

Del IV Gränsvärden och motåtgärder



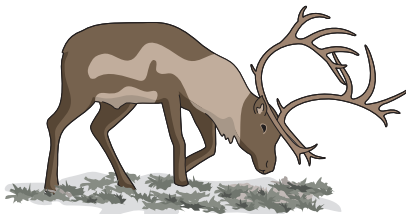
Utfodra med cesiumbindande preparat.



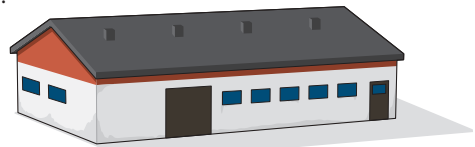
Plöja upp mark och så på nytt.



Utfodra med rent foder.



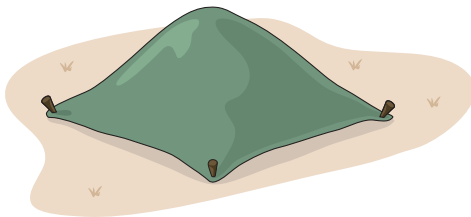
Slakta renar i augusti–september när de har de lägsta cesiumhalterna.



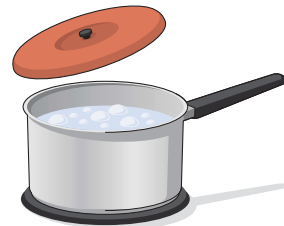
Stalla in betesdjur.



Gödsla och kalka.



Täcka över grödor.



Skölja, förvälla och koka maten.

Motåtgärder vidtas för att minska överföringen av radioaktiva ämnen via näringskedjor till människan (kap. 13-16). Motåtgärderna införs för att föroreningen av saluförda livsmedel ska understiga gällande gränsvärden (kap. 12). Motåtgärderna tillämpas så länge fördelarna (t.ex. minskad dos) överstiger nackdelarna (t.ex. kostnader). Genom åtgärderna undviker man förhoppningsvis även att behöva kassera jordbruksprodukter m.m.

Även om allmänna principer finns för val av motåtgärder så måste ett flertal avvägningar göras med hänsyn till ett stort antal faktorer utöver de strålskyddsmässiga effekterna. Avvägningar kan exempelvis behöva göras mellan dos (cancerfall) och kostnader, mellan mindre dos eller större handlingsfrihet osv. (kap. 17).

12 Gränsvärden för livsmedel

Gränsvärden vid en framtida olycka

EG har fastställt gränsvärdena som ska tillämpas först efter beslut av kommissionen. Om kommissionen får officiell information om en kärnenergiolycka eller annan radiologisk nödsituation, vilken bekräftar att i förordningarna angivna gränsvärden (tab. 12.1) kan komma att överskridas eller har överskridits, ska kommissionen omgående, om omständigheterna så kräver, anta en förordning som gör dessa gränsvärden tillämpliga. Giltighetstiden ska vara så kort som möjligt och inte längre än tre månader. Inom en månad ska kommissionen förelägga rådet ett förslag till ny förordning som anpassar gränsvärdena till den aktuella händelsen.

Genom utformningen av tabell 12.1 ingår i gruppen övriga livsmedel ett flertal väsentliga baslivsmedel såsom kött och kött-

produkter, spannmål, grönsaker och rotfrukter samt frukt och bär. Värdena för koncentrerade eller torkade produkter ska beräknas på grundval av den rekonstituerade produkten färdig för förtäring.

Utgående från dessa gränsvärden för radioaktivt cesium i livsmedel har kommissionen i förordning 770/90 angett gränsvärden för cesiumisotoper i djurfoder. Gränsvärdet har satts till 1 250 Bq/kg för foder till grisar, 2 500 Bq/kg för foder till fjäderfå, lamm och kalvar samt 5 000 Bq/kg för foder till övriga djurslag.

Förutom att gränsvärdena gäller inom EU så är det enligt rådets förordning inte heller tillåtet att till andra länder exportera djurfoder och livsmedel med en koncentration av radioaktiva ämnen som överskrider de gränsvärden som gäller inom EU.

Nuvarande gränsvärden

Efter Tjernobylolyckan 1986 satte Strålskyddsinstitutet som mål att den extra stråldos, som individen fick från livsmedel, inte bör överstiga 1 mSv per år. Dock kunde man under vissa omständigheter tillåta upp till 5 mSv under det första året efter olyckan. För att kunna nå detta mål införde Livsmedelsverket gränsvärdet 300 Bq/kg för cesium-137 för alla saluförda livsmedel. Detta gränsvärde kom emellertid att uppfattas som en "riskgräns" även för andra livsmedel än de i allmänna handeln, exempelvis vilt, bär, svamp och fisk.

Avsikten med gränsvärden för radioaktiva ämnen i livsmedel är att hålla nere stråldosen från livsmedel. Intaget av radioaktiva ämnen ska minimeras så långt det är möjligt med hänsyn tagen till ekonomiska och sociala faktorer. För vissa utsatta grupper har systemet med gränsvärden

Tabell 12.1 Gränsvärden för saluförda livsmedel vid en framtida olycka (Bq/kg livsmedel). Källa: Europeiska rådets förordningar 3954/87 och 2218/89 samt EG-kommissionens förordning 944/89.

Radioaktiva ämnen	Exempel	Barnmat	Mejeri-produkter	Flytande livsmedel	Övriga livsmedel	Mindre viktiga livsmedel
Alfastrålande isotoper av plutonium och transplutonium	plutonium-239 och americium-241	1	20	20	80	800
Strontiumisotoper	strontium-90	75	125	125	750	7500
Jodisotoper	jod-131	150	500	500	2000	20000
Alla andra med mer än 10 dagars halveringstid (ej kol-14, tritium och kalium-40)	cesium-134 och cesium-137	400	1000	1000	1250	12500

Barnmat = Livsmedel avsedda för spädbarn under de första fyra till sex levnadsmånaderna vilka saluhålls i detaljhandeln i förpackningar som är tydligt märkta "barnmat".
Mindre viktiga livsmedel = Enligt lista i kommissionens förordning 944/89, bl.a. kryddor och vitaminer.

ytterligare kompletterats med kostråd.

År 1987 ändrades gränsvärdet till 1 500 Bq/kg för vissa livsmedel som genomsnittssvensken bedömts äta mycket litet av. Dessa livsmedel är kött och köttprodukter av vilt och ren, vilda bär, svamp, insjöfisk samt nötter (tab. 12.2).

Denna höjning till 1500 Bq/kg för en del livsmedel ledde emellertid till många protester från skilda håll, vilket krävde ett stort informationsarbete för framför allt Livsmedelsverket.

Skälet till denna höjning var att de matkorgsundersökningar som genomfördes i landet efter olyckan visade att genomsnittssvensken bara fick i sig högst ca 30 Bq radioaktivt cesium per dag från livsmedel saluförda i handeln, vilket motsvarar en stråldos mellan 0,1 och 0,2 mSv per år. Således fanns då ett stort utrymme kvar till det mål som satts på högst 1 mSv radioaktivt cesium.

Kostråd gavs också ut, riktade till de som jagar, fiskar och plockar bär och till samer som äter mycket renkött för att de

inte skulle utsättas för alltför höga stråldoser via kosten.

Särskilda regler infördes till en början även i fråga om kontroll av livsmedel som importerades från de forna östländerna. Dessa bestämmelser är numera upphävda.

När det gäller import tillämpar Sverige idag liksom andra medlemsstater EG:s gränsvärden för import från tredje land. Enligt rådets förordning 737/90 och kommissionens förordning 1609/2000 är gränsvärdet 370 Bq/kg för barnmat, mjölk och mjölkprodukter samt 600 Bq/kg för andra livsmedel, bl.a. kött och köttprodukter (summan av cesium-134 och -137).

Några andra gemensamma gränsvärden finns inte inom EU. Emellertid tillämpar flera av EU:s stater gränsvärdena för import från tredje land som nationella. Norge använder också dessa gränsvärden men tillämpar för renkött och insjöfisk ett gränsvärde på 3 000 Bq/kg.

Strålskyddsinstitutet anser fortfarande att stråldosen från radioaktivt cesium i livsmedel bör

understiga 1 mSv per år. Detta motsvarar idag ungefär 75 000 Bq räknat på cesium-137. Enligt den senaste s.k. matkorgsundersökningen 1994 fick genomsnittssvensken årligen 274 Bq från livsmedel köpta i handeln, men inom Västerbottens inland erhöles i genomsnitt 815 Bq. Till grund för denna matkorgsundersökning ligger Jordbruksverkets konsumtionsstatistik.

För personer boende inom det efter Tjernobylyckan nedfallsdrabbade området och som till stor del lever på egen jakt eller fiske och plockar bär eller som äter mycket renkött (t.ex. samer) kunde en betydligt högre stråldos fås från sådana livsmedel, men dock sällan idag över 1 mSv per år. Idag kan till exempel en person konsumera så mycket som 50 kg renkött under ett år (ca 150 g dagligen) med cesiumhalten 1500 Bq/kg (samma som gränsvärdet) utan att dosen för den skull överskrider 1 mSv per år.

Frågan om utspädning av livsmedel för att på det sättet komma under ett gränsvärde aktualiserades bl.a. efter Tjernobylyckan när det gällde mjölk. I princip är Livsmedelsverket emot utspädning.

Vissa mejerier tog egna initiativ på grund av rädsla för att konsumenterna inte skulle acceptera mjölken och tillät inte leverans av mjölk med betydligt lägre nivåer än gränsvärdet. Mjölken kasserades. För att kunna kontrollera detta måste det finnas kännedom i ett tidigt skede om vilken gård som har oacceptabla halter av radioaktiva ämnen i mjölken. Det finns idag större möjligheter att iden-

Tabell 12.2 Gränsvärden i Sverige för cesium-137 i saluförda livsmedel efter Tjernobylyckan. Källa: Livsmedelsverkets föreskrift SLVFS 1987:4.

300 Bq/kg för baslivsmedel	1 500 Bq/kg för övriga livsmedel
kött och andra ätliga delar av tamboskap samt beredningar därav	kött m.m. från ren och vilt som älg, rådjur m.fl.
spannmålsprodukter	vilda bär
frukt, utom nötter	svamp
köksväxter, utom svamp	insjöfisk
mejeriprodukter	nötter
barnmat	
havs fisk	

tifiera sådana gårdar/besättningar genom kontroll av halten radioaktiva ämnen i mjölken i tankbilens olika fack. Besättningarna blir allt större och mjölkleveransen från en besättning fyller ofta ett helt tankfack. Var i kedjan kontrollen utförs, från ingående mjölk till utgående mjölk eller mjölkprodukt, ansvarar mejeriet för.

Ny olycka - nya gränsvärden - konsekvenser

Vilka åtgärder som blir aktuella vid ett nedfall av radioaktiva ämnen beror naturligtvis på var nedfallet sker, dess karaktär och omfattning.

Om ett nedfall sker i ett land utanför EU, dvs. i tredje land, berörs inte handeln av våra egna

produkter, t.ex. kött, spannmål och grönsaker och kan således säljas fritt inom EU. För importerade produkter från det berörda området tillämpas däremot EG:s gränsvärden för import från tredje land.

Om det blir en radioaktiv markbeläggning inom EU och det finns en risk för att de förberedda gränsvärdena vid en ny olycka kommer att överskridas kommer sannolikt dessa gränsvärden att börja tillämpas ganska omgående. När kommissionen mottar information om en kärnenergiolycka eller annan radiologisk nödsituation ska nämligen de förberedda gränsvärdena börja gälla i hela EU. Sverige har möjlighet att begära revideringar eller tillägg till de

gränsvärden som kommissionen snabbt ska sätta i tillämpning och att påverka de situationsanpassade gränsvärden som kommissionen inom en månad ska förelägga rådet.

Ett problem är de skillnader som finns mellan nuvarande svenska gränsvärden och de gränsvärden som vid en framtida olycka kommer att gälla i EU. För vissa livsmedel får vi högre gränsvärden, t.ex. barnmat och mjölkprodukter, och för andra lägre, t.ex. renkött. Hur ska man förklara detta för konsumenter, som uppfattar ändringen som att något helt plötsligt är mindre farligt, eller farligare?

13 Motåtgärder inom växtodling

- Minska sårbarheten (Inför ett eventuellt nedfall).
- Ge aktiviteten tid att minska:
 - Ge direktdeponerat nedfall tid att överföras till marken via vinderosion och nederbörd.
 - Utnyttja den fysikaliska halveringstiden (t.ex. lagra foder innehållande jod-131).
- Minska växternas rotupptag:
 - Plöjning.
 - Gödsling.
 - Odlå grödor som överför radioaktiva ämnen i mindre grad.
- Undvik de radioaktiva ämnena:
 - Avlägsna förorenad gröda eller ett ytskikt av marken.
 - Ta marker ur drift.
- Upphör att producera livsmedelsråvaror. Välj istället:
 - Energigrödor.
 - Ingen produktion.

Överföringen av radioaktiva ämnen till livsmedel och därigenom till konsumenter samt faktorer som påverkar överföringen inom växtodling och djurhållning har beskrivits i kap. 9-10. Motåtgärder för att minska denna överföring behandlas i kap. 13 för växtodling och i kap. 14 för djurhållning och rennärning.

