

Utsläpp från svenska kärnkraftverk – ett miljöproblem?

I början av året rapporterade massmedia att "svenska kärnkraftverk läcker mer än utländska". Källan var ett TT-meddelande som återopade en artikel i "Dagens politik", som i sin tur hänvisade till en rapport från FNs strålningsvetenskapliga kommitté, UNSCEAR. "Nyheten" togs upp av politiska kärnkraftdebattörer. Sålunda skrev Rolf Alsing i en ledare i Aftonbladet den 10 januari: "I går kom för övrigt ett nytt larm. Enligt FN-organet UNSCEAR släpper svenska kärnkraftverk ut för mycket radioaktivitet, mycket mer än många utländska reaktorer." Och i en riksdagsmotion (96/97 Jo 727) skrev centerpartiet: "Svenska kärnkraftverk släpper ut mer radioaktivitet i luft och vatten än andra jämförbara verk i världen."

Det rör sig än en gång om ett fall då allmänheten, opinionsbildare och beslutsfattare blivit vilsledda genom felaktig eller ofullständig information i en kärnkraftfråga.

Det UNSCEARs jämförelse grundar sig på år rapporterade utsläpp av radioaktivitet. Men principerna för mätning och rapportering skiljer sig mellan olika länder. Dessutom - och framför allt - finns inget entydigt samband mellan utsläppt radioaktivitet och det som är av verklig betydelse, nämligen stråldosen till människor i omgivningen. Ett och samma utsläpp kan sålunda ge olika stråldoser vid olika anläggningar.

Samtliga svenska verk har hållit sig väl inom föreskrivna utsläppsgränser och ger mycket små tillskott till den naturliga stråldosen.

Hur sker utsläppen?

Radioaktiva ämnen bildas i reaktorerna framförallt som avfallsprodukter ("klyvningsprodukter") i den energialstrande fissionsprocessen. Denna process äger rum i de inkapslade bränslestavarna där radioaktiviteten förblir innesluten.

Vid kapslings-skador kan emellertid klyvningsprodukter komma ut i rektorvattnet som kyler bränslet.

Dessutom bildas radioaktiva ämnen genom neutronaktivering när kylvattnet strömmar genom reaktorhärden. Neutronerna reagerar med vattnets väte- och syreatomer, och med korrosionsprodukter och andra föroreningar i vattnet.

I princip cirkulerar kylvattnet i en sluten krets. Hela, eller delar av, vattenflödet får kontinuerligt passera reningsfilter, som fångar upp de radioaktiva föroreningarna. Dessa filtermassor tas om hand och slutförvaras som "driftavfall".

En viss avtappning av vatten sker dock från den slutna kretsen. Detta vatten samlas upp i tankar. När radioaktiviteten blivit tillräckligt låg, antingen genom naturlig avklingning eller genom ytterligare rening, släpps vattnet ut i havet. Vattenutsläppen är strängt kontrollerade, både vad gäller aktivitetens mängd och sammansättning.

En del av de radioaktiva ämnena är gasformiga, eller luftburna som aerosoler (partiklar). De följer med till avgassystemet när gaser som finns i ångan sugas av från turbinkondensorn. I avgassystemet finns fördröjnings- och filteranordningar. Från avgassystemet sker utsläpp via skorstenen, där utsläppens storlek och sammansättning mäts. Se figur på sida 4.

Alla utsläpp sker således på kontrollerade vägar och under ständig mätning, som redovisas till Statens strålskyddsinstitut.

Att beteckna dem som "läckage" ger en felaktig bild.

Hur mycket får släppas ut?

Normalt redovisas utsläppen som **aktivitet**, uttryckt i enheten **bequerel (Bq)**.

Aktiviteten ensam säger dock ingenting om utsläppets farlighet. Denna beror också av hur ett radioaktivt ämne kan nå människan, vilken sorts strålning det avger, m m.

