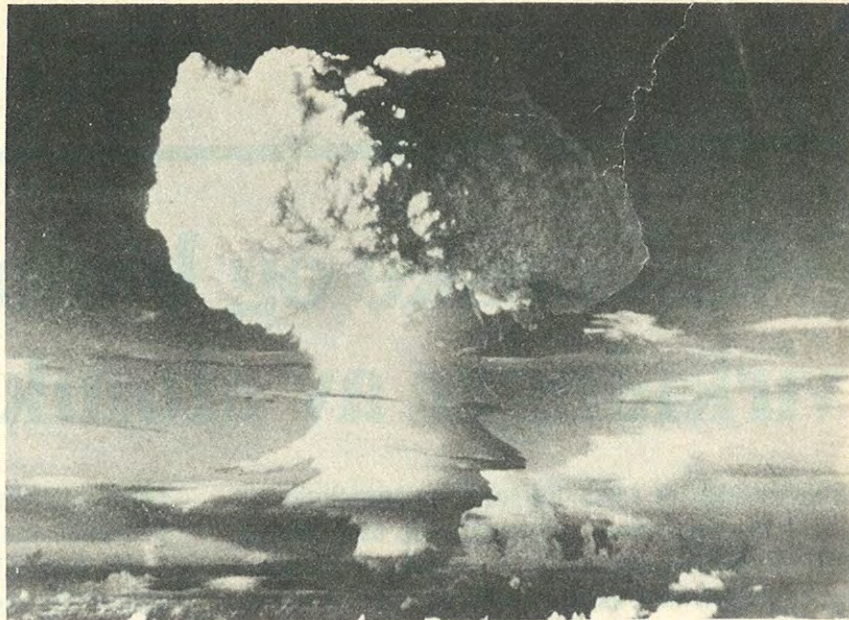


Foto: NTB

har et spesielt ansvar for å redegjøre for disse. Imidlertid er heller ikke legers kunnskaper om atomvåpens virkninger tilfredsstillende (Idås, 1985). Det er derfor behov for en forsterket innsats i opplysningsarbeidet på alle nivåer.

Det foreligger nå en omfattende litteratur om virkningene av atomvåpen. En stor del av denne er vanskelig å lese uten spesielle forutsetninger. Vår rapport søker å gi en kortfattet oversikt over de helsemessige konsekvenser av en kjernefysisk krig i et språk som ikke i tekniske faguttrykk tilslører og uvirkeliggjør de grufulle realiteter.

En del av stoffet er mer fylldig omtalt i boken «Atomkrig i medisinsk perspektiv» (Oslo 1981). Enkelte av kapitlene er senere trykket som artikler i Tidsskrift for Den norske lægeforening. Forøvrig henvises til Bibliografien som inneholder de viktigste av våre kilder. Interesserte lesere vil her finne den nødvendige dokumentasjon. Spesielt vises til Det amerikanske Forsvarsde-

«Atombomber kan ha en eksplosiv kraft som er mer enn 1 million ganger større enn de største konvensjonelle bomber. En enkelt 1-megatonns bombe over en storby kan drepe mer enn 1,5 million mennesker og såre like mange.»

partements omfattende publikasjon (653 sider): «The Effects of Nuclear Weapons» (Glasstone og Dolan, 1980), samt til boken «Hiroshima and Nagasaki. The Physical, Medical and Social Effects of the Atomic Bombing» (706 sider), utgitt i 1981 av en rekke ledende japanske forskere. Det vises også til de autoritative ekspertutredninger som er avgitt av United Nations General Assembly (1972, 1980), US National Academy of Science (1975, 1985), Office of Technology Assessment, Congress of the United States (1980), British Medical Association (BMA) (1983) og World Health Association (WHO) (1984).

En atomkrig kan neppe begrenses og et atomangrep på Norge er bare tenkelig som ledd i en omfattende atomkrig mellom de to maktblokker (se under kapittelet «Virkningene av atomkrig»). Vi har derfor ikke begrenset oss til å vurdere virkninger av atomangrep på Norge, men søkt å gi en generell fremstilling av en atomkrigs følger med stor vekt på de verdensomspennende indirekte virkninger som etter en atomkrig vil ramme oss med full tyngde.

I løpet av de siste 2 år er det fremkommet nye forskningsresultater som tyder på at tidligere beregninger i vesentlig grad har undervurdert de indirekte virkninger av atomkrig. Disse nyere analyser gir sterke holdepunkter for at en atomkrig vil føre til alvorlige klimatiske forstyrrelser med biologiske langtidsvirkninger som kan få enda alvorligere konsekvenser for livet på vår

«Atomvåpen gir mekaniske skader fra trykkbølgen, brannskader fra varmestråling og branner, samt stråleskader fra ioniserende kjernestråling. Kjernestrålingen kommer direkte fra bomben og fra radioaktivt nedfall. Kjernestråling skader alt vev. I store doser kan den gi akutt strålesyke som kan føre til døden. Kjernestråling kan gi skader som først opptrer mange år etter bestrålingen.»

klode enn de umiddelbare, direkte virkninger. Det vises spesielt til artiklene i AMBIO, volume XI nummer 2/3: «Nuclear War: The Aftermath», til artiklene av Turco *et al.* (1983, 1984), Ehrlich *et al.* (1983) og boken «Nuclear Winter. The Human and Environmental Consequences of Nuclear War» (Harwell, 1984).

En klar forståelse av en atomkrigs realiteter er en forutsetning for effektivt arbeid for å minske faren for en atomkrig. Vi har derfor lagt vekt på den nye erkjennelse at en atomkrig kan ødelegge det biologiske miljø vi er avhengig av og derved true menneskets eksistens og livet på jorden.

FYSISKE VIRKNINGER AV ATOMVÅPEN

Atomvåpen skiller seg fra konvensjonelle våpen både i graden av ødeleggelsessevne og ved at de har andre fysiske og biologiske virkninger. Virkningene av atomvåpen skyldes:

1. Trykkbølgen
2. Lys og varmestråling
3. Kjernestråling
4. Elektromagnetisk puls

Av disse er det bare de tre første som har biologisk betydning.

De umiddelbare virkninger av atomvåpen er godt kjent etter eksplosjonene i Hiroshima og Nagasaki og etter tallrike prøve-eksplosjoner.

I det følgende skal gis en kort redegjørelse for en del fysiske forhold av betydning for forståelsen av atomvåpens biologiske virkninger.

Atomvåpensprengninger. Kort oversikt

Ved enhver eksplosjon frigjøres energi i et lite volum i løpet av kort tid. I konvensjonelle bomber utvikles energien ved kjemiske reaksjoner. Energiutviklingen er forholdsvis liten og temperaturen i bomben stiger til noen tusen grader.

I atomvåpen utvikles energien ved spaltning (fisjon) av visse uran- eller plutonium isotoper, samt ved sammen-smeltning (fusjon) av hydrogenisotoper. Ved disse reaksjoner utvikles enorme energimengder i løpet av en milliontedels sekund, og temperaturen i senteret av bomben stiger til titalls millioner grader.

Atombombens størrelse eller sprengkraft angis i antall tonn av det konvensjonelle sprengstoffet TNT som skal til for å gi tilsvarende energiutvikling. Hiroshimabomben hadde en sprengkraft tilsvarende ca. 13 000 tonn TNT (13 kt) hvilket er mer enn tusen ganger så meget som de største bomber som ble brukt under den annen verdenskrig.

Etter dagens målestokk var Hiroshimabomben en liten bombe. De største strategiske atombomber er nå på mange megatonn (1 megatonn = 1 Mt = 1 million tonn), dvs. opptil 1 000 ganger større enn Hiroshimabomben. Også en stor del av de såkalte taktiske våpen, slagmarksvåpen, som er stasjonert i Sentraleuropa i stort antall, er vesentlig større enn Hiroshimabomben.

I selve eksplosjonsøyeblikket frigjøres energien i atomvåpen i form av stråling. Det utsendes et blendende hvitt lys, samt energirik elektromagnetisk stråling (gammastråling) og partikkel-

stråling (særlig nøytroner). En vesentlig del av strålingen blir absorbert av bombestene og luften som derved omdannes til en glødende ildkule som stiger oppover samtidig med at den avkjøles. Ildkulen utsender intens lys og varmestråling. Varigheten avhenger av bombens størrelse. Ca. 1/3-del av energien vil avgis fra bomben som varmestråling. Varmestrålingen kan antenne branner og gi brannskader over meget store områder.

Den raske og voldsomme opphevingen av luften resulterer i en trykkbølge av komprimert luft. Trykkbølgen brer seg utover med overlydshastighet samtidig som trykket avtar. Ca. halvparten av energien som frigjøres i en atombombe vil til slutt opptre som overtrykk. Trykkbølgen etterfølges av vind av mange ganger orkans styrke. Etter at trykkbølgen og eksplosjonsvinden har passert, vil det opptre et undertrykk med voldsomme ettervinder i motsatt retning, dvs inn mot nullpunktet (stedet rett under bomben).

«Langt de fleste ofre i en atomkrig vil være sivile, selv ved bruk av atomvåpen mot militære mål. Et storangrep med atomvåpen kan i løpet av timer utrydde en vesentlig del av befolkningen i et land og fremkalle materielle og menneskelige skader og lidelser som knapt kan fattes. En atomkrig mellom supermakten og deres allierte hvor en vesentlig del av de strategiske atomvåpen benyttes, kan – ifølge beregninger utført av WHO – i første omgang drepe mer enn 1 000 millioner mennesker og fremkalle alvorlige skader hos like mange. Sivilisasjonen i Europa, USA og Sovjet-samveldet vil forsvinne.»

Trykkbølgen og de etterfølgende vinder er årsak til de mekaniske skader på bygninger, mennesker, dyr og trær. Disse virkninger er ansvarlig for de fleste øyeblikkelige dødsfall og skader.

Det er primært trykkbølgen det kalkuleres med ved angrep på militære mål.

Ca. 15 % av den energi som frigjøres under eksplosjonen, opptre til slutt som energirik, ioniserende kjernestråling. Denne kommer delvis som initial stråling direkte fra bomben i løpet av det første minutt. Mesteparten av kjernestrålingen kommer fra radioaktive spaltningproduktene som kommer ned som radioaktivt nedfall. I nøytronbomber kan opptil 80 % av totalenergien utgjøres av direkte nøytronstråling.

Ved sprengning av kjernefysiske våpen dannes en sterk elektromagnetisk puls (EMP). Denne har ingen kjent biologisk virkning, men elektrisk og elektronisk utstyr som ikke er spesielt isolert, kan skades og bli satt ut av funksjon. Transistorer og integrerte kretser er særlig følsomme. EMP kan ødelegge elektrisitetsforsyningen, telefon og radiosambandet og sette datamaskiner ut av funksjon. Ved eksplosjoner i store høyder er rekkevidden enorm. EMP fra en eksplosjon i 350 km høyde over USA vil dekke («blanket out») praktisk talt hele det kontinentale USA samt deler av Canada og Mexico. EMP dannes også ved eksplosjoner i lave høyder, men rekkevidden er da begrenset til 10–20 km.

Rekkevidden av de skadelige virkninger av trykkbølgen, varmestrålingen og av kjernestrålingen avhenger av bombens størrelse og av eksplosjonshøyden.

Ved en luftsprengning hvor ildkulen ikke berører bakken, vil trykkbølgen og varmestrålingen dekke et meget stort område. Jo større bombens sprengkraft (energi) er, desto høyere er den spreng høyde som gir maksimal virkning. For en 1 Mt bombe er den «optimale» spreng høyde ca. 3 200 m. Luftsprengninger er den mest effektive måte å bruke atomvåpen på for å ødelegge industri og befolkningssentre. Ved luftsprengninger vil de radioaktive spaltningproduktene følge med de varme luftmassene opp i stratosfæren, sirkulere rundt jorden og først komme ned etter måneder og år som globalt nedfall. De mange kortlivede radioaktive isotoper er da dødd hen. Det globale nedfall består derfor vesentlig av langlivede isotoper med lav strålingsintensitet. Etter lufteksplosjoner kan det komme næredfall i forbindelse med nedbør.

