

Sammanställning av PSA-seminariet i Tammsvik

10 och 11 februari 2000

Ralph Nyman

April 2000

Sammanställning av PSA-seminariet i Tammsvik

10 och 11 februari 2000

Ralph Nyman

Statens kärnkraftinspektion
106 58 Stockholm

April 2000

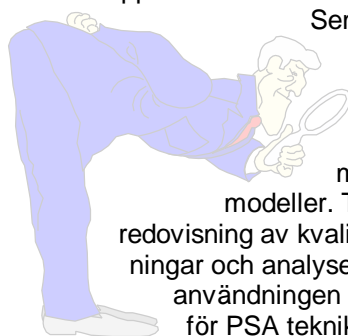
SAMMANFATTNING AV PSA SEMINARIET I TAMMSVIK, 10-11 februari i år.

SLUTSATSER, SAMLADE INTRYCK

PSA tekniken har kommit för att stanna. Framöver kommer tekniken att få en allt mer framträdande roll i säkerhetsarbetet både hos kraftbolagen och hos SKI. Kvalitativa och kvantitativa analyser med hög kvalitet blir därför allt viktigare inslag i det framtida säkerhetsarbetet.

Seklets första PSA seminarium blev till ett helnordiskt PSA seminarium för många verksamma inom området. På seminariet deltog representanter från kärnkraftindustrin, myndigheter och konsulter från Sverige och Finland. Ca 70 personer deltog på seminariet. Arrangör för tillställningen var - enheten för anläggningssäkerhet (RA) på SKI. Seminariet leddes av Ralph Nyman.

Alla de 70 deltagarna fick en möjlighet att snabbt bli uppdaterade om väsentliga arbeten som pågår just nu inom PSA området i de båda länderna. Seminariet fyllde också det skriande behovet av att få träffa nya såväl som gamla PSA kolleger hos de deltagande organisationerna. Under de två dagarna som seminariet varade hölls 24 stycken presentationer om nu pågående eller nyligen avslutade studier / applikationer och FoU-läget.



Seminariet bjöd på ett varierande program, inte bara en djupdykning i PSA metoder och modeller. Tid hade givits för redovisning av kvalitativa tillämpningar och analyser som breddar användningen och förståelsen för PSA tekniken.

Redovisningar om aktuella tillämpningar och applikationer är därför viktigt att kunna ta del av. Detta gäller för alla de som bygger eller använder PSA på kraftverken, på myndigheten och speciellt för alla de nyare utövarna inom området eller de som behöver känna till tekniken i sitt dagliga arbete. De kvalitativa analyserna lär ut hur man inventerar, grupper och bildar populationer av ett problemområde och hur man kontrollerar och lär sig av historiken. Även, hur man skapar grunder för datainsamling och tolkar data självt.

Seminariet kunde därför förmedla baskunskaperna om PSA till många nyanställda på kraftbolagen och på SKI.

Vissa av dessa kvalitativa analyser handlade bl.a. om; nyttan av jämförande analyser som identifierar orsaker till varför skillnader i analysresultat kan variera stort mellan anläggningar av samma generation. Flera kvalitativa analyser som redovisades berörde bl.a.; brand-spridningsproblematiken, brandfrekvenser i kärnkraftverk, risker med flygplanshaverier inom luftrummet i Skåne och över Barsebäck (förundersökning), igensättning av kylvattenkanaler, insikter som kan dras från insamling av internationell CCF-data, optimering av testintervaller för hel säkerhetsrelaterad funktionskedja.

Den samlade PSA kåren på seminariet anser också att ett ny forskningsreferens grupp för området riskanalyser bör återupplivas och etableras. Många vill och ser ett behov av att forskningen hålls vid liv inom PSA och dess angränsande områden. Deltagarna på seminariet är också eniga om att PSA seminarier fortsättningsvis skall hållas årligen.

PSA tekniken har kommit för att stanna. I framtiden kommer tekniken att få en allt mer framträdande roll i säkerhetsarbetet. Ett sådant område är t.ex. säkerställandet och verifieringen av att de ursprungliga deterministiska kriterierna är uppfyllda bl.a. med hjälp av PSA teknik.

Ett tydligt bevis på detta är alla de föredrag som beskriver PSAs roll och användning i olika typer av applikationer vars syften är att demonstrera ett aktivt säkerhetsarbete och säkerhetsaspekter.

Den krassa ekonomiska verkligheten p.g.a. den avreglerade elmarknaden idag är att tillgängliga resurser är en bristvara som kan försena eller leda till att omprioriteringar görs vad avser i vilken följd eller med vilket djup olika säkerhetsanalyser genomförs.

FÖREDAGEN PÅ PSA SEMINARIUMET

Dessa redovisas i seminariekompendium *SKI Rapport 2000:10*, som kan hämtas som Acrobat pdf-fil från SKI:s egen hemsida på Internet. Adressen till SKI:s hemsida är: www.ski.se. Under menyvalet 'rapporter', kan ni hämta er egen kopia av kompendiet innehållande samtliga föredragen. Storlek – ca 3,2 MB och ca 350 sidor dokumentation.

KORT SAMMANFATTNING AV FÖREDRAGEN – syftet med denna korta och nerbantade sammanställning är att ge alla de som närvarade på seminariet en 'komihåg' rapport och som det skall vara lätt att finna referenser i. Till alla de som ej kunde närvara eller som är intresserad av hur PSA tekniken används i de nordiska länderna idag - en kort men saklig redovisning av det väsentligaste i alla föredragen.

Föredrag 1

Inledning – Lars Gunsell SKI. Lars G öppnade mötet och önskade alla välkomna. I sitt inledningsanförandet talade Lars om de avsikter som förknippats med de tidigare s.k. Slottsmöten. Tidigare har mötesformen Slottsmöten betydligt mycket för att kunna vidmakthålla och utveckla en hög status på det svenska PSA arbetet. Mötesformen har också varit ett fora för personer som arbetat med PSA att kunna träffas och byta erfarenheter från utveckling och tillämpning under informella former. Årets PSA seminarium skall därför följa de tidigare avsikterna och förhoppningen är att PSA verktyget fortlöpande utvecklas efter de krav och behov som finns och ställs idag.

Föredrag 2

Samtliga kraftverks redovisning av statusen på PSA arbetet idag. I Tabell 1 summeras alla noterade synpunkter samt förtydliganden och väsentliga nyckelord för resp. aktivitet, i ett stort antal fotnoter.

Tabell 1 – Sammanställning av statusen på PSA arbetet i Sverige och Finland.

| Analys typ | B1/2 ¹ | F1/2 | F3 | O1 | O2 | O3 | R1 | R2 | R3/4 | TVO ½ | Fortum ½ | SKI & STUK |
|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|--|--------------------|--------------------|----------------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|
| Nivå 1 | 1998 ² | 1995 ³ | 1998 ⁴ | 1997 | 1999 | 1998 | 1996 ⁵ | 1992 | 1992 | 1989 ⁶ | 1989 ⁷ | |
| Nivå 2 | 2001 ⁸ | 2000 ⁹ | 1998 ⁴ | 1998 ¹⁰ | 1999 | 1998 | 1996 2000 ¹¹ | 1994 2000 | 2000 ¹² | 1997 ¹³ | 1997 ¹⁴ | |
| Brand | 1998 ¹⁵ | 1997 ¹⁶ | Se not ¹⁷ | 1997 | 1999 | 1998 | 1997 2000 ¹⁸ | 1994 | 1997 | 1992 | 1992 | |
| Översv. | 1998 ¹⁹ | | Se not ¹⁷ | 1997 | 1999 | 1998 | 1994 2000 ²⁰ | 1994 | 1997 | 1991 | 1994 | |
| Seismic | | | | | | | | | | 1996 ²¹ | 1992 | |
| Upp & Nergång | 1998 | | 2001 ²² | 2000 ²³ 2002 ²³ | 2000 ²³ | 2001 ²³ | 2000 ²⁴ | | | 1992 | 1997 | |

¹ Barsebäck 1 stängdes för gott den 31 november 1999, enligt beslut i Sveriges regering

² År 2000, policy & strategier för PSA är under framtagning. Uppdatering och utvärdering av nivå-1 pågår. Alla bidrag till HS >10-7 analyseras. SKIs tidigare granskningskommentarer är beaktade.

³ År 2000, granskning av ny nivå-1 studie pågår löpande och parallellt med framtagningen av ny PSA. Preliminära resultat väntas under året. Sekvensberoende systemanalyser utförs - bl.a. skall en bättre modellering av batterier utföras, F1/2 skall köra bortfall av elskenor i simulator, för att utvärdera CCI aspekterna, nya härdberäkningar ang. 2 st. närliggande stavar, TB utlösning, återkomst Yttre Nät, inget vatten i 316, 733 vattnet slut. Fördela röbrotsriskerna utifrån en bättre inventering av möjliga brottställen. PSA-2000 pågår under hela år 2000.

⁴ Nyligen avslutades en uppdatering av 1995 års studie (nivå 1 och nivå 2), m.a.p. SKIs granskningskommentarer och nya drifterfarenheter samt ombyggnationer i anläggningen t.o.m. 980821. För närvarande pågår en ny uppdatering som innefattar nya drifterfarenheter, utförda ombyggnationer samt införande av system 351 i modellen. I övrigt pågår uppdatering av dokument berörande Forsmark 3's PSA-verksamhet

⁵ År 2000, ny REDA PSA intern granskning pågår. Elsignal beroenden i nivå-1 beaktas i ny studie. R1 elsystemet blir strikt 4-subbat efter moderniseringsåtgärderna.

⁶ År 2000, nivå-1; alla tänkbare IH beaktade för effektdrift, avställningsanalysen kopplad till nivå-1, nivå-1 modellen beaktar alla as-built uppdateringar. Mera PSA applikationer än vad PSA personalen förmår utträta

⁷ År 2000, nivå-1; årliga uppdateringar av PSA genomförs. PSA används för att identifiera förbättringsåtgärder

⁸ År 2000, uppdatering & ny nivå-2 studie påbörjats, beräknas vara klar 2001. Ambitioner att anpassa denna till nivå-1.

⁹ År 2000, preliminära resultat väntas under året. Studien utförd av Fauske. Fenomenrapporten indikerar på ingen påverkan på anläggningen. 70% av HS-fallen i nivå-1 leder inte till HS. RI tål högre tryck än tidigare beräknats i FRISK projektet.

¹⁰ 2000, integrering av nivå-1 och nivå-2 pågår

¹¹ År 2000, ingen aktivitet. Nivå-1 och 2 skall integreras i framtiden

¹² År 2000, nivå-2 studien – start uppdatering påbörjad för PWR (R2-4) som ett led för kommande ASARs

¹³ År 2000, nivå-2, begränsade LPSA tillämpningar, nivå-2 studien ej helt uppdaterad efter alla moderniseringar av TVO1/2. Utveckling av Potentiella Hazard Analysis pågår. Lärdomar – lita inte blint på resultat från äldre studier. Genomför anläggningsspecifik kartläggning av riskdominerande händelser, fenomen.

¹⁴ År 2000, nivå-2 och avställningsanalyserna beaktar s.k. interna händelser

¹⁵ År 2000, uppdatering och utvärdering av realistisk brandanalys pågår. FoU projekt för att få fram bättre brandfrekvenser pågår.

Brandriskerna är viktiga att beakta i denna typ av studier. Stor skillnad mellan begynnande bränder än antalet transienter.

¹⁶ År 2000, FoU projekt pågår för att förbättra brandfrekvenserna. Utveckling – analyser för utsläpp (se pkt 8) p.g.a. brand i filter, avfallscontainrar

¹⁷ Endast förstudie är gjord avseende brand- och översvämninganalys

¹⁸ År 2000, uppdatering planeras av 1997 PSA-brand utgåvan.

¹⁹ 2000, realistisk översvämninganalys pågår

²⁰ År 2000, uppdatering planeras

²¹ År 2000, m.h.a. PSA har man visat att riskbaserad ranking kan tillåtas av svaga konstruktionslösningar. Jordbävning har inte varit något designkriterium, men är riskdrivande

²² År 2002, planeras en fullständig analys genomföras. För närvarande finns enbart en förstudie.

²³ År 2000, metodik utvärdering. Planeras att genomföras år 2002 vid O1, år 2000 vid O2 och 2001 vid O3.

²⁴ År 2000, planeras

Tabell 1 (forts.) – Sammanställning av statusen på PSA arbetet i Sverige och Finland.

| Analys typ | B1/2 | F1/2 | F3 | O1 | O2 | O3 | R1 | R2 | R3/4 | TVO ½ | Fortum ½ | SKI & STUK |
|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|------|--------------------|--------------------|--|
| Avställn. | 1995 | | 2002 ²⁵ | 1999 ²⁶ | 2001 ²⁷ | 2000 ²⁶ | 1996 2000 ²⁸ | 1995 1999 ²⁹ | 1999 | 1992 ³⁰ | 1997 | |
| Kall avst. | | | | | | | | | | | | |
| Flygplan | Se not ³¹ | | | | | | | | | | | |
| CCI | 1998 | 2000 ³² | | 1994 | 1999 | 1998 | 2000 ³³ | | | 1994 | 1994 | |
| Liv. PSA | | | | 1994 ³⁴ | 1999 ³⁴ | 1998 ³⁴ | | | | | | |
| Tillg.studier & applik. | 2000 ³⁵ | | 2000 ³⁶ | | | | | | | 2000 ³⁷ | 1999 ³⁸ | |
| Mynd prod | | | | | | | | | | | | 2000 Se ^{39 40} |
| FoU - SKI | | | | | | | | | | | | 1999 ⁴¹ 2000 ⁴² |
| RevFSAR | 2000 ⁴³ | 2000 ⁴⁴ | 2000 ⁴⁵ | 2000 ⁴⁶ | 2000 ⁴⁷ | 2000 ⁴⁸ | 1998 ⁴⁹ | 2002 ⁵⁰ | | 1997 ⁵¹ | 1999 ⁵² | |

Föredrag 3

Göran Hultquist, FKA. Redovisning av FKAs projekt 2000 för F1/2. Se not 3.

Föredrag 4

Göran Hultquist, FKA. Redovisning av orsaker till olikheter, skillnader mellan F3 och O3 PSAn. En jämförande analys. PSA studier har genom åren ansättes svåra att jämföra. Orsakerna kan vara många med olika metodik, utfört vid olika tillfällen samt med olika målsättningar. PSA studierna för två likvärdiga

²⁵ 2002, ny uppdaterad studie beräknas vara klar

²⁶ År 2000, OKG utför kvalitativa och kvantitativa analyser av bl.a. HRA, PSA, resultatvärdering, användningsområden i förplaneringen till avställningsanalyserna

²⁷ Analyserna planeras att bli genomförda år 2002 vid O2 resp. år 2000 vid O3

²⁸ År 2000, uppdatering planeras

²⁹ År 1999, avställningsanalysen har pågått vid R2/3/4. Finding – tex., nytt rör till laddskylpump kylning, AÄ00.

³⁰ År 2000, avställningsanalysen gäller för drifttillståndet <1,2Mpa tryck i RT

³¹ År 2000, uppdatering av tidigare utförda flygriskanalyser pågår s.s. LUTAB –76, BOKA flygplansstörnings analys –99. Firma NLR i Holland har utfört en ny studie för BKAB 'Air traffic risk analysis for Barsebäck Kraft AB, 1999'. Rapporten har även granskats av Svenska Luftfartsverket. Det finns ännu inget beslut på BKAB om och när flygriskanalyserna skall arbetas in i PSA. Fortfarande återstår en hel del utvecklingsarbete för att analysera påverkan på anläggningen vid flygplanskrasch.

³² År 2000, F1/2 skall köra bortfall av elsenor i simulator, för att utvärdera CCI aspekterna.

³³ År 2000, inom REDA PSA utför Ringhals 1 en CCI analys

³⁴ Studierna är anpassade för LPSA applikationer vid både O2 och O3

³⁵ År 2000, analys av väderrelaterade yttre händelser, speciellt hög och låg havsvattennivå

³⁶ År 2000, en jämförande analys har utförts av skillnaderna mellan F3 och O3 inom NKS projektet.

³⁷ År 2000, tillgänglighetsstudier planeras. Nerkylda, igen isade filter i kylvattenkanaler har inträffat – PSAn visade att förvärmning av kylvatten sänker HS-bidraget.

³⁸ År 2002, i Lovisa kvv PSA beaktas extrema väderförhållanden som inledande händelser, t.ex. igensättning av kylvattenintag p.g.a. isbildning, ansamling av sjöväxter, fisk, musslor mm. Lovisa nivå-2 PSA skall uppdateras med analyser för externa händelser och avställning – beräknas vara klart år 2002.

³⁹ År 2000, i Finland finns myndighetskrav på att PSA nivå-1 och nivå-2 studier är framtagna enligt YVL guide 2.8. STUK utvärderar kontinuerligt säkerhetsnivån vid de fyra finska kärnkraftverken. Guider för 'risk-informed' applikationer (RI-ISI, RI-STF el. TechSpecs) skall avslutas och tas i drift för användning vid finska kärnkraftverk. STUKs granskningar av nivå-2 studierna skall färdigställas.

⁴⁰ År 2000, SKIs Tillsynshandbok för PSA färdigställs under våren. Ny föreskrift SKIFS 1998:1 gäller från 2000-01-01. SKI-R1 ASAR granskningen blir klar vintern 2000. FKA planerar att rapportera nästa F1/2-ASAR, mars-april år 2001, då PSA-2000 projektet avrapporteras i delprojekt 2.

⁴¹ År 1999, SLAP projektet avslutas. Applikation av metodiken utförd vid B1. Se SKI Rapport 98:30.

⁴² År 2000, under året kommer SKI att kalla till konstituerande möte och för start av två FoU projekt. 1 – ny nordisk CCF arbetsgrupp etableras, ny arbetsgrupp för uppdatering av I-bok ver. 2 till ver. 3. SKI stöder FoU projektet 'bättre brandfrekvenser', uppdatering av X-boken.

⁴³ År 2000. Inkom revFSAR dokumentationen från projekt BOKA till SKI 1/7-2000. Granskning pågår hos SKI år 2000

⁴⁴ År 2000. Vid F1/2 pågår RAK-projektet, vars syfte är att identifiera svagheter i gällande FSAR. FSAR hålls fortlöpande uppdaterad vid Forsmark. RAK-projektet rapporteras till SKI under året.

⁴⁵ År 2000/2001. Vid F3 och O3 pågår revFSAR projektet KOFOT.

⁴⁶ År 2000, RevFSAR projektet O1-MOD ingår i den tekniska moderniseringen av O1. O1-MOD beräknas vara klar år 2001. Kap 2 granskats av SKI, övriga delar ingår i granskningsplanen.

⁴⁷ Se fotnot # 43

⁴⁸ Se fotnot # 45

⁴⁹ År 1998 inlämnades R1s revFSAR dokumentation från projektet DART till SKI. Granskning pågår hos SKI år 2000

⁵⁰ Uppskattad till år 2002, ny FSAR för Ringhals 2 tas fram i det s.k. DART projektet och utvecklas vidare i Post-DART under åren 2004-2008. Ringhals 3 och 4 avvaktar resultaten från R2.

⁵¹ P.g.a. modernisering

⁵² P.g.a. modernisering

anläggningar F3 och O3 har studerats mer ingående. Avsikten är inte att statuera vad som är rätt eller fel men att förstå skillnaderna eftersom resultaten avviker markant. Studierna består till viss del av subjektivt ansatta värderingar som återfinns bland annat i mänskligt felhandlande. Värdet av att jämföra metodik och antaganden kan inte nog understrykas eftersom det är en erfarenhetsåterföring som ökar kvaliteten och motiveringar för de antaganden som görs i den egna analysen.

Föredrag 5 a och 5b

5a;

Johan Sandstedt, Relcon presenterade resultat från ett IAEA-projekt där Relcon på SKIs uppdrag medverkat. I uppdraget har ingått att undersöka hur känsligt PSA resultaten är vid testintervalloptimering m.a.p. olika typer av osäkerheter och förutsättningar. Testintervalloptimering kräver att PSA modellen ifråga är fullständig och realistisk. Även, att alla IH beaktas med samma realism och alla ej försumbara IH även de är modellerade så att dessa kan analyseras i en och samma körning. Skall utsläppssekvenser i nivå-2 studien analyseras måste nivå-1 och nivå-2 studierna vara booleskt ihopkopplade.

En av datamodellernas stora förtjänster är att parametervariationer kan studeras. Risk Spectrum har använts bland annat för att studera möjligheten av att optimera testintervall av säkerhetsrelaterad utrustning. Det demonstrerades tydligt att vissa intervall kunde förlängas utan att det påverkade riskbilden nämnvärt. Andra testintervall var mer känsliga för variationer. Elsystemen i två elstråks anläggningar visade sig naturligt nog känsligt för längre testintervaller. Metodiken möjliggör en optimering men deltagarna underströk att den kompletta riskbilden bör vara känd innan en optimering görs (brand, och shutdown). Vidare måste lämpliga intervall väljas av rent administrativa skäl. Det går inte att planera arbetet med för detaljerad tidsangivelse, då blir det ohanterligt.

Deltagarna poängterade att parametervariationer ger insikt om vad som driver risken och att detta är värdefullt. Önskvärt vore att varje studie avsatte tid på denna tolkning och förståelse av anläggningarna.

5b;

Jan Holmberg, SwedPower redogjorde om fördelarna och nackdelarna med LPSA (living PSA). Jans budskap är att begreppet LPSA inte bara är teorier, LPSA är aktivt arbete och pågående verksamheter. Eftersom även LPSA kostar, måste den ekonomiska nyttan med olika applikationer tydligt framgå. För att nå en lönsam PSA-verksamhet, bör integrering ske mellan PSA, RCM, RI-ISI.

Föredrag 6

Ulrika Wretås, OKG redogjorde hur OKG arbetar med de ingående förberedande momenten i OKG:s PSA för avställningsperioden. I förutsättningarna för en realistisk avställningsanalys bör de möjliga IH identifieras och vilka sluttillstånd som skall beaktas. I denna typ av analyser är kartläggningen och analyser av HRA mycket viktiga att utföra. Idag koncentrerar man sig på att finna dessa genom att kartlägga möjliga kritiska HRA fel som härrör från administrativa rutiner under reaktoravställningsperioden. OKG försöker också finna de kritiska arbetsmoment & detaljområden som skall detaljanalyseras i framtagningen av nya PSA och vilka data som skall användas.

Föredrag 7

Jan Holmberg, SwedPower presenterade några tankar om betydelsen av feldata i en PSA, vilka utvecklingsbehov som föreligger, vilka nya metoder som bör tas fram. I en bra och trovärdig PSA inger kvaliteten i dataanalyserna ett stort värde. I de feldata vi använder är det de parametriska osäkerheterna vi vill identifiera och göra analyser på, för att bättre förstå vikten av använd tillförlitlighetsdata. Vi vill känna till de parametriska och kanske styrande faktorerna i t.ex. CCF-data, IH-data, bakgrunden till dominerande bashändelser är viktigt att känna till. Finns en större mängd data tillhanda minskar också dataosäkerheterna. Anläggningsspecifik data eller erfarenheter skall därför användas i största möjliga utsträckning därför att den är tillgänglig på hemmaplan och lätt att förstå. Närheten till information tillåter att data analyser kan utvecklas ytterligare. Dynamiska modeller bör utvecklas för beaktande av t.ex. åldring, anläggningsändringars betydelse, trendanalyser av beteenden, CCF, för RCM (underhållspåverkan), RI-ISI (rörelsemekanismer, test optimering). Dataanalyser är resurskrävande. Erfarenhetsdata (tillförlitlighetsdata) bör kvalitetssäkras.

Föredrag 8

Ingemar Ingemarson, Barsebäck Kraft AB talade om flygplanskrascher som IH i säkerhetsanalyser. Över Barsebäckverket och förövrigt i hela Skåne pågår en intensiv flygtrafik. Trafik med flygplan mäts som antalet flygplansrörelser inom ett givet luftrum i flygtid eller som antalet starter/landningar vid en viss flygplats. I början av 90-talet var antalet rörelser vid vissa flygplatser; Stockholm-Arlanda ca 254000 st,

Köpenhamn-Kastrup ca 213000 st. I Sverige uppskattas att flygtrafiken ökar med ca 5% per år. NLR⁵³ rapporten visar att haveritätheten inom Malmö FIR⁵⁴ är homogen och fördelar sig lika mellan allmän flyg och trafikflyg. Malmö FIR är ca 400*400 km stort med ytan 140000 km². Barsebäck kärnkraftverk ligger inom denna FIR. Strax utanför Barsebäck anläggningsplatsen ligger flygfyr 'Waypoint LAMOX', som är start och landningsfyr för flygtrafiken till Kastrup. NLR rapporten redovisar en mängd frekvenser och sannolikheter som inte återges i detta referat, dessa finns i BKABs utförliga föredrag längre fram i rapporten.

Föredrag 9

Ola Bäckström, Relcon redovisade i sitt föredrag om ett pilotprojekt på BKAB angående analys av brandspridning. I den detaljerade PSA modellerna för B1/2 har beroenden identifierats för enskilda rum. I analysen av möjlig brandspridning har metodiken 'kritiska rumskombinationer' använts i pilotprojektet. Valet medger en effektivare kartläggning av intressanta rumskombinationer. I pilotprojektet analyseras samtliga rum, därefter sker en analys av brandceller där kritiska rum borttagits ur analysen. Upptäcks rum eller kombinationer som inte klarar kriteriet 'HS frekvensen <E-6 alt. HS givet brand <E-2' fortsätter analysen av brandcellerna tills kritiska rumskombinationer är identifierade och analyserade. Pilotstudien pekar på frågan - hur skall branduppkomstfrekvenser beräknas för rumskombinationer.

Föredrag 10a och 10b

10a;

Anders Angner, ES-Konsult. AA talade om analys av rumshändelser i PSA-brand och X-boken (brandfrekvenser). Ett problem idag är att X-bokens definition av brand och begynnande brand i PSA-brandanalyser är olika. Ett annat problem är att fraktioneringen av byggnadsvisa brandfrekvenser är osäker. Botemedlet mot detta är att bredda och fördjupa genomgången av brandhistoriken. Bättre data och databaser skall tas fram i ett nyligen påbörjat FoU-projekt, i vilket kraftindustrin och SKI samverkar. En uppdatering av nya brandfrekvenser är planerat. Även internationella erfarenheter bör beaktas eftersom större bränder har lägre frekvens och lyckligtvis ej förekommer så ofta. Det finns mycket att lära från dessa bränder där säkerhetsbarriärerna var starkt reducerade vid brand. Det finns också fundamentala frågor om brandgasspridning, sotbeläggning, övertändning samt sekundära effekter av brandbekämpningssystem som behöver utredas. Nyligen inträffade en händelse i USA som orsakade flödning i en del av reaktorbyggnaden när brandskyddssystemet utsattes för vattenslag. Den är ett exempel på kombinerade yttre händelser.

10b;

Lotta Andersson Sycon, Detta föredrag presenterade modeller för beräkning av sannolikheter för brand och brandspridning. Den modell Lotta A på Sycon redovisade förutsätter att brandspridning sker när någon fysisk barriär felfungerar (öppna dörrar, luckor, hål i väggar, tak, fönster), när släckning misslyckas och när postulatet övertändning skett är uppfyllda. Projektet har identifierat följande utvecklingsområden; frekvenser för brandspridning via barriärer, bestämning av kritiska förhållanden p.g.a. brandgasspridning, metod för beräkning av sannolikhet för övertändning i rum.

Föredrag 11

Anders Hallman, SKI presenterade SKIs 'Tillsynshandbok för PSA'. Tillsynshandboken redovisar SKIs samlade bedömningar om vad och hur en 'bra' PSA kan tänkas vara uppbyggd. Syftet är alltså att samla ihop tidigare granskningserfarenheter och utveckling av PSA, för att ge vägledning bl.a. till SKI för tillsyn av processer och andra aktiviteter ingående i en modern PSA. Till sin natur är dokumentet ett kriteriedokument. Tillsynshandboken dokumenterar också samtidigt SKIs samlade erfarenheter från granskningar, användning och tillämpningar av PSA de senaste 15 åren. Under våren 2000 är tillsynshandboken är ute på remiss hos kraftindustrin.

En frikoppling av PSA arbetet från ASAR redovisningar kommer att ske i enlighet med SKIFS 1998:1, vilket torde leda till att studierna integreras mer i beslutsprocessen av ärenden utanför ASAR. Krav på rapportering av PSA tillämpningar till SKI styrs av SKIFS 1998:1, inte av PSA Handboken.

Vissa kommentarer som SKI redan hunnit få in på den s.k. informella remissen är bl.a.; - Det är bra att SKI dokumenterar sin uppfattning och sina bedömningskriterier så att dessa är synliga. - Det måste finnas en flexibilitet i bedömningskriterierna. - Ändra ordet 'bör' till 'kan' i PSA handboken.

⁵³ NLR (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium) är ett holländskt analysföretag, som BKAB har anlitat.

⁵⁴ Akronymen FIR betyder Flight Information Region

Föredrag 12

Mauritz Gärdinge, OKG presenterade den s.k. VGX⁵⁵ gruppens samlade krav på moderna konstruktionsprinciper och säkerhetsanalyser. Bakgrund och målsättning - Den tekniska utformningen av anläggningen, som primärt är ett resultat av giltiga principer och krav, kan värderas genom analyser och beräkningar. Probabilistiska analyser ger möjlighet att kontrollera anläggningens configuration och finna beroenden i den tekniska utformningen. Probabilistiska säkerhetsmål - De probabilistiska säkerhetsmålen innebär att anläggningen skall vara utformad så att det beräknade mätetalet för härdskada inte överstiger 10^{-5} per reaktordriftår. Det beräknade mätetalet för stora radioaktiva utsläpp till omgivningen skall inte överstiga 10^{-7} per reaktordriftår. Med stora radioaktiva utsläpp avses utsläpp utöver av regeringen föreskrivna målvärden. Analysen skall utföras med en vid varje tidpunkt väl definierad och etablerad metodik. Extremt osannolika händelser beaktas ej i enlighet med regeringens beslut. Mauritz Gs föredrag kan läsas i sin helhet längre fram i rapporten.

Föredrag 13

Lars Gunsell, SKI talade om SKIs syn och förväntningar på 'Risk Informed Principles - RIB'. Risk Informed begreppet kan översättas med uttrycken – riskinformerad alt. riskmedveten princip. Principen innebär att ett probabilistiskt synsätt används för att optimera alt. förklara en säkerhetsfråga. Ett område som är föremål för RIB är t.ex. testintervalloptimering av svetsar i rör i primärsystem. Några utvecklingar som styr krav och behov av PSA idag är bl.a. - SKIFS 1998:1⁵⁶, SKI:s Tillsynshandbok PSA, moderniseringsprojekten, de utökade allmänna råden till SKIFS 1998:1 avseende konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer (R 2000) för att uppnå s.k. modern reaktor. I den nya föreskriften ställs tydligare krav på PSA, bl.a.; - analys och redovisning frikopplas från ASAR-programmet, I allmänna råd till 4 kap. 1 § sägs - "Probabilistiska analyser bör vara så realistiska som möjligt. Försiktiga eller konservativa antaganden kan användas om det går att motivera detta och om det går att visa att de är konservativa i alla avseenden. Även i dessa analyser bör inverkan av osäkerheter som har betydelse för resultaten analyseras. För en reaktorplanläggning bör en probabilistisk säkerhetsanalys (PSA) omfatta - nivå 1: en analys av sannolikheten för att en härdskada skall inträffa, samt nivå 2: en analys av sannolikheten för utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen, under effektdrift, inklusive upp- och nedgång med reaktorn, och vid revisionsavställning, i vilken också bränslebyte ingår.

Analysarbetet bör ske med god kvalitetssäkring vad gäller dokumentation, referenser, granskningsrutiner m.m. Analysens syfte bör klart framgå liksom de begränsningar som analysen innehåller. Analysen bör vidare ha god spårbarhet och väl motiverade antaganden och data vilka är relevanta för anläggningen. Det bör visas på ett övertygande sätt att alla tänkbara missödesförlopp är behandlade. Även de bedömningar som har legat till grund för att utesluta analys av vissa händelser bör redovisas." Mera och utförlig information finns i kompendiet under föredrag # 13.

Föredrag 14

Ilkka Niemelä, STUK⁵⁷ Finland, redogjorde för pågående PSA aktiviteter hos STUK (den finska tillsynsmyndigheten). I Finland finns myndighetskrav på att PSA nivå-1 och nivå-2 studier är framtagna enligt YVL guide 2.8. STUK utvärderar kontinuerligt säkerhetsnivån vid de fyra finska kärnkraftverken. STUKs policy är att säkerheten hela tiden utvecklas och drivs framåt. Detta görs med stöd i målen SAHARA (Safety As High As Reasonably Achievable). PSA studierna har använts mycket aktivt i Finland för att utvärdera och mäta drifterfarenheter, effekterna av anläggningsändringar och i optimering av styrande dokument/instruktioner. Riskmedveten tillsyn blir mer och mer viktig för var dag både för STUK och kraftindustrin i landet. Ilkkas föredrag innehåller mycket sakfakta, så läsaren hänvisas till den utförliga redovisningen längre fram i rapporten.

⁵⁵ VGX är akronym för Värnamo Expertgrupp. Inom VGX arbetar kraftindustrin med att ta fram nya riktlinjer och modern syn på konstruktionskrav för 2000-talet. I VGX diskuteras bl.a. följande reaktorsäkerhetsområden: Tillämpning av överordnade krav och principer, Bränsle/härd & reaktivitetskontroll, RCP + skydd mot dynamiska effekter, RI + integritetsskydd & översvämningsskydd, Utsläppssystem & avfallssystem, Missilskydd, Härdkyllning & resteffektkyllning, Reaktorskyddssystem, Brandskydd, Elkraft & hjälpkraft, Analysmetodik, Yttre händelser, RCPB, Yttre skalet & integritetsskydd & klimatkontroll. Källa NKS/SOS-2 seminarium i Bergendal 1999-04-13 – 14.

⁵⁶ SKIFS, Statens kärnkraftsinspektions författningssamling

⁵⁷ Den finska förkortningen STUK står för = Säteilyturvakeskus. På svenska – Strålsäkerhetscentralen, på engelska – Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland.

Föredrag 15

Michael Knochenhauer, Impera-K. MK presenterade en analys av väderrelaterade yttre händelser, speciellt hög och låg havsvattennivå. Arbetet är utfört på uppdrag av BKAB. Utöver analyser av 'bortfall av yttre kraftnät har inga detaljerade 'andra yttre händelser' ännu inte presenterats i svenska PSA. Yttre händelser kan indelas i följande grupper; a - händelser inom anläggningen, b – händelser som medför att hjälpkylvattenintag slås ut, c – händelser som medför förlust av yttre nät, d – händelser som påverkar byggnader. I gruppen 'd' analyseras bl.a. extrema väderhändelser som svåra isförhållanden, extrema vindar, extremt varmt eller kallt väder, höga vattenstånd i havet. Extremt höga vattennivåer kan medföra att ett eller flera anläggningar blir påverkade samtidigt. Drabbas elförsörjningen också obefogat, kan detta leda till svåra följder på drabbade anläggningar. I Michaels föredrag redovisas bl.a. datakällor och analysmetoder.

Föredrag 16

Sammandrag från paneldebatten;

Under paneldebatten diskuterades följande frågeställningar;

1 – Användning och utveckling av PSA.

2 – Forskningsreferensgrupp.

Vad sades under punkt 1;

Lars Gunsell SKI – Behov finns att utveckla PSA, modeller för optimering ställer stora krav på att en PSA modell är stabil.

Göran Hultquist FKA – PSA har kommit för att stanna, dialogen har blivit bättre när deterministiska och probabilistiska synsätt samverkar. Eftersom det är mycket svårt att finna 'dolda fel', måste PSA bedrivas aktivt för att utföra försök och tester. Det behövs en ständig dialog mellan PSA och determinismen.

Risto Himanen TVO – I dagens PSA sysslar man mycket med komponentfel och att få fram data till studierna. 80% av allt arbete i en PSA är kvalitativa-, deterministiska-, system och komponentanalyser. Syftet är att identifiera svagheter, att ordna resultat siffermässigt. I framtiden blir det viktigt att utveckla och utvärdera kvalitativa bakgrundsanalyser till aktuella frågeställningar, t.ex. hur bedöma HRA aspekter i underhållsinsatser.

Mauritz Gärdinge OKG – Inget skäl finns till att få ner siffrorna i en PSA p.g.a. anläggningsändringar, PSA kan visa vad som kan göras i en anläggning. Sifferfokuseringen kan minska till förmån för kvalitativa bedömningar och resultat. Fokus borde vara de kvalitativa analyserna. MG tror inte att man om 10 år kan köra anläggningarna på bara en låg branduppkomstfrekvens.

Panelen diskuterade en liten stund 'programmerbar elektronik' – bl.a. så sades följande;

Det är viktigt att säkerställa enkelheten i analyser av programmerbara I&C-kretsar. Med PSA tekniken kan man visa vilka krav som skal ställas på design av programmerbara I&C-kretsar. Med 2000-talet kommer också nya komponenter och lösningar och det är viktigt att lära sig hantera den nya digitala tekniken. Erfarenheter från installerad programmerbar elektronik finns att ta vara på från annan industri, t.ex. hos SJ. SJ tillämpar s.k. baklängesanalys för att finna kraven för design.

Vad sades under punkt 2;

Panelen diskuterade behovet av att väcka liv i och etablera en ny forskningsreferensgrupp (FRG) för riskanalys. I detta fallet är debatten lätt att summera upp – alla vill att en ny FRG etableras. Syftet med en FRG skall vara att gemensamma och prioriterade FoU behov kanaliseras via en FRG. Ett annat syfte är att möjliggöra en långsiktig FoU plan, samtidigt som nya idéer kan diskuteras och viktighetsprioriteras och processas i verksamhetsplaner och budgetplaner.

Nedanstående refererar till de synpunkter som Bo Liwång framförande under paneldebatten; Utgångspunkter för SKIs forskning är: 1:a prioritet är stöd till SKI:s tillsynsverksamhet. 2:a och 3:e är stöd till säkerhetsutveckling och kompetensutveckling/bevarande. Huvudinriktning på forskningen bör alltså vara frågor kring resultatolkning. Metodutveckling är intressant men blir för SKI en andrahandsuppgift. Kraftbolagen behöver här visa intresse och vara drivande.

Förslag är att skapa en rådgivande grupp – en forskningsreferensgrupp:

2–3 personer från SKI/RA. En från vardera kraftbolag representerande i första hand användarna av analysresultaten. Personen bör ha kunskap om PSAs användning samt insikt i bolagets FUD-verksamhet. Konsulter ingår inte permanent. Speciella inbjudningar bör dock ske vid vissa temadiskussioner.

SKI kommer att ta initiativ till att Forskningsreferensgruppen diskuteras mera i detalj, vid senare tidpunkt under året.

Förslag till nya forskning & utvecklingsområden; ett förslag nämndes – utveckling av avställningsanalyser.

Föredrag 17

Risto Himanen, TVO Finland. I detta föredrag redovisas hur PSA används inom TVO organisationen. PSAn har fått en mycket framträdande roll vid TVO idag. PSA används vid utvärdering av det för stunden gällande säkerhetsläget, onormala situationer, moderniseringsförslag, i LPSA applikationer, utvärdering av anläggningsändringar, mm. I moderniseringsprojektet på TVO kunde man m.h.a. PSA visa att vissa i linjen bedömda ej säkerhetsviktiga ändringar i själva verket hade en inverkan på säkerhetsaspekter. Vissa projektkontor som inte förlitade sig på PSA, hade mycket svårt att licensiera sina lösningar i moderniseringsprojektet. Olika säkerhetsklassningar på system säger ingenting om säkerhetsbetydelsen för systemen. I TVOs nivå-1 studier analyseras alla tänkbara IH. När LPSA applikationerna utförs är det viktigt att veta till vad och hur metodiken skall användas.

Föredrag 18

Gunnar Johansson, ES-Konsult. Föredraget handlar om standardiserad PSA dokumentation m.h.a. EDS-systemet (elektronisk dokumenterings system). En EDS-applikation implementeras nu hos OKG. EDS är en enkel standardapplikation i MS Access med antal inbyggda Visual Basic rutiner och länkar till förekommande system för QAM, dokumentkontroll etc. EDS håller ordning, ökar tillgänglighet samt skyddar all dokumentation i verksamheten. Systemet möjliggör anpassade möjligheter att söka dokumentation oberoende av hur den är strukturerad (Objekt, Produkt, System, Lokalisering, etc.). EDS säkerställer tillgången till dokumentation med rätt version och skapar förutsättningar för systematiskt underhåll.

Volymen på PSA dokumenten är nu avsevärd. Ett dokumentationssystem som används måste därför vara ett flexibelt verktyg för att underlätta uppdateringar, versionskontroller, åtkomst, mm..

Föredrag 19a och 19b

19a;

Fredrik Gelius, ERFATOM. Fredrik G presenterade hur ERFATOM är organiserad samt hur man verkar och arbetar med den nationella och internationella erfarenhetsåterföringen. ERFATOM bildades efter Barsebäckincidenten 1992. Projektet bemannas av personal från kraftbolagen och från ABB Atom. ERFATOM bedömer bl.a. följande typer av dokument/händelserapportering; svenska RO och SS, motsvarande från TVO, störningsrapporter, svenska PWR händelser, NRC information och rapporter, ABB uppdrag och erfarenheter, BOKA, REDA, MODE och andra större projekt,

19b;

Thomas Öhlin, ERFATOM. Detta föredrag redogjorde för ERFATOMs metodik och kriterier att samla in och bedöma olika händelser. Även, hur de 'viktigare inträffade händelserna' sammanställs till 'aktuella säkerhetsfrågor' med säkerhetsviktig betydelse, för åren -98 och -99 presenterades. För 1999 har följande säkerhetsfrågor identifierats; igensättning av kylvattenkanal, risk för oisolerat yttre brott i ångledning, läckage i mellankylkrets, bruten brandcellsintegritet, obefogad sprängblecksöppning vid LOCA, härdinstabilitet

ERFATOM beskrev i detalj sin arbetsmetodik med att rangordna inträffade händelser under det gångna året. Metodik och resultat visades. Tillsynes är utfallet transparent med vad som rapporteras i internationella sammanhang. En arbetsfördelning mellan KSU och ERFATOM har fastlagts så att KSU adresserar *human factor* händelser och ERFATOM konstruktions *aspekter av händelser*. Båda organisationerna lämnar sina bidrag till industrin. Ett konstaterande från presentationen är att de händelser som varit ute i pressen och cirkulerat är inte alltid rangordnade speciellt högt som säkerhetsfrågor. Inget nytt men alla borde vara medvetna om detta förhållande.

Föredrag 20

PG Sjölin, KSU. KSU presenterade en sammanställning av de mera allvarigare inträffade bränderna i kärnkraftverk. De bränder som redogjordes för är; kabelbranden i Browns Ferry 1975, turbin och generatorbranden i Vandellos 1 1989, ställverksbranden i TVO 2, 1992. Bränder är händelser som kan ställa till det riktigt rejält, bränder kan äventyra att en säker reaktoravställning äventyras eller att den helt uteblir. Detta p.g.a. en brand kan påverka direkt eller indirekt ett säkerhetssystem. NRC Information Notice

IN 99-17 talar om den direkta påverkan p.g.a. brand. I NRC Information Notice 83-41 talas det om den indirekta påverkan p.g.a. brand på säkerhetssystem.

Föredrag 21a och 21b

En del av seminariet behandlade utvecklingen T-boken. En kontinuerlig förbättring av metodiken pågår och det är imponerande att så mycket drifterfarenheter har samlats. Samtidigt visades indikationer på att vissa anläggningar har svårigheter att leverera data. Det föreslogs på seminariet att ett bonussystem skulle tillämpas på dataleverans som en morot i arbetet. Den nya T-boken version 5 får en ny statistisk modell och kommer med all sannolikhet att utges på CD åt användarna.

21a;

Sven Skagerman, TUD-Kansliet⁵⁸. Kansliet presenterade sin roll i processen att framställa den nya T-boks utgåvan. Statusen och vad som är nytt i T-bok version 5 arbetet redovisades också. Version 5 beräknas bli klar till våren, sommaren 2000. Allt underlag för version 5 är framtaget, granskat och statistik bearbetas för tillfället av Kurt Pörn.

21b;

Kurt Pörn, Pörn Consulting, Nyheter i den statistiska analysen för T-Boken version 5. Kurt P redovisade först en T-Boken historik. I version 5 är det nya en ny syn på hur den s.k. $q+\lambda t$ ⁵⁹ modellen. I T-boks arbetsgruppen har det diskuterats att otillgänglighetsparametern $u(t)$ är en stor och av primärt intresse, därför har det också föreslagits att q och λ skall ersättas med $u(t)$. Tester som utförts visar att det är viktigt att i T-boken 5 redovisa den generiska otillgängligheten $u(t)$ på ett utförligt sätt utan att statistiska förenklingar görs. Utförligt material om detta finns i längre fram i rapporten.

Föredrag 22

Kalle Jänkälä, Fortum (f.d. IVO). Fortum presenterade erfarenheter och slutsatser från ett WANO möte i Nådendal. WANO-mötets tema var att diskutera erfarenheter från blockerade kylvattenkanaler. Igensättning av kylvattenkanaler är relativt frekventa händelser. Orsaker till detta är i de flesta fall anläggningsspecifika, bl.a. ansamling av sjöväxter, musslor, fisk, alger, underkyld is för att nämna några. Denna typ av väderrelaterade fenomen / -händelser har till stor del endast bedömts ha ekonomisk betydelse. Med PSA tekniken kan det dock visas att igensättning av kylvattenintag t.ex. vid Lovisa står för en avsevärd andel av storleken på hårdskadefrekvensen.

Föredrag 23a och 23b

23a;

Gunnar Johansson, ES-Konsult, Redovisning av status, insikter från det internationella ICDE-projektet⁶⁰. Målet med ICDE verksamheten är att etablera en ram för ett multinationellt samarbete; att upprätta en internationell arbetsgrupp som långsiktigt samlar in och analyserar CCF händelser, att identifiera ej fullt utvecklade samt fullt ut utvecklade CCFs som inträffat i deltagarländernas kärnkraftverk och kunna tillgodogöra sig denna information i säkerhetsarbetet, att utveckla kvalitativa insikter om bakomliggande orsaker till CCF som i sin tur kan användas för att skapa försvarsåtgärder och förhindra att dessa händelser inträffar eller mildra konsekvenserna. Nio länder deltar aktivt i ICDE arbetet idag. Dessa är - Sverige, Finland, Tyskland, Frankrike, Schweiz, USA, England, Spanien, Kanada. Länder som knackar på dörren är Japan, Korea och oljeindustrin i Norge. Den intresserade läsaren hänvisas nu till den fullständiga redovisningen längre fram i rapporten.

