

9 Överföring av radioaktiva ämnen till livsmedel

Radioaktiva ämnen kan överföras via livsmedel till människan. I människans mag-tarmkanal absorberas praktiskt taget allt cesium och ungefär en tredjedel av det strontium som intas med livsmedlen.

Växtprodukter och djurprodukter från jordbruk eller naturliga ekosystem utgör viktiga led i de näringskedjor som leder fram till livsmedel. De viktigaste vägarna för intag av radioaktiva ämnen är via mjölk, kött, spannmålsprodukter, grönsaker, renkött, svamp, bär, vilt och fisk.

Detta kapitel behandlar överföring av radioaktiva ämnen från jordbruks- och trädgårdsprodukter, vatten, renkött samt produkter från skog, insjöar och vattendrag. Livsmedel från jordbruksproduktionen är viktigast för folkhushållet. Produkter från skog och sjö är av marginal betydelse för befolkningen som helhet men kan ha stor social, ekonomisk eller försörjningsmässig betydelse för vissa grupper.

Kretslopp

Radioaktiva ämnen följer samma vägar som likartade stabila ämnen, eftersom de biologiska processerna inte skiljer på ett radioaktivt och ett stabilt ämne. Exempelvis vandrar radioaktiv jod på precis samma sätt som stabil jod.

Grundämnen som tillhör samma grupp i periodiska systemet har likartade kemiska egenskaper och uppträder likartat i biologiska processer. Cesium har ungefär samma egen-

skaper och spridningsvägar som kalium. Strontium har ungefär samma egenskaper som kalcium. Därför kommer de växter och djur som tar upp kalium och kalcium att också ta upp cesium och strontium.

Den odlade marken är ett system där biomassan tillväxer och bryts ner och där flödet av näring cirkulerar på olika sätt. Under det år som nedfallet sker är grödornas utvecklingsstadium avgörande för flödet av radioaktiva ämnen i olika näringskedjor.

Näringsämnena cirkulerar i olika kretslopp inom jordbruket. De radioaktiva ämnena följer de naturliga kretsloppen i jordbruksmiljön. Dessa kretslopp följer i princip tre vägar:

- Den största delen av näringsämnena finns i den organiska substans som kvarlämnas på åkern i form av skörderester. Dessa återgår till åkermarken för att ingå i ett nytt kretslopp.
- Den näst största delen av näringsämnena finns i skördad biomassa som används till djurfoder på djurgårdar. Merparten av denna går via naturgödsel tillbaka till marken.
- Den minsta delen av näringsämnena finns i skördad växtbiomassa som används till livsmedel för direkt human konsumtion som vegetabilieprodukter eller som djurfoder för animaliproduktionen. En mycket liten del av dessa näringsämnena återgår till jordbruket som rötslam.

Transporten av näring via

näringskedjor följer till stor del dessa kretslopp eller flöden av biomassa. Radioaktiva ämnen, som efter nedfall förorenar mark och grödor, kommer in i och följer näringskedjorna fram till livsmedel och människa. Den del av det radioaktiva nedfallet som förorenar marken följer även här de naturliga näringsämnena. Radioaktiva ämnen kan på naturlig väg utspädas med mineralämnen i marken eller som t. ex. cesium bindas hårt (fixeras) i lermineraler.

Upptag och omsättning i djurkroppen

Jod-131 i foder är i lösform och absorberas snabbt och nästan fullständigt från de främre delarna av mag-tarmkanalen till blodet. Jod upptas i djurkroppen även genom inandning. Vissa organ och vävnader, som sköldkörtel, spottkörtlar, mjölkkörtlar, placenta och tarmslimhinna har benägenhet att uppta och ansamlar jod. Vid jämviktstillstånd finns ca 50 % av kroppens totala innehåll av jod-131 i sköldkörteln och resten fördelas i övriga organ och vävnader.

Radioaktiv jod utsöndras snabbt i mjölken hos t.ex. betande kor. Den snabba utsöndringen av jod i mjölk och de omedelbara risker som finns för människan vid konsumtion av sådan mjölk gör att ämnet måste ägnas speciell uppmärksamhet omedelbart efter ett radioaktivt utsläpp.

Cesium-134 och cesium-137 i konsumerat foder absorberas i djurens mag-tarmkanal, företrä-

desvis i tunntarmen. Absorptionsgraden kan röra sig om ca 50-80 % och ibland mer. Med blodet förs ämnet snabbt ut i djurkroppen där det sedan cirkulerar.

Vid jämviktstillstånd beräknas 85 % av kroppens totala innehåll av cesium-137 finnas i muskulaturen, 5 % i benvävnaden och resten i andra organ eller vävnader.

Lakterande djur utsöndrar en del av det absorberade cesiumet i mjölken, värpande höns utsöndrar cesium i äggen och alla djurslag ackumulerar cesium i sina muskler. Mjolk, ägg och kött är därför potentiella cesiumkällor i människans kost.

Strontium-90 i fodret absorberas främst i tunntarmen. Absorptionsgraden varierar mellan 5-25 % hos vuxna idisslare, medan absorptionen kan vara 100 % hos unga mjölkutfodrade djur. Strontium-90 ansamlas företrädesvis i benvävnaden - ca 95 % av kroppens innehåll återfinns där.

Mjolk och i viss mån kött är potentiella strontiumkällor i människans kost. Strontium-90

är framförallt ett problem vid nedfall från kärnvapenexplosioner. Det utgör inte lika stort problem efter kärnkraftsolyckor, eftersom ämnet på grund av sin svärflyktighet inte kommer ut i lika stor mängd som t.ex. jod och cesium.

