

SoS-rapport 1992:4

Kärnkraftsolyckan i Tjernobyl den 26 april 1986

Händelseförlopp och
medicinska konsekvenser

Kaare Brandsjö Peter Reizenstein Gunnar Walinder

Omslag: Fhebe Hjäl
Omslagsfoto: APN

Artikelnummer: 1992-3-4
ISBN 91-38-11278-7
ISSN 1100-2808
Modin-Tryck, Stockholm 1992

Förord

I ett demokratiskt samhälle kan även komplicerade vetenskapliga frågor bli föremål för enskilda människors ställningstaganden. Dessa kan till exempel gälla frågor om hot mot miljön och befolkningens hälsa. Det krävs att allmänheten då har tillgång till inte bara partsinlagorna från olika intressegrupper utan även mer objektiv information.

Kärnkraftsolyckan i Tjernobyli är exempel på en händelse som i hög grad påverkat människornas situation. I första hand gäller det befolkningen i kraftverkets närhet, men även andra länders människor har berörts. De har utsatts för ett hot som de inte kunnat värdera och även beslutsfattare har många gånger haft bristande kunskaper.

Socialstyrelsen har därför, genom sin katastrofmedicinska organisationskommitté, Kamedo, engagerat överingenjör Kaare Brandsjö samt professorerna Peter Reizenstein och Gunnar Walinder för att redovisa de medicinska konsekvenserna av Tjernobyliolyckan. Vid utarbetandet av rapporten har även deltagit Henry Lorin, chefläkare vid flygvapnets medicinska undersökningscentral och medicinalrådet Karl-Axel Norberg, socialstyrelsen. I rapporten betonas även var och när svåråtkomliga uppgifter eller olösta vetenskapliga problem har gjort redogörelsen osäker. Eftersom rapporten delvis sammanställer muntlig information som givits av olika sagesmän till de tre svenska författarna kan vissa motstridande siffror förekomma.

Författarna har skildrat de akuta räddnings- och sjukvårdsinsatserna samt försökt att ge en inte alltför förenklad beskrivning av de komplicerade vetenskapliga undersökningar som genomförts över effekterna av joniserande strålning på ärftlighet, fosterutveckling och cancersjukdomarnas uppkomst.

Brandbekämpnings- och räddningsinsatserna under det akuta skedet har beskrivits mer utförligt. Vi vill härigenom försöka redovisa erfarenheter från brand i kärnkraftsanläggningar under de mest ogynnsamma förhållanden.

Som bilagor finns en redogörelse för vissa grundläggande strålfysikaliska begrepp, en mycket kortfattad jämförelse av de radiologiska effekterna av en kärnvapendetonation och en kärnkraftolycka samt en artikel från Gunnar Walinders möte med Angelina Guskowa.

Att flera år förflutit sedan olyckan torde inte göra skriften inaktuell. Det är snarare så att den ökade observationstiden och den under senare år ökade öppenheten som följt de politiska och strukturella förändringarna inom förutvarande Sovjetunionen givit oss bättre information och möjligheter att korrekt bedöma olyckans medicinska konsekvenser. Men på flera av de medicinska frågorna kan vi förvänta oss ett svar först om 30–40 år.

Ett stort antal reaktorer konstruerade efter samma principer och med en säkerhetsstandard som är lika bristfällig eller ännu sämre säkerhet är emellertid fortfarande i drift i öststaterna. Risken för nya haverier - kanske med svårare följder - kvarstår därför under överskådlig tid. Beredskap för en stor olycka och information om tänkbara följder därav är därför av stor betydelse.

Claes Örtendahl

Innehåll

Förord.....	3
Summary.....	5
Faktaruta.....	7
Tjernobyl.....	8
Olycksorsak och förlopp.....	10
Inledande räddningsinsatser.....	12
Brandbefälens berättelser.....	14
Fortsatta räddningsinsatser.....	16
Medicinska konsekvenser.....	24
Strålningsberäkningar.....	30
Tröskeldoser eller ej?.....	33
Strålskador på ärftlighet och foster.....	34
Riskerna för leukemi och cancer.....	40
Tjernobylolyckans sena konsekvenser.....	44
Konsekvenser för Sverige.....	46
Internationell rapport maj 1991.....	48
Bilaga 1.....	50
Bilaga 2.....	54
Bilaga 3.....	56
Bilaga 4.....	57
Bilaga 5.....	61

Summary

During the night between Friday April 25 and Saturday 26, 1986, an experiment was made in block 4 of the Chernobyl Nuclear Power Plant in order to test the ability of the turbine to power the cooling pumps whilst the generator was freewheeling to a standstill after its steam supply had been cut off. At about 01.23 the staff in the control-room of block 4 tried to achieve an emergency stop of the reactor manually. However, the control rods were too few and went down too slowly. The thermal effect increased to more than 300 000 MW (megawatt) and at 01.24 two violent explosions occurred, throwing the roof of the reactor building and lumps of material and radioactivity into the atmosphere.

There were eight persons in block 4 but also 268 building employees working on block 5 and 6 and 175 persons in block 1-3 and other buildings. A fire broke out and fire fighters arrived. After some hours, the fire fighters showed acute radiation sickness.

At the medical unit of the nuclear plant, situated in the administration building, patients from the plant were given acute care iodine, tranquilizers and antiemetics. They were then sent to the hospital of Pripjat, where they were the same afternoon examined by radiological experts.

More than 100 out of about 200 patients with high radiation doses were later on taken to Moscow where professor Angelina Guskowa was responsible for the further treatment. In addition to whole body irradiation, several patients had also local skin injuries due to beta irradiation and burns.

During the first days the dose rate in Pripjat was 1-10 mSv/h. The inhabitants received about 30 mSv as a mean dose before they were later on evacuated.

Acute radiation sickness with lymphocyte counts less than $1,0 \times 10^9/l$ within 24 hours was seen in more than 100 patients. Bleeding disorders were treated with platelet transfusions. Bone marrow transplantation was performed in at least 13 cases showing signs of having received high radiation doses and chromosome aberrations. All of these patients except two died.

The total number of casualties that died, as an immediate consequence of the accident, was 31. Among those, two died already at the site of the accident. In 19 cases skin injury was an important factor and in five cases the main cause of death. Seven patients died probably because of radiation pneumonitis.

After the accident a large scale medical operation took place in the Ukraine. About 2,000 physicians and 1,000 medical students took part therein. Iodine was given in doses of 250 mg to adults, 125 mg to school children and 60 mg to younger children.

According to the Minister of Health, dr Romanenko, about 80,000 persons were listed for medical follow up at a new research centre for radiation injuries at the University Hospital of Kiev. About one million Soviet inhabi-

tants were reported to have been medically examined in January 1989, among these about 32,000 had received medical treatment.

The consequences and risks of low dose radiation are discussed in this report.

Some of the more important experiences from the accident can be summarized as follows:

- Information to the inhabitants should be immediate and in accordance with the truth;
- Intervention levels and road barriers should at first be adjusted at sufficiently great distances from the site of the accident that off-limit can later be contracted;
- Immediate measures must be undertaken as to drinking water supply and food distribution;
- Supply of clothes, shoes and blankets is needed in evacuation situations;
- In order to reduce radiation doses, sufficiently large rescue forces are needed in fire fighting and rescue work, minimizing working hours for the personnel;
- Except for a limited group exposed to high doses, the immediate medical effects of the irradiation were insignificant. For most inhabitants in the Ukraine and White Russia the consequences were mostly caused by evacuations, disruption of services, lack of confidence in the information given by the authorities, uncertainty and anxiety.

Faktaruta

För att förenkla framställningen används i denna bok bara tre strålfysikaliska enheter, Bq, R och Sv. Se för övrigt Bilaga 1, "Några grundläggande strålfysikaliska definitioner".

Mängden radioaktivitet anges som antalet atomsönderfall per sekund. 1 sönderfall/sekund = 1 becquerel (Bq). 1 000 Bq = 1 kilobq (kBq). 1 miljon Bq = 1 mega-Bq (MBq).

Joniserande strålning omvandlar elektriskt neutrala atomer till laddade joner. Antalet jonisationer i luft mäts i röntgen (R). En tusendels R = 1 = 1 mR.

Den av kroppen absorberade stråldosen anges i sievert (Sv). En tusendels Sv = 1 milli-Sv (mSv). Den normala bakgrundsstrålningen i Sverige ger oss 5-7 mSv/år. Den högsta tillåtna dosen till dem som t ex arbetar på sjukhusens röntgenavdelningar är förenklat cirka 20 mSv/år.

Med dosrat (doshastighet) avses mSv/tidsenhet.

Med kollektivdos avses totala dosen till en befolkning, dvs antalet individer gånger medeldosen per individ. Kollektivdosen mäts i sorten manSv/tidsenhet.

Tjernobyl

Republiken Ukraina har en befolkning på över 50 miljoner. Dess huvudstad Kiev har cirka 2,5 miljoner invånare. Floden Dnjepr flyter från den gamla staden Tjernobyl i norr söderut genom Kiev till Svarta Havet. Norr om Kiev är floden uppdämd så att en långsmal sjö har bildats sträckande sig från floden Pripjat till cirka 10 km från Kiev. Denna sjö har utgjort reservoar för råvattenförsörjning för inte bara Kiev, utan även för över 20 miljoner människor nedströms Kiev.

BILD

1. Karta över katastrofområdet (från den sovjetiska rapporten till IAEA)

Staden Tjernobyl ligger ungefär 100 km norr om Kiev och hade före katastrofen en befolkning uppgående till cirka 12 500 personer. Kärnkraftverket, som började byggas 1977, är beläget på ett flackt område 25 km norr om staden vid bifloden Pripjats sammanflöde med Dnjepr. Samtidigt med kraftverkets tillkomst växte en ny stad upp med namnet Pripjat, cirka 3 km från kärnkraftverket.

De två första reaktorerna, 1 och 2, togs i bruk 1977. Ytterligare två reaktorer, nr 3 och 4, var klara 1984. En tredje etapp med ytterligare två reaktorbyggen, benämnda 5 och 6, hade påbörjats när olyckan inträffade. Pripjats befolkning hade då vuxit till cirka 48 000. Kraftverksbyggnadernas placering inom området framgår av bild 2 och 3 (sid 11 och 12).

BILD

BILD

2 och 3. Kraftverksbyggnadernas placering inom området. Reaktorblocken 1 och 2 är separerade från varandra av mellanliggande byggnader. Efter block 2 finns en administrationsbyggnad. Block 3 och 4 ligger cirka 100 m från denna. Från block 1 till block 4 sträcker sig en vidbyggd turbinhall, som är gemensam för alla fyra blocken

Staden Pripjat skildrades i en sovjetisk tidskrift före olyckan som en mönsterstad. De större bostadshusen ligger, liksom kraftverket, på ett område med sandavlagringar, ängsmark och skog. Husen är omgivna av talldungar och blomsterplanteringar. Varje del av staden har egna skolor, bibliotek, affärer och sportanläggningar.

Pripjats dåvarande borgmästare, Vladimir Volosjko, uttalade sig i en intervju några månader före katastrofen. Han sade att han inte alls var orolig för att något skulle kunna hända inom kärnkraftverket. Han citerade en chef vid kraftverket som yttrat: "Det är säkrare att jobba i ett kärnkraftverk än att köra bil."

Tjernobylreaktorerna är sk grafitmodererade kanalkokarreaktorer. Reaktorbränslet utgörs av uranoxid inkapslat i zirkoniumrör med en diameter av 88 mm. Det finns 1 661 sådana bränslerör i en reaktor av Tjernobylytyp.

En av de stora skillnaderna mellan svenska reaktorer och de i Tjernobylnkraftverket är just att de senare är grafitmodererade. Detta innebär att bränslekanalerna löper i hål genom en cylinderformad massa av grafit. I omgivande hål kan styrtavar föras upp och ned för reglering av effekten. Grafit är en form av kristalliserat kol, som smälter och brinner vid hög temperatur. Det är således en ansenlig brandbelastning som finns i en reaktor av denna typ. I de svenska kokarreaktorerna omges bränslerören av vatten i stället för grafit. Kylvattnet fungerar alltså som moderator i dessa.

En annan väsentlig skillnad i säkerhetskänslighet mellan Tjernobylnreaktorerna och svenska reaktorer är att de svenska, liksom övriga västerländska reaktorer, har kraftiga armerade betonginneslutningar, vilket de sovjetiska saknar.

Reaktorn i sin helhet utgörs av en cylinder med 12 m i diameter och 7 m i höjd. Den sammanlagda grafitmängden inom denna behållare är cirka 1 700 ton.

Om bränslestavarna med uranoxid överhettas, genom att värmen inte kan kylas bort, smälter dessa vid en temperatur av cirka 1 900° C. Förångning av kylvattnet kan resultera i en ångexplosion samt i en knallgasexplosion genom att vattenången vid höga temperaturer sönderdelas i väte och syre. Samtidigt kan den omgivande grafiten antändas. Detta var vad som skedde vid Tjernobylolyckan.

Kärnkraftanläggningen i Tjernobyln var, när olyckan inträffade, en av Sovjets största, med fyra reaktorer i drift, vardera med en effekt av 3 200 megawatt (MW). Som jämförelse kan nämnas att Sveriges största kärnkraftverk, Ringhals, med sina fyra reaktorer tillsammans kan ge maximalt 3 400 MW.

Den ödesdigra Tjernobylexplosionen inträffade i block 4, vars konstruktion framgår av bild 4, sid 14.

BILD

4. Schematisk bild av kärnkraftverk av Tjernobyln

Olycksorsak och förlopp

Tjernobylnkatastrofens orsaker och dess omedelbara verkningar inom kraftverket finns beskrivna i både sovjetiska och många andra utredningar. I det följande ges därför endast en mycket kortfattad redogörelse av olycksorsakerna och de omedelbara konsekvenserna inom kärnkraftverket.

Fredagen den 25 april 1986 påbörjades en avställning av block 4 inför en årlig översyn. Samtidigt härmed planerade man att utföra ett prov, som inte berörde själva reaktorn. Avsikten var att utröna vilket krafttillskott för nödströmsförsörjning som skulle kunna erhållas efter avstängning av ångtillförseln till turbogeneratoren under den s k utrullningstiden. (Den tid på 20-30 min som förlöper innan generators stannat helt.)

Provet skulle utföras vid en reaktoreffekt av cirka 800 MW (25 procent av reaktorns fulla effekt). Men man misslyckades så att reaktorn effekt gick ned till cirka 200 MW. Reaktorn kom därvid in i ett instabilt läge. Medvetet, och i strid mot gällande säkerhetsföreskrifter, hade ett antal av de automatiska säkerhetssystemen satts ur funktion.

Natten mot lördagen den 26 april kl 01.23 försökte man manuellt snabbstoppa reaktorn. Men styrstavarna var alltför få och gick ned alltför långsamt - endast 0,4 m/sek. Reaktorn "skenade" och den termiska effekten steg under några tiondels sekunder till kanske över 300 000 MW varvid en ångexplosion inträffade. Det cirka 1 1000 ton tunga locket över reaktorn kastades iväg.

En andra explosion, en vätgasexplosion, kastade en plym av radioaktivt material från reaktorhärden högt upp i atmosfären. Stora delar av ytterväggar och tak till reaktorblock 4 sprängdes bort. De omedelbara effekterna av reaktorexlosionerna på byggnader och miljö är utförligt beskrivna i ovan nämnda utredningar. Här skall endast tilläggas att en kraftig brand utvecklades inom denna anläggningsdel. Stora mängder brinnande och radioaktivt material kastades ut på omgivande byggnaders tak och vållade brand på ett 30-tal olika platser. Särskilt häftig blev en brand på den långa turbinhallens tak och inne i hallen vid de två turbinerna tillhörande block 4. Branden hotade även att sprida sig till block 3 genom kabel- och rörkulvertar.

Den sovjetiska regeringskommissionen och expertgruppen, som utredde olycksorsakerna, har framhållit att det främst var följande felgrepp och överträdelser av gällande säkerhetsföreskrifter som vållade katastrofen:

1. Reaktivitetsmarginalen underskreds avsevärt i förhållande till det som var tillåtet för fortsatt drift.
2. Reaktoreffekten tilläts gå ned långt under den föreskrivna.
3. Vattenflödet genom reaktorn överskred väsentligt det som var tillåtet enligt säkerhetsföreskrifterna.
4. Det automatiska snabbstoppet vid stopp av båda turbinerna blockerades, vilket var otillåtet.
5. Snabbstoppsignal för "lågt tryck" och "låg nivå" i ångseparatorerna blockerades.

6. Nödkylsystemet stängdes av.

Den sovjetiske kärnkraftsexperten och akademiledamoten Valerij Legasov, som 1988 tog sitt liv, kritiserade efter olyckan hårt personalutbildning och disciplin vid de ryska kärnkraftverken. Han riktade även allvarliga anmärkningar mot de automatiska säkerhetssystemen.

Inledande räddningsinsatser

Vid olyckstillfället befann sig sammanlagt 451 personer inom kraftverksområdet. Av dessa var 268 sysselsatta med anläggningsarbeten vid de blivande blocken 5 och 6. I block 4 fanns tre personer i rummet och fyra i turbinhallen vid den turbin som skulle stängas av. För räddningstjänst och brandsläckning fanns inom området en heltidsbrandkår om 15 man. Av dessa var en brandlöjtnant och sju man i tjänst när explosionen inträffade. Kraftverket hade även viss övrig beredskap för haverier och personskador. I hälso- och sjukvårdslokaler, belägna i administrationsbyggnadens källarplan, fanns sålunda läkare och annan sjukvårdspersonal, kunnig i att ta hand om strålningsskador. All medicinsk personal inkallades till hälso- och sjukvårdsavdelningen.

Den personal vid block 3 och 4, som ej fått brännskador vid explosionerna, tog hand om sina skadade kamrater och släckte elden i deras kläder. De förde dem till sjukavdelningen i administrationsbyggnaden. En person saknades och kunde aldrig återfinnas.

Inom en halvtimme efter explosionerna hade bl a 29 brännskadade förts dit. Deras kläder och skor togs av före en luftsluss som ledde in till akutmottagningen. De som inte fått brännskador sändes hem. Personalen inom kraftverksområdet hade blivit mycket uppskrämd av de två explosionerna och hade svårt att bedöma vad som hänt och omfattningen av skadorna. Beträffande de fortsatta medicinska åtgärderna se kapitlet "Medicinska konsekvenser".

Brandkårens alarmeringscentral i Pripjat fick in automatiskt brandlarm från kraftverket kl 01.24. Strax därefter kom ett telefonmeddelande om att en kraftig explosion inträffat i block 4 och att en svår brand utbrutit. Meddelandet föranledde stor uttryckning med all personal från Pripjats brandstation. Samtidigt begärdes att hela styrkan från Tjernobylys brandkår skulle kallas som förstärkning.

Personalen vid kraftverkets egen brandkår hade förstått att något mycket allvarligt inträffat när explosionerna hördes och ryckte ut kl 01.28 till turbinhallssidan av block 4. Brandlöjtnanten Vladimir Pravik såg hur det brann på taken runt omkring och begärde omedelbart förstärkning med "Tre stationers larm". Han fick även veta att det brann inne i turbinhallen och att det var viktigast att göra den första insatsen där.

