

Hur värderas risken för våra kärnkraftolyckor?

Ett ofta framfört påstående är att den billiga kärnkraften i själva verket skulle vara subventionerad, dvs att staten skulle tvingas stå för kostnader som borde åvila kraftföretagen.

Subventioneringen skulle bestå i alltför låga premier för kraftföretagens ansvarsförsäkring som, enligt ett nyligen taget riksdagsbeslut, numera täcker upp till 1,2 miljarder kronor.

Kritikerna jämför detta med de kostnader som Tjernobylyolyckan uppges ha medfört i Sovjetunionen: ca 3 000 miljarder kronor. Om försäkringen täckte ett sådant belopp, menar man, skulle premierna bli så höga att kärnkraftens kostnadsfördelar försvinner.*

I Svenska Naturskyddsföreningens tidskrift Sveriges Natur nr 5 1991 hävdas t ex med hänvisning till vissa amerikanska och tyska källor att "riskkostnaden" skulle ligga på 10-15 öre per kWh. Därmed skulle kärnkraftens kostnad komma i närheten av de förnybara energikällornas.

De citerade siffrorna bygger emellertid på amatörmässiga och orealistiska uppskattningar av olycksrisken. I denna Bakgrund redogör vi för de professionella riskbedömningar som på senare år gjorts för lättvattenreaktorer i olika länder, bland dem USA, Tyskland och Sverige.

Slutsatsen är att sannolikheten för svåra omgivningsolyckor kan variera starkt mellan olika anläggningar, beroende på detaljkonstruktion och driftförhållanden. För de säkerhetsmässigt tillfredsställande kärnkraftverken, till vilka flertalet västerländska måste räknas, är sannolikheten dock så låg att "riskkostnaden" skulle bli några hundradels öre per kWh och därmed inte påverka kostnadsrelationen mellan de olika energislagen.

Som framgår av denna Bakgrund är sannolikheten för svåra omgivningsolyckor vid svenska kärnkraftverk extremt liten. Det vore både omöjligt och orimligt att på förhand utkräva betalning för skador som enligt alla kompetenta bedömningar inte kommer att inträffa.

Denna Bakgrund bygger på en nyligen utkommen KSU-rapport, "Kärnkraftens internationella risker" av Jean-Pierre Bento [4].

* Det är mycket svårt att utifrån de sovjetiska uppgifterna uppskatta vad ett utsläpp av tjernobylytyp i Väst skulle kosta. Detta beror, förutom på skillnaderna i samhällssystem, på den konstlade och varierande växelkursen mellan rubel och västvaluta. 1981 var kursen rubel/dollar 1,5 och i december 1991 var den 0,011.

Kurchatovinstitutet gjorde i april 1991 följande kostnadsuppskattning [1]: Kostnader förknippade med anläggningen ~ 25 miljarder rubel, med obligatorisk evakuering ~ 190 miljarder rubel och frivillig evakuering ~ 200 miljarder rubel.

Poster som inte finns med är t ex livsmedelsrestriktioner, marksanering och radiologisk kontroll. Samtidigt kan noteras att internationella expertorgan ifrågasatt om den omfattande evakueringen varit berättigad [2, 3].

Som jämförelse kan nämnas att saneringen av TMI-anläggningen i USA efter härdsmltan 1979 kostade ca 1 miljard dollar.

Sagt om kärnkraftens riskkostnader...

Någon har sluppit betala en premie. Här är det angeläget att kärnkraften återförs till den marknadsekonomiska verkligheten. Det är egentligen en ekonomisk skandal att kärnkraften fått och fortfarande har en privilegierad ställning".

Lenart Daléus (c) i SvD 9 maj 1990

"El från kärnkraftverk borde vara betydligt dyrare än idag. Risken för en kärnkraftolycka värderas idag till 0 men skulle kunna vara så mycket som 14 öre per kWh".

TT-referat av rapporten "Balansering av energisystem till lägsta kostnad" (utgiven av Sveriges Tekniska Attachéer på beställning av bl a SNF). SvD 14 sept. 1991.

"Idag subventioneras kärnkraften genom att det ekonomiska ansvaret vid en olycka läggs på andras skuldror".

Anneli Jäätteenmäki, ordf. i Nordiska rådets ekonomiska kommitté, i SvD 16 okt. 1991.

"Då blir det extra viktigt att alla energislag betalar sina kostnader... För kärnkraftens del skulle det innebära en ökning av produktionskostnaden med 14 öre/kWh enbart för försäkringar som fullt ut ersätter tredje man vid en kärnkraftolycka".

Tommy Nilsson (Folkampanjen) i Hallands Nyheter 3 jan. 1992.