Jordbruks- och trädgårdsprodukter

De första dagarna efter ett nedfall kan man som en mycket grov uppskattning räkna med att på en gräsbevuxen yta (slåttervall, betesmark m.fl.) finns en tredjedel av nedfallet kvar i det vegetativa täcket ("gräset"). Exemplet i detta kapitel är bara avsedda att ge en ungefärlig uppfattning om konsekvenserna och inte för att utnyttjas vid beräkningar inför eventuella beslut. Vid enbart torrdeposition (kap. 7) kan man utgå från att nästan allt nedfall fastnar i gräset om det är tjockt. Gräset fungerar som ett filter för de små partiklar som de radioaktiva ämnena sitter på. Med tiden, och så snart det regnar, kommer emellertid de radioaktiva ämnena att föras ner till marken. Efterhand kommer gräset genom vind och

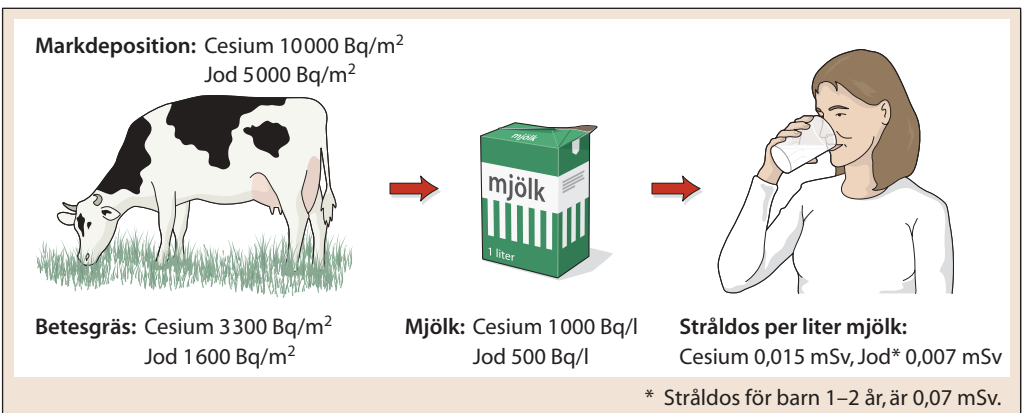
regn att innehålla allt mindre av nedfallet.

Senare bör förekomsten av radioaktiva ämnen bestämmas genom provtagning och mätning på betesgräs för att undersöka behovet av betesrestriktioner. Mätningar på mjölk ger dessutom ett situationsanpassat underlag för bedömning av överföringen av radioaktiva ämnen från betesgräs till mjölk. Ett sådant provtagnings- och mätprogram beskrivs i kapitel 7.

Mjolk

Näringskedjan *foder - ko - mjölk - människa* intar en särställning på grund av att de radioaktiva ämnena transporteras mycket snabbt i denna näringskedja samtidigt som mjölk och mjölkprodukter är viktiga baslivsmedel (fig. 8.8 och fig. 9.1).

Efter ett nedfall under betesperioden finns både de kortlivade och de långlivade radioaktiva ämnena på betesgräset och de når därmed snabbt mjölken. Det tar sedan bara någon till några dagar innan den producerade mjölken når konsumentledet i butikerna. Jod-131 är ett kortlivat ämne som inom ett



Figur 9.1 Näringskedjan betesgräs - ko - mjölk - människa. En tredjedel av nedfallet antas här finnas i betesgräset. Stråldosen avser effektiv helkroppsdos. Med cesium och jod avses cesium-137 resp. jod-131.

Låt oss i ett räkneexempel (se figur 9.1) utgå från att markdepositionen av cesium-137 är 10 000 Bq per m². Om ungefär en tredjedel av nedfallet fångas upp av betesgräset kommer detta att innehålla ca 3 300 Bq per m². Vid 1 kg gräs per m² (färskvikt) innebär detta att halten i gräset blir 3 300 Bq per kg färskvikt eller fyra gånger så mycket per kg torrsvikt dvs. 13 200 Bq. Betar korna 10 kg gräs (torrsvikt) per dag kommer de att inta 132 000 Bq per dag.

Om förhållandet är 0,008 mellan halten av cesium-137 i mjölk och det totala intaget av cesium-137 (överföringsfaktorn $F_m = 0,008$, se i slutet av kapitlet) så kommer halten i mjölken att bli 1 056 Bq per kg, dvs. något högre än det av EG planerade gränsvärdet 1 000 Bq per kg som ska tillämpas den första tiden efter en framtida olycka. Efter multiplikation med konstanten $1,4 \times 10^{-5}$ fås stråldosen i mSv. En liter mjölk skulle därför ge 0,015 mSv.

par dygn efter ett nedfall återfinns i mjölken. Radioaktivt cesium och strontium är långlivade ämnen vilka också snabbt kommer in i näringskedjan.