Bete och vallodling ingår i kapitlet om djurhållning eftersom vallodling i regel bedrivs av den som har djur. Djurägare disponerar normalt betesmark och bedriver vallodling för att säkra djurens foderförsörjning och även på grund av beteskravet. Vallodling för avsalu förekommer bara i ringa omfattning.

Allmänt

Åtgärder kan vidtas:

- under ett förvarningsskede när ett utsläpp förväntas och vid utländska olyckor framförallt mellan utsläpp och nedfall och
- efter ett nedfall både innevarande odlingsår och kommande år.

Åtgärder före ett nedfall vidtas för att minska sårbarheten och därmed de följder som kan befaras. Efter ett nedfall vidtas åtgärder för att minska konsekvenserna av nedfallet - antingen genom att flytta de radioaktiva ämnena eller minska överföringen till grödor.

Vilka åtgärder som är lämpliga efter ett nedfall, beror i hög grad på när under året som nedfallet sker. Åtgärderna blir också beroende av nedfallets omfattning

och sammansättning. Vid ett nedfall under odlingsårssäsongen beror valet av åtgärder även av vilket utvecklingsstadium grödorna nått.

Inom växtodlingen har man mindre möjlighet än inom djurhållningen att den första tiden efter nedfallet avvakta med åtgärder tills man har en fullständigare kännedom om nedfallets karaktär (förekomst och mängder av olika radioaktiva ämnen på olika platser). Inom djurhållningen kan man avbryta betessäsongen, dvs. låta djur vara installerade en tid, och senare utnyttja den del av säsongen som då återstår. Odlingsårssäsongen måste däremot ha sin gång så när som att det vid ett tidigt nedfall under odlingsårssäsongen kan vara möjligt att starta om växtodlingen.

Om nedfallet kommer:

- en tid före odlingsårssäsongen kan man ha tid på sig att anpassa sig till den uppkomna situationen och fatta beslut om motåtgärder. Så är också fallet när man efter den första odlingsårssäsongen ska besluta om odlingen inför nästa säsong.
- strax innan odlingsårssäsongen finns det fortfarande möjlighet att påverka jordbrukets inriktning såsom val av grödor och markbearbetning. Under denna period blir det inte bara fråga om snabba beslut utan även om beslut som kan få avgörande inverkan på årets produktionsresultat.
- tidigt under odlingsårssäsongen måste man snabbt ta ställning till om t.ex. senarelägg

ning av skörden leder till en acceptabel förekomst av radioaktiva ämnen i grödan eller om den ska kasseras följt av plöjning, gödsling och nysådd. Valet av åtgärd underlättas om en snabb prognos för nuklidhaltens utveckling blir tillgänglig.

- sent under odlings säsongen måste man besluta om grödorna ska användas som livsmedel, fodermedel eller kasseras.

Duger inte produkterna som livsmedel kan produkterna:

- sköras för att användas som foder (t.ex. brödspannmål som foderspannmål) eller biobränsle,
- kasseras genom att grödan slås av och transporteras bort från åkern eller får ligga kvar på åkern för att senare plöjas ner.

Inför och under nästa odlings säsong kan åtgärder behöva vidtas för att produkterna ska duga som livsmedel (avsnitt 13.4). Om tillräckliga åtgärder inte kan vidtas kan produktionsriktningen:

- ändras, t.ex. till odling av industrigrödor eller energi-grödor
- upphöra, eventuellt temporärt genom att lägga arealer i träda.

Inför ett eventuellt nedfall under odlings säsongen

Efter ett larm om att ett utsläpp har skett eller kan komma att ske men före ett eventuellt nedfall kan man planera och vidta vissa motåtgärder. Man har emellertid mycket kort tid till förfogande, från några timmar upp till några dagar (kap. 7). Om nedfallet kommer under

odlings säsongen kan vissa akuta motåtgärder behöva vidtas för att rädda grödorna.

Med tanke på installningen av djur kan det vara väsentligt att ta till vara växande fodergrödor. I de områden som förväntas få ett omfattande nedfall bör jordbrukaren få rekommendationer om att om möjligt genomföra en snabb skörd av vall och andra grödor. Tidig skörd av någorlunda mogen stråsäd gör att spannmålen kan användas till foder. Förutom tidsbristen kan emellertid tillgången på arbetskraft, maskinutrustning och lagringsutrymmen begränsa möjligheterna att skörda

snabbt.

När man ger sådana rekommendationer bör man tala om vad som händer om rekommendationerna inte genomförs. Detta för att jordbrukaren ska kunna välja det alternativ som är bäst för just det jordbruksföretaget.

I den mån det finns vattentätt täckmaterial kan man täcka små arealer och skördade produkter som förvaras utomhus. Det kan vara realistiskt för t.ex. grönsaker, frukter, örter samt högar eller stackar av exempelvis potatis, sockerbetor, hö och halm. Man bör tänka på att man får en koncentration av radioaktiva



Figur 13.1 Nedplöjning av ett förorenat ytskikt begränsar de radioaktiva ämnenas växttillgänglighet genom inblandning i en större jordvolym och cesiumfixering i mineraljord.

ämnen där avrinningen sker. Det kan kräva saneringsåtgärder i ett senare skede.

Dessutom kan man behöva skjuta upp planerade arbeten som jordbearbetning och sådd tills närmare besked kan lämnas om nedfallets omfattning.

Efter ett nedfall under odlingssäsongen

Plöjning och gödsling behandlas även i nästa avsnitt om motåtgärder kommande odlingssäsonger.

Tidpunkten när nedfallet sker under innevarande odlingssäsong är avgörande för vilka motåtgärder som kan vidtas. En vallsituation kan bli att antingen avbryta och börja om eller att fortsätta växtodlingen.

Slå av och kassera grödan

En handlingsstrategi beträffande stråsäd och nysådd vall är att slå av den växande grödan så tidigt som möjligt efter ett nedfall - innan det uppfångade radioaktiva materialet har överförts till jorden. Den avslagna grödan avlägsnas och deponeras/komposteras sedan utanför fältet och därmed har en del av nedfallet på fältet avlägsnats.

Alternativt kan man låta den avslagna grödan ligga kvar och multna på fältet. I detta fall blir också hela nedfallet kvar i marken men kommer inte alls i samma omfattning att återfinnas i nästa skörd.

Plöja upp förorenad mark och så in på nytt

En annan motåtgärd är att plöja ned det förorenade ytskiktet och så in en gröda på nytt. Detta begränsar de radioaktiva ämnenas växttillgänglighet ge-

nom inblandning i en större jordvolym och innebär för radioaktivt cesium även en ökad fixering till mineralpartiklar dvs. det radioaktiva cesiumet blir mindre tillgängligt för växterna. Även vid måttligt nedfall kan en snabb nedplöjning av grödan vara den bästa lösningen redan första året.

En väsentlig nackdel med en tidigt genomförd plöjning är att det förhindrar möjligheten att senare avlägsna den förorenade grödan eller jorden. Det kan därför vara anledning att avvakta med plöjning till man kunnat bedöma om det kan bli aktuellt att avlägsna grödan eller ett ytskikt av jorden.

I vissa fall som exempelvis om nedfallet kommer på redan plöjd mark eller i såskiktet kan harvning ge en viss reduktion av upptaget. Harvning efter deponering men före sådd kan minska överföringen av radioaktiva ämnen till växterna på de flesta jordar.

Kaliumgödsla

Eftersom cesium har ungefär

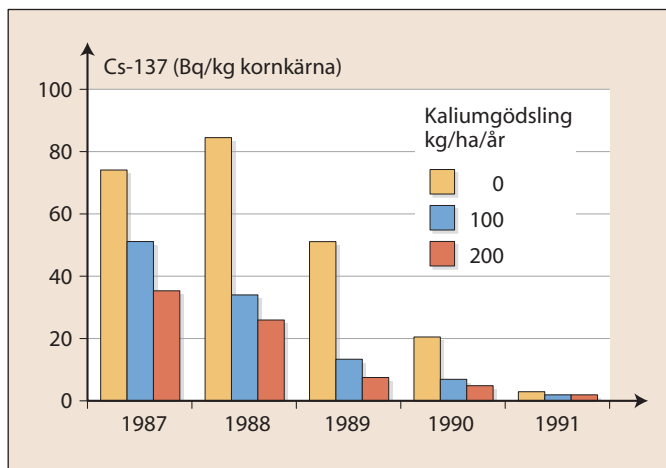
samma egenskaper och spridningsvägar som kalium kan gödsling med kalium ha effekt på överföringen av radioaktivt cesium till växande grödor redan under första året efter ett nedfall (fig. 13.2). Effekterna av denna motåtgärd beror på jordart samt på näringsstatus av kalium och kalcium i marken. En kombination av kaliumgödsling och plöjning ger en bra effekt. Kaliumgödsling bör göras i såskiktet för att få den bästa effekten.

Förändra skördemetoder

Om nedfallet kommer tidigt på våren kan man minska cesium-137-halten med 70-90 % i vallfoder genom att skörda vallen med hög stubb, 12-15 cm (kap. 14).

Skörda senare

Om det är skördetid vid nedfallet kan halten i grödan minskas genom att skörda senare. Detta beror på att de radioaktiva ämnena späds ut genom den tillväxt som sker och avklarar fysikaliskt med tiden.



Figur 13.2 Effekt av kaliumgödsling under flera år med olika givor av kalium för en korngroda. Källa: Klas Rosén, SLU.

Vidare kan en del tvättas ut via nederbörd (kap. 7). Denna motåtgärd är särskilt viktig för vall och spannmål.

Lagra skördade grödor

Genom att låta tiden verka kan halterna av radioaktiva ämnen minskas i skördade grödor. Denna metod kan användas för att minska halterna främst av ämnen med kort fysikalisk halveringstid som exempelvis jod-131. Detta gäller framförallt vinterfoder.

Efterföljande odlingssäsonger

Föreningen av foder och livsmedel under åren efter ett nedfall beror till allra största delen på rotupptag från marken. Förening av växtdelar med radioaktiva ämnen i jord har som regel liten betydelse. Storleken på rotupptaget beror på markens egenskaper (kap. 10). Jordarnas beskaffenhet varierar lokalt, och den enskilde jordbrukaren har ofta flera jordtyper inom sin bruksningsdel.

Plöja

Överföringen av radioaktiva ämnen till grödan minskar genom att jorden bearbetas. Jorden kan bearbetas på flera olika sätt: harvning, normal plöjning, djupplöjning eller fräsning. Eftersom normal plöjning är en standardmetod inom växtodlingen är den också lätt att införa som motåtgärd. Vid normal plöjning med ett plogdjup på ca 25 cm omblandas och utspäds de radioaktiva ämnena i hela matjordsskiktet. Detta minskar väsentligt grödornas upptag jämfört med vid en ytligare placering av nedfallet.

Förutom effekten på rotupptag via utspädning binds radioaktivt cesium i mineraljorden. Denna process minskar tillgängligheten för rotupptag. Plöjning av mark halverar vanligen rotupptaget inom ca 2–5 år. Upprepad plöjning medför ytterligare minskning av upptaget. Metoden kan i gynnsamma fall minska upptaget till en tiondel.

Vid djupplöjning används speciella så kallade nyodlingsplogar, vilka kan plöja till ca 40 cm djup. Eftersom antalet nyodlingsplogar i Sverige är litet blir denna metod svårare att införa som motåtgärd.

Vid treskiktets djupplöjning med specialplog flyttas de översta 5 cm av den förorenade marken till ca 50 cm djup. Metoden är endast användbar i finkorniga homogena jordar.

En annan metod att bearbeta jorden är att använda jordfräs. Denna metod ger en effektiv homogenisering av nedfallet i jorden.

Gödsla och kalka

Gödsling med fullgödselmedel och särskilt med kaligödselmedel minskar främst överföringen av cesium via växternas rotupptag. Kaliumgödsling har olika effekt vid olika typer av jordar. Generellt kan sägas att effekten är störst på kaliumfattiga mulljordar och sandjordar där grödorna annars skulle få relativt höga cesiumhalter. En reduktion av upptaget med 50-70 % är möjlig vid en giva av 100-200 kg kalium per hektar på dessa jordar (fig. 13.2).

Markens näringsinnehåll kan också höjas genom odling av

gröngödslingsgrödor som plöjs ner i åkern.

Gödsling kan ske med zeoliter. En zeolit är ett lermineral som lätt binder cesium. Denna metod är effektiv om zeoliten inblandas i jorden.

Kalkning och gödsling med fosfor minskar upptaget av radioaktivt strontium.

Ta bort ett ytskikt

Att sanera jordbruksareal genom att ta bort jord från åkermark kan vara en effektiv metod att bli av med radioaktiva ämnen. Metoden har visat sig ge en minskning av cesium och strontium på upp till 75-80 % om den utförs på rätt sätt. Det är speciellt viktigt att inte delar av den borttagna jorden faller ner på den "rena" jorden.

Metoden kan vara svår att tillämpa i praktiken eftersom det blir stora mängder jord som måste deponeras. Exempelvis kommer ett 5 cm djupt jordlager på arealen 1 ha (10 000 m²) att ha volymen 500 m³ och vikten ca 700 ton. Metoden torde därför lämpa sig för trädgårdsodlingen och i mindre omfattning för jordbruket.

Ta marker ur drift

De naturbetesmarker och marginella jordar som utnyttjas till livsmedelsproduktion är oftast näringsfattiga. Dessa jordar bearbetas eller plöjs normalt inte. Som en strategi efter nedfall kan dessa marker tas ur drift.