"Om kärnkraftindustrins påståenden om sina anläggningars fantastiska säkerhet verkligen stämde skulle branschen självfallet inte ha något emot att själv stå för hela försäkringskostnaden.

Av någon anledning vill emellertid inte kraftindustrin utsätta sig för de förmodligen ganska råa och osentimentala säkerhetsanalyser som försäkringsbolagen i en sådan situation skulle utsätta anläggningarna för".

Ulf v. Sydow, Per Kågeson, Tomas Kåberger (ordf., v. ordf. resp energi-sekreterare i SNF). GP 2 nov. 1991.

Hur beräknas risker?

Grundläggande för beräkningen av försäkringspremier är det s k *väntevärdet* för ett skadeutfall. Väntevärdet är *konsekvensen* av skadan (kostnaden), *multipliserad med sannolikheten* för att skadan skall uppstå.

Vi skall i det följande behandla skador på omgivningen till följd av stora radioaktiva utsläpp (typ Tjernobyli) efter ett allvarligt hårdhaveri ("härds smälta") i vår typ av kärnkraftverk (lättvattenreaktorer).

Ser vi enbart till *erfarenheten* av svåra haverier i lättvattenreaktorer, är denna mycket begränsad.

Under de ca 4000 driftår som dessa reaktorer har samlat, har det skett *en* härds smälta, den vid Three Mile Island, Harrisburg, USA, 1979. Reaktorinneslutningen förhindrade emellertid större radioaktiva utsläpp.

Några betydande skador på omgivningen har alltså aldrig inträffat vid en lättvattenreaktor.

Probabilistisk säkerhetsanalys

Våra uppskattningar av sannolikheten för stora omgivningsskador baseras sålunda inte på inträffade olyckor, utan framför allt på en analysmetod som har sitt ursprung i flyg- och rymdtekniken, och som utvecklats för tillämpning på kärnkraftområdet de senaste 15 åren. Metoden kallas *Probabilistisk Säkerhetsanalys* (PSA). Den innebär en systematisk, kvantitativ kartläggning av alla de händelseförlopp som kan sluta i ett haveri - från olika "utlösande" händelser via fel i de många säkerhetssystem som är till för att förhindra haverier. Se vidare figurerna 1a och 1b på sida 7.

Syftet med PSA är inte i första hand att beräkna sannolikheten för stora olyckor - den får man så att säga på köpet.

Huvudsyftet är i stället att identifiera och rangordna svaga punkter i anläggningens säkerhetsutformning. PSA har alltså blivit ett viktigt verktyg för att fortlöpande förbättra säkerheten.

I de fall då en PSA pekat på oväntat stora risker har detta mestadels lett till skyndsamma förbättringar i anläggningen.

I USA har t ex sannolikheten för vissa allvarliga haveriförlopp i några reaktorer minskats med en faktor 100 efter genomförd PSA.

I Sverige har Kärnkraftinspektionen bedömt att haveririsken blivit ungefär tio gånger mindre sedan mitten på 70-talet, bl a tack vare PSA.

Analys på tre nivåer

Probabilistisk säkerhetsanalys görs på tre nivåer. I botten ligger *nivå 1*, som behandlar *sannolikheten för härds smälta*.

Nivå 2 utsträcker analysen till att omfatta reaktorinneslutningens funktion och belyser därmed *sannolikheten för stora utsläpp*.

På *nivå 3* slutligen analyseras *konsekvenserna för omgivningen*, med hänsyn tagen till befolkningsfördelningen, väderförhållanden m m.

För den fråga vi här vill belysa - olycksrisken för omgivningen - måste diskussionen givetvis föras utifrån en analys på åtminstone nivå 2.

Ett grundläggande fel i den av kärnkraftsmotståndarna åberopade litteraturen är att man helt bortsett från reaktorinneslutningens skyddsverkan.

Det måste understrykas att sannolikheterna för hårdsmälta (nivå 1) och för utebliven inneslutningsfunktion (nivå 2) inte är oberoende av varandra: de haveriförlopp som dominerar hårdsmälterisken kan utgöra ett ringa hot mot inneslutningen och tvärtom.

Betydelsen av PSA i säkerhetsarbetet har ökat kraftigt de senaste tio åren, i takt med att metoden förfinats. Den är idag ett verktyg både för kraftföretagen och för tillsynsmyndigheterna.

Så gott som alla kärnkraftländer i Väst har program för anläggningsspecifika PSA. Ca 100 sådana analyser på nivå 1 har genomförts eller pågår.

PSA kräver experter

En anläggningsspecifik PSA är ytterst krävande. Det erfordras expertkunskap i fråga om såväl analysmetodiken som anläggningens detaljkonstruktion, både för att utföra analyserna och för att bedöma dem.