BILD

5. Block 4 fotograferat från helikopter

Kl 01.35 var den första brandbilen från Pripjat framme vid kraftverket. Chefen för den styrkan, brandlöjtnanten Victor Kibenock, tog som sin uppgift att försöka begränsa brandspridningen till block 3. Kl 01.40 kom Pripjats andra brandbil fram. Dess styrka fick i uppdrag att begränsa branden på turbinhallens tak där elden börjat sprida sig i takisoleringen som utgjordes av cellplast. Totalt utgjordes brandstyrkan nu av 21 man med 5 bilar. Man

hale fått ut 9 slangledningar från brandposter och bilmotorsprutor. Kraftverkets brandpumpar och vattenförsörjning fungerade normalt trots de svåra skadorna inom block 4.

Brandchefen i Pripjat-Tjernobylområdet, Leonid Teljatnikov, var ledig och vistades i sitt hem i Pripjat när olyckan inträffade. Han fick besked om olyckan per telefon och åkte via brandstationen till kraftverket dit han anlände omkring kl 01.50.

Brandstyrkan från Tjernobyl anlände kl 02.15. Nu fanns förutom brandchefen, tre brandlöjtnanter och 28 brandmän i insats. Styrkan från Tjernobyl stod under befäl av brandlöjtnanten Alexander Yefimenko. Han berättar att de besked han fick vid ankomsten till kraftverket visade att det fortfarande rådde stor förvirring om vad som inträffat. Någon klarhet om strålningsriskerna gick inte att få.

Inne i kraftverksbyggnaderna arbetade kraftverkets egen personal med handbrandsläckare och inomhusbrandposter för att hindra brandspridningen. Det är omvittnat både från kraftverkspersonal och brandpersonal att ingen i detta inledningsskede tog hänsyn till eventuellt förekommande radioaktiv strålning även om all personal var medveten om strålningsrisken. Men eftersom den inte syns eller märks, tänkte man mer på strålningsvärmens från lågorna och besväret av brandröken. Inne i byggnaden använde man andningsapparater, men utomhus arbetade brandmännen i sin vanliga utrustning, utan andningsskydd, utan dosimetrar och utan att få besked om gammastrålningens intensitet.

Några av brandmännen och kraftverkspersonalen fick redan tidigt så svåra brännskador att de av denna anledning måste föras till sjukvårdsavdelningen i skyddsrummen under administrationsbyggnaden.

Kl 02.30 var all brandpersonal från närområdet Pripjat och Tjernobyl insatta i släckningsarbetet. Ytterligare brandkårer från samhällen längre bort, ända från Kiev, anlände efter hand.

Alla bränder, utom i reaktorn, beräknas ha varit helt under kontroll kl 04.50. Då fanns cirka 70 brandmän med 15 brandfordon inom kraftverksområdet. Kl 06.35 var alla bränder helt släckta utom grafitbranden i reaktor nr 4. Ytterligare brandkårer var fortfarande på väg, dels för avlösningar och dels för den mera långvariga uppgiften att släcka branden i reaktorn.

Brandbefälens berättelser

Brandlöjtnanten Alexander Yefimenko och brandchefen Leonid Teljatnikov har redogjort för sina upplevelser av släckningsarbetet under de första två timmarna. De återges nedan i starkt förkortad form. Yefimenko, som alltså är den enda överlevande av de tre brandlöjtnanter som förde befäl över de först anländande styrkorna, berättade:

"När vi kom fram upplevde vi det som en storbrand efter en explosion någonstans inom block 4. Att inom detta stora område veta var människor kunde finnas instängda och skadade var mycket svårt. Kraftverkspersonalen tog det som sin uppgift att klarlägga förhållandena inom byggnaderna. Ingen av oss tvekade trots möjligheten att den radioaktiva strålningen kunde vara hög. All brandpersonal hade bara en tanke, nämligen att så snabbt som möjligt få fram vatten för att börja släcka. Vi hade tidigare haft flera övningar inom kraftverket men den situation vi nu mötte var helt annorlunda."

Brandchefen Leonid Teljatnikov hörde till dem som fick de svåraste strålningsskadorna, men som ändå överlevde efter tre månaders intensivvård på Klinik 6 i Moskva. Han blev i januari 1987 utnämnd till "Sovjetunionens hjälte" vid en ceremoni i Kreml och utnämndes samtidigt till överstelöjtnant vid Kievs brandkår. (De militära titlarna innebär ingen anknytning till försvarsmakten. Brand- och räddningstjänsten sorterar under inrikesdepartementet.) Vid sammanträffandet med honom på huvudbrandstationen i Kiev berättade han bl a följande:

"När jag kom fram till kraftverket möttes jag av en nästan överklig syn. Vi hade en katastrofberedskapsplan och hade övat olika alternativ. Men det här var något helt annat. Jag fick klart för mig att reaktor 4 hade exploderat och att inget fanns att göra för att rädda den delen. Omhändertagandet av skadade sköttes av kraftverkets egen personal. Vi fick inrikta oss på att rädda de andra tre blocken och den långa turbinhallen.

Jag minns att jag först också tänkte på hela staden som vi hade bakom oss och vad som skulle kunna hända om vi inte lyckades släcka. Men något tal om strålningsriskerna var det inte då. Någon dosimeter eller något andningsskydd använde jag inte.

Först senare fick jag av kraftverkspersonalen veta att deras instrument visade mycket hög strålning utomhus.

Efter cirka två timmar, vid 4-tiden på natten, märkte jag att krafterna började avta. Jag hade då rört mig över ett stort område och sprungit upp och ned i byggnader. Sedan fick jag besvär med andningen och kände att allt inte var normalt. Det följdes av huvudvärk, jag mårde illa och började kräkas.

Jag togs, liksom de flesta av brandstyrkan som varit med under de första två timmarna, till kraftverkets sjukvårdsavdelning under administrationsbyggnaden. Vi var alla mycket medtagna och fick läkarvård där innan vi fördes vidare till sjukhuset i Pripjat. Dit fördes

jag tillsammans med ett 100-tal andra svårt skadade. Tillsammans med övriga skadade överfördes jag sedan via Kiev med flyg till Klinik 6 i Moskva, söndagen den 27 april 1986.

Vi var 14-15 brandmän som i första omgången överfördes till Klinik 6 i Moskva, där professor Angelina Guskowa tog hand om oss. Under de första veckorna kände jag att jag var svårt sjuk. Krafterna verkade vara helt försvunna. Jag orkade inte äta och ville inte träffa någon, eftersom jag inte orkade prata. Jag kände mig fullständigt apatisk och ville inte träffa de andra brandmännen som låg på samma sjukhus. Sex av dem dog under de första tio dagarna av maj."

Han berättade vidare att allt hans hår föll av och att han blev helt skallig. Först i mitten av juni, efter cirka 45 dagar, kände han att krisen var över. Håret började växa ut igen och han började längta efter mat.

Teljatnikov fick inte någon benmärgstransplantation men däremot upprepade blodtransfusioner och intravenös näringstillförsel. I slutet av juni träffade han sina överlevande arbetskamrater på sjukhuset, som även de Mil på att tillfriskna. I slutet av juli 1987 fick han flytta till ett semesterhem vid baltiska kusten. Den 5 september lämnade han vården och fick efter läkarkontroll resa till sitt föräldrahem för att ytterligare vila upp sig. Efter ny kontroll på Klinik 6 i Moskva fick han i december återförenas med sin familj i ett nytt hem i Kiev.

Vid Brandsjös sammanträffande med Teljatnikov i februari 1988 förklarade Teljatnikov att han kände sig helt frisk, men kanske inte orkade idrotta lika mycket som tidigare. Enligt erhållna uppgifter hörde han till dem som fått en stråldos av cirka 4 000 mSv.

BILD

6. Från vänster: Generalmajor Filipp Desyatnikov, överstelöjtnant Leonid Teljatnikov och Kaare Brandsjö

Fortsatta räddningsinsatser

I ett källarplan inom kraftverket bildades på lördagsmorgonen den 26 april en operativ ledningsgrupp för den fortsatta räddningstjänsten. Den stod först under ledning av brandgeneralen Filipp Desyatnikov från Kiev och i fortsättningen ingick även en general Berdov och en överste Buvsunovsky. Under lördagen utökades efter hand denna ledningsstab med specialister av skilda slag.

I partikontoret inne i Pripjat upprättades en administrativ ledningsgrupp. Från Moskva och Högsta Sovjet kom vice regeringschefen Boris Sjerbina och tog den övergripande ledningen av insatserna. Det bestämdes att militära enheter skulle tillkallas för att medverka i släckning av reaktorbranden, indikering och sanering.

Försök att nödkyla den brinnande reaktorn med vatten och kolsyra misslyckades. Därför beslöts att reaktorhärden skulle täckas med sand, bor, dolomit, lera och bly med hjälp av helikoptrar från försvarsmakten. Totalt släpptes cirka 5 000 ton över härden mellan den 28 april och den 2 maj. Viss kylning underifrån med kväve förekom även efter den 2 maj.

När branden i reaktorn upphört den 5 maj och övertäckningen hade minskat såväl värmeavgivningen som den radioaktiva strålningen till omgivningen återstod sådana uppgifter som fortsatt evakuering av befolkning, indikering inom allt vidare områden och mycket omfattande saneringsarbeten samt slutligen även ingjutning av hela reaktorn i en sk betongsarkofag.

Bland de städer i Ukraina som mest berördes av reaktorhaveriet var, förutom Pripjat, Tjernobyl och Kiev, även Tjernigov, 50 km öster om Pripjat. Dess folkmängd var före olyckan cirka 300 000. Söder om Tjernobyl berördes samhällena Lelev, Kopati, Ivankov och Polische av nedfall som krävde evakueringar omedelbart efter olyckan. Man har bedömt att totalt ungefär fyra miljoner människor har berörts av sådana åtgärder som evakueringar, saneringar, medicinska undersökningar och restriktioner ifråga om utnyttjandet av vatten och livsmedel.

Tjernobylkraftverket ligger bara några mil söder om gränsen mot republiken Vitryssland som har cirka 10 miljoner invånare. Nedfallet från reaktor-explosionen drabbade bl a områden kring dess huvudstad Minsk med en befolkning på över en miljon och staden Gomel med över 300 000.

Redan några veckor efter olyckan hade cirka 30 000 människor evakuerats från de områden av Vitryssland, som ligger inom 200 kilometers avstånd från Pripjat. Senare har ytterligare befolkningsgrupper evakuerats. Så sent som i november 1989 meddelade Vitrysslands vice regeringschef, Vladimir Jevtuch, att befolkningen i 526 vitryska samhällen hade utsatts för så mycket strålning från kärnkraftskatastrofen i Tjernobyl att de så snart som möjligt måste flyttas till andra orter.

Information

Hälsovårdsministern, med dr Anatoly Romanenko, lämnade vid Brandsjös besök i Ukraina en utförlig beskrivning av hur bristfällig informationen till den sovjetiska allmänheten hade varit om olyckan och dess konsekvenser. När reaktorhaveriet inträffade hade han själv befunnit sig i USA.

Uppgifterna om vid vilken tidpunkt befolkningen i Pripjat och staden Tjernobyl hade varnats är motstridiga. På initiativ från kraftverkets personal påbörjades mätningar inom bostadsområdena närmast kraftverket redan på lördagsmorgonen. Mätvärdena rapporterades som "farligt höga" i kraftverkets omgivning och "över det normala" i Pripjat.

På partikontoret i Pripjat, där man upprättat en övergripande katastrofledning, fick man besked om mätvärdena och rapporterade dessa till myndigheterna i Moskva.

När olyckans omfattning blev känd i Moskva utsågs en undersökningskommission under ledning av vice regeringschefen Boris Sjerbina. Han flög på lördagen, alltså samma dygn olyckan skett, med några medarbetare till Pripjat. På eftermiddagen höll han på partikontoret, dit även en del experter kallats, ett sammanträde varvid diskuterades vilka åtgärder som borde vidtagas. Detta resulterade i att hussar och lastbilar rekvirerades från bl a Kiev för evakuering av befolkningen i Pripjat.

Det förefaller som om man då börjat inse de mycket allvarliga konsekvenserna av reaktorhaveriet. Någon varning till befolkningen i Pripjat gavs dock inte förrän ordern om evakuering gavs på söndagen.

Den första officiella sovjetiska rapporten till massmedia om olyckan kom först på måndagskvällen den 28 april kl 21.00, med ett endast sex rader kort meddelande genom pressbyrån Tass. Redan tidigare var emellertid olyckan känd i västvärlden genom strålningslarm vid kärnkraftverket i Forsmark.

Hälsovårdsministern Romanenko återvände till Kiev den 1 maj från sin USA-resa och vidtog då omedelbart åtgärder för att få till stånd en förbättrad information till allmänheten. Efter ett regeringssammanträde bestämdes att man skulle låta radio och TV i Kiev sända ut lugnande besked till allmänheten för att förhindra ryktesspridning.

I Kiev hade en vecka efter olyckan en spontan utrymning börjat märkas genom köer vid järnvägsstationer och flygplatser. Efter de lugnande besked, som gavs i massmedia, var det många som lämnade tillbaka avresebiljetter. Härigenom gavs möjlighet att istället låta en del barn lämna Kiev.

Myndigheterna hade svårigheter att för allmänheten förklara innebörden av enheter för intensitet och doser ifråga om radioaktivitet. Man måste informera om de kontroller av livsmedel och vatten till Kiev som man anordnat.

Romanenko framhöll särskilt att hans erfarenhet var att det var utomordentligt viktigt att gå ut med sanningsenlig och lättförståelig information för att förebygga "radiofobi". Med detta uttryck avsåg han de psykiska effekterna av folks oro för att de skulle ha utsatts för höga stråldoser.

Evakuering

Av Pripjats befolkning på cirka 48 000 uppges ungefär 8 000 ha lämnat staden spontant med egna fordon eller på annat sätt. Återstoden evakuerades på

mindre än fyra timmar. Utrymningen påbörjades 36 timmar efter olyckan. Som hjälp organiserades särskilda bilburna sjukvårdsgrupper från sjukhusen i Kiev. Till en början var det mycket få av de evakuerade som behövde vård.

BILD

7. Indikering vid vägspärr cirka 30 km från kraftverket

Vid den första spärren, 10 km från Pripjat, hade upprättats en kontamineringskontroll med personal och materiel från andra regioner. Alla evakuerade upplystes om betydelsen av "självsanering" och måste ta av sig skor och kläder och tvätta sig. Vid en ny spärr, 40 km från Pripjat, visade mätningar ännu värden som gjorde att många måste lämna kvar skor och kläder och förses med ny beklädnad. Det betydde att stora mängder kläder och förnödheter måste rekvireras. Av svårigheterna betonades särskilt följande:

1. De evakuerade var missnöjda med att undersökning skedde enbart genom strålmätning. De ville ha noggrann läkarundersökning och blodprovstagning. Detta var givetvis omöjligt vid en massevakuering som denna. Personalen räckte inte till och man fick rekvirera medhjälpare från andra håll.
2. Det blev nödvändigt att organisera grupper av läkare, sjuksköterskor, laboratorieassistenter, strålskyddstekniker m fl och sända dem till de platser dit de evakuerade hade förts. Man måste också skaffa fram den utrustning de behövde för sin verksamhet. Många gånger var det svårt att snabbt få fram dessa resurser.
3. Även om det fanns "kunniga" läkare med i sjukvårdsgrupperna kunde det vara svårt för dem att arbeta under "fältförhållanden", t ex tolka små förändringar i blodbilden.
4. Vid de medicinska bedömningarna måste man ta hänsyn till de psykologiska effekterna. Enligt dr Romanenko var det inte stråldoserna utan fastmer oron för att ha fått för höga stråldoser, som vållade illamående.
5. Efter slutförd evakuering blev det nödvändigt att sända ut mer än 1 000 medicinstuderande för att tala lugnande till de evakuerade, som fortfarande led av "radiofobi". Studenterna besökte varenda familj, undersökte dem och lämnade tryckt information om hur de skulle bete sig.

Befolkningen i Pripjat och Tjernobyl evakuerades först till ett område endast cirka 60 km söder om kraftverket. Man började bli att uppföra baracker. Efterhand som indikeringarna flyttades ut i allt större cirklar fann man att strålningen från nedfallet var för hög ännu 100 km söder om Pripjat. De evakuerade måste därför flyttas vidare till platser söder om Kiev. En av lärdomarna man gjorde var därför att man redan från början bör göra mätningar på stort avstånd från kärnkraftverket så att de evakuerade förs tillräckligt långt bort för att inte få ytterligare stråldoser.

Efter Tjernobyls evakuering utrymdes även samhällena Lelev, Kopati, Glinga, Zomostji och Byttja belägna mellan Tjernobyl och Kiev. Från jordbruksområdena har beräknats att ett 50-tal kolchoser med cirka 25 000 personer och 35 000 nötboskap har evakuerats.

Sammanlagt flyttades omkring 95 000 personer från sina hem i Ukraina. Evakueringarna från Vitryssland omfattade cirka 45 000 personer. Enligt en uppgift i januari 1989 har ungefär 35 000 personer senare återflyttat till sina

egna eller nya hem i Ukraina. Hur stor återflyttningen är i Vitryssland finns ingen uppgift på.

Även till staden Tjernobyl har en viss återflyttning tillåtits. En helt ny stad, som skall ersätta staden Pripjat, har byggts cirka 50 km norr om kraftverket. Staden Pripjat kommer möjligen att jämnas med marken och står intill dess som en tom spökstad.

Avspärningar

I massmedia har vid flera tillfällen uppgivits att endast en zon med 30 kilometers radie från kraftverket varit förbjudet område. I februari 1987 låg dock en spärr 100 km söder om Pripjat och det var ett stort misstag att från början endast mäta inom ett närområde från kraftverket. Indikeringsmätning från bilar och helikoptrar borde snabbt ha utsträckts i allt vidare cirklar. Avspärningarna lades enligt uppgift först på 10 km från Pripjat, sedan på 30 och 40 km och utsträcktes slutligen till cirka 100 km mot Kiev.

BILD

8. Mätning av radioaktivitet från helikopter

Livsmedel och dricksvatten

Frågor om livsmedel och dricksvatten i ett längre perspektiv än under det första halvåret efter olyckan behandlas i ett senare avsnitt av denna rapport. Om dricksvattnet i Ukraina under de första månaderna efter olyckan berättades följande av dels myndighetspersoner dels civilpersoner i Kiev:

- Förbud mot att använda brunnar och vattentag för dricksvattenförsörjning inom en radie av 30 km från Pripjat utfärdades omedelbart efter olyckan. I staden Kiev och området nedströms därom fortsatte man under flera veckor efter olyckan att använda vattnet från den stora Dnjepr-reservoaren för råvattenförsörjning till vattenverk. I mitten av maj konstaterades att vattnet från Dnjepr höll för hög halt av radioaktiva ämnen. Det beslöts då i Kiev att Dnjepr-reservoaren inte skulle utnyttjas och att man skulle anordna reservvattentag.
- Under tiden från 16 maj till 16 juni drogs nya huvudvattenledningar från en biflod, Desna, till vattenverken. Samtidigt borrades inom Kiev-området 58 nya brunnar. Kiev fick därför helt ny vattenförsörjning sju veckor efter olyckan.

BILD

9. Cesium 137-beläggningen i närområdet (Bo Libert: Rapport till jordbruksdepartementet 1990, Svenska ambassaden i Moskva)

- För att klara vattenförsörjningen i Ukraina rekvirerades ett stort antal tankbilar för vattentransporter från andra regioner. Tankbilar i stor mängd behövdes även för borttransport av kontaminerat vatten från kraftverket och från i första hand 30 km-zonen.