Kött

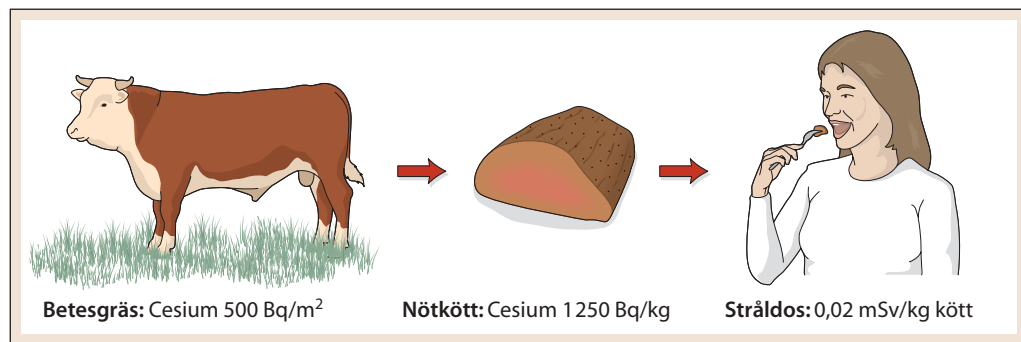
I näringskedjan *foder - nötkreatur - kött - människa* är transporten av radioaktiva ämnen relativt snabb. Radioaktivt cesium och strontium är de viktigaste ämnena i denna närings-

kedja. Radioaktiv jod har en kort fysikalisk halveringstid och har därmed inte lika stor betydelse som i näringskedjan via mjölk. Överföring av cesium-137 i näringskedjan *betesgräs-nötkreatur-kött-människa* illustreras i figur 9.2.

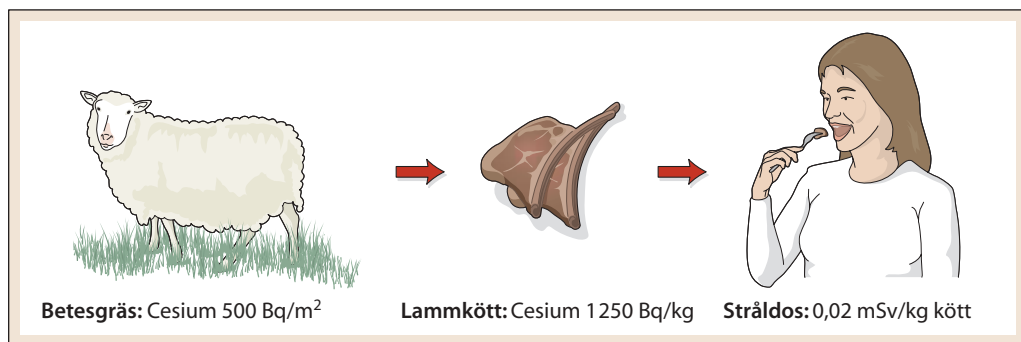
I jämförelse med nötkreatur betar får ofta på mindre näringsrika - och vanligen ogödslade - marker där betesgräset uppvisar ett större upptag av radioaktivt

cesium. Vi kan därför vänta oss högre halter av cesium-137 hos får och lamm än hos nötkreatur. Betydelsen av markens egenskaper och näringsstatus beskrivs i kapitel 10. Överföring av cesium-137 i näringskedjan *betesgräs-lamm-kött-människa* illustreras i figur 9.3.

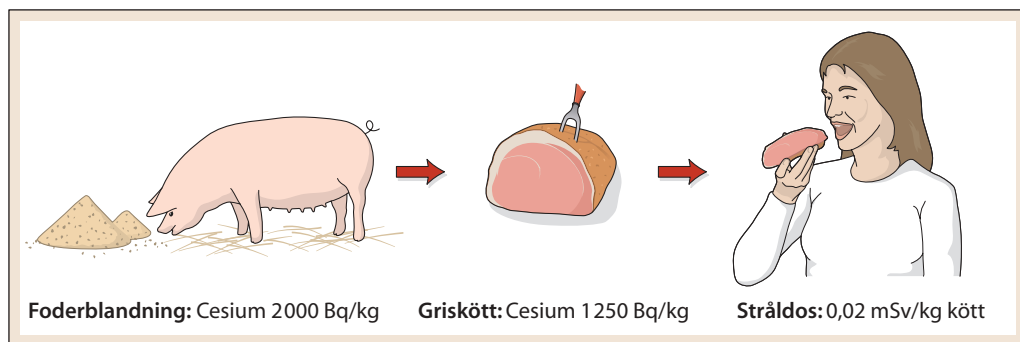
Överföringen av cesium-137 i näringskedjan *foder-gräs-kött-människa* illustreras i figur 9.4.



Figur 9.2 Överföring av cesium-137 i näringskedjan *betesgräs-nötkreatur-kött-människa*. Stråldosen avser effektiv helkroppsdos. Beräkningarna utgår från ett dagligt intag av 10 kg torrsbstans betesgräs per djur och dag och överföringsfaktor enligt IAEA.



Figur 9.3 Överföring av cesium-137 i näringskedjan *betesgräs-lamm-kött-människa*. Stråldosen avser effektiv helkroppsdos. Beräkningarna utgår från ett dagligt intag av 1 kg torrsbstans betesgräs per djur och dag och överföringsfaktor enligt IAEA.



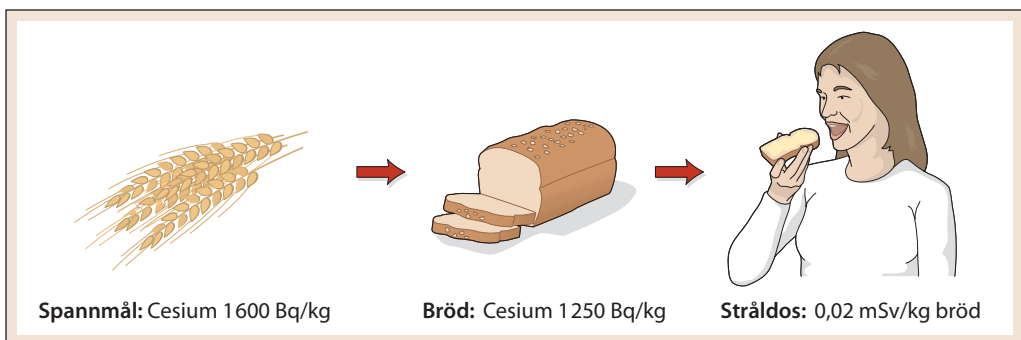
Figur 9.4 Överföring av cesium-137 i näringskedjan foder-gris-kött-människa. Stråldosen avser effektiv helkroppsdos. Beräkningarna utgår från ett intag av foderblandning på 2,5-2,8 kg per djur och dag och överföringsfaktor enligt IAEA.