För analyser som publicerats i olika länder de senaste åren har arbetsinsatsen uppskattats till 50 manår för en enda studie. Dokumentationen för en sådan studie kan omfatta 15 000 sidor.

Bakom de seriösa PSA-studierna står oftast tillsynsmyndigheterna i egenskap av uppdragsgivare eller granskare.

Fallgropar vid jämförelser av PSA-resultat

Vi skall i nästa avsnitt återge kvantitativa riskbedömningar gjorda i några olika länder med hjälp av PSA. En jämförelse kräver dock stor försiktighet bl a av följande skäl.

Som vi redan påpekat kan analysen göras på tre olika nivåer. Nivån måste givetvis anges för varje numeriskt resultat. Också på en given nivå kan analysen vara mer eller mindre fullständig.

I de hittillsvarande studierna har det ofta gjorts medvetna begränsningar av resursskäl. Man har t ex först de senaste åren börjat analysera också de korta perioder då verken är avställda för bränslebyte och underhåll ("revisions-avställningarna").

En annan vanlig begränsning har varit att inte ta med haveriförlopp som utlöses av sk yttre händelser, dvs händelser som utifrån skadar system i anläggningen. Sådana händelser är bränder, översvämningar och jordbävningar.

Bortsett från sådana avsiktliga ofullständigheter kan man inte utesluta att vissa tänkbara händelseförlopp helt enkelt förbisetts.

Denna möjlighet minskar allt eftersom fler oberoende PSA-studier jämförs och drifterfarenheterna ökar.

Utöver ofullständigheterna finns i analyserna osäkerheter som hanteras på olika sätt. I alla beräkningsmodeller ingår förenklande antaganden. Det är en principfråga om man i dessa antaganden väljer konservatism eller realism.

Konservatism eller realism

Som exempel kan vi ta ett tvärt brott i en högtrycksledning, som gör att kylvattnet försvinner och därmed inleder ett olycksförlopp. Rörbrottet förutsätter en spricka som växer till en viss kritisk storlek utan att upptäckas vid de föreskrivna provningarna.

Ett konservativt antagande är att röret går rakt av när sprickan växt sig tillräckligt stor. Ett realistiskt antagande, som har stöd i erfarenhet och experiment, är att röret först börjar smälta. Läckaget signalerar då felet innan rörbrottet inträffar.

(Observera att rörbrottet inte är liktydigt med haveri - det är inledningen till ett förlopp där olika säkerhetssystem aktiveras för att avstyra haveriet).

Den kunskap och erfarenhet som ligger till grund för en analys kan variera. I beräkningarna används tillförlitlighetsdata för olika anläggningskomponenter och -system.

För en ny anläggning som är ensam i sitt slag kan då det anläggningsspecifika dataunderlaget bli magert, och man måste komplettera det med mera generell, och därmed mindre relevanta, data.

Mänskligt felhandlande

Då det gäller mänskligt felhandlande, som givetvis beaktas i analysen, är sannolikhetsdata ofta osäkra. I några PSA-studier har man sökt skaffa bättre data genom att köra ett stort antal störningsförlopp i simulator.

Också här kan osäkerhet kompenseras med konservatism. Man bortser t ex oftast från att människor inte bara kan göra fel utan också genom rådiga ingripanden kan rädda en situation.

På grund av de ovan diskuterade ofullkomligheterna och skillnaderna har man uppskattat att osäkerheten i den beräknade sannolikheten för hårdsmälta kan röra sig om en faktor 5-10 uppåt eller nedåt.

Riskbedömningar med PSA i några länder

USA

Tillsynsmyndigheten NRC lät under 1980-talet de två federala forskningslaboratorierna INEL och Sandia göra probabilistiska säkerhetsanalyser av fem amerikanska lättvattenreaktorer av olika konstruktion.

Analyserna representerar kunskapsläget efter den omfattande haveriforskning som föranleddes av TMI-olyckan 1979. Efter internationell remissgranskning publicerades slutrapporten 1989 under beteckningen NUREG-1150.

Analyserna omfattar riskerna för både hårdsmälta och stora utsläpp. De är emellertid begränsade till enbart effektdrift.

För tre av reaktorerna (Zion, Sequoyah och Grand Gulf) är bara interna inledande händelser beaktade, medan också extern brandrisk är analyserad för de två övriga.

Brandbidraget har i det ena fallet (Surry) visat sig vara något större, och i det andra fallet (Peach Bottom) något mindre än från interna inledande händelser.