Etter en luftsprengning av store bomber kan de skadelige virkninger av varmestrålingen ha lenger rekkevidde

enn trykkbølgen, som igjen har lenger rekkevidde enn den dødelig kjernestråling. Ved minskende størrelse av bombene vil rekkevidden for alle typer skader bli mindre, og de vil samtidig nærme seg hverandre.

Ved en *bakkesprengning* hvor ildkulen berører bakken, vil trykk og varmevirkningen bli maksimal i målområdet, men rekkevidden blir mindre enn ved luftsprengninger.

Ved bakkesprengning av en 1 megatonns bombe vil ildkulen ha en diameter på ca. 3 km. Det område som blir dekket, vil bli pulverisert. Heten kan smelte og fordampe selv faste stoffer. Trykket og varmen vil drive enorme mengder materie opp i luften og etterlate et krater som kan være ca. 300 m i diameter og 60–70 m dypt. Bakkesprengninger vil bli brukt mot hårde militære mål som f.eks. rakettsiloer.

Etter en bakkesprengning vil en vesentlig del av den biologiske virkning skyldes stråling fra nærnedfall. De radioaktive spaltningsprodukter, samt radioaktive isotoper dannet ved at nøytronstrålingen treffer bakken, blir fortettet på forholdsvis store partikler av jord og støv som faller ned i løpet av timer og dager som *nærnedfall* av høy aktivitet. Arealet vil bestemmes av vindforholdene og oftest ha en fjærførm utbredning i vindens retning. En enkelt bombe kan gi nedfall over et område på flere hundre kvadratkilometer med radioaktivitet som vil være dødelig for ubeskyttede mennesker og dyr. Langt større områder vil dekket av nedfall som er skadelig, men ikke dødelig.

Selv bruk av taktiske atomvåpen i en begrenset atomkrig vil gi nærnedfall som kan drepe millioner av sivile.

Trykkbølgen

Skadene skyldes overtrykket i bølgefronten. Det virker på samme måte som ved en vanlig eksplosjon. I tillegg kommer det dynamiske overtrykk av den etterfølgende voldsomme vind. Vinden vil knekke telefonstolper og trær, kaste biler av gårde, rive med seg brokker og løse gjenstander og omgjøre dem til prosjektiler.

Etter at trykkbølgen og eksplosjonsvinden har passert, vil det dannes et undertrykk. Derved oppstår ettervinder i motsatt retning, det vil si inn mot nullpunktet, med hastigheter på opptil 400 km i timen. Ettervindene vil sope med seg det som er slått istykker og feie det med seg opp i den velkjente soppkyen.

Denne er full av partikler og vil etter hvert kunne få en diameter av flere mil. De tykke skyer av støv og røyk vil skjerme for sollyset og gjøre det mørkt.

Trykkbølgen svekkes med avstanden fra bomben og vil til slutt dø ut. Rekkevidden av det skadelige overtrykk vil avhenge av bombens størrelse (energi), spreng høyden og terrengets beskaffenhet. Høyder og fjell vil skjerme mot trykkbølgen. Virkningen av trykkbølgen på bygninger for en luftsprengning av en 1-megatonns bombe i 2 400 m høyde er gitt i Tabell 1.

«Atomkrig vil føre til sammenbrudd av organisert samsfunnsstruktur og til alvorlige skader på det biologiske miljø. Dette vil gi indirekte virkninger som på lengre sikt kan være enda alvorligere for livet på kloden enn de umiddelbare direkte virkninger.»

Omfanget av skadene forstås best hvis man tegner inn sirkler på et kart av et område man kjenner. Hvis en slik bombe eksploderer f.eks. over Stortinget i Oslo, vil sirkelen på 7 km som innrammer det område som vil bli nærmest totalrasert, nå til Fornebu, Eiksmarka, Holmenkollen, Sognsvannet, Grefsenkollen, Veitvet, Bøler, Nordstrand, Nesoddtangen. Betydelige skader vil sees i forstedene ut til Grorud på den ene siden og Høvik på den annen. Skadene vil omfatte mesteparten av Bærum, Sørkedalen opp til Bogstadvannet, hele Holmenkollåsen og Vettakollåsen og store deler av Nordmarka og Lillomarka. Så langt som en mil borte vil vinden ha orkans styrke.

Hus vil skades og glassruter knuses mer enn 2 mil borte, svarende til Lillestrøm, Skedsmokorset, Hakloa i Nordmarka, Sollihøgda og Vollen i Asker.

Lys- og varmemstråling

Lys- og varmemstråling fra bomben er elektromagnetisk stråling som beveger seg rettlinjet med lysets hastighet. Strålingen rammer praktisk talt momentant, før trykkbølgen ankommer. Strålingen avgis i to pulser; den første varer bare 1/10-dels sekund og består vesentlig av ultrafiolett stråling som kan skade øynene. Mesteparten av varmemstrålingen kommer i den 2. puls, hvis varighet avhenger av bombens stør-

relse. For store strategiske bomber kan den vare 10–20 sekunder.

Rekkevidden av varmemstrålingen avhenger av bombens størrelse, eksplosjonshøyden og de atmosfæriske forhold. Ved en overflate-eksplosjon vil en del av energien bli absorbert av støv og vandamp nær bakken. Ved skyer og nedbør er rekkevidden vesentlig kortere enn i klarvær. Når siktbarheten er god, kan varmembølgen forårsake skader over langt større avstander enn trykkbølgen og den initiale kjernestråling.

Varmemstrålingen kan antenne papir, tørt løvverk og annet brennbar materiale over meget store arealer. I klarvær kan en 1-Mt luftsprengning antenne klærne i en avstand på ca. 8 km og branner i papir og tørt løv så langt som 16 km fra nullpunktet. Dette betyr at hvis en slik bombe eksploderer i luften noen km over Stortinget, kan branner antennes eksempelvis på Lørenskog, i Nittedal, ved Kikut i Nordmarka og ved Guriby i Bærum. Mesteparten av varmemstrålingen kommer før trykkbølgen, og det er mulig at mange av småbrannene vil bli blåst ut av trykkvinden.

Under ugunstige omstendigheter kan mange branner forene seg til store sammenhengende flate-branner som sprer seg i vindens retning så lenge det finnes brennbar materiale. Dette kan føre til omfattende skogbranner.

Bygninger kan antennes av varmemstrålingen gjennom vinduer. Denne kan antenne gardiner, tepper, polstrede møbler, papirer, etc. I tettbebyggelser kan brannene spre seg fra bygning til bygning.

Under visse omstendigheter kan brannene forene seg til en *ildstorm* hvor vinden innover nærer ilden. Ildfronten blir stasjonær, men brannområdet dannes til et eneste bål hvor til slutt alt brennbar materiale blir fortært av flammene. Temperaturen kan bli så høy at glass og metaller smelter. Tilfluktsrom kan bli som ovner hvor man kremeres eller omkommer av oksygenmangel og giftige gasser. Enkelte har hevdet at ildstormer er usannsynlig med den type bygninger som er vanlig i moderne byer. Andre er uenige i dette.

Brannene vil bidra meget vesentlig til ødeleggelsene etter atombombeangrep. Brannskadene i Hiroshima svarte omtrent til hva som ville skjedd hvis 1 000 tonn brannbomber var blitt spredt over byen. Brannslukning vil være praktisk talt umulig etter atombombeangrep.

Brannmannskapene vil være satt ut av funksjon, gater og veier vil være blokkert, vanntrykket vil være borte. Etter bakkesprengninger vil strålefarene forhindre de gjenlevende i å rykke inn i området.

Den direkte varmestråling og brannene vil fremkalle brannskader som vil bli omtalt nedenfor.

Kjernestråling

Den øyeblikkelige kjernestrålingen direkte fra bomben består av gamma- og nøytronstråling med stor gjennomtrengningsevne.

Gammastrålingen fra bomben stoppes særlig av materialer med høy egenvekt. Et lag på 30 cm betong vil redusere strålingsintensiteten med en faktor på 10 og et lag på 60 cm med en faktor på 100. Nøytronstrålingen har enda større gjennomtrengningsevne, og den vil bare reduseres med en faktor på 2,5–5 av 30 cm betong. Et lag på 60 cm betong er ikke nok til å skjerme mot dødelig stråling fra en 1-Mt bombe i en avstand av 1 500 m.

Nøytronstrålingen absorberes ikke særlig godt av tunge metaller som stål.

Dette utnyttes i nøytronbomben som særlig tar sikte på å ramme tankpersonell.

Den relative betydning av trykk-, varme- og stråleskader for atombomber av forskjellig størrelse er gitt i Tabell 2. Det fremgår at dødelig varmestråling har størst rekkevidde. For bomber som er større enn 100 kt, har den dødelige virkning av trykkbølgen større rekkevidde enn den dødelige stråling direkte fra bomben. For slike store bomber har derfor den direkte virkning av stråling liten betydning, idet de som får en dødelig stråledose, blir drept av trykkbølgen. For bomber som er mindre enn ca. 10 kt, er det omvendte tilfelle, dvs. den dødelige virkning av stråling dekker et større område enn den dødelige trykk- og varmeeffekt.

Nedfall. Den største strålingsfare kommer fra nærnedfall etter bakkeeksplosjoner. Etter omfattende bakkeeksplosjoner kan nærnedfall få katastrofale konsekvenser. I ildkulen foreligger de radioaktive spaltningsprodukter og jordpartikler i dampform. Når

ildkulen kjøler, fortettes de radioaktive isotoper på partikler av størrelse fra én mikrometer til over 1 mm. De største av partiklene begynner å falle til jorden i umiddelbar nærhet av sprengningen. Ca. 60 % av den totale radioaktivitet kommer ned innen 24 timer som «tidlig nedfall».

Deponeringen av nedfallet bestemmes vesentlig av vindens hastighet og retning. Hvis vindhastigheten er jevn, vil det deponeres over et sigarformet område, men mønsteret vil avhenge av terrenget. Radioaktiviteten i nedfallet avtar med avstanden fra nullpunktet. Etter eksplosjon av en 1-Mt bombe vil nedfallet innen et areal på 5 500 km² gi mennesker og dyr som oppholder seg i det fri uten skjerming, en akkumulert dose på 200 rad, hvilket vil gi strålesyke (se nedenfor). Innen et område på 1 700 km² vil dosen være 600 rad, hvilket vil være dødelig. Ved opphold i tilfluktsrom eller kjellere vil dosene bli vesentlig redusert.

«Støv fra bakkesprengninger samt sot fra omfattende branner vil formørke himmelen og absorbere en vesentlig del av dagslyset og solvarmen i uker og måneder etter et angrep. Beregninger tyder på at temperaturen vil kunne falle dramatisk, særlig om sommeren («kjernefysisk vinternatt») med katastrofale virkninger for alt dyre- og planteliv. De atmosfæriske og klimatiske forstyrrelser vil kunne bre seg også til den sydlige halvkule. Den økologiske balanse kan bli forstyrret i en slik grad at det er usikkert om mennesker og dyr vil kunne fortsette å eksistere på vår klode.»

Tabell 1. Skade på bygninger av trykkbølgen fra en 1-Mt lufteksplosjon i en høyde av 2 400 m^a

Avstand km	Overtrykk ¹		Vindhastighet km/t	Typiske virkninger
	atm.	psi		
1,3	1,4	20,6	750	Bygninger av stål og betong jevnet med jorden.
4,8	0,7	10,3	460	De fleste fabrikker og forretningsbygg ødelagt. Småhus i ruiner.
7,0	0,35	5,2	260	Lette bygninger ødelagt. Massive bygninger skadet.
9,5	0,21	3,1	150	Veggene blåst ut i hus med stål-skjelett. Hus skadet. Vinden tilstrekkelig til å drepe mennesker ute.
18,6	0,07	1,0	60	Skader på bygninger. Flyvende glassbiter og brokker.