23b;

Ralph Nyman, SKI. Statusredovisning – etablering av en svensk / finsk CCF-arbetsgrupp. SKI har under 1999 utfört en inventering hos kraftindustrin om intresse finns för att etablera en nordisk CCF-arbetsgrupp. Alla tillfrågade har svarat positivt. Till sommaren kommer därför SKI att kalla alla berörda till ett första konstituerande möte och arbetet med att framställa nordiska CCF-parametervärden startar. Avsikten med projektet är att bl.a. från ICDE-data framställa både kvantitativ och kvalitativ gångbar data och insikter för användning i det nordiska PSA- och säkerhetsarbetet.

⁵⁸ Förkortningen TUD betyder = Tillförlitlighet, Underhåll, Drift

⁵⁹ Förkortningarna i formeln $q+\lambda t$ betyder; q = otillgänglighet, λ = fel frekvens, t =tid

⁶⁰ Förkortningen ICDE betyder = International Common Cause Failure Data Exchange

Föredrag 24

Ralph Nyman, SKI. Kortfattad redovisning av det s.k. SLAP-projektet ⁶¹. I detta projekt har SKI sedan –94 samlat in data på rapporterade fel, degradationer (brott, sprickor, anvisningar) på rörsystem och rörkomponenter i världens kärnkraftverk. SLAP databasen innehåller över 3200 rapporter och referenser till nämnda typer av fel. Orsaken till att projektet startade –94 var att få en bättre PSA bild och PSA betraktelse av drifterfarenheterna på s.k. passiva komponenter i primär och sekundärsystem. SLAP projektet avslutades 1999 i och med att SLAP metoden testats vid Barsebäck på den nya PSA modellen för B1. Idag är många sugna på att kunna få ta del av databasen, tex. EPRI i USA och OECD i Paris. EPRI har tills nu visat det största intresset och har visat intresse för att vidareutveckla och uppdatera databasen. Många s.k. owner groups i USA har även visat sitt intresse att via EPRI leverera data till databasen. Utbytet är bättre och mer koncisa dataanalyser som redovisas t.ex. i EPRIs forskningsrapporter. Ifall SKI ger ifrån sig SLAP databasen till EPRI, är det tänkt att de som vill skall kunna nå databasen via EPRIs hemsida på Internet. Alla svenska PWR och BWR anläggningar verkar i owner's group konstellationer med EPRI, detta skall garantera tillgång till SLAP informationen.

Ny information om SLAP projektet:

Det som hänt efter seminariet är att allt tyder på att det inte blir något samarbete med EPRI. EPRI har ändrat inriktning och gjort omprioriteringar i sin forskningsplanering i USA.

SKI kommer därför att verka för att OECD/NEA i Paris koordinerar en framtida internationell uppdatering och vård av bl.a. SKIs rörbrottsdatabaser.

Generella intryck

Det har konstaterats att bl.a. i USA har inte analyser av "avställning och låg-effekt händelser / (shutdown and low power events)" förbättrats på samma sätt som för övriga performance indikatorer. Erfarenhetsåterföringen av identifierade svagheter har inte skett eller att analysresultaten fortfarande är behäftade med stora osäkerheter, så att trovärdigheten undermineras.

Nästa PSA-seminarium

Seminariet var rörande enligt om att mötesformen PSA-seminarium skall man värna om och att verksamma i branschen bör försöka träffas en gång per år. SKI har överlämnat arrangörskapet eller stafettpinnen vidare till Forsmark. Vid förhinder vid Forsmark ställer Oskarshamn upp som nästa års arrangör. Efter seminariets slut, erbjöd sig även TVO att kunna stå som värd för ett kommande PSA seminarium, förslagsvis då i Nådendals trakten norr om Åbo. Därmed är de två-tre nästkommande PSA-seminarierna redan ordnade, vad avser värdskap.

Framtida PSA-seminarier skall vara så pass breda att en årlig nordiskt erfarenhetsåterföring inom PSA området upprätthålls.

Vid pennan

Ralph N

INNEHÅLLET I DENNA REDOVISNING PUBLICERAS OCH DISTRIBUTERAS SOM TRYCKT RAPPORT.

EFTERSOM DEN FULLSTÄNDIGA RAPPORTEN ÄR VÄLDIGT OMFATTANDE, HAR VI VALT ATT PUBLICERA DEN PÅ VÅR HEMSIDA. ALLA DE FULLSTÄNDIGA FÖREDRAGEN SOM REFERERAS TILL I DENNA SAMMANSTÄLLNING, FINNS I WEB-UTGÅVAN.

SKI RAPPORT 2000:10 KAN HÄMTAS PÅ FÖLJANDE ADRESS: www.ski.se

Fakta, saklighet och åsikter som redovisas i den fullständiga rapporten i Acrobat pdf-filformat, ansvarar föredragshållarna och respektive organisationer för. Vid förfrågningar – kontakta respektive föredragshållare eller organisation direkt. Saknar ni telefonnummer till någon av dessa personer – kontakta Ralph N på SKI för hjälp.

⁶¹ Förkortningen SLAP betyder = SKI LOCA Affected Pipes

AGENDA

PSA – SEMINARIUM ¹

**PSA-SEMINARIUM,
10 – 11 FEBRUARI ÅR 2000
VID TAMMSVIKS KURSGÅRD**

¹ Namnet 'Slottsmöte' härrör från tiden när det första mötet Slottsmötet hölls på Lejondals Slott, strax utanför Stockholm.

SLUTLIG AGENDA
PSA – SEMINARIUM I TAMMSVIK, TORSDAG DEN 2000-02-10.

Presentation **Föredragshållare** **Ämne**

INLEDNING

Kl. 8.30 *Inledning, tidigare Slottsmöten, avsikter med detta möte*
Föredragshållare: 20 min - Lars Gunsell, SKI

BLOCK 1 - PSA MODELLER & FoU

1 – PSA, en översikt av aktuella studier

Mål: Ge deltagarna en bild av vilka studier som framtagits de senaste åren och vad som är på gång.

Kl. 9.00 *Samtliga kraftverk presenterar statusen på PSA arbetet idag*
Föredragshållare: 10 min per anläggningsplats - Alla kraftverk

Kl. 10.00 *Resultat, slutsatser, från utförda PSA, planerade framtida aktiviteter*
Föredragshållare: 20 min - Göran Hultquist FKA. PSA 2000 F1/2

2 – PSA studier och F&U

Mål: Ge en övergripande presentation av några intressanta studier och forskningsprojekt. Väcka idéer, skapa kontakter.

Kl. 10.30 *Vad skiljer olika anläggningarnas PSAn från varandra*
Föredragshållare: 15 min - Göran Hultquist FKA.. PSA jämförelser mellan kraftverk, F3 och O3.

Kl. 11.00 *LPSA teori, -applikationer, -tillämpning*
Föredragshållare: 15 min - Johan Sandstedt, Relcon
Föredragshållare: 15 min - Jan Holmberg, SwedPower

Kl. 11.30 *PSA för olika drifttillstånd - avställningsperioden*
Föredragshållare: 20 min - Ulrika Wretås, OKG

LUNCH 12.00 – 12.45

Kl. 13.00 *Data analys för PSA*
Föredragshållare: 20 min - Jan Holmberg, SwedPower

Kl. 13.30 *Analys av övriga yttre händelser - flygplansstörtning*
Flygriskanalis är ett annat intressant område. En analys från NLR visar att flygplanen (överflygning) kan trilla ner var som helst i Skåne med lika sannolikhet. Över 600 000 överflygningar görs varje år över svenskt luftrum.
Föredragshållare: 15 min - Ingemar Ingemarsson BKAB.

Kl. 13.45 *Metod att välja ut rum för brandspridningsanalys*
Föredragshållare: 15 min – Ola Bäckström, Relcon.

Kl. 14.00

Analyser av rumshändelser och X-boken

Brand-PSA. Fastställande av sannolikhet för begynnande brand i ett rum, modellering av brandspridning, urval av rum för analys av brandspridning, inledande händelser vid brand, olika felmoder i elektriska system vid brand
Föredragshållare: 20 min – Lotta Andersson BKAB och Anders Angner ES-Konsult.

KAFFERAST 14.30 – 15.00

3 - PSA, kvalitetshöjande verksamhet

Mål: Ge deltagarna inblick i t.ex. nya synsätt, good practice, som höjer kvaliteten på PSA verksamheten.

Kl. 15.00

SKIs PSA Tillsynshandbok

Föredragshållare: 20 min - Anders Hallman SKI.

Kl. 15.30

Resultat av utfört arbete inom kraftindustrins VGx arbetsgrupp angående PSA tillämpningar

Föredragshållare: 20 min - Mauritz Gärdinge OKG.

Kl. 16.00

Hur skall vi arbeta med ”Risk Informed Principles” i framtiden

Föredragshållare: 20 min - Lars Gunsell SKI.

Kl. 16.30

STUK, myndighetens PSA verksamhet i Finland

Föredragshållare: 20 min – Ilkka Niemelä STUK

Kl. 17.00

Analys av väderrelaterade yttre händelser – speciellt hög och låg havsvattennivå - metoder, fenomen etc.

Föredragshållare: 20 min - Michael Knochenhauer, Impera-K

KAFFERAST 17.30 – 18.00

BLOCK 2 - PANELDEBATT, Kl 18.00 till 19.00

Mål: Identifiera väsentliga forskningsinsatser som inte är initierade idag. Identifiera förväntningar och sammansättning på SKI:s forskningsreferensgrupp för säkerhetsanalys.

- FoU behov
- SKI:s forskningsreferensgrupp

- **Fördjupade diskussionspunkter utifrån dagens föredrag och inlägg**
- **Forskning, inventering av framtidens problemområden.**
 - Utveckling av PSA som verktyg, ISA, PSA-MTO och osäkerheter, kompetenscentra, programmerbar elektronik, mm
 - Driftklarhetsverifiering, orsaker till basläggningsfel, konsekvenser av basläggningsfel, effektivitet i tester, mm
 - Åldring av byggnader, system, komponenter, reservdelshållning
 - **Föredragshållare:** Alla
- **Etablering av arbetsgrupper**
 - som bör arbeta med kontinuerliga uppföljningar av aktuella frågeställningar i olika projekt (mantid, kostnader, tidsplaner)
 - **Föredragshållare:** Alla

MIDDAG 20.00

SLUTLIG AGENDA
PSA – SEMINARIUM I TAMMSVIK, FREDAG DEN 2000-02-11.

Presentation **Föredragshållare** **Ämne**

BLOCK 1 forts.

- Kl. 8.30* ***TVO, PSAs användning vid modernisering av TVO***
***Föredragshållare:** 20 min - Risto Himanen TVO*
- Kl. 9.00* ***Nya eller planerade applikationer. Standardiserad PSA dokumentation mha dagens IT-teknik***
Kvalitetssäkring, beskrivningstekniker, elektronisk dokumentation, hantering av komplex information o.dyl. vad avser dagens PSA studier ES presentation av ESs EDS systemet (appl mot OKG).
***Föredragshållare:** 20 min - Gunnar Johansson ES-Konsult*

BLOCK 3 – ERFARENHETSINSAMLING / -BEDÖMNINGAR

Mål: Delge deltagarna information om arbeten som pågår inom tillförlitlighetsanalys och säkerhetsanalys området, inträffade händelser som kan ha väsentlig influens på säkerhetsarbetet.

REDOVISNING AV DATAINSAMLING OCH AV ERFARENHETER

- Kl. 9.30* ***Kortfattad redovisning av ERFATOMs utvecklingsplaner samt presentation av viktigare händelser***
samt deras ev. inverkan på djupförsvaret och säkerhetsbarriärer
***Föredragshållare:** 20 min - Fredrik Gelius, ERFATOM.*
***Föredragshållare:** 20 min - Tomas Öhlin, ABB Atom.*

KAFFERAST 10.10 – 10.30

- Kl. 10.30* ***Inträffade bränder i utländska kärnkraftverk***
samt relevansen av dessa för de inhemska kärnkraftverken
***Föredragshållare:** 15 min - PG Sjölin KSU.*
- Kl. 10.50* ***Den nya T-Boken version 5. Förändringar i ver 5, kvalitetskrav inför utgivningen av T-bok 5. // Nyheter vid skattning av felintensiteter och felsannolikheter för T-boken 5 (tidigare metodutveckling, bättre hantering av q+lambd*t modell, data i bilagor till ver 5).***
***Föredragshållare:** 15 min - Sven Skagerman, TUD kansliet*
***Föredragshållare:** 25 min - Kurt Pörn Pörn, Consulting*
- Kl.11.30* ***IVO, WANO möte i Nådendal i Finland, angående 'Blockage risk of the cooling water intake'***
***Föredragshållare:** 20 min - Jussi Vaurio, Fortum (IVO)*

LUNCH 12.00 – 13.00

2 - REDOVISNING AV AKTUELLA F&U PROJEKT

SKI

Kl. 13.00

Status - ICDE projektet

Föredragshållare: 20 min - Ralph Nyman SKI alt Gunnar Johansson ES-Konsult 1) Vilka insikter har det s.k. ICDE projektet givit oss ? 2) Etablering av en svensk / finsk CCF arbetsgrupp.

Kl. 13.30

SLAP projektet - SKI / EPRI samverkan, kontinuerlig uppdatering av SLAP databasen.

Föredragshållare: 15 min - Ralph Nyman SKI.

BLOCK 4 - PANELDEBATT / UPPSUMMERING, KI 14.00 till 15.30

Mål: Identifiera förutsättningarna för väsentliga nationella arbetsinsatser och arbetsgrupper, som inte är initierade ännu idag.

- Nationella databanker
- Nya data och databaser för nya PSA applikationer

BEHOVET AV F&U

Fördjupade diskussionspunkter utifrån dagens föredrag och inlägg

- **Föredragshållare:** Alla

Finns behov av nya data och modeller för nya PSA applikationer

- Finns data och modeller framtagna för PSA applikationer vid analys av olika drifttillstånd (t.ex. nergång, avställning, uppgång och / eller revision, CCI) ?
- Finns data och modeller framtagna för PSA av programmerbar utrustning, -system, -funktioner ?
- **Föredragshållare:** Alla

Nationellt databas ansvar

- Vem skall ha ansvaret för att gemensam svensk informationen & data för säkerhetsanalyser alltid är uppdaterad (koordineringsfråga). Skall t.ex. Barsebäck ansvara för databas XX, Forsmark för databas YY, Ringhals för databas ZZ ? (kostnads- & effektivitetsfråga)
- **Föredragshållare:** Alla

Resultatpresentation

- Hur skall man presentera resultat, för att komma ifrån fixeringen E-5/E-6 och mera titta på de kvalitativa åtgärderna.
- **Föredragshållare:** Alla

Nästa PSA – seminarium, summering av mötet

Avslutning

FÖREDRAG / PRESENTATION

1

Inledning, tidigare Slottsmöten, avsikter med detta möte
Föredragshållare: Lars Gunsell, SKI



FÖREDRAG / PRESENTATION

2

Samtliga kraftverk presenterar statusen på PSA arbetet idag
Föredragshållare: *Kortfattade redovisningar från alla*
kraftverken

PSA AKTIVITETER VID FORSMARK 3

Omfattning på Forsmark 3s interna PSA arbete

- **Löpande uppdatering av nivå 1 studien i takt med ombyggnader i stationen**
- **Riskuppföljning av driftstörningar (ROn, störningsrapporter osv..)**
- **PSA bedömning (del av den integrerade säkerhetsanalysen) av ombyggnader i säkerhetssystem**

Status på Forsmark 3's PSA modell

- Nivå 1 studien är uppdaterad med avseende på SKIs kommentarer och utförda ombyggnader tom 1999
- Pågående arbete är implementering av borsystemet (351) i modellen

Kommande utvidgning av Forsmark 3s PSA studie

- **Komplettering med upp och nedgångs analyser 2002**
- **Komplettering med avställningsanalys 2003
(Anm. en förstudie finns utförd av ABB 1996)**

FÖREDRAG / PRESENTATION

3

Resultat, slutsatser, från utförda PSA, planerade framtida aktiviteter

Föredragshållare: Göran Hultquist FKA. PSA 2000 F1/2

PSA- Slottsmöte i den 10 och 11. 2 år 2000
Göran Hultquist – Forsmarks Kraftgrupp AB

Erfarenheter av PSA-2000-projektet

Projekt som utvärderar Forsmark 1 och 2 via en Nivå 1 studie och en Nivå 2 studie.

Start under 1997. Planerat klart till år 2000.
Kommer att vara klart till slutet av år 2000.

Inga slutresultat finns klara endast preliminära

PSA- Slottsmöte i den 10 och 11. 2 år 2000

Erfarenheter av PSA-2000-projektet

Arbetsätt:

Nivå –1-studien: Leverantör –Swedpower

Granskare – Relcon

- Blockgranskning

Jämförelse med TVO-studie via
uppföljningsmöten med TVO.

Nivå 2- studien: Levarantör - Fauske

Granskare - Veine Gustavsson/
Swedpower

- blockgranskning

Jämförelse med TVO-studien via
uppföljningsmöten med TVO

PSA- Slottsmöte i den 10 och 11. 2 år 2000

Erfarenheter av PSA-2000-projektet

Granskning skedde successivt under projektet gång och modeller och underlag granskades kontinuerligt.

Via granskningsloggar och separata granskningsmöten klargjordes ståndpunkter.

Beställaren erhöll härigenom en känsla av att ev. brister som finns har identifierats. Detta är en stor fördel och skapar tidigt en bild brister i studien. Återgärder kan initieras tidigt i projektet

Nackdelen är ev. att det skapas många kommentarer som ev. kunnat undvikas om granskning enbart skett i efterhand.

PSA- Slottsmöte i den 10 och 11. 2 år 2000

Erfarenheter av PSA-2000-projektet

Speciella analyser som genomförts av projektet

Analys av H-rumskylning

Analyser av risker för fastnade styrtavar- Omprövning av data i T-boken med hjälp av ABB-Atom.

Härdberäkningar med analys av effekten av att 2 intilliggande styrtavar är i uteläge vid kall avställd reaktor

Utvärdering av X-bokens brandfrekvenser och tydliggörande av frekvenser för fullt utvecklade brand

PSA- Slottsmöte i den 10 och 11. 2 år 2000

Erfarenheter av PSA-2000-projektet

Brister att åtgärda innan studien är färdig

- Utveckla och integrera sekvensberoende systemkrav
- Modellering av viktiga driftsystem- mava-, dump-, kondensorsystem samt för vattenreservoir i avfallet, och för borsystemet
- Förbättrade modeller för el.kraftsystem och dess beroende. Speciellt utvecklad modellering av batteriesystem och deras påverkan av tillgänglighet för andra funktioner.
- Förbättra modellering av brandfrekvenser och dess fördelning på olika rum
- Utvärdera risken för CCIer genom att göra frånslag av skenor i simulatorn.

PSA- Slottsmöte i den 10 och 11. 2 år 2000

Erfarenheter av PSA-2000-projektet

Sekvensberoende systemkrav

Här avses att ta fram relevanta systemkrav beroende på när i tiden olika systemfunktioner erfordras.

Det är viktigt att systemkraven är relevanta då dessa erfordras efter ex.vis

- TB- utlösning
- Återkomst av yttre nät
- Då vattnet är slut i kondensorn
- Då 733-tankens vatten är slut
- Då batteriernas kapacitet är för låg

Dessa händelse äger inte rum vid tiden noll utan vid x-timmar in i ett scenario. Vid dessa tidpunkter är resteffektbehovet mycket lägre och därmed systemkraven annorlunda.

Man borde också modellera de beroenden som finns avseende den varierande kyleffekten från havsvatten.

PSA- Slottsmöte i den 10 och 11. 2 år 2000

Erfarenheter av PSA-2000-projektet

Nivå 2- analysen

I denna ingår ett antal **fenomenrapporter** som klarlägger att

- vätgas explosioner
- ångexplosioner
- kylbarhet
- återkriticitet
- Direct containment heating

Inte utgör risker för anläggningen

Recovery

---**En recovery analys** tydliggör att ca 70 % av härdskada fallen i nivå 1 studien inte leder till härdskada.

Dessutom konstateras att ca 5% av fallen förhindras att smälta genom tanken.

Därmed har ca 75% av alla härdskada fall sorterats bort från att ge effekter i inneslutningen

PSA- Slottsmöte i den 10 och 11. 2 år 2000

Erfarenheter av PSA-2000-projektet

Inneslutningens tålighet

- En analys av möjlig brottställen har genomförts. Denna konstaterar att det är svårt att ange var inneslutningen först kommer att läcka. Även om det gör det troligt att det först kommer att läcka i drywell.
- Analysen konstaterar också att inneslutningen tål betydligt högre tryck än vad som framkommit i FRISK-arbetet. Tryck upp till 13 bar kan inneslutningen motstå och speciellt om trycket ej är högt under mer än ett begränsat antal timmar.

PSA- Slottsmöte i den 10 och 11. 2 år 2000

Erfarenheter av PSA-2000-projektet

MAAP-analyser av haveriförlopp

Vid MAAP-analyser av haveriförlopp så erhålles med senaste MAAP-koden förlopp som kraftigt avviker från de scenarier som redovisades vid införande av Scrubber-anläggningarna.

När härdsmltan kommer ner till vattenytan i nedredrywell så kommer den att kyla av mycket kraftigt och därmed också generera mycket höga halter av vätgas i inneslutningen. Detta genererar mycket högre tryck i inneslutningen än tidigare antaget och speciellt sker den mycket snabbt.

Fördelen med denna kraftiga kylning är att härdresterna är kylda. Det finns alltså ingen tvekan om att härden är kyld i dessa sekvenser.

PSA- Slottsmöte i den 10 och 11. 2 år 2000

Erfarenheter av PSA-2000-projektet

Fortsatt PSA-utveckling för Forsmark

Baserat på erfarenheterna vid framtagning av projekt PSA 2000 så kan jag se framför mig behov att utveckla studierna med avseende på följande:

- Felaktiga manövrar av operatörer
- Tydliggöra risker för härdskada vid utebliven inskjutning av 3- 6 intilliggande styrstavar utveckla recoveryanalyserna
- Tydliggöra olika sluttillstånd så att man skiljer mellan olika grader av härdskada
- Analysera för utsläppsscenarioer som ej är kopplade till härdskada- brand i filter, i avfallskontainrar, kriticitet
- Analysera effekter av felande ventilation
- Fördela rörbrottsrisker efter var de är mest troliga och värdera riskerna efter detta.
- Fördela systemkrav mellan olika system samt utnyttja kyleffekter i system 321 och 331.

PSA- Slottsmöte i den 10 och 11. 2 år 2000

Erfarenheter av PSA-2000-projektet

Tolkning av resultat från PSA-studien.

Ovanstående utgör också en lista på vad man skall tänka på när man utvärderar en PSA-studie.

Då dessa moment ej ingår i en studie så måste också resultatet av studien tolkas med hänsyn till detta.

FÖREDRAG / PRESENTATION

4

*Vad skiljer olika anläggningarnas PSAn från varandra
Föredragshållare: Göran Hultquist FKA. PSA jämförelser
mellan kraftverken F3 och O3.*

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

Ett NKS projekt

Projektledare

Jan Holmberg och Uhro Pulkinen

SKI / FKA / OKG stödjer projektet

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

VARFÖR kan två PSA studier ge kraftigt avvikande
slutresultat

Då utvärderande anläggningar är så lika

Projektet skall kartlägga orsakerna till detta

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

Projektresultaten skall utnyttjas för att klarlägga hur
man kan erhålla konsistenta resultat från PSA-studier

och

baserat på detta

kan dra hållbara slutsatser från en PSA-studie

Kan man ej garantera konsistenta resultat av
PSA-studien så är inte
heller de slutsatser man dra konsistenta och medför att
felaktiga beslut fattas

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

PSA –studier skall utnyttjas för att dra slutsatser om anläggningens starka och svaga funktioner

Baserat på detta skall man

- Värdera anläggningens säkerhetsnivå
- värdera uppgraderingar av anläggningen
 - genomföra LPSA-studier
- utvärdera effekter av operatörsingrepp / instruktioner

Om dessa värderingar baseras på resultat som inte är konsistenta så

Medför detta att man kan riskera att felaktiga slutsatser dras

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

VAD kan påverka innehållet i enPSA-studie?

1. PSA-projektets förutsättningar och målsättning
2. Tillgängliga resurser för genomförandet
3. Analysgruppens arbetssätt
4. Kopplingar till andraprojektet
5. Referensstudier som utnyttjas
6. Kvalitetssäkringsnivå

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

Skillnader likheter kan konstateras rörande

Bakgrund

Status på tidigare studier - lika

Målsättning

Komplett nivå 1 och 2 studie—lika

ASAR kontra LPSA –modell -- olika

Omfattning

FMEA-analyser på systemnivå -- olika

Brand och översvämning i ena studien---olika

Arbetsgång

1,5 år utan iterationer/ flera faser-- olika

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

- Tidplan var viktigare i den ena studien än i den andra
- Modellens storlek jämfört med datorverktygets kapacitet orsakade ena projektet stora problem och påverkade modelleringen medförde två databaser

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

Studie av inledande händelser

1. Identifiering av inledande händelser
2. Definiering och kategorisering av inledande händelser
3. Skattning av felfrekvenser

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

Studie av inledande händelser

Olikheter i analys av inledande händelser medför stor påverkan på slutresultaten

1.CCI-utvärdering kraftigt avvikande resultat

2. Bortfall av yttre nät är olika

Detta är dock betingat av en verklig skillnad mellan anläggningarna

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

Studie av händelseträdsanalys

1. Definition av sluttillstånd
2. Systemfunktionskravsstudier
3. Modellering av händelsetråd

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

Skillnader

HS- kategoriseringen skiljer sig mellan studierna

Varm avställd reaktor kontra kall avställd reaktor som lyckat sluttilstånd

Krav på reaktoravställning skiljer sig mellan studierna

Olika behandling av erforderligt antal avblåsningsventiler för att klara tryckavsäkringen

Olika krav på PS-funktion vid stor och medelstor LOCA

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

Mer detaljerat underlag för systemfunktionskrav avseende spädmatning för den ena studien medför att man erhållit mer detaljerade och varierande systemfunktionskrav

- vid påverkan av utebliven återstängning av s.314

- Krav antal 314-ventiler för TB-funktionen olika

Mer varierande resteffektfunktionskrav i ena studien
Fler resteffektkylningsvägar krediteras i denna studien

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

Händelseträdsmodellering

Olika sätt att upprätta händelseträd

- *traditionell modell*

mot

- *gemensamma händelseträd och randvillkor*

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

Studien fortsätter

för att

identifiera fler

skillnader

och för att dra slutsatser hur *konsistenta studier* kan
erhållas

Projekt F3 -O3 PSA- jämförelse

De skillnader som identifierats kan ej anses vara orsakade av motiv att styra studierna till vissa resultat

dock

kan man konstatera att projektförutsättningar och projektresurser påverkar de val som gjorts i studierna

Då detta gett helt olika slutresultat så bör man Betrakta detta som en svaghet för PSA-studier.

Kan man inte finna former/ styrmedel som undanröjer dessa svagheter så kommer tilliten till PSA-resultat att vara begränsad

FÖREDRAG / PRESENTATION

5

LPSA teori, -applikationer, -tillämpning

Föredragshållare: Johan Sandstedt, Relcon

Föredragshållare: Jan Holmberg, SwedPower

LPSA
Optimering av testintervall
Modellering/Analys

PSA Seminarium i Tammsvik

10-11 februari, 2000

Optimering av testintervall

- Presentationen redovisar resultat från ett IAEA-projekt där RELCON medverkade på uppdrag av SKI.
- Målsättningen var att undersöka hur känsliga de resultat är som erhålls vid testintervallsoptimering med avseende på olika typer av osäkerheter och förutsättningar.

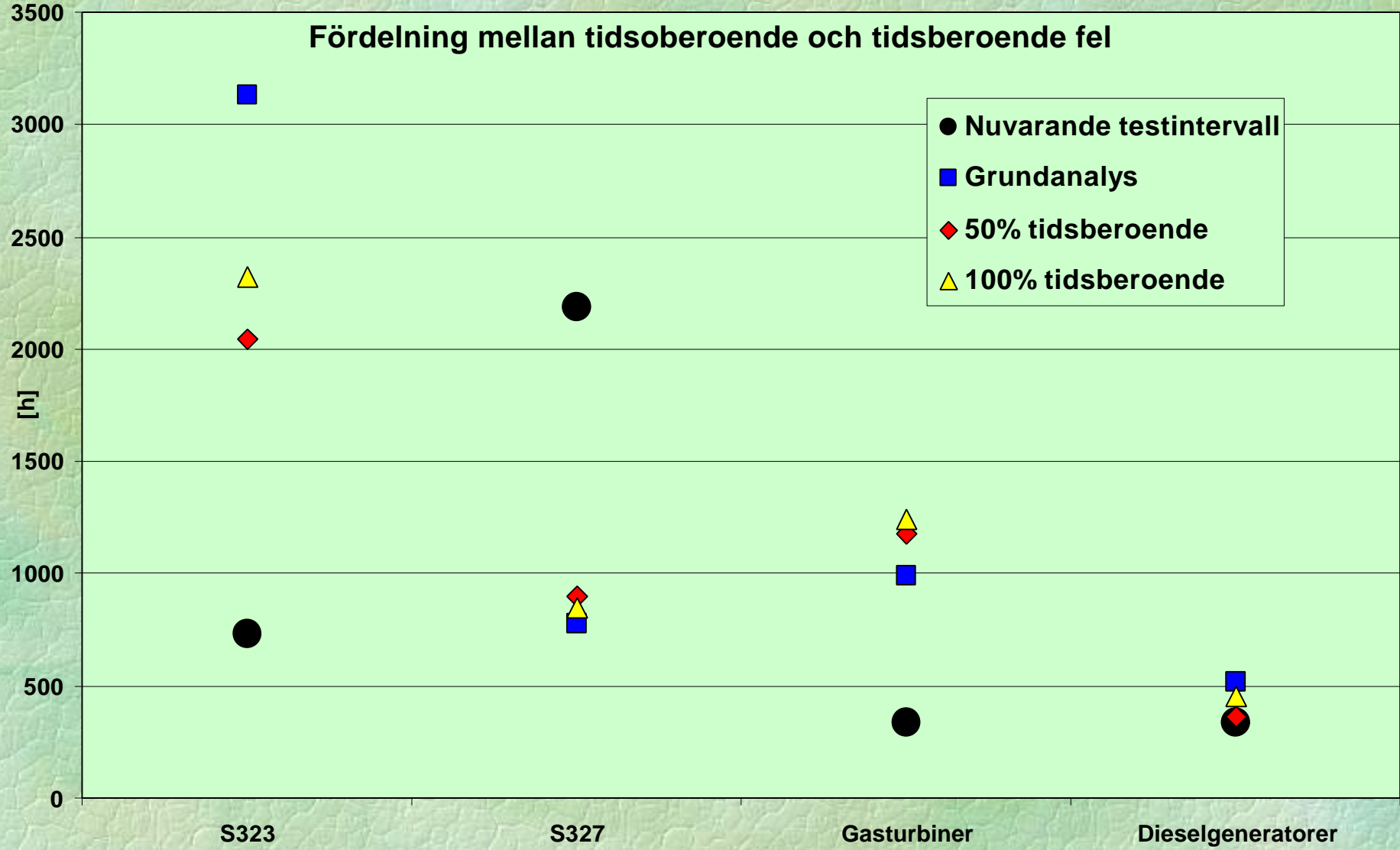
Undersökta osäkerheter/ förutsättningar

- Fördelning mellan tidsberoende och tidsberoende fel (T-bok, 50/50, 0/100)
- Deterministiska osäkerheter (med och utan matarvattenfunktionen)
- Konfiguration (variation av driftläggning)
- Justering av otillgänglighet p g a AU med avseende på testintervall (med och utan justering)
- Beräkningsteknik (tidsberoende respektive tidsberoende analys)

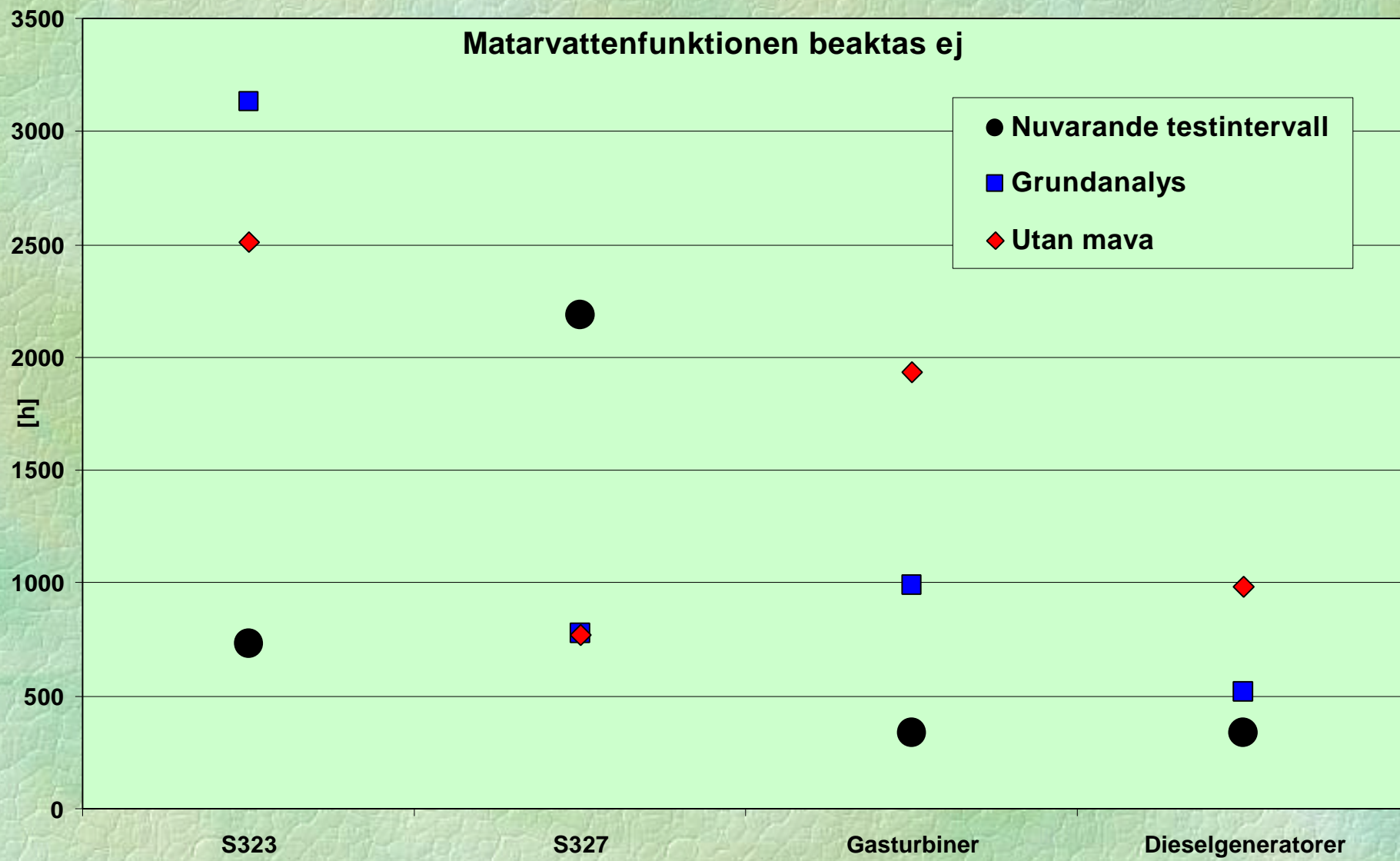
Analysomfattning

- Modell: PSA-O1
- IH: LOCAs, transienter och CCIer
- Sluttillstånd: HS p g a utebliven spädmatning
- Testintervall:
 - Pumpar system 323 (728 h)
 - Pumpar system 327 (2184 h)
 - Gasturbiner (336 h)
 - Dieselgeneratorer (336 h)

Fördelning mellan tidsberoende och tidsberoende fel



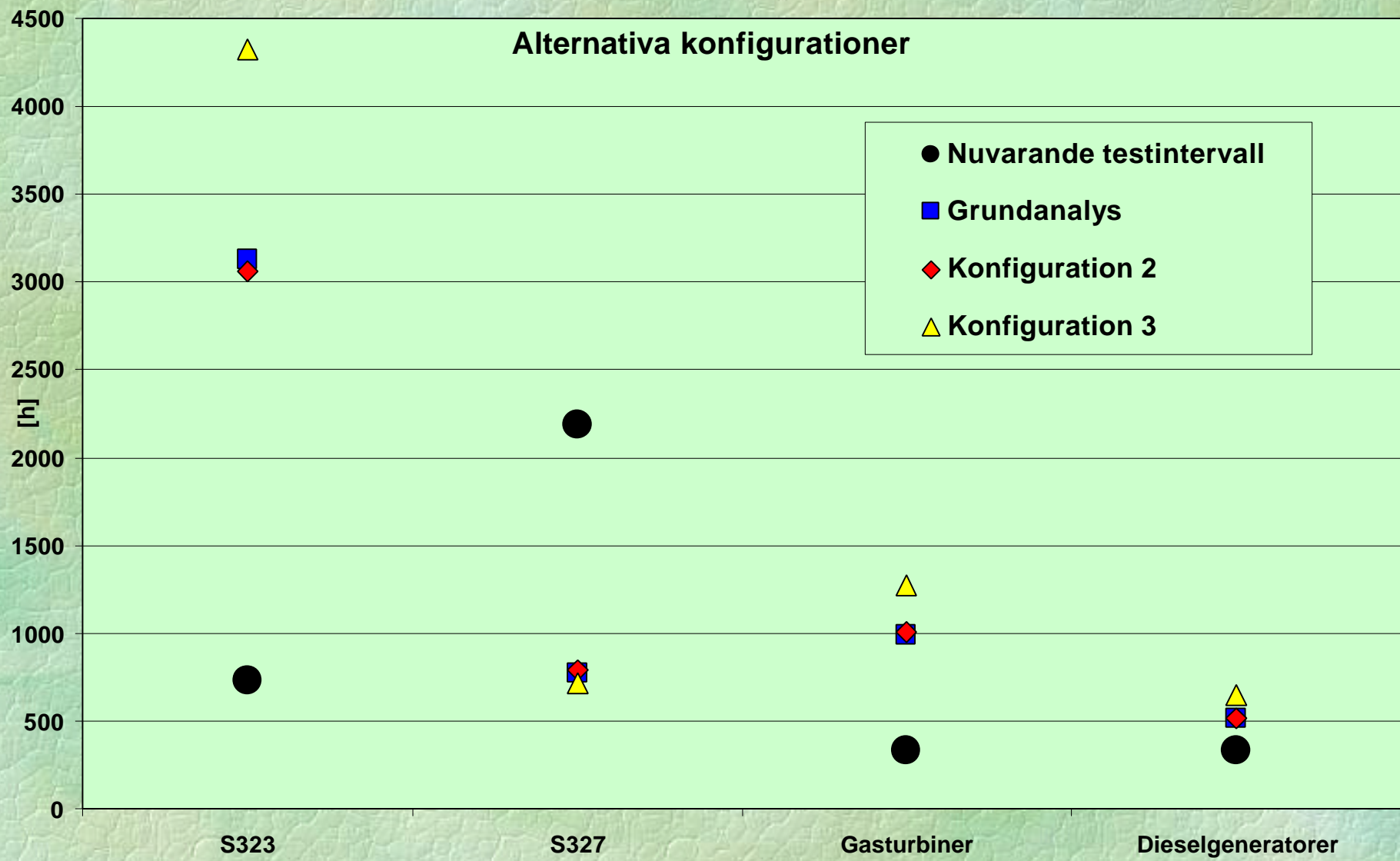
Matarvattenfunktionen beaktas ej



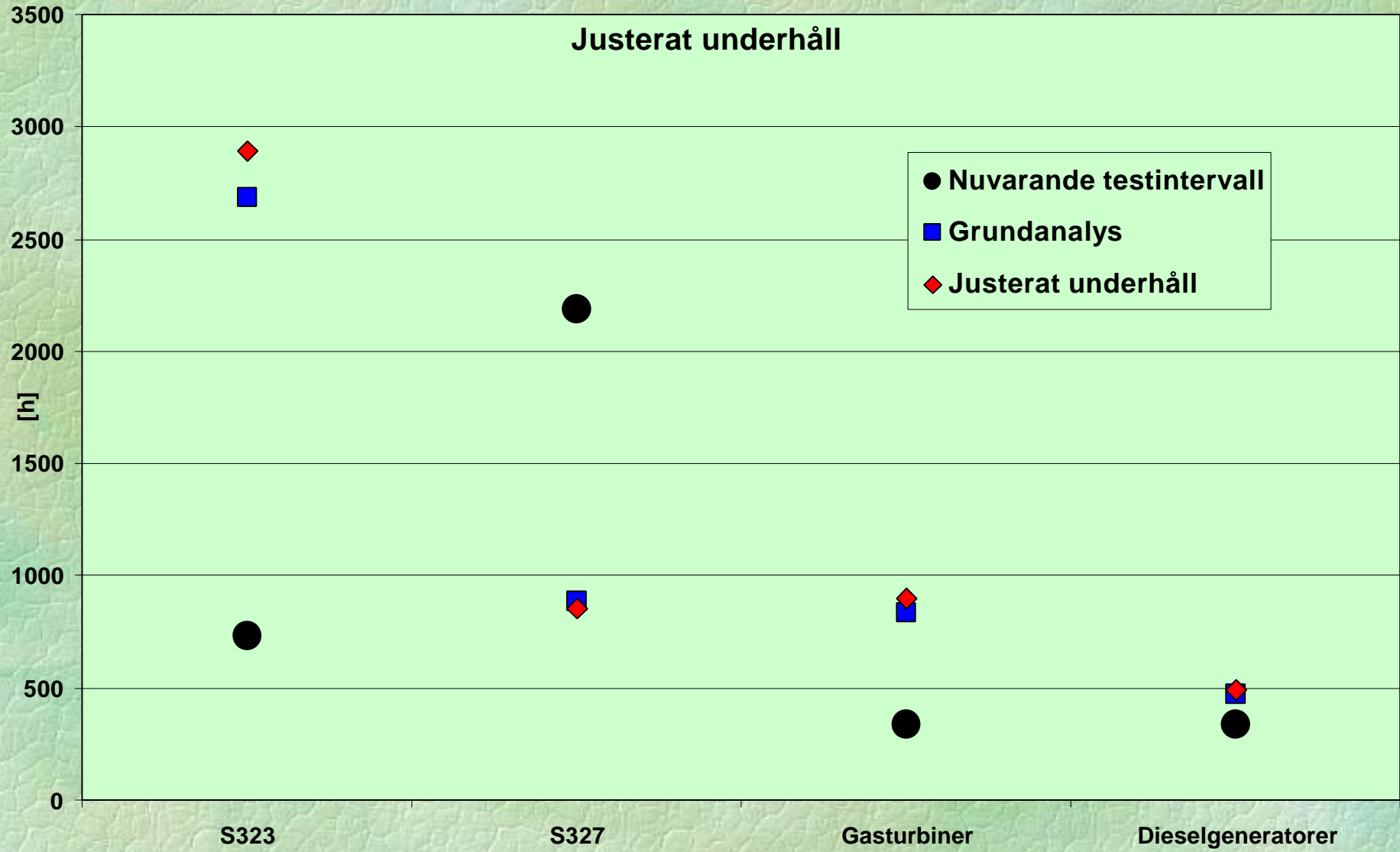
Analyserade konfigurationer

| Grundanalys | Konfiguration 2 | Konfiguration 3 |
|-------------|-----------------|-----------------|
| 312P1, P2 | 312P2, P3 | 312P1, P3 |
| 442P1, P2 | 442P2, P3 | 442P1, P3 |
| 712P1, P2 | 712P2, P3 | 712P1, P3 |
| 712P4 | 712P5 | 712P5 |
| 715P1 | 715P2 | 715P2 |
| 721P1, P2 | 721P2, P3 | 721P1, P3 |
| 751F1 | 751F2 | 751F2 |
| 754F1 | 754F2 | 754F2 |

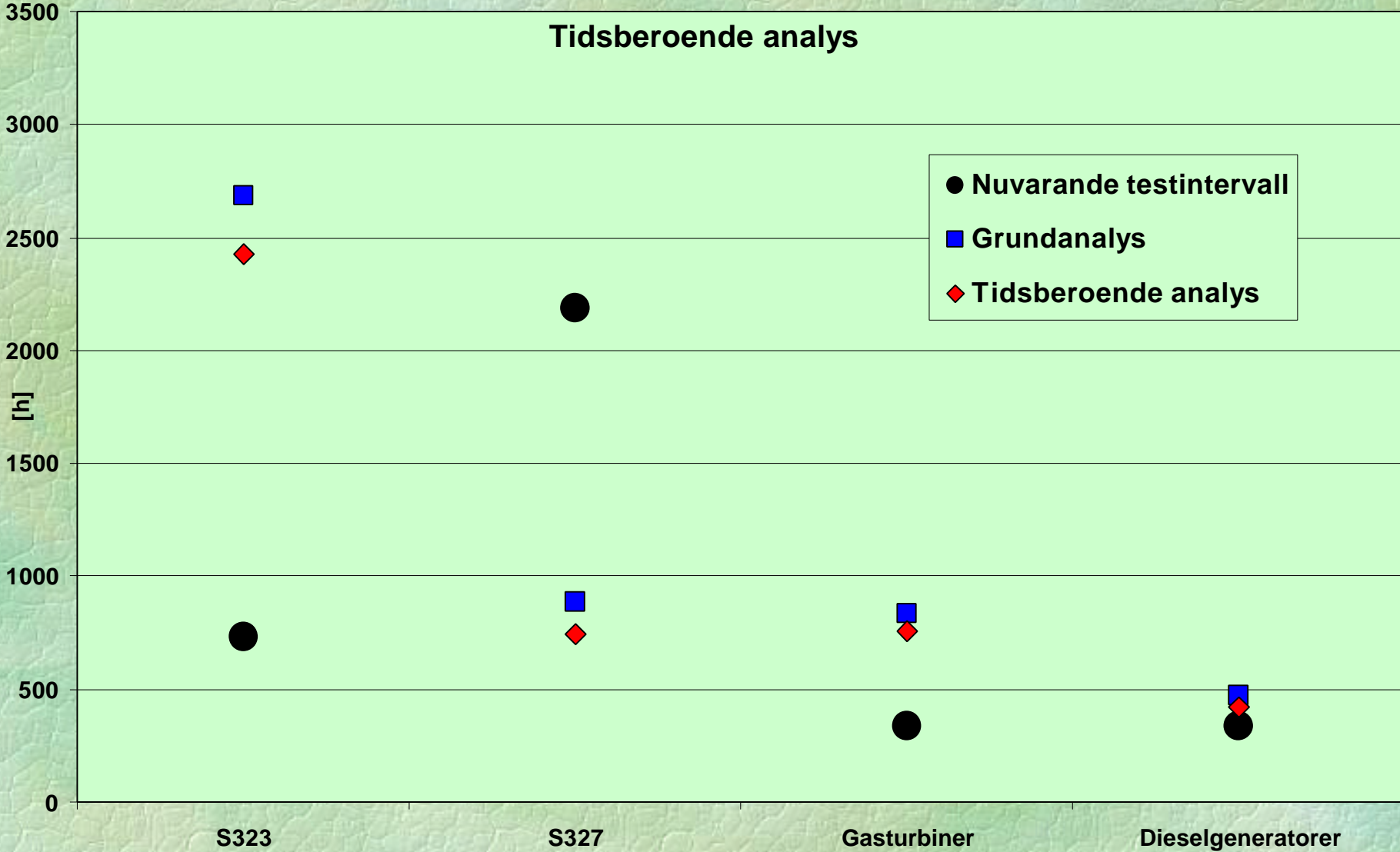
Alternativa konfigurationer

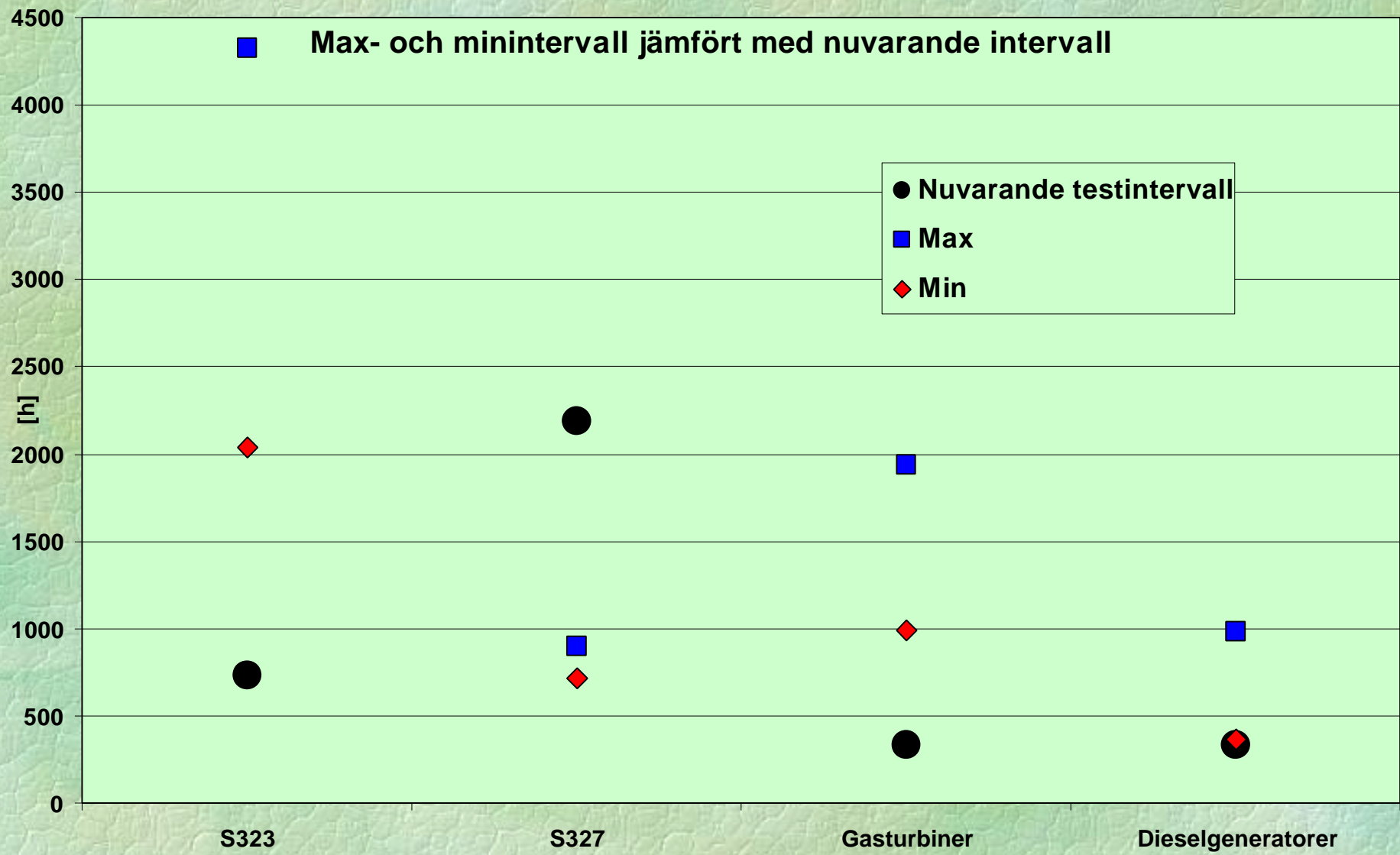


Justerat underhåll



Tidsberoende analys





Resultat

| Testintervall: | Nuvarande | Fall 1 | Fall 2 |
|------------------|-----------|--------|--------|
| S323 | 728 | 3000 | 2500 |
| S327 | 2184 | 840 | 672 |
| Gasturbiner | 336 | 1344 | 840 |
| Diesलगeneratorer | 336 | 672 | 336 |
| Resultat: | Nuvarande | Fall 1 | Fall 2 |
| HS-frekvens | 1 | 1,07 | 0,92 |
| Antal test | 1 | 0,48 | 0,78 |

Modellering

- För att kunna genomföra testintervallsoptimering krävs av modellen att den är både fullständig och realistisk.
- Samtliga IH måste vara modellerade med samma grad av realism.
- Samtliga "ej försumbara" IH bör vara modellerade så att de kan analyseras i en och samma körning.