I Sverige har Statens strålskyddsinstitut därför föredragit att utsläppen redovisas som *konsekvens för människor i omgivningen*, dvs man tar hänsyn till varje nuklids "farlighetsindex", och de spridningsvägar på vilka den kan nå människor utanför kraftverket. *Samma utsläppsmängd, uttryckt i Bq, kan således ge olika konsekvenser vid olika verk.* Måttet på konsekvens är **stråldos**, som uttrycks i enheten **millisievert (mSv)**.

Fördelen med att redovisa stråldos i stället för aktivitet är att man får ett entydigt mått, som dessutom är det mest relevanta för att bedöma utsläppen.

Detta skulle kunna vara ett bra sätt att göra en internationell jämförelse, men tyvärr redovisas utsläppen i andra länder sällan på detta vis.

I Sverige anger myndigheten att utsläppens konsekvens skall understiga en stråldos på 0,1 millisievert (mSv) per år till en representant för den "kritiska gruppen". Denna kan enkelt sägas vara den grupp människor i verkets omgivning, som genom sin närhet till verket och sitt beteende får den högsta dosen.

0,1 mSv/år skall jämföras med den genomsnittliga dosen från den naturliga bakgrundsstrålningen i Sverige på 1 mSv/år. (Svenskens totala genomsnittliga stråldos är 4 mSv/år, vilket inkluderar dosen från medicinsk bestrålning och från radon i bostäder.)

I den inledningsvis citerade centermotionen sägs att "i och med att det i Sverige vistas färre människor i kärnkraftverkens närhet än i andra länder, blir det möjligt att släppa ut mer radioaktivitet."

Detta är vilseledande: normen för dos till kritisk grupp bestäms inte av antalet människor som kan utsättas för denna dos, utan av konsekvensen för individen i gruppen.

Är de redovisade utsläppen skadliga för människan?

För 1996 (samt i genomsnitt för åren 1991-95) motsvarade utsläppen från de svenska kärnkraftverken en dos till "kritisk grupp" enligt följande:

Tabell 1

Kraftverk	1996	1991-95
	- - - (mSv/år) - - -	
Barsebäck	0,0008	0,0009
Forsmark	0,0005	0,0006
Oskarshamn	0,0006	0,001
Ringhals	0,017	0,024

Under 1996 utgjorde således högsta stråldosen från Ringhals 1,7%, från övriga verk mindre än 0,1%, av genomsnittsdosen från den naturliga bakgrundsstrålningen.

Av en ny doktorsavhandling framgår att stråldosen från fjärrvärmeverk är av samma storlek {2}.

Som jämförelse kan också sägas att stråldosen från Ringhals motsvarar den dos från kosmisk strålning som man får på en tur/returresa till USA med flyg.

Den geografiska variationen i den naturliga dosen är långt större än kärnkraftverkens bidrag, och några hälsoeffekter av denna variation har aldrig kunnat iaktas. *Doserna från kärnkraftverken utgör alltså ingen fara för människan.*

Är utsläppen från svenska verk större än från utländska?

Uppgiften att utsläppen från svenska verk är större än från utländska har sitt ursprung i en rapport från FNs vetenskapliga strålningskommitté, UNSCEAR [1].

Det finns emellertid flera problem med tolkningen av dessa data:

1. UNSCEAR återger de utsläppsvärden, i Bq, som kraftverken rapporterat till sin nationella myndighet. Det finns dock inga uppgifter om hur utsläppen mäts och rapporteras i de olika länderna. Detta kan ha mycket stor betydelse, särskilt för kortlivade nuklider. *Därför måste stor försiktighet tillämpas om man skall jämföra de faktiskt mycket små utsläppen mellan olika kraftverk om inte mät- och rapporteringsrutiner är jämförbara.* Se vidare nedan.

2. UNSCEARs jämförelse bygger på uppgifter om aktivitet (Bq) för följande grupper av ämnen: ädelgaser, jod-131, partiklar, vattenutsläpp exklusive tritium, samt tritium. En summering inom grupperna görs av de rapporterade utsläppen i Bq för olika nuklider, utan hänsyn till deras "farlighetsindex", som kan skilja sig med flera storleksordningar.