^aEtter WHO (1984).

¹Det maksimale overtrykk i bølgefronten uttrykkes i psi (pounds per square inch), i atmosfærer, eller i kilopascal (kPa). Sammenhengen mellom enhetene er følgende: 1 atm. = 101,325 kPa = 14,7 psi.

Tabell 2. Arealet for dødelig virkning av trykk, varme og direkte stråling¹

Type skade	Bombens størrelse				
	1 kt	10 kt	100 kt	1 Mt	10 Mt
	km ²	km ²	km ²	km ²	km ²
Trykk	1.5	4.9	17.7	71	313
Varme	1.3	11.2	74.2	391	1 583
Stråling	2.9	5.7	11.5	22	54

1) Etter Barnaby and Rotblat (1982). Bombene er forutsatt detonert lavt over bakken.

Radioaktiviteten fra nedfall avtar raskt med tiden. De ca. 300 forskjellige radioaktive isotoper som dannes under eksplosjonen, brytes ned eksponensielt med halvtider fra en brøkdelen av et sekund til mange millioner år. For hele blandingen reduseres dosehastigheten (strålingen som avgis per tidsenhet) med en faktor på 10 for hver gang tiden øker med en faktor på 7. For eksempel

er dosehastigheten etter 1 uke 1/10-part av det den var etter én dag; og etter 7 uker 1/100-del av det den var etter én dag. Ca. 80 % av dosen kommer i løpet av første døgn.

Betydelig bestråling kan også komme fra isotoper med middels eller lang levetid fra nedfall som kommer ned flere tusen kilometer fra eksplosjonen. Dette gjelder særlig ^{131}I som har en halvtid på 8 dager. Jod kommer over i melken fra kuer som gresser på kontaminerte områder.

Kjernereaktorene er et spesielt problem. Både i Europa og i USA finnes det et stort antall reaktorer som må anses som militære mål. Hvis en atom-bombe treffer en kjernereaktor eller de tilhørende avfallsagre, vil man få en katastrofal frigjøring av radioaktivitet. De radioaktive isotoper i reaktoravfall har en annen sammensetning enn nedfallet fra bomber. De kortlivede isotoper er borte. De som er igjen, er langlivede, mange med halvtider på tusener av år. Områder som dekkes av slik radioaktivitet, kan bli permanent ubeboelige.

Det forsinkede nedfall har så lav aktivitet at den ytre gamma-bestråling betyr mindre enn intern bestråling av radioaktive partikler man har fått i seg. De viktigste isotoper er strontium -90 og cesium -137. De har halvtider på henholdsvis 28 og 30 år. Aktiviteten avtar derfor lite med tiden. De kommer inn i organismen ved en komplisert biologisk kjede fra jord til planter til dyr og derfra til mennesket. Strontium konsentreres i bensubstans, og cesium tas opp av bløtvev. Strålingen fra disse isotoper kan gi langsiktige virkninger med økt kreftrisiko.

Atmosfæriske og klimatiske forstyrrelser

Ved atombombeeksplosjoner vil brannene forurense atmosfæren med store mengder av gasser, bl.a. kulloksyd, kvelstoffoksyd, cyanider, vinylklorider, dioksiner og furaner. Disse vil føre til smog og forurenset nedbør.

Reduksjon av ozonlaget

Ozonlaget i stratosfæren har en viktig funksjon ved at det absorberer en vesentlig del av sollysets skadelige ultrafiolette stråling. Siden tidlig i 1970-årene har det vært klart at atombombeeksplosjoner vil føre til en reduksjon av dette ozonlaget. Ved luft-eksplosjoner av store bomber vil lufttemperaturen bli så høy at luftens oksy-

gen og nitrogen forenes til nitroksyder som blir ført opp i stratosfæren. Her vil de reagere med ozonlaget som derved brytes ned til vanlig oksygen.

I den første tid etter en atomkrig vil den økede mengde UV-stråling bli absorbert av sot og støv. Når dette etter noen måneder er blitt borte, vil en økt mengde UV-stråling nå jordoverflaten med skadelige biologiske virkninger som vil bli omtalt nedenfor.

Kulde og mørke

Nyere undersøkelser offentliggjort siden 1983 tyder på at en kjernefysisk krig kan føre til alvorlige klimatiske forstyrrelser, en «kjernefysisk vinter», med kulde og mørke over store deler av jordkloden.

Ved bakke-eksplosjoner vil store mengder jord og støv føres opp i atmosfæren. Dette vil spre solstrålingen, slik at den delvis kastes tilbake til verdensrommet og går tapt for vår planet. Dette vil føre til redusert solstråling mot jordoverflaten med avkjøling av bakken.

Viktigere enn mineralsk støv er imidlertid røyk fra branner. I en kjernefysisk krig vil det, selv etter angrep rettet mot strategiske militære mål, oppstå enorme branner i byer, industriområder og oljelagre, samt i skog og beitemark. Brannrøyken består av sotpartikler som effektivt absorberer solens lys og varmestråling. De største partiklene vil raskt falle ned på bakken, mens mindre partikler kan holde seg svevende i månedsvis.

Etter en krig hvor ca. 5–6 000 megatonn blir avfyrt, svarende til henimot halvparten av det samlede arsenal av atomvåpen, vil røykmassene fra brannene utgjøre flere hundre millioner tonn. I begynnelsen vil det dannes en røyksky over hvert brannområde. På grunn av de sterke vestlige vinder i de høyere luftlag på midlere breddegrader, vil røyken hurtig spres østover, og på et par uker vil den danne et sammenhengende belte rundt jorden. Et slikt røykteppe over Nordhalvkulen vil kunne redusere sollyset på bakken ned til 1 % av det normale, hvilket betyr at det vil bli tussmørkt selv midt på dagen.

Sotpartiklene har en slik størrelse at de effektivt absorberer varmestrålingen fra solen, mens de absorberer lite av den mer langbølgede varmestråling som utstråles fra jordens overflate. Resultatet vil bli at temperaturen på bakken faller. Virkningen vil bli sterkest om sommeren når sollyset er sterkest.

Temperaturfallet på bakken er blitt beregnet ut fra en rekke forskjellige forutsetninger, «scenarios». Etter en krig med 5–6 000 Mt kan sommertemperaturen over store deler av den kontinentale nordlige halvkule falle til under $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ i løpet av ca. 2 uker. Etter eksplosjon av 10 000 Mt kan temperaturen på Nordhalvkulen falle til minus $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ og lysintensiteten til 1 % av det normale. Det vil ta minst ett år før normale lys- og temperaturforhold er gjenopprettet. Over hav- og kystområder vil temperaturfallet bli mindre fordi havene har stor varmekapasitet. Pga. de store temperaturforskjeller mellom kystområder og innland vil det oppstå voldsomme stormer.

De utførte beregninger tyder på at store klimatiske forstyrrelser vil oppstå selv etter forholdsvis små angrep hvis disse er rettet mot byer, da det særlig er byene som inneholder store mengder brennbart materiale. Såvidt «lite» som 100 Mt er tilstrekkelig til å brenne flere hundre av verdens største byer.

Under normale vindforhold vil det ta ett år eller mer for at forurensninger av atmosfæren på Nordhalvkulen blir spredt til ekvatorstrøkene og Sydhalvkulen. Analyser av tredimensjonale atmosfære-modeller som kan simulere værforløpet over hele kloden, viser at atomkrig vil føre til voldsomme forstyrrelser i atmosfærens strømningsmønster. Unormale vinder kan transportere røyken fra de midlere nordlige breddegrader til store deler av Sydhalvkulen på få uker. De klimatiske forstyrrelser kan derved bli globale.

De biologiske konsekvenser av en kjernefysisk vinternatt vil være så omfattende og skjebnesvangre (se nedenfor) at det er nødvendig å spørre om hvor sikre forutsigelsene om en kjernefysisk vinternatt er.

Komiteens medlemmer har ikke forutsetninger for å vurdere de meteorologiske beregninger som ligger til grunn. Imidlertid kan det slås fast at ledende forskere i USA, Tyskland, England og Sovjetsamveldet har kommet til prinsipielt samme resultater. Den eneste norske meteorolog som har uttalt seg om spørsmålet (Eliassen, 1984), finner ingen grunn til å tvile på konklusjonene.

Det er på det rene at beregningene bygger på forenklete modeller. Når de atmosfæriske modellene blir forbedret, kan konklusjonene bli modifisert, i alle fall når det gjelder detaljer. Det hersker imidlertid ingen uenighet om hoved-

konklusjonen, nemlig at en atomkrig kan føre til alvorlige atmosfæriske og klimatiske forstyrrelser, særlig på Nordhalvkulen. En uavhengig komite nedsatt av US National Academy of Science (1985) påpeker at usikkerheten går i begge retninger. Det kan ikke utelukkes at de atmosfæriske forstyrrelser etter en atomkrig kan bli alvorligere enn beregnet (... «but the same uncertainty also makes it a clear possibility that the exchange could produce a degradation (of the atmosphere) that would be greater than, and would last longer than, that estimated in the baseline case»).

I en rapport som nylig er utsendt av USA's Forsvarsdepartement heter det (Biddle, 1985) at en atomkrig kan medføre så drastiske temperaturfall og andre verdensomspennende miljøforandringer at livet på kloden praktisk talt vil utslettes.

Det er et tankevekkende faktum at med årene er man blitt oppmerksom på stadig nye aspekter ved atomkrig. De analyser som er offentliggjort av følgende av en atomkrig, er kommet til stadig alvorligere konklusjoner. Betydningen av brannrøyk ble ikke erkjent før i 1982, 37 år etter atombombingen av Hiroshima og Nagasaki!

Atmosfæren utgjør et labilt system, følsomt for påvirkninger. Ved en stor atomkrig vil det bli sluppet løs enorme krefter hvis virkninger neppe kan overskues. Et nøkternt standpunkt er at på basis av dagens viten kan det ikke utelukkes at en atomkrig vil resultere i en kjernefysisk vinter.

MEDISINSKE OG BIOLOGISKE VIRKNINGER AV ATOMVÅPEN

Trykkskader

Mennesker og dyr er mer motstandsdyktige overfor overtrykk enn bygninger. Skadene på mennesker og dyr av selve overtrykket skjer særlig på overgangen mellom luft og vev. Luftblære

rene i lungene kan ødelegges, blodkar kan briste, og luft kan komme inn i åresystemet (luftemboli), hvilket ofte er dødelig. Trommehinnene kan briste.

«Effektiv beskyttelse av en befolkning mot atomvåpen er ikke mulig.»

De fleste skader av trykkbølgen og den etterfølgende vind er mekaniske skader som skyldes at mennesker befinner seg i bygninger som faller sammen, de rammes av gjenstander som akselereres av vinden til prosjektiler, eller de blir selv tatt av vinden og kastet mot faste gjenstander.

Skadene skiller seg ikke prinsipielt fra de som opptrer etter jordskjelv, store trafikkulykker og vanlige eksplosjoner. De vil bestå av alle tenkelige former for knusninger og lesjoner av indre organer, samt brudd på hjerne-skallen og brudd av armer, ben, rygg-rad og bekken. Dessuten opptrer alle former for sår, opprivinger og blødninger som skyldes at man treffes av flyvende gjenstander, ikke minst glass-skår. Mange av skadene vil øyeblikkelig føre til døden.