Modellering

(fortsättning)

- Samtliga system bör vara detaljerat modellerade avseende beroenden av hjälp-, el- och signalsystem samt rumsberoenden.
- Samtliga ”normala” driftläggningsalternativ bör vara modellerade.
- Parametrar avseende testintervall och tid till första test måste anges provnings- respektive sub-provningsspecifikt.

Modellering

(fortsättning)

- Om optimeringen skall genomföras med avseende på utsläpp (nivå 2) krävs att nivå 1 och nivå 2 integreras till en modell.

Analys

- Tidsberoende analys bör utnyttjas för att beakta tidsförskjuten testning.
- Möjliga ”normala” driftläggningsalternativ bör analyseras.
- Känslighetsanalyser avseende osäkerheter i feldata samt deterministiska osäkerheter bör analyseras.

Levande PSA — teori eller praktik?

Jan Holmberg
SwedPower AB

PSA-seminarium
10-11 februari, 2000, Tammsvik

För och emot LPSA

● För LPSA

- ökat säkerhetskrav, tillsyn
- kostnadsbesparningar => prioriteringar
- PSA kostar => nyttokrav
- PSAs trovärdighetsproblem => ökad användning kan hjälpa till
- kunskapshöjande för de involverande

● Emot LPSA

- kostar tid och pengar
- klarat hittills utan LPSA
- PSAs osäkerheter
- rädsla för ännu hårdare myndighetskrav

Användning av PSA

- Risk-informerad användning
 - identifiering
 - rangordning
 - utvärdering, jämförelser
- Risk-baserat beslutsfattandet
 - teoridelen av LPSA
 - acceptanskriterier
 - optimering (= maximera förväntade livstidsvinster)

Definition för LPSA

- att ha PSA-verksamhet
 - policy-beslut, mål, riktlinjer, kvalitetssystem
 - personal, kompetens
 - studie som är användbar för de tänkta användningsområdena
 - egen användning, tillämpningar
 - erfarenhetsutbyte med andra anläggningar

Egen användning av PSA

- förutsättningar
 - engagerade personer som har tid och motivation
 - utbildning
 - användaranpassad datormodell och spårbar dokumentation
- användning (minimumnivå)
 - användning av riskviktighetsmått
 - ändra feldata
 - riskuppföljning
- beställarkompetens för avancerade uppgifter

LPSA-vision

- integrering av tre metoder som bygger på
 - riskbaserat tänkande
 - riskinformerad inriktning
 - samma PSA-kriterier

| LPSA | RCM | RI-ISI |
|--|--------------------------------|-------------------------------|
| uppdatering anläggningsändringar riskuppföljning | tillståndsbaserat underhåll | riskbaserat provningsurval |

Slutsatser

- LPSA är inte teori, utan är arbete och verksamhet
- LPSA kostar, måste medföra ekonomisk nytta
- integrering av PSA, RCM & RI-ISI är en möjlighet för lönsam PSA-verksamhet

- metoder och kunskap finns
- insikter, diskussioner, samordning och vilja behövs för att nå LPSA-visionen

FÖREDRAG / PRESENTATION

6

PSA för olika drifttillstånd - avställningsperioden
Föredragshållare: Ulrika Wretås, OKG

OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSANALYS

INGÅENDE MOMENT:

- FÖRBEREDELSE
- HRA (HUMAN RELIABILITY ANALYSIS)
- PSA
- RESULTATVÄRDERING
- ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN

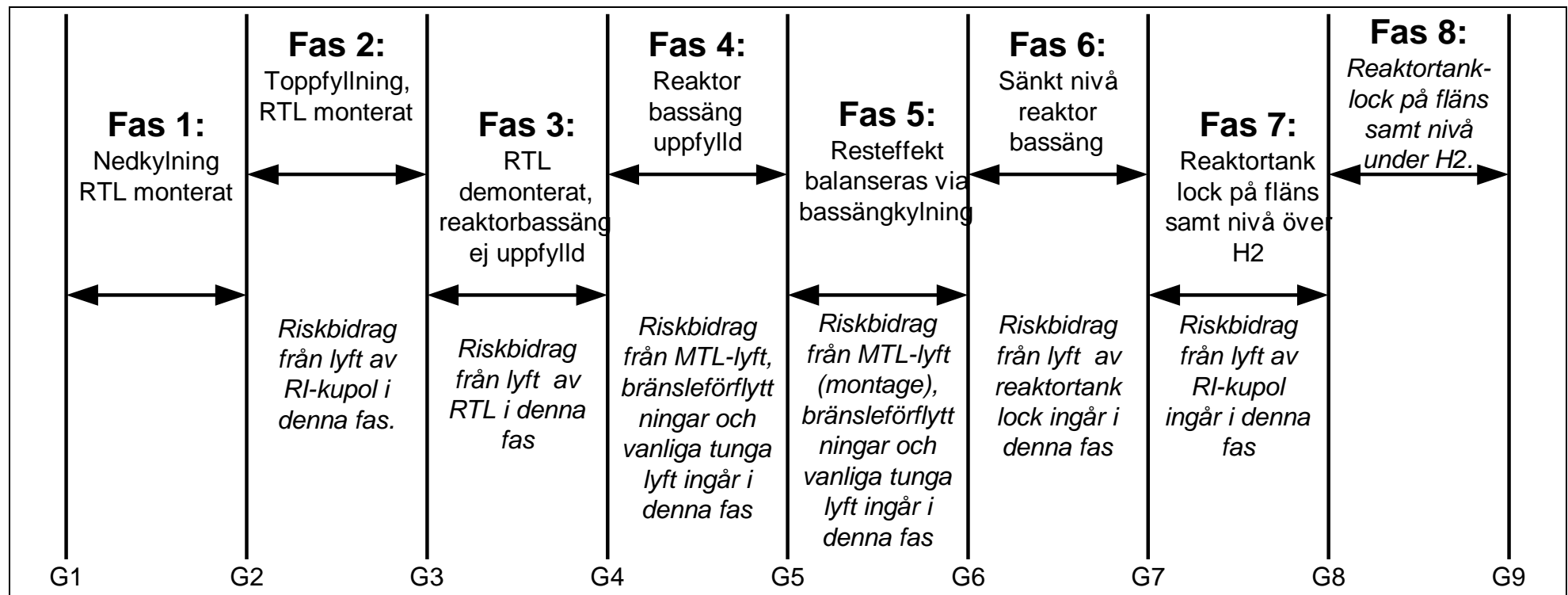
OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSSANALYS

FÖRBEREDELSE:

- PLANERING
- STRUKTUR AV AVSTÄLLNINGSPERIODEN
- IDENTIFIERING AV INLEDANDE HÄNDELSER
- IDENTIFIERING AV SLUTTILLSTÅND

OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSPANALYS

STRUKTUR AV AVSTÄLLNINGSPERIODEN



OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSSANALYS

INLEDANDE HÄNDELSE:

- RHR
- OA
- XT
- S2B
- S1B
- YS1B
- AB
- YAB

OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSSANALYS

SLUTTILLSTÅND:

- HÄRDFRILÄGGNING
- UTSLÄPP AV EV RADIOAKTIV ÅNGA
- ÖVERSKRIDANDE AV HTG MED
EFTERFÖLJANDE SPRINKLING
- ÖVERSKRIDANDE AV KONSTR.TEMP
- SPRINKLAD HÄRD

OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSANALYS

HRA (HUMAN RELIABILITY ANALYSIS):

- IDENTIFIERING AV KRITISKA ADMINISTRATIVA RUTINER UNDER RA
- SCREENINGANALYSER
- DETALJANALYSER

OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSSANALYS

IDENTIFIERING AV KRITISKA ADMINISTRATIVA RUTINER:

HUR BRA STÖD UTGÖR DEN
ADMINISTRATIVA STYRNINGEN PÅ

- ABH
- BEREDNING
- REVISIONSPLANERING

OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSANALYS

SCREENINGANALYSER:

IDENTIFIERA KRITISKA ARBETSMOMENT,
OMRÅDEN FÖR DETALJANALYS OCH
FRAMTAGNING AV FELDATA FÖR PSA

- LOCA-HÄNDELSE
- BORTFALL AV RESTEFFEKT KYLNING
- ÖVERTRYCKNING

OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSSANALYS

DETALJANALYSER:

IDENTIFIERA KRITISKA ARBETSMOMENT
OCH FRAMTAGNING AV FELDATA FÖR PSA

- TUNGA LYFT
- RH-ARBETEN ALLMÄNT
- KALL TRYCKSÄTTNING
- DD-ARBETEN
- HC-PUMPSARBETEN
- FÖRLUST RESTEFFEKT PGA FEL I 754
- UPPTÄCKT I CKR AV LÄCKAGE FRÅN RT

OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSANALYS

PSA

- SEKVENSPANALYSER
- SYSTEMANALYSER
- MODELLERING
- ANALYS

OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSANALYS

RESULTATVÄRDERING

- MÄTETAL PÅ FREKVENSERNA PÅ ANALYSERADE SLUTTILLSTÅND
- IDENTIFIERING AV SVAGA PUNKTER (STRUKTURELLA OCH ADMINISTRATIVA)

OSKARSHAMN 1 - AVSTÄLLNINGSSANALYS

ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN

- ÅTGÄRDA STRUKTURELLA OCH ADMINISTRATIVA SVAGHETER
- PLANERING AV RA-PERIODERNA
- VERKTYG VID UTVÄRDERING AV NY STF

FÖREDRAG / PRESENTATION

7

Data analys för PSA

Föredragshållare: Jan Holmberg, SwedPower

Dataanalys för PSA

Jan Holmberg
SwedPower AB

PSA-seminarium
10-11 februari, 2000, Tammsvik

Innehållet

- feldataas betydelse
- problemet
- utvecklingsbehovet
- nya metoder
- slutsatser

Feldatas betydelse

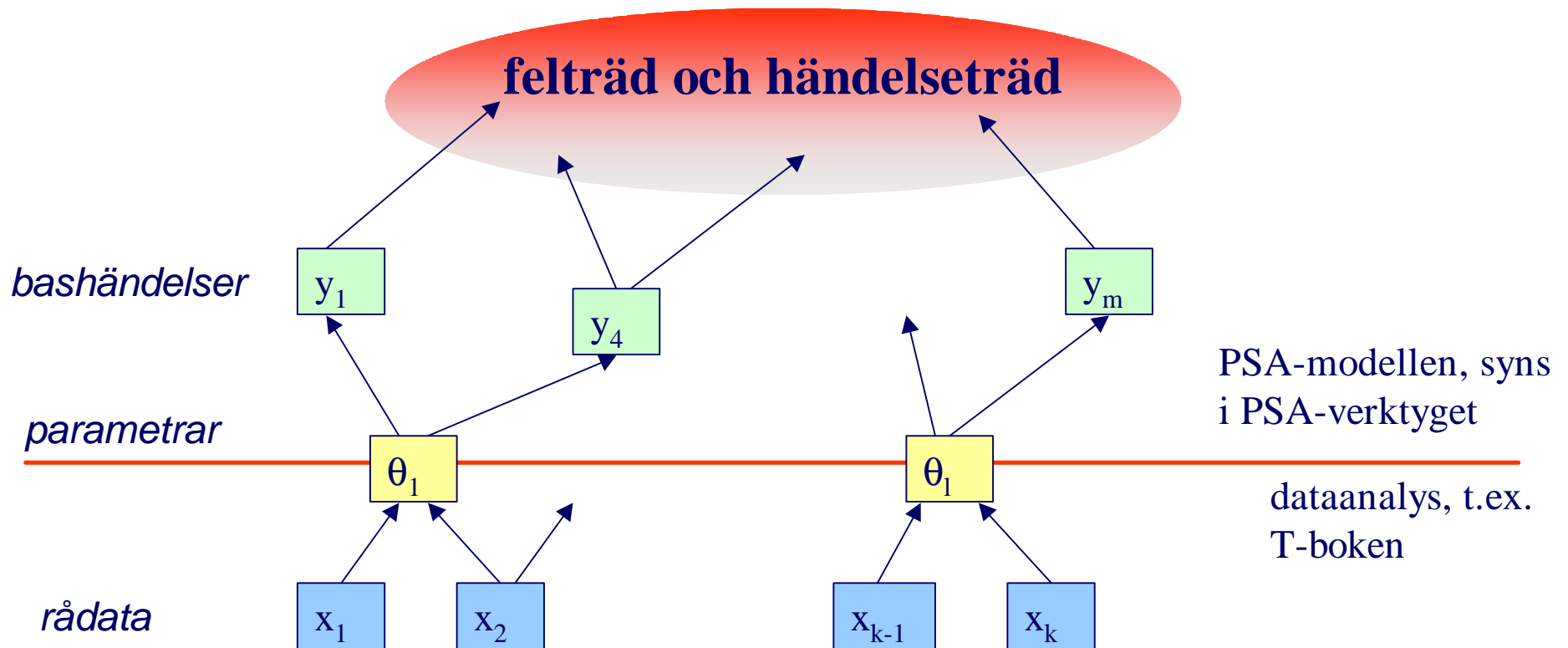
- PSAs osäkerheter
 - fullständighet
 - modell
 - data/parametrar
- känslighet av enstaka bedömningar lätt att demonstrera
- parametrisk osäkerhetsanalys
 - kan vi identifiera vilka parametrar har betydelse?
- dataanalysens kvalitet en del av PSAs kvalitet

Viktiga felparametrar

- frekvenser för inledande händelser
- CCF-faktorer
- övrigt beror på dominerande bashändelser

PSA-modellens struktur

- sannolikhetsvariablernas relationer



Vad är problemet

- PSA är en jättestor sannolikhetsmodell
 - sannolikhetsfältet (Ω, P, B) kan inte beskrivas i detalj
 - består av hundratals (tusentals?) sannolikhetsbedömningar
- ingen möjlighet att vara konsistent
- PSAs mål är ambitiöst
- i praktik är resurser begränsade
- luckan mellan målet och resurser är enorm

Krav på dataanalysen

- spårbarhet, referenser
- kvalitet på data
 - representativ => riktiga bedömningar
 - mängd => minskar osäkerheten
- konsistens
 - skattningsmetod
 - tolkning av data
- bedömning av osäkerheter

Rådata

- anläggningserfarenheter ska används så mycket som möjligt
 - egen anläggning
 - likadana reaktorer
 - kärnkraftanläggningar
 - processindustri

Alternativa datakällor

- databöcker
 - innehåller ”färdiga” parametervärden
 - kan vara baserade på dataanalyser, expertbedömningar, referenser till andra källor
 - T-boken, IEEE, EIReDA
- andra PSA-studier
 - den ursprungliga källan bör dock alltid letas fram
- ingenjörbedömningar
 - direkta bedömningar, t.ex. $p=0,1$ känns rimligt
 - expertbedömningstekniker

Utvecklingsbehovet

- mycket feldata finns från kärnkraftanläggningar
 - möjlighet att utveckla dataanalyser
- mera dynamiska modeller
 - beaktandet av åldring, trender, anläggningsändringar, barnsjukdomar
- CCF
- riskbaserade tillämpningar
 - RCM => underhållspåverkan
 - RI-ISI => rörbrottsmekanismer, provningseffektivitet

Hierarkiska bayesianska modeller

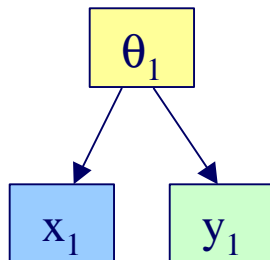
- möjlighet att kombinera data, antaganden och olika bedömningar

enkel modell:

θ = okänd parameter

x = observationer

y = händelse vars sannolikhet är av intresse

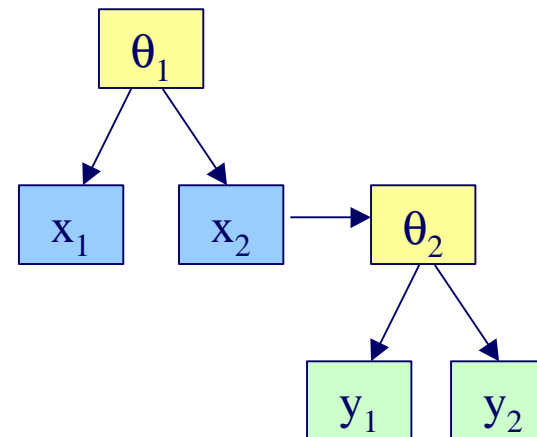


tvåstegsmodell:

θ_1, θ_2 = okända parametrar

x_1, x_2 = observationer

y_1, y_2 = händelser vars sannolikheter är av intresse



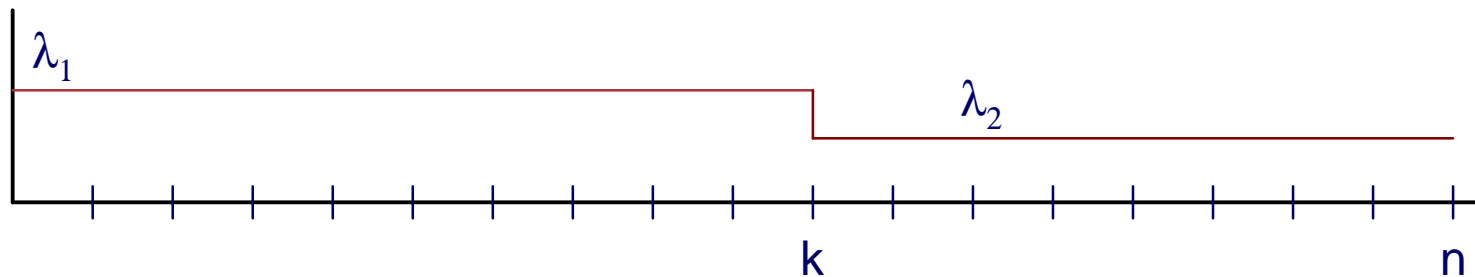
Exempel brytpunktmodell

- drifterfarenhet från n reaktorår
- felintensitet kan ha ändrat en gång

$$\lambda = \lambda_1, \text{ om } i < k \text{ och } \lambda = \lambda_2, \text{ om } i \geq k.$$

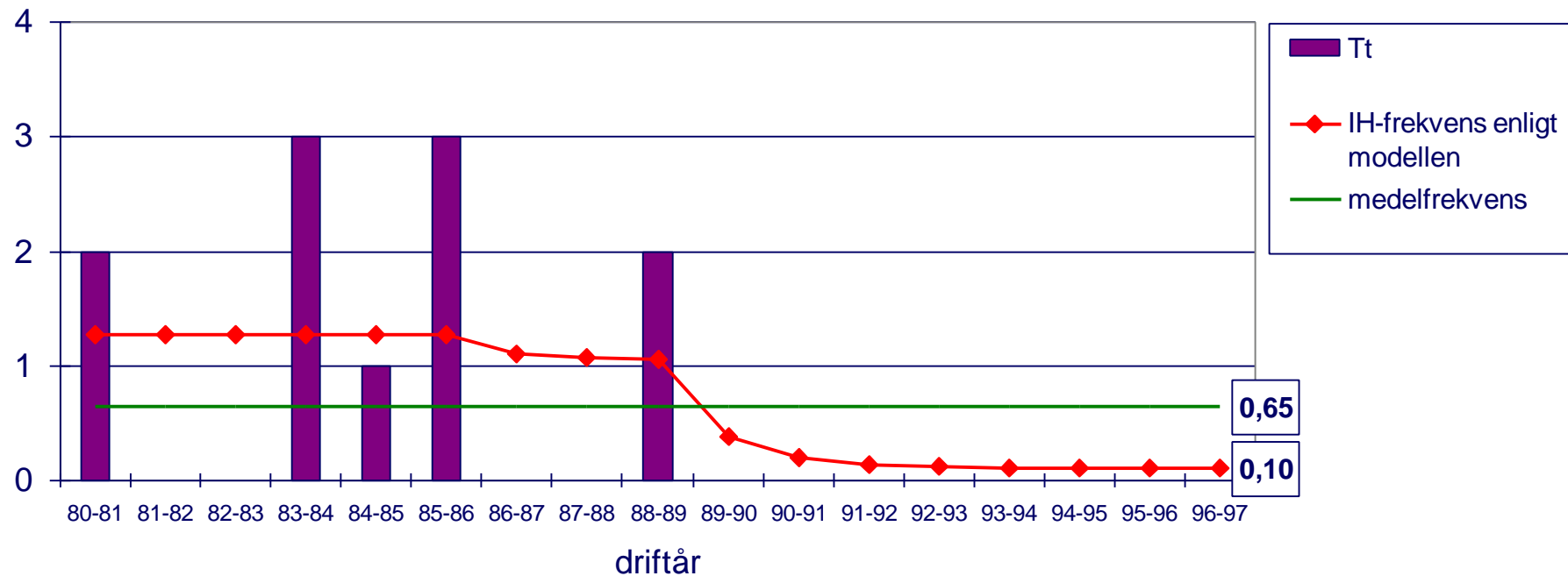
– k brytpunktsåret, okänd sannolikhetsvariabel

λ_1, λ_2 är okända felintensiteter



Tillämpning av brytpunktmodellen

- Forsmark 2: Frekvens av bortfall av turbin (Tt)



Data från system- och komponentnivå

- drifterfarenheter
 - systemet felat n gånger under T år
 - komponenter $1, \dots, k$ i systemet felat n_1, \dots, n_k gånger
 - summan $n_1 + \dots + n_k$ behöver inte vara lika med n
- hur skattas systemotillgängligheten?
 - enbart med systemnivåinformation, eller
 - med komponentnivåinformation och en modell, eller
 - med system- och komponentnivåinfo och en modell

Exempel fraktionsmetodik

- systemet har seriestruktur: varje komponentfel leder till systemfel
- systemets felintensitet

$$\lambda = \sum \lambda_i,$$

- komponentens felintensitet

$$\lambda_i = f_i \cdot \lambda$$

- f_i kallas fraktionen, andelen av systemfel som beror på komponentfel i
- har tillämpats i X-boken

Tillämpning av fraktionsmetodik

- R1: frekvenser för bortfall av elskenor (EI-CCier)
- komponentnivåanalys
 - 332 bashändelser som kan leda till bortfall av elskena
 - summan av frekvenser enligt T-boken är **1,14/år**
- systemnivåanalys
 - 4 RO under 23,5 år (ingen ledde till reaktoravställning!)
 - frekvens **0,19/år** = $(0,5 + n)/T$
- lösning
 - komponentbashändelsernas frekvenser justeras så att summan blir 0,19/år

Slutsatser

- dataanalys kräver resurser
 - kvalitetssäkring av rådata
 - önskas "bättre" värden än de i databöckerna, behövs tilläggsarbete
- data finns, expertbedömningar kan utnyttjas
- utvecklade metoder finns och bör tillämpas för viktigaste parameterskattningar
- dataanalys av CCF är en utmaning

FÖREDRAG / PRESENTATION

8

Analys av övriga yttre händelser - flygplansstörtning
Analys utförd NLR som visar att risker från flygtrafiken är hög i hela Skåne. Över 600 000 överflygningar görs varje år över svenskt luftrum.

Föredragshållare: Ingemar Ingemarsson BKAB

Flygplanskrascher som inledande händelse i säkerhetsanalyser

Ingemar Ingemarson, Barsebäck Kraft AB
E-postadress: iin@bkab.sydskraft.se

Sammanfattning

Analys av flygplanskrascher mot kärnkraftverk har gjorts sedan i mitten på 1970-talet. BKAB har genomfört en flygriskanalys inom projekt BOKA 1999. Erfarenheterna från denna analys visar att det finns metoder och indata för att fastställa typ och frekvens för inledande händelse. Påverkan på anläggningens säkerhetsfunktioner efter en flygplanskrasch har inte analyserats. För att kunna genomföra detta så krävs ytterligare utvecklingsarbete.

1 Bakgrund och allmänt om flygriskanalyser

Flygplanskrascher tillhör kategorin yttre händelser i säkerhetsanalyserna för kärnkraftverk. Riskerna med flygplanskrascher mot kärnkraftsanläggningar togs upp 1975 i *Reactor Safety Study* (WASH-1400) [1].

Analysen är enbart översiktlig. Sannolikheten för en potentiellt skadande krasch per år och anläggning uppskattades till att ligga i området $10^6 - 10^8$. Dessa krascher bedömdes sedan medföra en liten sannolikhet för härdskada på grund av att inneslutningen är en ganska motståndskraftig konstruktion.

Firman LUTAB genomförde flygriskanalyser för de svenska kärnkraftverken 1976 [2, 3]. Dessa är detaljerade, väl genomarbetade och låg säkerligen i frontlinjen för flygriskanalyser på 1970-talet. LUTAB har baserat en hel del av sina slutsatser på det material som kom fram i *Reactor Safety Study*.

Inom konstruktionsanalysprojektet för B1, B2 och O2 (BOKA) lät BKAB det holländska företaget NLR göra en flygriskanalys för Barsebäcksverket; *Air traffic risk analysis for Barsebäck Kraft AB*, 1999 [4]. Det är i huvudsak resultat och insikter från denna analys som redovisas här. NLR:s rapport har också granskats av det svenska Luftfartsverket [5].

I NUREG-0800, Standard Review Plan, kapitel 3.5.1.6 från 1981 finns anvisningar för hur granskning av flygriskanalyser för kärnkraftverk skall göras [6]. Ett acceptanskriterium finns också angivet. Det går ut på att sannolikheten skall vara mindre än 10^6 per anläggning och år för en olycka som medför radiologiska konsekvenser. I NUREG-0800 finns också en del metoder och formler som kan användas för flygriskanalyser.

U.S. Department of Energy kom ut med en standard för hur flygriskanalyser kan genomföras 1996 [7]. Denna standard kommenterades i flera bidrag på konferensen PSAM 4 1998 [8, 9, 10, 11 och 12].

På ESREL '99 redovisades i ett föredrag hur flygplanskrascher hanteras i säkerhetsanalyserna för kärnkraftverk i Tyskland [13]. Denna rapport innehåller ytterligare några intressanta referenser [14, 15 och 16].

2 Statistik

Det finns god tillgång på data för flygriskanalyser dels beroende på flygtrafikens omfattning och dels beroende på att det är vanligt med haverier. Det stora utbudet av statistik gör att det kan vara svårt att välja vilken information som skall användas i en analys.

Flygplanstyper

Flygplanen delas in i tre huvudgrupper

1. Trafikflyg, linjeflyg (Commercial Aviation)
2. Allmänflyg, privatflyg (General Aviation)
3. Militärflyg (Military Aviation)

Flygplanen kan sedan ytterligare grupperas t.ex. efter massa, storlek, och marschhastighet.

Flygplansrörelser

Flygplansrörelserna delas in i start, landning och överflygning (enroute). För militärt flyg förekommer också lågflygning. De olika flygplansrörelserna är förknippade med olika sannolikheter för krasch.

Trafikintensitet

Trafik med flygplan mäts bl.a. som antal flygplansrörelser inom ett givet luftrum, i flygtid (flygtimmar) eller som antalet start och landningar på en viss flygplats. Så uppger t.ex. Luftfartsverket att det förekom 665000 flygplansrörelser i det svenska luftrummet 1997 [5]. I Malmö FIR (Flight Information Region) var antalet flygplansrörelser under samma år 436511 [4].

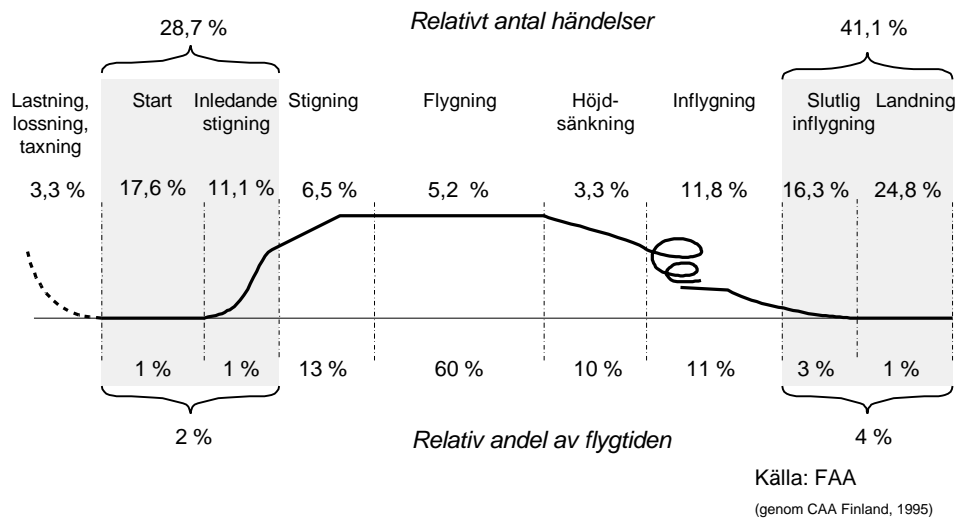
Antalet rörelser på några flygplatser i början på 1990-talet var; Chicago O'Hara 784 000 (59 miljoner passagerare), Stockholm-Arlanda 254 000 (14 miljoner passagerare) och Köpenhamn-Kastrup 213000 (12 miljoner passagerare) [NE]. Antalet rörelser på Kastrup (start och landning) uppges i NLR:s rapport [4] till 127 813 under 1996.

Tendensen är att flygtrafiken ökar. I Sverige uppskattas för tillfället trafikökningen till ca 5 % per år av Luftfartsverket. [5].

Flygplanskrascher

En flygning kan indelas i ett antal olika faser. Varje sådan fas kan sedan tilldelas en specifik haverifrekvens. De tre huvudfaserna är start, flygning (en-route) och landning.

I figur 1 ser man att start står för ca 30 % av haverierna, landningen för 40 % och resten av flygning för 30 %. Motsvarande andel av flygtiden är 2%, 94 % respektive 4 %.



Figur 1 Figuren visar haverier där hela flygplanskroppen skadas (Hull Loss Accidents) och baseras på hela världens kommersiella flotta av jetflygplan under perioden 1980 – 1989. De angivna värdena grundas på en medelflygtid på 1,6 h.

Haverifrekvenser mäts på lite olika sätt. Ett mått är Crashes Per Million (cpm) takeoffs/landningsflights. Accident Rate (AR) är sannolikheten för en krasch per start eller landning eller sannolikheten för att en krasch inträffar under en timmes flygning. Ibland används måttet antalet krascher perflygkm.

Tabell 1 Haverifrekvenser enligt NLR

| Typ | Start ^{a)} | Flygning ^{b)} | Landning ^{a)} |
|------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Allmänflyg | - | 16 | - |
| Trafikflyg | 0,44 | 0,74 | 0,68 |

a) Antal krascher på en miljon gånger
 b) Antal krascher per en miljon flygtimmar

Sedan Sovjetunionens upplösning i slutet på 1980-talet så har militärflyget avtagit. Detta avspeglar sig också i haveristatistiken för militärflyget.

Det finns också uppgifter om orsakerna till flyghaverier. Av tabell 2 så framgår det att den mänskliga faktorn är dominerande.

Tabell 2 Haveriorsaker

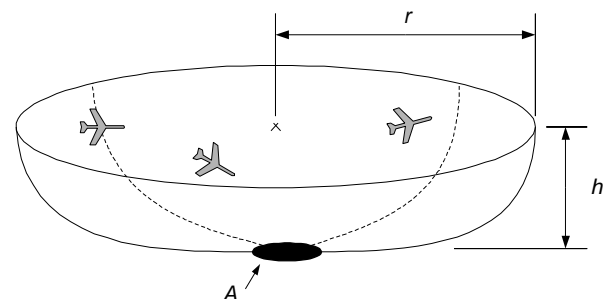
| Orsak | Andel [%] |
|--------------------|-----------|
| Pilot/crew error | 40 |
| Mechanical failure | 23 |
| Weather | 20 |
| Sabotage | 11 |
| Other human error | 6 |

(Källa: www3.tstonramp.com/~kebab/cause.htm)

3 Metodik

Luftrummet

Flygplanen betraktas som massor som rör sig i luftrummet ovanför kraftverket på viss höjd med viss hastighet och riktning. Under ett visst tidsintervall finns ett antal flygplan inom den volym som är av intresse. Hur stor volym som skall beaktas kan variera från fall till fall. Området för överflygning har större utsträckning än områdena för start respektive landning. Ett havererande flygplan kan också röra sig en relativt lång sträcka från det att det börjar komma ur kurs tills det att det kraschar.



Figur 2 Luftrummet ovanför en nedslagsplats. Anfallsvinkeln för ett störtande flygplan kan vara så låg som 7°.

Allt luftrum världen över är uppdelat i flyginformationsregioner (FIR). Sverige har av ICAO (International Civil Aviation Organization) ålagts ansvaret för tre FIR; Stockholm, Sundsvall och Malmö. Dessa FIR sträcker sig utanför svenskt territorium över internationellt vatten, där de gränsar mot omgivande staters FIR.

Modeller

Beräkning av kraschfrekvensen

Ett allmänt uttryck för att beräkna frekvensen för en flygplanskrasch mot en anläggning på marken är på formen [8]:

$$f_{\text{krasch}} = \sum_{i,j} N \cdot I \cdot p \cdot A \quad (1)$$

f_{krasch} = frekvensen för att ett flygplan kraschar mot anläggningen i antal gånger per år

N = Antalet flygplansrörelser per år i det område som är av intresse för påverkan på anläggningen [1/år]

I = Haverifrekvensen för att ett flygplan som befinner sig i området skall krascha (crash rate)

p = Sannolika haveritligheten, sannolikheten för att ett flygplan som kraschar träffar området där anläggningen är placerad (crash density function) [$1/m^2$]

A = Den effektiva träffytan för anläggningen (target effective area) [m^2]

i och j = är index som refererar till olika flygplanstyper (trafikflyg, allmänflyg och militärflyg m.m.) och olika typer av flygplansrörelser (start, landning, överflygning, lågflygning m.m.)

Antalet flygplansrörelser

Antalet flygplansrörelser i ett visst område anges för respektive flygplanstyp. Data kommer från flygtrafikstatistik.

Haverifrekvensen

Det finns lite olika sätt att ange denna storhet. Ibland anges den som antal krascher per år, antal krascher per flygkm, antal krascher per flygtid osv. Vidare kan den anges som sannolikheten för att krascha per landning.

I de beräkningar som görs här är haverifrekvensen lika med antalet krascher per gång som flygplanet uppehåller sig inom det område som är av intresse.

Sannolika haveritligheten

Den sannolika haveritligheten anger hur stor sannolikheten är att ett kraschande flygplan hamnar inom en viss yta. Den vara konstant eller variera med det geografiska läget. Den sannolika haveritligheten anges per ytenhet.

Den effektiva träffytan

Den effektiva träffytan är en summa av tre termer:

1. Strukturens projektion på markplanet
2. Den skuggyta som strukturen bildar sett från ett inkommande, störtande flygplan (anfallsvinkelsstorlek samt höjd, bredd och orientering på byggnader)
3. Glidyten för missiler från ett kraschat flygplan

Den effektiva träffytan för en byggnad är beroende av flygplanets anfallsvinkel. En liten anfallsvinkel medför i vissa fall en större effektiv träffyta jämfört med en större anfallsvinkel.

Man talar också om konsekvensytan för en krasch med ett visst flygplan. Ett stort och tungt flygplan har en större konsekvensyta än ett litet och lätt flygplan. Glidyten ingår i konsekvensytan. NLR har baserat sina uppskattningar av konsekvensytan på flygfotografier av kraschade flygplan.

Det finns en hel del svårigheter när det gäller att bestämma den effektiva träffytan för de fall då t.ex. vissa byggnader kan täcka andra eller då det är fråga om missiler från ett redan splittrat flygplan.

Påverkan på anläggningen

Ett kraschande flygplan kan påverka en anläggning på lite olika sätt beroende på var och hur det träffar, vilken massa och hastighet det har och hur mycket bränsle det innehåller. Ett kraschat flygplan fattar ofta eld. Därtill kommer MTO-relaterade frågor i samband med denna typ av händelse.

Osäkerheter

De olika variablerna i formel (1) skall egentligen betraktas som stokastiska variabler eller stokastiska funktioner. Ofta görs analyserna för medelvärden kompletterat med en osäkerhetsanalys.

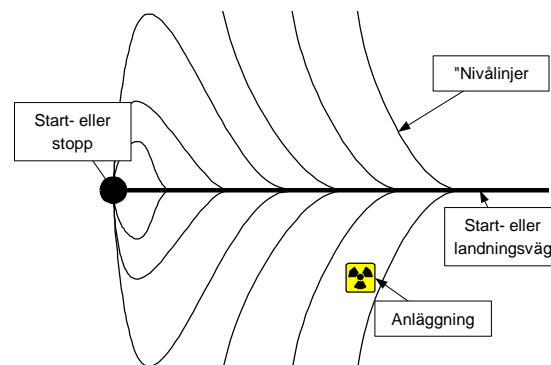
Överflygning (en-route)

Vid överflygning antar NLR en homogen haveritlighet för området i fråga. För att beräkna hur många flygplan som befinner sig inom området så utgår man ifrån antalet överflygningar, flygplanens medelhastighet och områdets utsträckning. För linjeflyget, där kursen är rak, är detta ett rimligt antagande, men för det flyg som cirklar runt i området är det kanske inte riktigt rätt.

I den utredning som LUTAB gjorde 1976 [2] användes en varierande haveritlighet som var normalfördelad kring luftlederna.

Start och landning

NLR har utvecklat en speciell metodik för att beräkna den sannolika haveritligheten i anslutning till en start- eller landningsbana.



Figur 3 Haveritätets fördelning kring en start- eller landningsväg. Ju närmare man är start- eller stopp-punkten desto högre är haveritäteten.

NLR:s metod grundas på observationer av verkliga händelser. Kraschintensiteten för landning avtar inte lika snabbt med avståndet som för start. Detta medför att intensiteten för krasch vid ett visst avstånd är högre för landning än för start.

4 Exempel från Barsebäck

Analysen görs för trafikflyg och allmänflyg. Militärflyg saknas i NLR:s analys. Vidare delas analysen upp i enroute respektive start och landning på Kastrups start- och landningsbanor 22L och 22R.

Viktsklasser

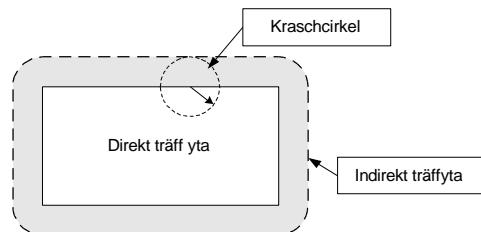
Flygplanen delas in i olika viktsklasser (MTOW = Maximum Take-Off Weight)

1. Lätt < 5 700 kg
2. Medium > 5 700 kg OCH < 40 000 kg
3. Tung > 40 000 kg

Effektiv träffyta

Den effektiva träffyten är differentierad och bildas genom att kombinera en yta för direktträff med konsekvensytorna för de olika viktsklasserna. Konsekvensytorna som har använts för Barsebäcksverket är de mest konservativa och gäller för öppen terräng (250 m² per ton MTOW).

Träffytorna beräknas för hela anläggningen (båda blocken med tillhörande byggnader). För att få den effektiva träffyten för både indirekta och direkta träffar skall rektangeln för direktträffen förstöras med radien för konsekvenscirkeln.



Figur 4 Bildandet av träffytorna enligt NLR. (Kraschcirkel = Konsekvenscirkel)

Överflygning (en-route)

Analysen av enroute flyget baseras på att den sannolika haveritätheten för allmänflyg respektive trafikflyg är likafördelad inom MalmöFIR (Flight Information Region) som är ett ca 400x400 km stort område med ytan 140 000 km².