Spannmål

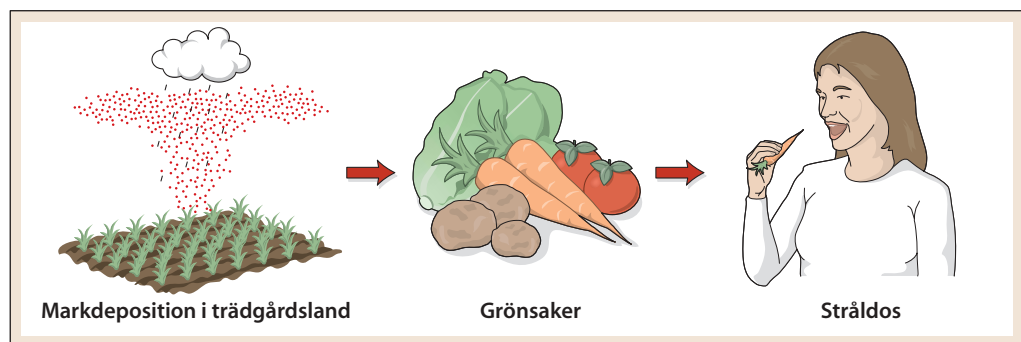
Genom näringskedjan *spannmål - bröd - människa*, illustrerad i figur 9.5, tar transporten av radioaktiva ämnen längre tid än genom kedjan till mjölk. Radioaktivt cesium och strontium är de viktigaste ämnena. Ned-

fall strax före skörd ger relativt stor överföring till spannmålskärna. Vid nedfall tidigare under den vegetativa perioden blir halterna lägre, bl.a. på grund av utspädning genom växtens tillväxt. Åren efter nedfallet, när

rotupptag dominerar blir halterna väsentligt lägre. Foder-spannmålen går via djuren genom näringskedjan *spannmål - gris/fjäderfå/nötkreatur-kött/ägg/mjölk-människa*.



Figur 9.5 Överföring av cesium-137 i näringskedjan spannmål (kärna)-bröd-människa. Stråldosen avser effektiv helkroppsdos.



Figur 9.6 Näringskedjan grönsaker-människa vid skörd de första dagarna efter ett nedfall. Rotfrukter innehåller betydligt lägre halter av radioaktiva ämnen än bladgrönsaker. Stråldosen från olika typer av grönsaker varierar därför starkt.

Grönsaker

Näringskedjan *grönsaker - människa* är kort och transporten av radioaktiva ämnen genom den är snabb. Odlade grönsaker på friland med stor bladyta kan fånga upp stora delar av ett nedfall. Skördas och säljs dessa grönsaker färska när de konsumenterna snabbt. Produkter där inte ovanjordiska växtdelar, såsom potatis och morötter, används som föda drabbas betydligt mindre av den direkta föroreningen som uppfångas av bladytorna (fig. 9.6).

Vatten

Transporten av radioaktiva ämnen via mark och grundvatten i kedjan *dricksvatten - människa* tar mycket lång tid. Direkt förorenade vattentäkter, åar och sjöar kan ge snabbare överföring

men är vattendjupet stort ökar förutsättningarna för en kraftig utspädning. Ydliga vattentäkter, bl.a. grunda dammar eller åar, som utnyttjas som råvatten vid bevattning eller för dricksvatten åt djur bör dock ej användas den första tiden innan nedfallet innehåll av radioaktiva ämnen är känt.

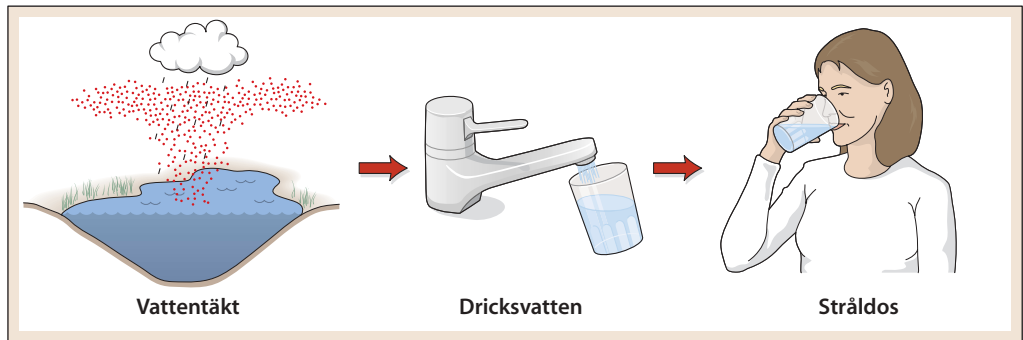
Hälften av Sveriges konsumenter försörjs via vatten från grundvattentäkter. Nedfallet från kärnvapenproven i atmosfären har visat att under en tidsrymd av några decennier är tillskotten från radioaktivt cesium och strontium till befolkningen genom intag av dricksvatten mycket små (på grund av låga halter) i jämförelse med dosbidragen från totaldieten. Detta gäller både vatten från grund-

eller ytvattentäkter som behandlats vid vattenverk och hushållsvatten från djupborrade brunnar (fig. 9.7).