Härdsmlätesannolikheter enligt NUREG-1150

Reaktortyper: Kokvattenreaktor (PWR), tryckvattenreaktor (PWR)

Zion, PWR, stor torrinneslutning
1 på 2 900 driftår

Sequoyah, PWR, liten inneslutning med iskondensor
1 på 17 000 driftår

Surry, PWR, stor torrinneslutning
1 på 24 000 driftår

Peach Bottom, BWR 1 på 220 000 driftår

Grand Gulf, BWR 1 på 250 000 driftår

Zion avviker starkt från de övriga genom sin höga sannolikhet för härdsmläta. Detta beror på en anläggningsspecifik egenskap som kraftföretaget åtagit sig att åtgärda.

Då det gäller inneslutningens förmåga att begränsa utsläppen efter en härdsmläta har NUREG-1150 visat att förhållandena är gynnsammare än man tidigare trott.

Detta gäller framför allt för tryckvattenreaktorer med stora torrinneslutningar som Zion och Surry (liksom Ringhals 2-4), vilket kompenserar för den relativt höga härdsmlätesannolikheten i framför allt Zion.

Sequoyah har liten inneslutning med iskondensor, som är mera sårbar.

För samtliga fem reaktorer uppskattas sannolikheten för stora utsläpp till mindre än 1 på 1 miljon driftår, vilket är ett inofficiellt säkerhetsmål från tillsynsmyndighetens sida.

För Zion och Sequoyah hamnar dock övre gränsen av osäkerhetsbandet över detta värde.

Tyskland

Den första (väst-)tyska PSA-studien publicerades 1979. Den gällde tryckvattenreaktor Biblis B. Den hade gjorts av det fristående, delvis statsägda företaget Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS).

Studien, som går under beteckningen GRS (German Risk Study) fas A, föranledde en rad säkerhetshöjande åtgär-

der. Avsikten var redan från början att senare förfinas studien med utnyttjande av bättre data och metoder.

Denna förbättrade version påbörjades 1981 och publicerades 1989 som GRS fas B. Den är en PSA nivå 2, där bl a fysikaliska fenomen vid härdsmläta, och inneslutningens beteende vid svåra belastningar, analyserats i stor detalj.

Analysen omfattar såväl interna som externa inledande händelser. Däremot är inte riskerna under avställning medtagna.

Sannolikheten för härdsmläta pga interna inledande händelser har beräknats till 1 på 38 000 driftår. Bakom denna siffra ligger bl a realistiska snarare än konservativa antaganden om rörbrottsförlopp.

För Biblis B uppges externa inledande händelser ge små bidrag till sannolikheten för härdsmläta: jordbävning ökar risken med tio procent, översvämning eller okontrollerad brand i ställverket med en procent.

I ännu ett avseende har den tyska studien gått längre än vad som är brukligt: man har försökt kvantifiera betydelsen av de administrativa rutinerna för haverihantering.

Slutsatsen är att det stora flertalet haveriförlopp kan avbrytas genom planerat mänskligt ingripande innan härdsmlätan är ett faktum. **Härdsmlätesannolikheten minskas då från 1 på 38 000 till 1 på 280 000 driftår.**

Beträffande inneslutningsfunktionen är slutsatsen densamma som i NUREG-1150.

Sannolikheten för stora utsläpp ligger alltså väl under 1 på 1 miljon driftår.

Frankrike

I Frankrikes kärnkraftprogram ingår två standardiserade versioner av tryckvattenreaktorer - en äldre typ på 900 MWe som omfattar 34 block, och en nyare på 1300 MWe som omfattar 16 block.

E P S 1300

PSA gjordes först på ett av de senare, Paluel 3, som togs i drift 1986.

Studien (Etude Probabiliste de Sûreté, EPS 1300), som genomförts av det statliga kraftföretaget EdF, publicerades 1989. Den omfattar nivå 1.

Änsålänge har inte externa utlösande händelser behandlats, men en komplettering pågår. Å andra sidan är detta den första PSA som inte bara behandlar effektdrift utan också avställningsläget.

Man har också följt vissa störningsförlopp flera veckor efter den utlösande händelsen, och då tagit hänsyn till både möjligheterna till återställning och riskerna för att säkerhetssystem faller bort i ett sent skede.

Liksom den tyska GRS fas B har EPS 1300 analyserat betydelsen av de administrativa rutinerna för haverihantering. Här bygger analysen på simulatorstudier av 200 driftfall, med 48 deltagande skiftlag.

Härdsmlätesannolikheten har beräknats till **1 på 90 000 driftår**. Driftläget "kall avställning" svarar för ungefär hälften av risken.

E P S 900

Analysen av de äldre 900 MW-blocken, EPS 900, avslutades 1990. Man har tagit hänsyn till alla nya säkerhetsföreskrifter som trätt i kraft på senare år.