För beräkningarna används följande data:

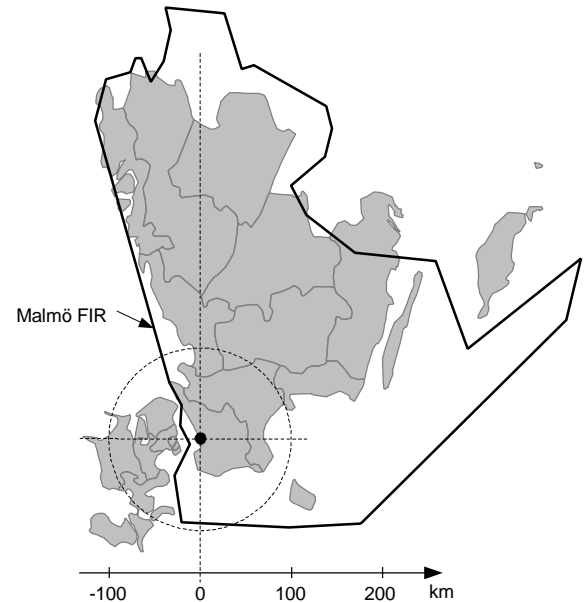
- Haveritätheten är homogen inom Malmö FIR
- Ytan för Malmö FIR är 140 000 km²
- Antalet överflygningar för Malmö FIR är 436 411
- Typisk flygsträcka över Malmö FIR är 400 km

Tabell 3 Data för allmänflyg och trafikflyg

| | Hastighet [km/h] | Haveri- frekvens [1/h] | Andel av över- flygningarna |
|------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Allmänflyg | 280 | 16·10 ⁻⁶ | 0,31 |
| Trafikflyg | 740 | 0,74·10 ⁻⁶ | 0,69 |

Tabell 3 (forts.) Data för allmänflyg och trafikflyg

| | Träffyta A [m ²] | Uppehållstid i området [h] |
|------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Allmänflyg | 60 000 | 400/280 = 1,43 |
| Trafikflyg | 100 000 | 400/740 = 0,54 |



Figur 5 Den heldragna linjen visar gränserna för Malmö FIR. Barsebäcksverket ligger i den streckade cirkelns mitt.

Genom att utnyttja uppgifterna ovan kan nu antalet krascher per år beräknas för Barsebäcksverket.

Allmänflyg

$$N = 0,31 \cdot 436511 = 135318$$

$$I = 1,43 \cdot 16 \cdot 10^{-6} = 2,3 \cdot 10^{-5}$$

$$p = \frac{1}{1,4 \cdot 10^{11}} = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

$$f = 135318 \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} \cdot 7,1 \cdot 10^{-12} \cdot 60000 = 1,3 \cdot 10^{-6}$$

Trafikflyg

$$N = 0,69 \cdot 436511 = 301193$$

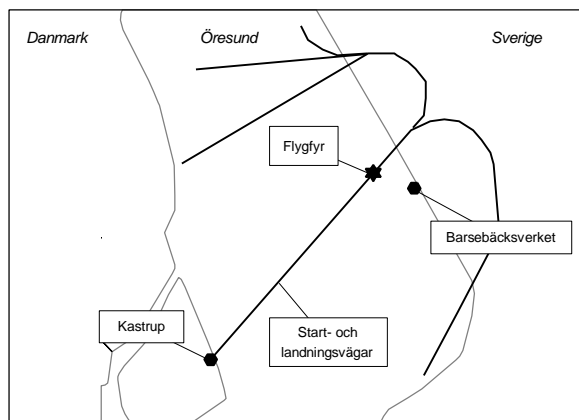
$$I = 0,54 \cdot 0,74 \cdot 10^{-6} = 4 \cdot 10^{-7}$$

$$p = \frac{1}{1,4 \cdot 10^{11}} = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

$$f = 301193 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 7,1 \cdot 10^{-12} \cdot 100000 = 8,6 \cdot 10^{-8}$$

Start och landning

Barsebäcks kärnkraftverk ligger i västra kanten på Malmö FIR ca 20 km från Kastrups flygplats. Strax nordväst om och 3,5 km från Barsebäcksverket ligger en flygfyr, "Waypoint LAMOX". Över denna fyr går en start- och landningsväg till och från Kastrup.



Figur 6 Start- och landningsvägar (betecknas L22, R22) i närheten av Barsebäcksverket

Haveritätheten uppskattas avNLR till ca 10^{-14} för starter och ca $4 \cdot 10^{-12}$ för landningar på landningsvägarna L22 och R22. Haveritätheten för landning är således ca 400 gånger större än för start. Bidraget från starter är därför försumbart jämfört med bidraget från landning.

Antalet landningar under 1996 var ca 8300. Från tabell 1 ser vi att haverifrekvensen är $0,68 \cdot 10^6$ per landning. Träffytan sätts till $100\,000 \text{ m}^2$.

$$N = 8300$$

$$I = 0,68 \cdot 10^{-6}$$

$$p = 4 \cdot 10^{-12}$$

$$A = 100000$$

$$f = 8300 \cdot 0,68 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-12} \cdot 100000 = 2,3 \cdot 10^{-9}$$

5 Slutsatser

Det finns väl utvecklad metodik för att göra flygriskanalyser både i deterministisk och probabilistisk säkerhetsanalys. En svårighet är dock att fastställa konsekvenserna av en eventuell flygplanskrasch. Innan en komplett PSA för flygplanskrascher kan genomföras måste en hel del utvecklingsarbete utföras för att få fram robusta och allmängiltiga riktlinjer för kraschernas påverkan på anläggningarna. Detta arbete bör bedrivas gemensamt av kraftbolagen och SKI.

Det är också viktigt att det finns en samsyn när det gäller vilka indata som skall användas.

6 Referenser

1. "AIRCRAFT IMPACTS", *Reactor Safety Study*, WASH-1400, October 1975, s. 87
 2. *Riskenivå för kärnkraftverk p g a flyghaverier på anläggningarna*, Ingemar Carlsson, LUTAB, 1976-06-09, Rapport TA 871-R1
 3. *Riskenivå för Barsebäcksverket pga trafikflyghaverier*, Ingemar Carlsson, LUTAB, 1976-11-16, Rapport TA 883-R1
 4. *Air traffic risk analysis for Barsebäck Kraft AB*, B. Van Deenen, NLR, February 1999, NLR-CR-99003
 5. *Comments on study of NLR report of "Air Traffic Risk Analysis for Barsebäck Kraft AB"*, H. Kjäll, Luftfartsverket, 1998-12-21
 6. "AIRCRAFT HAZARDS", Kapitel 3.5.1.6, NUREG-0800, Rev. 2 – July 1981
 7. U.S. Department of Energy, *Accident Analysis for Aircraft Crash into Hazardous Facilities*, DOE-STD-3014-96, October 1996
 8. "Progression and Advancement of Aircraft Crash Hazard Analysis Models", Timothy A. Haley et al, *Proceedings of the 4th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, PSAM 4*, 13-18 September 1998, New York City, USA
 9. "Calculation of the Estimated Probability of an Aircraft Crash into a Structure", Roland E. Glaser, *Proceedings of the 4th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, PSAM 4*, 13-18 September 1998, New York City, USA
 10. "Aircraft Crash Hit Analysis of the Decontamination and Waste Treatment Facility (DWTF) at the Lawrence Livermore National Laboratory", Chris Y. Kimura et al, *Proceedings of the 4th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, PSAM 4*, 13-18 September 1998, New York City, USA
 11. "Application of Aircraft Crash Hazard Assessment Methods to Various Facilities in the Nuclear Industry", Kmiar Jamali et al, *Proceedings of the 4th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, PSAM 4*, 13-18 September 1998, New York City, USA
 12. "Aircraft Data Collection and Risk Evaluation for U.S. Army Facilities", S.E. Bayley, *Proceedings of the 4th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, PSAM 4*, 13-18 September 1998, New York City, USA
 13. "Treatment of aircraft crashes in design and safety assessments of structures, systems and components", *Proceedings of ESREL '99- The tenth European Conference on Safety and Reliability/Munich - Garching/Germany/13-17 september 1999*, ISBN 90-5809-109-0, s. 201 - 206
 14. Aircraft Studies in the UK and Europe, Byrne, J.P., *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Nuclear Power Plant Safety Standards: Towards International Harmonization*, IMECHE 1993-8. 187-194
 15. Aircraft Crash Assessment of US Nuclear Power Plant Sites using the NRC methodology, Prassinis, P.G. & Ch. Y. Kimura, 1998, *Proceedings 6th International Conference on Nuclear Engineering*, San Diego, ASME 1998 (CD-ROM), paper ICONE-6273
 16. A critical reappraisal of nuclear power plant safety against aircraft impact, Riera J., 1980, *Nucl. engineering and design*
- NE *Nationalencyklopedin*

Några internetadresser av intresse

- ◆ <http://www.lfv.se/>
- ◆ <http://www.slv.dk/>
- ◆ <http://www.faa.gov/>
- ◆ <http://www.icao.int/>
- ◆ <http://www.iasa.com>
- ◆ <http://www.beijen.com/mbeijen/travel/safety.htm>
- ◆ <http://plane crashinfo.com/>
- ◆ <http://www.aerosupplies.net/crashes.html>
- ◆ <http://www.boeing.com/commercial/safety/statistics.htm>
- ◆ <http://www3.tstonramp.com/~kebab/cause.htm>
- ◆ <http://www.airliners.net/>
- ◆ <http://www.aviationdatabases.com/downloads.html>

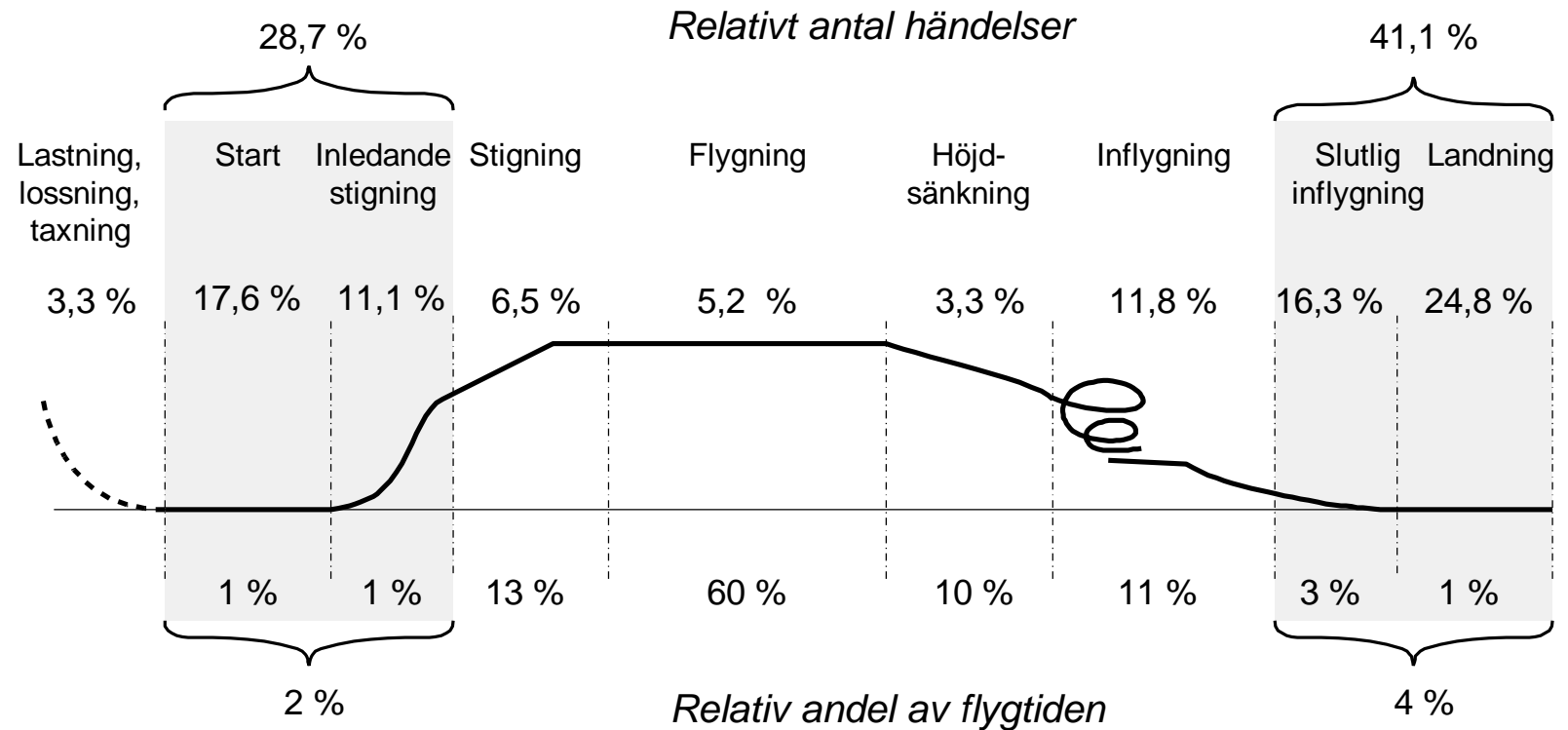
Flygplanskrascher

- En översiktlig analys för Barsebäcksverket är genomförd inom projekt BOKA (1998)
- Typ och frekvens för inledande händelser
- Metoder
- Data
- *Påverkan på anläggningen*
- Fortsatt arbete

Trafikstatistik

- Trafikomfattning
 - 665 000 flygplansrörelser i det svenska luftrummet under 1997
 - 436 511 flygplansrörelser i Malmö FIR under 1997
 - ca 130 000 flygplansrörelser på Kastrup 1996
 - 500 000 flygtimmari Sverige under 1995
- Utveckling
 - 5 % årlig ökning i Sverige

Haveristatistik (1)



Källa: FAA

(genom CAA Finland, 1995)

Haveristatistik (2)

| Typ | Start ^{a)} | Flygning ^{b)} | Landning ^{a)} |
|------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Allmänflyg | - | 16 | - |
| Trafikflyg | 0,44 | 0,74 | 0,68 |

a) Antal haverier på en miljon gånger

b) Antal haverier per en miljon flygtimmar

Haveristatistik (3)

| Orsak | Andel [%] |
|--------------------|------------------|
| Pilot/crew error | 40 |
| Mechanical failure | 23 |
| Weather | 20 |
| Sabotage | 11 |
| Other human error | 6 |

Kraschfrekvensen (1)

Antalet krascher på ytan A under en viss tidsperiod:

$$f_{\text{krasch}} = \sum_{i,j} N \cdot l \cdot p \cdot A$$

Kraschfrekvensen (2)

N = antalet flygplansrörelser per år

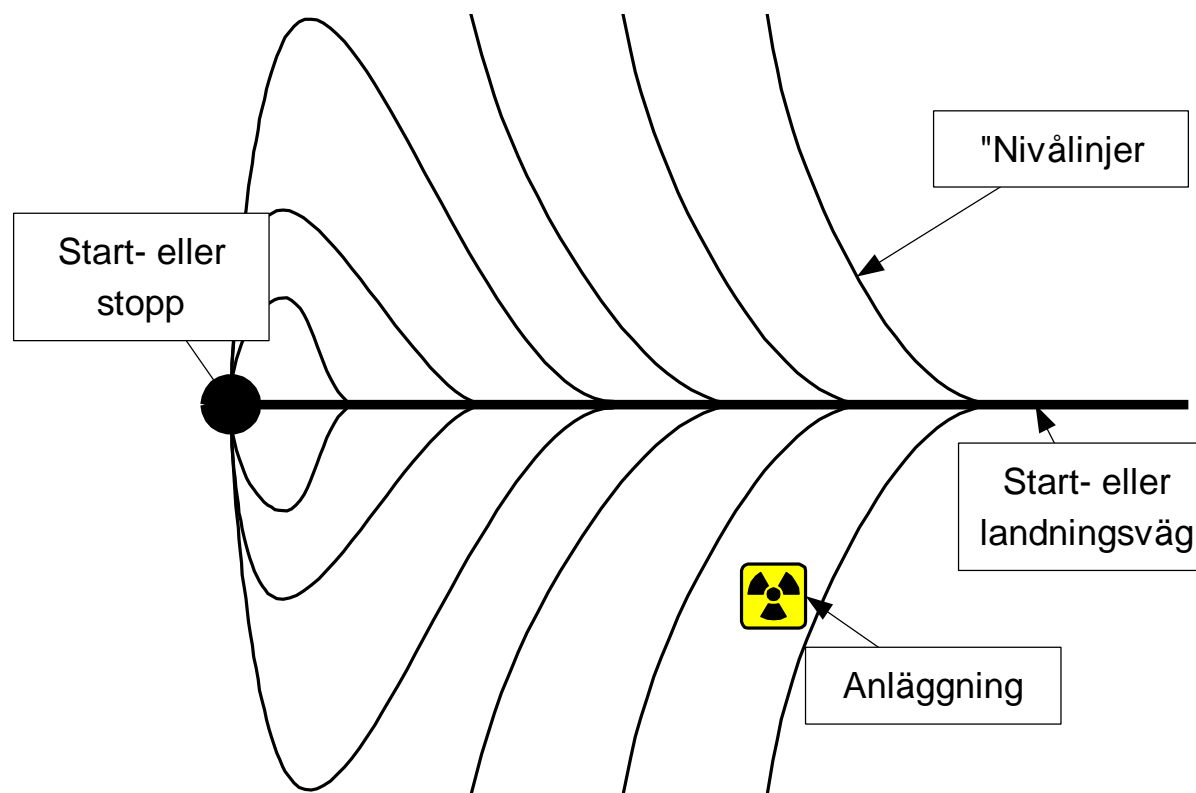
I = Haverifrekvensen

p = Sannolika haveriätheten

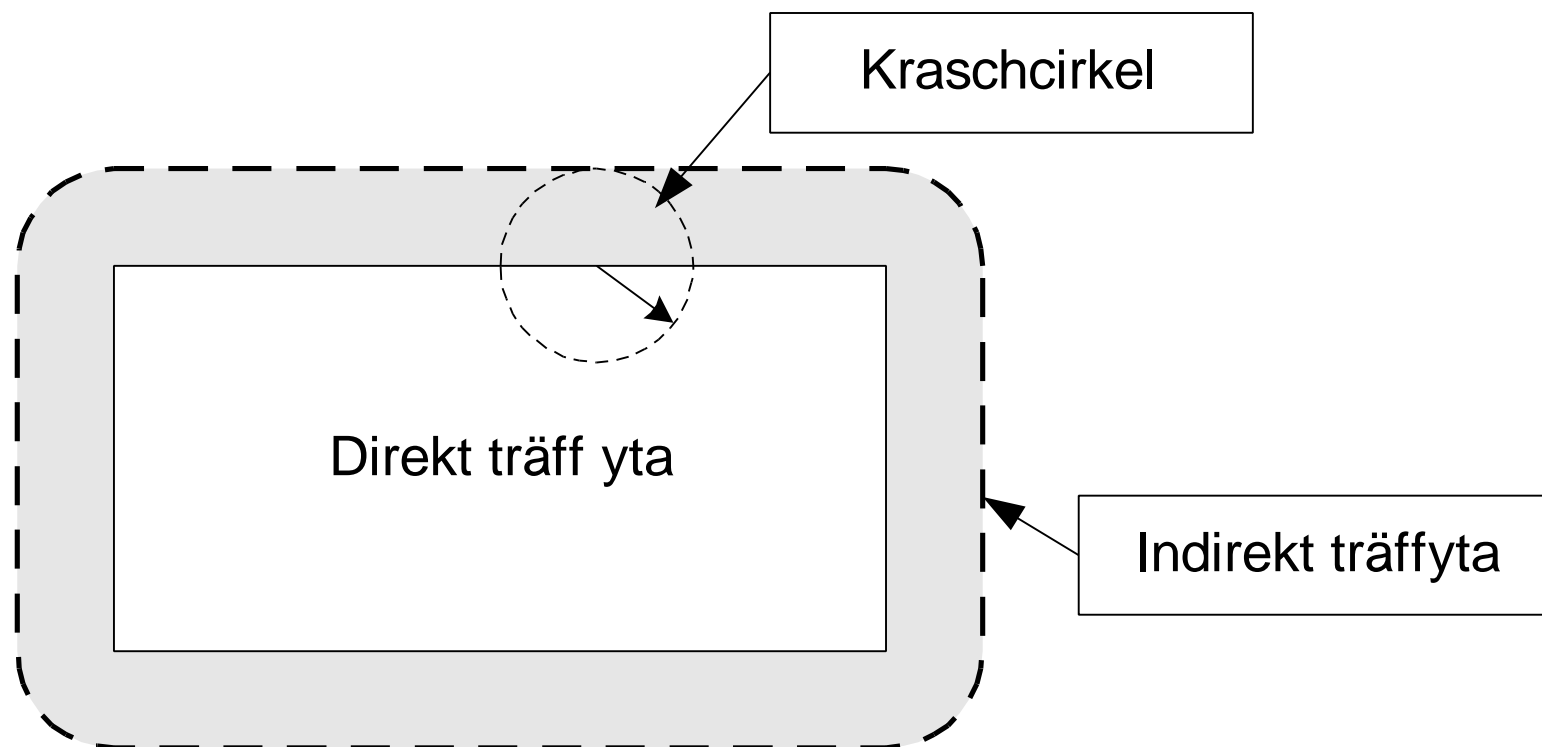
A = Den effektiva träffytan

Haveritäthet

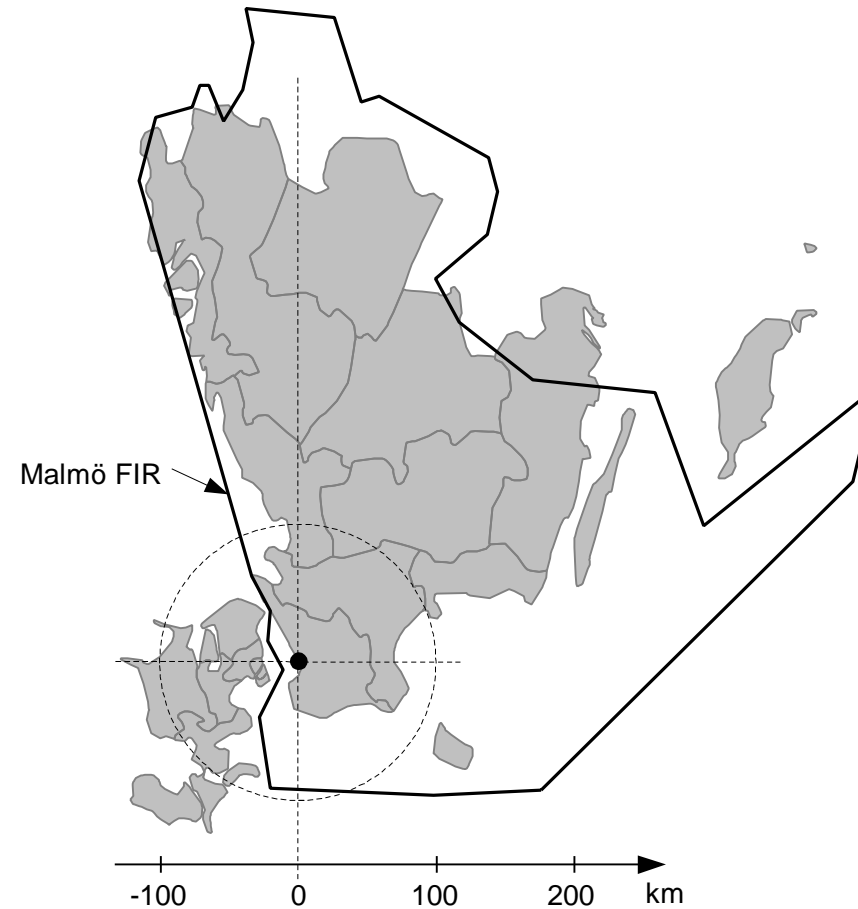
Start och landning



Träffyta



Malmö FIR



Överflygning (1)

- Haveritätheten är homogen inom Malmö FIR
- Ytan för Malmö FIR är 140 000 km²
- 436 411 överflygningar
- Typisk flygsträcka över Malmö FIR är 400 km

Överflygning (2)

- Allmänflyg
 - Hastighet: 280 km/h
 - Haverifrekvens: $16 \cdot 10^{-6}$ [1/h]
 - Andel av överflygningarna 31 %
 - Uppehållstid i området: $400/280 = 1,43$ h
 - Träffyta: 60 000 m²

Överflygning (3)

Allmänflyg

$$N = 0,31 \cdot 436511 = 135318$$

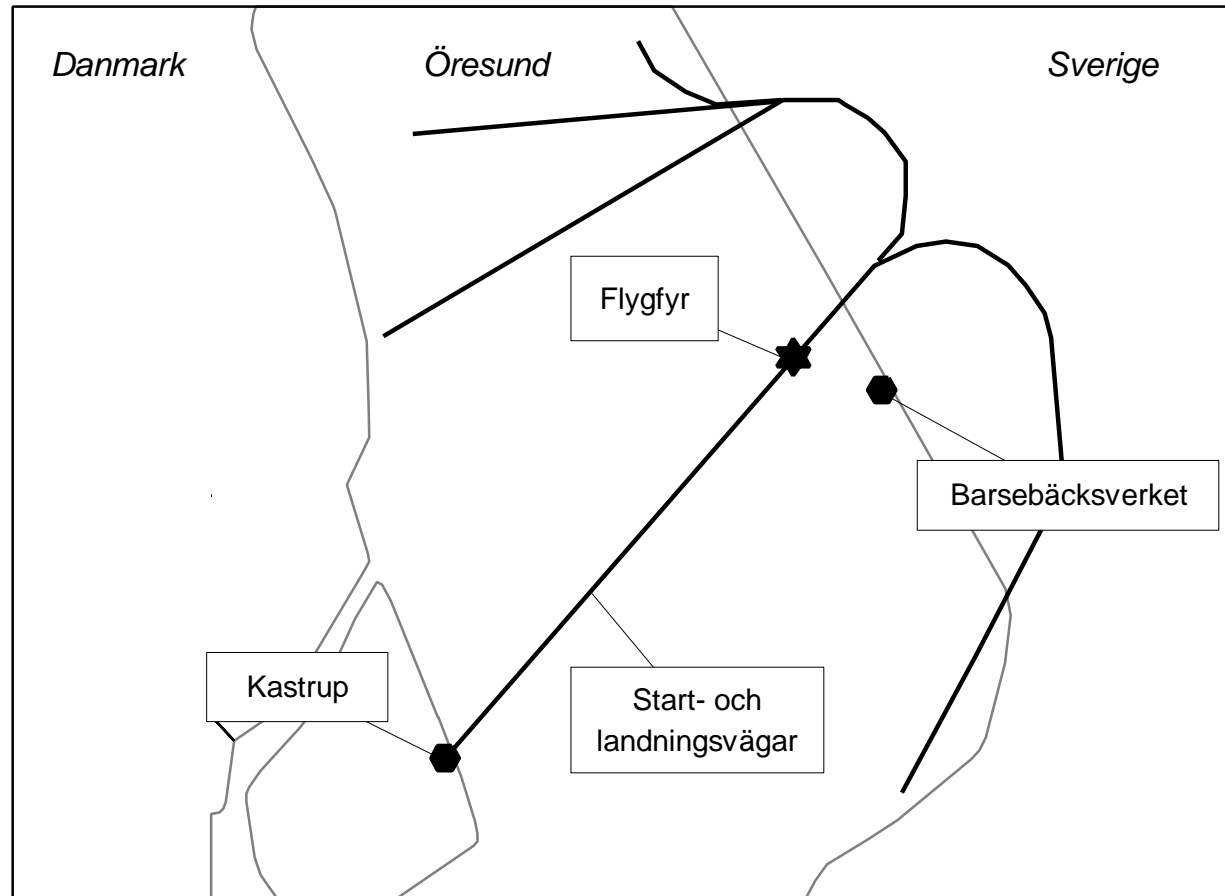
$$I = 1,43 \cdot 16 \cdot 10^{-6} = 2,3 \cdot 10^{-5}$$

$$p = \frac{1}{1,4 \cdot 10^{11}} = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

$$A = 60000$$

$$f = 135318 \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} \cdot 7,1 \cdot 10^{-12} \cdot 60000 = 1,3 \cdot 10^{-6}$$

Landning (1)



Landning (2)

Linjeflyg

$$N = 8300$$

$$I = 0,68 \cdot 10^{-6}$$

$$p = 4 \cdot 10^{-12}$$

$$A = 100000$$

$$f = 8300 \cdot 0,68 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-12} \cdot 100000 = 2,3 \cdot 10^{-9}$$

Sammanställning

Överflygning

Allmänflyg $1 \cdot 10^{-6}$ gånger per år

Linjeflyg: $9 \cdot 10^{-8}$ gånger per år

Landning

Linjeflyg: $2 \cdot 10^{-9}$ gånger per år

Slutsatser

- Det finns **metoder** och **data** för att bestämma typ och frekvens för inledande händelse
- Det behövs F&U för att kunna bedöma påverkan på anläggningens säkerhetsfunktioner

FÖREDRAG / PRESENTATION

9

Metod att välja ut rum för brandspridningsanalys
Föredragshållare: Ola Bäckström, Relcon.

Analys av brandspridning, ett pilotprojekt på BKAB

Ola Bäckström, RELCON AB

PSA seminarium i Tammsvik, 10-11 februari, 2000

"Problem"

- ⇒ Detaljerade PSA modeller, beroenden har identifierats för enskilda rum
- ⇒ Omfattande åtgärder har vidtagits baserat på dessa resultat
- ⇒ Begränsning i analyserna, spridning av brand

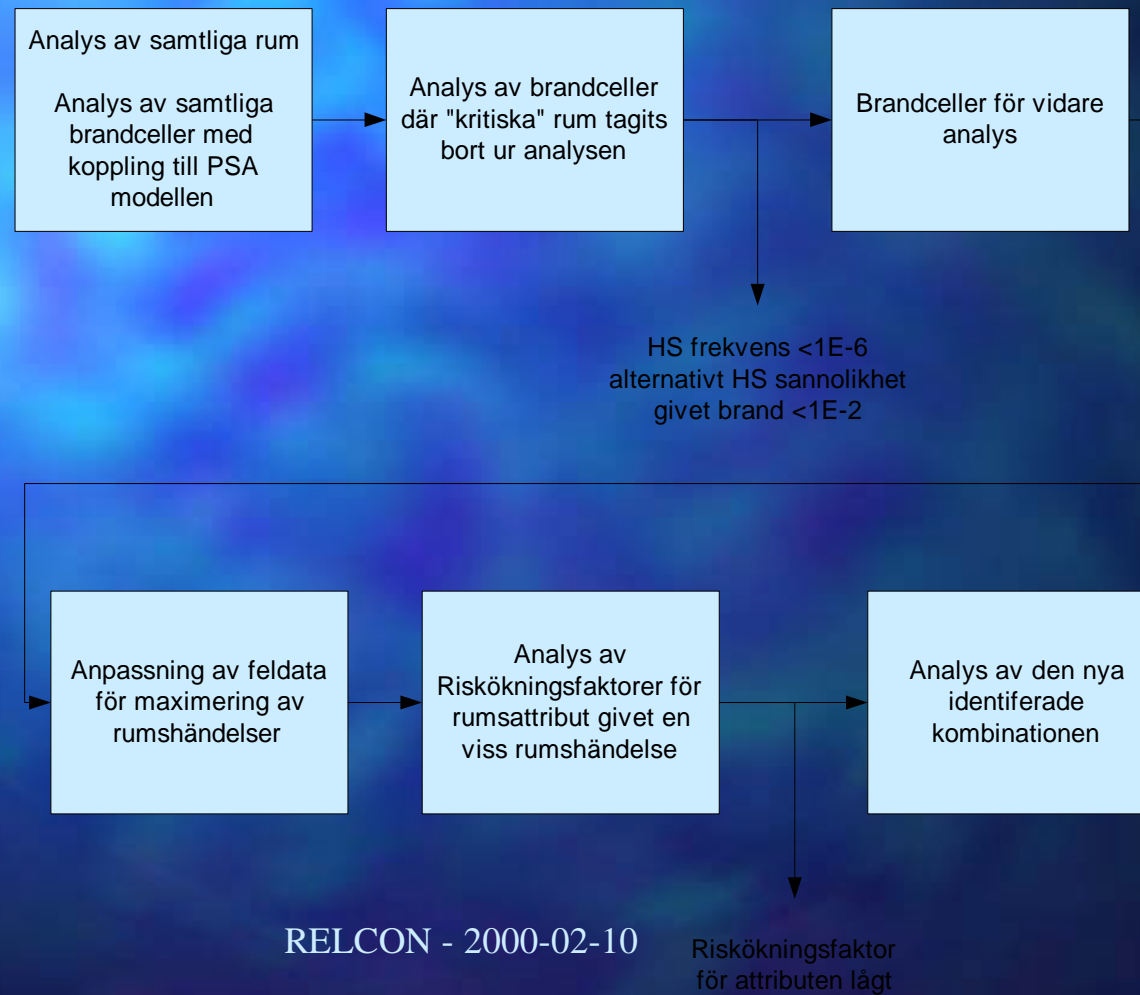
Brandspridning-huvudsakliga angreppsvägar

- ① Identifiering av möjliga brandspridningsvägar, baserat på:
 - ⇒ Rum utan eller med svaga fysiska begränsningar ⇒ relativt hög sannolikhet för brandspridning
 - ⇒ Rum med hög brandbelastning ⇒ relativt hög sannolikhet för brandspridning
- ② Utgående från att brandspridning är möjlig sortera fram rumskombinationer med hög påverkan på härdskadebidraget om spridning inträffar

Fördelar/Nackdelar med metodikerna

- ① *Samtliga möjliga spridningsvägar:* En omfattande genomgång av spridningsmöjligheten erhålls. Utgör en bra grund för vidare PSA arbeten. Arbetet blir mycket omfattande.
 - ② *Baserat på kritiska rumskombinationer:* Kritiska rumskombinationer erhålls och kan utvärderas. Väsentligt "effektivare" kartläggningsarbete endast för intressanta kombinationer. Brandspridning mellan fler rum än det beslutade antalet identifieras inte fullt ut systematiskt.
- ⇒ Pilotprojektet utgår från alternativ 2

Analyssteg i pilotprojektet



Pilotprojekt Brandcell 1-BC_22

| Rum | f_{Brand}^1 | $\text{HS2} (1-A_{\text{HS2}})^2$ | $\text{HS3} (1-A_{\text{HS2}})^2$ | f_{HS2kons}^3 | f_{HS3kons}^3 |
|---------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1E0313A | 3,0E-5 | 1,6E-5 | 2,0E-7 | 4,8E-10 | 6,0E-12 |
| 1E0313B | 4,8E-5 | 2,0E-5 | 2,3E-6 | 9,6E-10 | 1,1E-10 |
| 1E0315A | 4,8E-5 | 1,8E-3 | 5,6E-5 | 8,6E-8 | 2,7E-9 |
| 1E0315B | 3,0E-5 | 2,6E-4 | 5,4E-6 | 7,8E-9 | 1,6E-10 |
| 1E0318 | 3,0E-5 | 4,3E-4 | 5,1E-8 | 1,3E-8 | 1,5E-12 |
| 1E0320 | 3,0E-5 | 1,5E-5 | 5,5E-8 | 4,5E-10 | 1,7E-12 |
| 1E0321 | 5,8E-5 | 5,5E-5 | 2,0E-7 | 3,2E-9 | 1,2E-11 |
| 1E0323 | 4,3E-6 | 4,3E-4 | 6,0E-5 | 1,8E-9 | 2,6E-10 |

1. Branduppkomstsannolikhet. 2. Härdskadefrekvens givet brand i rummet. 3Härdskadefrekvens med hänsyn till branduppkomstsannolikhet.

| Rum | f_{Brand}^4 | $\text{HS2} (1-A_{\text{HS2}})$ | $\text{HS3} (1-A_{\text{HS2}})$ | f_{HS2kons} | f_{HS3kons} |
|----------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|
| 1-E_BC22 | 2,8E-4 | 3,9E-2 | 6,9E-5 | 1,1E-5 | 1,9E-8 |

4. Branduppkomstsannolikhet har beräknats som summan av de enskilda rummens branduppkomstsannolikhet

Pilotprojekt Brandcell 1-BC_22 forts

| Rum | f_{Brand}^4 | HS2 (1-A _{HS2}) | f_{HS2kons} |
|----------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1E0313A/E0318 | 6,0E-5 | 4,7E-4 | 2,8E-8 |
| 1E0313B/E0315A | 9,6E-5 | 1,8E-3 | 1,7E-7 |
| 1E0313B/E0318 | 7,8E-5 | 6,7E-4 | 5,2E-8 |
| 1E0315A/E0318 | 7,8E-5 | 3,9E-2 | 3,1E-6 |
| 1E0315B/E0318 | 6,0E-5 | 4,1E-3 | 2,5E-7 |
| 1E0320/E0318 | 6,0E-5 | 4,3E-4 | 2,6E-8 |
| 1E0321/E0318 | 8,8E-5 | 4,3E-4 | 3,8E-8 |
| 1E0321/E0323 | 6,2E-5 | 4,3E-4 | 2,7E-8 |

4. Branduppkomstsannolikhet har beräknats som summan av de enskilda rummens branduppkomstsannolikhet

Pilotprojekt, resultat

- ⇒ I den analyserade brandcellen var det endast 1 kombination mellan 2 rum som kan betraktas som intressant
- ⇒ Smidigt att identifiera intressanta kombinationer brandspridning mellan 2 rum
- ⇒ För brandspridning mellan >2 rum kan utsortering ske baserat på resultat för hela brandceller

"Problem" att lösa/hantera

- ⇒ Hur skall branduppkomstfrekvensen beräknas för rumskombinationer ?
- ⇒ Tidsaspekter bör vägas in i analyserna.
- ⇒ Realistiska analyser?

FÖREDRAG / PRESENTATION

10

Analys av rumshändelser och X-boken

Brand-PSA. Fastställande av sannolikhet för begynnande brand i ett rum, modellering av brandspridning, urval av rum för analys av brandspridning, inledande händelser vid brand, olika felmoder i elektriska system vid brand

Föredragshållare: Lotta Andersson BKAB och Anders Angner ES-Konsult.

Brandfrekvenser

Uppdatering av “X Boken”

PSA Seminarium
10 - 11 Februari är 2000
Tamsviks Kursgård

av

Anders Angner
ES konsult AB

Projekt YH - Resultat

Innehåll

- Brandfrekvenser
- Översvämningsfrekvenser
- ”Udda händelser” statistiska modeller
- Beräkningsmetod



Användning

- Indata till PSA studier

Brand

Nuläge

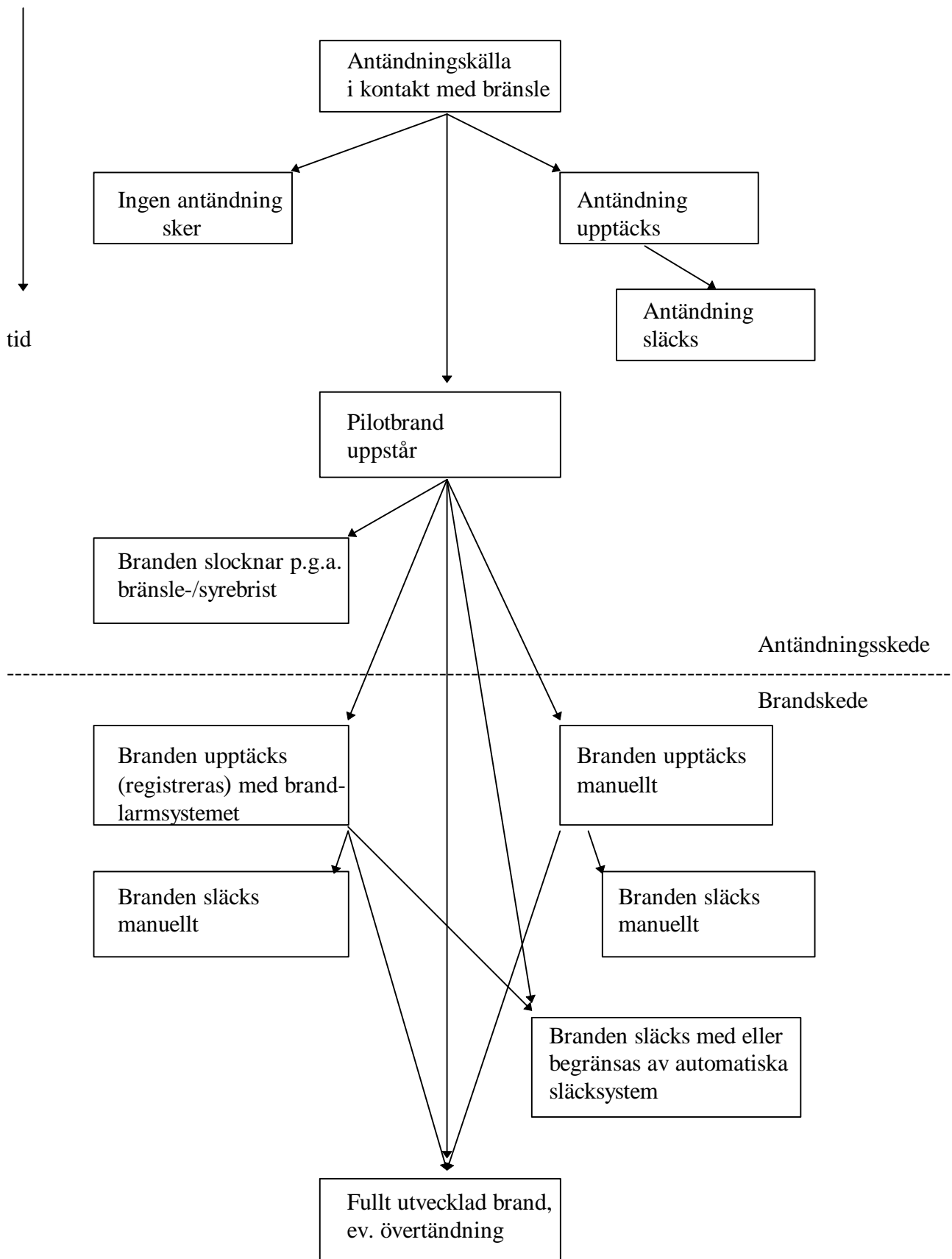
- X Boken har utnyttjats för TVO, B1/2 och F1/2

Problem

- Skillnad mellan X Bokens definition av brand och begynnande brand i PSA, vilket troligtvis föranlett ett överskattat HS bidrag
- Osäker fraktionering av byggnadsvisa brand-frekvenser.

Åtgärd

- Breddad och fördjupad genomgång av brand-historiken
- Förbättrad presentation av data (accessdatabas)
- Rekommendationer för fraktioneringsmodeller



Figur 6-1. Utveckling av brand från antändning till fullt utbildad brand.

I denna första utgåva av X-boken begränsas behandlingen till frekvenser för begynnande brand inom anläggningarna och deras olika anläggningsdelar. För

Bilaga 6-A. Dataformulär för bränder och brandtillbud som inträffat i svenska/finska kärnkraftverk, räknat från verkens kommersiella start till 1995-12-31

Anläggning:

Datum för händelsen:

Driftläge

- Effekt drift
Nedkörning¹
Avställd¹
Uppgång¹

Tidpunkt för händelsen:

Anläggningsdel

- Reaktorbyggnad
Inneslutning (BWR)
Turbinbyggnad
Hjälpssystembyggnad
Kontrollrum
Dieselgeneratorbyggnad
Elbyggnad
Verkstad / förråd
Personalrum / kontor
Övrig,

Typ av rum

- Kabelutrymme
Batterirum
Relärum
Ställverksrum
Processutrymme
Övrig,

Antändningsorsak

- Självantändning
Överhettning
Elektriskt fel
Hetarbete
Mänskligt felhandlande
Explosion
Övrig,
Okänd

Brandstiftare

El: (<400V >400V)

- Elektrisk brytare
Transformator
Turbin
Generator
Elektrisk motor
Elskåp: kontrollskåp ställverkskåp
Kabel

Mek:

- Filter
Värmare
Värmeväxlare
Fläkt
Dieselmotor
Pump
Ventil
Oljeseparator

Brandtyp

- Kabel
Komponent,
Oljepool
Övrig,

Övrig:

- Brandfarlig vara
Brandfarlig gas
(ex-klassat område)
Olja i isolering
Mobil utrustning
Annan utrustning / komp.:
.....
Människa

Brandupptäckt

- Rök/värmedetektor
- Processpåverkan
- Vaktpersonal
- Brandvakt
- Driftpersonal
- Skyddspersonal
- Annan personal

Släckningssätt

- Autom. släcksystem
- (helt eller delvis)
- Manuellt init. släcksystem
- Vaktpersonal
- Anlägg. personal
- Anläggn.interna räddningstjänst
- Extern räddningstjänst
- Självslocknande

Konsekvens för anläggningen

- Ingen el. ringa skada
- Skada på komponent
- Degradering av säk.system
- Transient
- LOCA
- Effektreduktion
- Betydande skada
- Rök
- Värme
- Vatten
- Korrosion

Brandens varaktighet:

- Ingen antändning
- 0 - 5 min
- > 5 min

Släckningstid:**Kommentar:**

(Annan information som inte framgår ovan)

Referens till bakgrundsdocument:

(Larmrapport, utryckningsrapport, brandrapport, RO, m.m.)

¹ Om brand under nedkörning, avställning eller uppgång hade kunnat uppstå även under effektdrift markera då också översta rutan.