Ändra produktionsinriktningen

Ändrad markanvändning kan komma i fråga vid omfattande nedfall av radioaktiva ämnen. Ändrad produktionsinriktning

kan innebära ändrat val av grödor, odling av energi grödor, odling av skog, träda på kort eller lång sikt eller att överge marken.

Val av grödor innebär att man ändrar sort eller gröda. Man kan välja sorter med lägre upptag av radioaktiva ämnen men dessa sorter ger ibland lägre avkastning. Man kan välja grödor vars föroreningsgrad kan nedbringas i förädlingsledet. Exempelvis kan man övergå till spannmåls-

odling istället för vallodling. Upptaget av radioaktivt cesium i spannmåls kärnan är ca en tiondel av upptaget i gräs.

Att lägga större arealer än normalt i träda kan vara en fördröjande åtgärd. En del av den trädade och avställda odlingsarealen kan användas till energi grödor, t.ex. energiskog eller energigräs. Odling av energi grödor och skog på radioaktivt förorenad jordbruksmark innebär en förändring på mycket

lång sikt.

Att överge jordbruksareal och stoppa all jordbruksproduktion är den mest drastiska åtgärden som kan vara aktuell vid mycket stora nedfall. För vissa marktyper kan detta vara en restriktion att införa redan vid måttliga nedfall. Detta gäller exempelvis för mulljordar eftersom cesium där är jämförelsevis lättillgängligt för rotupptag.

14 Motåtgärder inom husdjursskötsel (inkl. bete och vallodling) och rennäring

Minska förekomsten av radioaktiva ämnen i djuren genom att:

- begränsa mängden radioaktiva ämnen i foder
- begränsa djurens intag av radioaktiva ämnen
- begränsa absorptionen av radioaktiva ämnen i djurens mag-tarmkanal
- saneringsutfodra, ändra slakttidpunkten.
- ändra produktionsinriktningen

Inom mjölkproduktionen krävs omedelbara åtgärder

Mjölk och mjölkprodukter är en väsentlig del av kosten (kap. 8). De ekonomiska konsekvenserna blir stora om mjölken inte kan användas för human konsumtion. Att kassera t.ex. Skånes mjölkproduktion under en dag innebär ett inkomstbortfall på ca 3,5 miljoner kronor i jordbrukarledet.

Efter en kärnenergiolycka är det huvudsakliga problemet på kort sikt att begränsa överföringen av radioaktiv jod till mjölken. Jod transporteras nämligen mycket snabbt i näringskedjan bete-komjolk-människa. Redan ett dygn efter nedfallet kan det finnas radioaktiv jod i mjölken om korna vistas ute på bete (kap. 9).

Att ställa in utegående djur, framförallt mjölkkor, är därför den viktigaste åtgärden under ett förvarningsskede (inför ett väntat nedfall) som sker under betessäsongen (avsnitt 17.5). Andra åtgärder är att ta in foder och påskynda eventuell skörd av foder.

Problemet med jod är emellertid av övergående natur eftersom den radioaktiva jodens fysikaliska halveringstid är så kort som åtta dagar. Efter tre veckor återstår mindre än 10 % och efter två månader mindre än 1 % av den ursprungliga mängden radioaktiv jod (fig. 5.3). På längre sikt blir radioaktivt cesium det största problemet på grund av den för cesium-137 långa fysikaliska halveringstiden på 30 år. Cesium har liknande egenskaper som kalium och samlas därför främst i kött men utsöndras även i mjölk (kap. 9). Bli det ändå nödvändigt att kassera mjölk kan den liksom stallgödseln få gå tillbaka till jorden även om detta innebär ett kretslopp av de långlivade radioaktiva ämnena. Stora delar av det radioaktiva intaget hos djuren går ut med avföringen och deltar i detta kretslopp.

Begränsa mängden radioaktiva ämnen i bete och vallfoder

Skörd av vallfoder med hög stubb

Att skörda vallfoder med högre stubb höjd än normalt kan i vissa fall vara ett sätt att minska aktivitetshalten i fodret och därmed också i djurprodukterna. Detta visades i en experimentell studie vid Lantbruksuniversitetet med färsk grönmassa till mjölkkor. Studien utfördes i juni-juli 1986, alltså 2-3 månader efter Tjernobylyckan (fig. 14.1).

Den grönmassa som skördades med låg (= normal) stubb höjd om 5 cm hade under en 4-veckorsperiod en halt av cesium-137 på i genomsnitt 6650 Bq per kg torrs substans, medan grönmassan som skördades med hög stubb höjd (15 cm) hade en betydligt lägre halt, i genomsnitt 385 Bq per kg torrs substans. Resultaten visade den vertikala fördelningen av cesium-137 på eller i foderväxterna under aktuell period. Möjligen kan en viss jordinblandning vid skörd med låg stubb höjd ha bidragit till den högre halten av cesium-137. Vid utfodring av de båda grönmasseslagen till mjölkkor registrerades en genomsnittlig halt av cesium-137 i mjölken under försöksveckorna 2-4 på 85 Bq respektive 18 Bq per kg. Liknande effekter av skördemetoden påvisades i grönmassa och i mjölk även när det gällde jod-131.

Putsning av beten

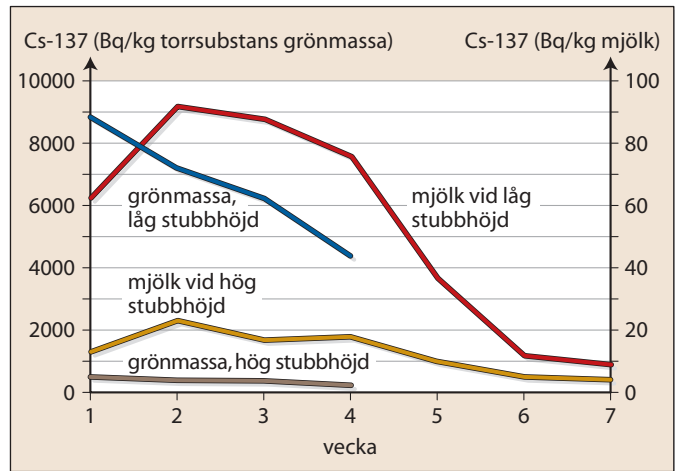
Efter ett nedfall på vintern eller tidigt på våren kan det vara lämpligt med putsning av betesmarker och vallar, dvs. att man med betesputsare, slätterkross eller liknande redskap slår av och tar bort tidigare års förna (förra årets växtlighet) och rator (obetade fläckar).

Det finns ofta torrt gräs från föregående år som blivit förorenat och, som fallet var efter Tjernobyolyckan, har relativt hög halt av radioaktiva ämnen. Denna förna blir inte utspädd genom grästillsväxt. Vid tidig betessläppning på våren åter betesdjuren delvis av förnan, vilket medför hög överföring av radioaktiva ämnen till djurprodukter. För att minska eller undvika risken för detta bör förnan slås av eller tas bort innan beten och vallar börjar växa.

Plöjning

Konventionell plöjning innebär att det ytligt deponerade radioaktiva materialet fördelas mer eller mindre jämnt i matjorden till ett djup av omkring 25 cm. Åtgärden kan därför övervägas vid vallproduktion, eftersom rotdjupet för gräs är betydligt mindre än plogdjupet. Fördelarna måste dock vägas mot de negativa effekter, som uppkommer av att bryta en etablerad betesvall.

Även vid måttligt nedfall kan en snabb nedplöjning av vallen och nysådd vara den bästa lösningen redan första året. Året därefter kan halten av radioaktiva ämnen i gräset bli väsentligt lägre, oftast lägre än 10 % av den på oplöjd slättervall. En nackdel med att omedelbart plöja upp



Figur 14.1 Halten av cesium-137 i grönmassa och i mjölk under perioden 17 juni 1986 och fyra respektive sju veckor framåt. Grönmassan skördades dagligen under dessa fyra veckor med slaghack med låg, respektive hög stubbhöjd och utfodrades individuellt till 10 mjölkkor på vardera utfodringsbehandling. Under de följande tre veckorna utfodrades med vallfoder som inte var förorenat med radioaktivt cesium. Källa: Jan Bertilsson, Inger Andersson och Karl Johan Johanson, SLU.

vallarna är skördeförlusten. Dessutom vet man inte om foder istället kan köpas eftersom man ännu inte vet hur vallskörden kommer att utvecklas i andra delar av landet, som är mindre drabbade.

Vid oförändrad växtföljd minskas den totala överföringen av radioaktiva ämnen allt eftersom vallarna successivt plöjs och nya vallar sås in.

Kaliumgödsling

Kaliumgödsling i ett tidigt skede kan delvis minska överföringen av radioaktiva ämnen till växande vegetation.

Redan det första året kan kaliumgödsling minska överföringen av cesium väsentligt även i vallen. En kombination av kaliumgödsling, plöjning och nysådd ger bra effekt. Kaliumgödsling bör göras i översta matjordslagret för att ge den bästa effekten. Gödslingen har, som framgår av figur 14.2, god

effekt både på kort och lång sikt.

Begränsa djurens intag av förorenat bete och vallfoder

Hålla djuren inne och utfodra med rent foder

Radioaktiv jod tas snabbt upp av betande kor både genom inandning och genom betesintag och utsöndras i mjölken. Genom att ta in korna från betet, helst innan det radioaktiva nedfallet sker, och utfodra med foder som inte är förorenat begränsas djurens intag av radioaktiv jod och därmed också mjölkens halt. Utfodring med rent foder är också det effektivaste sättet att begränsa djurens intag av andra radioaktiva ämnen.

Utfodring med foder som inte är förorenat förutsätter dock tillgång till lämpligt foder i form av eget eller inköpt foder från rena områden. Efter Tjerno-

bylnedfallet organiserades i Sverige handel med hö som inte var radioaktivt förorenat. En sådan handel förutsätter goda transportmöjligheter. Det är också viktigt att handeln är seriös, dvs. att varan är av fullgod kvalitet och att priset är rimligt. Om inte tillräckliga mängder av icke förorenat foder finns tillgängliga, kan andra utfodringsstrategier tillämpas. Exempel på sådana är de utfodringsrekommendationer som utarbetades av Lantbruksstyrelsen 1986 för mjölk- respektive nötköttsproduktionen med alternativa lösningar beroende på olika försättningar på gårdarna. Efter att installation rekommenderats kan ett område inte ”friklassas”, dvs. rekommenderas för betessläppning igen, innan man genom mätningar fått klart för sig att alltför stora mängder radioaktiva ämnen inte överförs till mjölken. Halten av cesium-137 i betet minskar genom betets tillväxt och för jod-131 också på grund av fysikaliskt sönderfall. Efter 4-6 veckors till-

växt på försommaren har halterna i betet minskat till några procent av ursprunglig halt. På mineraljordar kan installationen av djuren då ha spelat ut sin roll. På mulljordar och på näringsfattiga, ogödslade mineraljordar med starkt utbildad grässvål kan djuren behöva hållas inne en längre tid.

Inte utnyttja naturbeten

Det kan vara lämpligt att inte utnyttja naturbeten beroende på att cesiumöverföringen till vegetationen under flera år efter nedfallet i regel är mycket högre på naturbeten än på åkerbeten. Orsaken är att naturbeten oftast finns på sämre mark, som inte kan bearbetas eller plöjas, som utarmats på mineralnäring genom avbetning och som medfört låg gräsproduktion under många år. De har dessutom ofta tät grässvål och rotmatta som kvarhåller radioaktiva ämnen i växttillgänglig form.

Utnyttja mindre förorenade områden

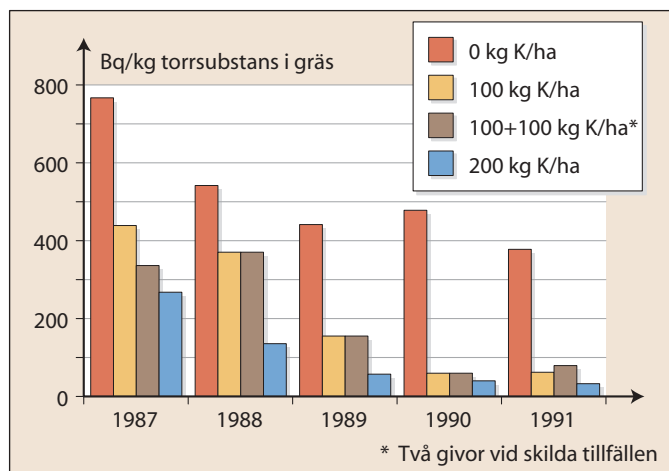
I en mer extensiv djurproduktion, där betesdriften dominerar, kan man utnyttja de minst förorenade betesarealerna för att begränsa djurens intag av radioaktiva ämnen.

Flyttning av djur till mindre förorenade områden är en annan tänkbar åtgärd. Detta har tillämpats i Sverige efter Tjernobylyckan när det gäller rennar samt i Storbritannien och Norge när det gäller får. För andra typer av djurbesättningar skulle åtgärden vara förenad med stora problem, särskilt om det är fråga om stora besättningar med mjölkkor och ett stort antal besättningar som ska flyttas. Transportkapacitet, möjligheter till inhysning, foderförsörjning, utfodring och skötsel är begränsande faktorer. Smittspridningsrisker vid transport och vid inhysning på nya platser, där djur från olika besättningar samlas, ska heller inte underskattas.