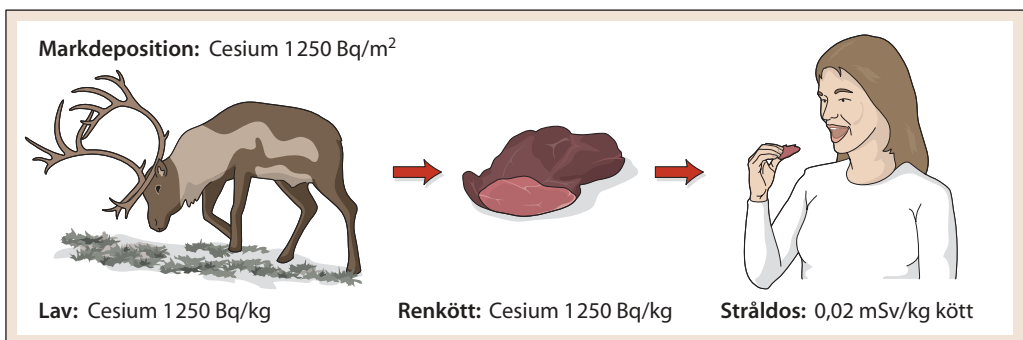
Renkött

En effektiv transportväg för överföringen av radioaktivt cesium är näringskedjan *lav-ren-människa*. Detta beror på en kombination av faktorer. Rensens föda under senhösten och vintern består till stor del av lav som på ett mycket effektivt sätt fångar upp och kvarhåller luftföroreningar t. ex. radioaktivt nedfall.

Erfarenheterna i Norge efter Tjernobylyolyckan visar att vid nuvarande betestryck kan följande tumregel användas första året efter ett nedfall av cesium-137: En deponering av X Bq per



Figur 9.7 Näringskedjan dricksvatten - människa. Vattnet renas genom att radioaktiva ämnen binds till markpartiklar och hålls kvar av de biologiska systemen, vilket gör att vattnet som når konsumenten kan betraktas som rent.

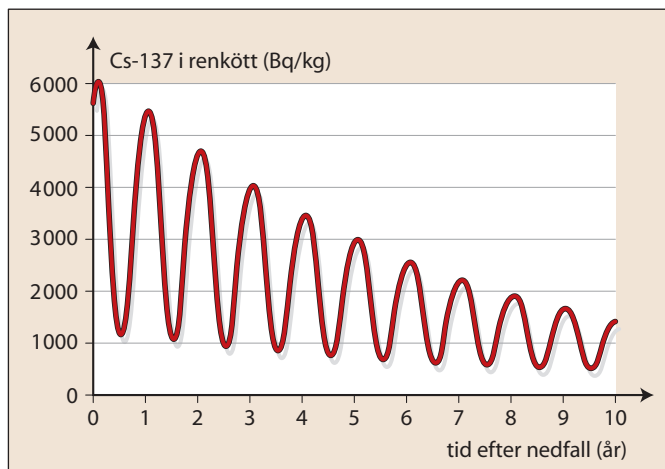


Figur 9.8 Överföringen av cesium-137 i näringskedjan lav - ren - människa. Stråldosen avser effektiv helkroppsdos.

m² ger en förorening av lavar (t. ex. renlav) med X Bq per kg torr lav. Om renar betar av detta lavtäckte under vintern kan aktiviteten beräknas bli X Bq per kg muskulatur (fig. 9.8).

Halterna av cesium-137 i renar uppvisar en mycket markant årstidsvariation (fig. 9.9). Under första senvintern i mars-april efter ett nedfall uppnås en topp i cesium-137-halterna i renens muskulatur. När sedan våren kommer och renarna övergår till en diet bestående av gräs, örter, löv och skott av buskar minskar cesium-137-halten mycket snabbt. Under den snabbaste fasen av nedgången kan halten halveras på en vecka. I augusti har som regel ett minimum av cesium-137-halten uppnåtts, som även om deponeringen är så hög som 40 000 Bq per m² kan ligga under 1 500 Bq per kg. Under hösten sker sedan en mer eller mindre snabb uppgång av cesium-137-halterna. Den viktigaste orsaken till denna uppgång är intag av lav och svamp som i nedfallsdrabbade områden har höga halter av cesium-137.

Förutom den markanta årstidsvariationen kan man observera att cesium-137-halterna minskar med tiden (fig. 9.9). Erfarenheter från Tjernobylned-fallet visar att den effektiva ekologiska halveringstiden för cesium-137 i renkött vid den normala slakttidpunkten är relativt lång, omkring fyra år. I de områden av Sverige som drabbades värst av nedfallet efter Tjernobylylockan kommer problemen med cesium-137 i renar att kvarstå till långt in på 2000-talet. Det effektiva upptaget via



Figur 9.9 Hur halten cesium-137 varierar i renkött under säsongen och på lång tid. I exemplet sker nedfallet under våren och är 6 000 Bq/m². Nollpunkten på tidsaxeln är 1 januari året efter nedfall. Källa: Torbjörn Nylén, FOI och Birgitta Åhman, SLU.

lav leder till att även en relativt låg nivå av nedfall av cesium-137 kan orsaka betydande problem för rennäringen.

Produkter från skogen

Ett radioaktivt nedfall över en gammal barrskog kommer till stor del att uppfångas i trädens kronor. De radioaktiva ämnena kommer sedan att omfördelas och efter ett år återfinns det mesta av cesium-137 i markskiktets övre delar, framförallt i den organiska delen av jorden. I levande och döda delar av träden kommer ca 10 till 15 % av den totala mängden av cesium-137 att återfinnas.