Det har inte varit möjligt att få några uppgifter om livsmedelsförsörjningen i Ukraina under tiden närmast efter olyckan. I Kiev infördes speciell kontroll

av livsmedelstillförseln någon vecka efter olyckan. I februari 1987 kunde vid besök i Kiev konstateras att de som sålde livsmedel i saluhallar kunde uppvisa särskilda intyg på att varorna var kontrollerade ifråga om radioaktivitet. Enligt muntligt besked godkändes livsmedel med högst 3 000 Bq/kg.

Hälsovårdsministern i Ukraina uppgav på förfrågan att man tillämpade samma radioaktivitetsnivåer för livsmedel som EG-länderna. För mjölk tilläts 370 Bq/kg men i övrigt 600 Bq/kg. Han framhöll att t ex äpplen av 1986 års skörd kunnat tvättas och därefter godkännas.

1987 års rotfrukter var man orolig för. Agrikulturell forskning hade redan startats om vilka produkter som skulle kunna odlas på den kontaminerade marken. För Kievs del skulle man upprätthålla en tredubbel kontroll under 1987 av all livsmedelstillförsel. All plockning av bär och svamp i skogarna inom den avspärrade zonen var förbjuden. Enligt hälsovårdsministeriet hade fram till februari 1987 utförts mer än en miljon analyser av livsmedel enbart i Ukraina.

Saneringsarbetets organisation

Åtgärderna och arbetsinsatserna i Ukraina för att begränsa verkningarna av kärnkraftsolyckan har haft en ofantligt stor omfattning. Militärstyrkor, brandpersonal, polis- och bevakningspersonal, vetenskapsmän samt ingenjörer och byggnadsarbetare har under det första året efter olyckan deltagit i insatserna. Enbart för arbetsledning, undersökningar och kontroll var över 5 000 specialister och vetenskapsmän engagerade under 1986, bl a fysiker, hydrobiologer, geologer, kemister och dataexperter. I februari 1987 deltog, enligt de bedömningar som då gjordes av räddningstjänstledningen, över 100 000 man i arbetsinsatserna. Senare har uppgivits att det totala antalet saneringsarbetare var 650 000. Det var framför allt reservister ur armén och civila arbetare. Enligt officiella sovjetiska uppgifter fick 135 av dessa en stråldos som överskred 1 000 mSv. Några tusen kan ha fått emotta doser över 500 mSv.

Brandkårerna har svarat för en gigantisk insats av fordon, pumpar, slang och strålrör. Materielen har använts för bl a pumpning av radioaktivt vatten ur kraftverkets undre delar och från brunnar och vattensamlingar. Detta arbete har inte varit utan risker. Bl a berättas att vid ett tillfälle en slangledning brast vid pumpning av högaktivt vatten, varvid fyra brandmän överköljdes och strålskadades.

En av de första saneringsuppgifterna bestod i att pumpa upp och transportera bort 80 000 m³ radioaktivt vatten från källardelarna av block 4. En brandmajor Georgy Nagayevsky och fem brandmän anmälde sig som frivilliga för detta uppdrag den 6 maj. Pumpningsarbetet pågick i 24 timmar.

Dekontaminerings-, röjnings- och byggnadsarbetena har varit uppdelade på ett stort antal olika projekt. Som exempel kan nämnas sanering av hela kraftverket in- och utvändigt, bortforsling av rasmassor, byggande av den sk Sarkofagen (ingjutning i betong av block 4), beläggning från helikoptrar med dammbindande medel samt tvättning av byggnader, gator, vägar och parker.

Särskilda åtgärder vidtogs för att hindra regnvatten att laka ut radioaktiva ämnen till bäckar, åar och floder. Vallar byggdes upp runt kraftverket.

Samtidigt med saneringsarbetena pågick de mycket farliga och besvärliga röjningsarbetena och byggnadsarbetena vid Tjernobylnkraftverket. De började med övertäckningen från helikoptrar av reaktorn med cirka 5 000 ton material fram till den 20 maj 1986. Därefter måste alla skadade konstruktioner och rasmassor runt byggnaderna bort, liksom de delar av reaktorn som kastats ut på turbinhallstaket.

Parallellt med ovannämnda arbeten uppfördes en betongmur runt kraftverket med 60 cm:s bredd. Samtidigt pågick arbetet med inneslutning i betong av resterna av reaktor 4, den s k sarkofagen. Först på våren 1987 var detta arbete klart. Då hade mer än 160 000 m³ betong gått åt till ingjutningen, som hade nått en höjd av 41 m.

Saneringsarbetets omfattning och resultat

Generalöverste Vladimir Pikalov, tillhörande de arméförband i Sovjetunionen som svarade för skydd mot ABC-stridsmedel, ansvarade för dekontamineringen.

Tvättning och avspolning ägde rum ända ned till Kiev. Hela staden Kiev har tvättats och spolats två gånger under maj-juni 1986. I september samma år kom order om uppsamling och bortforsling av alla nedfallna höstlöv för att bli av med den radioaktivitet som fanns i dessa.

BILD

10. Tvättning av byggnader i Pripjat. Trots kraftig spolning förblev strålningen hög

BILD

11. Bortschaktning av ytliga marklager

Boskap har flyttats bl a 1986 och 1987. "Mjölkbehandling" - härmed avses sannolikt uppblandning av mjölken med icke radioaktiv mjölk - har reducerat mjölkens koncentration av radioaktiva ämnen med mellan 30 och 95 procent.

Vägarna spolades fortfarande 1988 för att binda dammet. 600 samhällen dekontaminerades, därav 300 två gånger. Vissa hus revs. Inom en 5-6 km radie avlägsnades husens tak. I vissa områden lät man hugga ned skogen. Man undvek emellertid att to bort alltför mycket löv och jord i skogen, eftersom detta visserligen minskade stråldosen, men kunde leda till skogsdöd. Rengöringen reducerade strålnivåerna 1,3-3 gånger. 200 000 m³ jord flyttades (motsvarande ett 10-15 cm tjockt lager). Därigenom minskade radioaktiviteten 3-4 gånger. Med alla åtgärder sammantaget reducerades enligt uppgift strålningen cirka 10 gånger. Därtill bidrog plöjning med 1,5 gånger, kalkning och gödsling med 2 gånger, ängsmarksförbättring och t ex att göra ost av mjölken med cirka 10 gångers minskning.

Stråldoser till räddningsarbetare

De militära styrkorna uttogs genom plikt, på samma sätt som vid krigsberedskap. Enligt de uppgifter vi fått förekom mycket få protester mot detta. Man förklarade från räddningsledningens sida att man ansett denna medverkan lika naturlig som att försvara landet under krig.

Arbetena inom 30 km-zonen organiserades på rotationsbasis. Arbetskiftena varierade från några minuter upp till 8 timmar beroende på strålningens intensitet. Efter 15 dagars arbete följde 15 dagars vila med behandling, kontroll av erhållna stråldoser. Särskilda dekontamineringscentra hade upprättats bl a för att ta hand om kläder och skor. Transporterna till och från arbetsplatserna skedde med pansarvagnar på särskilt iordningställda och anvisade vägar.

Den civila personalen, inklusive brandpersonalen, påtog sig enligt de uppgifter som lämnades i Kiev 1987, frivilligt sina arbetsuppgifter även om det innebar risk för höga stråldoser. De hade lönetillägg för farligt arbete.

Uppgifterna om den maximala tillåtna sammanlagda dosen till räddningsarbetare varierade mellan 100 och 250 mSv. Under andra året efter olyckan lär ha fastställts en tillåten årlig dos av maximalt 30 mSv under de första tre åren för 10 000-tals personer.

Kostnaderna för det förstörda kraftverket och för återställnings- och saneringsarbetena i Sovjet uppges i februari 1990 sammanlagt ha stigit till mellan 100 och 200 miljarder svenska kronor. Den sovjetiske strålskyddsexperten, professor M.I. Balanov, uppgav vid besök i Sverige våren 1990 att ett 100 000 km² stort område utanför den tidigare omnämnda tremilszonen visat sig vara svårt drabbat av radioaktivitet. Samtidigt meddelade professor Ramzaev, från strålskyddsinstitutet i Leningrad, att befolkningen fläckvis inom ett avstånd av 200 km från kraftverket, hade tvingats flytta till platser utanför detta område. Den strålning som uppmätts på platser inom 200 km från Pripjat är genomsnittligt fem gånger högre än den högsta som uppmätts i Sverige. De kvarboende får hjälp utifrån med livsmedel, medicin och regelbundna läkarundersökningar.

I avvaktan på ytterligare evakueringar från de utsatta platserna har rekommenderats att barn bara kortvarigt skall få vistas utomhus och att de därvid skall undvika gräsmark. Vidare har förbud utfärdats mot bad och fiske samt bär- och svamplockning.

Sammanfattande erfarenheter av räddningstjänsten

Att ett svenskt kärnkraftverk skulle kunna drabbas av ett haveri av Tjernobylytyp är omöjligt. Att ett haveri skulle kunna inträffa med liknande konsekvenser kan anses som ytterst osannolikt. Likväl kan de första dagarnas och veckornas räddningsarbete efter kärnkraftsolyckan vid Tjernobylykraftverket ge många lärdomar till nytta för planering av svensk katastrofberedskap. Öststatsländerna har ett flertal reaktorer av grafittyp och utan betonginneslutningar. Exempel på hot mot Sverige utgör Ignalinaverket i Litauen, cirka 60 mil från svenska fastlandet och anläggningen i Sosnovy Bor nära S:t Petersburg.

Lärdomarna från räddningsarbetet efter Tjernobylyolyckan är tillämpbara också på många andra större olyckor. Särskilt gäller detta katastrofer förorsakade av farligt gods. Som sammanfattning av Kamedo-studierna i Ukraina under februari 1987 kan anges följande huvudpunkter:

- Information till befolkningen måste nå ut snabbt och vara sanningsenlig. Genom förberedande, förtroendeskapande åtgärder under

normala omständigheter underlättas befolkningens förtroende för myndigheternas information och direktiv, t ex om "självutnämnda experter" uttrycker avvikande åsikter.

- Avspärningar och indikeringar måste till en början göras på stora avstånd från olycksplatsen och därefter krympas i stället för tvärtom.
- Omedelbara åtgärder måste vidtas ifråga om dricksvattenförsörjning och livsmedelstillförsel.
- Dekontaminering (sanering) bör ske före avtransport från olycksplatsen.
- Extra kläder, skor och filter behövs vid evakueringar.
- Mycket stora räddningsstyrkor krävs vid risk för höga stråldoser eller kontaminering eftersom personalen måste avlösas efter korta arbetspass.
- I nödlägen kan insatser behöva ske utan personligt skydd.
- Politisk styrning bör skiljas från operativ ledning av räddningsarbete.
- Sanerings- och återställningsarbeten kan behöva ske under mycket lång tid och med behov av kvalificerad ledning (specialister) och stora materiella resurser.

Medicinska konsekvenser

Alarmbilden och de första medicinska åtgärderna var följande:

Den medicinska enheten vid kärnkraftverket i Tjernobyl informerades om det inträffade 10-15 minuter efter olyckan. Medel mot illamående, "hjärtstärkande" och lugnande medel samt jodtabletter (kaliumjodid) gavs till anländande patienter. Kl 06.00 på lördagsmorgonen den 26 april hade sammanlagt 108 personer sänts till sjukhuset i Pripjat från kraftverket. En av dem avled under transporten dit på grund av svåra brännskador. Vid 14-tiden på lördagseftermiddagen anlände medicinska specialister på radioaktiva strålskador till Pripjat.

Av 203 svårt skadade skall 129 senare ha förts till Moskva. Det finns även uppgifter att så mycket som 309 personer förts till Moskva. Ett flertal rapporter över den medicinska behandlingen i Moskva har lämnats av den för vården där ansvariga ryska läkaren, professor Angelina Guskowa. De första av dessa publicerades i ett par skrifter från det internationella atomenergiorganet i Wien (IAEA) på hösten 1986. Häri uppgavs att genomsnittsdosen för dem som anlände till Moskvakliniken var 200 mSv till lungorna, och 150 mSv till kroppen. De flesta svårt skadade ansågs ha fått homogena gammastråldoser (lika stora doser av gammastrålning till olika kroppsdelar). Några hade dock fån stora betadoser till huden. Maximala aktiviteten i kroppen hos den värst utsatte av tillförda radioaktiva ämnen var 185 MBq jod 131, 75 MBq cesium 134 och 137, vilket ger interna doser av nära 100 000 mSv till sköldkörteln, 22 000 mSv till hela kroppen och 3 300 mSv till lungorna.

Akut strålsjuka

Klar, akut strålsjuka, som förekommer efter doser högre än 2 000 - 4 000 mSv, ansågs föreligga då antalet lymfocyter (en typ av vita blodkroppar) understeg 1 miljard per liter blod inom 24 timmar efter bestrålningen. Akut strålsjuka konstaterades i några hundra fall.

Hos patienter med akut strålsjuka ses inledningsvis (d v s efter ett par dagar) diarré, illamående, svaghet etc. Efter det att dessa symtom avtagit, upplever de som utsatts för doser omkring 2 000 - 4 000 mSv en period av relativ symtomfrihet. De är visserligen trötta och har dålig kondition, men känner en lättnad att de initiala besvären mer eller mindre försvunnit. Efter cirka tre veckor inträder emellertid en försämring. Ett visst håravfall förekommer, småblödningar i slemhinnor kan iakttas och efter ytterligare ett par dagar inväder en kritisk period med svår trötthet, diarré (s k intestinalt syndrom, jfr tabell 2 sid 43), depression etc. Detta sker samtidigt som antalet granulocyter (en annan typ av vita blodkroppar) och trombocyter (blodplättar) når ett bottenläge. Vid denna period börjar också dödsfall att uppträda på grund av nedsatt infektionsförsvar, i första hand som en följd av bristen på granulocyter. Hos dem som överlever, restitueras dock blodbilden redan efter 1,5-2 månader även om lymfocyttallet fortsätter att vara lägre än nor-

malt. Det kan dröja upp till ett år innan antalet lymfocyter når värden i nivå med dem som förelåg före bestrålningen (se sid 38.).

BILD

BILD

12 och 13. *Granulocyter (vita blodkroppar) och trombocyter (blodplättar) i blodet efter helkroppsbestrålning. (Efter Messerschmidt, 0: Medical Procedures in a nuclear disaster, Thiemig, München 1979)*

Tabell I . *Strålskadorna brukar indelas i fyra svårighetsgrader*

Grad	Stråldos	Benmärgsskada	Prognos
I	1 000-2 000 mSv	Lätt	100 % överlevnad
II	2 000-4 000 mSv	Intermediär	Omkring hälften av patienterna dör, om de ej behandlas
III	4 000-6 000 mSv	Allvarlig	Nästan alla dör, om de ej behandlas
IV	> 6 000 mSv	Extremt allvarlig	Konventionell vård knappast meningsfull

Med effektiv, modern intensivvård är prognosen dock bättre än vad tabellen visar. Sålunda har en person, vilken beräknades ha erhållit 6 700 mSv och vilken således var tillhörig grad IV, överlevt.

De patienter som bedömdes ha strålskador av grad II eller högre lades in för sjukhusvård och åtgärder vidtogs för att motverka infektion utifrån. Sjukrummen tvättades och desinficerades, personalen tvättade händerna innan de gick in i sjukrummen, patienterna bytte underkläder minst en gång per dag, skor torkades av, UV-lampor användes för att rena luften etc. (se sid 40.)

BILD

BILD

14 och 15. *Med modern intensivvård med infektionssluss, särskild hand- och klädhygien, antibiotika och ev tillförsel av blodprodukter skiljer sig värden av strålskadade inte så mycket från den som ges vid andra blodsjukdomar. Utsikterna att bli återställd är mycket bättre än förr.*

Genom dessa åtgärder kunde man hålla antalet bakterier under 500/m³ i rumsluften. Maten som serverades var den vanliga med undantag för att bli råa grönsaker och frukt utelämnades. För att förebygga infektioner med tarmbakterier gavs läkemedel som steriliserar tarmen.

I de fall där feber ändå uppträdde och infektioner misstänktes, gavs intravenöst en kombination av två eller tre sk bredspektrumantibiotika. Febern reducerades hos hälften av patienterna. Om ingen effekt erhöles gavs gammaglobulin, medel mot svampinfektioner samt medel mot vissa virusinfektioner. Virusinfektion i slemhinnorna (herpes simplex) sågs hos en tredjedel av patienterna med strålsjuka av svårighetsgrad III och IV.

Med denna behandling förekom inga dödsfall som berodde enbart på infektioner, inte ens vid mycket allvarlig strålsjuka, om denna inte samtidigt komplicerades av brännskador i huden, av tarmskador, av sk strålpneumonit

(en lunginflammation som inte beror på infektion utan på strålningen) eller av biverkningar till benmärgstransplantationer.

Trombocyt-transfusioner, dvs injektioner med blodplättar, visade sig vara en viktig del av behandlingen om blödningar blev ett påtagligt problem. Man anlätade sju blodcentraler, vilket sades motsvara behovet. Några andra typer av blodtransfusioner behövdes sällan. Röda blodkroppar tillfördes endast i fall där blödningarna varit omfattande.

Benmärg transplanterades då lymfocytantal och kromosomavvikelser antydde höga stråldoser. Alla utom två av de patienter som fick benmärgstransplantat avled av biverkningarna till transplantationen. De ryska läkarnas slutsats är att transplantation skall företas endast undantagsvis och endast hos patienter, vilka säkert utsatts för mer än 6 000 - 8 000 mSv bestrålning av hela kroppen. (Omedelbart efter olyckan fördes en kort men resultatlös förhandling om att utan transplantation vårda patienterna i Stockholm.)

Inflammation i munnen

Svullnad av slemhinnor och ömhet i tandköttet förekom. Infektioner med herpesvirus kunde förorsaka massiva skorpor på läppar och i ansikte. Cirka 30 procent av patienterna med allvarliga benmärgssyndrom uppvisade sådana skador. I de allvarligaste fallen kunde också en spottkörtelsvullnad och salivbrist observeras. Ansvällningen av parotiskörteln gick snabbt tillbaka under det att salivproduktionen återhämtade sig mycket långsamt.

Dödsorsaker

Inalles avled 31 personer som en omedelbar följd av olyckan. Två omkom redan vid branden, varav dock endast en kunde återfinnas. I 19 av de övriga 29 dödsfallen spelade hudskadorna en väsentlig roll och i fem av de 19 fallen kunde dödsorsaken i allt väsentligt tillskrivas hudskadorna. Betabrännskadorna hade sannolikt kunnat förebyggas med lämpliga skyddskläder (se bild 16, sid 44).

I sju fall berodde döden främst på vad som har bedömts vara en strålpneumonit.

I sex fall kunde dödsorsaken främst tillskrivas komplikationer vid transplantationer av benmärg. I ett fall var orsaken enligt uppgift chock i samband med en blodtransfusion.