Tabell 6-1Brandfrekvens per anläggning, λ (1/år), under effektdrift resp. avställning

| Anläggning | Effektdrift | | | | Avställning | | | |
|--------------|-------------|------|------|---------|-------------|------|-------|---------|
| | 5% | 50% | 95% | medelv. | 5% | 50% | 95% | medelv. |
| Barsebäck 1 | 0.12 | 0.20 | 0.30 | 0.20 | 0.16 | 0.55 | 1.29 | 0.61 |
| Barsebäck 2 | 0.14 | 0.22 | 0.34 | 0.23 | 0.08 | 0.43 | 1.23 | 0.51 |
| Forsmark 1 | 0.17 | 0.26 | 0.43 | 0.27 | 0.90 | 2.15 | 4.38 | 2.33 |
| Forsmark 2 | 0.14 | 0.23 | 0.36 | 0.24 | 0.62 | 1.67 | 3.62 | 1.83 |
| Forsmark 3 | 0.12 | 0.21 | 0.33 | 0.21 | 0.01 | 0.41 | 2.00 | 0.63 |
| Oskarshamn 1 | 0.13 | 0.22 | 0.35 | 0.23 | 0.46 | 1.09 | 2.13 | 1.16 |
| Oskarshamn 2 | 0.12 | 0.20 | 0.31 | 0.21 | 0.41 | 1.10 | 2.33 | 1.20 |
| Oskarshamn 3 | 0.15 | 0.24 | 0.40 | 0.25 | 0.01 | 0.36 | 1.81 | 0.57 |
| Ringhals 1 | 0.10 | 0.19 | 0.29 | 0.19 | 0.16 | 0.55 | 1.29 | 0.61 |
| Ringhals 2 | 0.10 | 0.19 | 0.29 | 0.19 | 0.43 | 0.93 | 1.72 | 0.98 |
| Ringhals 3 | 0.11 | 0.20 | 0.31 | 0.20 | 0.00 | 0.16 | 0.90 | 0.27 |
| Ringhals 4 | 0.09 | 0.19 | 0.29 | 0.19 | 0.01 | 0.35 | 1.74 | 0.54 |
| TVO 1 | 0.05 | 0.16 | 0.25 | 0.15 | 3.78 | 6.91 | 11.64 | 7.20 |
| TVO 2 | 0.14 | 0.23 | 0.35 | 0.23 | 0.16 | 0.82 | 2.33 | 0.98 |
| Generisk | 0.11 | 0.21 | 0.35 | 0.22 | 0.02 | 0.87 | 4.79 | 1.47 |

Projekt YH- Resultat

Delprojekt

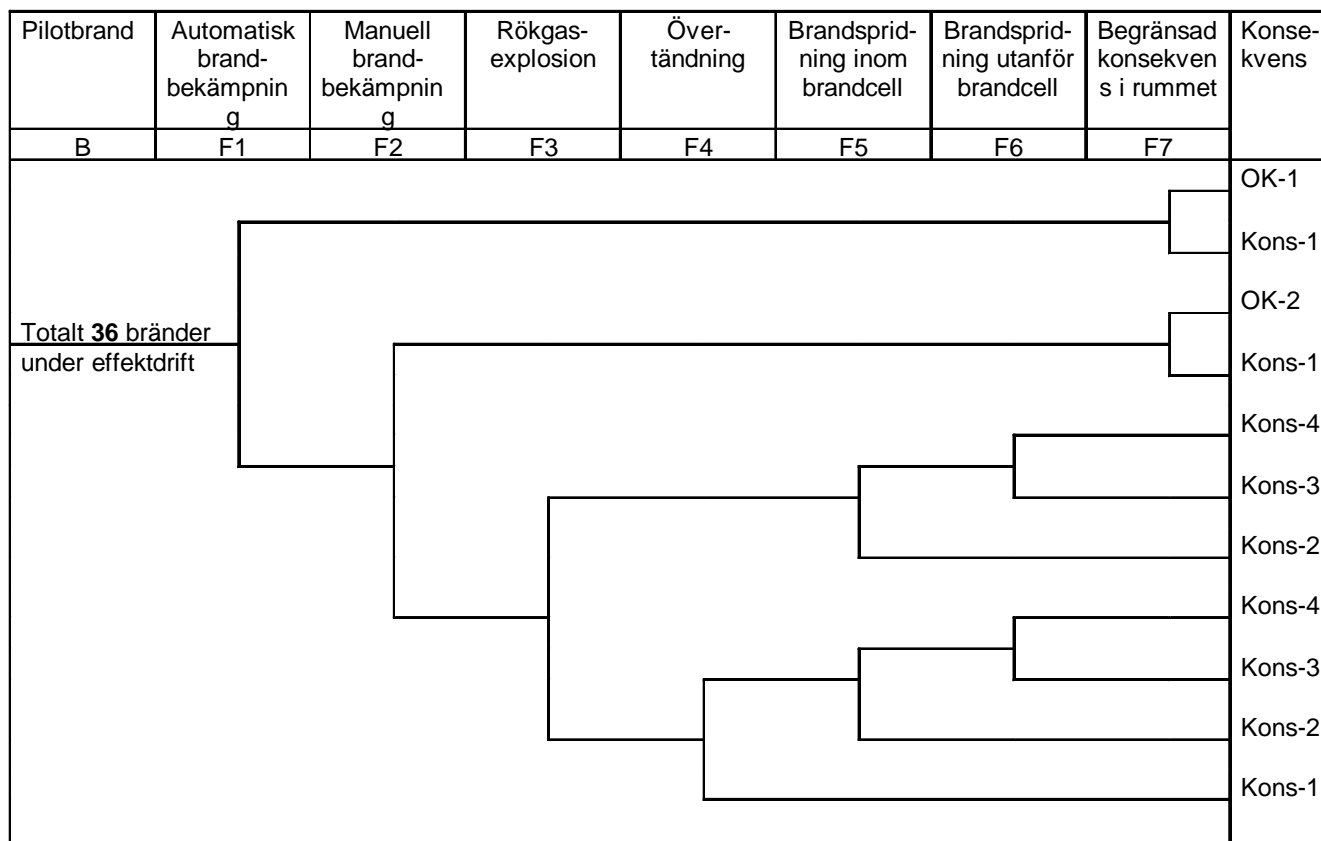
- Beräkningar av brandfysikaliska förlopp
- Data för släcksystemstillförlitlighet
- Modell för manuella släckinsatser



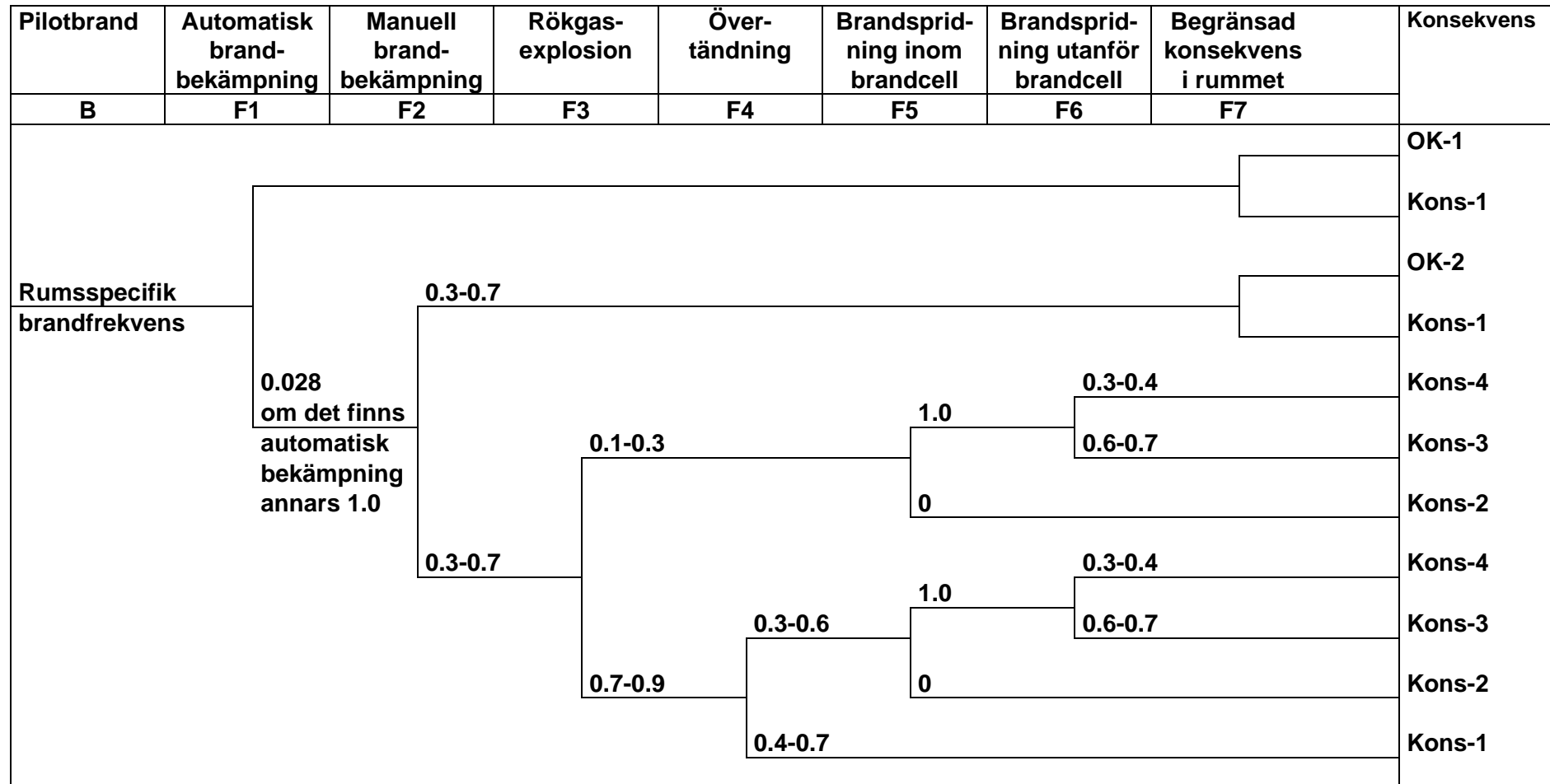
Användning

- Mer realistisk modellering av brandförlopp
- Ger möjlighet att mäta effekten av förändringar i instruktioner, utformningar, släcksystem osv

Brandhändelseträäd



Generellt brandhändelseträd



Ref. [Bergström, J-T, Realistisk modellering av brandförlopp, Rapport Relcon 95133/002]

Koppling till X-boksdata

| Pilotbrand | Automatisk brandbekämpning | Manuell brandbekämpning | Rökgas-explosion | Övertändning | Brandspridning inom brandcell | Brandspridning utanför brandcell | Begränsad konsekvens i rummet | Konsekvens | | | | | | |
|-------------------------------------|---|-------------------------|--|--------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------|--|---|---|---|---|--------|
| B | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | | | | | | | |
| Totalt 36 bränder under effektdrift | 2 Motsvarar händelser av typ C och E | 34 | 29 (85%) Motsvarar händelser av typ C och E | 0 | 0 | 0 | 0 | OK-1 | | | | | | |
| | | | | | | | | Kons-1 | | | | | | |
| | 5 (15%) Motsvarar händelser av typ A | | | | | | | 5 | 2? Antalet framgår ej av underlaget 3? | ? | ? | ? | ? | OK-2 |
| | | | | | | | | | | | | | | Kons-1 |
| | 0 | | | | | | | 0 | ? | ? | ? | ? | ? | Kons-4 |
| | | | | | | | | | | | | | | Kons-3 |
| | | | | | | | | | | | | | | Kons-2 |
| | | | | | | | | | | | | | | Kons-4 |
| | | | | | | | | | | | | | | Kons-3 |
| | | | | | | | | | | | | | | Kons-2 |

GENOMGÅNG AV X BOKENS BAKGRUNDSDATA

- Endast en begränsad andel av de begynnande bränderna (10-15% under effektdrift) har medfört transient.
- Det är oklart hur många av de allvarligare bränderna som medfört övertändning, troligen är det bara 1-2 stycken. (Risk för brandspridning)
- 4 av 5 av de allvarligaste bränderna har inträffat i turbinbyggnaden.
- För flertalet av brandfallen är konsekvenserna små p.g.a. att bränderna upptäckts och släckts snabbt. I många fall är därför de verkliga skadorna troligen försumbara.
- Resultaten antyder att de antaganden som görs om sannolikhet för rökgasexplosion och övertändning som gjorts är för höga.
- Genomgången antyder också att den sannolikhet för misslyckad manuell släckning som beräknats i är konservativ.

| Analyssteg | Beskrivning |
|------------------------|--|
| Resultatpresentationer | <p>Fördelning av anläggningsvisa brandfrekvenser till rumsvisa sker idag med hjälp av ”Berrys metod” eller med Hällebergs metod.</p> <p>Identiska rum lokaliserade i olika byggnader kan, beroende på hur metoderna använts, erhålla helt olika brandfrekvenser. Målsättningen med detta steg är att ta fram en rekommendation i hur rumsvisa brandfrekvenser lämpligast beräknas.</p> <p>Under genomgång av Hellebergs resp. Berrys metod skall databehov fastslås.</p> <p>Redovisade branddata skall på ett enkelt sätt kunna användas för praktiskt förebyggande arbete samt inom brand PSA arbetet.</p> <p>Vilka resultatpresentationer krävs för att tillgodose behoven. (delvis kopplat till genomgång av metoder ovan)</p> <p>Omfattar förslag på resultatpresentationer, remissmöte samt en slutlig justering av datainsamlingsformuläret.</p> |
| Datainsamling | <p>YH projektets kontaktnät och datakällor utnyttjas. Intervjuer med personal på anläggningarna för att kvalitetssäkra data.</p> <p>Datainsamling skall utföras av någon PSA kunnig person.</p> |
| Sökbar databas | <p>Sökbar databas i access skapas. Branddata lagras. Sökformulär och några utskriftsrapporter skapas.</p> |
| Beräkningar | <p>Fastställda kvantitativa resultatpresentationer tas fram med fastställda metoder. Resursåtgång förutsätter att befintliga metoder i X Boken utnyttjas.</p> |
| Rapport | <p>Kvalitativa och kvantitativa resultat presenteras i en rapport. Rapporten omfattar även en användarmanual av branddatabasen (access).</p> |

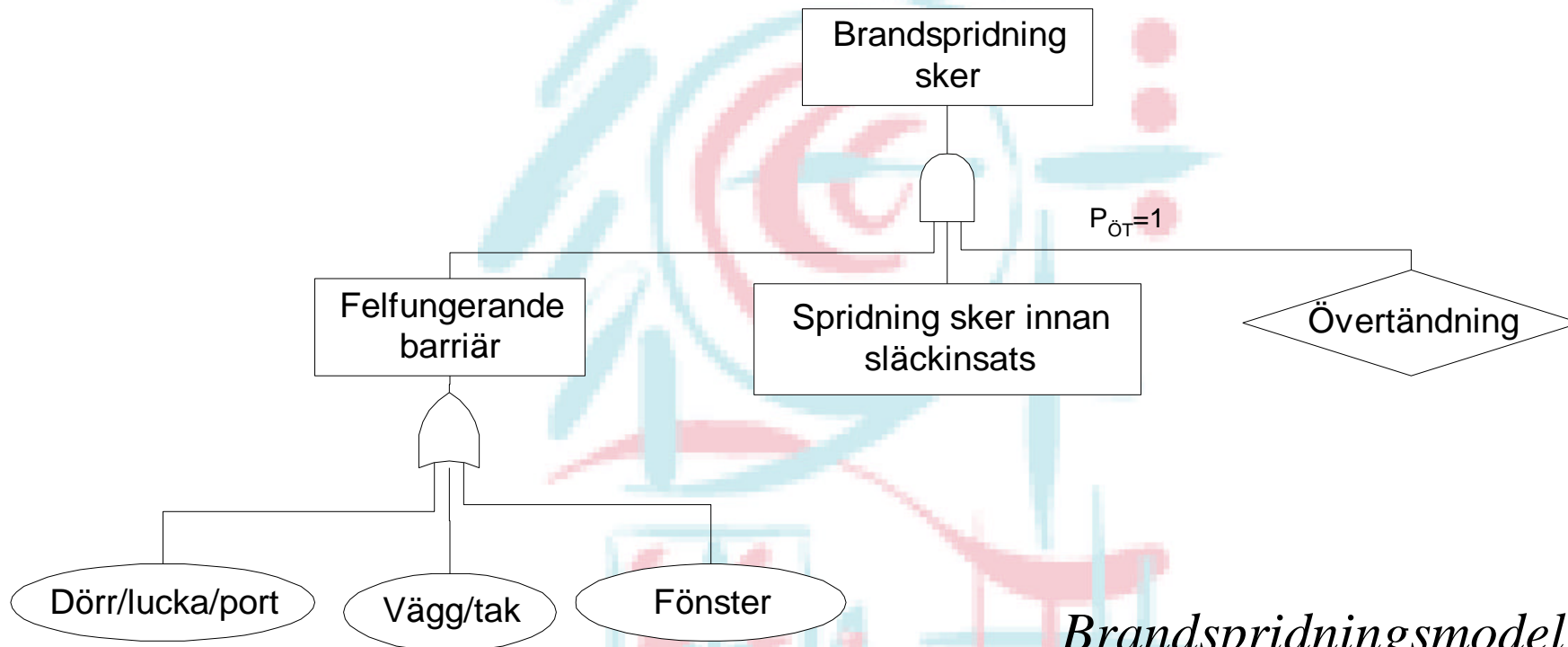
Modell för beräkning av sannolikhet för brand- och brandgasspridning

Lotta Andersson Sycon

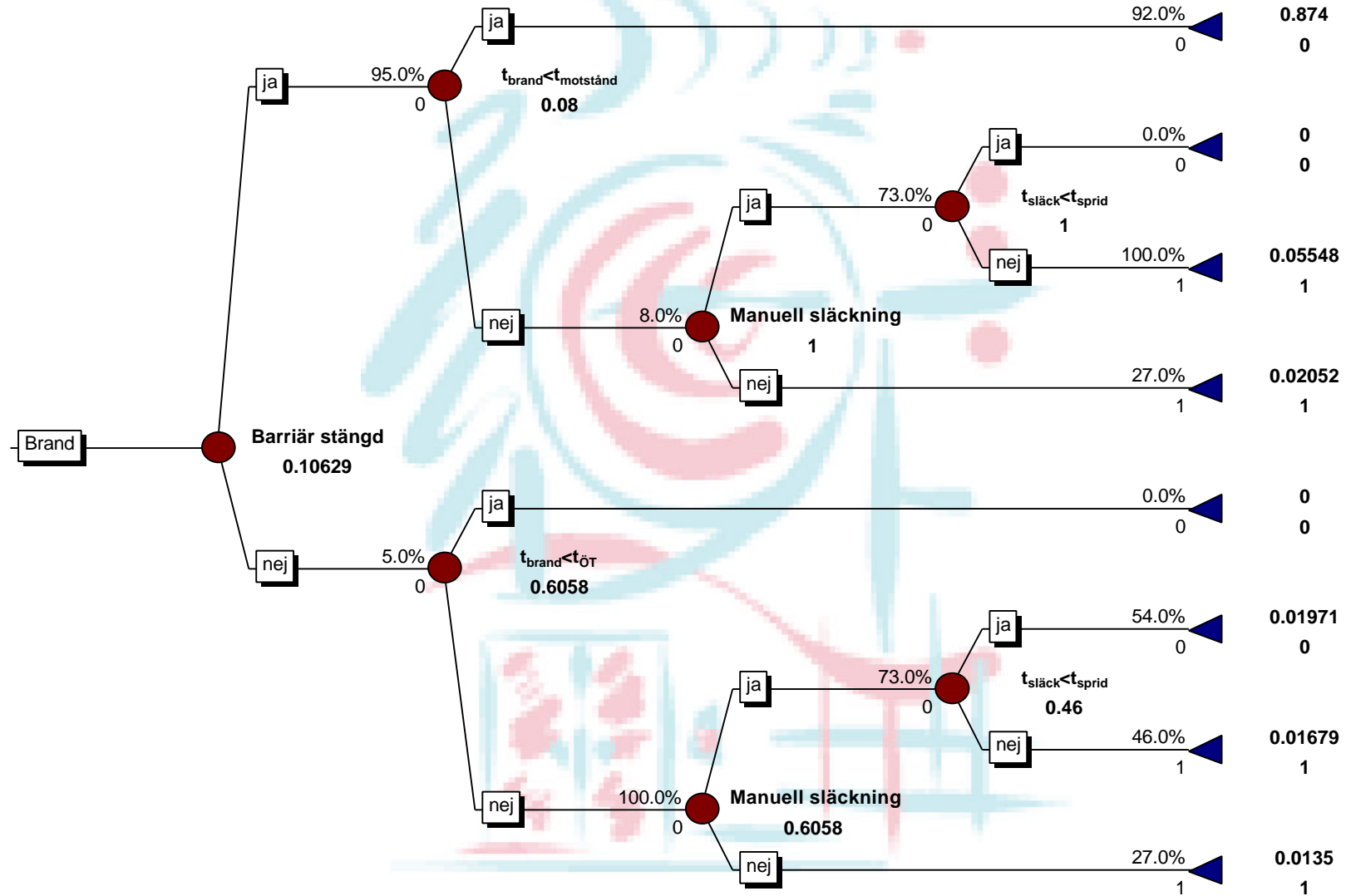
PSA Seminarium i Tammsvik

10-11 februari 2000

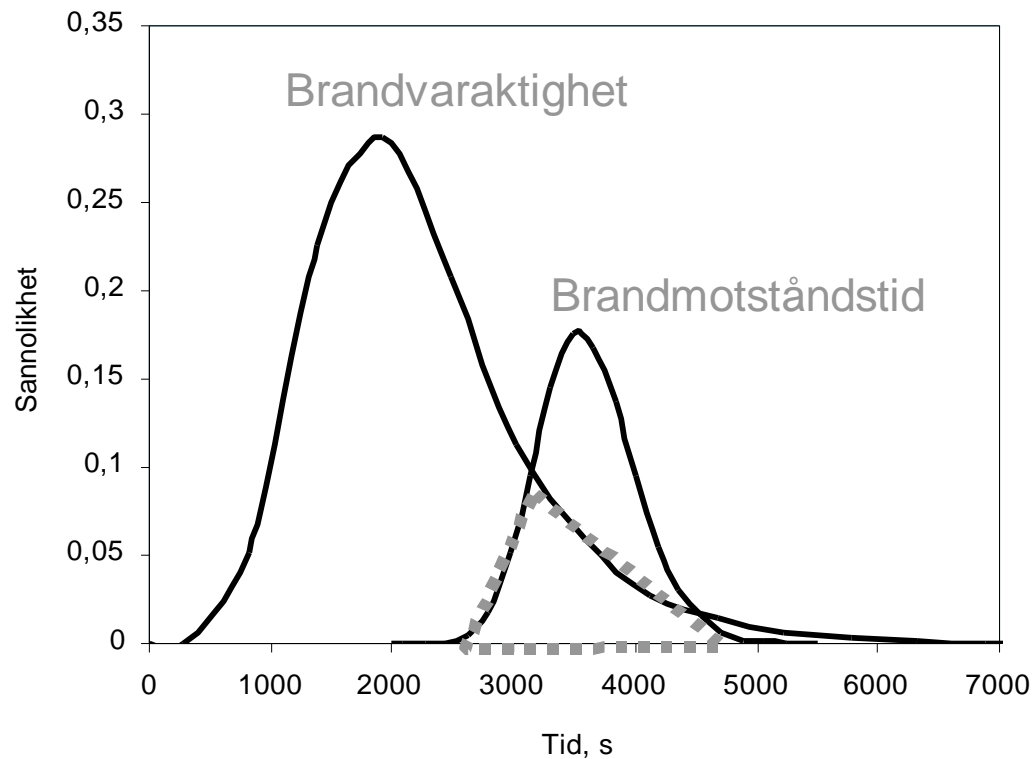
Felträd för brandspridning



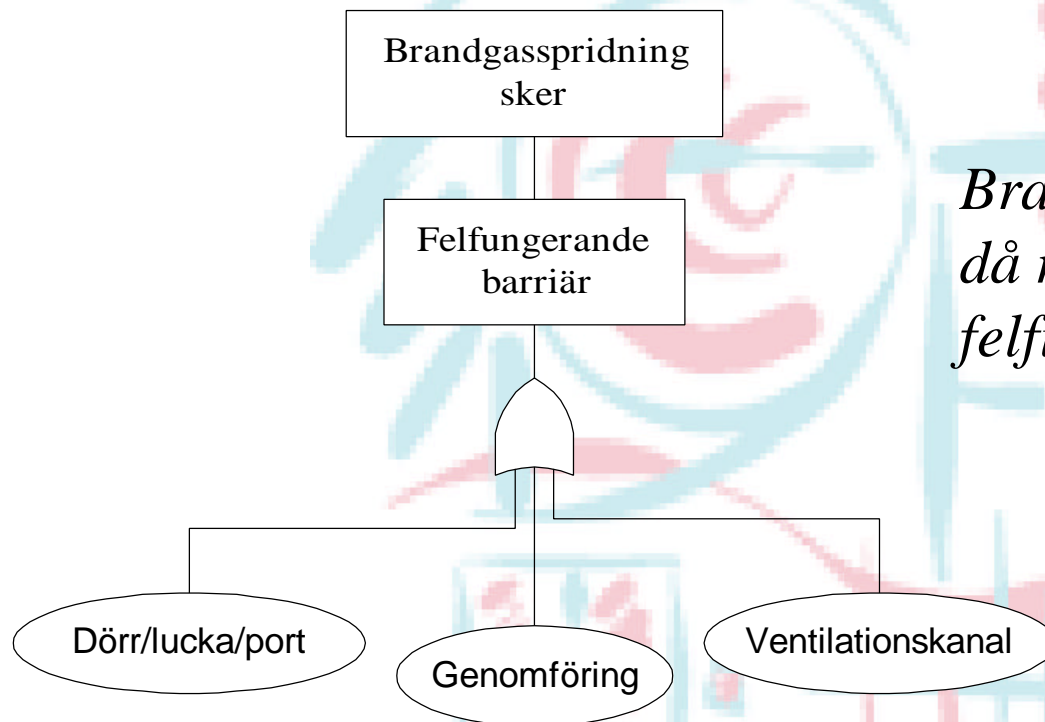
*Brandspridningsmodellen
förutsätter att övertändning
inträffat*



Tid till brandspridning



Felträd för brandgasspridning



*Brandgasspridning sker
då minst en barriär
felfungerar vid behov*

Utvecklingsförslag

- Felfrekvenser för spridningsbarriärer
- Bestämning av kritiska förhållanden pga brandgasspridning
- Metod för beräkning av sannolikhet för övertändning i rum

FÖREDRAG / PRESENTATION

11

SKIs PSA Tillsynshandbok

Föredrashållare: *Anders Hallman SKI.*

Tillsynshandbok: PSA

- Ett internt dokument för SKI:s tillsyn
- Handboken skall stödja både granskning och inspektion
- Handboken är ett kriteriedokument

Tillsynshandbok: PSA

- Arbetet har bedrivits sedan maj 1998 och är nu ute på inofficiell remiss t.o.m 2000-03-31

Innehåll i handboken

- Inledning
- PSA - En kort översikt
- Kravbilden
- SKI:s PSA-verksamhet
- SKI:s PSA-tillsyn
- Organisatoriska frågor och kvalitetssäkring
- Tillämpning av PSA
- Genomförande av PSA
- Bilagor

Tillståndshavarnas ansvar

- Tillståndshavarna har det fulla ansvaret för genomförande av PSA inklusive initiera analyser då behov föreligger och att planlägga sitt PSA-arbete på längre sikt.

Säkerhetsgranskning

- PSA skall genomgå säkerhetsgranskning hos tillståndshavaren och vidare anmälas till SKI (SKIFS 1998:1 4 KAP. 6§). Skyndsam behandling fordras i de fall analysen visar på säkerhetsbrist eller misstanke om säkerhetsbrist i anläggningen.

PSA-verksamheten

- PSA-verksamheten skall styras och utvecklas med hjälp av ett kvalitetssystem (2 KAP. 3§)
- En noggrann avvägning bör göras mellan utnyttjandet av egen personal respektive entreprenörer och annan inhyrd personal (2 KAP 3§, allmänna råd)

Organisation och kvalitetssäkring

- Tillräckligt med personal som har kompetens och lämplighet
- Ett kvalitetssystem som styr PSA-verksamheten
- Primär och fristående granskning av PSA

PSA och dess dokumentationen

- Analysen skall vara spårbar
- Analysen och dess beskrivning skall vara begriplig för studiens målgrupp
- Ett fortlöpande fördjupningsarbete bör bedrivas
- Att utveckla analysmetoder, dataunderlag mm är en del av tillståndshavarnas PSA-verksamhet

Tillämpning av PSA

- Syfte och målgrupp är en väsentlig grund vid planering av analysarbetet
- Resultatpresentationen inklusive slutsatser skall anpassas till målgruppen

SKI:s PSA-verksamhet

- Att ge en tydlig beskrivning av kravbilden
- Att kontrollera hur kravbilden efterlevs
- Att utnyttja PSA i SKI:s tillsyn

SKI:s tillsyn

Efterlevnaden av SKI:s krav skall huvudsakligen säkerställas genom tillståndshavarnas egenkontroll

- Detta fordrar bl.a. ett fungerande kvalitetssystem som styr det egna analysarbetet, inkluderande rutiner för initiering av analyser, genomförande, dokumentering, uppdatering, omhändertagande och användande av analysresultat

Kontroll av att kravbilden efterlevs

- Inspektion av PSA-verksamheten
- Granskning av PSA
- Värdering av PSA-resultat

Värdering av PSA-resultat

- Som vägledning vid SKI:s värdering av PSA-resultat och anläggningsändringars påverkan på härdskadefrekvensen har SKI värderingsgrunder som är kopplade till härdskadefrekvensens storlek

Riskmedveten tillsyn

SKI skall utnyttja den information PSA ger, exempelvis

- vid prioritering av inspektions- och granskningsinsatser
- för att meddela effektiva föreskrifter och tillståndsvillkor
- vid värdering av standarder och normer
- vid bedömning av de deterministiska kravens effektivitet.

Utvecklingsbehov

- Ökad användning av PSA
- Informationen och kunskapen bör ut till användarna i större utsträckning
- Sätten att tillämpa PSA bör utvecklas

Utvecklingsbehov

Kvaliteten bör höjas på vissa områden

- Studierna mer lättillgängliga för ickeexperter
- Ökad spårbarheten i studierna
- Slutsatserna bör sträckas ytterligare en bit

Industrin bör ta ett större ansvar för utvecklingen av PSA

- analysmetoder
- databaser

FÖREDRAG / PRESENTATION

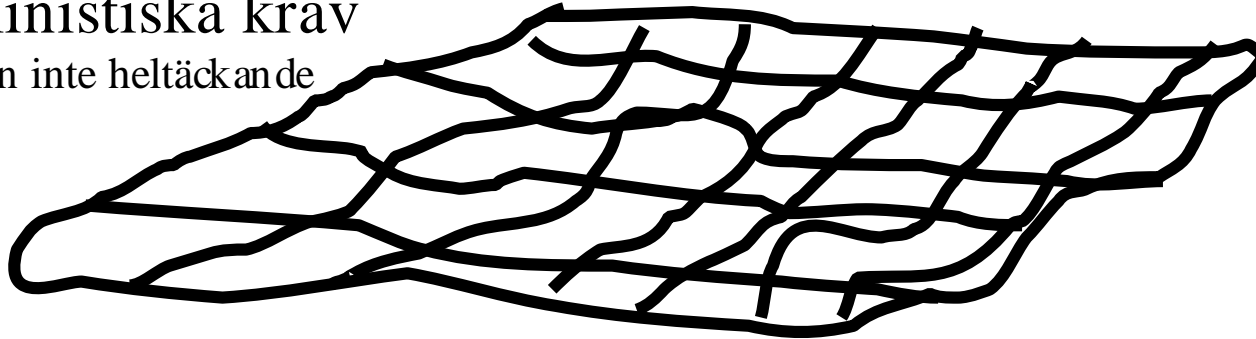
12

*Resultat av utfört arbete inom kraftindustrins VGx
arbetsgrupp angående PSA tillämpningar
Föredragshållare: Mauritz Gärdinge OKG.*

Deterministiska kontra probabilistiska krav

Deterministiska krav

Robust men inte heltäckande



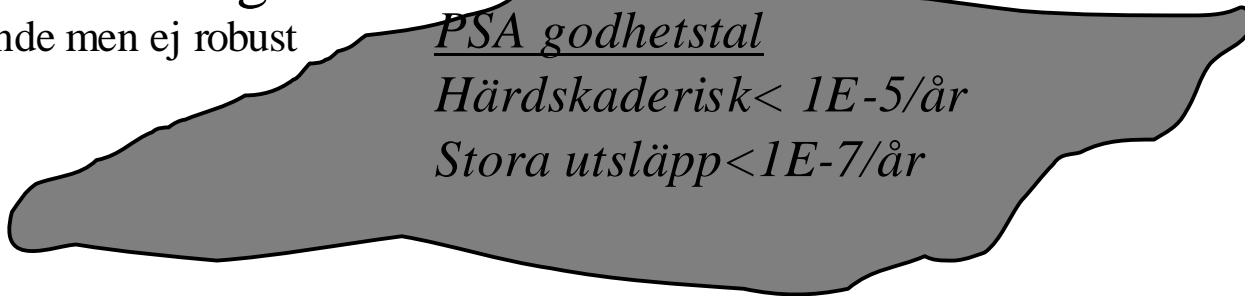
Probabilistiska godhetstal

Heltäckande men ej robust

PSA godhetstal

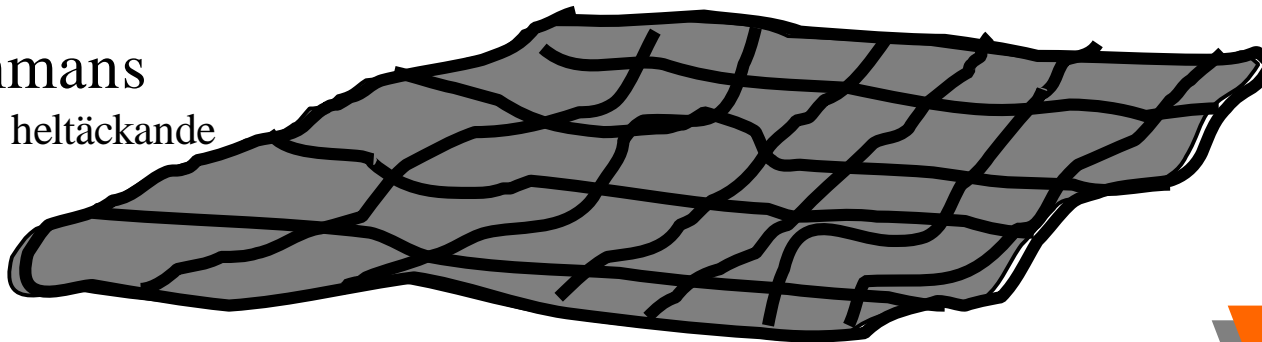
Härskaderisk < 1E-5/år

Stora utsläpp < 1E-7/år



Tillsammans

Robust och heltäckande



Branchgemensamma kärnkraftkrav och regler

FÖREDRAG / PRESENTATION

13

*Hur skall vi arbeta med ”Risk Informed Principles” i
framtiden*

Föredragshållare: *Lars Gunsell SKI.*



Hur ska vi arbeta med "Risk Informed Principles" i framtiden?

Lars Gunsell SKI

Översättningsvarianter av "Risk Informed":

- riskinformerad,
- riskmedveten

Några utvecklingar som styr krav och behov av PSA:

- SKIFS 1998:1
- SKI:s Tillsynshandbok PSA
- Moderniseringsprojekten
- Utökade allmänna råd till SKIFS 1998:1 avseende konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer (R 2000) för att uppnå sk modern reaktor.

Dessa punkter diskuteras fortsättningsvis.

SKIFS 1998:1

- Kraven på PSA har förtydligats
- Analys och redovisning frikopplas från ASAR-programmet

Allmänna råd till 4 kap. 1 §

"Probabilistiska analyser bör vara så realistiska som möjligt. Försiktiga eller konservativa antaganden kan användas om det går att motivera detta och om det går att visa att de är konservativa i alla avseenden. Även i dessa analyser bör inverkan av osäkerheter som har betydelse för resultaten analyseras.

För en reaktorläggning bör en probabilistisk säkerhetsanalys (PSA) omfatta

- nivå 1: en analys av sannolikheten för att en härdskada skall inträffa, samt



➤ nivå 2: en analys av sannolikheten för utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen, under effektdrift, inklusive upp- och nedgång med reaktorn, och vid revisionsavställning, i vilken också bränslebyte ingår.

Analysarbetet bör ske med god kvalitetssäkring vad gäller dokumentation, referenser, granskningsrutiner m m. Analysens syfte bör klart framgå liksom de begränsningar som analysen innehåller. Analysen bör vidare ha god spårbarhet och väl motiverade antaganden och data vilka är relevanta för anläggningen. Det bör visas på ett övertygande sätt att alla tänkbara missödesförlopp är behandlade. Även de bedömningar som har legat till grund för att utesluta analys av vissa händelser bör redovisas."

SKI:s Tillsynshandbok PSA

Se separat föredrag av Anders Hallman

Moderniseringsprojekten

SKI:s definition

Med en ur säkerhetssynpunkt modern reaktor förstås en reaktor som dels uppfyller ursprungliga och tillkommande krav för drift, dels har värderat erfarenheter och ny kunskap som framkommit och gjort, utifrån reaktorns förutsättningar, rimliga förbättringsåtgärder i syfte att nå en säkerhetsnivå jämförbar med nya reaktorer. Dessutom ska hänsyn tas till samspelet mellan människa, teknik och organisation i verksamhetsprocesser och de bedömningar som utgör underlag för verksamheten.

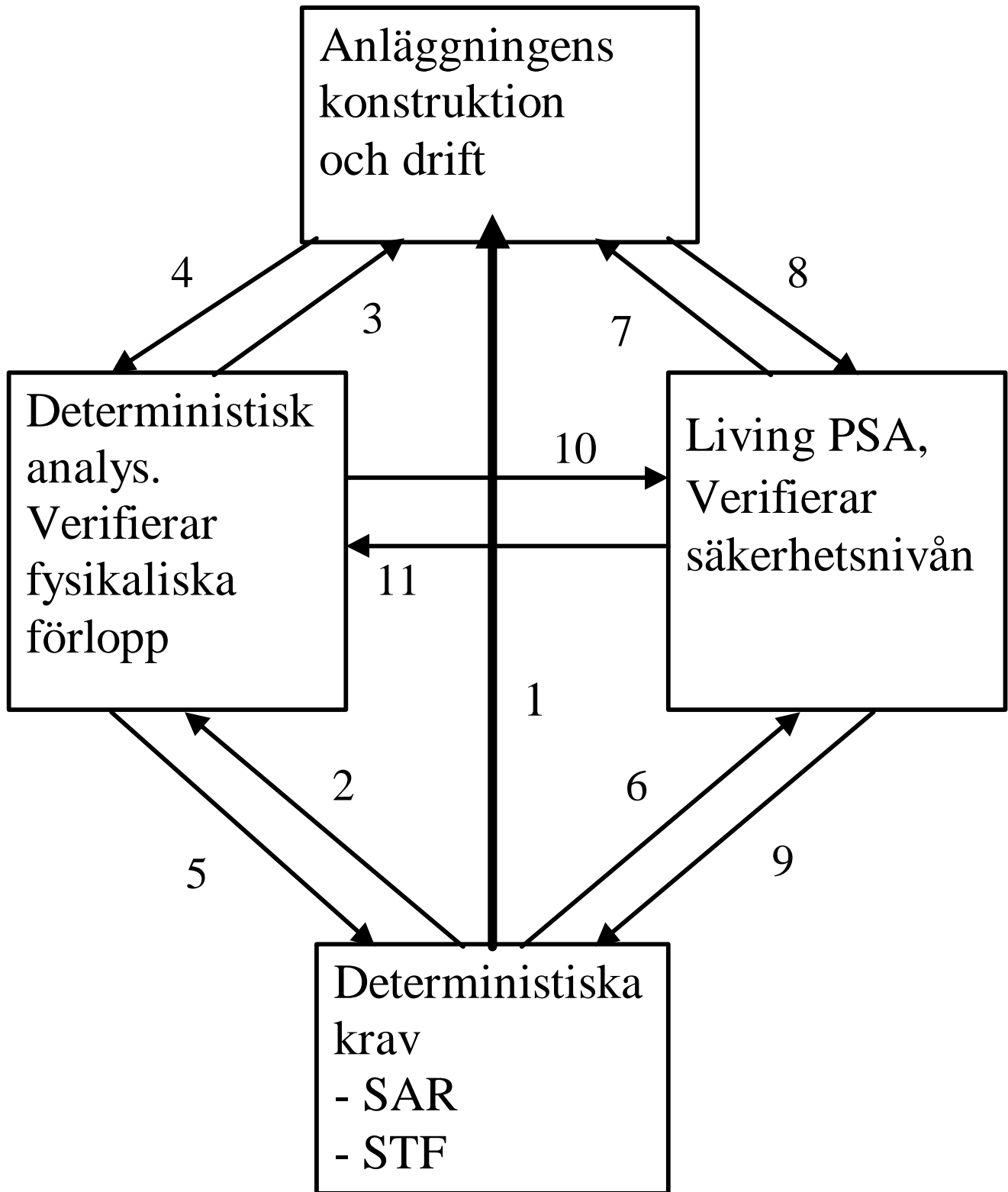
Jämförelsen med nya reaktorer bör bl.a. baseras på PSA

PSA:s roll

PSA:s roll illustreras av figur 1 som visar på ett sätt att beskriva hur anläggningens konstruktion och drift bestäms av de deterministiska kraven och hur deterministiska och PSA analyser används för att verifiera att anläggningen uppfyller kraven. De två verifikationsanalyserna varken ersätter eller verifiera varandra. I ett fortlöpande säkerhetsarbete ska förnyade säkerhetsvärdering göras med de två verktygen när erfarenheter från drift och underhåll, speciellt inträffade händelser, resultat av genomförda säkerhetsanalyser och nya forskningsrön framkommer. Pilarna i figuren står för följande:

- 1, 2, 3 Anläggningens konstruktion och drift bestäms av de deterministiska kraven (1) och av resultat från den deterministiska analyserna (3). Från de senare erhålles funktionskrav ex. vis. kapacitet och villkor för start. De deterministiska kraven bestämmer vilka verifierande analyser som ska genomföras (2).
4. Deterministiska analyserna använder anläggningens konstruktion och drift som underlag.
5. Resultatet av deterministiska analyser kan även leda till att kraven måste förändras.
- 6, 8, 10. PSA baseras i första hand på anläggningens konstruktion och drift (8). Driftstatistik över inträffade händelser och utebliven funktion utnyttjas. SAR och STF är stöd i genomförandet (6) av PSA och likaså används resultaten från de deterministiska analyserna (10).
7. Resultatet av PSA kan leda till ändringar i konstruktion och driftstrategier.
9. Resultatet av PSA kan även leda till att de deterministiska kraven måste förändras.
11. PSA kan visa på behov av ytterligare beräkningar för att verifiera förhållanden av säkerhetsmässig betydelse men som inte finns med i de deterministiska analyskraven
- Erfarenhetsåterföring och återkommande verifikation i det fortlöpande säkerhetsarbetet förutsätts i systemet men har inte markerats separat.

Fig. 1 – PSA:s roll





Utökade allmänna råd till SKIFS 1998:1 (förslag)

Sammanvägning av deterministisk- och probabilistisk kunskap vid säkerhetsanalys

- De deterministiska kraven utgör grunden, PSA kompletterar.
- PSA stöder en jämnstark säkerhetsnivå utan dominerande svagheter eller onödiga konservatism.
- Avsteg från principen om flerfaldiga barriärer och djupförsvaret bör normalt inte accepteras.
- Alternativa likvärdiga lösningar, för barriärskyddande funktioner bör accepteras.
- Ökning av delar av risken bör stå i relation till nyttan.
- Känslighetsanalys för att visa att konstruktionen förblir tillräckligt robust. Enkelhet och genomskådlighet väsentligt.
- Vid förändring av ett deterministiskt krav bör hel grupp eller område beaktas.

En förutsättning är att PSA- studierna håller den kvalitet och detaljeringsgrad som varje tillämpning erfordrar och att fastställda principer för bedömning och bedömningskriterier föreligger.



Utökade allmänna råd till SKIFS 1998:1 avseende konstruktion och utförande av kärnkraftsreaktorer (förslag)

Sammanvägning av deterministisk- och probabilistisk kunskap vid säkerhetsanalys

Vid sådan sammanvägning bör följande beaktas :

- De deterministiska kraven utgör grunden för anläggningens tillstånd till drift. De bör verifieras och kompletteras med hjälp av PSA så att en mer heltäckande grund för kraven uppnås.
- PSA bör användas för att uppnå en jämnstark säkerhetsnivå utan dominerande svagheter eller onödiga konservatism.
- Avsteg från principen om flerfaldiga barriärer och djupförsvaret bör normalt inte accepteras. Svaghet i en barriär bör därför inte kompenseras med extra styrka i en annan barriär. Alternativa likvärdiga lösningar, för barriärskyddande funktioner, som probabilistiskt är likvärdiga, bör accepteras.
- I det fall en förändring av ett deterministiskt krav innebär en ökning av delar av risken bör ökningen stå i relation till nyttan. Nyttan kan utgöras av resurser som frigörs eller att andra delar av riskbilden minskar.
- Konsekvensen av förändring av ett deterministiskt krav bör belysas med en känslighetsanalys för att visa att konstruktionen förblir tillräckligt robust. Hänsyn bör tas till att enkelhet och genomskådlighet är väsentliga egenskaper för att kunna upprätthålla en hög säkerhetsnivå.
- Vid förändring av ett deterministiskt krav, och argumentering för detsamma, bör övriga krav som kan sägas tillhöra samma grupp eller område beaktas, för att tillse att en lämplig avgränsning av de sammanlagda kraven analyseras och ifrågasätts.

En förutsättning för en tillämpning enligt ovan är att PSA- studierna håller den kvalitet och detaljeringsgrad som varje tillämpning erfordrar och att fastställda principer för bedömning och bedömningskriterier föreligger.

FÖREDRAG / PRESENTATION

14

STUK, myndighetens PSA verksamhet i Finland
Föredragshållare: Ilkka Niemelä STUK

PSAs and updates submitted to STUK

| PSA | Plant | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 00 |
|----------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----------------|----|----|----|----|----|
| Internal, full power | LO | X | | | | | X | | X | X | | X | |
| | OL | X | | | | | X | | | X | | | |
| Fires, full power | LO | | | | X | | | | | X | | | |
| | OL | | | | X | | X | | | | X | | |
| Flood, full power | LO | | | | | | X | | | | X | | |
| | OL | | | X | | | X | | | X | | | |
| Seismic | LO | | | | X | | | | | | | | |
| | OL | | | | | | | | X | | | | |
| Weather, full power | LO | | | | | | X | | | X | X | | |
| | OL | | | | | | | X ¹ | | X | X | | |
| Internal, low power | LO | | | | | | | | | X | | | |
| | OL | | | | X | | | | | X | | | |
| Level 2 | LO | | | | | | | | | X | | | |
| | OL | | | | | | | | | X | | | |
| Fires, low power | LO | | | | | | | | | | | | |
| | OL | | | | | | | | | | X | | |

1) Limited version

In addition, a large number of system analysis updated have been submitted almost yearly.

PSA activities at STUK

- Work during 1999
- Plans for 2000

PSA Seminarium i Tammsvik,
10-11 februari, 2000

Quality assurance of PSA review

General QA development at STUK

Problems

Partial PSA updates and documentation

State of previous reviews is not well documented
→ waste of resources

Solution

Traceable review process

Better listing of incoming updates

Review tables and workbooks

Work during 1999

PSA reviews:

- **LO**
Low power level, Weather risk,
Level 2, Y2K
- **OL**
Fires (Full & low power)
Modernisation, Y2K

RI-ISI, RI-IST, RI-TS development

NRC RG 1.174, 1.175, 1.177

Safety margin objectives added

Risk follow-up

PSA software development

Plans for 2000

PSA reviews:

- LO
Floods, Level 2
- OL
Internal events, Weather,
Floods, Level 2

RI-regulation development

- Completion of RI-ISI pilot project
Preparation of guidelines
- RI-IST, RI-TS
Preparation of guidelines
- Risk follow-up
Year 2000

PSA software development

Management of PSA review observations

Observations are compiled into list of observations.