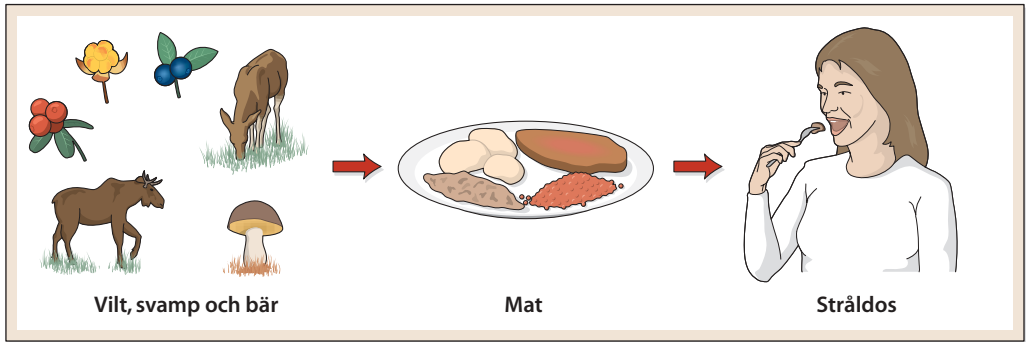
Jämfört med de cesium-137-halter som efter något år finns i olika livsmedelsprodukter från jordbruket är halterna höga i skogens produkter. En älg som månaderna före älgjakten betat nästan helt och hållet på åkermark med deponeringen ca 40 000 Bq cesium-137 per m² kan ha några tiotal Bq per kg medan en älg som betat i nor-

mal skogsmark med samma deponering i medeltal har 750 Bq per kg och i extrema fall över 2 000 Bq per kg.

Det förefaller även som om skogsekosystemet har den längsta effektiva ekologiska halveringstiden för cesium-137 av alla aktuella ekosystem i Sverige. Orsaken till detta är komplex men helt klart är att markens näringsstatus inverkar, liksom frånvaron av lermineral i skogsjorden. Dessutom förefaller svampmycelet spela en större roll i upptaget av cesium-137 i skogsmarken jämfört med i åkerjorden.

Bär

Exempelvis kan blåbär och lingon ha halter omkring 300 Bq cesium-137 per kg torrsvikt (omkring 75 Bq per kg färsksvikt) om deponeringen är 10 000 Bq per m². Det är först vid ett kraftigt nedfall som det finns risk för att blåbär och lingon ska innehålla oacceptabla mängder radioaktiva ämnen. Däremot kan hjortron som normalt växer



Figur 9.10 Bär, svamp och vilt måste alltid beaktas efter ett nedfall eftersom de kan överföra cesium-137 till människa.

på magra marker i vissa områden ha högre halter.

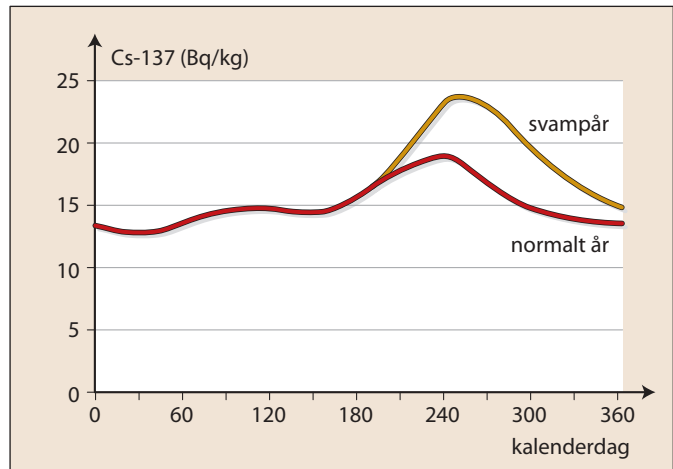
Svamp

Svamp är med hänsyn till upptaget av cesium-137 en heterogen grupp. Vid exempelvis en deposition på 10 000 Bq cesium-137 per m² kan halten vara 2 000 Bq per kg torrsvikt för kantarell och Karl Johan men 40 000 till 80 000 för sandsopp och rynkad tofsskivling. Detta innebär att svamp potentiellt kan vara den produkt som orsakar den största överföringen av cesium-137 från skogen till människan.

För de som äter svamp, t.ex. kantarell, någon gång per år blir stråldosen via svamp relativt liten. Det finns dock de som äter mycket stora mängder svamp och de kan få ett högt intag av cesium-137. Rådjur, men även andra idisslare, konsumerar mycket svamp vilket gör att det uppträder kraftiga årstidsvariationer i cesium-137-halter hos dessa.

Älgkött

Den tredje vägen för cesium-137 att från skogen nå människan är via vilt. Vid en markdeposition av 10 000 Bq per m² har älg i medeltal 200 Bq per



Figur 9.11 Förväntade variationer under året av älgköttets innehåll av cesium-137 i norra Sverige under ett normalår (grön) och ett svampår (röd) vid markbeläggningen 1 000 Bq/m². Svamp antas utgöra 2 % av älgens föda under mitten av juli till mitten av september. Källa: Torbjörn Nylén, FOI.

kg i sin muskulatur vid jakten. Analyser utförda efter Tjernobylnedfallet har visat att cesium-137 i älgmuskulatur troligen kommer att följa det fysikaliska sönderfallet, dvs. halveras på ca 30 år. Säsongsvariationer beror av älgens födoval (fig. 9.11). Svamp och näckrosor har höga halter och kan höja halterna medan örter på grund av låga halter verkar i motsatt riktning.