Tabell 2 Dödliga doser (Ur rapport från Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 1988)

Degree of severity of ARS	Case number	Bone marrow dose	Treatment (Gy) ¹	Day of death ²	Cause of death
II	33	4.1		96	Infection, renal hepatic insufficiency and skin injuries
III	5	4.4	BMT	34	Infection, post-transplantation immunosuppression

	7	4.7		18	Skin injuries, post-transfusion shock
	24	3.7		23	Thermal and radiation burns
	25	5.7		16	Thermal and radiation burns
	28	6.4	BMT	48	Infection, graft-versus-host disease
	30	5.5	BMT	21	Bleeding from mechanical injury during catheterization
	34	5.8		48	Respiratory insufficiency, cerebral oedema
IV	1	6.6	BMT	25	Toxicity, respiratory insufficiency
	2	9.2	BMT	15	Skin and lung injuries
	3	12	BMT	17	Skin and intestinal injuries
	4	11.8	BMT	18	Skin and intestinal injuries
	6	7.5	BMT	86	Infection, graft-versus-host disease
	8	8.3	LCT	30	Toxicity, respiratory insufficiency
	9	9.7		23	Skin and lung injuries
	10	11.1	LCT	14	Skin and intestinal injuries
	12	9.3		24	Lung injuries
	14	10.9	LCT	18	Skin and intestinal injuries
	15	>10	LCT	14	Skin and intestinal injuries
	16	10.1	BMT	91	Infection, graft-versus-host disease
	17	10	BMT	18	Skin and intestinal injuries
	20	12.4	LCT	17	Skin and intestinal injuries
	23	13.7	LCT	15	Skin and intestinal injuries
	26	12.5		20	Skin and intestinal injuries
	27	8.3	BMT	24	Lung injuries
	31	6.7		32	Respiratory insufficiency, cerebral oedema
	62	6.1		21	Radiation burns (skin injuries)
	2097	10.2		10	Skin and intestinal injuries

(Kiev)

ARS = acute radiation syndrome BMT = bone marrow transplantation LCT = liver cell transplantation

Slutsats

I den tidigare litteraturen rörande strålskador utgår man genomgående från en förenklad bild. Man förutsätter inte sällan att den enda bestrålningstypen som kan förekomma är en kortvarig helkroppsbestrålning från externa gammastrålkällor. Tjernobylolyckan visar emellertid att beläggning med betastrålande damm, hudbestrålning och hudbrännskador är viktiga komplicerande faktorer. I Tjernobyl slapp man å andra sidan i flertalet fall inandning av större mängder radioaktivt material. Denna "tur" kan man nog inte alltid räkna med.

BILD

16. Personalen hade under räddningsinsatsen inte skyddsdräkt. Vissa av dem kom i kortbyxor direkt hemifrån. Betastrålade partiklar kunde därför skada huden. Kroppen får inte överallt samma stråldos. De två bilarna skyddar t ex från gammastrålning från den skadade reaktorn.

Fyra slutsatser kan dras med ledning av erfarenheterna från Tjernobyl, när det gäller behandling av strålskador:

1. All väsentlig bestrålning härrör inte från externa gammastrålkällor. Såväl lokala stråldoser som andra stråltyper kan förekomma.
2. Det är osannolikt att alla delar av kroppen får samma stråldos.
3. Med moderna behandlingsmetoder kan man rädda många som fått betydligt högre stråldoser än man tidigare ansåg behandlingsbara.
4. Benmärgstransplantationer bör användas endast i utvalda fall där man är säker på att mottagarens hela benmärg är utslagen och att transplantatet är histokompatibelt, d v s passar till mottagarens "celltyp"

Tidiga sjukvårdsåtgärder

Enligt de sovjetiska rapporterna bedrevs en mycket omfattande skyddsverksamhet i Ukraina efter olyckan. Tiotusentals barn undersöktes och en miljon blodprov togs. Tvåhundra ambulanser fördes till olycksområdet, där cirka 2 000 läkare och 1 000 medicinstudenter arbetade.

Av de från Tjernobylområdet evakuerade människorna klagade många över illamående som de trodde berodde på den stråldos de fått. Många av dessa undersöktes på sjukhusen, men endast ett fåtal av dem behövde kvarstanna för observation.

Enligt en rapport från Sovjet i januari 1989 hade dittills cirka en miljon människor, som varit oroliga för att de fått för hög stråldos, undersökts. Av dessa uppgavs att cirka 32 000 fått "medicinsk behandling".

Hälsovårdsministern Romanenko uppgav vid sammanträffandet med Brandsjö i Kiev februari 1987 att cirka 80 000 registrerade personer, som kunde misstänkas ha fått för höga doser, fortlöpande skulle kontrolleras vid det nyupprättade forskningscentret för strålskador vid universitetssjukhuset i Kiev under flera årtionden.

Jod i tablettform gavs i engångsdoser; 250 mg till vuxna, 125 mg till större barn och 60 mg till småbarn. Få biverkningar rapporterades. En 10-20 gångers reduktion av stråldosen till sköldkörteln från radioaktiv jod, som annars skulle tagits upp i körteln, kan nås om jod tillförs senast inom 4-5 timmar. Om utsläppet pågår länge blir jodprofylaxen verksam även senare.

Dosraterna under de första dygnet var otomhus i Pripjat 1-10 mSv/timme. I genomsnitt fick invånarna i staden Pripjat omkring 30 mSv innan de evakuerades (genomsnittssvensken får normalt 5-7 mSv/år). Trots jodtabletter fick barn i genomsnitt 1 000 mSv till sin sköldkörtel.

Åtgärdsnivån (den nivå där någon form av åtgärder måste vidtas) för totalt cesiumintag var 11 000 Bq/dygn, vilket ger en årsdos av cirka 70 mSv. Ungefär 30 procent av den totala stråldos, som de ukrainska invånarna utsattes för, härrörde år 1989 från med födan intaget cesium. Uppgifter har före-

kommit om att de sanitära åtgärderna har minskat den interna dosen tio gånger och den externa två till tre gånger.

BILD

17. Medicinskt omhändertagande av befolkningen. Mätning av radioaktivitet i sköldkörteln.

Strålningsberäkningar

Efter olyckan hade man problem att mäta graden av radioaktiv förorening. Eftersom lägsta uppmätta strålning var en miljon gånger lägre än den högsta räckte inte instrumentens mätområden till. Vissa instrument visade således fyra gånger för höga värden. De första uppskattningarna av de doser människorna fått var överskattade med mellan fem och tio gånger.

Olika uppgifter har förekommit i litteraturen rörande mängden radioaktiva ämnen, som frisläpptes från den havererade reaktorn. En källa anger cirka 10^{18} ("miljarder miljarder") Bq total; varav omkring en tiondel cesium. Andra anger två olika uppgifter, där enligt den ena $4,4 \times 10^{17}$ Bq av Jod 131 skulle ha frisatts under de första 10 dagarna, dvs 26 april till 5 maj, 1986. Enligt den andra källan skulle totals $1,9 \times 10^{17}$ Bq ha släppts ut med nedanstående sammansättning av några av de viktigaste ämnena:

Jod 131	$2,0 \times 10^{14}$ Bq
Cesium 134	$2,5 \times 10^{16}$ Bq
Cesium 137	$5,0 \times 10^{16}$ Bq
Strontium 90	$9,0 \times 10^{15}$ Bq
Plutonium 239 och plutonium 240	$7,0 \times 10^{14}$ Bq

Sammanlagt läckte 60 miljarder Bq cesium och 25 miljarder Bq strontium ut i Kievs vattenreservoar under de första 18 månaderna. Initialt höll vattnet 7-8000 Bq/l av jod, barium och zirkonium, vilket snabbt sjönk till 3 000 Bq/l och 1988 till normala värden i dricksvatten och i floder. I Svarta Havet steg mängden inte över 0,5 Bq cesium per liter. De radioaktiva isotopernas förekomst i födoämneskedjan och den därav följande interna kontaminationen av människor är föremål för mätningar.

Det finns betydande skillnader mellan å ena sidan Tjernobylyolyckan och å den andra de 284 tidigare kända, mellan 1944-1987 inträffade radiakolyckorna i världen, av vilka endast Harrisburgolyckan utgör en kärnkraftolycka. Här inkluderas inte de två radiakolyckorna i Uralområdet 1949 och 1957, vilka delvis var okända för västvärlden då denna text skrevs. Totalt har 1 358 personer bestrålats och 33 avlidit. Omedelbart efter Tjernobylyolyckan evakuerades 135 000 personer (jfr även sid 50). Dessa skall ha bott i 12 000 bostäder inom en radie av 30 km från reaktorn.

48

Vid de tidigare olyckorna har totalt endast 620 människor fått över 250 mSv helkroppsdos. Vid Tjernobylyolyckan var antalet dre- mot 24 200, var- till kommer 203 personer som fick över 1 000 mSv (dosen uppskattad enligt patientens kliniska symtom och geografiska position i olycksögonblicket). Bland dessa 203 personer fördelade sig stråldoserna enligt nedanstående ta- bell:

Till sjukhus i		Stråldoser	Antal dödsfall fram till den 25 augusti 1986*)
Kiev	Moskva	mSv	
2	20	6 000-16 000	21
2	21	4 000- 6 000	7
10	43	2 000- 4 000	1
74	31	1 000- 2 000	0

*) Ytterligare två omkom i direkt anslutning till olyckan

När det gäller de 24 000 personer som evakuerades från området utanför Pripjat, men inom en radie av 15 km från kraftverket, har uppgivits en medeldos av 450 mSv. Kollektivdosen har uppgivits vara nära 11 000 manSv.

Enligt uppgift från hälsovårdsministeriet i Kiev hade fram till februari 1987 cirka 18 000 personer av dessa undersökts på sjukhus i Kiev för befara-
de strålskador. I samtliga fall hade konstaterats att ingen utsatts för en stråldos överstigande 1 000 mSv. Ett fåtal av dessa hade dock varit inlagda på sjukhuset för konstaterad blodförändring.

Åtgärdsnivåer

Den av ICRP rekommenderade högsta tillåtliga stråldosen gäller i allmänhet planerade situationer och livslånga bestrålningar och kan därför inte alltid användas efter olyckor.

I litteraturen finns dock nedre (önskvärda) och övre (obligatoriska) åtgärdsnivåer för exempelvis evakuering (100-500 mSv kroppsdos och/eller 300-1 500 mSv till enstaka organ) eller för att ge jodtabletter (50-250 mSv till sköldkörteln).

De ryska erfarenheterna tyder på att om det finns 600 000 Bq cesium per kvadratkilometer betesmark fås cirka 370 Bq per liter mjölk (i Sverige var gränsvärdet 30 Bq/l), 700 Bq/kg kött (i Sverige var gränsvärdet 300) och lika mycket per kg spannmål.

I Ukraina uppges följande ha gällt: Efter en persondos av 50 mSv eller 2,5 miljoner Bq/m² måste människor flytta från Tjernobylområdet. Efter 250 mSv fick de stanna borta i 5 år. Reaktoroperatörer som 1986 hade fått 250 mSv har dock tydligen ibland ändå fått fortsätta arbeta, bl a för att det inte var möjligt att rekvirera tillräckligt med personal från andra kraftverk. Dosserna var 1986 maximalt 250 mSv och 1987 50 mSv, men medeltalet endast 15 mSv. Möjligt är att man förutom dosimetrar även använt sig av uppskattade värden på tid och bakgrund vid beräkning av stråldoser.

Åtgärdsnivå för återflyttning

Enligt tillgängliga uppgifter har man i Ukraina följt två olika principer:

1. Då strålningsnivån kommit ned till en nivå motsvarande dubbla bakgrundsstrålningen inom ett område tilläts återflyttning.
2. Maximalt tillåten dos inom en 30 km zon kring kärnkraftverket var 5 mSv/år. Man räknar i Ukraina emellertid inte med att kunna nå ned till denna dosrat inom 10 år

Redan 1987 hade flera av de civila 135 000 evakuerade börjat återvända till sina hemorter och antalet återflyttade uppgick 1988 till cirka 30 000. De psykosociala problemen (skolor, service, kamrater, lek m m) hade härvid betraktats som minst lika viktiga faktorer som strålningen.

Radioaktivt nedfall har påvisats även i Vitryssland och i ryska rådsrepubliken i de delar som gränsar till Ukraina. Nedfallet skulle där kunna ge 15 mSv per år till de sammanlagt 270 000 invånarna. Vissa av dem har därför evakuerats. På så sätt har antalet evakuerade ökat till sammanlagt omkring 200 000.

De bostäder som numera är bebodda ligger i ett par orter på 18 respektive 50 km avstånd från kraftverksområdet. De anställda arbetar bara 15 dagar/mån. Runt reaktorenheterna 5 och 6 uppmättes 1988 fortfarande högre aktivitet än 0,002 mR/tim (kan till de anställda ge cirka 0,2 mSv/år).

Som nämnts var undsättningsbrigader, bestående av omkring 10 000 man, verksamma fram till oktober 1986. Därefter bildades ett kombinat som svarade för såväl drift av kraftverket som för mätningar och dekontaminering. Transport, hälsovård, mat etc har därefter också skötts av kombinatet.

År 1988 uppmättes i Tjernobylområdet av Reizenstein följande aktivitetsnivåer: I Pripjat var aktiviteten i luft 0,1 mR/timme och på marken 0,2 mR/timme. Utanför statliga kommissionens kontor i Tjernobyl var aktiviteten 0,01 mR/timme. Cirka 200 m från "sarkofagen" uppmättes 10 mR/timme. Här var, i motsats till i Pripjat, aktiviteten vid marken densamma som den i luft. I en buss cirka 3 km norr om "sarkofagen" uppmättes 3 mR/timme. 1989 uppmättes på vissa ställen fortfarande upp till 0,5 mR/timme.

Tröskeldoser eller ej?

Effekter som cancer och genetiska skador brukar betecknas som stokastiska (slumpartade). Härmed menar man skador, som ökar i antal men inte i allvarlighetsgrad vid kraftigare exposition. Skadan blir alltså densamma (t ex en och samma tumörform) men antalet människor som drabbas ökar med ökande stråldoser.

De stokastiska skadorna saknar definitionsmässigt tröskeldoser under vilken strålningen är ofarlig. Skador kan därför uppkomma efter obegränsat låga stråldoser, men sannolikheten för detta avtar naturligtvis med dosen. I en befolkning där människorna under en kort tidsperiod bestrålats med i medeltal 1 000 m Sv anses cirka 10 procent komma att som följd av bestrålningen senare drabbas av dödlig cancer någon gång under de 80 år som följer efter bestrålningen. Om dosen sänks minskar dock risken snabbare än dosen. Vid en dos på 10 mSv blir risken att dö i cancer inte 0,1% utan 0,05% på 80 år.

Andra, mer akut uppträdande skador, kräver i allmänhet en viss minsta stråldos för att kunna manifestera sig. I dessa fall ökar inte bara förekomsten av skador med ökande stråldos utan också deras svårighetsgrad. Sådana, icke stokastiska skador brukar man kalla deterministiska.

Stokastiska effekter kan således uppträda efter lägre stråldoser än vad som fordras för att åstadkomma deterministiska skador. Det är därför stokastiska risker blivit gränssättande för våra strålskyddsnormer. De stokastiska skadorna omfattar som nämnts inte bara tumörsjukdomar utan också genetiska skador. Men av flera skäl kan inte de genetiska riskerna läggas till grund för högsta, tillåtliga stråldoser, utan dessa baseras på risken för cancer.

BILD

18. Tröskelvärde - eller ej?

En viktig fråga är om det ändå inte finns någon tröskeldos, dvs en stråldos under vilken strålningen med bestämdhet kan sägas vara ofarlig. I befolkningsgrupper, som utsatts för låga doser, t ex vissa av invånarna i Hiroshima och Nagasaki, har man av statistiska skäl inte kunnat påvisa någon ökning i cancer efter doser under 100 mSv. Detta betyder emellertid inte, att man hittat en tröskeldos under vilken inga effekter kan uppkomma utan bara att man inte kan bevisa att skador kan uppstå efter så låga doser. Det är bara en statistisk "vit fläck" i våra möjligheter att påvisa små avvikelser från en normal sjukdomsfrekvens. Inom strålskyddet har man därför mer eller mindre tvingats anta, att varje stråldos, hur liten den än må vara, medför en risk, som minskar med dosen i den takt, som ovan angetts.

Strålskador på ärftlighet och foster

Genetiska (ärftliga) skador och sådana skador som inte uppstår i arvsmassan men i fostrets vävnader uppträder bägge som medfödda defekter, vilka ibland kan iakttas hos det nyfödda barnet men inte sällan upptäcks först i senare skeden av livet. Ibland kan det således vara svårt, att enbart av skadans typ avgöra ifall det rör sig om en genetisk effekt eller en fosterskada. Likheterna är sannolikt orsaken till att de båda skadetyperna så ofta blandas ihop och att därför missförstånd uppstått. Men för att man skall kunna förstå strålskadornas orsak och konsekvenser är det absolut nödvändigt, att de två skadetyperna åtskiljs.

Den genetiska skadan har uppstått i arvsmassan hos tidigare generationers könsceller, dvs i mannens spermier eller kvinnans äggceller eller i dessas förstadier, under det att fosterskadorna har inducerats direkt i fostret. Det anses också föreligga en principiell skillnad mellan de båda effekterna i det att den genetiska skadan sägs vara stokastisk under det att fosterskadan är deterministisk (se sid 52). Data har betydelse för vår uppfattning om hur speciellt de låga stråldoserna kan utöva respektive verkningar.

Genetiska strålskador

Det är mycket svårt att påvisa en ökning av antalet genetiska skador i en befolkning, som exponerats för joniserande strålning. Främst beror denna svårighet på att medfödda, ärftliga skador redan normalt är vanliga hos människan och att många ärftligt betingade skador helt enkelt inte kan åstadkommas med strålning. De har en alldeles för komplicerad uppkomstmekanism för att strålningen ensam skall kunna åstadkomma dem eller öka deras förekomst i nämnvärd utsträckning. Man har därför tvingats tillgripa djurförsök för att kunna få data, som sedan med varierande grad av säkerhet överförs till människan.

Däggjurens arvs massa består av ett stort antal gener, som var och en styr skapandet av en viss egenskap hos cellen och därmed hos det organ, som cellerna bygger upp. Generna består av mycket stora nukleinsyramolekyler som är inbyggda i kromosomer. Dessa kromosomer kan med lämpliga färgningar göras synliga i mikroskop i samband med cellens delning. Med olika färgmetoder kan man särskilja den delande cellens kromosomer med avseende på form och struktur. Människan har 23 kromosompar, dvs 46 kromosomer, som två och två är varandra lika men där paren skiljer sig från varandra i form och struktur. Genetiska skador kan antingen omfatta en enda gen - mutation - eller bestå i strukturella och numeriska förändringar av kromosomerna. De former av genetiska sjukdomar som kan uppstå, exempelvis vid bestrålning, brukar uppdelas i tre grupper:

1. Dominanta sjukdomar (jämför s k könskromosom-länkade sjukdomar),
2. Recessiva sjukdomar
3. Kromosomala sjukdomar av strukturell och numerisk typ.

Med dominanta sjukdomar menas att de kan överföras till efterföljande generationer av den ene av föräldrarna. För överföring av recessiva sjukdomar krävs att bägge föräldrarna bär på samma genetiska skada. De kromosomala sjukdomarna beror på förändringar av kromosomernas struktur eller antal. Ett exempel på det senare är mongolism (Down's syndrom). Sannolikheten för att strålning skall ge upphov till numeriska kromosomskador anses av Förenta Nationernas vetenskapliga strålkommitté (UNSCEAR) vara försumbar. Däremot kan strukturella skador i viss utsträckning induceras av strålning.

UNSCEAR har genom åren försökt uppskatta risken för genetiska strål-skador. Man har härvid använt två metoder som huvudsakligen är baserade på djurförsök. Den ena är en direkt metod. Den andra är den numera i risk-sammanhang vanligen använda metoden, som bygger på antagandet av en fördubblingsdos, dvs en stråldos som fördubblar det normalt förekommande antalet mutationer.