- **3 levels of importance**

The observations are discussed with the plant.

An observation is removed from the list only when consensus is reached.

RI-ISI on TVO 321

| DEGRADATION CATEGORY | NUMBER OF SEGMENTS |
|---------------------------------|--------------------|
| High | 3 |
| Medium | 6 |
| Low | 19 |
| <i>Total number of segments</i> | 28 |

| Segments | CCDP | CATEGORY |
|---|----------|----------|
| Segments inside containment | 2.2 E-4 | High |
| Segments outside containment | 4.61 E-5 | Medium |
| Segments between inner and outer isolation valves | 4.60 E-5 | Medium |

| DEGRADATION CATEGORY | CONSEQUENCE CATEGORY | | |
|----------------------|----------------------|---|--|
| | LOW | MEDIUM | HIGH |
| HIGH | | 321-B-M 321-G-M 321-O-M | |
| MEDIUM | | 321-C 321-DA 321-EA 321-FA 321-G 321-B 321-RI, 321-O 321-TI 321-AI-s 321-HI-s | 321-S 321-U 321-AI-u 321-HI-u |
| LOW | | 321-J 321-N 321-P 321-T 321-L 321-M 321-R 321-DB, EB, FB | 321-A 321-H 321-S 321-U |

Experience on RI-ISI

Problems in PSA-models

- ***Unsymmetry***

Initiators, tests, noncritical repairs

- ***Conservatism***

Location of LOCAs

- ***Lack of 'normal' shutdown model***

Models for SCRAM and slow shutdown
needed when pipe break does not
cause initiator

Experience on RI-ISI

Different pipe break classes

- ***Break causes initiator***

Generally no additional assumptions needed

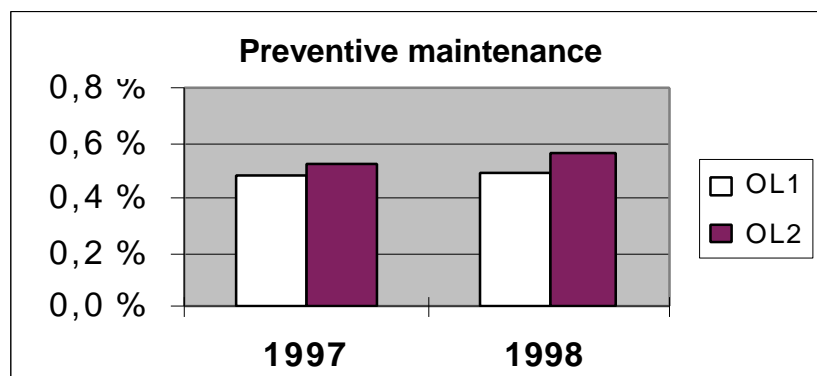
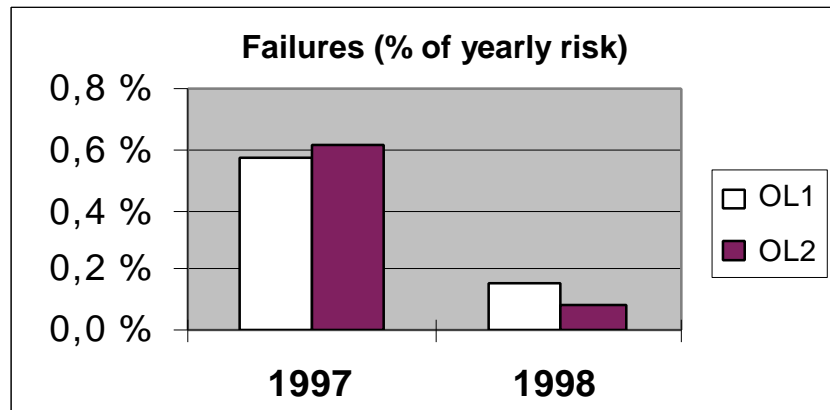
- ***No initiator, revealed immediately***

Assumptions on fast/slow shutdown

- ***No initiator, remains hidden until system started or transient occurs***

Latency time depends on testing arrangements and system properties

Risk follow-up



- *Infrequent, significant precursors (LOCAs, transients, fires etc.) provide the main contribution to risk.*

Contribution of safety related component failures and other operational events is small.

Other PSA-related activities at STUK in 2000

Compilation of distributions of weather phenomena using expert judgement

- *Extreme weather phenomena are rare but often have catastrophic effects on plants.*

Aging of nuclear power plant materials

- *Measurement methods, statistical distributions*

Computational methods for crack growth

- *Local loads in welds, Probability of breaks*

Aging of control systems

Effects of steam explosion in bottom head for Olkiluoto plant

- *Identification of critical parameters and methods of prevention*

Reliability of passive heat removal systems

- *Experimental project*

Behaviour of volatile Rutenium products

- *Rutenium can exist in gaseous compounds that can escape containment*

PSA results as a decision making criterion

- *Combination of deterministic and probabilistic information*
- *Quality requirements for PSA models*

Effects of smoke and heat on electronic circuits

- *Comparisons between analog and digital systems*

Modeling of fire scenarios in PSA

- *Combination of simulation and probabilistic computation into one method*

Reliability and efficiency of fire fighting systems

- *Reliability models for fire fighting systems*

Phenomenological uncertainty

- *Thermal-hydraulic models, analysis of methodological uncertainties*

Errors of commission

- *Identification, modelling and evaluation*

Development of working practices and organizational culture in daily work

- *Methods for evaluation of safety culture*

Identification of human factor problems in maintenance in the Finnish NPPs

- *Root cause analysis, common cause analysis*

FÖREDRAG / PRESENTATION

15

Analys av väderrelaterade yttre händelser – speciellt hög och låg havsvattennivå - metoder, fenomen etc.

Föredragshållare: Michael Knochenhauer, Impera-K

Analys av väderrelaterade yttre händelser – speciellt hög och låg havsvattennivå

Michael Knochenhauer
Impera-K AB
Kyrkvägen 20
S-196 30 Kungsängen

Inledning

De probabilistiska säkerhetsanalyser som hittills givits ut för svenska kärnkraftverk har, utöver yttre nätbortfall, inte inkluderat detaljerad analys och modellering av några yttre händelser. I en del fall har enklare summeringar av andra analyser med anknytning till yttre händelser presenterats, exempelvis sådana som gjorts inom FSAR. Detta innebär att inte finns några etablerade rutiner, eller specifika krav, för hur analyser av yttre händelser skall genomföras.

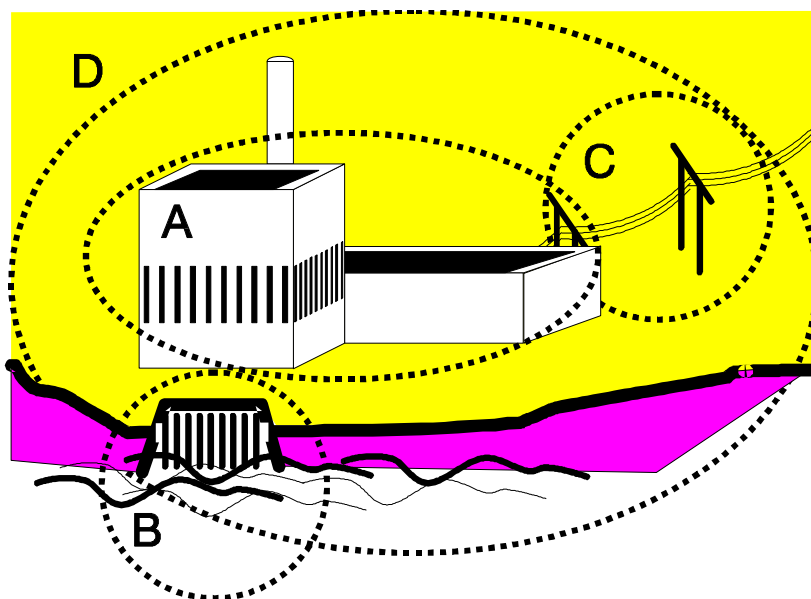
BKAB:s projekt "Hög och låg havsvattennivå" har primärt haft till syfte att skapa förutsättningar för en korrekt modellering och värdering av riskerna från extremt hög och låg havsvattennivå inom ramen för befintlig PSA för Barsebäck 1 och 2. Tyngdpunkten har legat på att identifiera möjliga analysmetoder och tillgängliga datakällor. Projektet har inkluderat en omfattande litteratursökning och genomgång av referenser. Utöver information om analys av extrema havsvattennivåer har även viss information om andra väderrelaterade yttre händelser sammanställts.

Från BKAB:s sida har Ingemar Ingemarsson varit beställare och aktiv diskussionspartner under arbetet.

Översikt över några olika typer av yttre händelser

Yttre händelsers påverkan på en anläggning är starkt beroende av händelsens karaktär. Man skulle förenklat kunna skilja mellan fyra huvudgrupper av yttre händelser. De beskrivs kort nedan, och illustreras i figur

- A - Händelser inom anläggningen
- B - Händelser som medför att hjälpkylvattenintag slås ut
- C - Händelser som medför att yttre nät slås ut
- D - Händelser som påverkar byggnader



Figur 1 Översikt över olika typer av yttre händelser

A - Händelser inom anläggningen

Exempel på yttre händelser av detta slag är brand, översvämning och turbinmissiler. Även yttre översvämning kan indirekt ingå i denna kategori. Händelsen innebär t.ex. brand eller översvämning i ett eller flera rum och drabbar normalt endast ett block åt gången.

Händelsen kan ha stor påverkan på ordinarie säkerhetsfunktioner, genom att utslagning av vissa utrymmen (kontrollrum, fyrkantsschakt och elrum) kan slå ut bägg huvudsabarna.

B - Händelser som medför att hjälpkylvattenintag slås ut

Exempel på yttre händelser av detta slag är lågt vattenstånd, transportolyckor, extrema isförhållanden samt igensättning med alger, musslor eller maneter. Händelsen innebär utslagning av hjälpkylvatten, antingen p.g.a. igensättning eller lågt vattenstånd och kan drabba flera block samtidigt.

Bortsett från att havsvattenkylkretsarna slås ut fås ingen påverkan på ordinarie säkerhetsfunktioner.

C - Händelser som medför att yttre nät slås ut

Exempel på yttre händelser av detta slag är landsomfattande yttre nätbortfall, saltstorm, extrema vindar eller extrem snöbelastning. Händelsen innebär utslagning av yttre nät och drabbar normalt flera block samtidigt.

Bortsett från att yttre nät slås ut fås ingen påverkan på ordinarie säkerhetsfunktioner. I extrema fall kan dock dessa händelser även påverka byggnader (se kategori D).

D - Händelser som påverkar byggnader

Exempel på yttre händelser av detta slag är jordbävning, flygplansstörtning och explosioner. Även yttre översvämning kan ingå i denna kategori. Händelsen innebär att byggnader påverkas direkt till följd av t.ex. jordbävning, flygplansstörtning eller extremt hög vattennivå i havet. Händelserna drabbar ett eller flera block samtidigt.

Påverkan på yttre nät och ordinarie säkerhetsfunktioner är svårbedömd. Dessutom finns det risk för följdfel, t.ex. stora rörbrott.

Analys av väderhändelser

Källor till data

Vid SMHI:s mätstationer registreras följande parametrar:

- ◆ Havsvattennivå och strömningshastighet
- ◆ Vind, temperatur, nederbörd och lufttryck (vid samma mätstation)
- ◆ Blixtar

Data efter 1961 finns tillgängligt elektroniskt, dessförinnan finns de normalt endast på papper. Vissa stationers data finns dock lagrade elektroniskt längre tid tillbaka.

SMHI har via dator tillgång till alla data i Europa efter 1970, och äldre data kan beställas på papper via SMHI. Samarbetet mellan olika länders meteorologiska institut är öppet, och allt är tillgängligt. För Baresbäckverket del kan i vissa fall data från mätstationer i Danmark vara relevanta. Detta gäller t.ex. extrema havsvattennivåer, där nivåmätningarna för Köpenhamn bör troligen är de mest relevanta.

Information om specifika yttre händelser

Isförhållanden

Igensättning av kylvattenintag med is kan ske på grund av två olika fenomen, iskrav (isbildning på intagsgaller) eller isvallar.

Iskravning kan uppstå vid kraftig vind i samband med minusgrader och öppet vatten. Vattnet är vid dessa tillfällen cirka 0°C. Iskristaller bildas i vattenytan och förs på grund av turbulens ned till flera meters djup i vattnet (vid kulingvindar ned till 10 meters djup). De klumpas ihop och kan fastna på konstruktioner under vattenytan. Kraftig isbark kan då bildas på gallren till intagssilarna.

I Öresund driver isen ofta fram och tillbaka p.g.a. vind och ström. Isflaken är ofta små, på gränsen till isbris (delvis orsakat av fartygstrafiken i sundet). Vid kraftig pålandsvind trycks isen in mot kusten, och ett sammanpackat issörjebälte, s.k. stampisvallar bildas, som kan nå ett djup av 6-7 meter.

Extrema vindar

Även om inga vindmätningar görs i ett verks omedelbara närhet finns möjlighet att anpassa data från längre bort belägna mätstationer, genom omräkning av dessa data och baserat på topografisk information. SMHI har ett datorprogram för denna typ av beräkningar (STRONGBLOW), som beräknar extremvärden för vindstyrkor baserat på en detaljerad beskrivning av markytans råhet och topografi.

Den högsta uppmätta vindhastigheten i Sverige (ej tromb) är från vintern 1992/93, då vindstyrkor på 76 m/s respektive 81 m/s uppmättes i Kebnekaismassivet.

De högsta vindstyrkorna i Sverige fås dock troligen i samband med tromber, som kan ge vindhastigheter upp till c:a 90 m/s. Att ”normala” vindar skulle kunna komma upp i dessa hastigheter med samma frekvens är inte troligt, vilket innebär att tromber bör vara representativa som värsta vindscenario. Frekvensen för en tromb på en slumpvis vald plats i Sverige är cirka 1E-5/år.

Temperatur, nederbörd och blixtar

För temperaturer och nederbörd har SMHI har långa mätserier för många platser i Sverige, vilket normalt ger ett gott underlag för extremvärdesanalyser. SMHI har ett blixtlökaliseringsystem i drift sedan c:a 5 år. I systemet mäts blixters frekvens och lokalisering, men ej laddning.

Den högsta och lägsta temperatur som uppmätts i Malmö sedan 1936 är +34,0°C respektive -28,0°C.

Den största uppmätta dygnsnederbörden i Malmö är 65 mm och i Sverige c:a 250 mm. Uppskattad övre gräns för möjlig dygnsnederbörd i Sverige är mellan 300 och 400 mm.

Ungefärliga extremvärden för några väderhändelser

För att ge ett begrepp om typiska extremvärden för väderhändelser och om spännvidden mellan värden för olika återkomsttider, anges i tabell 1 ungefärliga extremvärden för några väderrelaterade yttre händelser.

Värdena kan i viss mån ses som representativa för Öresundsregionen. De är dock sammanställda ur ett antal olika referenser, baseras på mätdata av olika omfattning och kvalitet, och har beräknats med delvis olika metodik. Variationen mellan olika platser kan också i vissa fall vara mycket stor; detta gäller inte minst extrema havsvattennivåer.

Tabell 1 Ungefärliga extremvärden för några väderhändelser

| | 100-årsvärde | 10.000-årsvärde |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Istäckets tjocklek | 60 cm | 100 cm |
| Drivis | 1,5 m över vatten 6 m under vatten | |
| Isvallar | 12 m | 16 m |
| Medelvind (10 m över mark) | 30 m/s | 50 m/s |
| Byvind (10 m över mark) | 40 m/s | 70 m/s |
| Högsta temperatur | +30 °C | +40 °C |
| Lägsta temperatur | -20 °C | -40 °C |
| 10-minutersnederbörd | 20 mm | 75 mm |
| Dygnsnederbörd | 65 mm | 300-400 mm |
| Hög havsvattennivå | +150 cm | +200 cm |

Extrema havsvattennivåer

Bakgrund

Extremt hög eller låg havsvattennivå kan påverka ett kärnkraftverk via två olika händelsemekanismer:

- ◆ Extremt hög havsvattennivå kan medföra yttre översvämning av delar av anläggningen. Omfattande yttre översvämningar kan även påverka strukturen.
- ◆ Extremt låg havsvattennivå kan medföra totalt bortfall av kylvatten, och får en anläggningspåverkan liknande den som fås från ett antal andra yttre händelser som direkt påverkar kylvattenintaget (transportolyckor, blockering med is, ansamling av biologiskt material, m.m.).

Hydrologi

Havsvattennivån vid Barsebäcksverket att påverkas av flera olika parametrar, både väderrelaterade (luftryck, vindar och strömningsriktning före och under en händelse) och topografiska. Tidvatten påverkar inte havsvattennivån mer än marginellt, utan ger främst ett litet bidrag till strömningshastigheten. För extrema havsvattennivåer kan påverkan från tidvatten försummas helt.

Vattenståndet i Öresund bestäms i huvudsak av vindar och luftryck som primärt påverkar vattennivån i Östersjön och Västerhavet. Extrema vattennivåer styrs helt av meteorologiska förhållanden (vind och luftryck) som ger extrema vattennivåer i angränsande delar av Östersjön och Kattegatt.

Dessutom inverkar den s.k. ”tröskeln”, ett stråk med ca 8 m djup som går tvärs över Öresund mellan Malmö och Köpenhamn. Tröskeln delar Öresund i två delar, som hydrologiskt domineras av förhållandena i Kattegatt respektive Östersjön. Barsebäck och Köpenhamn ligger innanför tröskeln, medan Klagshamn (den viktigaste mätstationen på den svenska sydkusten) ligger utanför. Tröskeln dämpar även fortplantningen till Öresund av snabba nivåändringar i Östersjön.

Förhållanden som medför extremt låga/höga vattenstånd vid Barsebäcksverket förekommer normalt under perioden september/oktober till april. Två typfall kan urskiljas:

- ◆ Vid sydgående ström bromsas vattenflödet av tröskeln. Vid höga strömningstigheter, exempelvis vid hårda väst- till nordvästvindar på Skagerack/Kattegatt, kan snabbt ge höga vattenstånd vid Barsebäcksverket.
- ◆ Vid hårda ost- till nordostvindar sjunker vattennivån på västkusten, samtidigt som den ökar i västra Östersjön. Eftersom flödet över tröskeln bromsas, sjunker vattenståndet vid Barsebäcksverket. Detta kan ske snabbt om vindarna är hårda även på västkusten.

Slutligen kan det antas att Barsebäcksverkets läge en bit in i Öresund medför att vissa mera dramatiska förlopp dämpas. Detta kan gälla exempelvis snamivågor i Nordsjön och seichevågor i södra Östersjön.

En välkänd extremhändelse är ”Backaflo den” i november 1872. Stormen gav högvatten i intervallet 2,5 – 3,5 m i hela sydvästra Östersjöområdet och ledde till svår översvämning kring västra Östersjön. Stormen lär ha resulterat i 3,6 m högvatten och omfattande förstörelse vid Abbekås på Skånes sydkust. Nivåökningen norr om tröskeln (t.ex. i Köpenhamn eller Barsebäck) var dock avsevärt mindre, under 1 m.

Datakällor

Tabell 2 summerar information kring SMHI:s och DMI:s (Danmarks Meteorologiska Institut) mätningar av havsvattennivåer i Barsebäcksverkets närområde, och deras relevans för Barsebäcksverket.

Vid sidan av Öresundsbroprojektets mätstation vid Barsebäck, som bara varit i drift sedan 1992, är Köpenhamn den mest relevanta mätstationen för Barsebäcksverket, p.g.a. att den har en lång mätserie och ligger på rätt sida tröskeln. En mindre skillnad mot Barsebäcksverket kan fås p.g.a. Corioliseffekt (några cm) och vinduppstuvning (5-10 cm).

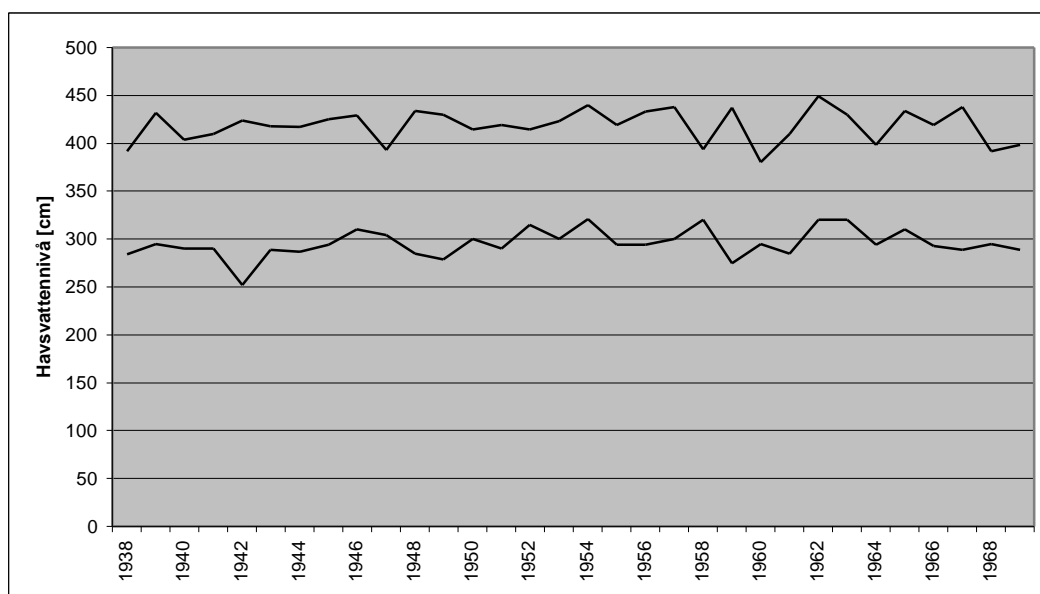
Tabell 2 Summering av SMHI:s och DMI:s mätningar av havsvattennivåer

| Mätstation | Mätperiod | Tidsintervall | Kommentar |
|---------------|-----------|--------------------|---|
| Klagshamn | 1930- | dagligt medelvärde | En viktig svensk mätstation, som dock ligger på fel sida om tröskeln mellan Malmö och Köpenhamn och därmed troligen inte är relevant vid snabba förlopp. Mätningar sedan 1969 är tillgängliga datorlagrat. |
| | 1969- | 1 timme | |
| Köpenhamn | 1888-1973 | analog mätning | Köpenhamn har den längsta mätserien i regionen, och ligger på rätt sida om tröskeln. |
| | 1974- | 1 timme | Mätningar sedan 1974 är tillgängliga datorlagrat. |
| Oskarsgrundet | 1987- | 1 timme | |
| Barsebäck | 1992- | 1/2 timme | Kopplat till Öresundsbroprojektet. Kommer att tas ur drift inom ett par år. |
| Malmö | 1992- | 1/2 timme | Kopplat till Öresundsbroprojektet. Kommer att tas ur drift inom ett par år |
| Skånör | 1992- | 1/2 timme | Kopplat till Öresundsbroprojektet. Kommer att tas ur drift inom ett par år |

Havsvattennivåer i Barsebäck 1938 – 1969

Havsvattennivåer i Barsebäck har mätts under åren 1938 – 1969. Utdrag ur dessa data, d.v.s. högsta och lägsta årliga havsvattennivå, redovisas i figur 2 nedan.

Som framgår av tabellen, är under mätperioden maximal avvikel se från medelvattenståndet (349 cm) cirka 1 meter i båda riktningarna (+ 100 cm och - 97 cm).



Figur 2 *Havsvattennivå i Barsebäck - årliga maxima och minima 1938 – 1969*

En sammanställning av resultatet från ett antal extremvärdesanalyser som studerats i projektet presenteras i tabell 3. Värdena för Barsebäck är från BOKA-analysen.

Tabell 3 *Högsta beräknade havsvattennivå för några orter vid södra Östersjön och Öresund*

| | Mätseriens längd | 10 år | 100 år | 1000 år | 10.000 år | 100.000 år |
|--------------------|---------------------|--------|--------|---------|-----------|------------|
| Nowy Port (Gdansk) | 1886 – 1971 | 89 cm | 124 cm | 155 cm | - | - |
| Kolobrzeg | 1867 – 1971 | 97 cm | 151 cm | 209 cm | - | - |
| Swinoujscie | 1901 – 1971 | 103 cm | 142 cm | 174 cm | - | - |
| Köpenhamn | 1888 – 1993 | 109 cm | 137 cm | 165 cm | 193 cm | 221 cm |
| Klagshamn | 1930 – 1993 | 135 cm | 168 cm | 194 cm | 215 cm | 235 cm |
| Barsebäck | 1938-1969 | 88 cm | 131 cm | 157 cm | - | - |

Extremvärdesanalys

I det följande talas i första hand om extrema havsvattennivåer. Det sagda är dock i allmänhet tillämpligt även på extremvärdesanalys av andra väderrelaterade yttre händelser, t.ex. vindstyrka och temperatur.

Inledning

Den typiska utgångspunkten i analyser av detta slag, är att man har tillgång till en medellång mätserie med årliga maxima och minima, och att man endast för relativt få år har tillgång till mätningar varje timme. Ibland har man också tillgång till en del historiska rekordnoteringar; d.v.s. enstaka extremvärden från tiden före de kontinuerliga mätningarna.

Extremvärdesanalys handlar om att hitta effektiva vägar att extrapolera data för en begränsad tidsperiod till mycket långa tidsperioder. Situationen är vanlig i ingenjörstekniska applikationer, där den underliggande fysikaliska processen är exempelvis havsvattennivå, vindhastighet, vattennivå i floder, nederbörd eller föroreningskoncentration (eng *environmental design*).

Grundproblemet är att man normalt har data endast från en relativt begränsad tid (ofta omkring eller drygt 50 år), som man vill utnyttja till att göra prediktioner över betydligt längre tider. De datapunkter man har kanske beskrivs utmärkt av någon specifik fördelning; man vet dock inte om den valda fördelningen fortfarande gäller även långt upp i sin svans. Extremvärdesanalysen går ut på att finna vägar att beskriva svansen på ett vetenskapligt och statistiskt godtagbart sätt.

Grunderna till extremvärdesanalysen utvecklades av Gnedenko på 1940-talet, medan de första statistiska tillämpningarna utvecklades av Gumbel på 50-talet. Gumbelfördelningen är ett specialfall av den generaliserade extremvärdesfördelningen (GEV). Metodiken har utvecklats starkt under 70-, 80- och 90-talen, och används idag i en mängd olika tillämpningar.

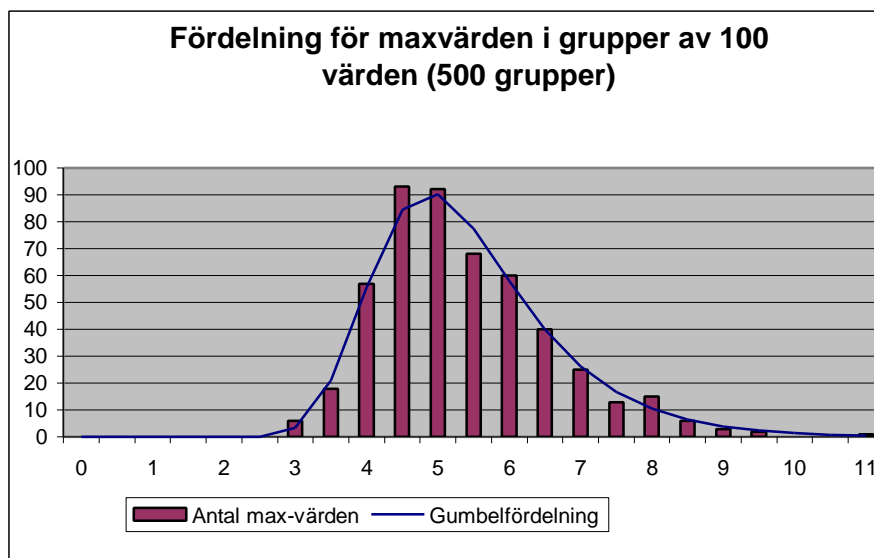
I det följande ges en kort beskrivning av några kategorier av metoder.

Metoder som utnyttjar årliga maxima och minima (Annual Maxima Method)

Den traditionella metoden har utnyttjat endast det högsta (lägsta) värdet från varje år. Metoden är känd som *annual maxima method*, och har beskrivits av Gumbel.

Metoden har nackdelen att den inte kommer att ge nöjaktiga, eller ens relevanta skattningar för korta dataserier, eftersom antalet årliga maxima/minima är otillräckligt för att tillåta en tillräckligt noggrann skattning av fördelningens parametrar.

Metodens användbarhet kan dock enkelt illustreras med ett test, vars resultat visas i figur 3. Figuren visar hur maxima från 500 uppsättningar om vardera 100 slumpmässigt valda värden från en exponentialfördelning fördelar sig (staplar), och jämförs med motsvarande Gumbelfördelning (linje).



Figur 3 Jämförelse av testserie med Gumbelfördelning

Metoder som arbetar med tröskelvärden (Peak Over Threshold)

Som statistisk metod är tekniken att modellera årliga maxima med en GEV-fördelning mycket ineffektiv. Data kan ha samlats in dagligen, eller till och med timme för timme, men endast en observation per år inkluderas i analysen.

Dessutom är det inte givet att samma fördelning som beskriver måttligt extrema värden (t.ex. årliga maxima), även kan användas för att prediktera extrema värden (t.ex. maxima med återkomsttider över 1000 år). Det finns ingenting som säger att slumpmässiga förlopp i naturen verkligen följer samma fördelning ända ut till sina mest extrema värden.

Dessa svagheter har lett till utvecklingen av andra tekniker, som gör det möjligt att beakta fler observationer än bara det årliga maximivärdet.

Lösningen ligger i att söka samband mellan måttligt extrema värden och extremt extrema. Man utnyttjar nu hela sitt observationsmaterial, t.ex. mätningar som görs flera gånger på dygn. Den sökta fördelningen anpassas dock inte till hela observationsmaterialet utan till t.ex. de 10% största värdena, d.v.s. de värden som överstiger en viss tröskelnivå.

Det visar sig nu att det finns ett intressant samband som utnyttjar poissonfördelningen:

1. *Antalet* observationer över en hög tröskel blir poissonfördelat. För mycket höga vattennivåer skall detta tolkas som att händelser som medför dessa nivåer är sinsemellan oberoende och inträffar slumpmässigt i tiden.
2. Varje gång man hamnar över tröskeln blir *överskottet över tröskeln* ungefär generaliserat Paretofördelat.

Metoden att anpassa en statistisk modell endast till de måttligt extrema värdena, och sedan använda denna modell för att förutsäga de allra extremaste utfallen kallas POT (Peak Over Threshold).

Analys av väderrelaterade yttre händelser – speciellt hög och låg havsvattennivå

**Michael Knochenhauer
Impera-K AB**

Syfte och omfattning

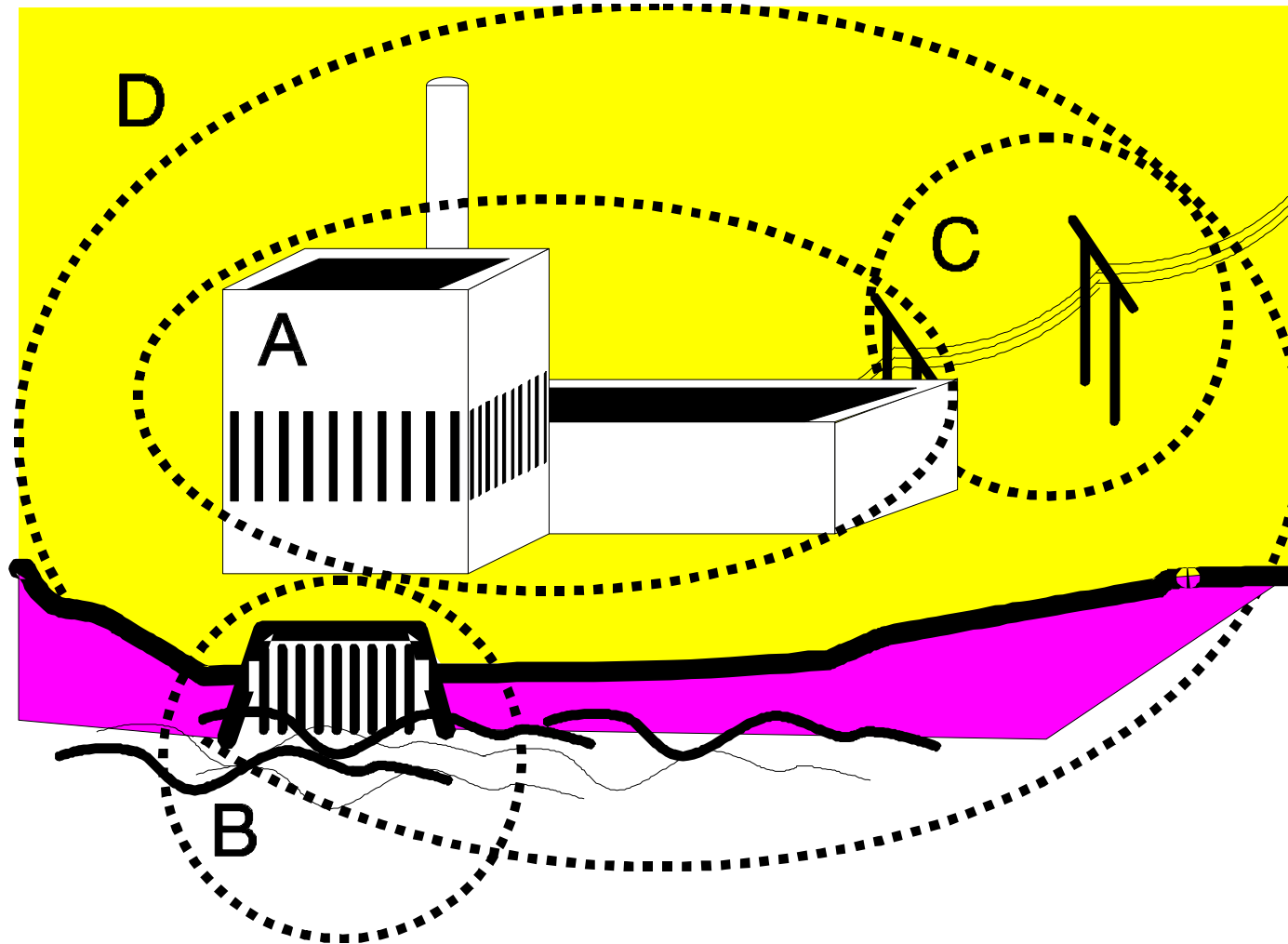
PROJEKT HLHN

- **Skapa förutsättningar för en korrekt modellering och värdering av riskerna från extremt hög och låg havsvattennivå inom ramen för befintlig PSA**
- **Identifiera möjliga analysmetoder och tillgängliga datakällor**
- **Tyngdpunkt på analys av extrema havsvattennivåer**
- **Viss information om andra väderrelaterade yttre händelser har sammanställts.**

BESTÄLLARE

- **BKAB / Ingemar Ingemarsson**

Översikt över några olika typer av yttre händelser



Översikt över några olika typer av yttre händelser

A - HÄNDELSER INOM ANLÄGGNINGEN

- Exempel: brand, översvämning och turbinmissiler. Även yttre översvämning kan indirekt ingå i denna kategori. Händelsen innebär t.ex. brand eller översvämning i ett eller flera rum och drabbar normalt endast ett block åt gången.

B - HÄNDELSER SOM MEDFÖR ATT HJÄLPKYLWATTENINTAG SLÅS UT

- Exempel: lågt vattenstånd, transportolyckor, extrema isförhållanden samt igensättning med alger, musslor eller maneter. Händelsen innebär utslagning av hjälpkylvatten, antingen p.g.a. igensättning eller lågt vattenstånd och kan drabba flera block samtidigt.

C - HÄNDELSER SOM MEDFÖR ATT YTTRE NÄT SLÅS UT

- Exempel: landsomfattande yttre nätbortfall, saltstorm, extrema vindar eller extrem snöbelastning. Händelsen innebär utslagning av yttre nät och drabbar normalt flera block samtidigt.

D - HÄNDELSER SOM PÅVERKAR BYGGNADER

- Exempel: jordbävning, flygplansstörtning och explosioner. Även yttre översvämning kan ingå i denna kategori. Händelsen innebär att byggnader påverkas direkt till följd av t.ex. jordbävning, flygplansstörtning eller extremt hög vattennivå i havet. Händelserna drabbar ett eller flera block samtidigt.

Analys av väderhändelser - Källor till data

VID SMHI:S MÄTSTATIONER REGISTRERAS FÖLJANDE PARAMETRAR:

- **Havsvattennivå och strömningshastighet**
- **Vind, temperatur, nederbörd och lufttryck (vid samma mätstation)**
- **Blixtar**

Data efter 1961 finns tillgängligt elektroniskt, dessförinnan normalt endast på papper.

SMHI har via dator tillgång till alla data i Europa efter 1970. Samarbetet mellan olika länders meteorologiska institut är öppet, och allt är tillgängligt.

Information om specifika yttre händelser

ISFÖRHÅLLANDEN

- **Iskravning kan uppstå vid kraftig vind i samband med minusgrader och öppet vatten. Vattnet är vid dessa tillfällen cirka 0 °C. Iskristaller bildas i vattenytan och förs på grund av turbulens ned till flera meters djup i vattnet (vid kulingvindar ned till 10 meters djup). De klumpas ihop och kan fastna på konstruktioner under vattenytan. Kraftig isbark kan då bildas på gallren till intagssilarna.**
- **I Öresund driver isen ofta fram och tillbaka p.g.a. vind och ström. Isflaken är ofta små, på gränsen till krossis (delvis orsakat av fartygstrafiken i sundet). Vid kraftig pålandsvind trycks isen in mot kusten, och ett sammanpackat issörjebälte, s.k. stampisvallar bildas, som kan nå ett djup av 6-7 meter.**

Information om specifika yttre händelser

EXTREMA VINDAR

- **Möjligt anpassa data från längre bort belägna mätstationer genom omräkning**
- **SMHI har ett datorprogram för denna typ av beräkningar (STRONGBLOW), som beräknar extremvärden för vindstyrkor baserat på en detaljerad beskrivning av markytans råhet och topografi.**
- **Högsta uppmätta vindhastigheten i Sverige (ej tromb) är från vintern 1992/93, då vindstyrkor på 76 m/s respektive 81 m/s uppmättes i Kebnekaisemassivet.**
- **Tromber kan ge vindhastigheter upp till c:a 90 m/s. Frekvensen för en tromb på en slumpvis vald plats i Sverige är cirka 1E-5/år.**

Information om specifika yttre händelser

TEMPERATUR, NEDERBÖRD OCH BLIXTAR

- För temperaturer och nederbörd har SMHI har långa mätserier för många platser i Sverige, vilket normalt ger ett gott underlag för extremvärdesanalyser.
- SMHI har ett blixlokaliseringssystem i drift sedan c:a 5 år. I systemet mäts blixstars frekvens och lokalisering, men ej laddning.
- Den högsta och lägsta temperatur som uppmätts i Malmö sedan 1936 är +34,0 °C respektive -28,0 °C.
- Den största uppmätta dygnsnederbörden i Malmö är 65 mm och i Sverige c:a 250 mm. Uppskattad övre gräns för möjlig dygnsnederbörd i Sverige är mellan 300 och 400 mm.

Extremvärden för några väderhändelser

| | 100-ÅRSVÄRDE | 10.000-ÅRSVÄRDE |
|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| ISTÄCKETS TJOCKLEK | 60 CM | 100 CM |
| DRIVIS | 1,5 M ÖVER VATTEN 6 M UNDER VATTEN | |
| ISVALLAR | 12 M | 16 M |
| MEDELVIND (10 M ÖVER MARK) | 30 M/S | 50 M/S |
| BYVIND (10 M ÖVER MARK) | 40 M/S | 70 M/S |
| HÖGSTA TEMPERATUR | +30 °C | +40 °C |
| LÄGSTA TEMPERATUR | -20 °C | -40 °C |
| 10-MINUTERSNEDERBÖRD | 20 MM | 75 MM |
| DYGNSNEDERBÖRD | 65 MM | 300-400 MM |
| HÖG HAVSVATTENNIVÅ | +150 CM | +200 CM |

OBS: Värdena är sammanställda ur ett antal olika referenser, baseras på mätdata av olika omfång och kvalitet, och har beräknats med delvis olika metodik!

Extrema havsvattennivåer

KAN PÅVERKA ETT KÄRNKRAFTVERK VIA TVÅ OLIKA HÄNDELSEMEKANISMER:

- **Extremt hög havsvattennivå kan medföra yttre översvämning av delar av anläggningen. Omfattande yttre översvämningar kan även påverka strukturen.**
- **Extremt låg havsvattennivå kan medföra totalt bortfall av kylvatten, och får en anläggningspåverkan liknande den som fås från ett antal andra yttre händelser som direkt påverkar kylvattenintaget (transportolyckor, blockering med is, ansamling av biologiskt material, m.m.).**

Hydrologi

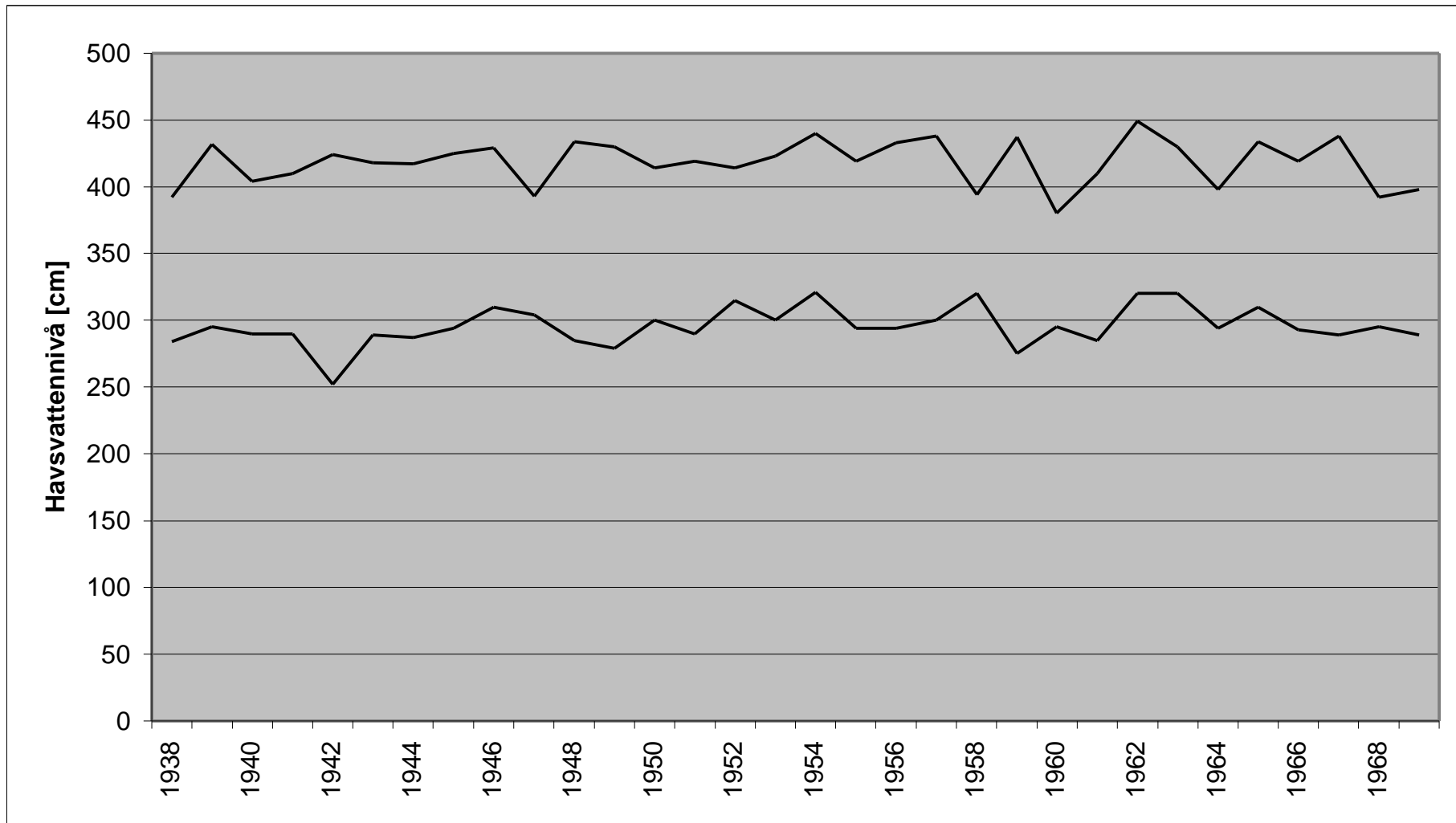
- Havsvattennivån vid Barsebäcksverket påverkas av både väderrelaterade och topografiska parametrar.
- Extrema vattennivåer i Öresund styrs av meteorologiska förhållanden (vind och lufttryck) som ger extrema vattennivåer i angränsande delar av Östersjön och Kattegatt.
- För extrema havsvattennivåer kan påverkan från tidvatten försummas
- Barsebäck ligger innanför "tröskeln", ett stråk med c:a 8 m djup som går tvärs över Öresund mellan Malmö och Köpenhamn. Dämpar även fortplantningen till Öresund av snabba nivåändringar i Östersjön och Kattegatt.
- Extremt låga/höga vattenstånd vid Barsebäcksverket. Två typfall:
 - Vid sydgående ström bromsas vattenflödet av tröskeln → kan ge höga vattenstånd vid Barsebäcksverket.
 - Vid hårda ost- till nordostvindar → sjunkande vattenstånd vid Barsebäcksverket
- Läget en bit in i Öresund medför att vissa mera dramatiska förlopp dämpas. Exempel "Backafloden" i november 1872.