Antallet mekaniske skader vil avhenge, foruten av bombens størrelse og eksplosjonshøyde, av en rekke forhold, bl.a.: befolkningstettheten og tidspunktet på døgnet. Sammenhengen mellom overtrykk og skader på mennesker er gitt i Tabell 3:

Ved slike beregninger brukes ofte begrepet «letalt område» som er det sirkelformede areal hvor folketallet er like stort som det samlede antall dødsofre. Dette betyr ikke at alle innenfor det letale området blir drept, men at antall overlevende innen det letale område tilsvarer antall drepte utenfor det letale området. Det letale område svarer omtrent til det areal hvor overtrykket er høyere enn 5 psi. Hvis man kjenner befolkningstettheten i målområdet, kan det totale antall drepte beregnes. Hvis

befolkningstettheten er 10 000 per km², kan trykkbølgen fra en 1-Mt bombe drepe mer enn 1 million mennesker. WHO (1984) har beregnet at trykkskadene etter en slik luftsprenning over London kan føre til 1 million døde og 1½ million sårede.

Brannskader

I nærheten av en atomvåpen-eksplosjon vil varmen fra ildkulen fordampe mennesker, dyr og planter, og også uorganiske materiale. Lenger borte vil varmen forkulle organisk materiale.

Når varmestrålingen treffer udekket hud, oppstår karakteristiske glimtforbrenninger, «flash burns». Graden av forbrenning er avhengig av strålingens intensitet, avstanden fra bomben og av varigheten av bestrålingen. Glimtet fra Hiroshimabomben varte bare i 0,3 sekunder. Etter sprenning av store strategiske bomber i megatonklassen vil ildkulen holde seg glødende i 10–20 sekunder.

Det intense lysglimt fra bomben kan gi forbigående blindhet. Hvis man ser i retning av bomben, kan dette føre til varig blindhet på grunn av forbrenning av netthinnen.

I skyggen av faste absorberende gjenstander vil man være beskyttet mot glimtforbrenninger. Glass derimot beskytter ikke, og man kan få alvorlige glimtforbrenninger innendørs gjennom vinduer. Klær, særlig lyse, kan beskytte. Klær kan imidlertid ta fyr. I Hiroshima og Nagasaki så man mange forbrenninger svarende til de mørke områder av klærne.

De mange brannene vil gi flammeforbrenninger som ikke skiller seg fra forbrenninger ved branner av annen årsak. Blant de overlevende i Hiroshima og Nagasaki utgjorde flammeforbrenninger bare ca. 5% av det totale antall brannskader. Dette skyldtes antagelig at de fleste med flammeforbrenninger også hadde mekaniske skader og omkom i brennende bygninger.

Forbrenninger er uhyre smertefulle og invalidiserende. Annen- og tredje-grads-forbrenninger som omfatter mer enn 10–30% av overflaten, er livstruende. Offeret kan i løpet av kort tid gå i sjokk (sirkulasjonssvikt) som er dødelig hvis det ikke behandles hurtig og adekvat.

Antallet forbrenninger etter et atom-bombe-angrep vil være overveldende. I Hiroshima ble registrert 42 000 brannskader, hvorav 24 500 var alvorlige. Det er anslått at etter luftsprenning av

Tabell 3. Skader av trykkbølgen^a

Overtrykk		Drepte (%)	Sårede (%)	Uskadde (%)
psi	atm			
12,2	0,83	98	2	–
5,2 – 12,2	0,35–0,83	50	40	10
2,1 – 5,2	0,14–0,35	5	45	50
1,03– 2,1	0,07–0,14	–	25	75

^aEtter WHO (1984), basert på data fra Office of Technology Assessment (1980).

en 1 Mt bombe over storbyer som Detroit eller Leningrad kan varmemestrålingen resultere i ca. 190 000 dødsfall og 75 000 alvorlige forbrenninger (Office of Technology Assessment, 1980). Samtidig vil mesteparten av helsevesenet være satt ut av funksjon.

Behandlingen av forbrenninger er uhyre ressurskrevende. Større forbrenninger krever infusjon av store mengder væske (10–15 liter i løpet av det første døgn ved en 50 % forbrenning), samt plasma. Pasientene er i månedsvist truet av infeksjoner og trenger antibiotika og sterile forhold. Større tredjegradsforbrenninger krever hudtransplantasjoner. Selv under fredsforhold kan norsk helsevesenet bare behandle adekvat maksimalt 50–100 alvorlige forbrenninger samtidig.

I Tabell 4 er gitt de avstander hvor brannskader kan opptre etter lufteksplosjon av en 1-Mt bombe under forhold hvor siktbarheten er 20 km.

Stråleskader

Kjernestråling registreres ikke av våre sanser. Den kan gi seneffekter som viser seg mange år etter bestrålingen og eventuelt i senere generasjoner.

Kjernestråling skader mennesker, dyr, planter og mikroorganismer. Virkningen avhenger av stråledosen, dvs den strålingsenergi som absorberes i vevene. I store doser dreper stråling alle celler.

Enheten for absorbert dose er 1 gray (Gy). Fortsatt brukes ofte den tidligere enhet «rad» (1 Gy = 100 rad). Enheten for strålings-eksponisjon er røntgen (R) som refererer seg til strålingens evne til å ionisere luft. For gammastråling som absorberes i vann (eventuelt i bløtvev) er 1 R omtrentlig lik 1 rad. Enhetene R og rad brukes derfor ofte om hverandre.

Forskjellige typer kjernestråling har ikke like sterk biologisk virkning. Når dosene er uttrykt i «rem» (roentgen equivalent man), er det tatt hensyn til dette.

Virkningen av stråling på en organisme avhenger, foruten av dosen, av det bestrålte volum og av dosehastigheten. Hvis en del av organismen er skjermet, er virkningen langt mindre enn ved totalbestråling. En stråledose som absorberes over lang tid, har mindre virkning enn om den kommer i løpet av kort tid (mindre enn 48 timer). Dette henger sammen med at cellene har en viss evne til å reparere stråleskader.

Akutte stråleskader

Strålesyke. Etter akutt totalbestråling får mennesker og dyr strålesyke hvis dosene er vesentlig høyere enn 200 rem. Sykdomsbildet er velkjent fra Hiroshima og Nagasaki, hvor ca. 30 % av de overlevende hadde stråleskader. Mange av disse var kombinert med forbrenninger og mekaniske skader.

Bestråling forverrer vesentlig prognosen ved andre skader. Sårtilhelingen er hemmet, og motstandsevnen mot infeksjoner er sterkt redusert. Mekaniske skader og forbrenninger som under vanlige forhold ikke ville være livstruende, kan bli dødelige når offeret i tillegg er blitt bestrålt.

Symptomene skyldes skader av særlig strålefølsomme vev, så som benmargen hvor blodcellene nydannes, epitelet i tynntarmen, lymfoid vev hvor lymfocytter dannes, samt hårsekkene.

Dødeligheten av strålesyke stiger raskt i området 200–400 rem. LD-50 dosen, dvs. den dose som vil drepe 50 % av de eksponerte individer, antas å være ca. 450 rem for tidligere friske mennesker. For gamle, syke og svekkede individer vil LD-50-dosen være

lavere. Etter totaldoser på 500 rem er sannsynligheten for å overleve meget liten.

Begynnelsessymptomene, kvalme, slapphet og brekninger, kommer i løpet av timer. Jo større stråledosen har vært, desto hurtigere kommer symptomene. Det er imidlertid ikke mulig ut fra begynnelsessymptomene å vurdere strålebelastningen og prognosen.

Når begynnelsessymptomene er over, går ofrene inn i en *latensperiode* hvor de ikke føler seg syke. Latensperioden er kortere jo større dosen har vært, og etter store doser kan den mangle helt. Den kan vare opptil 3 uker. Etter latensperioden kommer det fullt utviklede sykdomsbilde som fører til døden, eller til en langvarig rekonvalesens.

Benmargshemming ses etter akutt totalbestråling med doser på 100–500 rem. De alvorlige symptomene kommer oftest etter 2–3 uker eller før. Mangelen på blodplater gir blødninger, og mangelen på hvite blodlegemer legger veien åpen for infeksjoner fra de vanlige bakterier i munn, tarm og luftveier. Fullt utviklet strålesyke begynner ofte plutselig med feber, kvalme, brekninger, svette og dårlig almentilstand. Dødsfall ved benmargssvikt kan opptre etter 6–8 uker. Det er antall overlevende stamceller i benmargen som avgjør om den kan gjenoppbygges.

Tarmdød sees etter større stråledoser (500–2 000 rem). Latensperioden er da kortere. Det oppstår sår i tarmslimhinnen og andre slimhinner. Ofrene får diaréer, tarmlødninger og blodforgiftning, og de dør oftest før benmargsskaden blir skjebnesvanger.

Hjernedød sees etter enda større doser (over et par tusen rem). Da er det centralnervesystemet som svikter, og ofrene dør i løpet av timer til dager. Det er denne virkningen man tilsikter ved bruk av nøytronbomben hvor man raskt vil sette tankpersonell ut av funksjon.

Sterilitet. Kjønnskjertlene er meget sensitive for bestråling, og sterilitet er en vanlig følge hos dem som overlever akutt strålesyke. Dosier på mer enn 200–400 rad gir varig sterilitet.

Senvirkninger

De som overlever den akutte bestråling, kan få senvirkninger som kreft, grå stær, forandringer av blodkarene, og arvelige skader, dvs. skader som viser seg hos avkommet. Etter bestråling av gravide individer kan det oppstå

Tabell 4 Rekkevidden i kilometer av skadelig varmemestråling. Sikt 20 km.

Sannsynlighet	Skade	Bombens størrelse (Mt)	
		0.1	1
		km	km
50 % sannsynlighet for	1. grads forbrenning	7.3	16.0
«	2. grads forbrenning	5.9	12.9
«	3. grads forbrenning	4.8	11.0
Nær 100 % sannsynlighet for	Dødelig forbrenning	4.4	10.5

Etter data fra Glasstone and Dolan (1980).

skader på fosteret. Slike skader opptrer også som følge av andre årsaker eller av ukjent årsak, tilsynelatende spontant. Bestråling øker hyppigheten av disse tilstander.

Kreft er den viktigste av seneffektene. Latenstiden for kreftutvikling etter bestråling er lang, 10–30 år. Blodkreft, leukemi, er en unntagelse, idet økt hyppighet av leukemi viser seg allerede få år etter bestrålingen. Skjoldbrusk-kjertelen er også særlig utsatt. Det henger sammen med at radioaktivt jod er en viktig komponent i nærnedfall, og jod konsentreres i skjoldbrusk-kjertelen.

Risikoen for å få kreft i barnealderen øker sterkt ved bestråling av fosteret i mors liv. Særlig i første tredjedel av svangerskapet er fosteret utsatt, og en dose på 100 rad antas å medføre en risiko på 10 % for at det skal utvikle seg kreft i barnealderen.

Antallet som vil få kreft pga. bestråling, er vanskelig å beregne. Også i de ikke-krigførende land vil hyppigheten av kreft øke pga. det globale nedfall.

Arvelige skader. Bestråling kan føre til skader på cellenes arvestoff, hvilket kan fremkalle endringer i arveanleggene, mutasjoner. De aller fleste mutasjoner er skadelige. Enhver økning av mutasjonshyppigheten pga. bestråling er derfor uheldig. Studier fra Hiroshima og Nagasaki tyder på at menneskets arvestoff er mer motstandsdyktig enn tidligere antatt. Bestråling av store befolkningsgrupper i en kjernefysisk krig vil imidlertid ha uheldige genetiske virkninger. Hvor store virkningene vil bli er vanskelig å forutsi.

Fosterskader. Fostervev er meget følsomt for stråling. Bestråling kan føre til abort, til misdannelser, veksthemning og tidlig død etter fødselen. I det tidligste stadium, før egget har festet seg i livmoren, fører bestråling ofte til fosterets død.

Misdannelser sees særlig etter bestråling i den periode da fosterets celler spesialiseres og organdannelsen foregår, dvs. i 2.–8. uke hos mennesker. Den hyppigste misdannelse er microcephali, dvs. barnet har unormalt lite hode og er mentalt tilbakestående. En rekke kvinner som ble bestrålt i gravid tilstand i Hiroshima, fikk slike barn.