Begränsa absorptionen av radioaktiva ämnen i djurens mag-tarmkanal

Cesiumbindande preparat

Med cesiumbindare menas ämnen som binder det cesium som finns i jonform och gör det otillgängligt för t.ex. absorption i mag-tarmkanalen. Löst bundna joner som natrium, kalium, kalcium, magnesium eller ammonium- och vätejoner i sådana ämnen kan byta plats med cesium som finns i jonform i mag-tarmvätskan. Cesiumjonerna fixeras då i hårdare bindningar och utsöndras med träcken. Cesiumbindande preparat påskyndar däremot inte utsönd-



Figur 14.2 Försök med årlig kaliumgödning i maj månad till en vall på sandjord i Trödje, Gävleborgs län efter Tjernobylyckan. Försöket visar halten av cesium-137 i vall från 1:a skörd under 5 år. Källa: Klas Rosén, SLU.

ringen av radioaktivt cesium som är upplagrat i kroppen. Cesiumbindande preparat till husdjur bör uppfylla följande krav:

- ha hög bindningsförmåga (jonbyttkapacitet)
- inte vara giftigt för djuret
- inte ge några restsubstanser i djurprodukten (livsmedlet)
- inte väsentligt påverka tillgängligheten av nyttiga mineralämnen (Ca, P, Mg) eller näringsämnen
- vara lätt att framställa och lätt att utfodra, dvs. vara användbart för praktiskt bruk
- vara ofarligt att hantera
- ha överkomligt pris
- vara lättillgängligt på marknaden i en nedfallssituation

Terminer som cesiumbindare

Terminer (eller leror innehållande olika terminer) som bentonit och zeolit har använts som cesiumbindande tillsats i fodret till olika djurslag både i experimentella studier och i praktiken. Tillsatser i fodret i storleksordningen 0,5-2 g per kg kroppsvikt rekommenderas. Bentonit till mjölkkor kan ge upp till 80 % reduktion av halten av radioaktivt cesium i mjölk.

I experimentella studier vid Lantbruksuniversitetet med lamm användes 10 % inblandning av bentonit i kraftfodret, varvid halten av cesium-137 i köttet blev 86 % lägre än hos kontrolldjuren som inte utfodrades med bentonit. Med 5 % inblandning i fullfodret till värphöns, slaktkycklingar och slaktsvin blev halten av cesium-137 i ägg respektive kött 12 %,

32 % och 65 % lägre än i respektive kontrollgrupp (tab. 14.1).

Terminer lämpar sig företrädesvis vid stallutfodring av djur. Fördelarna med terminer är att de är ogiftiga, de bildar inte några restsubstanser i djurprodukterna, de är lätta att formulera, t.ex. i samband med pelleting av kraftfodret och de är relativt lättillgängliga på marknaden eftersom preparaten används normalt i många industriella processer. Dessutom är kilopriset måttligt.

Nackdelarna med preparaten är bl.a. att det krävs relativt hög daglig tillförsel till djuren, vilket kan inverka negativt på övrig foderkonsumtion. En viss risk för störd mineralämbalans kan föreligga hos mjölkkor vid långvarig användning. Låg smaklighet och ökat behov av dricksvatten vid hög tillförsel har också framförts som möjliga negativa effekter.

Berlinerblått som cesiumbindare

Berlinerblått är en gemensam beteckning på olika komplexa järnhexacyanoferrat-föreningar. Liksom terminer verkar de som jonbytare med förmåga att binda cesium som föreligger i jonform i mag-tarmkanalen. Berlinerblått används i vissa industriella processer. Den form av ämnet som är tillåten att använda som fodertillsats utgörs av ammonium-järnhexacyanoferrat, även kallat Giesesalt.

Rekommenderade mängder berlinerblått till mjölkkor är ca 3 g per dag (motsvarar 6 mg per kg kroppsvikt) och till får 1-2 g per dag (motsvarar 10-40 mg per kg kroppsvikt). Nämnade mängder till mjölkkor uppges minska cesiumhalten i mjölken med upp till 90 %. I norska försök har en lägre dosering (0,8 mg per kg) minskat cesiumhalten i mjölk och kött med ca 50 %.

Preparatet kan ges inblandat i kraftfodret (ca 1 g per kg), som ingrediens i saltslicksten med 2,5 % inblandning eller i form

Tabell 14.1 Effekten av utfodring med bentonit på halten av cesium-137 i djurprodukter. Överföringsfaktorer för cesium-137 från foder till djurprodukt. Källa: Inger Andersson m fl., SLU.

Djurslag, djurprodukt	Fodermedel innehållande cesium-137	Utfodr. utan resp. med bentonit	Cesium-137 Bq/kg	Överföringsfaktor, dag per kg
Lamm, kött	hö	utan	460	0,24
		med	65	0,03
Slaktsvin, kött	spannmål	utan	141	0,46
		med	49	0,14
Slaktkycklingar, kött	spannmål	utan	155	3,30
		med	105	2,44
Värphöns, kött	spannmål	utan	181	4,04
		med	161	3,59
Värphöns, ägg	spannmål	utan	33	0,80
		med	29	0,65

av vomtablett med 15–20 % inblandning. Tabletterna som appliceras i vommen, hamnar i nätmagen och blir i de flesta fall liggande där tills de har smält, vilket tar en tid av ca 6-8 veckor. Användning av vomtabletter passar bäst till mindre djur som får och getter.

Berlinerblått kan också ges till övriga djurslag såsom höns, slaktkycklingar och slaktsvin. Det uppges också kunna användas till människor, exempel på detta finns från Goiânia-händelsen i Brasilien.

Fördelen med berlinerblått är att det har stor cesiumbindande förmåga. Doseringen kan därmed hållas på en låg nivå. Berlinerblått bryts sannolikt inte ned under passagen av mag-tarmkanalen och anses därmed inte bilda några giftiga ämnen.

En nackdel med preparatet är blåfärgningen av foder och djur och även av den personal som hanterar varan. I Sverige har det varit ett visst motstånd bland lantbrukarna att använda berlinerblått till djuren, just på grund av problem med avfärgning. Priset på berlinerblått är betydligt högre än på motsvarande rekommenderad mängd bentonit. En annan nackdel med berlinerblått är att tillgängligheten på marknaden av denna kommersiella produkt kan vara begränsad i en nedfallssituation.

Ökad fiberhalt i fodret för att minska absorptionen av cesium

Ökad fiberhalt i fodret anses bidra till att absorptionen av radioaktivt cesium minskar i mag-tarmkanalen. Resultat från äldre studier pekar på fördelen

med en stor andel grovfoder i detta sammanhang.

Alginater för att minska absorptionen av strontium

Alginater, som härrör från alger o.d., kan genom sin viskösa form minska absorptionen av radioaktivt strontium i djurens tarmkanal.Utfodring med Calcium (5 % av fodertorrsubstansen) till getter har minskat överföringen av radioaktivt strontium till mjölken med 50 %. Såväl alginat-fraktionen som kalciumet kan dock ha bidragit till effekten.

Alginatpreparat anses inte vara särskilt smakliga för djuren i de kvantiteter som fordras - upp till 7 % av fodergivan. Praktiska svårigheter finns med tillverkningen varför användning av preparatet inte kan räknas som en allmän åtgärd.

Påskynda utsöndringen av radioaktiva ämnen

Möjligheterna att påskynda utsöndringen är begränsade. Utfodring med t.ex. det cesiumbindande preparatet bentonit har inte medfört någon minskning av den biologiska halveringstiden för radioaktivt cesium i lamm utöver den som har fått vid utfodring med enbart cesiumfritt hö. Liknande resultat rapporteras beträffande användning av berlinerblått.

Som nämndes i kapitel 10 visades i ett norskt försök att daglig motion av lamm påskyndade utsöndringsprocessen för radioaktivt cesium något med en halveringstid i lammkött på 21 dagar jämfört med 24 dagar hos lamm utan motion.

Andra åtgärder

För djur som utfodrats med förorenat foder kan man efter ett nedfall behöva upphöra med normalslakt och livdjurenslevnadsformer tills situationen i stort kunnat bedömas.

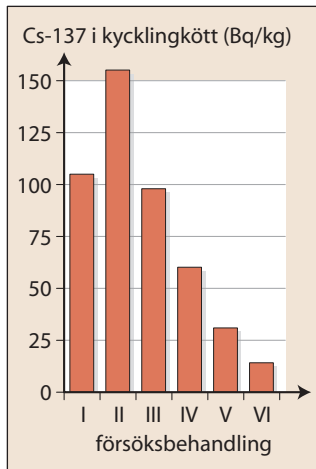
Saneringsutfodra

Radioaktivt cesium har en förhållandevis kort biologisk halveringstid i djurkroppen (kap. 5). Saneringsutfodring med icke förorenat foder den sista tiden före slakt kan därför tillämpas för att minska halten av radioaktivt cesium.

Att den biologiska halveringstiden för cesium-137 är kort har bl.a. visats i den nämnda studien (sid. 71) där mjölkkor efter Tjernobylnedfallet utfodrades med förorenad grönmassa under fyra veckor och därefter gavs rent ensilage från föregående år. Halten av cesium-137 i mjölken minskade snabbt från ca 90 Bq till ca 10 Bq per kg med en beräknad biologisk halveringstid på 7 dagar (fig. 14.1).

I andra försök vid Sveriges lantbruksuniversitet med lamm respektive ungnöt (tjurar) har utfodring med cesiumfritt foder medfört en minskning av cesium-137-halten i köttet med beräknade halveringstider på i båda fallen 13 dagar. Från andra studier med lamm rapporteras halveringstider på 14-20 dagar.

På liknande sätt har i försök vid Lantbruksuniversitetet med slaktkycklingar (fig. 14.3) respektive slaktsvin utfodring med cesiumfritt foder en tid före slakt visat sig var mycket effektivt för att sänka cesium-137-halten i köttet med halverings-



Figur 14.3 Halten av cesium-137 i bröstkött hos slaktkycklingar vid slakt efter 40 dagars uppfödning. Försöket visar dels effekten av inblandning av 5% bentonit i fodret, dels effekten av utfodring med okontaminerat foder under olika antal dagar före slakten. Det kontaminerade fullfodret innehöll 400 Bq cesium-137/kg, härrörande från spannmål som förorenats av Tjernobylnedfallet. Försöksbehandlingarna innebar: I, kontaminerat foder med tillsats av bentonit under hela uppfödningssperioden.

II, kontaminerat foder utan tillsats av bentonit under hela uppfödningssperioden.

III - VI, kontaminerat foder utan bentonit, men med utfodring av rent foder under 5, 10, 15 resp. 20 dagar före slakten.

Källa: Inger Andersson mfl., SLU.

tider på 6 respektive 25 dagar. Utfodring av kycklingar med cesiumfritt foder under 5 dagar respektive av grisar under 35 dagar före slakt var här för övrigt lika effektivt som utfodring med cesiumbindande preparat under hela uppfödningstiden.

Om det beträffande renar visar sig att halterna av radioaktivt cesium har stigit över gällande gränsvärde kan man samla ihop renarna och utfodra dem med

cesiumfritt foder, eventuellt med någon cesiumbindare inblandad i fodret. Med lämpligt foder kan den biologiska halveringstiden för cesium-137 nedbringas till ca 16 dagar, vilket innebär att man under en månads utfodring kan minska halterna exempelvis från 6 000 till 1 500 Bq per kg.

Välja slakttidpunkt för ren med hänsyn till säsongsvariationer i renens diet

I motsats till vad fallet är inom husdjursskötseln behöver åtgärder inom rennäringen inte sättas in direkt efter ett nedfall - det finns exempelvis ingen möjlighet att stalla in renar. Man har alltså en viss tid på sig att bestämma sig för vilka åtgärder som ska vidtas.

Sammansättningen av renens diet varierar under året (kap. 8) och följaktligen också djurets halt av radioaktivt cesium. Man kan försöka slakta renarna när de har de lägsta halterna av radioaktivt cesium, dvs. i augusti-september. Problemet är att driva dem tillsammans och vissa år kan det fortfarande vara ganska varmt vid denna tidpunkt på året vilket orsakar hygieniska problem med slakten. Renarna har ännu inte uppnått fullslaktvikt vid denna tidpunkt, vilket innebär att samerna får mindre betalt för varje ren.

Att välja lämplig slaktperiod är kostnadseffektivt. Man kan satsa relativt stora kostnader på insamling av renarna men ändå få ett positivt ekonomiskt resultat.



Figur 14.4 Aktivitetsmätning av levande djur ger prognoser inför slakt. Foto: Håkan Hopstadius, Östersundsposten.

Aktivitetmätning av levande djur i prognossyfte

För att avgöra om slakt kan ske utan att det är troligt att köttet måste kasseras kan man genomföra helkroppsmätning av djur före slakt (fig. 14.4).

I prognossyfte kan också slakt och aktivitetmätning av enstaka djur i en djurflock ge en viss vägledning om aktuella värden.

Ändra produktionsinriktningen

På längre sikt kan det bli nödvändigt att ändra produktionsinriktningen t.ex. genom att:

- övergå från mjölkproduktion till nötkötts- och svinproduktion, där transporten av radioaktiva ämnen i kedjan mark-växt-djurprodukt är något mindre,

- övergå från vallodling till spannmålsodling eftersom spannmålsgrödor normalt tar upp mindre radioaktivt cesium än vallar.

15 Motåtgärder i livsmedelsindustrin

För att gränsvärden inte ska överskridas kan åtgärder vidtas:

- i första hand i jordbruksledet, om detta är ekonomiskt försvarbart,
- i andra hand i livsmedelsindustrin om detta accepteras av konsumenterna.