Datakällor

SUMMERING AV SMHI:S OCH DMI:S MÄTNINGAR AV HAVSVATTENNIVÅER

| MÄTSTATION | MÄTPERIOD | TIDSINTERVALL | KOMMENTAR |
|------------|-----------|-----------------------|---|
| KLAGSHAMN | 1930- | DAGLIGT MEDELVÄRDE | EN VIKTIG SVENSK MÄTSTATION, SOM DOCK LIGGER PÅ FEL SIDA OM TRÖSKELN MELLAN MALMÖ OCH KÖPENHAMN OCH DÄRMED TROLIGEN INTE ÄR RELEVANT VID SNABBA FÖRLOPP. MÄTNINGAR SEDAN 1969 ÄR TILLGÄNGLIGA DATORLAGRAT. |
| | 1969- | 1 TIMME | |
| KÖPENHAMN | 1888-1973 | ANALOG MÄTNING | KÖPENHAMN HAR DEN LÄNGSTA MÄTSERIEN I REGIONEN, OCH LIGGER PÅ RÄTT SIDA OM TRÖSKELN. MÄTNINGAR SEDAN 1974 ÄR TILLGÄNGLIGA DATORLAGRAT. |
| | 1974- | 1 TIMME | |
| BARSEBÄCK | 1992- | 1/2 TIMME | KOPPLAT TILL ÖRESUNDSBROPROJEKTET. KOMMER ATT TAS UR DRIFT INOM ETT PAR ÅR. |

Havsvattennivåer i Barsebäck 1938 – 1969



Några exempel på beräknade extremvärden

HÖGSTA BERÄKNADE HAVSVATTENNIVÅ FÖR NÅGRA ORTER VID SÖDRA ÖSTERSJÖN OCH ÖRESUND

| | MÄTSERIENS LÄNGD | 10 ÅR | 100 ÅR | 1000 ÅR | 10.000 ÅR | 100.000 ÅR |
|---------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| NOWY PORT (GDANSK) | 1886 – 1971 | 89 CM | 124 CM | 155 CM | - | - |
| KOLOBRZEG | 1867 – 1971 | 97 CM | 151 CM | 209 CM | - | - |
| SWINOUJSCIE | 1901 – 1971 | 103 CM | 142 CM | 174 CM | - | - |
| KÖPENHAMN | 1888 – 1993 | 109 CM | 137 CM | 165 CM | 193 CM | 221 CM |
| KLAGSHAMN | 1930 – 1993 | 135 CM | 168 CM | 194 CM | 215 CM | 235 CM |
| BARSEBÄCK | 1938-1969 | 88 CM | 131 CM | 157 CM | - | - |

Extremvärdesanalys

TYPISK UTGÅNGSPUNKT:

- Man har tillgång till en medellång mätserie med årliga maxima och minima
- Relativt få års mätningar varje timme
- Några historiska rekordnoteringar; d.v.s. enstaka extremvärden från tiden före de kontinuerliga mätningarna.

SYFTE MED EXTREMVÄRDESANALYSEN

- Hitta effektiva vägar att extrapolera data för en begränsad tidsperiod till mycket långa tidsperioder.
- Man har data endast från en relativt begränsad tid (ofta omkring eller drygt 50 år), men vill göra predikteringar över betydligt längre tider
- Data kan beskrivs väl av någon specifik fördelning
 - Hur vet man om den valda fördelningen gäller även långt upp i sin svans.
 - Extremvärdesanalysen går ut på att finna vägar att beskriva svansen på ett vetenskapligt och statistiskt godtagbart sätt.

Extremvärdesanalys

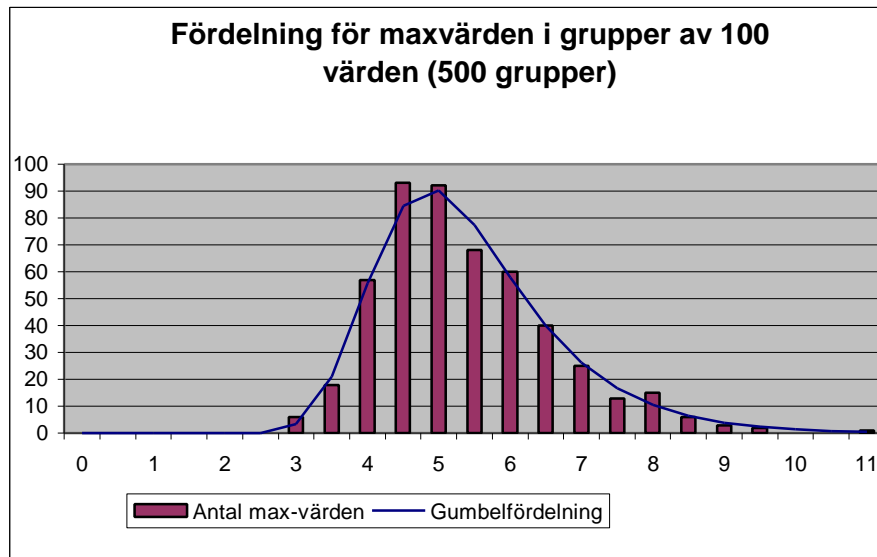
GRUNDERNA TILL EXTREMVÄRDESANALYSEN

- Utvecklades av Gnedenko på 1940-talet, medan de första statistiska tillämpningarna utvecklades av Gumbel på 50-talet.
- Gumbelfördelningen är ett specialfall av den generaliserade extremvärdesfördelningen (GEV).
- Metodiken har utvecklats starkt under 70-, 80- och 90-talen, och används idag i en mängd olika tillämpningar.

Metoder som utnyttjar årliga maxima och minima

ANNUAL MAXIMA METHOD

- Utnyttjar endast det högsta (lägsta) värdet från varje år.
- Nackdel: ger ej relevanta skattningar för korta dataserier



Metoder som arbetar med tröskelvärden

UTGÅNGSPUNKT:

- Som statistisk metod är annual maxima method mycket ineffektiv.
- Endast en observation per år inkluderas i analysen.
- Dessutom är det inte givet att samma fördelning som beskriver *måttligt* extrema värden (t.ex. årliga maxima), även kan användas för att prediktera *extremt* extrema värden.

LÖSNING

- Söka samband mellan måttligt extrema värden och extremt extrema.
- Utnyttja hela observationsmaterialet
- Den sökta fördelningen anpassas dock inte till hela observationsmaterialet utan till t.ex. de 10 % största värdena

METODEN ATT ANPASSA EN STATISTISK MODELL ENDAST TILL DE MÅTTLIGT EXTREMA VÄRDENA, OCH SEDAN ANVÄNDA DENNA MODELL FÖR ATT FÖRUTSÄGA DE ALLRA EXTREMASTE UTFALLEN KALLAS POT (PEAK OVER THRESHOLD).

Karta över Öresundsområdet

FÖREDRAG / PRESENTATION / DEBATT

16

Summering från paneldebatten dag 1.



FÖREDRAG / PRESENTATION

17

TVO, PSAs användning vid modernisering av TVO
Föredragshållare: Risto Himanen TVO



PSA I MODERNISERING

PSA-SEMINARIUM

Tammsvik, Sverige 10-11.2.2000

Risto Himanen

Teollisuuden Voima Oy,
FIN-27160 Olkiluoto, Finland



CONTENTS

STATUS OF THE ART IN OLKILUOTO

OLKILUOTO NPP

LIVING PSA

MODERNIZATION

PSA IN MODERNIZATION

LESSONS LEARNED



STATUS OF THE ART IN OLKILUOTO

LIVING PSA – LEVEL 1

- ALL THINKABLE INITIATING EVENTS
- POWER OPERATION (1.2 MPa TO 100% POWER)
- REFUELING OUTAGE (BELOW 1.2 MPa)
- MAINLY AS BUILT UPDATED AFTER MODERNIZATION
- MORE APPLICATIONS THAN PERSONNEL TO ANALYZE

LEVEL 2 PSA

- LIMITED LIVING-PSA APPLICATIONS POSSIBLE
- NOT COMPLETELY UPDATED AFTER MODERNIZATION

DEVELOPMENT OF POTENTIAL HAZARD ANALYSIS

AVAILABILITY STUDY GOING ON

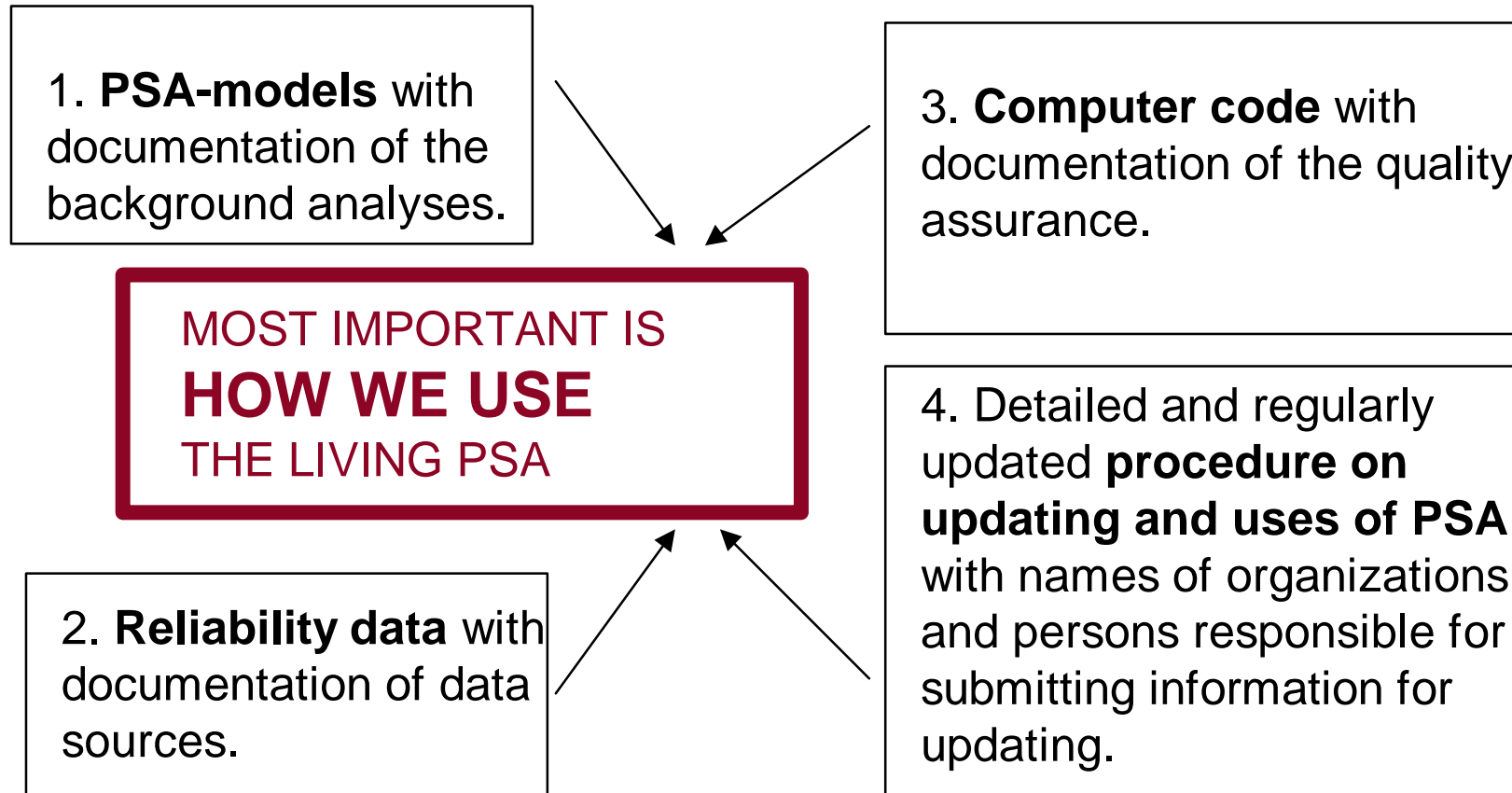


Olkiluoto Nuclear Power Plant

- 2 Identical Units
- ABB BWR 840 MW net
- Commercial operation 1978 and 1980
- Located on the south-western coast of Finland
- Non-profit making company, energy sold to shareholders at cost



THE FOUR ELEMENTS OF LIVING PSA





USE OF PSA IN OLKILUOTO

Monitoring safety level

Continuous use

Abnormal situations

Short term use

Evaluation of modifications

Long term use



Modernization

Modernization project

- 1994-1999
- Total costs US\$160.000.000
- Thermal power uprating from 2160 to 2500 MW
- All modifications during normal annual refueling and maintenance outages
- Net power uprating from 710 to 840 MW

- 40 projects, design supported by PSA in 17 projects
- **Core damage frequency**
 - before modernization $5.9 \cdot 10^{-5}$ /reactor year
 - now $1.4 \cdot 10^{-5}$ /ry
 - expected after seismic improvements $< 1 \cdot 10^{-5}$ /ry



Boundary conditions for modernization

To warrant the long term benefits of the modifications:

- **Safety level after the modernization program at least the same as before** (To be shown with PSA)
- No adverse effect on the long term availability
- No shortening of the plant life
- Additional electricity production economically justified



“MARKET STUDY”

Questionnaire to the project managers of 40 projects in the Modernization program about need for PSA support

Three types of answers:

- **PSA not applicable**, because not a safety related system
- **Support not desired**, because the supplier makes analyses
- **Support desired**



REAL NEEDS

Some none-safety related systems had safety importance

Safety classification of systems does not tell anything about the safety importance of the system

Projects that denied the PSA support, had great difficulties in licensing

- Only system analyses were delivered by the supplier
- New technology used in the applications (PUMU, NEMO)

Successful co-operation was guaranteed, when project manager understood the applicability and limitations of PSA (314, etc)



ALL PROJECTS IN ONE MODEL

All plant modifications studied

Modeling in one single model to see the importance

Difficulties in getting information about modifications



Use of PSA in the modernization program

Plant test program

Seismic PSA

Severe accidents and Level 2 PSA

Freezing of sea water intake strainers

Increased capacity in safety systems

New SR valves

Instrumentation systems

Safe shut down improvements

Electric power systems



Plant test program

- Most tests necessary.
- Remarkable risk compared with the value of test results.
- Planning of test arrangements with risk studies.
- Reactor scram 5-20% of the annual cdf (test type!)
- PSA results recommended to change the scram test to a milder one.

Applicability: Suitable models required



Seismic PSA

- Part of the checking and updating design basis
- Revealed about ten weak points
- Earthquakes have not been a design criterion, but they became a risk leader
- PSA allowed risk based ranking of weak points.
- Decrease of seismic core damage frequency from
- $2.5 \cdot 10^{-5}$ to $5 \cdot 10^{-6}$ 1/reactor year

Applicability: Integrate seismic analysis to PSA. Same basis for evaluation of different risks.



Severe accidents and Level 2 PSA

- Analyzed simultaneously
- Conservative - Realistic
- Strict criteria - Distributions
- On/Off - Probabilistic dimension
- Further research and plant modifications in the most effective way

Applicability:

- Level 2 PSA is important in realistic risk studies.
- Some minor CDF contributors are important for LERF



Important for Level 2 analysis

DO NOT THRUST ONLY IN RESULTS FROM OLD STUDIES

Perform plant specific mapping of risk contributors:

- - detailed structural model of the containment, not only global strength calculations,
- - detailed analysis of separate phenomena with accurate codes, not only calculations with an integrated code like MAAP,
- - an integrated PSA model (accident sequence analysis and radionuclide transport and re-lease analysis) that allows rapid calculations when some parameters, like operator action times, are changed.



Freezing of sea water intake strainers

Under-cooled sea water having temperature below zero centigrade has frozen in intake strainers in the sea water tunnels at TVO twice, in the years 1988 and 1995.

In January 1995 it caused loss of condenser, and simultaneously it degraded residual heat removal function.

Originally the problem was considered as availability problem only, but PSA showed that core melt frequency decreased by more than 60%, when the heating system was built at the inlet of the sea water.

Applicability: Perfect cost/benefit problem for living PSA model



Increased capacity in safety systems

- Capacity of the S/R valves too small
- The quantitative dependability requirements for the two new valves were specified with the support of PSA
- No significant decrease in cdf
- Plant damage state profile drastically improved
- Frequency of reactor over-pressurization was decreased by a factor 50 resulting in a significant decrease in the source term

Applicability: Level 1 PSA model with level 2 interface were sufficient for this problem



New S/R valves

Need to increase capacity with 2 x 100 kg/s

CCF prevention

- diverse operation principle
- diverse power supply
- diverse manufacturer

Design supported by PSA calculations

Manufacturer made data analysis accepted by TVO

Applicability: Very suitable model w/o need to modify in details



I&C projects realised as a part of the modernisation

- modernization of the neutron flux measuring system
- development of the central control room
- modernization of the turbine protection and control system
- modernization of the reactor service bridge
- development of the reactor water level measuring system (research and development without any installed modifications up to today)
- modernization of the training simulator
- improvement the reactivity effectiveness of the partial scram
- automatic functions to assure a safe shut down in ATWS scenarios



Turbine protection and control system

- Programmable I&C
- The old "one out of two" (1/2) component protection circuits in the turbine plant were replaced with 2/3
- Only a minor part of these systems important to safety
- PSA: core damage frequency decreases some per cents, because number of inadvertent scrams due to instrumentation failures is expected to decrease



Neutron flux measuring system

- Programmable I&C.
- The core damage contribution was calculated to decrease, compared with the old relay logic.
- A lot of qualitative and quantitative reliability analyses were made to validate the design.
- Requirements defined using PSA were not very strict, and it was possible to show their fulfillment.
- Dependability requirements of STUK were deterministic and it was impossible to show their fulfillment in the safety related parts of the neutron flux measuring system.
- The solution was to install hard wired safety related part in parallel with the programmable systems.



Speed control system of the main circulation pumps

- Programmable I&C.
- Too fast stop of the pumps with low own inertia probably causes fuel cladding failures and inertia storage is required in case of loss of external grid.
- Flywheels in separate motor-generators.
- The requirements based on PSA calculations were easily fulfilled with the programmable I&C and even with the old hard wired logic.
- However, it was impossible to show fulfillment of the deterministic dependability requirements by STUK
- The control system for the soft stop of the pumps was hard wired.



Reactor service bridge

- Programmable logic.
- A comprehensive FMEA was performed for the system
A couple of design errors or weaknesses were revealed
- Difficulties arose in licensing the automatic operation of the reloading machine
- The reloading bridge is still in manual operation



LESSONS LEARNED - PSA (1)

- The role of PSA in connection with the deterministic requirements is often misunderstood.
- The probabilistic approach and the deterministic criteria can successfully be used parallel, but misuse of PSA may lead to requirements impossible to fulfill



LESSONS LEARNED - PSA (2)

- Applying probabilistic requirements together with the deterministic criteria with extremely conservative assumptions leads to doubling of conservatism.
- The probabilistic analysis should be used with realistic success criteria, because the uncertainty of the input parameters is taken into account using probabilistic distributions of the results, not with conservative success criteria.



LESSONS LEARNED - PSA (3)

- Requirements can be determined using PSA
- Not easy to show the fulfillment of these criteria
- No proven and accepted methods for quantitative dependability assessment of software
- Missing or pure failure data collection causes problems
- Data delivered by the suppliers covers only a part of the real unavailability of the software



LESSONS LEARNED - PSA (4)

Simultaneous use of probabilistic dependability requirements for the system as a part of the safety functions, and strict application of the deterministic defined probability values given for safety classified equipment leads to dilemma.

The PSA based criteria seemed to be several orders of magnitude milder than the classification based requirements.

FÖREDRAG / PRESENTATION

18

Nya eller planerade applikationer. Standardiserad PSA dokumentation mha dagens IT-teknik.

Kvalitetssäkring, beskrivningstekniker, elektronisk dokumentation, hantering av komplex information o.dyl. vad avser dagens PSA studier. ES presentation av ESs EDS systemet (appl. mot OKG).

Föredragshållare: Gunnar Johansson ES-Konsult

Dokumentationsmetoder

- Ett dokumentationssystem måste vara anpassat till verksamheten (processer, rutiner, procedurer etc.).
- Dokumentationen i sig är en investering - underhåll
- Möjligheter
 - dokumentation i en projektorganisation, t.ex. ett ändringsprojekt på en station.
 - integration med verksamhetens organisation, QA-policy och dokumentationsrutin
 - tillgänglighet för projektdeltagare och informationsavvärmare
 - rationell och kvalitetssäkrad uppdatering och versionskontroll

EDS - Elektroniskt dokumentationssystem

- VAD?

- Är en enkel standardapplikation av MS Access samt ett antal Visual Basic rutiner och länkas till förekommande system för QAM, Dokumentkontroll etc..

- VARFÖR?

- Håller ordning på, ökar tillgänglighet till och skyddar, all dokumentation i verksamheten.
- Skapar anpassade möjligheter att söka dokumentation oberoende av hur den är strukturerad (Objekt, Produkt, System, Lokalisering, etc.)
- Säkerställer tillgång till dokumentation av rätt version och skapar förutsättningar för systematiskt underhåll.

EDS - Data och dokumenthantering

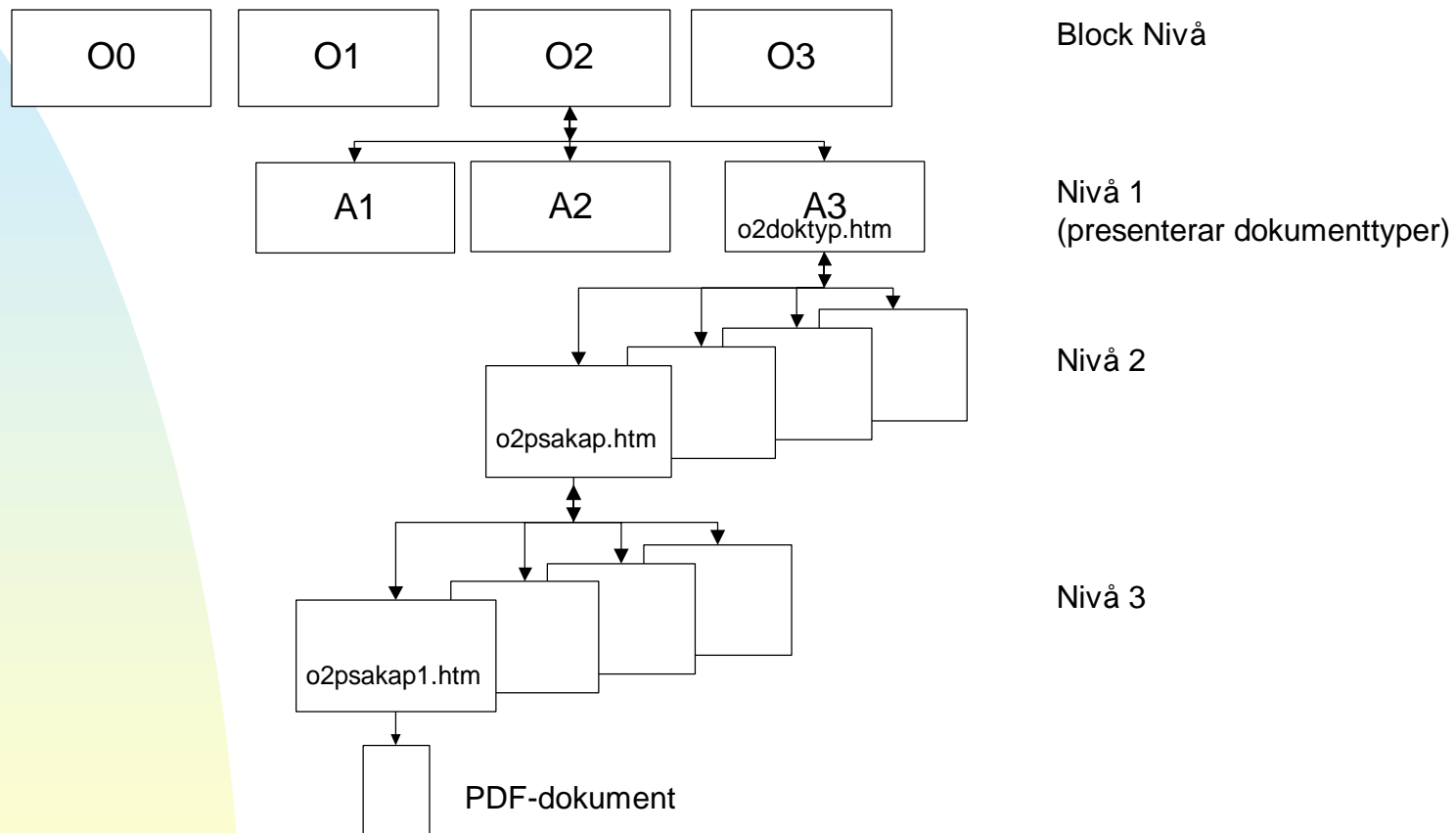
- Databasen
 - ◆ Tillämpning i MS Access som gör det möjligt för operatören att lagra/söka/redigera erforderliga dokumentuppgifter i EDS-arkivet.
- Registrering och lagring av dokument
 - ◆ Klassificering av dokumentet
 - ◆ Skapa kontrollsida.
 - ◆ Flyttar originalfil/er och pdf-utskrifter av dessa från "inkorgen" till rätt plats i filstrukturen.
- Publicering
 - ◆ Använder dokumentinformation (klassificeringen) i databasen (anläggning, system, dokumenttitel, sökväg, filnamn, ...).
 - ◆ Skapar navigatör för att användaren ska få tillgång till pdf-utskrifter av dokumentationen via Intranät, Internet eller CD.

EDS ARKIV

- **DATABAS**
 - Innehåller samtliga dokumentuppgifter.
 - Denna del av EDS arkivet är endast tillgänglig för operatören.
- **ORIGINALFILARKIV**
 - Innehåller samtliga originalfiler.
 - Denna del av EDS arkivet är endast tillgänglig för operatören.
- **PDF-FILARKIV**
 - Innehåller pdf-utskriftena (pdf-filer) av alla originaldokument.
 - Denna del av EDS arkivet är tillgänglig för användaren.

OKG EDS

| | |
|----|---------------------------------|
| A | SÄKERHETSRAPPORT |
| A1 | Säkerhetsrapport allmän del/ref |
| A2 | Systembeskrivning |
| A3 | PSA-analys |



EDS- Vad krävs

- IEC 61355 eller annat system för registrering av dokument
- System eller rutiner för datasäkerhet och redundans.
- Införande av anläggningsspecifika uppgifter
- 1st MS Accesslicens
- Hårdvara (21"-skärm)
- Utbildning/Registrator

Möjligheter och problemområden

- Vilka krav ställs i olika situationer, exempel på olika fall är:
 - Dokumentation i en linjeorganisation
 - Dokumentation i en projektorganisationt.ex.
 - Säkring av anläggningsdata och dokumentation av transientberäkningar i ett databassystem med spårbara beräkningsförutsättningar
 - Konfigurationskontroll och anläggningsdokumentation generellt.
- Problemområden, där osäkerheter kan finnas, t.ex.
 - datasäkerhet
 - former för elektronisk signering
 - intrång
 - övergångsproblem vid byte till elektronisk dokumentation

FÖREDRAG / PRESENTATION

19

*Kortfattad redovisning av ERFATOMs utvecklingsplaner,
samt presentation av viktigare händelser samt deras
ev. inverkan på djupförsvaret och säkerhetsbarriärer*

Föredragshållare: Fredrik Gelius, ERFATOM.

Föredragshållare: Tomas Öhlin, ABB Atom.

ERFATOM -

verksamhet och utvecklingsplaner

Fredrik Gelius, ABB Atom

Bakgrund

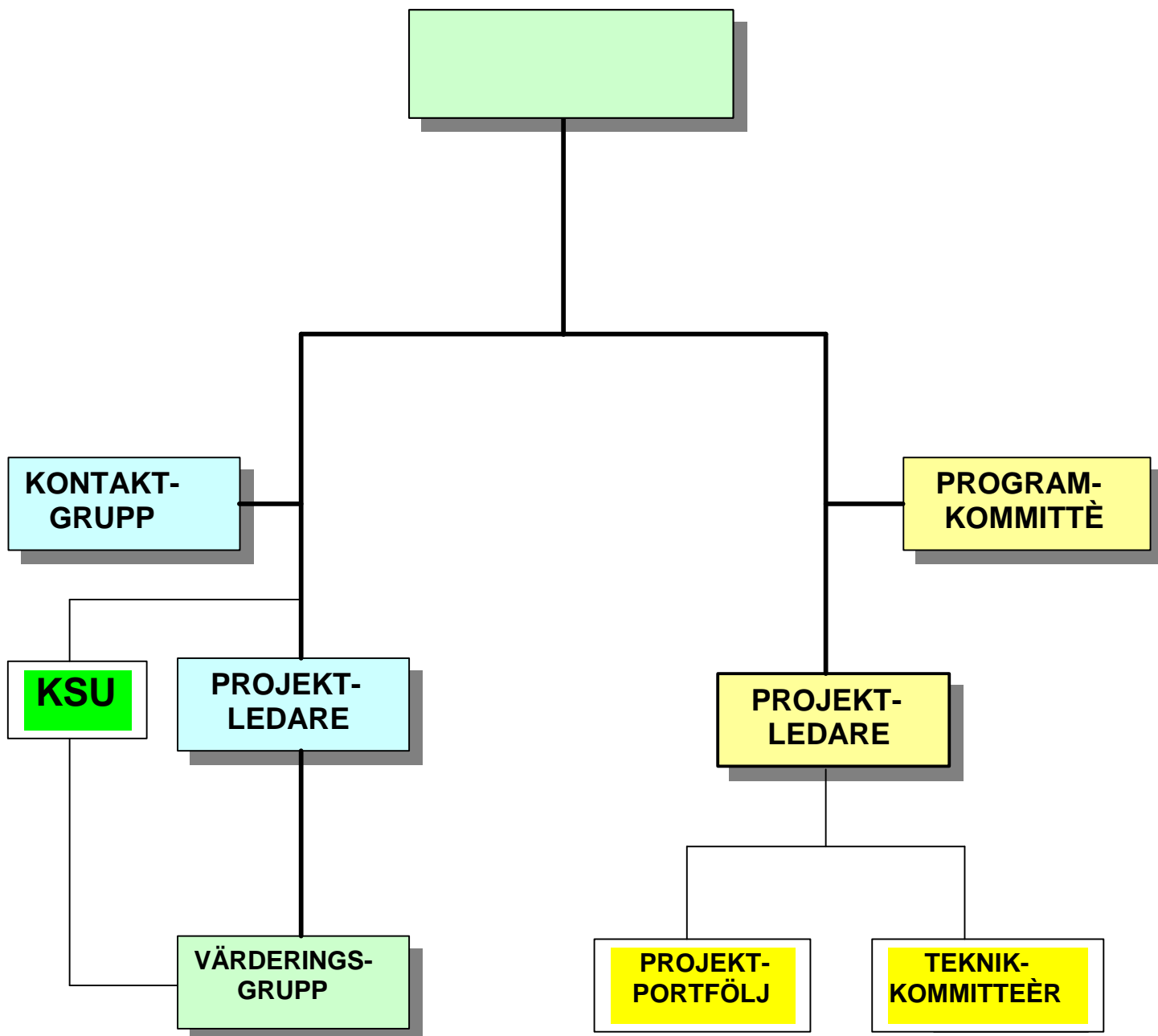
- **Barsebäcksincidenten juli 1992**
- **Steenska utredningen**
- **Dåliga kontakter med huvudleverantören**
- **Rådet för nordiska reaktorägare ("NORDSÄK")**
- **Tre huvudfrågor**
 - **Kompetens**
 - **Kultur/Information**
 - **Erfarenhetsåterföring**
- **Arbetsgrupp - styrgrupp**
- **Alla ABB BWR omfattas**
- **KSU deltar**
- **ERFATOM börjar 94-01-01**

PSA-seminarium
Tammsvik, 10-11 feb, 2000

ERFATOM-verksamhet
och utvecklingsplaner

Organisation

Nordic Owner Group (NOG)



Styrgruppen

| | |
|---------------------------------|------------------------|
| Karl-Fredrik Ingemarsson | Forsmark |
| Gösta Carlsson | Oskarshamn |
| Leif Johansson | Ringhals (ordf) |
| Per-Olof Waessman | ABB Atom |
| Ami Rastas | TVO |
| Leif Öst | Barsebäck |
| Rolf Gullberg | KSU |
| Fredrik Gelius | ERFATOM (sekr) |

ERFATOMs bemanning

VÄRDERINGSGRUPP:

| | | |
|------------------|----------|-------|
| Jan-Olof Nilsson | OKG/CLAB | 100 % |
| Per-Olof Hägg | Forsmark | 80 % |
| Erik Liman | Atom | 25 % |
| Per-Olof Hedlund | Atom | 25% |
| Tage Olsson | ASY | 25 % |
| Dag Wikström | ASY | 25% |

JOURHAVANDE EXPERTER:

| | | |
|-----------------|------|------|
| Ingemar Jansson | Atom | 10 % |
| Ernö Legáth | Atom | 10 % |
| Tomas Öhlin | Atom | 5 % |
| Stig Andersson | Atom | 5% |

PRROJEKTLEDNING/ADM.

| | | |
|----------------------|------|------|
| Fredrik Gelius | Atom | 100% |
| Britt-Marie Tingwall | Atom | |

Kontaktpersoner

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| Sven Ordéus | FQ |
| Roland Jägerståhl | FT |
| Anders Viklund | F1 |
| Ulrika Tegelman | F2 |
| Helen Pettersson | F3 |
| Mats Gustafsson | O1 |
| Lars Bennarsten | O2 |
| Thomas Jakobsson | O3 |
| Pär Bengtsson | B1/B2 |
| Carl-Gunnar Mattsson | R1 |
| Thomas Nisu | R2 - R4 |
| Mikko Kosonen | OL1 /OL2 |
| Per-Gunnar Sjölin | KSU |

Klassificering

Klass A

Ärende som bedöms ha väsentlig betydelse för säkerheten. Härmed förstås, att det inträffade ej på ett tillfredsställande sätt eller inte alls har beaktats i FSAR.

Ett A-ärende kan lyftas upp till en "ERFATOM-rekommendation" (REK)

Klass B

Ärende som har måttlig betydelse för säkerheten. En eller flera andra ABB BWR är berörda, och motsvarande förhållanden behöver där undersökas.

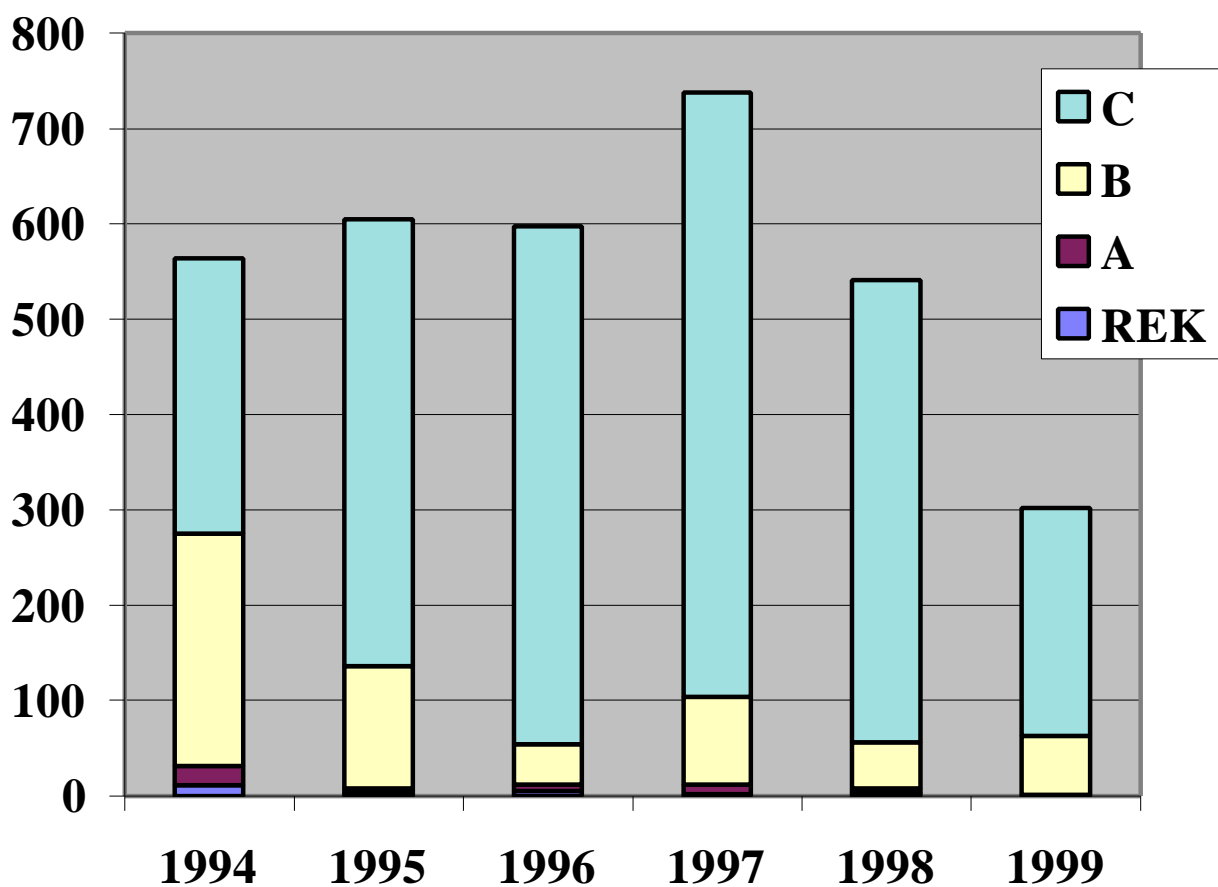
Klass C

Ärende som har ringa betydelse för säkerheten. Andra ABB BWR påverkas föga eller inte alls.

Klass N

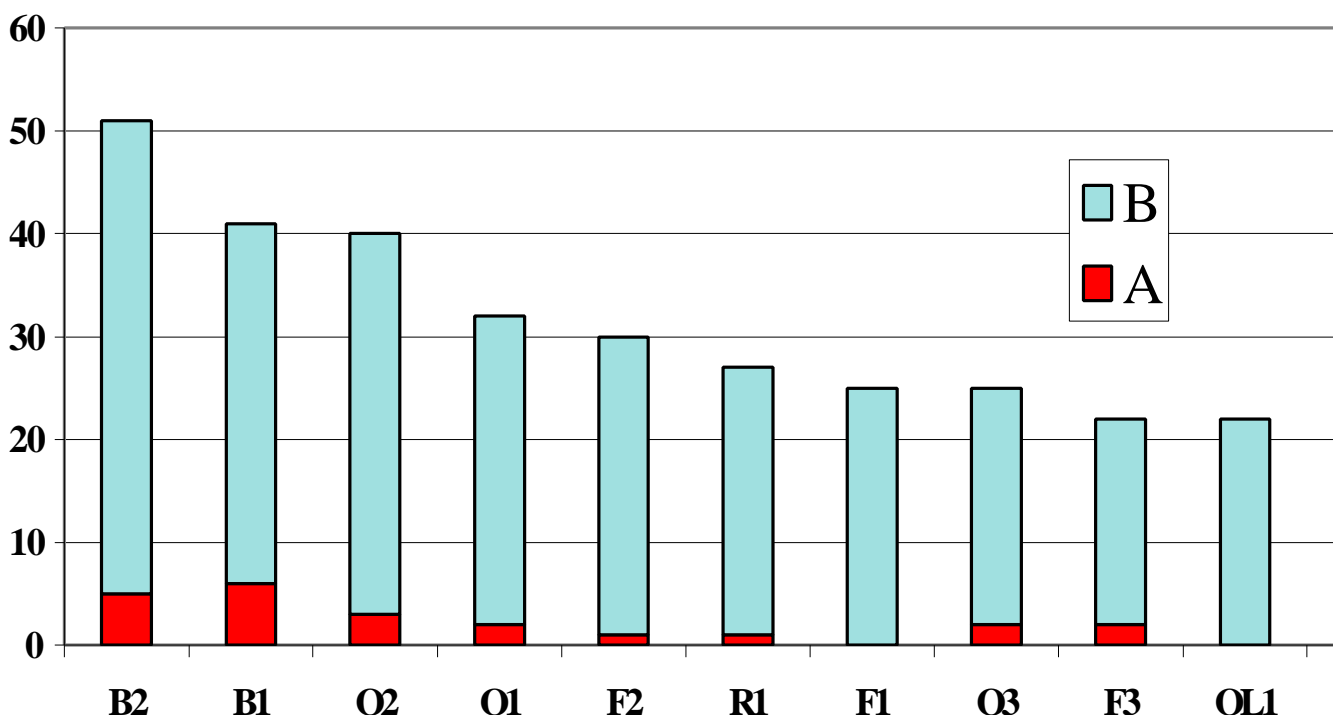
Ärende som som ej är relevanta för ABB BWR, från tex NRC , RO från R2-R4 och BOKA-REDA-MODE ärenden som ej berör övriga ABB BWR

Klassificering



Rapporterade ärenden från ERFATOM

Jämförelse mellan nordiska BWR



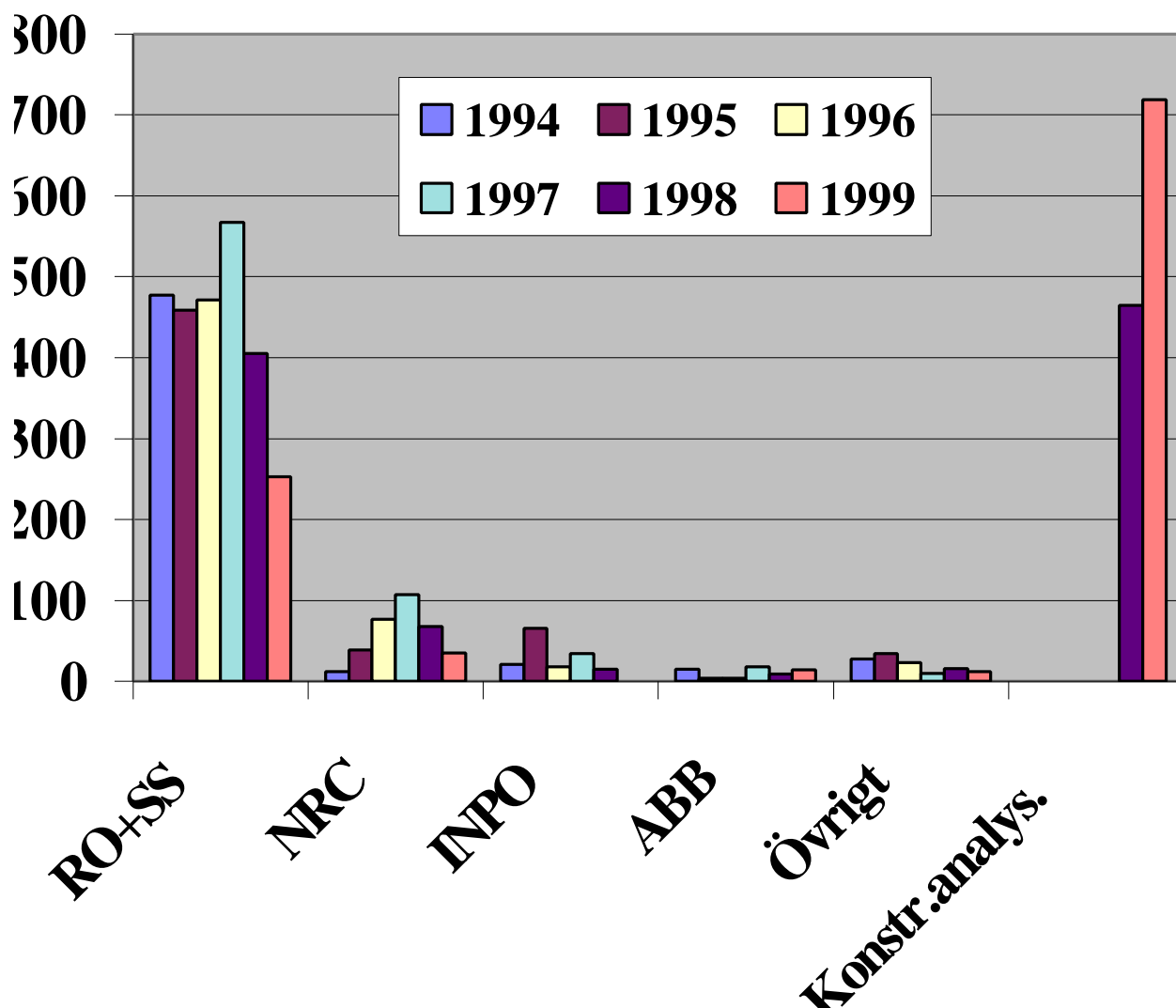
Diagrammet visar de nordiska reaktorernas bidrag till ERFATOMs ärenden av väsentlig (A-ärenden) respektive måttlig (B-ärenden) betydelse för reaktorsäkerheten i ABB BWR.

(Avser händelser som rapporterats av ERFATOM veckorna 427 - 952. Endast RO och SS beaktas.)