Økologiske virkninger

De økologiske virkninger etter en atomkrig er meget kompliserte og kan ikke forutsies i detalj. Det synes nå klart, særlig på basis av de nyeste resul-

Tabell 5 Stråleskader fra en 1-megatonns bombe

Skadens art	Areal for ulike skader	
	Overflate- eksplosjon (km ²)	Luftexplosjon (km ²)
Trær drept	128	6.5
All vegetasjon drept	28	3.1
Vertebrater drept	365	10.8

Kilde: Stockholm International Peace Research Institute: Weapons of Mass Destruction and Environment, (1977).

tater vedrørende de atmosfæriske virkninger, at miljøforholdene etter en atomkrig kan bli så ekstreme at det kan få katastrofale følger. Flere faktorer kan hver for seg gi globale skader.

Selv om det ikke er mulig å kvantifisere nøyaktig de forskjellige virkninger, vet man tilstrekkelig til at det er mulig å gi et tilnærmet bilde av hva som sannsynligvis vil skje. De utførte beregninger illustrerer problemets størrelse.

Kjernestråling

Nyere undersøkelser tyder på at virkningene av nærnedfall tidligere har vært undervurdert. Etter en atomkrig vil nærnedfall dekke kolossale områder hvor ytre bestråling fra gamma-emitte- rende isotoper vil skade dyr og planter. I tillegg vil de radioaktive isotoper kontaminere luft, vann og planter og etter hvert komme inn i hele matkjeden.

Pattedyr og fugler har omtrent samme strålefølsomhet som mennesker. Hvis føden er forurenset med radioaktivt nedfall, reduseres drastisk den dose av ytre bestråling dyrene tåler. Beitende husdyr vil derfor rammes sterkere enn mennesker. Dyr som delvis oppholder seg under jorden, så som rotter og mus, vil bli mindre rammet av stråleskader.

Nyere beregninger hvor det er forutsatt at det blir sprengt 11 600 atomladninger med tilsammen 5 742 Mt, tyder på at kort etter eksplosjonene vil så meget som 30 % av landarealene på de nordlige, midlere breddegrader bli eksponert for 500 R eller mer fra gammastråling i nedfall. Dette svarer til mer enn LD-50 dosen for menneske. I løpet av de neste få dager og uker vil nedfall bidra med ytterligere mer enn 100 R i et område på 50 % av arealene. Indre bestråling vil bidra ytterligere med mer enn 100 R. En slik strålebelastning vil forårsake massedød blant alle pattedyr.

Ca. 5 millioner km² kan bli eksponert for mer enn 1 000 R. Omkring 85 % av denne eksposisjonen vil skje innen 48 timer. En slik bestråling vil være dødelig for alle eksponerte mennesker og de fleste pattedyr og fugler og forårsake død av strålefølsomme bartrær. Hvis kjernereaktorer eller deres lagre av radioaktivt avfall rammes, vil området som er affisert, og intensiteten av strålingen bli vesentlig større. Hvis man forutsetter at halvparten av det området som dekkes av nedfall med en eksposisjon på 1000 R til 10 000 R er dekket av barskog, vil trær og mange andre planter dø i et område på 2,5 millioner km².

Insekter er langt mer motstandsdyktige mot stråling enn dyr. I de fleste tilfelle ligger den dødelige dose mellom 2 000 og 100 000 rad. Mange plante- etende insekter er blant de mest motstandsdyktige. De vil kunne overleve et atomangrep og vil kunne formere seg sterkt fordi deres naturlige fiender, fuglene, har omtrent samme følsomhet som pattedyrene og vil bli drept.

Planter er mer motstandsdyktige mot stråling enn dyr og varierer langt mer i strålefølsomhet. Store planter er i allminnelighet mer følsomme for stråling enn små planter. Strålefølsomheten varierer dessuten med tidspunktet for bestråling. For de mest sensitive planter ligger LD-50 på ca. 1000 rad, og den går opp til 20 000 rad. Ved mindre doser reduseres veksten.

Trær er forholdsvis følsomme med LD-50-doser mellom 500 og 10 000 rad. Bartrær er mer følsomme enn løvtrær. Nærnedfall etter bakkesprengninger vil kunne drepe skog som ikke allerede er ødelagt av branner. Gressarter er spesielt motstandsdyktige.

Bakterier er også meget motstandsdyktige mot stråling.

Den ødeleggende virkning av nærned-

fall etter bakkesprengninger fremgår av tabellen ovenfor. Det sees at de områder hvor vegetasjon og dyr drepes, er 10–30 ganger større etter bakkesprengninger enn etter luftsprengninger.

Ultrafiolett stråling

En økt mengde UV-stråling pga. reduksjon av stratosfærens ozonlag kan få omfattende og alvorlige biologiske konsekvenser.

Det er særlig den energirike UV-B stråling i den lavere del av spekteret (280–320 nm) som er skadelig. Det er beregnet at etter en krig med 5–6 000 MT vil intensiteten av UV-B på Nordhalvkulen bli økt i omkring ett år med en faktor på ca. 2. Selv langt mindre ozonreduksjoner er skadelige for økosystemer og mennesker. Hvis hele UV-B-båndet økes med 50%, vil intensiteten i den høyere energidel av spekteret, nær 295 nm, bli økt med en faktor på omkring 50. Denne del av spekteret har særlig biologisk betydning idet disse bølgelengder absorberes sterkt av nukleinsyrer og proteiner. Som kjent brukes UV-lys til sterilisering.

Økt UV-B intensitet vil føre til økt mengde hudkreft, inklusiv maligne melanomer. Langvarig bestråling med UV-B kan fremkalle skader av hornhinnen og av øyets linse og føre til blindhet hos mennesker og dyr. UV-B stråling hemmer dessuten immunsystemet hos mennesker og dyr.

Store doser av UV-B er meget ødeleggende for plantenes blader. Produktiviteten av plankton nær havoverflaten hemmes av den normale UV-B stråling. Selv små økninger kan ha alvorlige konsekvenser for den marine matkjede.

Kulde og mørke

Atmosfæriske forstyrrelser etter atomkrig med drastiske og langvarige reduksjoner av temperaturen og dagslyset vil få skjebnesvangre konsekvenser.

Reduksjon av sollyset. For planter er lys den eneste energikilde. Fotosyntesen som omdanner lysenergi til kjemisk energi, er den fundamentale prosess som all vegetasjon bygger på. En reduksjon av fotosyntesen pga. reduksjon av sollyset vil ha konsekvenser gjennom hele matkjeden.

Under ellers like forhold avtar veksthastigheten proporsjonalt med fallet i lysmengden. Hvis lysintensiteten faller

til under 5% av det normale, opphører fotosyntesen. Veksten stopper helt, og mange planter vil dø bare som følge av mangelen på lys. Planktonproduksjonen i havet vil reduseres, med konsekvenser for mange marine dyrearter. I jordbruket vil de fleste avlinger bortfalle ved en reduksjon av lysintensiteten på 50%.

Kulde. Beregninger omtalt ovenfor tyder på at en omfattende atomkrig kan føre til et drastisk temperaturfall ned til minus 10 °C, eventuelt helt ned til minus 40 °C, i løpet av ca. 2 uker.

Et betydelig temperaturfall vil ha skjebnesvangre konsekvenser for mennesker, dyr og planter, særlig hvis det inntreffer om sommeren. Virkningen skyldes delvis den direkte effekt av kulde på dyr og planter og delvis sekundære effekter på vann- og matforsyningen.

Sterk og langvarig kulde vil resultere i at innsjøer og elver fryser og kan føre til vannmangel for dyr og mennesker.

Planter har meget varierende evne til å tåle kulde. Tropiske planter vil bli drept av kulde. I tempererte områder vil mange planter tåle betydelig kulde hvis kulden kommer langsomt som under en normal høst og vinter. De tåler imidlertid ikke et raskt temperaturfall om våren eller sommeren. Vinterhvete kan således tåle +15 °C til +20 °C under en vinter, men tåler ikke +5 °C om sommeren. Ved en atomkrig om våren eller sommeren vil sannsynligvis årets avlinger gå tapt.

Selv langt mindre temperaturfall enn de som er omtalt ovenfor, kan ha alvorlige konsekvenser. Mais og soyabønner er meget følsomme for temperaturer under pluss 10 °C. En temperatursenkning på bare 1°–3 °C under vekstperioden vil være nok til praktisk talt å eliminere hvete-produksjonen i Canada.

Nedbør er i dag den viktigste faktor som begrenser avlingene i mange områder. Etter atomkrig vil nedbøren bli sterkt redusert. Irrigasjon krever energi og vil ikke være mulig. Dessuten vil en stor del av det tilgjengelige vannet være frosset.

Kombinasjonen av langvarig mørke, kulde, voldsomme stormer, toksisk «smog» og vedvarende radioaktivt nedfall vil representere en ekstrem påkjenning på det biologiske miljø. Sammen med virkningene av et sammenbrudd i samfunnets struktur kan dette medføre en reell mulighet for at en rekke arter, inklusive mennesket kan bli utryddet.

VIRKNINGENE AV ATOMKRIG

En rekke analyser er utført av de sannsynlige virkninger av en atomkrig (se f.eks. Office of Technology Assessment, Congress of the United States: *The Effects of Nuclear War*, 1980). Analysene bygger på forskjellige «scenarios», dvs. forutsetninger med hensyn til antall og størrelse av de anvendte våpen, valg av bombemål, tidspunktet på døgnet for angrepet, etc.

Ved detonasjon av mange atombomber samtidig vil det oppstå interaksjoner med nye virkninger som det ikke er mulig å forutsi ut fra kjennskapet til virkningene av en enkelt bombe. Alle analyser av følgene av atomkrig er derfor beheftet med betydelig usikkerhet. Tallene illustrerer imidlertid størrelsesordenen av problemene.

Både NATO og Warszawapakten er utstyrt med et stort antall såkalte taktiske atomvåpen til bruk på slagmarken, og bruk av kjernefysiske våpen inngår i NATO's strategi for forsvar av Europa. Heri inngår også eventuell førstebruk for å motstå et angrep med konvensjonelle våpen. Det er derfor av betydning å undersøke hva som vil skje ved en begrenset kjernefysisk krig.

Virkningene av en begrenset kjernefysisk krig i Tyskland er analysert bl.a. av de amerikanske forskere Arkin, von Hippel og Levi (1982). De har beregnet antall døde ved 2 forskjellige «scenarios»; a) et angrep hvor hver av de to sider angriper motpartens kjernefysiske våpen og leveringsmidler og b) en utveksling av mindre slagmarksvåpen mellom NATO's og Warszawapaktens armeer.

I det første scenario er det forutsatt at 171 spesifiserte mål i Øst- og Vest-Tyskland angripes (91 flybaser, 56 rakettkettbaser og 24 depoter for atomvåpen). Dette utgjør bare en liten del av de identifiserte atommål i de to land. Målene forutsettes angrepet med 200 kt bomber (hvilket omtrentlig tilsvarer styrken av hvert av de 3 stridshoder i en sovjetisk SS-20 rakettkett og hvert av de 3 Polaris stridshoder i Englands atomubåter under NATO's kontroll). En luftsprengning av en 200 kt bombe vil drepe ca. 40 000 mennesker i et område med den gjennomsnittlige befolkningstetthet i Tyskland og ca. 500 000 i bymessig bebyggede strøk. Hvis derfor lufteksplosjoner blir brukt i et slikt angrep, vil antall drepte i de to land være fra 1–20 millioner. Hvis bakkespreng-

ninger blir brukt, vil 86 bomber i Vest-Tyskland drepe 2–20 millioner mennesker eller opp til 30 % av befolkningen, selv om man forutsetter at 80 % av befolkningen oppholdt seg i ukevis i kjellere («basement fallout shelters»). Sannsynligvis vil antallet drepte i et slikt angrep mot 171 militære mål føre til at av størrelsesordenen 10 millioner mennesker blir drept og et lignende antall alvorlig såret.