Behov och möjligheter

Betydelsen av tiden "från jord till bord"

För jod-131 är den fysikaliska halveringstiden så pass kort som åtta dagar. Radioaktiv jod blir därför knappast något problem om tiden mellan produktion och konsumtion av ett livsmedel ("från jord till bord") är längre än några veckor.

För strontium-90 och cesium-137, med fysikaliska halveringstider på 29-30 år, kvarstår problemet med radioaktiva ämnen i livsmedlen även om produkten skulle behöva mer än ett år från produktion till konsumtion. Denna tid är alltid kort jämfört med halveringstiden för de nämnda radioaktiva ämnena. För vegetabilieprodukter är tiden "från jord till bord" relativt lång. Skörden sker årligen under en kort tid. Eftersom konsumtionen är fördelad på hela året måste lagring ske. Spannmålen börjar exempelvis inte utnyttjas för konsumtion förrän några månader efter skörden. Radioaktiv jod blir därför inget problem. Ett undantag är dock bladgrönsaker där konsumtionen av de inhemska produk-

terna anpassats till odlings-säsongen.

Viss lagring förekommer även av animalieprodukter för att jämna ut variationer i produktion och konsumtion och på grund av skillnader i produktions- och konsumtionsnivå. Vissa produkter som ost lagras dessutom som ett led i produktionsprocessen.

Eftersom jordbrukets animalieproduktion sker någorlunda kontinuerligt under året så när dessa produkter dock i allmänhet konsumenten snabbare än vad som är fallet för vegetabilieprodukter. Särskilt gäller detta konsumtionsmjölk som kan nå konsumenten redan två dygn efter att mjölken lämnat jordbruket. Radioaktiv jod i mjölk blir därför inledningsvis det största problemet. Man bör dock vara observant så att inte kött och köttprodukter från nöt är så förorenade och når konsumenten så snabbt att även den radioaktiva joden fortfarande kan vara ett problem.

Metoder att avlägsna radioaktiva ämnen

En metod att avlägsna radioaktiva ämnen avsedd att användas i livsmedelsindustrin bör uppfylla kraven att vara effektiv, knappast påverka smak och näringsinnehåll inkl. vitaminer och nödvändiga mineralämnen. Den bör också vara relativt enkel att genomföra även i stor skala, inkl. hanteringen av eventuellt avfall, samt vara ekonomiskt försvarbar när man jämför kostnad och nytta. Att exempelvis lägga ned stor möda

på att utarbeta reningsmetoder för livsmedel med litet årligt intag lönar sig inte.

Traditionell bearbetning och vidareberedning och tillagning av livsmedel kan ge en väsentlig minskning av förekomsten av radioaktiva ämnen. Förekomsten kan minskas ytterligare om mer sofistikerade metoder tas i anspråk.

De traditionella metoderna kan grupperas efter mekanismen för frigöring av radioaktiva ämnen:

- Metoder som rengör ytskiktet, t.ex. borstning, sköljning och tvättning.
- Metoder där delar med mest föroreningar avlägsnas, t.ex. skal, yttre blad och ben.
- Metoder för att minska föroreningen inuti produkten, t.ex. förvällning, marinering, filtrering och ystning (osttillverkning), varvid kokvattnet, köttsaften, vasslen etc. hålls bort.

Härtill kommer för att utnyttja den korta fysikaliska halveringstiden för radioaktiv jod:

- Producera lagringsbara produkter, dvs. produkter med längre hållbarhet.

Avlägsnandet av radioaktiva ämnen bör hellre ske i livsmedelsindustrin än i hushållen eftersom i industrin kan processen styras samt kvalitet och näringsinnehåll kontrolleras. Dessutom torde detaljister vara ovilliga att köpa produkter med alltför mycket radioaktiva ämnen då man måste utgå från att slutlig rening ska ske i hushållen. I vissa fall kan det löna sig att utnyttja radioaktivt förorenade jordbruksprodukter som djurfoder för att slippa kostna-

der för reningsprocessen eller för att slippa att kassera jordbruksprodukter.

Små möjligheter att ställa om produktionen

Industrins möjligheter att avlägsna radioaktiva föroreningar begränsas av att en hög specialisering och en hög utnyttjandegrad gör det näst intill omöjligt att ställa om produktionen. Exempelvis är flertalet mejerier mycket specialiserade och vissa utnyttjas till fullo (treskift). Även vissa torkanläggningar för tillverkning av tormjolk är i hög grad specialiserade med mycket hög utnyttjandegrad (treskift). För andra torkanläggningar är det ett säsongberoende eftersom de helt står stilla halva året. Ett annat problem kan vara att transportera förorenad mjölk till annat lämpligt mejeri/torkanläggning.

I teorin finns det visserligen goda möjligheter att avlägsna jod, cesium och strontium från mjölk genom att framställa andra mejeriprodukter men i praktiken är det svårt att ställa om en mycket specialiserad och ofta till fullo utnyttjad produktionskapacitet.

Vid vissa mejerier sker tillverkning av både konsumtionsmjölk, yoghurt, tormjolk, smör och ost. För dessa anläggningar går det i vissa fall något lättare att ställa om till produktion av produkter med längre hållbarhet så att mängden radioaktiv jod hinner minska tillräckligt innan produkten behövs konsumeras. Mejeriprodukter med lång hållbarhet är tormjolk, ost och smör. Dessutom har H-mjolk, som har

pastöriserats vid 137-140°C för att förlänga hållbarheten till 3-4 månader, och i vissa fall även yoghurt relativt lång hållbarhet. Reningsprocesser kan skapa stora avfallsmängder som, om de inte kan tas tillvara som livsmedel eller användas på annat sätt, måste hanteras på lämpligt sätt utan att skada miljön. Förorening av använd utrustning i industrin är ytterligare ett problem som man inte kan bortse från.

Inom vissa branscher kan import ersätta inhemsk produktion

Med dagens världsomfattande handel på ett flertal områden t.ex. livsmedelsområdet, sker transporter och flöden av råvaror, förädlade livsmedel m.m. snabbt mellan länder. Handeln med livsmedel, åtminstone inom EU, är både omfattande och effektiv. Hållbarheten av förpackade livsmedel är förhållandevis lång, vilket medger att livsmedel kan transporteras utan att kvaliteten försämras. Med dessa möjligheter att föra in livsmedel snabbt långväga ifrån kan något större försörjningsproblem knappast uppkomma. Konsumenten torde dessutom acceptera vissa brister i tillgången på livsmedel och eventuellt även livsmedelsrestriktioner framför att konsumera produkter som varit alltför förorenade av radioaktiva ämnen. För att inte få sina anläggningar förorenade väljer industrin förmodligen hellre att utnyttja importerade råvaror än att utgå från alltför förorenade inhemska som måste renas från radioaktiva ämnen.

För mejeriindustrin är ett så-

dant byte från inhemsk till importerad råvara förmodligen inte genomförbart eftersom den begränsade hållbarheten medfört att förädlingen av mjölkråvaran i princip sker nära jordbrukaren och att en världsmarknad för mjölkråvara inte finns. Undantaget skulle kunna vara att importera mjölkpulver. Mejeriindustrin kan därför komma att ställas inför alternativet att upphöra med produktionen eller rena produkterna. Gäller det radioaktiv jod avvaktar man förmodligen den snabba aktivitetsminskningen som följer av den korta fysikaliska halveringstiden. Gäller det radioaktivt cesium eller strontium kan starka ekonomiska skäl tala för att rena produkterna förutsatt att konsumenten accepterar detta.

Livsmedelsindustrins syn på beredskap

En enkätundersökning utfördes år 2000 bland 51 livsmedelsindustriföretag i Sverige angående deras beredskap inför radioaktiv nedfall. Av de svarande (drygt 85 % av de tillfrågade) angav hälften att de hade någon form av beredskap, som troligen kunde inkludera situationer med radioaktiv förorening. I princip angavs tre olika former av beredskapsplanering:

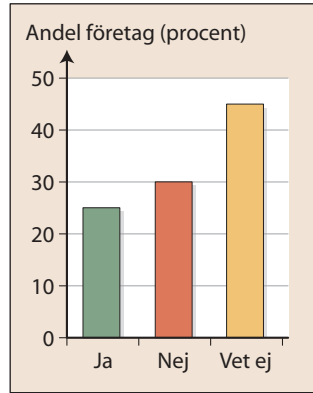
- kontroll eller provtagning av råvaror och produkter
- generella kris- och beredskapsplaner, olika kvalitets-säkringsprogram samt återkallningsberedskap
- möjligheter att byta inköpsområden för råvaror

De som uppgav att de inte hade någon beredskap mot radioak-

tiv förorening angav som orsak t.ex.:

- att de litade på direktiv från myndigheterna i en krissituation
- att området ”radioaktiv förorening” inte ansågs prioriterat
- att man över huvudtaget inte hade funderat på dessa problem

På frågan om hur man skulle ställa sig till gränsvärden för radioaktiva ämnen vid en eventuell framtida olycka svarade en fjärdedel av företagen att de, delvis med erfarenhet från Tjernobylolyckan, troligen skulle införa en egen skärpning. Något företag hade redan infört skärpt gränsvärde för sina produkter p.g.a. krav från exportkunder. En tredjedel av de svarande skulle inte införa skärpta gränsvärden och övriga svarade ”vet ej” (fig. 15.1).



Figur 15.1 Procentuell fördelning av inkomna svar från 44 av 51 tillfrågade livsmedelsföretag i Sverige om de i en situation med radioaktiv nedfall skulle skärpa gällande gränsvärden för radioaktivt innehåll i råvaror och produkter.

Källa: Inger Andersson och Madeleine Magnusson, SLU.

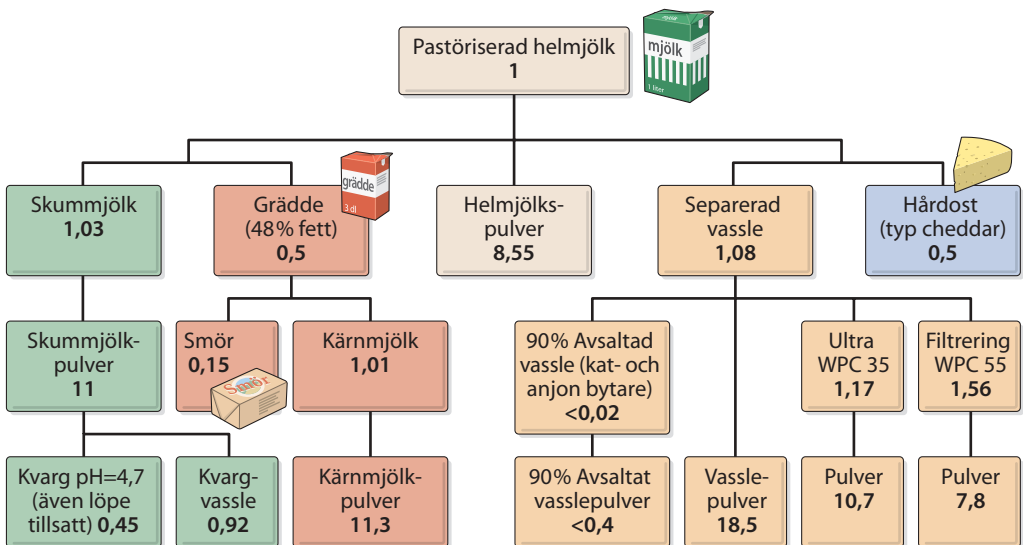
Avlägsnande av radioaktiva ämnen

Mjölk

När det gäller mjölk är det huvudsakligen cesium och strontium som utgör de största pro-

blemerna på sikt men under den allra första tiden dominerar problemet med jod. Genom tillverkning av produkter med längre hållbarhet kan man som nämnts på sikt bli av med jod. Cesium återfinns i mjölkens vattenfas medan strontium till 80 % är bundet till kasein. Om helmjölkens innehåll av cesium sätts till 1,00 är halten relativt sett bara 0,15 i smör medan den är 0,50 i grädde respektive ost (fig. 15.2). För strontium är motsvarande värden 0,21 i smör, 0,43 i grädde och 8 % i ost.

Demineralisering (avsaltning) minskar ytterligare innehållet av cesium, speciellt i produkter som vassle och vasslepulver. Även för strontium får man den största minskningen då demineraliserat vasslepulver framställs. Innehållet av strontium blir då 0,07 jämfört med helmjölkens relativa innehåll 1,00. Demineralisering utförs med



Figur 15.2 Radioaktivt cesium i mejeriprodukter i förhållande till halten cesium i helmjök (Bq per kg). Källa: L. G. Wilson, R. C. Bottomley, P.M. Sutton & C. H. Sisk. 1988. Transfer of radioactive contamination from milk to commercial dairy products. J. Soc. Dairy Technol. 41 (1):10-13.

hjälp av membrantekniker (partiell demineralisering) eller med hjälp av jonbytare eller elektrolyt.

Spannmål

Eftersom spannmålen i regel inte börjar utnyttjas för konsumtion förrän några månader efter skörden är det inte halten av jod-131 utan främst av cesium-137 och strontium-90 som är av intresse.