I Sverige används, som redan nämnts, dosen till kritisk grupp, vilket innebär en konsekvensbedömning, med hänsyn tagen till både "farlighetsindex" och utspädning i omgivningen.

3. I utlandet är det vanligt att vattenutsläppen från kärnkraftverken sker till floder. Jämfört med kustförlagda verk måste de flodförlagda kraftigt begränsa sina vattenutsläpp, eftersom floderna ofta är dricksvattentäkter.

Som diskuteras närmare i det följande är det svårt att veta hur stora aktivitetsutsläppen (Bq) i själva verket är i olika länder, men några bedömningar görs.

Konsekvenserna uttryckta i dos (mSv) är mer relevanta, men internationellt jämförelsematerial saknas oftast.

Då Sveriges kärnkraftverk, i motsats till många utländska, är kustförlagda, skulle en jämförelse med avseende på dos bli gynnsammare för svensk del än en som bygger på aktivitetsutsläpp.

Som redan påpekats utgör dosen från de svenska kärnkraftverken, med undantag för Ringhals, mindre än en tusendel av den naturliga bakgrunds-dosen.

Vad betyder skillnader i mät- och rapporteringsmetoder?

Ädelgaser

Ädelgaserna dominerar den luftburna aktivitet som släpps ut genom skorstenen. Bland dem finns både kortlivade och långlivade nuklider (se tabell 2).

I Sverige mäter Forsmark, Ringhals och Oskarshamn nuklid-specifikt "on-line", dvs direkt i skorstenen, medan man i Barsebäck, och i många utländska verk, mäter "off-line", dvs man tar luftprov som sedan mäts i laboratorium.

Detta betyder mycket för kortlivade nuklider, då dessa hinner klinga av innan de når laboratoriet.

En beräkning som illustrerar detta har gjorts för utsläppen från Forsmark 3 under 1994. Om man hade använt en "off-line"-metod hade de uppmätta ädelgasutsläppen blivit en faktor 7 mindre. Skillnaden kan variera från år till år.

Det finns andra "off-line"-metoder, som ger större skillnad, cirka en faktor 15-20.

Slutsatsen är således att man inte kan jämföra värden som erhållits med olika mätmetoder. Det är beklagligt att UNSCEAR gjort detta okritiskt.

Helt klart är att om man korrigerat för olikheten i mätmetoderna skulle Sverige inte framstå i lika ogynnsam dager. Det är svårt att värdera betydelsen av detta men en bedömning är att utsläppen från svenska kärnkraftverk är något större än det internationella "medianvärdet".

Ringhals 1 är dock ett undantag i detta avseende. Blocket drabbades 1992 av bränsleskador som ledde till förhållandevis stora utsläpp. Dessutom kom luft in i fördröjningssystemet så att fördröjningen av ädelgaser i anläggningen blev kortare än avsett.

Det är helt klart att utsläppen har ökat i Ringhals sedan UNSCEARs redovisning för åren 1985-89 [1]. För Ringhals 1 domineras sedan 1993 omgivningsdosen av ädelgasutsläppen, till skillnad från de flesta andra kärnkraftverk där

vattenutsläppen dominerar dosen. Detta förklarar skillnaden mellan de svenska kärnkraftverken, tabell 1.

Det måste återigen betonas att även om ädelgasutsläppen från Ringhals 1 för närvarande är bland de högsta i världen utgör omgivningsdosen endast 1,7% av den naturliga bakgrunden.

Ädelgasutsläppen från Ringhals 1 minskar dock sedan 1994 och bör inom några år nå mer normala nivåer, dvs en faktor 10 lägre. Beslut har tagits att ytterligare minska utsläppen genom att införa fördröjning av utsläppen liknande den i de senast byggda svenska reaktorerna.

I detta sammanhang bör dock påpekas att olikheterna är mycket stora internationellt.