Det annet scenario forutsetter bruk av mindre taktiske våpen (1 kt nøytronvåpen) mot motpartens bakkestridskrefter. Den dødelige stråling fra slike bomber har større rekkevidde enn den dødelige sprengvirkning. Det letale område for en slik bombe er ca. 5 km². Da den gjennomsnittlige befolkningstetthet i Tyskland er ca. 200 per km², vil hver slik bombe drepe ca. 1 000 mennesker. Man regner at hver bombe kan sette ut av spillet besetningen i 0–15 tanks eller armerte kjøretøyer. Hvis det blir brukt 1 000 slike bomber, vil det føre til at ca. 1 millioner mennesker vil dø av strålesyke i løpet av timer til opp til 2 måneder.

Det er således helt klart at selv en begrenset atomkrig rettet mot militære mål vil få katastrofale konsekvenser. I tillegg kommer faren for en opptrapping til bruk av strategiske atomvåpen.

De fleste som har uttalt seg, mener at en kjernefysisk krig ikke kan begrenses. Dette gjelder bl.a. de tidligere forsvarsministre i USA, Robert McNamara og Harold Brown, tidligere general og utenriksminister Alexander Haig og nåværende øverstkommanderende for de allierte styrker i Europa, Bernard W. Rogers (Spotlight on NATO Strategy, Oslo, 1984).

Hvis kjernefysiske våpen først er tatt i bruk, må man derfor regne med massive angrep mot en rekke mål samtidig. Sannsynligvis vil kjernevåpen i første rekke bli brukt til angrep på militære installasjoner, «counter force attack», med utstrakt bruk av bakkesprengninger og dermed omfattende nærnedfall. Militære, industrielle og politiske mål ligger oftest i eller i nærheten av byer og tettbebyggelser. Omfattende skader på byer/tettbebyggelse er derfor uunnngåelig, selv om en angriper ikke primært tar sikte på å ramme sivilbefolkningen.

British Medical Association antar at ved et angrep på England vil det bli brukt ca. 200 Mt. Et slikt angrep med 340 stridshoder rettet mot *militære* mål kan føre til at henimot 38–39 millioner

mennesker av en befolkning på 54 millioner kan bli drept.

WHO har beregnet at en «all-out» atomkrig hvor det detonerer 10 000 Mt, vil resultere i mer enn 1 000 millioner døde og 1 000 millioner sårede. Dette innebærer at ved en storkrig kan henimot halvparten av verdens befolkning bli alvorlig rammet av de umiddelbare virkninger (innen 30 dager) av atomvåpen.

I ovennevnte beregninger er virkningene av en eventuell kjernefysisk vinter ikke tatt med.

«Ved en atomkrig vil sammenbrudd i kommunikasjoner, vannforsyning, matproduksjon og fordeling, transport og energiforsyning, samt mørke og kulde, føre til øyeblikkelig kaos. De overlevende vil bli utsatt for hunger og epidemier.»

Situasjonen kort etter et atomangrep

Omfanget av de materielle og menneskelige skader etter atomangrep er vanskelig å fatte. Et angrep med mange strategiske bomber samtidig vil i løpet av minutter omdanne et samfunn til et inferno. Målområdene vil bli omdannet til rykende ruinhauger. Røkskyene vil velte opp fra de mange branner og formørke himmelen. Gatene i byer vil være ufremkommelige pga. ruiner, brukte telefonstolper og trær og biler som er slengt omkring. Elektrisiteten vil være borte. Telefon, radio og TV vil være stumme, og de overlevende vil være uten informasjon. Kaos vil råde.

I ruinene vil det ligge hundretusener eller millioner av mennesker som er døde eller såret og innesperret i sammenfalne og brennende bygninger. Vanntrykket vil antagelig være borte, slik at brannslukning er håpløst. Mulighetene for å hjelpe de sårede ut vil være forsvinnende. Hvis bakkesprengninger er brukt, vil radioaktiviteten gjøre det umulig for eventuelle hjelpemannskaper å trenge inn.

Medisinsk hjelp vil bare være tilgjengelig for få av de sårede. Sykehusene vil stort sett være ødelagt, og medisinsk personell vil i stor utstrekning være drept, såret eller satt ut av funksjon.

Transportapparatet vil være lammet. Gater vil være ufremkommelige, bilene ødelagt, bensinlagrene i brann. Det vil

neppe eksistere noe organisatorisk apparat for distribusjon av mat.

De fysiske virkningene av atomkrig er bare én side av problemet. Den første reaksjonen hos de overlevende vil sannsynligvis være frykt og panikk, ledsaget av en fortvilet søking etter nære familiemedlemmer. Noen vil reagere med akutte psykoser. I neste omgang vil man kunne se masseapati. Få vil rette seg etter forholdsregler om å beskytte seg mot strålefare. Ettersom vann og mat blir mangelvare, vil man måtte regne med plyndring og omsegripende brutalitet. Mange steder vil det ikke være noen sosial struktur tilbake. Den individuelle og kollektive vilje til å lindre og hjelpe vil være borte.

Japans ledende fysikere, leger og samfunnsforskere har gitt en fullstendig beskrivelse av tragediene etter atombombeangrepet på Hiroshima og Nagasaki. Her påpeker de at selv om de fysiske virkningene var enorme, gjaldt de mest uhyggelige konsekvensene menneskene og deres sosiale liv. Rapporten finner ikke ord for de lidelser og det kaos innbyggerne i de to byene opplevet. Etter angrepet begynte også angsten for fremtiden å oppstå. For det første angsten for sykdom pga. radioaktiv eksponering, dernest frykten for at ens barn skulle deformeres. Til slutt angsten for å bli satt utenfor og diskrimineringen fra dem som ikke var rammet.

Situasjonen senere

Forholdene i et samfunn etter en kjernefysisk krig er ikke mulig å forutsi, men de problemer de overlevende vil møte, kan antydes i grove trekk.

Etter bakkesprengninger vil det, særlig i løpet av de første døgn, være avgjørende å beskytte seg mot nærnedfall. Rasjonelle tiltak er bare mulig hvis befolkningen blir holdt løpende orientert om strålingsintensiteten og får instruksjoner om hvordan den skal forholde seg. Det er tvilsomt om det apparat som skal ta seg av dette, vil fungere. Radiomottagere vil antagelig i stor utstrekning være satt ut av funksjon pga. den elektromagnetiske puls. De overlevende vil være utlevert til rykter.

Problemet med å skaffe vann og mat, samt beskyttelse mot kulde, vil oppta all kraft hos de overlevende. Ved en eventuell kjernefysisk vinter vil vannmangel bli et prekært problem. Innsjøer og elver kan fryse til.

Matmangel vil bli et dominerende problem både på kort og lang sikt.

Kornlagrene vil i stor utstrekning bli ødelagt. En stor del av befolkningene i Vest-Europa og USA lever i byer. Bybefolkningen har vanligvis bare matlagere for få dager, og også butikkene holder små lagere. Innen en ukes tid vil menneskene i de større byer være uten mattilførsler, særlig på grunn av svikt i transportsystemet.

Ved en krig i sommerhalvåret vil avlingene gå tapt. Ved en krig i vinterhalvåret er det mulig at noe av avlingene som allerede var i jorden, vil kunne overleve. Hvis man bare tar i betraktning reduksjonen i temperatur og lys, vil produksjonen etter en vinterkrig maksimalt bli 1-10% av det normale. En vesentlig del av buskapen vil være drept, og den igjenstående vil ha vanskelig for greie seg på grunn av mangel på fôr.

Verdens matreserver er meget små. Enhver forstyrrelse i matproduksjonen og fordelingen vil derfor raskt få store konsekvenser. På lengere sikt vil mulighetene for matproduksjon være avgjørende.

Jordbruk, slik vi kjenner det, vil forsvinne. Moderne jordbruk bygger på mekanisering, samt bruk av kunstgjødsel og pestisider. Disse forutsetninger vil falle bort. I tillegg vil jordbruksområder bli ødelagt ved branner og etterfølgende erosjon. De naturlige økosystemer som allerede er svekket av stråling og andre miljømessige stressfaktorer, vil være følsomme for angrep av sykdommer. Store deler av de dyrkbare arealer vil være så kontaminert av nedfall at de ikke kan brukes til jordbruksproduksjon på flere år.

Det nødvendige såkorn for de fleste nordamerikanske, europeiske og sovjetiske avlinger blir lagret i eller nær målområder og vil utvilsomt bli drastisk redusert ved en krig. Kornproduksjonen i verden skjer i dag delvis på områder med marginal produktivitet, dvs. områder som er spesielt følsomme for små endringer i de klimatiske forhold.

De fleste hungerskatastrofer i historien skyldes ikke en absolutt mangel på mat, men sviktende fordeling og manglende midler til å betale for maten. Etter en kjernefysisk krig vil det økonomiske system være brutt sammen, og bruk av penger vil bli erstattet av byttehandel. Mat vil ikke kunne kjøpes, men vil bli hamstret og byttet bort. En befolkning desperat av sult vil antagelig bryte seg inn i lagre og plyndre. Rystende beskrivelser finnes av hungersnød også i det 20. århundrede som

følge av en krig som var nærmest bagatellmessig i forhold til hva en kjernefysisk krig vil bli.

Sammenbrudd i kommunikasjonene vil føre til at samhandelen mellom landene vil opphøre. De store deler av verden som i dag er avhengig av korn fra USA og Canada, vil rammes katastrofalt. Allerede i dag er henimot 1/4-del av verdens befolkning dårlig ernært. Minst 450 millioner barn lider av forskjellig grad av underernæring med hensyn til proteiner og kalorier. Disse befolkningsgrupper vil være særlig sårbare for enhver svikt i mattilførselen.

Norge vil på lang sikt være særlig dårlig stillet pga. vår lave selvforsyningsgrad. Selv små endringer i de klimatiske forhold vil få meget alvorlige konsekvenser for norsk jordbruk.

De hygieniske forhold vil raskt falle på grunn av svikt i de sanitære forhold, vannmangel og de mange kadavre fra mennesker og dyr. Mave-tarminfeksjoner vil raskt bre seg under slike forhold. Diare hører med til sykdomsbilledet ved strålesyke. Nedsatt motstandskraft pga. sykdom, skader, dårlig ernæring, samt redusert immunitet pga. bestråling, vil gi grobunn for epidemier. Mangel på legehjelp og medisiner vil forverre forholdene. Dysenteri og tyfus vil kunne bre seg. Tuberkulose vil blusse opp. Vanlige virus sykdommer, som under normale forhold blir betraktet som banale, kan under slike forhold bli fatale.

Det har vært hevdet at et atombombet samfunn vil bli satt noen hundre år tilbake i tiden og at livet vil gå videre under lignende forhold som hersket dengang. British Medical Association betviler dette og påpeker at moderne mennesker mangler den tradisjon og de kunnskaper og ferdigheter som gjorde våre forgjengere istand til å greie seg under primitive forhold. Moderne mennesker er hverken fysisk eller psykisk forberedt på å møte problemer av den art man vil stå overfor etter en atomkrig. Det er mer sannsynlig at de vil lammes av situasjonen og miste livsviljen.

ATOMANGREP PÅ NORGE

Norge har en utsatt strategisk beliggenhet på NATO's nordlige flanke med en rekke flyplasser og installasjoner av stor strategisk betydning. Hvis atomvåpen først er blitt brukt i en konflikt, må vi regne med at atomvåpen vil bli brukt i angrep mot en rekke norske militære mål.