Vid direktdeponering, dvs. när grödans delar ovan jord har utsatts för nedfallet, uppfångas olika radioaktiva ämnen på grödorna i ungefär samma utsträckning men överföringen till kärnan är mycket olika. Detta medför stora skillnader - särskilt om nedfallet har ägt rum före axgång. Cesium återfinns i större utsträckning i kärnan än strontium, som företrädesvis stannar på skal och andra yttre delar.

Vid förmalning går 80-90 % av mängden strontium till klifractionen, som huvudsakligen används som foder. Bara 10-20 % går till mjölet. Förmalningen fungerar alltså som en mycket gynnsam process för att ta bort strontiumisotoper.

Cesium är jämnare fördelat mellan skal och kärna, särskilt efter rotupptag eller efter direktdeponering vid nedfall tidigt under växtperioden. Kli- och mjölfractionerna får därför ungefär lika delar av kärnans cesiumförening vid förmalning. Om skörden sker redan inom

några veckor efter nedfall sitter det mesta av den radioaktiva föreningen fortfarande ganska ytligt. Sannolikt blir cesiumhalten då mindre i mjölet än i kliet.

Fodersäden går däremot till allra största delen direkt till djuren vid utfodring utan någon fraktionering. Även en del brödsäd används som foder.

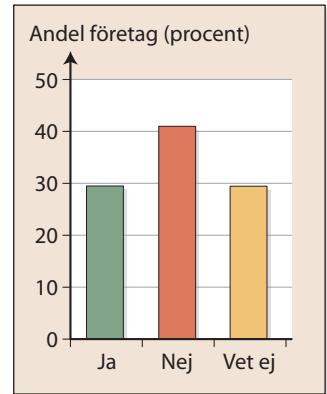
Övriga livsmedel

Med hjälp av mer sofistikerade metoder, t.ex. filtrering genom en kolonnbädd med berlinerblått bundet till denna, kan innehållet av cesium minskas till 10-20 % i rått kött, förvällade grönsaker och skummad mjölk. Liknande behandling av sköljda vete- och havrekärnor minskar cesiuminnehållet till hälften.

Selektiv minskning av strontiuminnehåll i mjölk och grönsaker är svårt att uppnå på grund av dess bindning till kasein respektive större växtstrukturer och större olösta fraktioner. Andra bra selektiva bindare utöver de naturliga saknas.

Livsmedelsindustrins syn på dekontaminering

I den ovan nämnda enkätundersökningen bland livsmedelsindustrierna intog de svarande en viss skeptisk hållning till dekontaminering av livsmedel (fig. 15.3). Dock angav ca 30 % att de kunde tänka sig att i en olycksituation an-



Figur 15.3 Procentuell fördelning av inkomna svar från 44 av 51 tillfrågade livsmedelsföretag i Sverige om de skulle kunna tänka sig att i en situation med radioaktivt nedfall tillämpa någon form av dekontaminering av råvaror och produkter för att minska innehållet av radioaktiva ämnen.

Källa: Inger Andersson och Madeleine Magnusson, SLU.

vända olika dekontamineringsmetoder, även om sådana betraktades som något av en "sista utväg". Någon framhöll möjligheten att vidta åtgärder tidigare i produktionskedjan, t.ex. genom att saneringsutfodra husdjuren. En del av dem som svarade nej på frågan ansåg att dekontaminering av livsmedel inte var förenligt med begreppen etik och kvalitet. På frågan om man ansåg att dekontamineringsmetoder borde utvecklas för industriell tillämpning svarade 27 % av företagen "ja", medan 23 % svarade "nej" och 50 % "vet ej".

16 Motåtgärder i hushållen

Minskning av cesiuminnehållet

Kött:

- stekning, grillning och torrsaltning (0-30 %)
 - lakesaltning (30 %)
 - kokning (45-70 %)
 - sur marinering (80-90 %)
- (rökning eller torkning har ingen effekt på innehållet av radioaktivt cesium)

Fisk:

- kokning (15-30 %)
- lakesaltning, vattendragning och kokning (70-80 %)

Bladgrönsaker:

- beroende på åtgärd såsom t.ex. sköljning, kokning eller förvällning (10-90 %)

Svamp:

- förvällning (70-80 %)

Egenodlare m.fl. kan behöva rena sina produkter

Även om det i dagens samhälle knappast blir aktuellt att rena livsmedel i industriledet så är förhållandet annorlunda för hushållsledet. Egenodlare och personer som i hög grad lever på självhushåll (jakt, fiske m.m.) kan finna det meningsfullt att försöka ta vara på maten på ett bättre sätt genom att avlägsna radioaktiva ämnen.

Även konsumenter, som i handeln köper livsmedel med värden under fastställda gränsvärden, kan vid tillagningen vilja sänka nivåerna ytterligare om detta är möjligt. De kommer att efterfråga rekommendationer om hur de kan göra något praktiskt för att förbättra sin egen situation. Hushållen bör

därför få kostråd och råd om hur de kan minska förekomsten av radioaktiva ämnen i egenodlade produkter och produkter från jakt, fiske, svamp-plockning m.m.

Hushållspraxis

Hushållspraxis varierar med den som tillreder livsmedel. Vi har exempelvis olika uppfattning om när en grönsak eller rotfrukt är lagom kokt och lagom salt, om den ska kokas i en liten eller stor mängd vatten.

En del personer tillagar obehövt kött och fisk genom stekning eller grillning, och täpper på så vis till porerna i köttet, medan kokvännerna givetvis vill ta vara på buljongen till såsen, vilket är olämpligt från cesium-137-synpunkt ef-

tersom cesium kokas ur till buljongen.

Det är svårt att frångå matlagningssvanor och preferenser. Råd och anvisningar, som myndigheter utfärdar, verkställs och tolkas därför förmodligen olika i olika hushåll. Detta medför att den uppskattade genomsnittliga minskningen kommer att vara behäftad med mycket stora osäkerheter.

Behandling av livsmedel

Kött och köttprodukter

Strontium återfinns i skelettet. När det gäller benfritt kött är det därför nästan uteslutande cesium-137 det handlar om.

Ett flertal traditionella metoder lämpar sig utmärkt väl även för att bli av med cesium-137 i kött även om dessa metoder kan vara något tidsödande:

- Sur marinering minskar cesiuminnehållet i kött med 80-90 %.
- Kokning minskar innehållet med ungefär 50-70 % i nötkött och med 45-70 % i vilt av älg, rådjur och ren.
- Endast lakesaltning av kött från ren och lamm minskar innehållet med 30 % men lakesaltning följt av vattendragning och kokning minskar innehållet i renkött med 70-85 %.

Angivna effekter är under förutsättning att man inte använder kokspadet. Vid användning av dessa metoder förloras dock lika stora andelar av innehållet av vattenlösliga näringsämnen såsom kalium och vitamin B₆ som av innehållet av cesium. Stekning av kött har däremot liten inverkan på cesiuminnehållet.

Fisk

Innehållet av cesium-137 minskar med 20-30 % vid kokning av fisk i bitar och med 15-20 % vid kokning av hel fisk.

Lakesaltning av fjällfisk följt av vattendragning och kokning leder till att cesiuminnehållet minskar med så mycket som 70-80 %, oavsett om saltningen pågått i en vecka eller i fyra veckor. Tyvärr förloras även i detta fall lika stora andelar av innehållet av vattenlösliga näringsämnen såsom kalium och

vitamin B₆ som av innehållet av cesium.

Grönsaker

För bladgrönsaker kan innehållet av cesium-137 minskas med 10-90 % genom åtgärder som att ta bort yttre blad, sköljning, förvällning och kokning. Förvällning eller frysning följt av kokning minskar innehållet av cesium till hälften i morötter och ärter. Vattenlösliga näringsämnen, t.ex. vitamin C och B-

vitaminer, förstörs i motsvarande grad.

Vid förvällning blir minskningen av strontiuminnehållet 5% för morötter och 35% för ärter.

Svamp

Förvällning av svamp, både färsk och torkad, i rikligt med vatten leder till en minskning med ca 70-80 % av det ursprungliga cesiuminnehållet i svampköttet.

17 Handlingsstrategier

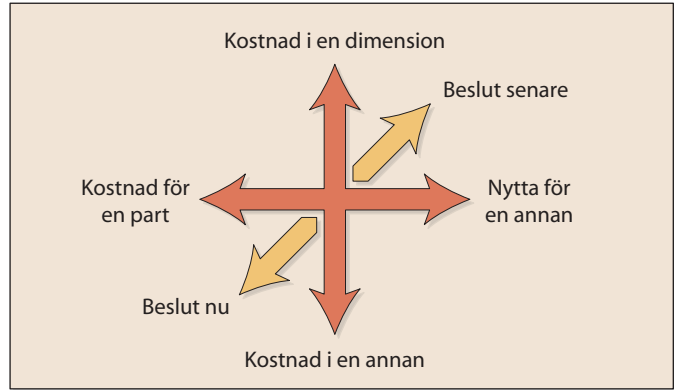
Avvägningar

Ett flertal avvägningsproblem hänger samman med behovet i olika skeden att identifiera för- och nackdelar med olika beslut. Med tiden ökar dessutom förmågan till precision i bedömningarna samtidigt som kostnaden eller de negativa effekterna kan tillta ju längre åtgärden dröjer. Avvägningsproblemen är därför i många fall förhållandevis komplexa.

Nytan kan gälla en part medan kanske kostnaden till stor del drabbar någon annan. Nyttan kan också avse värdet i en helt annan dimension än kostnaden, t.ex. lägre dos för en part mot försämrad lönsamhet för en annan. Figur 17.1 illustrerar några sådana problemtyper.

Förutsättningarna för att bedöma konsekvenserna av ett radioaktivt utsläpp för jordbruket, göra avvägningar rörande för- och nackdelar med olika agerande och fatta beslut är mycket olika i ett tidigt skede - då det radioaktiva molnet ännu inte nått Sverige - jämfört med senare, när radioaktivt nedfall har kunnat konstateras. Dessutom bör man utgå från att förhållandena vid en ny olycka i viktiga avseenden kommer att avvika från tidigare fall. Strategier för hur strålskyddet ska fungera operativt måste utformas efter detta.

Det är många faktorer som kan behöva beaktas för att man ska kunna fatta ett balanserat beslut. Det är också väsentligt att man vid beslutsfattandet är medveten om att man i realiteten gör avvägningar. Under



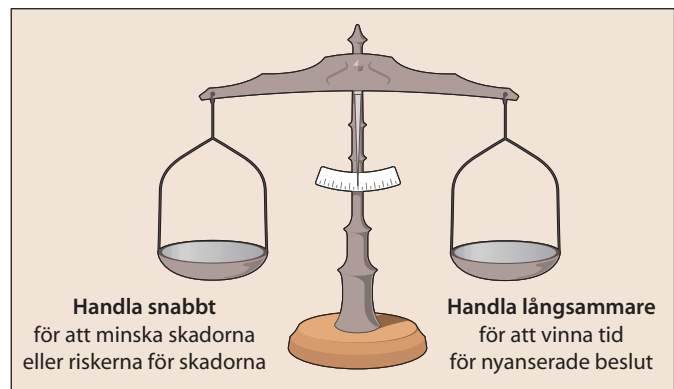
Figur 17.1 Komplexa avvägningsproblem leder till svåra beslutssituationer.

stark tidspress och i en komplex situation är det särskilt svårt att hinna få en tillräckligt åskådlig bild av läget. Måste beslut fattas under sådana förhållanden är risken stor att en del aspekter utelämnas, som i efterhand framstår som väsentliga. Detta accentuerar problemen i akutskedet.

Efter en kärnenergiolycka måste beslut fattas om vilka åtgärder som ska rekommenderas eller vidtas för att minska konsekvenserna av ett nedfall av radioaktiva ämnen. En mängd avvägningar måste göras.

Det kan exempelvis gälla avvägningar mellan:

- att handla snabbt för att minska riskerna för skador eller att handla långsammare för att vinna tid för mer genomtänkta beslut (fig. 17.2)
- att minska föroreningen i jordbruksledet eller i förrädlingsledet/hushållen
- mindre dos till konsument, jordbrukare och djur eller lägre kostnader för åtgärder, t.ex. lägre utgifter och mindre arbete
- mindre dos nu eller mindre dos i framtiden
- kostnader nu eller cancerfall i framtiden
- kvalitet, dvs. mindre förorenade jordbruksprodukter, eller kvantitet



Figur 17.2 Ett viktigt avvägningsproblem.

- mindre dos eller större handlingsfrihet

För verksamheten i jordbruket gäller det i princip att avgöra om jordbruksarbetet ska fortgå som vanligt, skjutas upp, förändras eller avbrytas. Viktiga frågor gäller strålningsriskerna för personalen, föreningen av produkterna och behovet av dessa produkter. Indirekt kommer därigenom avgörandet att bygga på resultaten från avvägningar av ovan nämnda slag.

Förädlingsleden erbjuder i en del fall också möjligheter till avsevärd minskning av föreningarna i den slutliga produkten. Dessutom kan tekniska omställningar av processerna i princip ge en sådan gynnsam effekt.

Produkterna från mejeri- och kvarnindustrin har normalt stor betydelse för hushållen. Därför är det av särskild vikt att känna till hur halterna förändras under förädlingsprocesserna med avseende på det kortlivade ämnet jod-131 i mjölken samt de långlivade ämnena cesium-137 och strontium-90 i säden.

Några begrepp

Det är viktigt att skilja på de dosgränser (effektiv dos) som gäller för den normala verksamheten vid kärnkraftverk m.fl. kärntekniska anläggningar och de åtgärdsnivåer som ska användas vid en olycka.