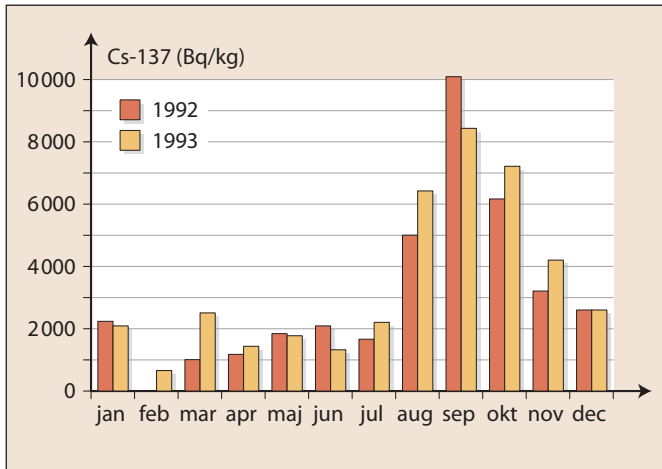
Rådjurskött

Rådjur uppvisar som regel något högre halter av cesium-137 än älgar. Halten i rådjurskött

har en mycket markerad årstidsvariation som helt och hållet kan tillskrivas rådjurets intag av svamp med höga cesium-137-halter (fig. 9.12). I rådjursvommar kan man finna 20 till 30 % av födoinnehållet i form av svamp.

Produkter från insjöar och vattendrag

Näringskedjan *plankton - fisk - människa* kan vara speciellt viktig för vissa befolkningsgrupper som använder vilt och insjöfisk som baskost. Dessutom finns ekonomiska och sociala aspek-



Figur 9.12 Årstidsvariation för cesium-137 hos rädjur i Gävle kommun enligt undersökningar vid SLU. Källa: Gunnel Karlén, SLU.

ter på problemet med höga halter av radioaktivt cesium i fisk, exempelvis i form av minskad turism och minskat sportfiske i områden med höga halter. Detta senare problem visade sig tydligt efter Tjernobylolyckan. Halterna av cesium-137 i fisk blir högre i insjöar än i hav. Detta beror främst på att vattnet i sjöar har lägre salthalt och därmed lägre kaliuminnehåll. Halten i insjöfisk är högre i sjöar med lång vattenomsättningstid än i de med en kortare omsättningstid.

Andra faktorer som påverkar halten på längre sikt i sjövattnet och därmed i fisk är:

- Vattnets innehåll av partiklar och deras sedimentationshastighet (kan kopplas till vattenkemin, t.ex. humushalt och hårdhet).
- Sjöarnas djupförhållanden som styr möjligheten för radioaktiva partiklar att virvla upp från botten till den del av sjövattnet där plankton lever.
- Intransport av radioaktivt cesium från omgivande våtmarker.

Den totala överföringen från deposition till exempelvis gädda kan variera med en faktor 50 mellan olika sjöar och vid enskilda tidpunkter kan variationen vara ännu större.

I figur 9.13 visas variationen och förändringen med tiden av halten cesium-137 i några vanliga fiskarter. Samverkande faktorer i miljön kan ibland ge höga ibland låga halter av cesium-137 beroende på bl.a.

olika överföringsgrad från omgivande mark eller olika vattenomsättning (fig. 9.14).

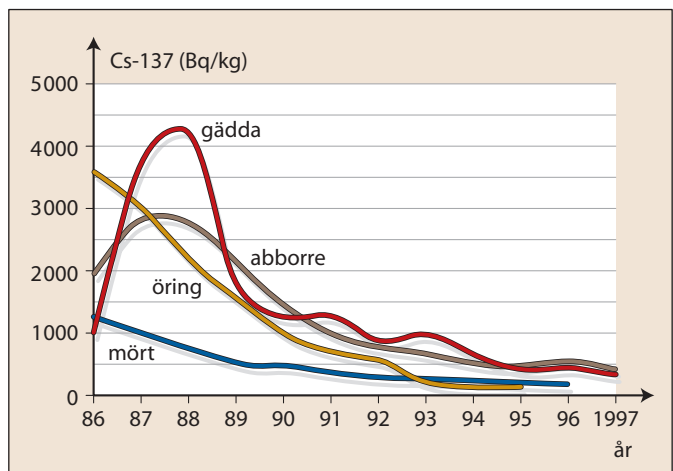
Överföringsfaktorer

Graden av överföring av radioaktiva ämnen från ett led till ett annat led i näringskedjorna uttrycks genom överföringsfaktorer. De gäller för djur vid jämviktsstillstånd, dvs. vid jämvikt mellan djurens upptag och utsöndring av det radioaktiva ämnet, vilket innebär att det inte sker vare sig någon ökad ansättning eller ökad utsöndring.

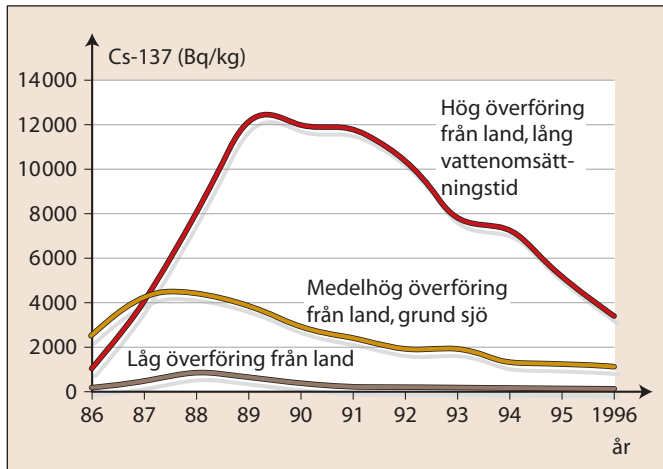
Det finns olika sätt att ange överföringsfaktorer:

1. Förhållandet mellan halten av ett radioaktivt ämne i ett led i näringskedjan (t.ex. mjölk) och halten av samma ämne i närmast föregående led (t.ex. betesgräs).