Høivik (1981) har satt opp en liste over slike sannsynlige atommål i Norge, i alt 25, og har også anslått skadevirkningene ved et definert atomangrep mot dem. Et tilsvarende anslag, bygget på Høivik's liste, er gjort av Iversen (1981). Av større byer vil Oslo, Bergen, Trondheim, Stavanger og Bodø bli ødelagt, og det vil bli betydelige skader på de tettest befolkete områdene på Østlandet. Anslagsvis 1 million mennesker vil bli drept eller alvorlig såret. Iversen anslår antall sårede til ca. 600 000 og at 100 000 av dem vil ha alvorlige brannskader. Vårt helsevesen vil ikke ha noen mulighet for å avhjelpe en slik katastrofe (se nedenfor).

«En atomkrig kan neppe begrenses. Hvis Norge angripes med atomvåpen, vil dette skje som ledd i en større konflikt mellom de to maktblokker hvor også de andre NATO-land blir utsatt for massive atomangrep.»

Sannsynligvis vil en del av eksplosjonene være bakkeeksplosjoner, og en større eller mindre del av landet vil bli dekket av radioaktivt nedfall. Vi må også regne med at sydlige og vestlige vinder vil bringe betydelige mengder nedfall av høy intensitet fra eksplosjoner i England og på kontinentet.

Mer begrenset atomangrep enn forutsatt av Høivik er selvsagt mulig. Men selv om Norge, bl.a. på grunn av den lave befolkningstetthet og spesielle geografi, i første omgang skulle slippe forholdsvis lettere fra et begrenset atomangrep enn f.eks. land som Tyskland, Holland, Belgia og England, vil de indirekte virkninger av en atomkrig ubønnhørlig ramme oss med full tyngde. Vi må derfor ikke nære noen illusjoner om at det norske samfunn vil bestå etter en atomkrig.

HELSEVESENETS ROLLE

Helsevesenets rolle under en atomkrig er grundig analysert av WHO og av British Medical Association. WHO konkluderer kategorisk med at intet helsevesen i verden vil være i stand til å behandle adekvat de hundre tusener av mennesker som vil være alvorlig såret av trykk, varme og stråling, selv etter en enkelt 1-megatonns bombe. BMA kommer til samme konklusjon. En en-

kelt kjernefysisk bombe av størrelse som Hiroshimabomben over en stor by i England vil produsere så mange sårede som trenger sykehusbehandling, at de gjenværende medisinske fasiliteter i hele landet vil bli komplett overveldet. Eksplosjoner over flere byer vil forårsake et sammenbrudd av helsetjenesten i hele landet. Den amerikanske legeforening har uttalt (Lundberg, 1983) at det finnes ingen effektiv medisinsk reaksjon på et kjernefysisk ragnarokk («available data reveal that there is no adequate medical response to a nuclear holocaust»). Legeforeningene i en rekke andre land har avgitt lignende uttalelser.

«Helsevesenet vil ikke i vesentlig grad kunne lindre virkningene av en atomkrig. Sykehusene vil bli ødelagt i samme grad som resten av samfunnet, og en vesentlig del av leger og annet helsepersonell vil være drept, skadet eller satt ut av funksjon. Alene brannskadene etter en enkelt atombombe er mer enn nok til å beslaglegge fullstendig et lands helsevesen, selv om det var intakt.»

Sykehusene ligger oftest i eller i utkanten av byer, og vil derfor i stor utstrekning bli ødelagt ved angrep. Ved et angrep på Norge av det omfang som er forutsatt av Høivik, vil sykehusene i Oslo-området, inkludert Lørenskog og Bærum, samt sykehusene i Moss, Tønsberg, Stavanger, Bergen, Trondheim og Bodø være ødelagt. En rekke andre sykehus vil antagelig være satt ut av funksjon i større eller mindre grad.

Helsepersonell vil bli drept, såret og satt ut av funksjon i samme utstrekning som befolkningen ellers. I Hiroshima ble 89 av 150 leger drept, og de fleste andre ble såret. 93 % av sykepleierne ble drept eller så alvorlig såret at de ikke kunne arbeide. En amerikansk analyse fra 1962 av forholdene etter et angrep på Boston-området konkluderer med at $\frac{3}{4}$ av alle leger i området ville bli drept umiddelbart eller dødelig såret og at bare $\frac{1}{4}$ -del ville kunne være i stand til å yde medisinsk hjelp.

Brannskader fra varmestrålingen di-

rette fra bomben eller fra brennende bygninger krever spesialiserte team av leger og sykepleiere med mulighet for intravenøs væske- og plasmatilførsel, beskyttelse mot infeksjoner og oksygentilførsel. De mekaniske skader med brudd, knusninger, hodeskader og skader av indre organer krever kirurgiske team, operasjonsstuer, blod-transfusjoner, anestesi og spesialtrenet personell til pleie. Stråleskadene fører til kramper og tap av bevisstheden, brekninger og diareer som krever pleie, antibiotika, beskyttelse mot infeksjoner og intravenøs væskebehandling. En FN-komite har anslått at for behandling av 1 000 sårede i krig med 30 % brannskader, ville det kreves 8 000 liter blodplasma, 6 000 liter blod, 16 000 liter av Ringers laktatløsning, 250 øvede kirurger og ca. 1 500 øvede pleiere. Hver pasient ville trenge en sykehusseng opp til 4-5 måneder. Selv et intakt helsevesen har bare kapasitet til samtidig å behandle et lite antall slike ressurskrevende tilstander. Norge har bare 8 senger spesielt beregnet for brannskader. Etter et atomangrep er ingen av de nødvendige forutsetninger for adekvat behandling til stede.

Noe apparat til kommunikasjon og transport av sårede vil neppe eksistere. Nedfall kan gjøre det umulig for overlevende helsepersonell å yde hjelp i den kritiske tiden etter et angrep. De fleste sårede etter angrep på en storby vil ikke få noen medisinsk hjelp eller pleie, ikke engang førstehjelp eller smertebehandling. Mange skader som under normale forhold ville blitt betraktet som trivielle, så som brudd og infeksjoner, kan under slike forhold bli skjebnesvangre. De fleste som trenger medisinsk hjelp vil bukke under. Gjenværende lagre av smertestillende medikamenter og andre medisiner vil antagelig raskt bli oppbrukt.

Medisinsk katastrofeplanlegging med tanke på atomkrig foreligger ikke. Bortsett muligens fra lagring av store mengder smertestillende midler, synes slik planlegging å være hensiktsløs. Heller ikke Forsvarets Sanitet er oppbygget med tanke på kjernefysisk krig.

SIVILFORSVARETS ROLLE

Sivilforsvarets mulighet for å redusere katastrofene ved atomangrep vil avhenge sterkt av atomangrepets størrelse. Et godt utbygget sivilforsvar vil under visse omstendigheter kunne redusere de øyeblikkelige skader i peri-

ferien av et enkelt atomangrep. Ved omfattende angrep vil selv et sterkt utbygget sivilforsvar neppe kunne mildne virkningene av en atomkrig. De som i første omgang overlever, vil møte et miljø som gjør langvarig overlevelse vanskelig eller umulig.

«Ingen anstrengelser er for store når det gjelder å forhindre at atomvåpen igjen blir brukt. Et viktig ledd i disse anstrengelser er å klargjøre for alle en atomkrigs realiteter. Leger har her et spesielt ansvar. Ingen må kunne nære falske forhåpninger om at samfunnet vil bestå og at et menneskeverdig liv vil bli mulig etter en atomkrig.»

Evakuering. Militære, industrielle og politiske mål ligger oftest i nærheten av eller i byer og tettbebyggelser. I prinsippet kan sivilbefolkningen evakueres, men i praksis er dette vanskelig. En omfattende evakuering er uhyre kostbar og kan raskt lamme et samfunn. Evakuering av større byer tar tid og fører lett til trafikk-kaos. Under selve evakueringen vil befolkningen være særlig sårbar for angrep. Evakuering forutsetter dessuten varsling lang tid i forveien.

I en krisesituasjon kan en masseevakuering oppfattes av motparten som forberedelse til et angrep med fare for at dette kan utløse et forkjøpsangrep. Det kan også være vanskelig eller umulig å finne områder hvor befolkningen vil være beskyttet mot nedfall.

På grunn av disse forhold er masseevakuering neppe en realistisk mulighet. British Medical Association konkluderer i sin rapport med at det ikke er noe sted i England hvor man vil være trygg, og den engelske regjering har tatt det standpunkt at i en krisesituasjon skal folk forbli der de er.

I Norge er evakuering planlagt for ca. $\frac{1}{2}$ million mennesker av bestemte kategorier (barn, gamle, uføre) fra 36 steder. I krig kan evakuering bli mer omfattende.

Tilfluktsrom er av begrenset verdi ved atomangrep. Norges sivilforsvar er bare i liten grad bygget opp med tanke på atomangrep. Effektiv beskyttelse mot direkte treff kan kun oppnås ved spesielle tilfluktsrom dypt inne i fjell.

De norske tilfluktsrom har en meget varierende grad av verneevne mot virkningene av atombombe-ekspløsjoner. For en 20 kt luftekspløsjon antas våre tilfluktsrom å gi vern i avstander på 0,5–1,3 km fra nullpunktet. For en 1 Mt luftekspløsjon varierer verneevnen fra ca. 2 til 5 km fra nullpunktet. Det hersker stor usikkerhet om disse vernedata. Alle tilfluktsrom vil imidlertid beskytte mot radioaktivt nedfall, men man kan da bli nødt til å oppholde seg i rommene opptil noen uker. Store boligområder i byer og tettbebyggelser mangler tilfluktsrom. Hvis det utvikles ildstorm, vil tilfluktsrom ikke gi tilstrekkelig beskyttelse. De som har søkt tilflukt der vil omkomme på grunn av varmen fra branner, surstoffmangel og giftige gasser.

Bruk av tilfluktsrom forutsetter dessuten at befolkningen får tilstrekkelig varslingsstid. Ved flyangrep vil varslingsstiden bli fra null til noen få minutter. Angrep med raketter og krysservåpen vil sannsynligvis ikke bli varslet i det hele tatt.

De fleste land har erkjent at det ikke er mulig å gi sivilbefolkningen effektiv beskyttelse, selv ved enorme investeringer.

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

1. Kjernefysiske våpen, «atomvåpen», er kvantitativt og kvalitativt forskjellige fra konvensjonelle våpen.
2. Atombomber kan ha en eksplosiv kraft som er mer enn 1 million ganger større enn de største konvensjonelle bomber. En enkelt 1-megatonns bombe over en storby kan drepe mer enn 1,5 million mennesker og såre like mange.
3. Atomvåpen gir mekaniske skader fra trykkbølgen, brannskader fra varmestråling og branner, samt stråleskader fra ioniserende kjernestråling. Kjernestrålingen kommer direkte fra bomben og fra radioaktivt nedfall. Kjernestråling skader alt levende. I store doser kan den gi akutt strålesyke som kan føre til døden. Kjernestråling kan gi skader som først opptrer mange år etter bestrålingen.
4. Langt de fleste ofre i en atomkrig vil være sivile, selv med bruk av atomvåpen mot militære mål. Et storangrep med atomvåpen kan i løpet av timer utrydde en vesentlig del av befolkningen i et land og fremkalle materielle og menneskelige skader og lidelser som knapt kan fattes. En atomkrig mellom

supermaktene og deres allierte hvor en vesentlig del av de strategiske atomvåpen benyttes, kan – i følge beregninger utført av WHO – i første omgang drepe mer enn 1 000 millioner mennesker og fremkalle alvorlige skader hos like mange. Sivilisasjonen i Europa, USA og Sovjet-samveldet vil forsvinne.

5. Atomkrig vil føre til sammenbrudd av organisert samfunnsstruktur og til alvorlige skader på det biologiske miljø. Dette vil gi indirekte virkninger som på lengre sikt kan være enda alvorligere for livet på kloden enn de umiddelbare direkte virkninger.