Fördubblingsdosen har hos människa uppskattats till 1 000 mSv om den avges "långsamt" (låg dosrat) under en generation, dvs under en 30-årsperiod. Vid akuta kortvariga bestrålningar är fördubblingsdosen cirka 300 mSv. På grundval av den antagna fördubblingsdosen har man beräknat att 1 000 mSv, avgivet under en generation ökar antalet genetiska skador med cirka 0,2 procent i den första generationen barn och med totals cirka 1 procent i alla generationer inklusive den första, vilket är liktydigt med att säga, att om man bestrålar en population kontinuerligt, generation efter generation, med 1 000 mSv till varje generation, uppnår man så småningom ett "mättnadsvärde" om cirka 1 procent genetiska skador i varje generation.

De flesta medfödda, genetiskt betingade skador, har emellertid många olika orsaker. När det gäller dessa liar strålningen mycket liten verkan, vilket tillsammans med en mängd andra bedömningssvårigheter har gjort, att man i 1988 års UNSCEAR-rapport tvingats avstå från att beräkna någon frekvensökning för sådana sjukdomar till följd av bestrålning.

Den mest omfattande undersökning av genetiska stråleffekter i en befolkning som någonsin har utförts rör de japanska barn som fötts av föräldrar i Hiroshima och Nagasaki. En av grupperna bestod av barn, vars föräldrar exponerats för strålning från bomberna. Den sammanlagda medeldosen till könskörtlarna i gruppens föräldrar låg mellan 400 och 500 mSv. De två andra, lika stora, grupperna (kontrollgrupperna) bestod av barn, vilkas föräldrar antingen uppehöll sig på så stort avstånd från bombernas "nollpunkter" att stråldoserna varit försumbara eller vilkas föräldrar inflyttat till städerna efter det bomberna fällts.

En hel rad olika indikatorer på genetisk skada studerades såsom medfödda, direkt iakttagbara defekter, missfall och födsel av döda barn samt tidig barndödlighet, barncancer, kromosomala defekter och sådana ändringar i cellernas äggviteinnehåll, som kan ha orsakats av specifika mutationer. Man kunde inte se någon ökning av sådana förändringar i den bestrålade gruppen jämfört med dem man iakttog i kontrollgrupperna. Fortfarande, 43 år efter bombfällningarna, då undersökningarna avslutats, kunde man inte finna någon ökning av någon enskild, genetiskt betingad sjukdom.

Men sammantaget, om alla, även betydelselösa, förändringar läggs samman, antyder resultaten en liten, men fortfarande inte statistiskt säkerställd, ökning av skadefrekvensen bland barnen till bestrålade föräldrar jämfört

med vad fallet är i de andra två grupperna. Undersökarna har beräknat att fördubblingsdosen, så som den kan baseras på de gjorda iakttagelserna, ligger någonstans mellan 1 450 och 2 550 mSv. Nu var det ju i Japan fråga om en kortvarig bestrålning och de japanska siffrorna kan således jämföras med den av UNSCEAR uppskattade kortvariga fördubblingsdosen för möss, som är 300 mSv. De genetiker som räknat fram de japanska siffrorna konstaterar, att människan tycks vara avsevärt mindre genetiskt känslig för bestrålning än musen och att således UNSCEAR's siffra i varje fall inte underskattar den genetiska strålriskerna för människan.

En slutsats vi kan dra av UNSCEAR's mycket försiktiga beräkningar och det japanska resultatet är, att vi inte kan vänta oss en påvisbar ökning av frekvensen genetiska skador bland barnen till de föräldrar, som bestrålats till följd av Tjernobylolyckan. Härtill är doserna alltför små.

Strålframkallade fosterskador

Efter olyckan i Tjernobyli har en rad uppgifter publicerats från Sovjetunionen och andra länder rörande ökad förekomst av fosterskador bland nyfödda människor och djur.

Två saker bör påpekas i detta sammanhang. De skador man får efter bestrålning av foster yttrar sig genomgående i en deformation, en minskning eller en förlust av någon kroppsdel. Även om det teoretiskt inte är uteslutet att anlagsstörningar skulle kunna leda till att lemmar förstoras eller blir fler än normalt (flera huvuden, tår etc) tycks man inte ha sett sådana effekter efter bestrålningar av djurfoster. Det är således svårt att tro, att rapporterna om tvåhövda och fembenta djur i Sovjetunionen skulle ha orsakats av strålningen från Tjernobyli, vilket har påståtts i en del tidningar. Det är inte den typen av skador man kan vänta sig efter fosterbestrålning.

Liksom fallet var när det gällde genetiska strålskador, är erfarenheterna från Japan vår främsta informationskälla rörande strålframkallade, humana fosterskador.

Mot bakgrund av vad som iakttagits hos djur, har det väckt en viss förvåning, att många av de i djur iakttagna effekterna inte kunnat observeras bland de japanska barn som bestrålades i moderlivet 1945. Det som vänt kommer närmast de skelettförändringar man påträffat hos djur är den något mindre kroppslängd och kroppsvikt man kunnat konstatera bland en del av dessa barn i jämförelse med vad fallet var bland de obestrålade barnen i Hiroshima och Nagasaki. I genomsnitt blev de bestrålade barnen som vuxna 2,25 cm kortare och vägde 3 kg mindre än de obestrålade. Än allvarligare var att i en del fall man också funnit ett minskat huvudomfång. Av 247 undersökta barn, som liksom bestrålats i moderlivet, uppvisade 50 en minskad skalldiameter. Dessa 247 barn hade exponerats någon gång mellan den 3:e och 17:e graviditetsveckan. I senare stadier av graviditeten, eller före den 3:e graviditetsveckan, kunde ingen statistiskt säkerställd minskning av huvudomfånget observeras.

Det förelåg emellertid en överraskande skillnad härvidlag mellan barnen i Hiroshima och i Nagasaki. I Hiroshima kunde minskningen i skalldiameter statistiskt säkerställas för barn som exponerats för mer än 200 mSv under det att ingen sådan minskning kunde konstateras i Nagasaki. Där krävdes stråldoser överstigande 1 500 mSv för att en minskning av huvudomfånget

skulle kunna påvisas. Skillnaden kan inte enbart förklaras med det svagare statistiska underlaget i Nagasaki. Det kan påpekas, att motsvarande skillnader när det gäller andra strålskador (t ex cancer) också föreligger, om än inte så markanta, mellan de bägge städerna. Någon orsak till denna skillnad i strålkänslighet är inte känd.

Den allvarligaste strålskadan i människofostret är tveklöst den uttalade mentala retardation, som många av de i moderlivet bestrålade barnen uppvisat. Den har bl a yttrat sig i svårigheter att följa en normal skolgång. Intelligensförskjutningen var speciellt framträdande bland de barn som bestrålats någon gång mellan den 8:e och 16:e graviditetsveckan. Bestrålning före den 8:e veckan eller efter den 25:e veckan gav inga sådana effekter. I undersökningen ingick 1 539 barn varav 473 exponerats för mer än 50 mSv under embryonal- eller fosterperioden.

Man har inte kunnat fastlägga om det här förelåg någon tröskeldos (d v s en dos under vilka inga effekter kan förekomma) eftersom antalet drabbade barn varit alltför lågt. Men författarna till dessa japansk-amerikanska rapporter anser att en tröskeldos finns. Det finns också strålningsbiologiska skäl, som talar för att det existerar tröskeldoser för strålframkallade fosterskador. Men var en sedan tröskeldos i så fall ligger för människofoster, kan vi idag inte säga, mer än att den måste vara låg, sannolikt lägre än 500 mSv. Det skall här påpekas, att det i Japan rört sig om akuta kortvariga bestrålningar

En intressant fråga i sammanhanget är om den mentala retardationen kan sammankopplas med det minskade huvudomfånget. Både en ökad förekomst av förminskat huvudomfång bland de mental skadade barnen och den gemensamma tidpunkten i fosterutvecklingen för de båda skadetypernas uppträdande, antyder att det föreligger ett samband.

I ett föredrag inför den sovjetiska akademien för medicinska vetenskaper (21-23 mars, 1989) redogjorde Sovjetunionens representant i UNSCEAR, professor L.A. Ilyin för sina beräkningar av den på grund av Tjernobylyolyckan ökade risken för mental retardation bland i moderlivet bestrålade barn. Han var noga med att påpeka osäkerheten i dosberäkningarna. Under det första året efter olyckan antyde beräkningarna att den normala förekomsten av mental retardation skulle kunna öka med 0,038 procent till följd av den externa strålningen. I all framtid skulle, totals sett, antalet fall av mental retardation öka med 0,004 procent. Det säger sig självt, att så låga siffror aldrig kan verifieras. Tjernobylyolyckan kommer alltså med största sannolikhet inte att leda till en påvisbar ökning av antalet barn med allvarlig, mental retardation.

Rapporter om fosterskador som tillskrivs Tjernobylyolyckan

I Sverige har Socialstyrelsen granskat abortfrekvens och antalet havandeskap före och efter olyckan i Tjernobyly. Man har konstaterat att det inte finns "...hållpunkter för att någon biologisk effekt kan ses av det radioaktiva utfallet på de graviditeter, som pågick vid olyckan". Hittills har inte heller sådana effekter setts på graviditeter, som påbörjats efter olyckan.

I Norge har undersökningar utförts avseende skador på det centrala nervsystemet hos barn födda under perioden 1 maj 1986 till 1 juni 1987. Undersökningarna, som letts av professor Irgens vid Haukelands sjukhus i Bergen, har antytt en 15-20 procentig ökning av antalet medfödda nervskador bland barnen. Denna ökning är emellertid inte statistiskt säkerställd. Chefen för det norska skyddsinstitutet, Johan Baarli, har påpekat att medelvärdet på stråldosen från nedfallet från Tjernobylyolyckan endast var cirka 10 procent av dosen från den naturliga bakgrundsstrålningen i Norge, d v s cirka 0,5 mSv. Betydelsen av denna ökning måste rimligen vara liten.

I Finland har man konstaterat en förhöjning av antalet för tidigt födda barn inom de områden, som varit mest utsatta för radioaktivt nedfall från Tjernobylyreaktorn. I en artikel i British Medical Journal drar emellertid T. Harjulehto och medarbetare från Institutionen för patologi och folkhälsa vid Helsingfors universitet och från Finlands Centrum för strålnings- och nukleärsäkerhet, samma slutsats som Dr Baarli i Norge. De låga stråldoser det här rört sig om kan inte rimligen ha förorsakat de alltför tidiga födslarna i Finland.

I Sovjetunionen har förekommit ett flertal tidningsartiklar om påstådda medfödda skador, som satts i samband med Tjernobylyolyckan. Den journalist som kanske framför allt behandlat ämnet är Alexander Abdullin. Denne rapporterar om medfödda, mycket spektakulära missbildningar hos kalvar och grisar i ett kollektivjordbruk nära Tjernobyl. Om detta kan följande sägas:

Stråldosen i de här områdena har varit mindre än 10 mSv/år. Vid en så låg dos har man hittills aldrig sett medfödda fosterskador hos djur, inte ens om hela denna årsdos givits under den korta känsliga period, då organen bildas. De rapporterade skadorna är också betydligt mer spektakulära än vad man brukar kunna se efter fosterbestrålningar. En del av dem är av en typ, som knappast kan åstadkommas genom bestrålning.

Skall man i försök få fram en påvisbar ökning av fosterskador måste doserna under den korta tid organbildningen pågår i fostren vara 25 till 50 gånger högre än dosen varit under hela året i de områden där de skadade djuren fötts. Dessutom har de övriga 17 kollektiverna i området gått fria från fosterskador bland husdjuren under denna tid, trots att stråldoserna bär varit lika höga som i det drabbade kollektivet. Medfödda skador bland kalvar och grisar har rapporterats vara rätt vanliga i traktens kollektivjordbruk, vilket av ryska veterinärer förklarats med att avelsarbetet varit dåligt och fodret saknat vissa av de för ett optimalt avelsarbete nödvändiga ämnena (framför allt en del viktiga spårämnen). Dessutom har inte sällan förhöjda halter av giftiga substanser kunnat påvisas i fodret.

Svensk sakkunskap har bekräftat att vi i Sverige för inte så länge sedan hade liknande problem med fosterskador bland grisar, kalvar och höns på grund av såväl olämpligt sammansatt foder som förekomsten av vissa svampgifter. De sovjetiska experter, som uttalat sig om tidningsuppgifterna efter olyckan, har också varit eniga om att de rapporterade skadorna bland de nyfödda djuren i området inte kan ha orsakats av det radioaktiva nedfallet från reaktorolyckan.

Slutsats

Även om man tillämpar den pessimistiska hypotesen om att all strålning är farlig, dvs att det inte finns någon tröskeldos under vilken strålning är ofarlig, är det högst osannolikt, på gränsen till uteslutet, att vi någonsin skall kunna verifiera en ökning av antalet genetiska skador eller missbildningar, som kan tillskrivas bestrålningen av foster.

Riskerna för leukemi och cancer

Det är djupt tragiskt att olyckan i Tjernobyl akut kostade 31 människor livet och skadade mer än 200. Men därutöver skapade den stora problem genom att en risk uppstod för leukemi och cancer som efter många år kan drabba de människor som berörts av radioaktivt utfall. Det är också detta som har motiverat de omfattande evakueringarna och saneringarna. Om vi bortser från de människor som befann sig inom 15 km-radien kommer vi dock troligen aldrig att kunna påvisa en sådan ökning av cancerfrekvensen.

BILD

19. Latensstider för strålningsframkallad cancer hos barn (Källa: New Scientist, 7 januari 1988).

Låga stråldoser

Den "normala" bakgrundsstrålningen i Sverige uppgår i medeltal till 5–7 mSv per år, varav cirka 4 mSv härrör från radon i bostäder. De lokala variationerna är dock stora.

Få frågor har studerats så noga, så ofta och så vetenskapligt ambitiöst som problemen om och i vilken omfattning mycket låga stråldoser kan skada hälsan. Det finns, som tidigare påpekats, inget enkelt svar på hur stor denna risk är.

Å andra sidan finns ännu mer omstridda teorier om att låga stråldoser till och med kan vara "nyttiga", den så kallade hormesis-effekten. Dessa teorier baseras dels på vissa experiment, dels på fyndet att strålning ökar kroppens egna strålskyddande mekanismer. Bl a har man kunnat visa att strålning ökar kroppens förmåga att bilda "avgiftande" enzymer eller enzymer som kan reparera skador i arvsmassan. Man har också kunnat visa att en förbestrålning av celler i provrör med 5 mSv gör att cellerna fördubblar sin motståndskraft mot en senare, större dos. Även motståndskraft mot vissa gifter kan framkallas på det viset. I många fall har författarna till rapporterna om hormesis-effekter själva betonat att man inte utan vidare kan överföra deras fynd, som i regel har gjorts vid cellstudier och i primitiva djur- och växtformer, till människa.

I England och USA har man noggrant undersökt förekomsten av cancer och leukemi bland personer, som bor runt kärnanläggningar. Man har härvid visserligen funnit lokala ansamlingar av vissa tumörsjukdomar och speciellt leukemier bland barn, men det har också varit lika vanligt med områden med oväntat låg cancerfrekvens.

Dessutom har man inte kunnat relatera förekomsten av cancer eller leukemi bland barnen till stråldoserna, som också har varit betydligt lägre än vad som vid tidigare undersökningar visat sig vara nödvändiga för att kunna höja förekomsten av tumörsjukdomar. Man har inte heller påträffat fler fall bland dem som bott närmare anläggningarna än bland dem som bott litet längre bort. Trots att många miljoner människor ingår i dessa engelska och

amerikanska undersökningar har alltså inget framkommit som tyder på en ökad risk för elakartade sjukdomar vid de låga stråldoser det rör sig om här. Efter att denna text först skrevs har en undersökning av anställda vid brittiska kärnkraftverk visat att såväl cancerförekomsten som den totala dödligheten var 20 procent lägre bland anställda vid kärnkraftverk än bland den övriga befolkningen. Ändå kunde man notera fler fall av leukemi bland de anställda som får lite högre doser än bland anställda som får lite lägre.

I en tidigare undersökning i USA påträffades dock inte någon motsvarande ökning i leukemi.

En väsentlig orsak till denna höga variation i fråga om cancer leukemiförekomst är helt enkelt, att vi inte känner alla orsaker till cancer. I Sverige har inte mindre än 11 av våra 24 län så mycket eller så litet cancer, som vi av enbart statistiska skäl skulle kunnat vänta oss se i endast ett av länen. Anorlunda uttryckt; i 11 län (46 %) förekommer sådana extrema antal av cancerfall, som man vid en strikt slumpmässig fördelning endast borde kunnat vänta sig i ett av länen (5 %). Det är därför ofta omöjligt att i befolkningsundersökningar påvisa en låg stråldosverkan med enbart statistiska metoder.

Följande räkneexempel kan kanske belysa svårigheterna med att beräkna effekterna av de råga stråldoserna från kärnanläggningarna i England och USA (för definition av begreppet kollektivdos, som räknas i manSv, och dosenheter, se bilaga 1, "Några grundläggande strålfysikaliska definitioner").

I den stora engelska undersökning, som gjorts av National Radiological Protection Board (NRPB) av 4 miljoner människor boende i grannskapet av kärnanläggningar i Storbritannien har man funnit att medeldosen i medeltal varit 0,04 mSv per år (som jämförelse kan nämnas att i Sverige är medeldosen från den naturliga bakgrundsstrålningen 5 till 7 mSv/år). Detta skulle ge kollektivdosen 160 manSv per år. Enligt de pessimistiska beräkningsgrunder, som internationellt brukar användas för högsta tillåtliga doser vid planerad radiologisk yrkesverksamhet, skulle denna årliga kollektivdos ge cirka 8 dödsfall av cancer per år. Men bland dessa 4 miljoner engelsmän beräknas ändå cirka 9 000 personer att dö i cancer per år även utan något dostillskott. Det är lätt att inse, att en ökning med cirka 8 fall inte kan påvisas.

Både i England och USA har man varit angelägen att påpeka vikten av att de verkliga orsakerna till de stora variationerna i cancer och speciellt i barnleukemier görs till föremål för noggranna undersökningar.

I USA har dödligheten i cancer jämförts i vissa kommuner före och efter igångsättandet av kärntekniska anläggningar inom dessa. Antalet kommuner där dödlig cancer minskade befanns vara lika stor som antalet där den ökade.

Stora jämförande studier har utförts också i Frankrike i omgivningarna till sex kärnkraftsanläggningar utan att man kunnat visa någon ökad leukemiförekomst.

Frågan om foster är speciellt känsliga för joniserande strålning med avseende på uppkomst av cancer har länge diskuterats. Utförda djurförsök kan inte sägas ha givit ett entydigt svar på frågan. Sedan många år har undersökningar pågått vid Enheten för experimentell patologi och riskforskning vid Lantbruksuniversitetet i Uppsala och vid enhetens föregångare vid försvarets forskningsanstalt och Stockholms universitet. Resultaten rörande elakartade tumörer i lungor och sköldkörtel hos möss har visat, att förekomsten

härav inte ökar vid fosterbestrålningar jämfört med vad fallet är i obestrålade djur. Men tumörerna uppträder tidigare efter fosterbestrålning än hos obestrålade djur eller djur som bestrålats i vuxen ålder. Lung- och sköldkörteltumörer är rätt vanliga i den musstam, som använts i försöken, även då djuren inte bestrålats. Det är således inte möjligt att generalisera enbart utifrån de här två tumörtyperna i en viss musstam.