Jod och partiklar i luftutsläppen

För dessa utsläppsgrupper finns det viktiga skillnader i rapporteringssättet:

- Internationellt tycks det som om man i de flesta länder bortser från nuklider med kortare halveringstid än 8 dagar, vilket man inte gör i Sverige.
- Vidare korrigerar man i Sverige för deponering i transportslingan mellan provtagnings- och mätställe. I de flesta länder förefaller det som om denna korrigerering inte görs.

Hur mycket dessa skillnader kan betyda belyses av ett beräkningsexempel för Forsmark 1994. Om samma rapporte-

ningsrutiner gällt som i utlandet, hade partikelutsläppet ansetts till drygt en faktor 60 lägre!

Med samma rapporteringsrutiner som i utlandet skulle jodutsläppen för Forsmark samma år ha varit en faktor 7 lägre.

Det framgår alltså tydligt att de av UNSCEAR rapporterade värdena inte är jämförbara, och inte får tas till grund för bedömningar av svenska utsläpp i förhållande till utländska. Liksom för ädelgaser kan skillnaderna vara mycket stora mellan olika verk.

Vattenutsläpp

Mät- och rapporteringsmetoder för vattenutsläpp är jämförbara. Att många utländska kraftverk har lägre utsläpp än svenska beror, som redan framhållits, på att flodförlagda kraftverk måste ha mycket strikta krav på vattenutsläpp, eftersom flodvattnet oftast används som dricksvatten.

För de utsläpp som görs från kustförlagda svenska kraftverk till havet finns inte detta problem. Avklingning och utspädning gör att stråldoserna till människan blir mycket små.

Är det rimligt att skärpa kraven?

Inom strålskyddet arbetar man traditionellt efter **ALARA-principen** ("as low as reasonably achievable"), dvs stråldoserna ska vara så låga som det är rimligt att åstadkomma.

Vid rimlighetsbedömningen måste man väga skademinskningen pga en förhindrad stråldos mot kostnaderna för att förhindra den.

Mot detta synsätt kan ställas en **renodlad försiktighetsprincip**, enligt vilken utsläppen skall göras så små som det överhuvudtaget är möjligt med bästa tillgängliga teknik. Försiktighetsprincipen bör tillämpas **när man är osäker på konsekvenserna**, vilket är fallet för många typer av kemiska utsläpp.

Då det gäller de aktuella utsläppens inverkan på människor, är osäkerheten väl kompenserad av konservatism både i dosberäkningarna och i de gängse dos-effektsambanden. Det förefaller därför knappast motiverat att frånga ALARA-principen.

På senare tid har det anmärkts att människan hittills varit strålskyddets enda måttstock, utifrån antagandet att andra organismer därigenom automatiskt skulle vara tillräckligt skyddade. Detta axiom har nu ifrågasatts, och konsekvensanalyserna har följaktligen börjat breddas.

Vilka följer detta kan ha för gränsvärdena är det för tidigt att spekulera om. Återigen tycks dock strålskyddet ha högre ambition än många andra former av skyddsverksamhet.

Gustaf Löwenhielm

Tabell 2a Några radiologiskt viktiga klyvningsprodukter

	Nuklid	Halveringstid
Luftutsläpp, ädelgaser	Krypton-85	10,8 år
	Krypton-85m	4,5 tim
	Krypton-87	76 min
	Krypton-88	2,8 tim
	Xenon-133	5,2 dygn
	Xenon-135	9,1 tim
Xenon-138	14 min	
Luftutsläpp, jod	Jod-131	8,0 dygn
	Jod-132	2,3 tim
	Jod-133	21 tim
	Jod-135	6,6 tim
Vattenutsläpp	Cs-134	2,1 år
	Cs-137	30 år