Uttrycket används ofta när det gäller djur på bete och när bete utgör det enda förorenade fodermedlet.



Figur 9.13 Förändringar i medelhalt av cesium-137 i gädda, medelstor abborre och mört (Päijänne, Finland) samt öring (Nordiska sjöar) sedan 1986. Data från NKS/EKO-2.



Figur 9.14 Förändringar i medelhalt av cesium-137 i gädda från nordiska sjöar med olika känslighet för cesium-137 (alla värden är normerade till 30 000 Bq/m². Data från NKS/EKO-2.

2. Förhållandet mellan halten av ett radioaktivt ämne i djurprodukten (t.ex. mjölk eller kött) och djurets dagliga intag av samma ämne.

För överföringsfaktorer enligt denna definition används beteckningen F_m (foder till mjölk) respektive F_f (foder till kött). Uttrycket är lämpligt att använda under kontrollerade utfodringsbetingelser, dvs. när

den dagliga konsumtionen av foder liksom halten av det radioaktiva ämnet i fodret är kända. Så kan vara fallet när det gäller stallutfodrade djur.

För kor som går på bete skulle en ungefärlig beteskonsumtion kunna beräknas med hjälp av uppgifter om konsumerade mängder av övriga fodermedel och näringsbehovet vid aktuell mjölkavkastning och levande

vikt. Som en uppskattning kan man i ett generellt fall utgå från en daglig beteskonsumtion på 10-12 kg torrsbstans och en mjölkproduktion på 25 kg.

3. Förhållandet mellan halten av ett radioaktivt ämne i slutledet och halten av samma ämne i det första ledet i näringskedjan.

Det kan t.ex. gälla överföringen från mark till växtprodukter eller kött, med beteckningarna TF_g respektive T_{ag} . Markens innehåll av radioaktiva ämnen anges numera oftast som Bq/m². Tidigare användes ofta enheten Bq/kg jord, vilket ställde krav på kännedom om jordens densitet.

Generellt kan sägas att ju fler led av näringskedjan som inkluderas i överföringsfaktorn, desto osäkrare blir den.

Överföringsfaktorer

Från foder till mjölk:

$$F_m = \frac{\text{Aktivitetskoncentration i mjölk (Bq/l)}}{\text{Djurets dagliga aktivitetsintag (Bq/dag)}} \quad \text{Enhet: dag/l}$$

Från foder till kött:

$$F_f = \frac{\text{Aktivitetskoncentration i kött (Bq/kg)}}{\text{Djurets dagliga aktivitetsintag (Bq/dag)}} \quad \text{Enhet: dag/kg}$$

Från mark till växtprodukter:

$$TF_g = \frac{\text{Aktivitetskoncentration i växt (Bq/kg torrsvikt)}}{\text{Markdeposition (Bq/m}^2\text{)}} \quad \text{Enhet: m}^2\text{/kg torrsvikt}$$

Från mark till kött (via foder):

$$T_{ag} = \frac{\text{Aktivitetskoncentration i kött (Bq/kg)}}{\text{Markdeposition (Bq/m}^2\text{)}} \quad \text{Enhet: m}^2\text{/kg}$$

Några tumregler

Tumreglerna är bara avsedda att ge en uppfattning om storleksordningen av föroreningen i livsmedel och därigenom indikera om motåtgärder kan bli aktuella. För att avgöra omfattningen av olika motåtgärder krävs noggrannare beräkningar anpassade till den aktuella situationen.

Mjök

Andelen av det dagliga intaget för ko och get av jod-131, cesium-137 respektive strontium-90, som utsöndras i den totala dagsvolymen mjök:

Komjök ca 30 % jod-131, ca 10 % cesium-137 och ca 5 % strontium-90

Getmjök ca 50 % jod-131, ca 20 % cesium-137 och ca 5 % strontium-90

Nötkött och renkött

Nötkött Halten av cesium-137 i nötkött (Bq/kg) är ca 5-7 gånger högre än halten i mjök om kött djuren och mjölk korna betar på samma område och betet utgör det enda eller huvudsakliga fodret.

Renkött Under vinterbete blir halten av cesium-137 i kött (Bq/kg) ungefär densamma som halten i den lav som betas (Bq/kg torr lav). Halten i lav halveras på ca fyra år.

I kött är halterna av jod-131 och strontium-90 försumbara jämfört med halten av cesium-137.

Övriga produkter

Fr.o.m. något år efter nedfallet och vid en deposition av 1 000 Bq/m² blir halterna av cesium-137 (om depositionen t.ex. fördubblas så fördubblas också halterna):

Potatis 0,2-20 Bq/kg torr vikt.

Blåbär och lingon ca 5 Bq/kg våtvikt.

Hjortron ca 10 Bq/kg våtvikt.

Matsvamp 10-150 Bq/kg våtvikt. Varierar kraftigt mellan individer och arter.

Älgkött ca 20 Bq/kg.

Rådjur 100-200 Bq/kg på hösten då den är högst. Varierar under året.

Insjöfisk 100-500 Bq/kg. Varierar kraftigt mellan arter samt i och mellan sjöar. Tidpunkten då maximivärdet uppnås kan dröja upp till flera år för vissa arter.