Omfattning och begränsningar är ungefär desamma som för EPS 1300. Dock har inga simulatorexperiment gjorts för att skaffa data om mänskligt handlande.

Den beräknade sannolikheten för härdsmläta är **1 på 20 000 driftår**. Här bidrar drifttillståndet "kall avställning" med ca 30 %.

De franska PSA omfattar inte inneslutningens funktion vid svåra haverier. Det är fråga om stora torrinneslutningar som har god förmåga att motstå härdsmläta. De franska inneslutningarna är dessutom utrustade med en enkel form av säkerhetsfilter.

Slutsatsen blir alltså även här att risken för stora omgivningsutsläpp torde vara mindre än 1 på 1 miljon driftår.

Sverige

PSA-teknik började tillämpas i Sverige redan i mitten av 1970-talet i samband med "Närförläggningssutredningen". Flera generationer av PSA-studier följde, med successivt förbättrad teknik och databas.

I början på 1980-talet infördes krav på återkommande, individuella PSA för

vart och ett av de svenska kärnkraftblocken, det s k ASAR-programmet (As operated Safety Analysis Reports). Inom ramen för detta program har PSA på nivå 1 nu genomförts för samtliga block. Kraftföretagen har utfört analyserna, och Kärnkraftinspektionen har ansvarat för granskningen.

Super-Asar

Myndigheten håller på att i projektet SUPER-ASAR göra en övergripande och jämförande granskning av de individuella analyserna.

Samtliga hittills utförda PSA behandlar interna utlösande händelser. I fråga om externa händelser har ett antal brandanalyser genomförts. Kompletteringsarbete pågår.

De hittills gjorda PSA gäller effektdrift men analys av revisionavställningarna har påbörjats. **Den genomsnittliga sannolikheten för hårdsmälta pga interna utlösande händelser har uppskattats till 1 på 100 000 driftår. Sannolikheterna för de enskilda blocken ligger inom en faktor 3.**

Skilnaderna kan tillskrivas osäkerheten i analysen och tillåter ingen säkerhetsmässig rangordning.

Konsekvenslindrande system

I de fall där studierna kompletterats med brandanalyser har brand visat sig kunna fördubbla risken för hårdsmälta.

Det måste emellertid understrykas att dessa analyser varit konservativa - man har t ex inte tillgodoräknat sig vissa brandskyddssystem.

Det skall också påpekas att genomförda brandanalyser lett till identifiering och eliminering av brister i brandskyddet, så att brandbidraget kunnat minskas.

Vad gäller inneslutningarnas förmåga att förhindra stora omgivningsutsläpp kan de analyser som gjorts exempelvis i USA läggas till grund för bedömningarna.

Vissa konsekvenslindrande system som finns i de svenska anläggningarna saknas dock i flertalet utländska.

Särskilt kan här framhållas att de svenska kokarreaktorernas inneslutningar är kvävgasfyllda för att förhindra knallgasbildning vid ett haveri.

Dessutom är samtliga svenska inneslutningar försedda med avancerade säkerhetsfilter.

En realistisk bedömning är därför att risken för stora omgivningsutsläpp från svenska kärnkraftverk är av storleksordningen 1 på 10 miljoner driftår.

Finland

I Finland finns fyra kärnkraftblock i drift. TVO 1 och 2, som togs i drift 1979 och 1982, är kokarreaktorer byggda av ASEA-ATOM och mycket lika Forsmark 1 och 2.

IVO 1 och 2, driftsatta 1977 och 1981, är de enda sovjetbyggda tryckvattenreaktorerna i västvärlden. De är av typ VVER 440, modell 213, men byggda efter västliga säkerhetskrav.

De finländska kraftföretagen redovisade PSA nivå 1 till säkerhetsmyndigheten 1989.

T V O

TVO-analysen omfattar interna utlösande händelser och har i efterhand kompletterats med brandanalys. Några utlösande händelser har dock medvetet utelämnats.

Sannolikheten för hårdsmälta enbart pga interna händelser har uppskattats till **1 på 28 000 driftår**. En någorlunda realistisk brandanalys gav vid handen att brand skulle öka hårdsmälterisken med ytterligare 1 på 26 000 driftår. Då hade man emellertid inte tillgodoräknat sig brandkårens insatser.

I samband med analysen identifierades ett femtiotal angelägna förändringar i stationen som kommer att minska brandbidraget till 1 på 100 000 driftår.

I V O

När de första PSA-resultaten för de sovjetbyggda IVO-reaktorerna redovisades för myndigheterna, var sannolikheten för hårdsmälta från interna händelser så hög som 1 på 500 driftår. Stora riskbidrag kunde hänföras till några få händelseförlopp, och förbättringar vidtogs omedelbart. Några återstår dock ännu att göra.