Då det gäller människan har den engelska läkaren Alice Stewart och hennes medarbetare funnit en 50 procentig ökning av tidig cancer och leukemi bland barn som av medicinskt-diagnostiska skäl bestrålats i moderlivet. Det har gjorts liknande undersökningar på andra håll, men Stewarts undersökningar är de mest omfattande.

I 13 olika studier har man undersökt om röntgenundersökningar av, modern under graviditeten kan skada barnen. I vissa av studierna finner man ingen ökad leukemirisk. I själva verket fann man i dessa studier bara 86 procent av den normala risken. I andra studier fann man däremot en ökning uppgående till nästan en fördubbling av den normala risken. Men ökningen i antal har endast i ett undersökningsmaterial varit statistiskt säkerställt.

Det kanske största problemet med tolkningen av sådana undersökningar är, att man inte säkert kan fastslå om det är just strålningen som förorsakat förhöjningen av antalet elakartade sjukdomar bland barnen eller om själva orsaken till att de gravida mödrarna röntgats också varit orsaken till ökningen av barncancern. Det finns även uppgifter om att israeliska barn som fått bestrålning av huvudet (cirka 100 mSv) på grund av en parasitsjukdom och svenska barn som bestrålats för födelsemärken uppvisar en ökad förekomst av vissa tumörer eller hos flickor en försenad utveckling av bröstkörtlarna.

Om foster bestrålats så att de på en gång fått 500 mSv finner man enligt Stewart m fl att 1 procent av dem dött, vanligen av leukemi före 15-årsåldern. Om man under en 30-årsperiod följer individer som bestrålats under fosterstadiet finns resultat som tyder på att redan 100 mSv kan vara en farlig dos. Av dessa uppges 1 procent avlida före 30-årsåldern.

Högre stråldoser

En påvisbar ökning av cancer bland de människor, som utsattes för bombfällningarna över Japan föreligger för stråldoser över 100 mSv. En del undersökningar bland personer, som behandlats med joniserande strålning har bekräftat denna iakttagelse, speciellt om patienterna varit barn.

Bland de drygt 40 000 särskilt undersökta invånarna i Hiroshima och Nagasaki, vilka i genomsnitt fått 295 mSv, uppstod under tiden 1950 till 1985 (36 år) 76 fler fall av leukemi och 405 fler cancerfall än man skulle ha väntat i en obestrålade befolkning. Dessa siffror innebär en 16-procentig ökning jämfört med den tumörförekomst, som obestrålade personer i de bägge städerna uppvisade.

Den bestrålning som japanerna fick motta var av mycket kort varaktighet. Ur ovan angivna siffror kan man emellertid räkna ut, att 100 manSv ger upphov till cirka 4 fall av cancer och leukemi inom en 36-års period. Om man räknar ut vad som kan inträffa i framtiden, dvs under 80 år bland de bestrålade japanerna blir den totala av strålningen orsakade frekvensen av cancer mellan 6 och 10 fall per 100 manSv.

Riskbedömning

För att få en uppfattning om strålriskernas betydelse är det nödvändigt att sätta in dem i ett större sammanhang och jämföra dem med andra risker. Vi hanterar risker vid låga stråldoser mycket försiktigare än vi hanterar andra risker. Skulle man vara lika försiktig med svaveldioxid som med strålning och använda det rätlinjiga samband mellan koncentrationen av svaveldioxid och mortalitet man funnit t ex i Oslo, skulle den högsta tillåtliga koncentrationen av svaveldioxid i vårt land, 0.02 ppm, innebära en dödsrisk, som är ungefär tusen gånger högre än den man tillåter för strålningen från våra 12 reaktorer.

Vid olyckorna i Seveso i Italien (dioxin) och Bhopal i Indien (metylisocyanat), den senare med mer än 2 000 dödsoffer och 100 000-tals skadade, mätte man med andra måttstockar än dem vi använder vid bedömning av strålrisker. Här talades inte mycket om cancerrisker fastän sådana förelåg och föreligger med stor sannolikhet i Indien och med säkerhet i Italien. Som det nu är kan vi alltså inte jämföra strålrisker med andra risker.

Den betydelsefulla frågan är inte om vi kan "garantera" att låga stråldoser är oskadliga. Det kan vi inte. Vi kan däremot säga att riskerna ligger under en viss nivå, vilken i sin tur naturligtvis är avhängig stråldosen. Vi måste ta ställning till om mycket små risker är acceptabla eller inte. Därvid kan det bli nödvändigt att göra vissa jämförelser med risker, som vi i andra sammanhang betraktar som acceptabla eller oacceptabla.

Tjernobylolyckans sena konsekvenser

Vi kan i framtiden räkna med att strålningen från det radioaktiva nedfallet från reaktorn kommer att leda till ett ökat antal fall av cancer och leukemi samt ett ökat antal skador på i synnerhet barns sköldkörtlar. I det senare fallet har redan en förhöjd skadefrekvens rapporterats och vi måste tyvärr räkna med att också ett ökat antal fall av sköldkörtelcancer kommer att kunna konstateras i framtiden, speciellt bland de barn som exponerats. Även om sköldkörtelcancer har låg mortalitet (dödlighet) är sjukdomen självfallet en mycket allvarlig konsekvens av Tjernobylolyckan.

Bland de människor som vistades inom en 15 km radie från den havererade reaktorn, kommer man sannolikt att kunna finna en cirka 10 procentig förhöjning av antalet dödsfall i cancer, om man följer upp befolkningen på samma noggranna sätt som skett i Japan efter Hiroshima- och Nagasaki-bomberna. Någon ökning av antalet cancerfall utanför denna radie kommer knappast att kunna påvisas, eftersom den blir liten i förhållande till den naturliga förekomsten av cancer. I sin rapport från 1988 anger UNSCEAR att dosbelastningen på befolkningen på jordens norra hemisfär på grund av Tjernobylolyckan totalt kommer att bli cirka 600 000 manSv, vilket innebär en medeldos till människorna om 0,14 mSv. På den norra hemisfären bodde vid tidpunkten för olyckan 4,3 miljarder människor. Staten strålskyddsinstitut har med detta som grund beräknat, att strålningen från Tjernobylreaktorn kommer att ge upphov till omkring 30 000 fall av dödlig cancer i denna befolknings återstående levnad.

Detta är en skrämmande hög siffra. Men den är ett resultat av den speciella metod vi använder för att beräkna strålningsframkallade cancerfall. Siffran 30 000 är trots allt liten i förhållande till det "naturliga" antalet fall av dödlig cancer, som kommer att inträffa i denna befolkning. Det "naturliga" antalet dödsfall i cancer kan väntas bli 860 miljoner. Tillskottet 30 000 fall utgör därför en förhöjning med "endast" 0,0035 procent. En så liten höjning kommer naturligtvis aldrig att kunna påvisas och det kan också ifrågasättas om det är vetenskapligt rimligt att ange en så liten risksiffra.

Låt oss göra en jämförelse. Om vi på jordens norra hemisfär skulle ändra våra levnadsvanor något litet så att vi i medeltal kom att uppehålla oss inomhus 1 minut längre per dygn än vad fallet är idag, skulle vi på grund av radonhalten i vår bostadsluft utsättas för samma totala höjning av stråldosen som den som Tjernobylolyckan har åstadkommit och kommer att medföra. Eller, annorlunda uttryckt: vi skulle helt kunna häva Tjernobylolyckans cancerogena konsekvenser för befolkningen på norra halvklotet om befolkningen i medeltal minskade sin vistelse inomhus med 1 minut per dygn.

Begränsar vi oss till f.d. Sovjetunionen är antalet berörda människor 279 miljoner och kollektivdosen 226 000 manSv, vilket innebär en medeldos till var och en av invånarna om 0,81 Sv. Det beräknade antalet dödsfall i cancer blir bär cirka 10 000. Detta är naturligtvis också en skrämmande hög siffra.

Men det innebär ett tillskott till den naturliga förekomsten av dödlig cancer bland de 279 miljonerna av "endast" 0,018 procent.

Med tiden har det blivit mer och mer uppenbart, att de sekundära eller icke medicinska följderna av olyckan hotar bli betydligt allvarligare från medicinsk synpunkt än de beräknade konsekvenserna av strålningen, se bilaga 4. Denna slutsats hävdas av såväl Hälsoministeriet i Moskva som Institutet för klinisk radiologi i Kiev liksom av flera av de internationella expertgrupper, vilka studerat förhållandena i Ukraina och Vitryssland.

Människorna har känt sig utsatta för något de inte kan se eller känna och som lurar på dem överallt. De känner sig sakna ett tydligt stöd från myndigheterna, för vilka de förlorat förtroendet.

Detta har i sin tur utlöst psykiska och psykosomatiska sjukdomar. Antalet provocerade aborter har ökat kraftigt. Sjukhusen i Ukraina och Vitryssland har fått motta ett mycket stort antal fall av människor som oroar sig över den strålning de utsätts för. Detta har av deras myndigheter givits benämningen "radiofobi", som ofta använts olyckligt.

Rädslan för att vistas utomhus och att äta den mat som produceras inom de bägge delrepublikerna har givit upphov till en sjukdomsförekomst, som fått enorma proportioner. Internationella undersökningskommissioner har överraskats av det dåliga hälsotillståndet bland befolkningen. Särskilt fallen av omfattande undernäring bland barn har ingett verklig oro. Större delen av dessa undernäringproblem anses beror på den ensidiga och otillräckliga kosten samt på att barnen, av rädsla för strålningen, inte tillåtit leka utomhus.

Det som framför allt har upprört ledningen för Hälsoministeriet i Moskva är, att man högt upp i den politiska ledningen i Ukraina och särskilt i Vitryssland, och även bland läkarna misstolkat de internationella, icke verifierbara uppskattningarna av de låga stråldosernas hälsokonsekvenser. Denna osäkerhet om riskuppskattningarnas innebörd och statistiska natur har skapat förutsättningar för missförstånd och inte sällan till överdrifter vilka utnyttjats av självutnämnda experter.

Konsekvenser for Sverige

Utanför Sovjets gränser uppmärksammades olyckan först vid kärnkraftverket i Forsmark. Måndagen den 28 april noterades där förhöjda strålningsvärden. Man kunde ganska snabbt utesluta att den höga strålningsnivån skulle härröra från Forsmarks verksamhet. Genom att sammanställa olika meteorologiska och andra data blev det sedan möjligt att lokalisera olycksplatsen men uppgifter saknades till en början om vad som hänt.

Den svenska planeringen för kärnkraftolyckor var vid olyckstillfället anpassad för olyckor som skulle inträffa vid svenska kärnkraftverk och inkluderade inte någon systematisk medicinsk beredskap. Hälso- och sjukvården var inte beredd på talrika förfrågningar från en oroad allmänhet. Inga förvarningar hade förekommit om driftstörning vid Tjernobykraftverket.

De radioaktiva molnen kom i två vågor, det ena efter härdexplosionen 26 april, den andra 5 maj. Hela Sverige drabbades i viss omfattning. De fyra län som har kärnkraftverk hade utrustning för att mäta strålningen. Forsvarets forskningsanstalt, FOA, som övervakar strålning till följd av kärnvapenprov, analyserade vad för slags olycka som inträffat och med hjälp av flygplan och helikoptrar mättes radioaktiviteten i luft och på mark. Sveriges Geologiska AB kunde efter några dagars flygningar ta fram nedfallets fördelning över landet. Av kartan på bild 20 framgår att främst områdena kring Gävle och norr om Sundsvall drabbats. Det radioaktiva molnet hade nått östra Sverige vid middagstiden på söndagen men det hade alltså dröjt ett helt dygn innan man fick klart för sig att Sverige drabbats av ett radioaktivt nedfall.

BILD

20. Cesium 137-beläggningen i Sverige efter Tjernobylolyckan (Källa: SSIs hushållsbroschyr, 1986)

Efter olyckan har en omfattande forskningsverksamhet startats. Bland annat har utförts förnyade flygmätningar i Gävle-området. Dessa visar att strålningsnivån från cesiumbeläggningen har sjunkit med 30-40 procent under de två första ren, varefter den varit konstant. Orsaken till minskningen anses vara att cesium har trängt ned i marken. Helkroppsmätningar som utförts visar att cesiuminnehållet i människokroppen nådde ett maximum 1987 och sedan dess sjunkit med drygt 20-30 procent. Stråldosen från detta cesium är dock mindre än 0,1 mSv/år, vilket kan jämföras med en totals normal förekommande bakgrundsos av cirka 5 mSv/år. Som jämförelse kan nämnas att radioaktivt kalium, som är en naturlig beståndsdel i kroppen hos alla människor, svarar för cirka 0,2 mSv/år.

Vidare har mätningar utförts i bottenfaunan i Östersjön utanför Forsmark. I juni 1986 noterades höga halter av radioaktiva klyvningsprodukter, men på hösten samma år hade värdena sjunkit markant. Fisk från Östersjön har idag låga cesiumkoncentrationer. Halten av cesium i insjöfisk fortsatte däremot att öka och 1987 uppskattades att fisken i cirka 14 000 sjöar hade cesiumhalter över 1 500 Bq/ kg. Senare har koncentrationen i abborre sjunkit men

halterna i gädda har visat långsammare uppgång och nedgång. Variationen mellan olika sjöar kan vara mycket stor.

Någon allvarlig påverkan på hälsotillståndet i Sverige som en följd av nedfallet efter Tjernobyl-haveriet har inte kunnat påvisas och kommer med all sannolikhet inte heller att kunna påvisas.

Som nämnts fanns före olyckan i Sverige beredskap mot kärnenergiolyckor enbart i de fyra kärnkraftlänen. Idag är beredskapen mot kärnenergiolyckor utbyggd att även omfatta medicinsk beredskap (se även "Omhändertagande av skadade vid radiakolyckor och kärnvapenexplosioner" Allmänna råd från socialstyrelsen 1991:5.)

Internationell rapport maj 1991

På begäran av Sovjets regering bildades 1990, efter förberedande undersökningar av Världshälsoorganisationen WHO, Röda Korset och Röda Halvmånen, en International Advisory Committee för en oberoende internationell utredning av Tjernobylyolyckans följder för människornas hälsa och för att bedöma de vidtagna och planerade sovjetiska åtgärderna. Då man inom FN:s fackorgan, International Atomic Energy Agency (IAEA) fruktade att det inte skulle betraktas som opartiskt utsåg FN en grupp av 18 vetenskapsmän från sju olika FN-organ (FAO, UNSCEAR, ECE, ILO, WHO, WMO och IAEA) att ingå i denna. Chef blev dr I Shigematsu, ordförande för Radiation Effects Research Foundation i Hiroshima. Gruppen gjorde 40 expertbesök i Sovjet. Laboratorier i bl a Österrike, Frankrike och USA bistod med analyser. Delta torde vara det mest ambitiösa försök till grundlig och opartisk vetenskaplig utvärdering som någonsin genomförts internationellt.

I rapporter från dels WHO och Röda Korset, dels den internationella kommissionen, vilka avlämnats 1991, konstateras bl a följande:

- De sovjetiska mätningarna, t ex av markbeläggning och vattenförorening, hade i huvudsak varit korrekta, men man hade överskattat t ex vattenaktivitet och strontiumkontamination;
- Radioaktiviteten i vatten och livsmedel hull sig långt under de föreskrivna gränserna;
- De sovjetiska uppskattningarna av doserna till människor var "försiktigt" utformade så att doserna inte skulle kunna underskattas. Kommissionen kom därför fram till 2-3 gånger lägre doser än de ursprungligen i Sovjet beräknade;
- Vetenskapsmän och läkare, som inte var förtrogna med strålningens verkningar, hade satt ett flertal olika sjukdomar i samband med strålningen;
- Många av de beskrivna hälsoproblemen hade inte sådant samband utan kan ha berott på stress, ändrade levnadsbetingelser och kostvanor;
- Man kunde inte bekräfta att de sjukdomar som rapporterats, ofta i illa genomförda, förvirrande eller motsägande undersökningar, kunde orsakats av strålning;
- De svåra psykiska problem och den stress som uppstått, även i icke förorenade kontrollsamhällen som kommissionen undersökt, stod inte i någon rimlig proportion till strålningens hälsorisker. En överväldigande majoritet av de vuxna som undersökts, både i de förorenade och i de icke förorenade samhällena, trodde att de hade sjukdomar på grund av strålningen. Kommissionen ansåg att många - kanske 10-15 procent, även om högt blodtryck inte medräknades - var i behov av läkarvård. Övervikt och högt blodtryck var vanligt fö-

rekommenderade, både i de förorenade och i de icke förorenade samhällena;

- Många människor hade efter olyckan allvarliga bekymmer. De uppträdde inte irrationellt på ett sätt som skulle kunna betecknas som "radiofobiskt";
- De barn som undersöktes var vid god hälsa med normala blodvärden (lymfocyter och trombocyter), normal sköldkörtelfunktion (TSH och fritt T4) och normal tillväxt. Inga skillnader fanns härvid mellan barn i förorenade och kontrollsamhällen;
- Cancerförekomsten (incidensen) har ökat under 1980-talet, men inte i högre grad än före olyckan. Om det rör sig om verklig ökning eller om bättre diagnostik eller rapportering vet man inte;
- Ingen gråstarr på grund av strålning kunde påvisas;
- Hittills hade ingen skillnad avseende kromosomrubbingar påträffats hos vuxna utomhusarbetare i förorenade områden som fått relativt höga stråldoser jämfört med utomhusarbetare i kontrollområden. Denna studie pågår dock ännu;
- Den framtida ökningen av cancer och genetiska skador blir så liten att den blir svår att påvisa ens med omfattande välplanerade och långsiktiga epidemiologiska studier;
- De välmentade vidtagna och planerade motåtgärderna hade överdrivits, särskilt beträffande evakuering och livsmedelsinskränkningar. Onödiga sådana kunde ha förekommit, med oproportionerligt stora sociala och ekonomiska följder. Myndigheterna hade inte tagit tillräcklig hänsyn till evakueringens problem;
- Missförstånd, bl a mellan centrala och lokala myndigheter, hade bidragit till många av de nuvarande problemen. T ex hade man blandat ihop dosgränser för planerat strålskydd under lugna förhållanden med åtgärdsnivåer för att minska pågående exponering efter en olycka. Det var välment men fel att välja en överförsiktig dosuppskattning, som onödigt ökade oron och medförde onödig evakuering. (Evakuering anbefalldes om markbeläggningen översteg 1 480 kBq/m² eller dosen 350 mSv). Den minskning av den livstida stråldosen, som evakueringen hade medfört, var ofta mindre än den naturliga bakgrundstrålningen. Den extra hälsorisk som ett kvarboende i vissa förorenade områden hade kunnat medföra var försumbar i förhållande till "vardagsriskerna".

Bilaga 1

Några grundläggande strålfysikaliska definitioner

Atomen

Atomen är den minsta del i vilken ett grundämne kan uppdelas utan att förlora sin identitet. Man kan "klyva" vissa tyngre atomer, men klyvningsprodukterna (fissionsprodukterna) kommer då att få helt andra egenskaper än den ursprungliga atomen. De kommer att utgöras av andra, lättare ämnens atomer.

Huvuddelen av atomens massa är koncentrerad till dess kärna. Kärnan är elektriskt laddad på grund av sitt innehåll av positivt laddade partiklar, som kallas protoner. I kärnan finns också elektriskt neutrala partiklar av i det närmaste samma vikt som protonerna. Dessa partiklar kallas neutroner.