Tabell 2 b Några viktiga aktiveringsprodukter från kylvattnet

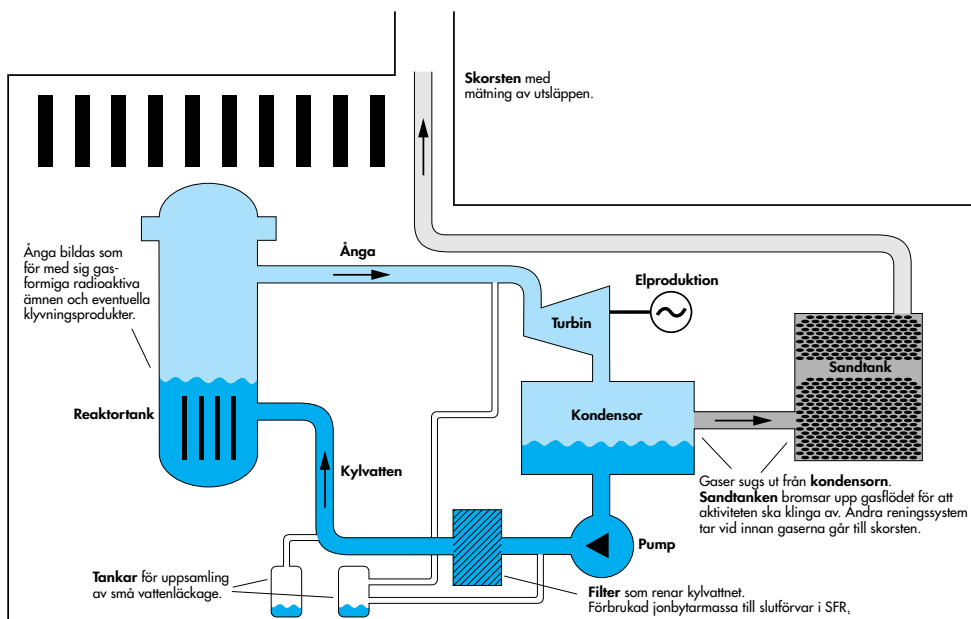
Luftutsläpp	Kol-14 ¹⁾	5730 år
Vattenutsläpp	Mangan-54	313 dygn
	Kobolt-58	71 dygn
	Kobolt-60	5,3 år
	Zink-65	244 dygn
	Tritium	12 år

1) Kol-14-utsläpp mäts inte utan beräknas enligt schablon.

Litteraturhänvisning

[1] "Sources and Effects of Ionizing Radiation", United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 1993 Report.

[2] Robert Hedvall. "Radioaktivitetskoncentrationer vid energiproduktion ur torv, flis och halm". Lunds Universitet, maj 1997.



Principskissen visar behandlingen av radioaktiva ämnen under drift av svenska reaktorer före utsläpp till omgivningen. Se förklarande text på sida 1.

Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB (KSU), utbildar personal vid de svenska kärnkraftverken genom bl a träning i simulatorer och teoretiska kurser i kärnkraftteknik på högskolenivå.

KSU utvärderar också störningar som inträffar i svenska och utländska kärnkraftverk och är den svenska länken i ett internationellt nätverk för utbyte av drifterfarenheter.

Verksamheten ger även grund för samhällsinformation om kärnkraftsäkerhet, joniserande strålning samt riskjämförelser mellan olika energislag. Detta sker efter utvärdering av Analysgruppen.

KSU finns i Studsvik, nära Nyköping, och ägs av Vattenfall AB, OKG Aktiebolag och Barsebäck Kraft AB.

Analysgruppen vid KSU

Jean-Pierre Bento, civilingenjör, KSU
Per-Åke Bliselius, tekn lic, IAEA, Wien
Monika Eiborn, fil. kand, ABB Atom AB
Monica Gustafsson, docent, IAEA, Wien
Ingemar Lindholm, tekn. lic, Sv Kärnbränslehantering AB
Gustaf Löwenhielm, tekn dr, Forsmarks Kraftgrupp AB
Anders Pechan, utredn. sekr, Analysgruppen vid KSU
Agneta Rising, fil. kand, Vattenfall AB, Ringhals
Evelyn Sokolowski, docent, K S U
Lars Thuring, civilingenjör, Barsebäck Kraft AB
Gunnar Walinder, professor
Carl-Erik Wikdahl, civilingenjör, EnergiForum AB