Nu bedöms sannolikheten för hårdsmälta pga interna händelser vara **1 på 5 000 driftår**.

Analysen är präglad av konservatism, men samtidigt är den ofullständig med avseende på externa händelser.

Behandlingen av dessa skall vara avslutad 1992.

Enligt de amerikanska studierna är inneslutningar av den typ som finns på IVO (liten inneslutning med iskondensor) mer sårbara än stora torrinneslutningar.

F d Östblocket

Diskussionen begränsas här till de sovjetbyggda tryckvattenreaktorerna VVER-440 modell V230. Vi tar alltså inte upp tjernobylytypen RBMK.

VVER-440 V230 är äldre än t ex de finländska tryckvattenreaktorerna (som ju dessutom var anpassade till västliga krav) och säkerhetsmässigt mindre utvecklade.

Sommaren 1990 fanns 14 reaktorer av den aktuella typen i drift i Sovjetunionen, Bulgarien, Tjeckoslovakien och det forna Östtyskland.

De senare har lagts ner då man i Tyskland bedömt att reaktortypen inte i efterhand kan byggas om för att uppfylla västliga säkerhetskrav. Samma slutsats hade följdragits av en granningsgrupp inom Comecon, som tillsattes efter Tjernobyl och framlade sina slutsatser 1988.

Ingen PSA -kompetens

Avslöjandena efter Tjernobyl visade att det i Östblocket inte funnits kompetens för probabilistisk säkerhetsanalys, och att PSA alltså inte funnits tillgänglig som verktyg i säkerhetsarbetet, trots att ledande vetenskapsmän länge pläderat för tekniken.

Först på senare år har man med hjälp från Väst utvecklat och tillämpat PSA i Sovjetunionen.

Den första PSA-studien av en VVER-440 V230 redovisades i korthet av de sovjetiska säkerhetsmyndigheterna 1991. Studien gäller Kola 1, som togs i drift 1973. Det är en begränsad PSA nivå 1, vars huvudsyfte varit att identifiera de svagaste punkterna i anläggningen.

Studien har gjorts med en insats av 15 manår, alltså väsentligt mindre än vad som är vanligt i Väst. Den omfattar inte externa utlösande händelser.

Också de interna händelserna är ofullständigt behandlade.

Den redovisade sannolikheten för hårdsmälta är **1 på 180 driftår**.

Då Kola 1, liksom flertalet sovjetbyggda reaktorer, saknar en stark och tät inneslutning och andra konsekvenslindrande system, måste man räkna med att sannolikheten för ett stort radioaktivt utsläpp är av samma storleksordning som sannolikheten för en härdsmläta.

Naturskyddsföreningen och riskerna

Svenska naturskyddsföreningen (SNF) har citerat "riskkostnader" på upp till 15 öre per kWh.

Utgående från uppgifter om kostnaden för Tjernobylylyckan (ca 3000 miljarder kronor), och en elproduktion per reaktor på ca 5 TWh/år, finner vi att det bakomliggande antagandet om sannolikheten för ett "tjernobylliknande" utsläpp är omkring 1 på 4000 driftår.

Som vi sett i det föregående ligger de professionella uppskattningarna för flertalet västliga kärnkraftverk på storleksordningen 1 på 1 miljon driftår, alltså 250 gånger lägre.

Detta skulle betyda en "riskkostnad" på mindre än 0,06 öre per kWh (som täcks mer än väl av den extra kärnkraftskatt på 0,2 öre per kWh som svenska staten tar ut).

"Riskkostnaden" rör sig alltså om några promille och inte, som SNF påstår, om nära hundra procent av kärnkraftens produktionskostnad.

Enligt SNF (brev till EnergiForum av SNFs energisekreterare T. Kåberger 1991-10-24) saknar denna "meningsskiljaktighet" betydelse för "princip-frågan".

I själva verket är sannolikheten för svåra omgivningsolyckor i högsta grad en principfråga: anläggningar med den dåliga säkerhet som SNF antar skulle principiellt vara icke-licensierbara i Sverige.

Orimligt betalningskrav

Försäkringsvillkoren för de svenska kärnkraftverken har vi redan diskuterat i en annan Bakgrund [5].

Det finns idag många former av verksamhet som ytterst skulle kunna ge extremt omfattande skador.

Att åstadkomma ett försäkringskydd mot sådana skador är omöjligt - inte för att premierna nödvändigtvis blir höga, utan för att en försäkringsgivare inte kan göra åtaganden som överskrider hans egna tillgångar.

Vid katastrofer av nationella mått är det oftast bara staten som kan bära kostnaderna.