Runt atomkärnan rör sig små, negativt laddade partiklar på ett lagbundet sätt. Dessa partiklar, som väger bara omkring 1/1600 av protonerna, kallas elektroner och är i en atom lika många som protonerna. Atomen är därför utåt sett elektriskt neutral.

Strålning

När vi talar om strålning i samband med kärnkraftsdrift, menar vi en strålning som är så energirik, att den vid absorption i något material förmår stöta ut elektroner ur absorbatormaterialets atomer och molekyler (= föreningar av atomer) och därvid kvarlämna positivt laddade atom-(molekyl)rester. Man säger att strålningen åstadkommer joner och att den är joniserande. Det är just denna joniserande förmåga som gör den strålningen biologiskt farlig.

Den väsentligaste källan till den bestrålning vi kan utsättas för i samband med en kärnkraftsolycka är de radioaktiva klyvningsprodukterna. Det finns andra strålkällor, men dessa är alltså av mindre betydelse i sammanhanget. För att beskriva hur radioaktiva klyvningsprodukter kan uppstå och avge joniserande strålning, väljs bildningen av den efter Tjernobylolyckan så uppmärksammade klyvningsprodukten cesium 137 (förkortning: ^{137}Cs).

Kärnklyvning

Då en urankärna träffas av en neutron kan en klyvning ske av kärnan.

I samband med denna klyvning frigörs en mycket stor energimängd, som man t ex i kraftverksreaktorer tar till vara för att förångna vatten. Ångan utnyttjas till att driva elektriska generatorer. Samtidigt frigörs ytterligare några neutroner (antalet kan variera), som i sin tur kan klyva andra uranatomer. Det har uppstått en kedjereaktion. Bland de klyvningsprodukter som kan bildas förekommer också cesium 137. Skeendet återges i nedanstående skiss. Här har antagits att två extra neutroner bildats vid klyvningen.

BILD

21. Klyvning av urankärna

Överst på skissen anges hur en neutron träffar uran 235 (förkortning ^{235}U), klyver denna och ger upphov till klyvningsprodukterna cesium 137 och rubidium 96. Siffrorna 137 och 96 anger hur många neutroner och protoner de olika atomerna innehåller (den sk atomvikten). Atomvikterna brukar som i skissen anges upp till vänster om grundämnenas kemiska formler. Nederst till vänster anges atomnumret = antalet protoner i atomen. Adderar vi nu atomvikterna för klyvningsprodukterna rubidium och cesium får vi summan 233 som tillsammans med de två nybildade neutronerna ger siffran 235, d v s uranets atomvikt. Summan av klyvningsprodukternas antal protoner ger uranets atomnummer, 92.

Nu innehåller de här ämnena fler neutroner än protoner och denna skillnad i antal ökar i regel ju tyngre atomerna är. Detta innebär att cesium 137 har fått för många neutroner, vilket atomen instabil. För att nå ett stabilare tillstånd övergår en neutron till en proton genom att sända ut en energirik elektron och neutronen förvandlas då till en proton, så som visas nederst på skissen. Elektronförlusten minskar inte vikten nämnvärt, men cesium 137 förvandlas till barium 137 med 56 protoner i stället för 55. Denna atom är stabil. Samtidigt inträffar något som inte är ovanligt vid sådana här sönderfall, utsändandet av en elektron ger en "rekyleffekt", som kanske kan liknas med den stöt i axeln man får då man avlossar en gevärskula. Detta försätter bariumatomen i ett sk exciterat tillstånd under en kort tid. Överskottsenergin gör sig bariumatomen av med genom att sända ut gammastrålning av mycket hög energi. Cesium 137 och den exciterade bariumatomen sägs vara radioaktiva på grund av utsändandet av elektroner (=betastrålning) och gammastrålning.

Radioaktivitet och stråldos

Instabiliteten hos cesium 137 är inte särskilt stor. Dess sönderfall sker därför relativt långsamt. Hälften av atomerna sönderfaller till barium under loppet av 30 år, vilket kallas cesiums halveringstid. Andra klyvningsprodukter har längre eller - vilket är vanligare - kortare halveringstider. Om vi har en mängd av ett radioaktivt ämne som sönderfaller en gång per sekund säger vi att dess aktivitet är 1 becquerel, vilket förkortas 1 Bq. 1 kbq (kilobecquerel) är 1 000 Bq, 1 Mbq (megabecquerel) är 1 miljon Bq osv.

Man brukar säga att betastrålningen (elektronstrålningen) är en partikelstrålning. Gammastrålningen däremot är elektromagnetisk, d v s av samma slag som radiovågor, synligt ljus etc, men avsevärt mer energirik. Båda strålslagen är joniserande. Den strålenergi, som absorberas per kg; t ex i kroppsvävnad, kallas för absorberad stråldos. Är denna absorberade strålenergi 1 joule/kg sägs dosen vara 1 gray, vilket förkortas 1 Gy.

Effekter av neutron- och alfastrålning

Det finns även andra typer av joniserande strålning än beta- och gammastrålning. Neutroner kan ge upphov till protonstrålning som i sin tur är joni-

serande. Vissa tyngre, radioaktiva ämnen sönderfaller genom utsändande av alfastrålning. Alfapartiklarna består av grundämnet heliums atomkärnor, dvs de består av 2 neutroner och 2 protoner. Jonisationer, åstadkomna vid absorption av alfapartiklar och protoner, ligger mycket "närmare varandra" än vid absorption av beta- och gammastrålning.

Detta medför att en viss stråldos, erhållen från de tyngre partiklarna, ger en högre relativ biologisk effekt (RBE) än vad man får vid samma dos från de betydligt lättare betapartiklarna eller från gamma- eller röntgenstrålning.

Den internationella strålskyddskommisionen (ICRP) har därför infört en "strålnings viktnings faktor" (Radiation weighting factor). Neutronernas viktningsfaktorer beror på partiklarnas energi och varierar från 5 till 20.

Genom att multiplicera medeldosen i en vävnad eller i ett organ med viktningsfaktorn erhåller man en dos, som ICRP kallat ekvivalentdos, vilken således är en enhet som är direkt kopplad till den biologiska effekten; en viss ekvivalentdos ger alltid samma effekt oberoende av bestrålningens karaktär. Enheten för absorberad dos är gray (Gy) och för ekvivalentdos sievert (Sv).

Enheten Sv ger en betydligt bättre överensstämmelse med den verkliga effekten av en viss dos än enheten Gy. När viktningsfaktorn är 1, dvs för gamma- röntgen- och betastrålning, spelar det ingen roll vilken av enheterna man använder. Däremot vid strålningsbiologiska jämförelser mellan effekter som uppstått efter bestrålning med "tung" partiklar och sådana som orsakats av betastrålning eller av gamma (röntgen-) strålning, underlättas bedömningen avsevärt om man anger doserna i form av ekvivalentdoser, dvs i Sv i stället för i Gy.

I denna rapport har vi huvudsakligen använt enheten Sv och kanske ännu oftare mSv (1 Sv = 1000 mSv). När det emellertid gäller uppgifter som hämtats ur rapporter eller från citat, har vanligen uppgiftslämnarens beteckningar angivits. Följande schema kan vara till hjälp vid "översättningen" av de olika enheterna till Sv.

1 Ci (curie)	= 37 miljarder Bq (37 GBq)
1 R (röntgen)	= ungefär 0,01 Gy.
1 rad	= 0,01 Gy (10 mGy).
1 rem	= 0,01 Sv (10 mSv).

Utsätts man för en stråldos från en radioaktiv källa utanför kroppen, sägs strålningen vara extern. Har man på något sätt fått radioaktivt material i sig, sägs bestrålningen vara intern. När det gäller externa stråldoser är det framförallt gammastrålningen, som är av betydelse, under det att då man får ett radioaktivt ämne i sig, dominerar alfa och betastrålningen riskbilden. Detta hänger samman med det faktum att gammastrålningen har mycket längre räckvidd än partikelstrålning. Betastrålning är vanligen helt absorberad på 1-2 cm djup i kroppen. Alfastrålningen har ännu kortare räckvidd, och är helt absorberad på 3-6 hundradels millimeter i mjukvävnad. Det bör slutligen påpekas, att alla klyvningsprodukter inte avger gammastrålning. Vissa avger enbart betastrålning, vilket gör dem farliga först då de genom föda eller inandningsluft kommer in i kroppen eller då sådana radioaktiva ämnen fastnat på (kontaminerat) huden. Detta gäller t ex en av de allra farligaste klyvningsprodukterna, strontium -90.

På grundval av antagandet att det råder en direkt proportionalitet mellan stråldos och antalet personer som kommer att drabbas av cancer, har man inom strålskyddet kunnat införa ett begrepp som man kallar kollektivdos. Denna kollektivdos får man om man adderar alla individuella stråldoser som personerna i en befolkning fått motta efter en viss bestrålning. Enheten för kollektivdosen är manGy (resp manSv). Om exempelvis 1 000 personer exponeras för i medeltal 1 mSv blir deras kollektivdos 1 000 manmSv eller 1 manSv. Det antal fall av cancer man brukar förutspå efter en bestrålning, grundar sig i regel på uppskattningar av kollektivdoser. Detta innebär att man antar att sambandet mellan kollektivdosen och frekvensen personer som kommer att drabbas av cancer är linjärt ända ned i det extrema lågdosområdet.

Bilaga 2

Jämförelse mellan risksituationerna efter reaktorolyckor och kärnvapenexplosioner

Risken för användning av kärnvapen är inte knuten enbart till en konflikt mellan stormakterna. Även flera mindre stater disponerar kärnvapen. Dessutom utgör de stora lager av kärnvapen som finns en potentiell risk för misslagsdetonationer, även om denna risk inte skall övervärderas. Slutligen utgör hantering av spill från vapenproduktion och avfall från skrotning av föråldrade kärnvapen en påtaglig riskfaktor. Det kan därför vara motiverat att jämföra vissa effekter av reaktorolyckor och kärnvapenexplosioner.

Vid en reaktorolycka finns inte, som vid kärnvapenexplosioner, ett område kring den sk nollpunkten (den punkt på jordytan som ligger lodrätt under explosionscentrum) inom vilket explosionens initiala effekter är direkt livshotande. Möjligen kan förhållandena inne i anläggningen leda till direkt dödande verkningar inklusive sådana som åstadkoms genom höga stråldoser. Däremot får man en situation för personer utanför den drabbade anläggningen liknande den som uppstår längre från nollpunkten vid marknära explosioner. Människor, djur och växter kommer att utsättas för bestrålning, dels i samband med att det radioaktiva molnet passerar, dels - och av större betydelse - från den radioaktivitet som deponeras på marken. Det finns tre väsentliga skillnader mellan reaktorolyckor och bombexplosioner:

1. Den relativa andelen av långlivade, radioaktiva ämnen är större vid en reaktorolycka. Markbeläggningen kommer därför att avklinga betydligt långsammare under åtminstone de första åren efter olyckan än efter en bombexplosion.
2. Det anses att de radioaktiva klyvningsprodukterna från en reaktorolycka kan inandas och dessutom att de luftburna partiklarna har en så ringa storlek att de kan nå de mest perifera delarna av lungorna. Härigenom kan de kvarstanna betydligt längre än om de hade deponerats i de övre luftvägarna. Dessa antaganden har i hög grad gjorts mera av försiktighetsskäl än med stöd i verklig kunskap om partikelstorleken. Erfarenheten från förbränning av urankutsar vid hög temperatur ger exempelvis inte belägg för att partiklarna skulle bli mindre efter en reaktorolycka än efter en kärnvapenexplosion.
3. Den antagna mindre partikelstorleken skulle ge en annan spridning av det radioaktiva nedfallet med mindre närverkan men större fjärrverkan än en vapenexplosion.
4. Den relativa förekomsten av betydelsefulla, radioaktiva ämnen kan vara olika i reaktor- och vapenfallet.

I nedfallet efter kärnvapenexplosioner förekommer exempelvis rätt höga halter av det radioaktiva ämnet strontium 90, som är en sk bensökare, dvs ämnet ansamlas i benvävnad om det kommer in i kroppen. Härigenom kan de mycket strålkänsliga blodbildande vävnaderna i benmärgen bli utsatta för

betydande stråldoser även om mängden inkorporerat strontium är måttlig. Strontium byggs in mycket fast i skelettet och kvarstannar där under mycket lång tid. Ur biologisk synvinkel är därför strontium 90 en betydligt farligare klyvningsprodukt än det cesium 137, som dominerat riskbilden efter Tjernobylyckan. Cesium 137 fördelar sig tämligen homogent i kroppen och utsöndras betydligt snabbare än strontium 90.

Om man därför konsumerar kontaminerad mat är det stor risk för att den relativa stråldosen i den känsliga benmärgen blir betydligt högre efter en kärnvapendetonation än vad fallet blir om födan kontaminerats av nedfall från en reaktorolycka.

Man kan således peka på faktorer som gör att en reaktorolycka kan betraktas antingen som mindre farlig eller som farligare än en kärnvapendetonation.

1. Den allvarligaste konsekvensen av en kärnvapenexplosion är utan jämförelse den totala "utslagningen", på grund av stötvågs- och värmeverkan som sker inom ett cirkulärt område kring den sk nollpunkten. Detta område kan vara mycket stort. En megatonbombs explosion över centrala Stockholm kan t ex ge livshotande brännskador på oskyddad hud ända upp till Sigtuna. Något motsvarande inträffar inte vid en reaktorolycka, även om både explosioner och stråldoser i den drabbade anläggningen kan kräva liv.
2. Den frigjorda radioaktiviteten vid en bombexplosion är mångfalt högre än den som släppts ut från den havererade Tjernobylyreaktorn.
3. Vid samma mängd tillförd radioaktivitet via föda och inandning kommer den strålkänsligaste vävnaden i kroppen - den blodbildande vävnaden - att få mottaga högre doser om härstammar från en bombexplosion än om den kommer från en reaktorolycka.

Å andra sidan:

1. De radioaktiva produkterna från en reaktorolycka avklingar långsammare än vad fallet är om sådana produkter kommer från ett kärnvapen.
2. Det föreligger sannolikt större risker för inandning av radioaktivitet om källan är ett reaktorhaveri.

Härtill kan säkert fogas många andra skillnader vilket gör jämförelser mycket vanskliga. Kärnvapenkriget som sådant med många detonationer och förödande materiell förstörelse är naturligtvis ett allvarligare hot mot mänskligheten än vad risker förbundna med reaktorolyckor någonsin kan bli.

Bilaga 3

Reseförutsättningar

Med introduktionsbrev från Kamedo, räddningsverket och brandförsvarsföreningen, beviljades Kaare Brandsjö visum från Sovjetambassaden i Stockholm och inbjudan av den sovjetiska pressbyrån APN att i Ukraina studera räddningstjänst och katastrofmedicinska åtgärder efter Tjernobylyolyckan. Uppdraget genomfördes under veckan 15-21 februari 1987. Senare inbjöds Peter Reizenstein till Ukraina.

Genom medverkan av Sveriges dåvarande ambassadör i Moskva, Anders Thunborg, ordnades möjlighet till intervjuer med de personer som i akutskedet hade ansvaret för ledningen av räddningstjänst, evakueringar och medicinska åtgärder efter Tjernobylyolyckan. Bland dessa kan särskilt nämnas följande:

Ukrainas social- och hälsominister, med dr Anatoly Romanenko i Kiev, som även var chef för universitetssjukhuset i Kiev.

Brandgeneralen Filipp Desyatnikov i inrikesministeriet, som var högsta chef för brand- och räddningstjänst i Ukraina.

Brandmajoren Leonid Teljatnikov vid Pripjats brandkår, som var räddningsledare inom kraftverket under de första två timmarna efter den ödesdigra explosionen.

Vid senare sammanträffanden med professor Angelina Guskowa från strålskadeklinik nr 6 i Moskva, och brandgeneralen och chefen för högsta sovjets brand- och räddningsdirektorat i Moskva, I.F. Kimstach har kompletterande uppgifter erhållits om katastrofmedicinska erfarenheter efter Tjernobylyolyckan.

Redogörelserna i denna skrift för räddningstjänst och katastrofmedicinsk verksamhet i Ukraina efter Tjernobylyolyckan är baserade dels på berättelser av de förutnämnda personerna, dels på informationer lämnade vid IAEA:s (International Atomic Energy Agency) expertmöte i Wien i augusti 1986 och februari-mars 1989 samt i Paris 1988.

Bilaga 4

Samtal med Angelina Guskowa

Gunnar Walinder

Varje gång jag möter Angelina Guskowa känner jag mig stå inför den "eviga" ryska babusjkan; den äldre, varmhjärtade modern, som bekymrat frågar mig hur jag har det med min skadade fot och om min dotter tillfrisknat från sin svåra hosta. Hon som med sin omtanke och sitt varma leende omfattar alla de människor hon känner och som varje gång vi träffas har med sig små presenter.

Professor Angelina Guskowa är medlem i den ryska vetenskapsakademien och chefläkare för det jättelika sjukvårdslag, som hade huvudansvaret för vården av de svårast skadade personerna vid Tjernobylyolyckan. Hon är sannolikt världens mest erfarna läkare då det gäller vården av strålskadade människor. Jag har känt henne i 15 år genom vårt arbete i FN:s vetenskapliga strålningskommitté (UNSCEAR), där hon först som ersättare och senare som ordinarie, rysk representant i kommitténs biologiska subkommitté mycket aktivt och med djup kunskap deltagit i arbetet. Eftersom vi vid subkommitténs sammanträden sitter i våra länders bokstavsordning, har jag min plats bredvid henne, vilket medfört att vi kommit att samarbeta och rådgöra med varandra litet mer än vad som annars kanske skulle ha blivit fallet.

När vi i mars 1987 åter möttes i Wien, var Angelina Guskowa mycket trött och djupt deprimerad. Hon hade under flera månader efter olyckan den 26 april 1986 fått mycket litet sömn. Hon hade vakat hos de sjuka och döende patienterna och bokstavligen hållit dem i handen då de dog. Hon hade - inte sällan ensam - rest runt bland de drabbade människorna i Ukraina och Vitryssland och suttit i samtal med de förtvivlade människorna, som hotades av evakueringar eller var djupt oroad av de sjukdomar de fruktade få i framtiden och som nu inte visste hur de skulle klara sin framtida försörjning. Och hon var mycket upprörd över lokala myndigheters och vissa "experter" agerande gentemot befolkningarna.

Hon har vid våra senare sammanträffanden i Wien och Sverige samt i brev till mig klargjort varför hon under åren efter olyckan blivit både arg och besviken. Hon sammanfattade mycket koncist dessa synpunkter vid ett möte i Moskva, som tre av mina kollegor och jag inom analysgruppen vid Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB (KSU) hade med henne den 28 september 1990. Vid vår sista kväll i Moskva redogjorde Angelina Guskowa för tre huvudproblem, som faktiskt bekymrade henne mer än de framtida strålskador (vilka naturligtvis är allvarliga nog), som kan tänkas drabba befolkningarna i Ukraina och Vitryssland.