Dosgränser för normala förhållanden och åtgärdsnivåer vid en olycka är två olika begrepp. Åtgärdsnivåer har inget med gällande dosgränser att göra och om en åtgärdsnivå ändå skulle få samma numeriska värde som en dosgräns är detta en ren tillfällighet.

Dosgränser vid normal verksamhet

Vid normal verksamhet har man kontroll över den mängd radioaktiva ämnen som frigörs. Då tillämpas dosgränser och principen att alla doser ska hållas så låga som rimligt möjligt. Dosgränserna anger den högsta dos som det är tillåtet att en individ får under något enstaka år, under en följd av år, under en femårsperiod eller under hela den yrkesverksamma perioden. För varje verksamhet ska den fördel, som verksamheten innebär, vägas mot den ökning i risk, som bestrålningen orsakar.

Åtgärdsnivåer vid olyckor

Vid olyckor har man däremot inte längre kontroll över den mängd radioaktiva ämnen som frigörs. Dosgränserna kan inte längre användas för att stoppa eller anpassa driften så att dosen understiger dosgränsen.

Om ett större utsläpp har skett är frågan vilka särskilda åtgärder man ska vidta för att minska den strålning och följaktligen dos som individen utsätts för. Man tillämpar nu åtgärdsnivåer. De anger hur stor dosvinsten ska vara, dvs. hur stor dos som ska kunna avstyras, för att man ska rekommendera t.ex. inomhusvistelse, intag av jodtabletter eller installation av mjölkkor.

Varje åtgärd har sina fördelar och sina nackdelar. Vid valet av åtgärd väger man nackdelen med åtgärden mot den positiva påverkan som åtgärden medför. Positivt är framförallt minskad stråldos och minskad risk. I nackdelarna inbegripes bl.a. om åtgärden avbryter den invanda livsmiljön (t.ex. utrymning), begränsar människors frihet

(t.ex. inomhusvistelse), medför ekonomiska uppoffringar för individ eller samhälle, orsakar fysiska risker eller ger upphov till psykiska lidanden såsom ångslan, oro och ångest.

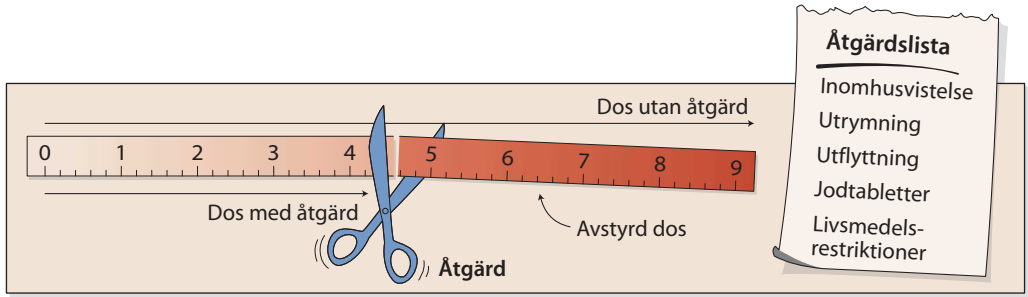
Åtgärdsnivåer utnyttjas inte bara när man ska avgöra om en åtgärd ska vidtas utan också inför ett eventuellt beslut om att en åtgärd ska upphöra. En åtgärd ska nämligen upphöra när vinsten, dvs. minskad dos m.m., inte längre kan anses motiverad i förhållande till de negativa skadeverkningarna.

Undre och övre åtgärdsnivå

Att, inför ett eventuellt beslut om att vidta eller upphöra med en åtgärd, göra dessa avvägningar mellan fördelar och nackdelar är inte lätt bl.a. därför att mänskligt lidande inte kan värderas på något entydigt sätt. Man vill finna en nivå där fördelarna väger jämnt mot nackdelarna. För detta måste man ha god kännedom om den aktuella situationen. Detta har man inte innan olyckan har inträffat.

I en del fall kan man dock redan i förväg ange dels en undre nivå för åtgärden under vilken en åtgärd rimligtvis inte kan vara motiverad, dels en övre nivå över vilken en åtgärd nästan aldrig är motiverad. För mjölkkor har man funnit att installation bör övervägas om markbeläggningen ligger inom intervallet 10-100 kBq/m² sammanlagt för jod-131, cesium-134, cesium-137 och strontium-90.

Om man inte hunnit klarlägga situationen måste man utgå från den begränsade information som finns och göra en bästa



Figur 17.3 Avstyrd dos, den dos som besparas genom åtgärden.

möjliga uppskattning av vilka stråldoser som kan uppkomma. Man ska då inte beräkna stråldoser med stor marginal, eftersom om dosen överskattas kan detta utlösa alltför omfattande åtgärder, som leder till mer skada än nytta.

Avstyrd dos

Åtgärder blir nästan aldrig helt effektiva. När åtgärder sätts in minskar doshastigheten, dvs. stråldos per tidsenhet, men blir inte noll. När åtgärden upphör kan doshastigheten komma att öka något igen. Den minskning av den totala dosen som är en följd av åtgärden kallas avstyrd dos.

Det är minskningen av den totala dosen som har betydelse för minskningen av skadorna (antal cancerfall m.m.). Totaldosen kan bli högre än åtgärdsnivån utan att åtgärden är motiverad. Detta gäller t.ex. om åtgärden inte hinner utföras i tid. Ett sådant fall kan exempelvis inträffa efter utsläpp av radioaktiva ädelgaser i kombination med en obetydlig mängd partikelbundna radioaktiva ämnen, som i fallet Three Mile Island (Harrisburgolyckan). Om man inte hunnit utrymma området före utsläppet är det ingen idé att utrymma senare eftersom den då avstyrda dosen blir för

låg i förhållande till olägenheterna med utrymningen.

Allmänna principer för åtgärder

Åtgärder ska inte vidtas i strid med gällande lagstiftning eller internationella överenskommelser

Eftersom någon form av "undantagstillstånd" inte ska råda, utan normal lagstiftning gäller, är det viktigt att denna utformas så att det är möjligt att inhämta erforderligt beslutsunderlag och vidta lämpliga åtgärder.

Även under ett förvarnings-skede och ett akutskede gäller den normala rollfördelningen mellan de centrala myndigheterna. Detta har uttryckts som att det är "statsmakternas utgångspunkt att den ansvarsfördelning samt de ledningsorganisationer och ledningsmetoder som tillämpas i samhället under normala förhållanden så långt som möjligt tillämpas också i en krissituation för att undvika oklarheter om ansvarsförhållanden" och att "Statsmakterna har utgått från att det sektoriella ledningsansvaret inte ska tas över av de områdesvis ansvariga" (Ds 1998:32 s. 17-18).

Alla ansträngningar ska sättas in för att förhindra allvarliga akuta hälsoeffekter

Allvarliga akuta (icke slumpmässiga, deterministiska) effekter kan undvikas om stråldoserna till de enskilda individerna hålls under en viss nivå (kap. 6). En säkerhetsmarginal måste tillämpas för att hänsyn ska kunna tas till variationer i stråldoser och individuella variationer i strålkänslighet. Det är emellertid ytterst otroligt att livsmedel skulle kunna bli så förorenade vid en kärnteknisk olycka att de skulle kunna orsaka akuta strålskador på människor. Däremot kan risken för sena (slumpmässiga, stokastiska) skador, t.ex. cancer, behöva begränsas så att den inte blir oacceptabelt hög.

Åtgärder måste vara berättigade, dvs. medföra mer nytta än skada

Åtgärden är berättigad om nettovinsten med åtgärden blir positiv. Om de negativa konsekvenserna av en åtgärd riskerar att bli större än den gynnsamma effekten av att minska bestrålningen, är åtgärden inte berättigad. Det kan t.ex. gälla risker för trafikolycksfall vid omflyttningar för att minska stråldoserna.

Åtgärder bör så långt möjligt optimeras så att de medför så positivt resultat som möjligt

Åtgärden är optimerad när man uppnår största möjliga positiva effekt med åtgärden sedan man tagit hänsyn till alla negativa effekter.

Vid optimeringen måste man utgå från den kunskap om bestrålningssituationen som finns tillgänglig. Det kan i sin tur innebära att valet av åtgärder och åtgärdsnivåer måste ändras efterhand som bestrålningssituationen förändras eller kunskapen om situationen ökar. Ju säkrare den avstyrda dosen kan beräknas, desto säkrare kan avvägningen göras mellan de positiva och negativa effekterna av en åtgärd.

Begränsningar i handlingsfriheten och bindningar för framtiden bör om möjligt undvikas

Det är viktigt att vara medveten om att ett tidigt beslut kan minska antalet möjliga åtgärder som kan genomföras senare.

Exempelvis minskar plöjning externstrålningen från den yttliga depositionen och minskar i allmänhet upptaget av radioaktiva ämnen i grödorna. Innan åtgärden genomförs bör dock sådana positiva effekter av beslutet ställas mot värdet av att behålla tillräcklig handlingsfrihet för insatser längre fram i tiden. Även om åtgärden med plöjning i allmänhet kan vara ett lämpligt beslut, när det finns behov av att minska föroreningsgraden eller bestrålningen, så är den "irreversibel" i den mening att det inte blir möjligt att senare avlägsna den förorenade vegetationen eller det förorenade markskiktet.

Man bör även undvika åtgärder som medför ekonomiska bindningar. De senare kan bli långvariga, inte bara på grund av att effekterna av det radioaktiva nedfallet kan bli långvariga, utan även exempelvis om reglerna för ekonomisk ersättning utformas så att t.ex. jordbrukarnas incitament att vidta konsekvensbegränsande åtgärder minskar. Värdet av att bibehålla handlingsfriheten - åtminstone under ett relativt tidigt skede - överväger nog i många fall. Det måste dock avvägas mot värdet av att få igång effektiva åtgärder.

Åtgärder bör vidtas redan i jordbruksledet om detta är ekonomiskt försvarligt

Det kan skapa problem och osäkerheter om genomförandet skjuts över till senare led i livsmedelskedjan. Man ställs då inför frågor om hur livsmedelsindustrin, handeln och hushållen väntas reagera. Kommer exempelvis industrin i stället att välja att importera icke förorenade jordbruksprodukter från länder som inte drabbats? Detta kanske för att industrin tror att konsumenterna annars kommer att vara tveksamma till livsmedlens kvalitet.

Åtgärderna bör i allmänhet kunna genomföras utan omfattande investeringar

Investeringsunga motåtgärder blir sannolikt orealistiska beroende på:

- tidsbrist
- svårigheter att få t.ex. jordbrukare att investera
- svårigheter att finansiera investeringen

Djupplöjning är exempel på en motåtgärd som verkar vara orea-

listisk eftersom plogar för sådan användning inte är allmänt förekommande i jordbruket. Sådana plogar måste specialtillverkas och blir dyra i inköp. Dessutom krävs tillräcklig dragkraft.

Väsentliga faktorer att beakta vid val av åtgärder

Några viktiga faktorer att beakta

- Strålskyddsmässiga effekter
- Legalitet
- Handlingsfrihet
- Resurser
- Reaktionen
- Tidigare policy
- Ekologiskt lantbruk
- Kostnader
- Osäkerhet

Avvägningarna måste göras med hänsyn till ett antal faktorer utöver de strålskyddsmässiga effekterna. Redan av redovisningen av allmänna principer framgår att åtgärderna inte får strida mot gällande lagstiftning och att begränsningar i handlingsfriheten bör undvikas.

Dessutom måste åtgärderna naturligtvis vara genomförbara med de resurser som kan disponeras. Det kan gälla resurser i jordbruket, t.ex. plogar och traktorer, eller kapacitet i förädlingsledet, t.ex. för slakt och tillverkning av ost. Även lagringskapacitet och möjligheter att kassera grödor eller produkter kan vara gränssättande. Åtgärdens genomförbarhet påverkas också av reaktionerna hos

dem som ska genomföra eller acceptera åtgärden. Konsumenterna och även livsmedelsindustrin kan ha en motvilja mot att acceptera så ”höga” gränsvärden eller att acceptera livsmedel ”behandlade” på ett visst sätt. Både konsumenter och industri kan vara benägna att istället köpa varor från icke drabbade områden eller icke drabbade länder. Om en åtgärd accepteras av de berörda kan också påverkas av om drabbade grannländer agerar på ett likartat sätt och om åtgärden står i överensstämmelse med de tankegångar som tidigare präglat jordbrukspolitiken och kärnenergiolitiken. Ekologiskt lantbruk kan kräva specifika åtgärder för att kunna behålla sin filosofi och trovärdighet hos konsumenterna. Som alltid är kostnaderna en betydelsefull aspekt. Det kan gälla merkostnader för t.ex. kaliumgödsling eller plöjning. Det kan gälla inkomstbortfall exempelvis som en följd av minskad mjölkproduktion eller

kasserade produkter (kap. 11). En väsentlig fråga blir vem som ska svara för kostnaderna hos t.ex. jordbrukaren.

Särskilt den första månaden efter nedfallet kommer besluten att påverkas av den osäkerhet som råder - inte bara om beläggingsfältet utan också om transporten av radioaktiva ämnen i näringskedjor när nedfallet drabbat ett visst område och vid just en viss tidpunkt under året (kap. 9-10). Osäkerhet kan också råda om effekter av olika åtgärder och kostnaden för åtgärderna liksom om möjligheterna att skaffa bättre kunskap om dessa frågor (kap. 13-16).