Det blir en politisk fråga vilka katastrofrisker som en stat kan acceptera. I bedömningen måste konsekvenser och sannolikheter vägas samman, och riskerna för olika alternativ ställas mot varandra.

Då det gäller kärnkraften har den kvantitativa riskanalysen drivits längre än för någon annan verksamhet. Detta betyder dock inte att riskerna är större.

Som framgått av denna Bakgrund är sannolikheten för svåra omgivningsolyckor vid svenska kärnkraftverk extremt liten.

Det vore både omöjligt och orimligt att på förhand utkräva betalning för skador som enligt alla kompetenta bedömningar inte kommer att inträffa.

Denna Bakgrund har sammanställts av:

*Jean-Pierre Bento
Evelyn Sokolowski*

Källor

[1] Vladimir Demin, Konferensen "Nuclear Accidents and the Future of Energy", French Nuclear Society, Paris, april 1991.

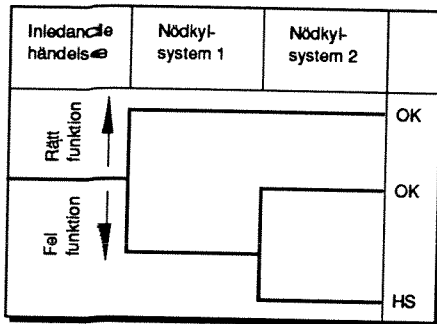
[2] "The International Chernobyl Project - an Overview. Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures. Report by the International Advisory Committee". Maj 1991 (ISBN 92-0-129091-8)

[3] KSU Bakgrund "Efter Tjernobyl - Den internationella rapporten om följderna i Sovjetunionen", nr 3, juni 1991.

[4] Jean-Pierre Bento "Kärnkraftens internationella risker", KSU-UK 299, 1991.

[5] KSU Bakgrund "Försäkring mot kärnkraftolyckor", nr 3, december 1990.

Figur 1. Förenklad detalj i ett PSA-schema



Figur 1a. Händelseträd

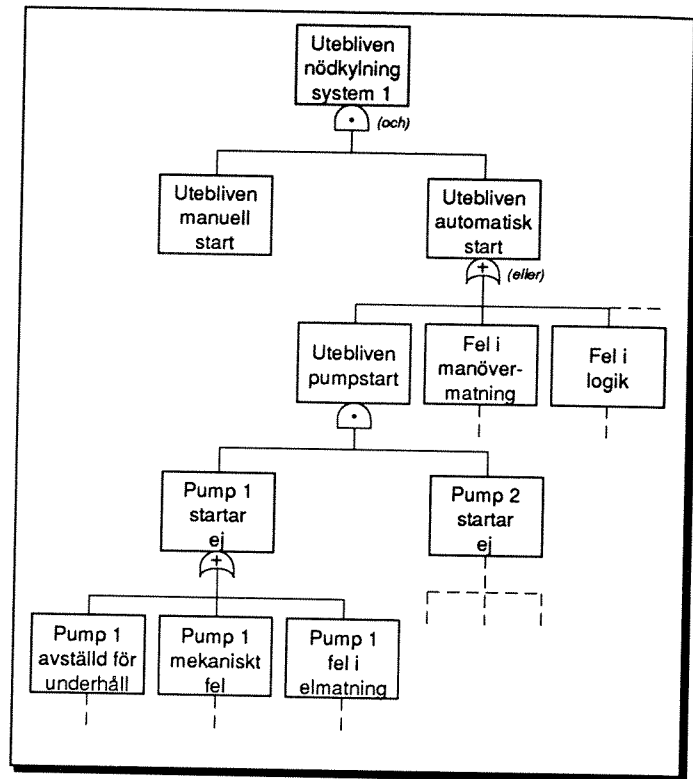
En PSA är uppbyggd av **händelseträd** (fig. 1a) och **felträd** (fig. 1b).

Ett händelseträd byggs upp från roten, som är en **inledande händelse**, t ex ett brott i en kylvattenledning som tömmer reaktorn på kylmedel. Detta utlöser automatiskt olika **nödkylsystem**, som tillhör anläggningens många säkerhetssystem.

Vid anfordran av det första nödkylsystemet kan två saker hända: antingen fungerar det som avsett eller också uteblir funktionen. Detta utgör den första **förgreningen** i felträdet. Om funktionen uteblir kopplas nästa säkerhetssystem in, etc.

Om många oberoende system successivt felfungerar kan resultatet bli en hårdskada.

Varje förgrening i händelseträdet karakteriseras av sannolikheter för rätt respektive fel funktion. Dessa sannolikheter beräknas med hjälp av **felträd**.



Figur 1b Felträd

Vid utvecklingen av felträd börjar man från toppen, som är att ett säkerhetssystem felfungerar. Trädet beskriver hur detta kan ske.