6. Ved en atomkrig vil sammenbrudd i kommunikasjoner, vannforsyning, matproduksjon og fordeling, transport og energiforsyning, samt mørke og kulde, føre til øyeblikkelig kaos. De overlevende vil bli utsatt for hunger og epidemier.

7. Støv fra bakkesprengninger samt sot fra omfattende branner vil formørke himmelen og absorbere en vesentlig del av dagslyset og solvarmen i uker og måneder etter et angrep. Beregninger tyder på at temperaturen vil kunne falle dramatisk, særlig om sommeren («kjernefysisk vinternatt») med katastrofale virkninger for alt dyre- og planteliv. De atmosfæriske og klimatiske forstyrrelser vil kunne bre seg også til den sydlige halvkule. Den økologiske balanse kan bli forstyrret i en slik grad at det er usikkert om mennesker og dyr vil kunne fortsette å eksistere på vår klode.

8. En atomkrig kan neppe begrenses. Hvis Norge angripes med atomvåpen, vil dette skje som ledd i en større konflikt mellom de to maktblokker hvor også de andre NATO-land blir utsatt for massive atomangrep.

9. Effektiv beskyttelse av en befolkning mot atomvåpen er ikke mulig.

10. Helsevesenet vil ikke i vesentlig grad kunne lindre virkningene av en atomkrig. Sykehusene vil bli ødelagt i samme grad som resten av samfunnet, og en vesentlig del av leger og annet helsepersonell vil være drept, skadet eller satt ut av funksjon. Alene brannskadene etter en enkelt atombombe er mer enn nok til å beslaglegge fullstendig et lands helsevesen, selv om det var inntakt.

11. Ingen anstrengelser er for store når det gjelder å forhindre at atomvåpen igjen blir brukt. Et viktig ledd i disse anstrengelser er å klargjøre for alle en atomkrigs realiteter. Leger har her et spesielt ansvar. Ingen må kunne nære falske forhåpninger om at samfunnet

vil bestå og at et menneskeverdig liv vil bli mulig etter en atomkrig.

Referanser:

- Abrams, H. L. and von Kaenel, W. E.: *Medical problems of survivors of nuclear war. Infections and spread of communicable diseases.* New Engl. J. Med. 305, 1226–1232 (1981).
- Advisers for Ambio.: *Reference Scenario: How a Nuclear War Might Be Fought.* AMBIO, 11, 94–99 (1982).
- Arkin, W., von Hippel, F. and Levi, B. G.: *The Consequences of a «Limited» Nuclear War in East and West Germany.* AMBIO 11, 163–173 (1982).
- Barnaby, S. and Rotblat, J.: *The Effects of Nuclear Weapons.* AMBIO 11, 84–93 (1982).
- Biddle, W.: *U.S. Accepts Validity of «Nuclear Winter».* Int. Herald Tribune, March 4. (1985).
- British Medical Association's Board of Science and Education: *The Medical Effects of Nuclear War (Report).* John Wiley & Sons., New York, 1983.
- Broad, W. J.: *Nuclear pulse: awakening to the chaos factor.* Science 212, 1009–1012 (1981).
- Chivian, E. et al. (eds): *Last Aid, The Medical Dimensions of Nuclear War.* Freeman and Company, San Francisco, 1982.
- Christoffersen, R. og Prydz, H. (red). *Atomkrig i medisinsk perspektiv.* Universitetsforlaget. Oslo, 1981.
- Coggle, J. E. and Lindop, P. J.: *Medical Consequences and Radiation Following a Global Nuclear War.* AMBIO, 11, 106–113 (1982).
- Committee for the Compilation of Materials on Damage Caused by the Atomic Bombs in Hiroshima and Nagasaki (eds): *Hiroshima and Nagasaki. The Physical, Medical and Social Effects of the Atomic Bombings.* Basic Books, Inc. New York, 1981.
- Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations. National Academy of Sciences (eds): *The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation.* Washington D.C., 1980.
- Crutzen, K. J. and Birks, J. W.: *The atmosphere after a nuclear war. Twilight at noon.* AMBIO, 11, 114–125 (1982).
- Drell, S. and von Hippel, F.: *Limited nuclear war.* Scientific American, p. 27, November 1976.
- Ehrlich, P. R., Harte, J., Harwell, M. A., Raven, P. H., Sagan, C., Woodwell, G. M., Berry, J., Ayensu, E. S., Ehrlich, A. H., Eisner, T., Gould, S. J., Grover, H. D., Herrera, R., May, R. M., Mayr, E., McKay, C. P., Mooney, H. A., Myers, N., Pimentel, D., Teal, J. M.: *Long-Term Biological Consequences of Nuclear War.* Science 222, 1923–1300 (1983).
- Ehrlich, A.: *Nuclear winter. A forecast of the climatic and biological effects of nuclear war.* Bull. Atomic Scientists, April (1984).

- Eliassen, A. *Den kjernefysiske vinternatt: Atomkrigens virkninger på klimaet*. *Naturen*, 108, 123-127 (1984).
- Fetter, S. A. and Tsipis, K.: *Catastrophic releases of radioactivity*. *Scientific American* 244, 33-39 (1981).
- Geiger, H. J.: *Die Illusion des Zivilschutzes*, pp. 75-79 i *Medizin und Atomkrieg - hilflos? Ärzte warnen vor dem Atomkrieg*. Herausgegeben von der Berliner Arzteinitiative gegen Atomenergie. Verlagsgesellschaft Gesundheit mbH, Berlin, 1983.
- Glasstone, S. and Dolan, P. J.: *The Effects of Nuclear Weapons*. U.S. Department of Defence and U.S. Department of Energy. Castle House Publications Ltd. London, 1980.
- Hall, E. J.: *Radiobiology for the Radiologist*. Harper and Row, New York, 1978.
- Harwell, M. A.: *Nuclear Winter. The Human and Environmental Consequences of Nuclear War*. Springer Verlag, New York, 1984.
- Hjort, H. W.: *The Impact on Global Food Supplies*, *AMBIO*, 11, 153-157 (1982).
- Høivik, T. *Atomangrep på Norge*. PRIO-publikasjoner, P-6/81 (stensil).
- Idås, T.: *Legene har liten kjennskap til militærmedisin*. *Forsvarets Forum*, no. 4, 16. Februar (1985).
- Iversen, J. G.: *Skader ved atomkrig i Norge*, pp. 51-63 i *Christoffersen og Prydz* (red). *Atomkrig i medisinsk perspektiv*. Universitetsforlaget. Oslo, 1981.
- Kluge, T.: *Norsk Helseberedskap - militær og sivil - anno 1982*, Det Norske Videnskaps-Akademi, Årbok 1982, pp. 125-132, Oslo 1984.
- Kringlen, E.: *De medisinske konsekvenser av kjernefysisk krig*. *Nord. Med.* 96, 206-208 (1981).
- Kringlen, E.: *Tanker om det utenkelige - psykologiske og sociale sider ved atomopprustning og atomkrig*. Pp. 452-466 i *Jagland, T. og Berg Johansen, S.* (red). *Før det blir for sent. Atomkrig eller nedrustning*. Tiden Norsk Forlag, Oslo, 1982.
- Kringlen, E.: *Att leva under hotet om atomkatastrof*. Öberg, J. (red). *Försvar för en kärnvapenfri värld*. Wahlstrom och Widstrand, Stockholm, 1984.
- Lewis, K. N.: *The Prompt and Delayed Effects of Nuclear War*. *Scientific American* 241, 27-39 (1979).
- Lote, K.: *Ioniserende stråling fra atomvåpen*. *Tidsskr. Norske Lægeforening*, 104, 1554-1558 (1984).
- Lundberg, G. D.: *Editorial*. *Hiroshima*, *JAMA*, 250, 617, (1983).
- Middleton, H.: *Epidemiology: The Future is Sickness and Death*, *AMNIO*, 11, 100-105 (1982).
- Ministry of Social Affairs and Health.: *Report of the Working Party on the Health Effects of a Nuclear War in Finland*. Helsinki, 1983.
- National Academy of Sciences.: *Long-Term Worldwide Effects of Multiple Nuclear-Weapons Detonation*. Washington, D.C., 1975.
- Office of Technology Assessment, Congress of the United States (eds): *The Effects of Nuclear War*. Allaneland, Osmun, Montclair, Croom Helm, 1980.
- Oftedal, P. og Ormerod, J. *Biologiske langtidsvirkninger av en atomkrig*. *Naturen*, 108, 129-132, (1984).
- Pihl, A.: *Lidelse uten lindring - død uten mening. Medisinske virkninger av kjernefysiske våpen*. Pp. 467-490 i *Jagland, T. og Berg Johansen, S.* (red). *Før det blir for sent. Atomkrig eller nedrustning*. Tiden norsk Forlag. Oslo, 1982.
- Pihl, A.: *Medisinske og biologiske virkninger av atomvåpen*. *Tidsskr. Norske Lægeforening*, 103, 2006-2014 (1983).
- Pihl, A.: *Kjernefysiske våpen. Fysiske og medisinske virkninger*. Det Norske Videnskaps-Akademi, Årbok 1982, pp. 90-117, Universitetsforlaget, Oslo, 1984.
- Rogers, P., Dando, M. and van den Dungen, P.: *As lambs to the slaughter, The facts about nuclear war*, Arrow Books, London, 1981.
- Sagan, C.: *Nuclear war and climatic catastrophe: Some policy implications*. *Foreign Affairs* 62, 257-292 (1983/84).
- Shrimshaw, N. S.: *Food, nutrition and nuclear war*. *New Engl. J. Med.* 311, 272-276 (1984).
- Spotlight on NATO Strategy. Report from a Symposium on the Role of Conventional and Nuclear Weapons in Deterrence and Defence of Europa*, in Oslo 13 March 1984. Forsvarets Høgskoleforening, Oslo, 1984.
- Stockholm International Peace Research Institute: *Nuclear Radiation in Warfare*. Taylor and Francis Ltd. London, 1981.
- Stockholm International Peace Research Institute: *Weapons of Mass Destruction and the Environment*. Taylor and Francis, London 1977.
- The Royal Australasian College of Physicians: *Medical consequences of nuclear war*. *Med. J. Australia*, Jan. 21. 84-85 (1984).
- Thue, R.: *Sivilt beredskap mot atomkrig*. (stensil), Oslo, 1981.
- Tromp, H. W. and La Rocque, G. R. (eds): *Nuclear War in Europe*. Groningen University Press. Groningen, 1982.
- Turco, R. P., Toon, O. B., Ackerman, T. P., Pollack J. B. and Sagan, C.: *The Climatic Effects of Nuclear War*. *Scientific American* 251, 23-33 (1984).
- Turco, R. P., Toon, O. B., Ackerman, T. P., Pollack, J. B. and Sagan, C.: *Nuclear Winter: Global Consequences of Multiple Nuclear Explosions*, *Science* 222, 1283-1292 (1983).
- United Nations General Assembly. General and Complete Disarmament. Report of the Secretary-General: *Comprehensive Study on Nuclear Weapons*. United Nations, 1980.
- United Nations General Assembly. General and Complete Disarmament: *Napalm and other incendiary weapons and all aspects of their possible use*. United Nations, 1972.
- US National Academy of Science: *The Effects on the Atmosphere of a Major Nuclear Exchange*. National Academy Press, Washington, DC, 1985.
- USAEC Symposium in Series No 24: *Survival of food crops and livestock in the event of a nuclear war*, NTIS, Virginia, 1971.
- Waaler, B. A.: *Helsesituasjonen og medisinske problemer etter bruk av kjernefysiske våpen*. Det Norske Videnskaps-Akademi, Årbok 1982, pp. 117-125, Universitetsforlaget, Oslo, 1984.
- World Health Organization: *Effects of Nuclear War on Health and Health Services*. WHO. Geneva, 1984.
- Zuckerman, S.: *Nuclear Illusion and Reality*, Collins, St. James's Place, London, 1982.