Tidpunkten under året kan också medföra bristsituationer. Exempelvis kan tillgången på foder till djuren snabbt bli ett problem om nedfallet sker strax före eller i början av betessäsongen men före den första vallskörden.

Inför ett eventuellt nedfall

Med förvarningsskedet menas här hela tidsperioden från lar-

met om att ett utsläpp har skett eller kan komma att ske tills nedfallet börjar.

Osäkerheten är stor - både om omfattningen av ett utsläpp och om hur landet kan drabbas. Trots osäkerheten måste rekommendationer ges tidigt till jordbrukare för att dessa ska hinna vidta åtgärder för att begränsa föroreningen. ”Snabbhet och säkerhet” prioriteras under ett förvarningsskede medan ”eftertänksamhet och överblick” prioriteras efter ett nedfall.

Bristen på detaljerad information hanteras genom att man råder till generella och omfattande åtgärder för att senare begränsa åtgärderna efterhand som kunskapen om bestrålningssituationen ökar. För jordbruket gäller detta främst installation av mjölkkor, vilket rekommenderas i ett stort geografiskt område. Andra åtgärder som kan vara påkallade gäller täckning av foderförråd och liknande åtgärder för att undvika eller lindra skador på djur och



Figur 17.4 Korna bör tas in från betet så snart som möjligt efter ett larm om radioaktivt utsläpp. Foto: Stig Andersson.

att hindra upptag av radioaktiva ämnen i mjölk och köttproducerande djur. De åtgärder som i övrigt är aktuella innefattar höjd beredskap vad gäller mätesurser och information till berörda delar av landet om tidsförlopp och om den möjliga belägningens omfattning.

Om installering bör genomföras är det lämpligt att gå ut mycket snabbt med ett meddelande. Kommer informationen tillräckligt tidigt kan jordbrukare som tar in korna för mjölkning behålla dem inne efter en mjölkning. Att ta in djuren när dessa inte förväntar sig att bli mjölkade kan vara både tidskrävande och svårt att genomföra. Rekommendationen om installering m.m. ges därför förmodligen långt innan det blir nödvändigt att ge eventuella rekommendationer om inomhusvistelse m.m. Detta kan försämra tilltron till myndigheterna genom att allmänheten får uppfattningen att myndigheterna bryr sig mer om kor och jordbruksproduktion än om befolkningen. Det kan också leda till en omotiverad rädsla genom att händelsen plötsligt framstår som mycket allvarlig. God information krävs för att undvika oönskade effekter.

När nedfall konstaterats

Tidigt efter ett nedfall inriktas mätverksamheten (kap. 7) på att få fram en bild av vilka områden i stort som drabbats i betydande grad. Efterhand kommer problemen i de kraftigast belagda områdena att hamna i focus tillsammans med de låg- och medelbelagda områdena där mer detaljerad information behövs för snabb friklassning.

På längre sikt kan det finnas anledning att på ett antal ställen och under ett antal år följa vad som händer med den radioaktiva föroreningen i viktiga näringskedjor, för att få ett bra underlag för bedömningen av dostillskotten långt fram i tiden.

Grov kartläggning av beläggningsområdet

I ett tidigt skede måste en grov kartläggning av beläggningsområdet genomföras. Målsättningen är att identifiera de områden där den radioaktiva beläggningsnivån är så hög att snabba åtgärder kan vara behövliga. Denna grovkartering måste påbörjas snabbt, inom någon timme efter det radioaktiva nedfallets början. Den måste uppdateras fortlöpande så länge nedfallet varar, något som kan ta flera dagar. I kapitel 7 beskrivs den nationella mätberedskapen och strategin för att få snabb tillgång till information om beläggningsituationen. Grovkarteringen bör ge tillräckligt underlag för att identifiera riskområden ungefär ner till kommunnivå. Avsikten är att de betesrestriktioner som införts under förvarningsskedet ska omfatta alla riskområden. Med dessa mätningar som underlag kan man revidera riskområdeskartan.

Program för friklassning

De betesrestriktioner som införts under akutskedet utgår från en försiktighetsprincip. Det är alltså ett intresse att så snart som möjligt friklassa de områden som onödigtvis utsatts för betesrestriktioner.

Kontrollprogrammet har som huvudsyfte att ge underlag för

beslut om restriktioner och friklassning. Det ger även information som kan tillämpas för dosuppskattningar av olika slag. Metodiken är i princip att bestämma aktuella överföringsfaktorer i kedjan markdeposition – bete – mjölk för ett fåtal i förväg utsedda försöksgårdar. Man kan sedan basera friklassningsåtgärder på resultaten av mätningar på betesgräs från ett utvalt större antal gårdar inom nedfallsområdet.

För de områden som fortfarande har betesrestriktioner kan ett mera detaljerat kontrollprogram vara behövligt. Om så är fallet beror bl.a. på beläggningsens sammansättning. Om exempelvis dosbidragen från strontium-90 och cesium-137 är små kan avklingsningen av jod-131 bestämma när friklassning är möjlig.

Under rubriken "Provtagning och mätning på betesgräs, vallgrödor och mjölk" i kapitel 7 beskrivs de aktuella formerna för provtagningsprogrammet. Några månader efter nedfallet är sannolikt behovet av generella betesrestriktioner och dylikt obetydligt. Fortsatt kontroll av mejerimjölk kan dock vara aktuellt ytterligare en tid.

Successivt under denna period inriktas mätprogrammet främst mot att ge underlag för beräkning av doser på längre sikt. Som ett led i detta kan det finnas anledning att under längre tider följa några produkter - särskilt mjölk - vid valda gårdar i de belagda områdena, för att få ett mått på förändringen på lång sikt av förekomsten av radioaktiva ämnen.

Litteratur

För den som vill veta mer ges här några hänvisningar till litteratur som lämpar sig för den breda krets som denna skrift vänder sig till. Forskningsrapporter och annan litteratur som vänder sig till specialister anges därför inte.

Uppgifter om litteratur som utnyttjats som källor vid tillkomsten av denna skrift finns i FOI-rapporten FOI--R--0052--SE. Livsmedelsproduktion vid radioaktivt nedfall. Litteraturstudie.

Allmänt

- Från jord till bord, Nordisk kärnsäkerhetsforsknings rapport NKS/EKO-3.4(97)-TRI, dec. 1997.
- FOA orienterar om kärnvapen, nr 15, 1990, Försvarets forskningsanstalt.
- KärnenergiBEREDSKAP - Beskrivning av beredskapen mot kärntekniska olyckor, Räddningsverket, 2001.
- Radioaktiva ämnen slår ut jordbruk i Skåne. Delbetänkande av Hot- och riskutredningen, SOU 1995:22,
- Naturlig Radioaktivitet i Svenska odlade jordar och grödor. Åke Eriksson och Klas Rosén. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift. Årg. 139, Nr 5, 2000, sid. 1-41.
- Underlag för utarbetande av myndigheternas rekommendationer till lantbrukare i händelse av en kärnenergiolycka - Efter ett larm, men före nedfallet av radioaktiva ämnen. Klas Rosén. Rapport SLU-REK-79, Uppsala, 1997.

Del I Tjernobylolyckan – en väckarklocka (kap. 1-4)

- Frågor och svar kring kärnkraftsolyckan i Tjernobyl. SSI, 1999.
- Informationsberedskap - Handbok, SPF 2000.
- Krisinformation på Internet. Sara Morge. SPF utbildningsserie nr 3, 1999.
- Planlagd kriskommunikation. Bertil Flodin. SPF utbildningsserie nr 2, 1999.
- Professionell kommunikation. Bertil Flodin. SPF utbildningsserie nr 1, 1999.
- Regeringens proposition 1996/97:11. Beredskapen mot svåra påfrestningar på samhället i fred.

Del II Strålning och nedfall (kap. 5-7)

- En liten faktabok om strålning. SSI, 1995.
- Produkter från skog och sjö. Livsmedelsresurs eller exponeringsproblem efter radioaktivt nedfall. Ronny Bergman. FOA rapport C40315-4.3, 1993.
- Radiak. En orientering om radioaktiv beläggning efter kärnvapenexplosioner. FOA rapport A 40064-4.3, 1991.
- Radiakproblem inom livsmedelssektorn. En studie inriktad på behoven för beslutsfattande i tidigt skede efter radioaktivt nedfall. Ronny Bergman. FOA rapport FOA –R—95-00140-4-3—SE, 1995.
- Strålning och hur den påverkar oss. SSI, 1997.

Del III Nedfallets konsekvenser (kap. 8-11)

- Jordbruksstatistisk årsbok, Statistiska centralbyrån m.fl.
- Kärnkraftsolyckan i Tjernobyl. En sammanfattning femton år efter olyckan. Leif Moberg. SSI Rapport 2001:7.
- Psykologiska reaktioner vid radioaktivt nedfall från en kärnenergiolycka - ett svenskt beredskapsperspektiv. Ann Enander. Forsvarshögskolans ledarskapsinstitutionens rapport F:13, 2000.
- Svensk rennäring, Svenska Samernas Riksförbund m.fl., 1999.
- Tio år efter kärnkraftsolyckan i Tjernobyl. Radiologiska konsekvenser och svensk beredskap mot framtida olyckor. Leif Moberg och B Åke Persson. SSI information 96:01
- Vad händer med lantbrukets husdjur i katastrofsituationer? Inger Andersson, Lorraine Steen Svendsen och Bengt Gustafsson. Svensk Veterinärtidning, vol. 53, nr 6, 2001, s. 333-339.

Del IV Gränsvärden och motåtgärder (kap. 12-17)

- A Guide to Countermeasures for Implementation in the Event of a Nuclear Accident Affecting Nordic Food-Producing Areas. Kasper G. Andersson m.fl. Nordisk kärnsäkerhetsforsknings rapport NKS-16, aug. 2000.
- Avvägningsproblem för beslutsfattande vid radioaktivt nedfall. Ronny Bergman, Jan Preuthun och Klas Rosén. FOA rapport FOA-R—99-01356-861—SE, 1999.

- Byggnader för animalieproduktion. Inventering, beskrivning och beräkning av skyddsfaktorer för joniserande strålning. Effekter på strålnivån i byggnader genom saneringsåtgärder. Inger Andersson, Thomas Ulvsand, Johan Hansson och Carl-Magnus Dolby. FOA Rapport. C 40306-4.3 . ISSN 0347-2124 1993.
- EG-kommissionens förordning (Euroatom) nr 944/89 om gränsvärden för radioaktivitet i mindre viktiga livsmedel efter en kärnenergiolycka eller annan radiologisk nödsituation.
- EG-kommissionens förordning (Euroatom) nr 770/90 om gränsvärden för radioaktivitet i djurfoder efter en kärnenergiolycka eller annan radiologisk nödsituation.
- EG-kommissionens förordning nr 1609/2000 om upprättandet av en förteckning över produkter som är undantagna från rådets förordning (EEG) nr 737/90.
- Europeiska rådets förordning nr 3954/87 om gränsvärden för radioaktivitet i livsmedel och djurfoder efter en kärnenergiolycka eller annan radiologisk nödsituation.
- Europeiska rådets förordning nr 2218/89 om ändring av förordning (Euroatom) nr 3954/87 om gränsvärden för radioaktivitet i livsmedel och djurfoder efter en kärnenergiolycka eller annan radiologisk nödsituation.
- Europeiska rådets förordning (EEG) nr 2219/89 om särskilda villkor för export av livsmedel och djurfoder efter en kärnenergiolycka eller annan radiologisk nödsituation.
- Europeiska rådets förordning (EEG) nr 737/90 om villkoren för import av jordbruksprodukter med ursprung i tredje land efter olyckan vid kärnkraftverket i Tjernobyl.
- Livsmedelsindustrins beredskap och eventuella agerande vid ett radioaktivt nedfall — En enkätundersökning. Madeleine Magnusson och Inger Andersson. FOA Rapport FOA-R—00-01516-861—SE, 2000 .
- Radioaktivt nedfall – sådan är livsmedelsindustrins beredskap. Inger Andersson och Madeleine Magnusson. Vår Föda, nr 5, 2000, s. 6-8.
- Reduksjon av radionuklider i matvarer. I: Radioaktivt nedfall fra Tsjernobyl-ulykken. Følger for norsk landbruk, naturmiljø og matforsyning, s. 129-147. Sluttrapport fra NLVFs forskningsprogram om radioaktivt nedfall 1988-1991. Red. T. H. Garmo og T. B. Gunnerød. Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd, Trondheim/Ås, 1992.
- Safety precautions in Swedish animal husbandry in the event of nuclear power plant accidents. Inger Andersson. Report 181. Department of Animal Nutrition and Management. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- The care of farm animals in emergency situations. Management, slaughter, carcass destruction, and risk of contagion. Survey of literature, practical experience, legislation and information related to emergency preparedness, response and mitigation. Inger Andersson, Lorraine Steen Svendsen och Bengt Gustafsson. ÖCB (Överstyrelsen för civil beredskap) Forskningsrapport. ISBN 91 70 97 062-9. 1999.
- Tillagningseffekter på livsmedel innehållande cesium. S. Danfors och W. Becker. SLV-rapport 1989:4, Statens livsmedelsverk, Uppsala.
- Överföring av Cesium-137 till jordbruksprodukter i Skåne och Blekinge efter en kärnenergiolycka. Enok Haak m. fl. Rapport SLU-REK-82, 1998.