I exemplet i bilden kan den automatiska utlösningen av ett nödkylsystem utebli på grund av utebliven pumpstart **eller** pga fel i manövermatning **eller** fel i logiken.

Utebliven pumpstart förutsätter att både pump 1 **och** pump 2 är otillgängliga. En pump kan vara otillgänglig av olika anledningar, t ex att den råkar vara avställd eller att den har ett mekaniskt fel. Varje element i felträdet åsätts en sannolikhet.

Figur 2 Riskbilden för lättvattenreaktorer i olika delar av världen

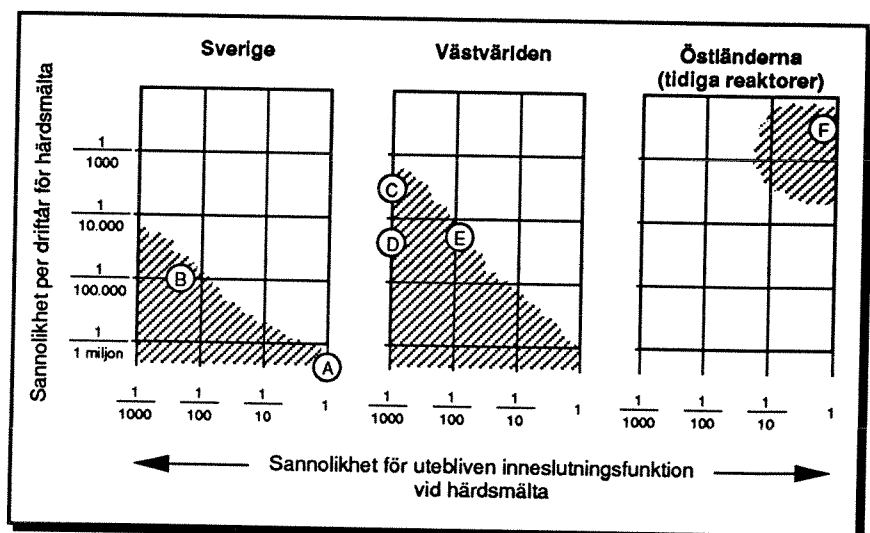
Man kan också vid svenska kärnkraftverk tänka sig vissa händelser som leder till hårdsmälta och samtidigt slår sönder inneslutningen. En sådan hypotetisk händelse är brott på reaktortanken vid hög temperatur.

Men sannolikheten för att detta skall inträffa bedöms vara av storleksordningen 1 på 10 miljoner driftår (**punkt A**).

För mera troliga hårdsmälteförlopp, med sannolikhet 1 på 100 000 driftår, är risken för att inneslutningen samtidigt skall sättas ur funktion mindre än 1 på 100 (**punkt B**) och risken för svåra utsläpp alltså också av storleksordningen 1 på 10 miljoner driftår.

I Västvärlden i stort kan både sannolikheten för hårdsmälta och inneslutningens motståndskraft skilja sig mycket mellan olika anläggningar. **Punkterna C, D och E** illustrerar beräkningarna för de amerikanska reaktorerna Zion, Surry resp Sequoyah.

I diagrammet för Östländerna representerar **punkt F** Kola-1. Den sammanfaller ungefär med den som uppskattats för Tjernobyl.



Sannolikheten för stora radioaktiva utsläpp =
sannolikheten för hårdsmälta (vertikala skalan) X
sannolikheten för utebliven inneslutningsfunktion (horisontella skalan)

KärnkraftSäkerhet & Utbildning AB (KSU) ägs av de svenska kraftföretagen **Forsmarks Kraftgrupp, OKG, Sydkraft och Vattenfall**. Här drivs säkerhetsfrågor som lämpar sig för en samordnad insats från ägarföretagen.

Främst gäller det grundutbildning och årlig återträning av kraftverkens driftpersonal i fullskalesimulatorer vid huvudanläggningen i Nyköping. Simulatorerna återskapar så naturtrogna förlopp som möjligt av processerna i de svenska kärnkraftverken.

Därutöver ges högre teoretisk vidareutbildning inom kärnkraftområdet, ända upp till högskolenivå

KSU utvärderar också inträffade störningar såväl i Sverige som utomlands. Säkerhetsavdelningen i Stockholm är den svenska länken i flera internationellt organiserade systemet för utbyte av drifterfarenheter, **INPO** (Institute of Nuclear Power Operation) och **WANO** (World Association of Nuclear Operators).

Erfarenheterna läggs även till grund för samhällsinformation om kärnkraftsäkerhet, joniserande strålning samt riskjämförelser mellan olika energislag.