1. Det första problemet hon tog upp var "radiofobin", dvs den närmast psykotiska rädslan för strålning, som många människor i Sovjetunionen drabbats av. Det rör sig här om en rädsla för något som man inte kan se, höra eller känna och därför inte heller kan förstå, men som ändå lurar på

oss var vi än befinner oss. Professor Guskowa påpekade, att denna "radiofobi" förstärktes av att människorna inte kunnat få klara besked om de skador, som de i framtiden kan komma att drabbas av. De besked som givits har ibland till och med varit rent motstridiga. Man kan inte nå dessa människor med rationella skäl, utan tvingas till långvariga, psykologiska behandlingar med ovissa resultat. Ofta har dessa behandlingar dessutom försvårats av att det på samma behandlingsplatser funnits läkare och annan "expertis", med mycket dimmiga kunskaper i strålningsbiologi, som ibland på ett groteskt sätt överdrivit strålriskerna. Det fanns också en rädsla av annan art, som medfört att man trots den redan rådande, knappa livsmedelstillgången inte vågat utnyttja födoämnen även om dessa godkänts för konsumtion av myndigheterna. Detta har lett till omfattande undernäingsproblem, särskilt bland barnen. En grupp sjuka barn hade skickats för medicinsk undersökning i Israel. De israeliska läkarna hade konstaterat, att det ingalunda rörde sig om strålskador, som man befarat i Sovjetunionen, utan om klara fall av undernäring. De här bristsjukdomarna hade nu blivit så omfattande, att de betraktades som ett större hälsohot än de teoretiskt beräknade, framtida strålskadorna. Det hade inneburit en ljusning, att man skickat grönsaker och frukt från hela Sovjetunionen till Ukraina och Vitryssland, men Angelina Guskowa befarade att dessa sändningar skulle bli otillräckliga för att möta den hälsokris som hotade och redan var en verklighet.

2. I såväl Ukraina som Vitryssland har ett stort antal människor uppträtt i tidningars insändarspalter och i television och radio med mycket kritiska kommentarer till myndigheternas uppträdande och försäkringar. De här människorna saknar själva kunskaper om strålningens biologiska verkningar men de Or vanligtvis mycket bestämda uttalanden. I många fall har det rört sig om ren exhibitionism, men skälen har säkert många gånger också varit fullt hedervärda. Man har velat varna sina medmänniskor och samtidigt pressa myndigheterna till större öppenhet och klar-språk. Men genom sina auktoritativa uttalanden har de underblåst rädslan och misstroendet och därigenom blivit ett stort problem i bekämpningen av den icke sakligt grundade rädslan för strålning. De säkert i många fall ärliga varningarna har därigenom kommit att motverka sitt syfte och skapat omfattande och onödiga hälsoproblem. Vi fick ett påtagligt bevis för denna reaktion vid vårt besök i den lilla byn Vetka på gränsen till det mest drabbade området i Vitryssland. På byns torg hade samlats en skara människor - mest kvinnor - som vi började prata med. De hade många frågor. En del av dem följde oss när vi började gå in på en av bygatorna. Här drogs vi snart in i trädgårdarna och översköljdes av mängder med frågor. "Kan vi äta vår frukt och kan vi med gott samvete sälja den? Det är ju vår enda försörjning". Vi hade inte instrument med oss, så att vi kunde mäta aktiviteten i frukten, men vi mätte på marken och fann aktivitetsvariationer, som emellertid inte var större än dem man kan finna i Sverige. Vår slutsats blev därför att man helt säkert kunde både själv äta frukten och sälja den. Vi bad att få köpa en påse torkade äpplen och lät oss väl smaka. Det här visade sig vara betydligt mer lugnande än alla myndighetsförsäkringar tillsammans. Människorna såg verkligen lättade ut. Men så inträffade något mycket obehagligt. En lo-

kal TV-fotograf uppenbarade sig och vi märkte hur människorna stelnade. Bakom oss började en äldre man muttra. Uppenbarligen tillhörde han den kategori misstroagna, som Angelina Guskowa talade om. Vi bad tolken översätta. Det mannen sagt var mycket riktigt ungefär: "Det kunde man ge sig på. Det här var alltså bara ännu en propagandagrej. Nu skall dom alltså intervjuas och tala om hur ofarligt allt är". Fortsättningen på muttrandet ville inte tolken översätta.

3. Det värsta problemet - och här blev professor Guskowa skarp i tonen - är emellertid de "experter" och politiker, som uppenbart utnyttjar Tjernobytragedin för personliga syften. Många forskare har sett möjligheten till ökade ekonomiska anslag och med uppenbar förtjusning låtit sig intervjuas i press och television och gjort uttalanden om oerhörda strålrisker samt framfört rena falskarijer om redan inträffade fall av strålskador. Vid vårt besök vid det "All-sovjetiska centret för strålningsmedicin" i Kiev träffade vi en sådan läkare. Han påstod med bestämdhet att han funnit sju fall av sköldkörtelcancer bland 90 000 barn, vilket han helt tillskrev strålningen (det är en mycket hög siffra för barn). Att den tid det tar för sådana tumörer att nå en påvisbar frekvensökning är mycket längre än de fyra år som förlupit sedan Tjernobylolyckan bekymrade honom inte. Inte heller gjorde det något intryck på honom när vi påpekade, att sådana erfarenheter av latenstider för sköldkörtelcancer bland bestrålade barn förelåg såväl från Japan, atombombsproven vid Bikiniatollen 1954 som från många andra tillfällen. En av våra tolkar berättade, att samma läkare förklarar för honom, att den något förhöjda blodsockerhalt han tillfälligt hade, var diabetes och att hans tidigare vistelse i Tjernobyl (som vi besökte dagen därpå) mycket väl kan ha förorsakat denna sjukdom. Detta är naturligtvis rent nonsens. De lokala politikerna i Vitryssland, som vi också fick tillfälle att samtala med, förklarade att de evakuerings- och åtgärdsgränser, som de centrala, sovjetiska myndigheterna angivit, var alldeles för höga. Man tänkte verkligen inte godkänna dem. Att internationella instanser som IAEA, ICRP m fl ansett, att de föreslagna åtgärdsnivåerna var rimliga, hade inte inverkat på de lokala politikernas bedömning. Man påpekade att de föreslagna strålnivåerna för åtgärder inte motsvarade de rekommendationer, som ICRP angivit för civilbefolkningar utan var de siffror som denna kommission angett för personer, som arbetar i t ex reaktorindustrin. Även dessa normer är självfallet mycket "strängt" beräknade. Det man inte förstod eller ville förstå var att man inte kan jämföra en mångårig, normal verksamhet med situationen efter en olycka. Skyddsåtgärderna efter en olycka innebär ju bl a i sig påtagliga hälsorisker, som måste vägas mot de strålrisker man vill skydda sig mot. Resultatet har blivit, att befolkningen mera tror på de - som de uppfattar det - mer försiktiga, lokala myndigheterna, vilket i sin tur ökat misstroendet mot de centrala rekommendationerna. Lekmannen har ju ingen möjlighet att bedöma dessa frågor. Så har ytterligare en riskfaktor uppstått, som borde ha varit helt onödig. De vitryska myndigheterna har skapat en oro, som de senare hänvisar till, då de säger att de i demokratisk anda måste ta hänsyn till människornas oro. Argumenteringen låter bekant.

Eftersom professor Guskowas tre problemställningar är universella insåg hon, att man måste göra något åt dem internationellt. Vi talade rätt länge om möjligheterna att få internationella instanser som IAEA, ICRP och UNSCEAR att ta upp frågorna (IAEA har i viss mån redan gjort det). Men vi var helt överens om, att man gjort alldeles för litet för att informera om strålrisker och sättet att beräkna dem. Den informationen är självfallet mycket svår, kanske omöjlig att lämna till en bred allmänhet, men vi var överens om att man mycket mer aktivt måste försöka. Detta borde vara en väsentlig uppgift även för våra länders egna strålskyddsmyndigheter. Men även här har försöken till information varit helt otillräckliga.

När vi tog adjö av Angelina Guskowa, var det till en mycket pessimistisk kvinna, som hela sitt yrkesverksamma liv, både nationellt och internationellt arbetat med att bota strålskador, informera om dem och sökt beräkna strålrisker. Hon var tydligt besviken på hur egoistiska intressen hos politiker och hos sådana som utan täckning vill kalla sig experter lyckats sabotera det hon strävat för.

Bilaga 5

Förteckning över av katastrofmedicinska organisationskommittén utgivna rapporter

1	Katastrofmedicinska studier i USA: Beredskap mot naturkatastrofer	1966	Bernt Ulf Gästrin	Blomquist Hans von Holst K-G Linderholm
2	Studiebesök i USA: American Medical Association's konferens om katastrofsjukvård i Chicago	1966	Lars Per-Erik Wiklund	Brunnberg
3	Katastrofmedicinska studier i Turkiet: 1967 Jordbävningkatastrof i Varto-området, augusti 1966	1967	Göran Eriksson	Gustav Weissglass
4	Erfarenheter från naturkatastrofkongress i Skopje 25-30 oktober 1966	1967	Walo von Greyerz	Ulf Gästrin
5	Katastrofmedicinsk dokumentation: "Människor i katastrof". Genomgång av psykologisk och psykiatrisk litteratur av katastrofmedicinskt intresse	1968	Hans Rudolf Lohman	
6	(ej utgiven)			
7	Katastrofmedicinska studier i Israel: Studier av krigssjukvården	1967	Sten Per-Erik Wiklund	Meurling
8	Katastrofmedicinska studier i Turkiet: Jordbävning i Debar 1967-11-30-12-02	1968	Valentin Sterndal	
9	Katastrofmedicinska studier i Italien: Jordbävningkatastrofen på Sicilien, januari 1968	1968	Björn Lars Risholm	Klinge
10	(ej utgiven)			
11	Katastrofmedicinsk organisation i Öst-Pakistan: Rapport från studieresa maj 1968	1969	Lars Troell	
12	Katastrofmedicinska studier i Indonesien: Vulkanen Merapis utbrott januari 1969	1969	Bo Rybeck	
13	Symposium om katastrofmedicin (utgiven som specialnummer av tidskriften Försvarsmedicin)	1969		
14	Katastrofmedicinska studier i Göteborg: Stormen "Ada" 1969-09-21-22	1970	Per-Gunnar Kaare Karl-Gustav Erland Peter Jane Gunnar Rosengren	Andbert Brandsjö Dhunér Hansson Heimann Jönsson Klas Palmqvist
15	Katastrofmedicinska studier i Jugoslavien: Jordbävningen i Banja	1970	Bengt Peer Lars Lindegård	Zederfeldt Thorulf
16	Katastrofmedicinska studier i Västtyskland: Smittkoppepidemien i Meschede, Westfalen	1970	Alvar Ehinger	
17	Katastrofmedicinska studier i Turkiet: Jordbävningen i Klathya-området mars 1970	1971	Anders Aspegren	
18	Katastrofmedicinska studier i Peru: Jordbävningkatastrofen 1970-05-31	1971	Barbro Johansson	
19	Katastrofmedicinska studier i Jugoslavien: Tågbrand i Wrاندunktunneln 1971-02-14	1971	Kristen Rune H Berlin	Mågård
20	Katastrofmedicinska studier i Jordanien: Redogörelse för arbetet vid Svenska Röda Korsets opera-	1971	Peer Thorulf	

	tionstag oktober 1970			
21	Studier i USA, sept-okt 1970: Utvecklingstrender inom medicinsk utbildning- och katastrofberedskap	1971	Hans von Holst	
22	Katastrofmedicinska studier i Västtyskland: Järnvägs katastrof i Rheinweiler 1971-07-21	1972	John Bo Rybeck	Ingman
23	Katastrofmedicinska studier Glasgow: Gasexplosion i Clarkston 1971-10-21	1972	Christina Ehrström	
24	Katastrofmedicinska studier i Frankrike: Gasexplosion i Argenteuil 1971-12-21	1972	Eric Lars Lindegård	Arenander
25	Katastrofmedicinska studier i Danmark: Fenolkatastrofen i Simmersted och Syd-Jylland den 20-23 januari 1972	1972	Kaare Brandsjö	
26	Katastrofmedicinska studier i Japan: Järnvägskatastrofen mellan Nagoya och Osaka den 25 oktober 1971	1973	Rune Lars Lindberg	H Berlin
27	Amerikansk krigskirurgi i Sydostasien: Erfarenheter i samband med katastrofmedicinska studier 1972	1973	Rune Lars Lindberg	H Berlin
28	Katastrofmedicinska studier i Glasgow: Katastrof i Ibrox Park fotbollsstadion den 2 januari 1971	1973	Ulf Peter Westerholm	Gästrin
29	Katastrofmedicinska studier på Rhodos: Restaurangbranden 1972-09-23. Flygevakueringsoperationen	1973	Ulf Brandt	
30	Katastrofmedicinska studier i England: Seriekollisioner på motorväg M6 väster om Manchester 1971-09-13	1974	Björn Per Erik Wiklund	T Klinge
31	Katastrofmedicinska studier i England: Seriekollisioner på motorväg M6 väster om Manchester 1971-09-13	1974	Björn Per Erik Wiklund	T Klinge
32	Katastrofmedicinska studier i Italien: Koleraepidemien i Syditalien, 1973	1975	Bengt Olof Ringertz	Gästrin
33	Katastrofvövningen på Sturup	1976	Åge Ramsby	
34	Katastrofmedicinska studier i Norditalien: Luftutsläppet av organiska klorföreningar i Seveso, Milano-provinsen 1976-07-10	1977	Ulf G Ahlborg Staffan Skerfving	Birgitta KolmodinHedman
35	Totalhavariet av tankfartyget "Monte Urquio la" vid La Coruna Spanien, maj 1976	1977	Per Fahlin	
36	Katastrofmedicinska studier på Teneriffa: Flygplansolyckan på Los Rodeos-flygplatsen den 27 mars 1977	1977	Henry Lorin Peer Thorulf	
37	Katastrofmedicinska studier i Tuve: Skredet den 30 november 1977	1978	Kaare Karl-Gustav Sven-Erik Frödin John Ingman Alvar Schilén Margareta Sundelin Sammanställt av: Henry Lorin	Brandsjö Dhunér
38	Katastrofmedicinska studier: Psykiska reaktioner vid katastrofer	1979	Tomas Böhm Henry Lorin	
39	Katastrofmedicinska studier i Borås: Hotellbranden 10 juni 1978	1979	Anders Backman Rune Carlsson Östen Engelbrektsson Nils Erik Englund Gerhard Ewald Tommy Johansson Tom Lundin Torkild Nielsen Sammanställt av: Henry Lorin	

40	Katastrofmedicinska studier i Spanien: Gasolyckan i Los Alfaques 11 juli 1978	1979	Gösta Rune Blomberg Arturson Kaare Brandsjö
41	Katastrofmedicinska studier i Östersund: Järnvägsolyckan vid Lugnvik 10 aug 1978	1979	Henry Börje Renström Lorin
42	Katastrofmedicinska studier i Mississauga, Kanada: Järnvägsolycka 10 november 1979 med åtföljande brand, klorutsläpp och behov av evakuering	1980	Lars-M Eliasson Mårten Holmström
43	Katastrofmedicinska studier: Barn under krigs- och katastrofförhållanden. Deras upplevelser, beteenden och psykiska svårigheter	1981	Tomas Böhlm Lars H Gustafsson Henry Lorin
44	Katastrofmedicinska studier i Nordsjön: Förlisningen av bostadsplattformen Alexander L. Kielland den 27 mars 1980	1981	Helge Bryne Henry Lorin
45	Katastrofmedicinska studier i samband med två svenska järnvägsolyckor 1980: Tågkollisionen i Storsund 1980-06-02. Tågurspårningen i Upplands Väsby 1980-08-24	1981	Henry Lorin Dag Axelsson Magnus Beckman Kaare Brandsjö Bo Brismar Anders Erik Eklund Ingrid Lagergren Karl-Axel Norberg Urban Westin
46	Katastrofmedicinska studier i Bologna: Sprängattentatet på centralstationen den 2 augusti 1980	1981	Lennart Bergenwald Kaare Brandsjö Bo Brismar Arne Jönsson Per Rohlén
47	Katastrofmedicinska studier i Nevada: Branden på MGM Grand Hotel i Las Vegas den 21 november 1980	1982	Nils Fröman Carl-Evert Jonsson
48	Katastrofmedicinska studier: Brännskadebehandling	1982	Gösta Arturson Bo Brismar Henry Lorin
49	Katastrofmedicinska studier i Libanon: Beirut 82	1983	Henry Lorin Karl-Axel Norberg
50	Katastrofmedicin - Kemiska olyckor	1984	Johan Hermelin Per Kulling Henry Lorin Karl-Axel Norberg
51	Katastrofmedicinska studier i Mexiko: Explosions- och brandkatastrofen i San Juanico Ixhuatepec den 19 november 1984	1986	Gösta Arthurson Kaare Brandsjö
52	Katastrofmedicin - Kärnvapenkrig	1986	Gösta Arturson Henry Lorin m fl
53	Katastrofmedicinska studier i Indien: Giftgasolyckan i Bhopal, december 1984	1987	Per Kulling Henry Lorin
54	Katastrofmedicinska studier i Hessen, Väst-Tyskland: Tankbilolyckan i Herborn 7 juli 1987	1988	Kaare Brandsjö Henry Lorin Hans Nordström
55	Färjeolyckan vid Zeebrügge den 6 mars 1987	1989	Henry Lorin Karl-Axel Norberg
56	Branden i tunnelbanestationen King's Cross den 18 nov 1987	1990	Börje Hallén Per Kulling
57	Olyckan vid flyguppvisningen vid Ramstein-flygbasen den 28 augusti 1988	1990	Bo Brismar Henry Lorin
58	Flygplansbranden i Manchester den 22 augusti 1985	1991	Hans Fries

Kärnkraftsolyckan i Tjernobyl är en händelse som i hög grad påverkat människornas situation. I första hand gäller det befolkningen i kraftverkets närhet men även andra länders människor har berörts. De har utsatts för ett hot som de inte kunnat värdera och även beslutsfattare har många gånger haft bristande kunskaper.

Socialstyrelsen har därför, genom sin katastrofmedicinska organisationskommitté, Kamedo, engagerat överingenjör Kaare Brandsjö samt professorerna Peter Reizenstein och Gunnar Walinder för att redovisa de medicinska konsekvenserna av Tjernobylolyckan. Vid utarbetandet av rapporten har även deltagit Henry Lorin, chefläkare vid flygvapnets medicinska undersökningscentral och medicinalrådet Karl Axel Norberg, Socialstyrelsen.

Att flera år förflutit sedan olyckan torde inte göra skriften inaktuell. Det är snarare så att den ökade observationstiden givit oss bättre möjligheter att korrekt bedöma olyckans medicinska konsekvenser. Men på flera av de medicinska frågorna kan vi förvänta oss ett svar först om 30–40 år.

Under 1991 fattades beslut om att driften vid kärnkraftverket i Tjernobyl skall upphöra inom de närmaste åren. Ett stort antal reaktorer konstruerade efter samma principer och med samma bristfälliga säkerhet är emellertid fortfarande i drift i öststaterna. Risken för nya haverier - kanske med ännu svårare följder - kvarstår därför under överskådlig tid.

SoS-rapport är den samlande beteckningen för Socialstyrelsens skrifter av informerande karaktär.

Serien behandlar ämnen från Socialstyrelsens alla verksamhetsområden. Det kan vara slutrapporter från utredningar, förslag från arbetsgrupper, kunskapsöversikter, konferensrapporter, remissutgåvor och mycket annat.

Skrifterna riktar sig främst till tjänstemän och förtroendevalda i landsting, länsstyrelser och kommuner; till praktiskt verksam personal inom hälso- och sjukvård, hälsoskydd och socialtjänst; till studerande och i viss mån till allmänheten.