Informationskällor

- **RO och SS från svenska BWR**
- **Motsvarande från TVO**
- **Störningsrapporter**
- **Svenska PWR-händelser**
- **NRC Generic Communication**
- **Uppdrag och resultat inom ABB Atoms verksamhet**
- **Erfarenheter från andra ABB-företag inom och utom Sverige**
- **BOKA, REDA, MODE och andra större projekt**
- **Andra händelser vid någon ABB BWR**

Informationskällor (fördelning)



"Veckomöten

- **Varannan torsdag hålls ett s k värderingsgruppsmöte**
- **ERFATOMs handläggare samt KSU deltar**
- **En av tre jourhavande säkerhetsexperter deltar alltid (Ingemar Jansson, Ernö Legáth eller Tomas Öhlin)**
Expert inom bränsle/härd/reaktivitet, Stig Andersson, kallas vid behov
- **Handläggarna redovisar sina ärenden. Klassificering, MTO aspekter, trender, eventuella kommentarer och vidare handläggning diskuteras innan ärendets status fastställs**
- **Efter mötet uppdateras ärenderegistret och "Veckorapporten" tas fram**
- **Gäster alltid välkomna !**

"Vecko"- och månadsrapporter

- **"Veckorapporterna" redovisar avslutade ärenden från "veckomötet".
Alla A- och B-ärenden redovisas.
C-ärenden redovisas för RO, SS, mfl,
men ej för konstruktionsanalyserna
BOKA, REDA, MODE**
- **TVOs veckorapportering refereras**
- **Månadsrapporten sammanfattar månadens ärenden samt i översiktlig form samtliga ärenden som utvärderats under året**
- **Distribution sker till kraftverkens kontaktpersoner och ytterligare några utvalda personer.**

Sprids inom ABB Atom via intranätet

Specialrapporter

- **94-001 Internationell utveckling av krav från kärnkraftmyndigheter och kraftföretag**
- **94-002 Jordfel i ABB BWR under åren 1980 till 1993**
- **94-003 Korrosion av nickelbaslegeringar**
- **94-004 Aktuella säkerhetsfrågor, september 1994**
- **95-001 Årsrapport 1994**
- **95-002 Bränslehantering under avställningar**
- **95-003 Aktuella säkerhetsfrågor, april 1995**
- **96-001 Årsrapport 1995**
- **96-002 ERFATOM-handboken 1996**
- **96-004 Granskning av OKGs återstartsprojekt för Oskarshamn 1 (FENIX)**
- **96-005 Aktuella säkerhetsfrågor, juni 1996**
- **96-006 Systemgrupper i ABB BWR**
- **97-001 Årsrapport 1996**
- **97-002 ERFATOM-handboken 1997**
- **97-003 Systemgrupp 8610 "Brandbekämpnings-system" - Granskning av rapportervärda omständigheter**
- **97-004 Aktuella säkerhetsfrågor, december 1997**
- **98-001 Årsrapport 1997**
- **98-002 ERFATOM-handboken 1998**
- **98-003 Aktuella säkerhetsfrågor, december 1998**
- **99-001 Årsrapport 1998**
- **99-002 ERFATOM-handboken 1999**
- **99-003 Systemgrupp 5500-Aktivitetmätningssystem**

ERFATOM-rekommendationer

- REK 94-007 **Analys av risken för bränsleskador i samband med skruvstopp**
- REK 94-008 **Kontroll och justering av borsystemets kapacitet**
- REK 94-009 **Undvikande av blockering av bränslekanaler**
- REK 94-010 **Översyn av aktivitetsmätningen i ångledningarna**
- REK 94-011 **Analys av konsekvenserna vid igensättning av rensverksutrustning**
- REK 95-001 **Indikering av blockerade säkerhetskedjor**
- REK 95-002 **Kontroll och förbättring av slidventilers tryckavsäkring**
- REK 95-003 **Förbättring av tillförlitligheten hos fjäderstängande skalventiler**
- REK 96-001 **Provning av el- och kontrollutrustning med säkerhetsmässig betydelse**
- REK 96-002 **Förbättring av brandcellsintegriteten**
- REK 96-003 **Minskning av risken för nedsatt PS-funktion**
- REK 96-004 **Återkommande provning av rör mellan skalventil och inneslutningsvägg**
- REK 96-005 **Undersökning av zinkkorrosion i inneslutningsmiljö**
- REK 97-001 **Förbättring av skyddet mot toppfyllning av reaktortanken**
- REK 97-002 **Byte av material i havsvattenberörda komponenter**
- REK 98-001 **Begränsning av manuella ingrepp i automatiska säkerhetsfunktioner**
- REK 98-002 **Förbättring av instruktioner och kontroll av termisk isolering hos reaktorns tryckavsäkringsventiler och huvudångskalventiler**
- REK 98-003 **Driftklarhetsverifiering av säkerhetssystem**

Aktuella säkerhetsfrågor

| | <u>September 1994</u> | <u>April 1995</u> | <u>Mars 1996</u> | <u>December 1997</u> | <u>December 1998</u> |
|----|---|--------------------------------|--|--|--|
| 1 | Brandrisker | Brandrisker | Brandrisker | Tunga lyft | Yttre brott i ångledning Bruten integritet hos inneslutningen |
| 2 | Hot mot RCPB | Mänskligt felhandlande | Igensättning av kylvattenintag | Nivåmätning | |
| 3 | Mänskligt felhandlande | Hot mot RCPB | Hot mot RCPB | Igensättning av kylvattenkanaler | Avbrott i elkraftmatning |
| 4 | Leak-before-Break | Igensättning av kylvattenintag | Skalventilers stängning vid yttre rörbrott | Främmande föremål | Bruten brandcellsintegritet |
| 5 | Skalventilers stängning vid yttre rörbrott | Säkerhet under RA | Främmande föremål | Skalventilstängning vid yttre brott | Rörbrott utanför RI mellan skal och skalventil CCF i havsvattenkylsystem |
| 6 | Främmande föremål | Härdstabilitet | Härdstabilitet | Brand - brandbelastning/passivt brandskydd | |
| 7 | Tillförlitlighet hos hjälpkraft | Leak-before-Break | Tunga lyft | Brand - bruten brandcellsintegritet | Igensättning av kylvattenkanaler |
| 8 | Miljöklassificering av elektrisk utrustning | RIA | Säkerhet under RA | Kall övertryckning | CCF för pumpar och motormanövrade ventiler |
| 9 | Bränslehantling under revision | Mjukvara i säkerhetskretsar | ATWS | Samverkan kuts-kapsling | Dubbla jordfel vid yttre brott |
| 10 | Diversifiering av 314, inkl. vattenblåsning | Nivåmätning | Mänskligt felhandlande | Knallgas Hjälpkraft | Främmande föremål |

ERFATOM av idag

- **Etablerad, väl fungerade verksamhet**
- **Uppskattat stöd till kraftbolagens erfarenhetsåterföring genom urval, värdering, klassificering och rapportering av händelser samt utgivning av specialrapporter.**
- **Huvuddelen (70-90%) av kraftbolagens erf-ärenden hämtas från ERFATOMs veckorapporter.**
- **ERFATOM behandlar ej MTO ärenden**
- **Effektivisering och kostnadsbesparingar**

Utvecklingsmål

- **Fortsatt effektivisering - besparingar 10%**
- **Samverkan mellan ERFATOM och KSU, samt inom det nybildade Nordic Owners Group (NOG)**
- **Breddning av ERFATOMs verksamhet ut mot kraftbolagen i en samordnad gemensam process för erfarenhets-återföring Breddning av ERFATOMs verksamhet ut mot kraftbolagen i en samordnad gemensam process**
- **Beslut om nytt arbetssätt vid styrgruppsmöte i april 2000**

Kostnadsbesparingar

- **Etablering av ERFATOMs databas hos kraftverken möjliggör distansarbete.**
- **Utnyttja möjligheten till "telefonkonferenser". Antalet gemensamma möten begränsas till max 10.**
- **Ökad effektivitet genom längre tjänstgöringstid för kraftbolagens ERFATOM handläggare, vilket även underlättar rekryteringen.**
- **Lägre insatser nödvändiga efter avslutad värdering av BOKA, REDA och MODE, samt minskande antal RO**

Samverkan med KSU

- **ERFATOM behandlar ärenden som berör ”teknisk säkerhet”.
KSU behandlar ”operationell säkerhet”**
- **KSU gör urval av WANO-ärenden för
behandling av ERFATOM**
- **KSU ingår i ERFATOMs värderingsgrupp
och följer ERFATOM´s arbetssätt och
rutiner**
- **ERFATOM och KSU rapporterar
gemensamt i ERFATOMs ”
veckorapport ”**

Samordnad gemensam erf-process

- **Samtliga kraftverk utser en ERFATOM handläggare som även samordnar den interna erf-verksamheten**
- **ERFATOMs databas blir tillgänglig hos alla kraftverk**
- **På styrgruppens uppdrag genomför ERFATOM en uppföljning av kraftverkens hantering av erfarenhetsåterföringen.
Rapporteras med rekommendationer samt förslag till gemensamma värderingar.**

Presentation av viktigare händelser

ERFATOM

**Presentation av viktigare
händelser**

**PSA-seminarium
Tammsvik 10-11/2 2000**

Tomas Öhlin, ERFATOM

Presentation av viktigare händelser

ERFATOMs verksamhet

Fokus på att bedöma inverkan på reaktorsäkerhet av erfarenheter.

A- och B- kontra C-ärenden

Veckorapporten sammanställer erfarenheter.

Årlig rapport ”Aktuella säkerhetsfrågor” 1998 och 1999 års rapporter inkluderar prioritering avseende risk av ett urval av A-och B-ärenden 1997 resp. 1998.

Syftet med rapporten är att stimulera diskussion, inte vara ”sanningen”.

Presentation av viktigare händelser

Innehåll i denna presentation

- **Metodik**
- **Aktuella säkerhetsfrågor 1998**
- **Aktuella säkerhetsfrågor 1999**

Presentation av viktigare händelser

Metodik

1. Samla in alla A- och B-ärenden
2. Välj bort vissa typer av ärenden
(enkelfel med "ej önskad/förväntad felorsak", potentiella CCF eller ej "önskad/ förväntad" brist avseende MTO
3. Gör en förenklad riskanaly
Riskmått=Konsekvenskategori x
Frekvenstal
Bestäm konsekvenskategori

Presentation av viktigare händelser

Konsekvenskategori

1: Kapslingsskada på många patroner

Målfrekvens 10^{-2} per år

2: Smältning av en eller flera patroner

Målfrekvens 3×10^{-4} per år

3: Nedsmältning av upp till hela härden

Målfrekvens 10^{-5} per år

4: Härdskada med utsläpp till omgivningen $> 0.1\%$

Målfrekvens 10^{-7} per år

Presentation av viktigare händelser

Bestäm händelsefrekvens och frekvenstal

Frekvenstal

1: Händelsefrekvens
< 0.1xMålfrekvens

2: Händelsefrekvens
≤ Målfrekvens

5: Händelsefrekvens
> Målfrekvens

Presentation av viktigare händelser

Aktuella säkerhetsfrågor 1998

Baserat på 1997 års ärenden

- 1. Fel med gemensam orsak över systemgränser i saltvatten-system. Potentiellt generiskt fel (korrosion) mellan saltvatten-pumpar i olika system (15)**

- 2. Igensättning av kylvattenkanal
Kylvattenintagets prestanda har påverkats via sjögräs och kravis (15)**

Presentation av viktigare händelser

- 3. Bruten integritet hos inneslutningen Korrosion på tätplåt etc har inträffat (10)**

- 4. Främmande föremål- Blockerat inlopp hos bränslepatron
Främmande föremål har påträffats i bränsleinlopp (10)**

- 5. Bruten brandcellsintegritet Det finns tillfällen då brand-cellers integritet oavsiktligt brutits (8)**

- 6. Rörbrott utanför inne-slutningen mellan skal- och skalventiler
Sprickor i aktuellt läge har inträffat (8)**

Presentation av viktigare händelser

Aktuella säkerhetsfrågor 1998 II

- 7. Risk för oisolerat yttre brott i ångledningar Obefogat öppna blåsluckor samt felinställda temperaturvakter samt fel på ångskalventiler med potential för generiskt fel har inträffat (8)**

- 8. Fel vid arbete i elsystem under drift leder till avbrott i elkraftmatning MTO-relaterade fel vid arbeten i elsystem har lett till avbrott (6)**

Presentation av viktigare händelser

9. Risk för dubbla jordfel vid yttre brott Gammalt kablage har ej avlägsnats på lämpligt sätt vilket kunnat ge flerfaldiga jordfel vid miljöpåverkan i aktuella blåsvägar (6)

10. Fel med gemensam orsak över systemgränser- pumpar och ventiler Fel i ställverk som kan ge generell påverkan på pumpar/MOV har inträffat (4)

11. Felaktig basläggning av säkerhetssystem efter RA Utebliven återställning av säkerhetssystem efter RA har inträffat (3)

Presentation av viktigare händelser

Aktuella säkerhetsfrågor 1999

Baserat på 1998 års ärenden

- 1. Igensättning av kylvattenkanal**
Kylvattenintagets prestanda har påverkats (15)
- 2. Läckage i mellankylkrets**
Läckage har inträffat i mellankylkretsen (721/711) (Ej relevant-15)
- 3. Risk för för oisolerat yttre brott i ångledning**
Obefogat öppna blåsluckor samt felinställda temperaturvakter samt fel på ångskalventiler med potential för generiskt fel har inträffat (8)

Presentation av viktigare händelser

- 4. Bruten brandcellsintegritet Det finns tillfällen då brandcellers integritet oavsiktligt brutits (8)**

- 5. Obefogad sprängblecks-öppning vid LOCA eller härds smälta Fel som medför risk för förtidig öppning av sprängbleck har inträffat (Ej relevant-15)**

- 6. Härdinstabilitet Instabiliteter har inträffat under året (5)**

FÖREDRAG / PRESENTATION

20

Inträffade bränder i utländska kärnkraftverk samt relevansen av dessa för de inhemska kärnkraftverken

Föredragshållare: PG Sjölin KSU

Om bränder i utländska kärnkraftverk

OH-bilder

SKIs PSA-seminarium
Tammsvik, 10 –11 februari 2000

P.G.Sjölin, KSU AB

- Bränder i kärnkraftverk inträffar
 - I de flesta fall är brandens omfattning begränsad och den släcks snabbt
 - Anläggningen konstruerad att vara brandtålig
-
- I ett antal fall har det varit komplicerat att säkert ställa av anläggningen
 - Branden har gjort viktiga system i anläggningen obrukbara
-
- Det finns flera utländska bränder rapporterade
 - De flesta är av mindre säkerhetsmässig betydelse.
 - Det finns några bränder av stor säkerhetsmässig betydelse
 - Följande ganska välkända händelser har valts ut.
1. Kabelbranden i Browns Ferry, 1975
 2. Turbin och generatorbranden i Vandellos 1, 1989
 3. Ställverksbranden i Olkiluoto, 1992

- Branden i Browns Ferry är klassikern
 - Viktiga erfarenheter från denna händelse
 - Skador på el- och kontrollutrustning gjorde det svårt att ställa av anläggningen
-
- Branden i Vandellos medförde översvämning i reaktorbyggnaden och stor risk för utslagning av härdens kylning
-
- Branden i Olkiluoto 2 ledde till snabbstopp, total förlust av yttre nät och beroende av nödkraftdieslarna för att ställa av anläggningen
 - Är intressant ur svensk synpunkt då den berör en ABB-BWR

Browns Ferry

- Svårt att släcka
- Konstiga indikationer i kontrollrummet
- Snabbstopp
- Förlust av kraft och manöverspänning till RHR, HPCI och RCIC
- Ångisolering och förlust av kondensor och ånga till matarvattenpumpar
- Spädmatning med styrstavssystemet
- Sänka trycket med 314 för att kunna pumpa in vatten med kondensatpumparna
- Förlust av instrumentluft => förlust av 314
- Återställning instrumentluft och 314
- Återställning RHR och avställning

- Båda blocken avställda 1 år
- Reparationer 10M\$
- Produktionsförluster 10M\$/månad

Vandellos 1

- Högtrycksturbinens skovlar lossnar på en turbin
- Ångledningarna skakar sönder
- Oljeledningar skakar sönder, oljan tar eld och rinner ned under turbinen
- Vätgasläcka på generatorn pga skakningarna
- Vätgasbrand
- En stor gummibälg i anslutning till kondensorn skadas av brinnande olja
- Översvämning i turbin- och reaktorbyggnad med vatten från kondensorn, brandvatten och annat
- 81 cm på golvet, tio cm från att dränka hjälpmavapumparna
- Tryck och temperatur i primärsystemet steg så att små marginaler återstod

Olkiluoto 2

- Felsökning av mätutrustning för 6,6 kV-skena
- Skenans brytare löste på överlast och återställdes
- Brända plintar till strömtransformator noterades
- Omkoppling för reparation till yttre nät
- Brand i tre ställverksskåp
- Skenans brytare löste åter
- Generatorskydden löste och gav turbintripp, delsnabbstopp och HC-nedstyrning. Dumpdrift
- Starttransformatorn löste och alla fyra 6,6 kV-skenorna blev spänningslösa
- Nödkraftdieslarna startade och spänningssatte sina skenor
- Snabbstopp (TSxD) och tryckreglering med 314
- Nivåhållning med 327, tryck med 314 och kylning av kondensationsbassäng med 322
- Övergång till 321, dvs RHR

Direkta brandskador på system som erfordras för säker avställning

NRCs Information Notice IN 99-17 behandlar detta.

Felmoderna har identifierats vid analyser på flera amerikanska kraftverk. Ett tiotal rapporter från februari 1997 till april 1999.

- Brister i kabelseparering efter anläggningsändringar.
- Kortslutningar orsakade av brand kan ge obefogade manövrer, t.ex. tömning av tankar som behövs för nödkylning eller opåkallade förändringar av driftläggning av säkerhetsrelaterade system.
- Kortslutningar orsakade av brand kan ge upphov till överbelastning av elmatningar och lösa ut säkringar och liknande som medför att säkerhetsrelaterad utrustning blir obrukbar.
- Risk för beroendefel. Redundant eller diversifierad utrustning kan slås ut.

GEs användargrupp för BWR (BWROG) och Nuclear Energy Institute (NEI) har arbetsgrupper för att studera dessa frågor.

Skador orsakade av brandskyddssystem på säkerhetsrelaterad utrustning

- Vatten tränger in i manöverutrustningar och påverkar deras funktion
- Uppmärksammades av NRC och kraftindustrin redan 1982
- Resulterade i INFORMATION NOTICE 83-41
- Frågan återkommer i NRC NUREG-0933
- De riskbidrag som kan beräknas från empiriska data är så små att frågan borde ha låg prioritet.
- Osäkra indata, stora variationer mellan anläggningar
- Frågan anses dock i princip kunna vila de närmaste 20 åren

FÖREDRAG / PRESENTATION

21

*Den nya T-Boken version 5. Förändringar i ver 5, kvalitetskrav inför utgivningen av T-bok 5. // Nyheter vid skattning av felintensiteter och felsannolikheter för T-boken 5 (tidigare metodutveckling, bättre hantering av $q+\lambda^*t$ modell, data i bilagor till ver 5).*

Föredragshållare: Sven Skagerman, TUD kansliet

Föredragshållare: Kurt Pörn, Pörn Consulting

T-boken

Tillförlitlighetsdata för komponenter
i nordiska kraftreaktorer

utarbetad av

TUD-kansliet

och

Pörn Consulting

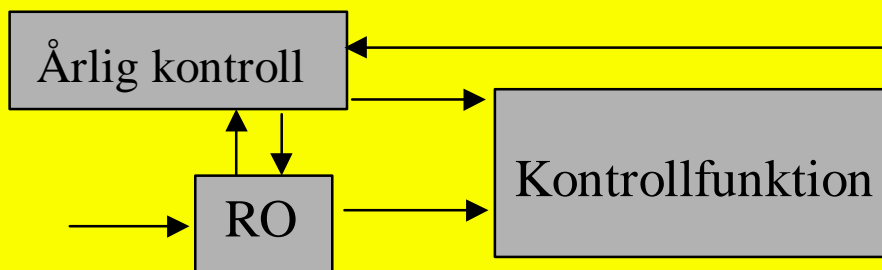


Arbetsgång

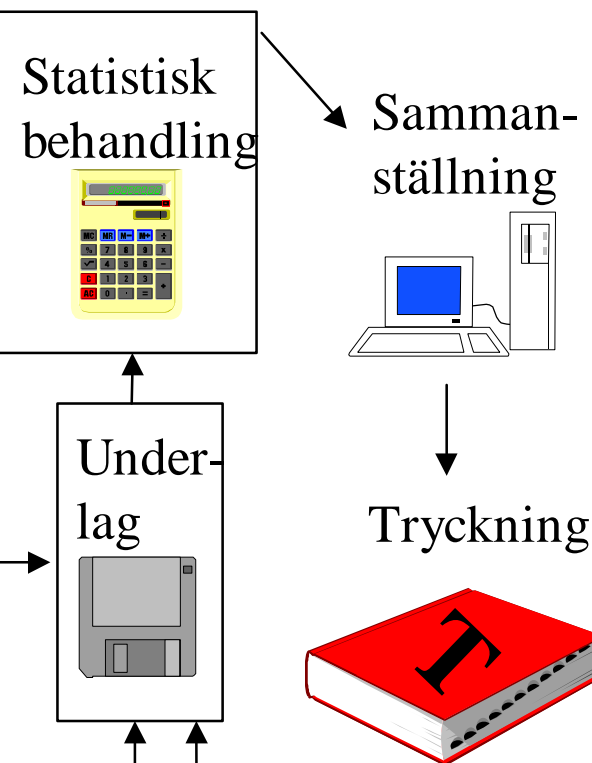
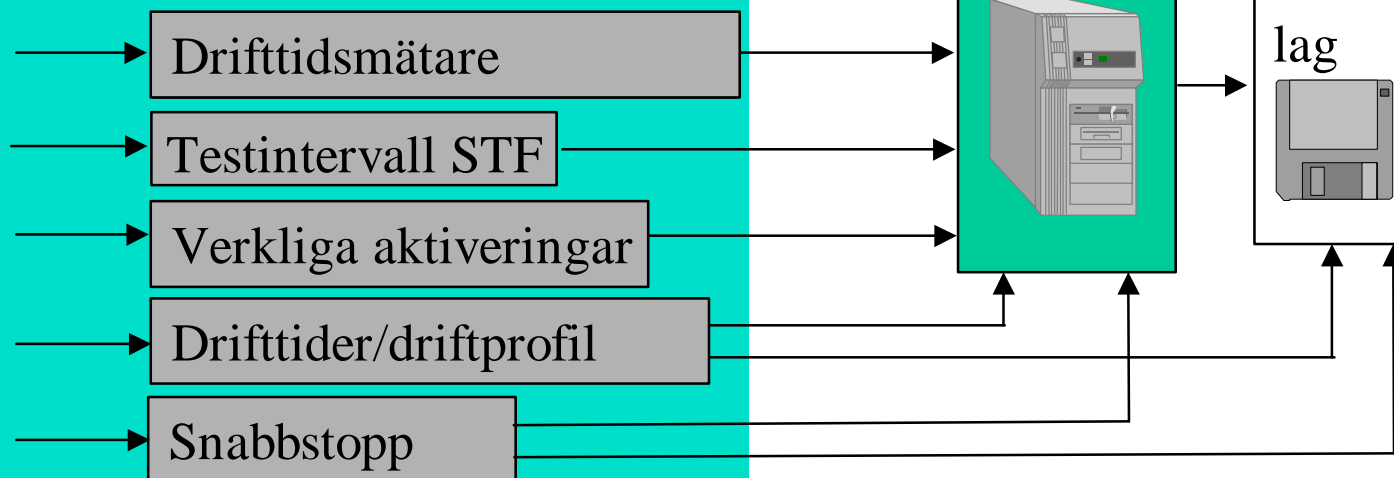
T-boken version 5

- Uppstart
- Urval komponenter

Felrapporter



Övrigt underlag



Tillförlitlighet, Underhåll och Drift



| | Version 4 | Version 5 |
|---------------------------------|------------------|------------------|
| Antal komponenter: | 14219 | 21267 |
| Antal fel: | 2532 | 4692 |
| Antal komponentgrupper: | 57 | 78 |
| Antal tabeller/felmoder: | 93 | 145 |
| Antal block: | 14 | 14 |
| Antal reaktorår: | 178 | 234 |

Pumptabeller

| | <i>Tabell</i> | <i>Flöde</i> | <i>Tryckuppsättning</i> |
|------|-------------------------------|-------------------|-------------------------|
| 1.1 | Centrifugalpump, horisontell | <75 kg/s | 0,2-2 MPa |
| 1.2 | Centrifugalpump, horisontell | >75 kg/s | 0,2-2 MPa |
| 1.3 | Centrifugalpump, våt pump | >75 kg/s | 0,2-2 MPa |
| 1.4 | Centrifugalpump, HC-pump | >75 kg/s | 0,2-2 MPa |
| 1.8 | CE, horisontell o vertikal | >75 kg/s | 0,2-2 MPa |
| 1.9 | CE, horisontell o vertikal | >75 kg/s | 8-20 MPa |
| 1.10 | Skruvpump | >75 kg/s | 0,2-2 MPa |
| 1.12 | CE, horisontell o vertikal | <75 kg/s | 2-8 MPa |
| 1.13 | CE, horisontell o vertikal | >75 kg/s | 0,2-2 MPa |
| 1.14 | Centrifugalpump, turbindriven | <75 kg/s >75 kg/s | 0,2-2 MPa 2-8 Mpa |
| 1.16 | Kolvpump | <75 kg/s | 8-20 MPa |

Nya Pumptabeller

Matarvattenpump

Kondensatpump

Huvudkylvattenpump

Diesel, dagtank

Brandvattenpump



Uppdaterade tabeller

| Tabell | | B1/B2 | O1/O2 | F1/F2 | F3/O3 | R2 | R3/R4 | T1/T2 |
|---------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|--------------|
| 7.1 | Diesel | | | | | | | X |
| 7.3 | Batteri | | | | | | | X |
| 7.4 | Likriktare | | | | | | | X |
| 7.5 | Växelriktare | | | | | | | X |
| 7.7 | Roterande omf. | | | | | | | X |
| 8.1 | Huvudtransformator | | | | | X | X | X |
| 8.2 | Start- o stationstr. | | | | | X | X | X |
| 8.3 | Transformator | | | | | X | X | X |
| 8.5 | Samlingsskena | | | | | | X | X |
| 8.6/8.7 | Samlingsskena | | | | | | X | X |
| 9.1 | Generatorbrytare | | X | | | | | X |

Nya komponentgrupper

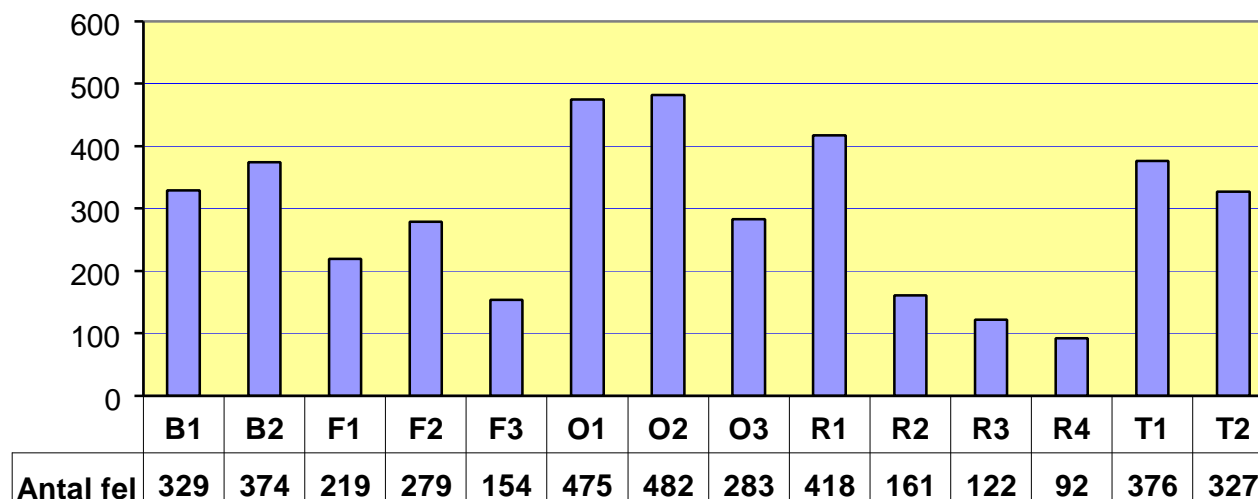
- Kompressor
- Fläkt
- Värmeväxlare
- Korgbandssil
- Sil
- Skalventil

Övriga nyheter/förändringar

- Revisionsperioden ingår nu för alla system/komponenter
- Ny indelning av felmoder för Drivdon
- Ny indelning av Brytar-tabeller
- Tabell för samlingskena <500V uppdelad AC och DC
- Instrumenttabeller uppdaterade för TVO och F3/O3
- Ny felmod för roterande omformare HCP

Blockvis fördelning av i T-boken ingående felhändelser

Antal funktionshindrande fel



Nytt kapitel: T-bokens kvalitet

- Vilken kvalitet har de uppgifter som presenteras och hur verifieras detta.
- Utöver detta finns även en kontroll från myndighetens sida (SKI + STUK)

Val av komponenter

- Kontroll 1-2

Inträffade fel

- Insamling
- Kontroll 1-7
- Kommentarer

Komponenter

- Insamling
- Kontroll 1-5

Drifttider mm

- Insamling
- Kontroll 1-2

Statistisk bearbetning

- Insamling
- Kontroll 1-4

Slutsats

I processen att ta fram en T-bok ligger ett stort antal kontroller. Målsättningen för TUD är att ha en täckningsgrad på 80%. För T-boken görs ytterligare en extra kontroll som höjer nivån ytterligare. Bortfallet bör vara mindre än 5%. Osäkerheten för drifttider och aktiveringar är svåra att kvantifiera.

T-boken 5

Nyheter i den statistiska analysen

Kurt Pörn
Pörn Consulting

Presenterat på SKI's PSA-seminarium,
10 – 11 februari 2000

Disposition

- Historik
- Kort om Bayes' metod
- Ny hantering av $q + \lambda \cdot t$ – modellen
- Exempel
- Andra tillämpningar av Bayes' metod
- Referenser

Historik

Pågående arbete på T-boken 5 är en direkt fortsättning på tidigare T-boksversioner. Låt oss i tabellform ge en överblick över T-bokens olika versioner.

T-boken 1

Tillförlitlighetsdata för komponenter i svenska kokvattenreaktorer, RKS 1982-07.

Beställare: Rådet för kärnkraftsäkerhet (RKS)

Utförare: Asea-Atom & Studsvik Energiteknik

Data: T.o.m. 1980-12-31, ca 21 reaktorår (B1, B2, O1, O2, R1)

T-boken 2

Tillförlitlighetsdata för komponenter i svenska kokvattenreaktorer, RKS 1985-05.

Beställare: RKS, SKI

Utförare: Asea-Atom & Studsvik Energiteknik

Data: T.o.m. 1982-12-31, ca 40 reaktorår

Metodik: Gamma- & betafördelningar, vars parametrar skattas med klassiska metoder (ML, momentmetod)

T-boken 3

Tillförlitlighetsdata för komponenter i nordiska kraftreaktorer.

Beställare: OKG, Sydkraft, TVO, Vattenfall, KSU, SKI

Utförare: ATV-kansliet & Studsvik AB

Data: T.o.m. 1987-12-31, ca 108 reaktorår

Metodik: Bayesiansk metod i två steg (BEB), $q + \lambda \cdot t$ – modellen introduceras

T-boken 4

Tillförlitlighetsdata för komponenter i nordiska kraftreaktorer.

Beställare: Barsebäck, Forsmark, Oskarshamn, Ringhals, TVO

Utförare: TUD-kansliet, Studsvik Eco & Safety AB och Pörn Consulting

Data: T.o.m. 1992-12-31, ca 178 reaktorår

Metodik: Bayesiansk metod som för ver.3

T-boken 5

Tillförlitlighetsdata för komponenter i nordiska kraftreaktorer.

Beställare: Barsebäck, Forsmark, Oskarshamn, Ringhals, TVO

Utförare: TUD-kansliet och Pörn Consulting

Data: T.o.m. 1996-12-31, ca 234 reaktorår

Metodik: Bayesiansk metod, fullständig $q + \lambda \cdot t$ – modell

Nyheter i hanteringen av $q+\lambda \cdot t$ – modellen

I arbetsgruppen för T-boken 5 har det diskuterats hur vi skall presentera resultatet av den statistiska analysen i de tabeller där $q+\lambda \cdot t$ – modellen används.

Problemet är att i kortfattad form presentera den 2-dimensionella fördelningen för q och λ , en fördelning som bl.a. beskriver det starka beroendet mellan q och λ (större $q \Leftrightarrow$ mindre λ). Med hittillsvarande tillvägagångssätt (Ver. 3 och 4) har vi förenklat problemet på följande sätt:

- Vi har beräknat (marginal-)fördelningen för q , d.v.s. den fördelning som beskriver q 's variation oberoende av λ . Denna fördelnings percentiler har presenterats som generiska data på tabellernas nedersta rad.
- Sedan har vi antagit att q 's fördelning ligger fast vid skattning av blockspecifika λ -värden. Mera precist uttryckt: antagande att $q=q_{\text{mean}}$ (q 's medelvärde) har vi för varje anläggning beräknat de därav betingade fördelningarna för λ .

Förenklingen består alltså i att vi ersatt den 2-dimensionella fördelningen för (q,λ) med två 1-dimensionella fördelningar, dels marginalfördelningen för q , dels en fördelning för λ , betingad av $q=q_{\text{mean}}$. Hur grov är denna förenkling, frågar man sig.

När T-bokstabellerna används vid PSA-analyser gäller det i regel att beräkna komponenters otillgänglighet, $u(t)$, som funktion av tid sedan senaste test, eller medelotillgänglighet under ett testintervall. I vardera fallet görs beräkningen enligt

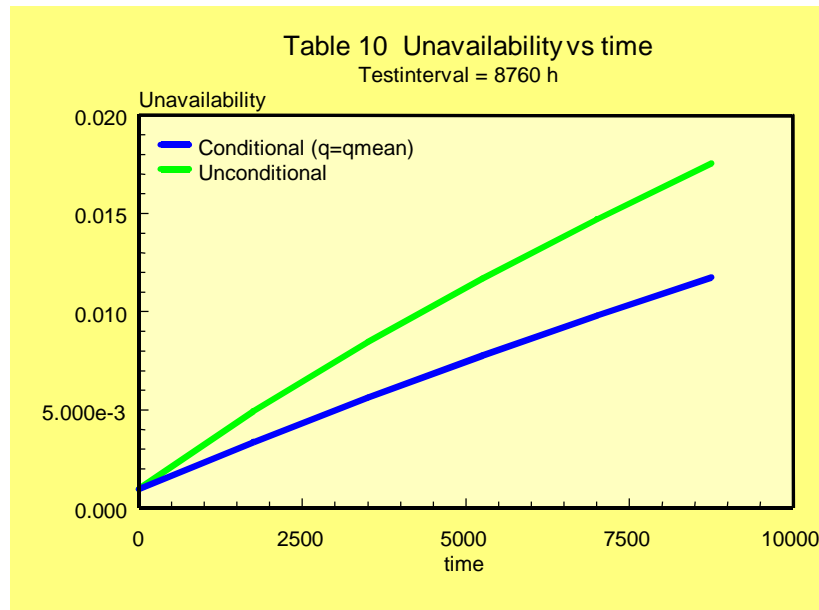
$$u(t) = q + \lambda \cdot t$$

för något tidsvärde t och där man väljer $q = q_{\text{mean}}$ och $\lambda =$ det därav betingade (generiska eller blockspecifika) medelvärdet för λ .

Otillgängligheten $u(t)$ är alltså en storhet av primärt intresse, och mot den bakgrunden diskuterade man i arbetsgruppen förslaget att i T-bokstabellerna ersätta q och λ med $u(t)$. Arbetsgruppen framhöll dock vikten av att behålla informationen om q och λ var för sig.

För att se hur stort fel nuvarande tillvägagångssätt medför – i termer av otillgängligheten $u(t)$ - har vi beräknat den generiska otillgängligheten $u(t)$ på ett fullständigt sätt, utan några approximativa förenklingar. Av bifogat testexempel (Tabell 10 i T-boken 4, Fig.1) ser vi att hittillsvarande tillvägagångssätt är förenat med ett betydande fel. Det framstod sålunda högst motiverat att i T-boken 5 presentera obetingade fördelningar för såväl q som λ , både generiska och blockspecifika.

Ovan skisserade fullständiga behandling av $q+\lambda \cdot t$ – modellen har implementerats i beräkningsverktyget T-Code. Förbättringen nödvändiggjorde en betydande omstrukturering och omprogrammering av programmet.



Figur 1. Jämförelse mellan otillgänglighet beräknad enligt den betingade modellen (T-bok 4, där q fixeras vid sitt medelvärde) och en fullständig modell där både q och λ samvarierar. Diagrammet visar faran med förenklingar.

Exempel

Följande exempel för Kolvpumpar (Tabell 10 i T-boken 4) visar planerad layout för de tabeller som baseras på $q+\lambda \cdot t$ – modellen. Vid jämförelse mellan blocken framgår att q 's medelvärde varierar med en faktor två medan motsvarande faktor för λ -medelvärdena är fyra.

Resultat

Det är uppenbart att det tidigare tillvägagångssättet ledde till en kombination av q och λ som tillsammans ger en i regel alltför låg otillgänglighet. Det är därför mycket tillfredsställande att detta betydande approximationsfel nu är undanröjt.

Det nordiska TUD- och T-boksarbetet har haft en karaktär av systematik och uthållighet. Därom vittnar inte minst den bifogade referenslistan som omfattar enbart arbeten som rör statistisk metodik och analys.

Andra tillämpningar av Bayes' metod

Bayes' metod har med framgång använts på T-boken närliggande tillämpningar, t.ex. vid skattning av brand- och utflödesfrekvenser.

Kolvpump

Data ur Tabell 10 i T-bok 4

| | | | |
|-------------------|------------|--------------------|---------|
| Flöde: | <75 kg/s | Antal komponenter: | 43 |
| Tryckuppsättning: | 8 - 20 MPa | Antal fel: | 14 |
| Driftläge: | Standby | Standbytid: | 3.910E6 |
| | | Antal behov: | 11047 |

Felmod: Utebliven start

| Felsannolikhet/intensitet: | | (q ₀ : 10 ⁻⁴ /b, λ : 10 ⁻⁷ /h) | | | | Effektiv medelreptid (h) |
|----------------------------|-------------------|---|-----|-------|---------|--------------------------------|
| Anläggning | | 5% | 50% | 95% | medelv. | |
| Barsebäck 1 | (λ) | 0.0 | 0.0 | 37.7 | 6.4 | - |
| | (q ₀) | 0.2 | 4.4 | 27.8 | 8.0 | |
| Barsebäck 2 | (λ) | 0.0 | 0.0 | 38.1 | 6.4 | - |
| | (q ₀) | 0.2 | 4.4 | 27.9 | 8.1 | |
| Forsmark 1 | (λ) | 0.0 | 0.0 | 72.4 | 12.7 | 3 |
| | (q ₀) | 0.2 | 4.8 | 34.0 | 9.3 | |
| Forsmark 2 | (λ) | 0.0 | 0.0 | 62.3 | 11.3 | 15 |
| | (q ₀) | 0.1 | 3.6 | 27.0 | 7.4 | |
| Forsmark 3 | (λ) | 0.0 | 0.0 | 50.7 | 8.7 | - |
| | (q ₀) | 0.2 | 4.7 | 30.4 | 8.7 | |
| Oskarshamn 1 | (λ) | 0.0 | 0.2 | 97.1 | 19.8 | 4 |
| | (q ₀) | 0.2 | 9.7 | 42.5 | 14.3 | |
| Oskarshamn 2 | (λ) | 0.0 | 0.0 | 33.3 | 5.7 | - |
| | (q ₀) | 0.2 | 4.3 | 26.7 | 7.7 | |
| Oskarshamn 3 | (λ) | 0.0 | 0.0 | 67.2 | 12.0 | 1 |
| | (q ₀) | 0.2 | 5.0 | 32.8 | 9.3 | |
| Ringhals 1 | (λ) | 0.0 | 0.3 | 116.6 | 23.8 | 8 |
| | (q ₀) | 0.2 | 9.7 | 44.8 | 14.7 | |
| Ringhals 2 | (λ) | | | | | |
| | (q ₀) | | | | | |
| Ringhals 3 | (λ) | | | | | |
| | (q ₀) | | | | | |
| Ringhals 4 | (λ) | | | | | |
| | (q ₀) | | | | | |
| Olkiluoto 1 | (λ) | 0.0 | 0.0 | 150.1 | 8.9 | 3 |
| | (q ₀) | 0.2 | 7.7 | 49.0 | 8.4 | |
| Olkiluoto 2 | (λ) | 0.0 | 0.0 | 58.9 | 10.5 | 20 |
| | (q ₀) | 0.2 | 3.9 | 24.8 | 7.1 | |
| Generisk | (λ) | 0.0 | 0.0 | 98.1 | 24.3 | 6 |
| | (q ₀) | 0.2 | 5.0 | 34.8 | 9.6 | |

SKI-projekt Yttre händelser - Fas 2

Skattning av brandfrekvenser per anläggning och anläggningsdel

Kurt Pörn

Pörn Consulting
Skivlingvägen 24
611 63 NYKÖPING

Augusti 1996

Utförd av Pörn Consulting

inom ramen för SKI's beställningsnr. 95266

Denna rapport har gjorts på uppdrag av Statens kärnkraftinspektion, SKI, och kärnkraftföretagen. Slutsatser och åsikter som framförs i rapporten är författarens egna och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarnas.

**Skattning av systemvisa
utflödesfrekvenser i nordiska
kärnkraftverk**

Kurt Pörn

Pörn Consulting
Skivlingvägen 24
611 63 NYKÖPING

Augusti 1999

Utförd av Pörn Consulting

inom ramen för SKI's beställningsnr. 98116

Denna rapport har gjorts på uppdrag av Statens kärnkraftinspektion, SKI, och kärnkraftföretagen. Slutsatser och åsikter som framförs i rapporten är författarens egna och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarnas.

Referenser med anknytning till T-boken

1. "Bayes metodik; centrala begrepp, metoder, egenskaper". Presented at SRE Scandinavia Symposium, Bofors, Sweden, 4-5 May, 1982
2. Bidrag till TILLFÖRLITLIGHETSDATABOK omfattande instrument för mätning av tryck, tryckdifferens, flöde, nivå, temperatur och temperatur-differens i svenska kokvattenreaktorer. Medförfattare: N Kjellbert, K-M Johansson, STUDSVIK/NR-82/137, 1982-07-16
3. "Basic Elements of the Bayes Method in Reliability Theory". Proceedings of SÄK-1 Seminar 2, Helsingör, Denmark, Risö-M-2363, Nov 1982
4. Tillförlitlighetsdata för elektriska komponenter i svenska kokvattenreaktorers prefererade/favoriserade hjälpkraftsystem. Medförfattare: N Kjellbert, H Tuxen-Meyer, K-M Johansson, STUDSVIK/NR-82/217, SÄK-1-S(83)2, 1983-02-03
5. "Statistiska problemställningar i samband med T-boken" SRE Scandinavia Symposium, Arboga, Sweden, 11-12 Oct 1983
6. "Statistical Techniques in Connection with T-boken II". Presented at the Nordic Expert Workshop : "PRA-Techniques - State of the Art" ,11-12 Dec 1984
7. Reliability Data Book for components in Swedish nuclear power plants. 2nd edition. Prepared by Asea-Atom AB and Studsvik Energiteknik AB for the Nuclear Safety Board of the Swedish Utilities and the Swedish Nuclear Power Inspectorate. RKS 1985-25, 1985.
8. On Robustness of Empirical Prior Distributions, STUDSVIK/NR-85/60, 1985.
9. "Bayes Inference and Noninformative Prior Distributions". Proceedings of the International Conference on Models and Uncertainty in the Energy Sector, held at Risö National Laboratory, Denmark, 11-12 Febr 1986
10. Om osäkerhet och robusthet vid skattning av tillförlitlighetsparametrar i säkerhetsanalyser. Linköping Studies in Science and Technology. Thesis No 68 LiU-Tek-Lic- 1986:8, ISBN 91-7870-056-6, Issn 0280-7971, 1986-03-03
11. On Empirical Bayesian Inference Applied to Poisson Probability Models. Linköping Studies in Science and Technology. Dissertation, No.234, ISBN 91-7870-696-3, Sept 1990
12. "New Statistical Method for Reliability Data on Parts". Nuclear Europe Wordscan, Journal of ENS, No.5/6 May/June 1991
13. "Some New Features of Methodology and Application of the Updated Swedish Reliability Data Book". Paper presented at the IAEA Technical Committee Meeting on "Probabilistic Safety Assessment Requirements for Use in Safety Management, 16-20 Sept 1991, Stockholm, Sweden. STUDSVIK Technical Note NS-91/79, Sept 1991

14. "Reliability Information from Failure Data". Co-authors: P A Akersten (Akersten Tillförlitlighetsteknik AB), B Bergman (Linköping University of Technology). in Operational Reliability and Systematic Maintenance. Elsevier Science Publishers Ltd, 1991.
15. T-Book, 3rd edition. Reliability Data of Components in Nordic Nuclear Power Plants. Prepared by the ATV Office and Studsvik AB. Published by the ATV Office, Vattenfall AB. (1992).
16. Application of T-book Method to OREDA-II Data, A Pilot Study. Co-author: K Shen. Technical Note STUDSVIK/NS-92/54, Aug 1992.
17. Methods for reliability data analysis - A new perspective. In Safety and Reliability Assessment - an Integral Approach, Proc of ESREL '93 Conference, Munich, Germany, May 10th - 12th, 1993.
18. Statistical Treatment of Time- and Demand-related Failures in the Nordic Reliability Data Book (T-Book). In Proc of PSAM-II, An International Conference to the Advancement of System-based Methods for the Design and Operation of Technological Systems and Processes, San Diego, California, USA. March 1994.
19. "Empirical Bayesian Inference and Model Uncertainty". Proceedings of Workshop I in Advanced Topics in Risk and Reliability Analysis. Model Uncertainty: Its Characterization and Quantification., October 20-22, 1993, Annapolis, Maryland, USA. NUREG/CP-0138, Oct 1994.
20. Cooke, R M, Dorrepaal, J, Bedford, T (1995). Review of SKI Data Processing Methodology. Prepared at Delft University of Technology for the Swedish Nuclear Power Inspectorate. SKI Report 95:2
21. "Parameter Estimation of the T-Book", in Conference Papers from the OECD/NEA International Workshop on Reliability Data Collection in Support of PSA, Maintenance and Life-Assurance Programmes, Toronto, 15-17 May 1995.
22. Automatisk överföring av T-boks fördelningar till Risk Spectrum. PCRep 95-4, Aug 1995
23. "The Two-stage Bayesian Method Used for the T-Book Application". Reliability Engineering and System Safety, Vol. 51, No.2, Febr, 1996 and SKI Report 95:10
24. T-Book, 4th edition. Reliability Data of Components in Nordic Nuclear Power Plants. Prepared by the TUD Office, Studsvik Eco Safety AB and Pörn Consulting. Published by the TUD Office, Vattenfall Energisystem AB. (1996).
25. T-CODE. *A Tool for Bayesian Estimation of Component Failure Rate. User's and Methodology Manual.* Pörn Consulting, 1997.



T-boken 5

Nyheter i den statistiska analysen

Kurt Pörn

Pörn Consulting

- Historik, referenser
- Kort om Bayes' metod
- Ny hantering av $q+\lambda$ -t-modellen
- Exempel



Syfte med T-boken

- **Centralt problem:**
Vad är sannolikheten att en komponent felar när dess funktion anropas?
- **Grundläggande sannolikhetsmodell:**
Sannolikheten för x fel under tiden t , eller
Sannolikheten för x fel när en komponent testas periodiskt n gånger med intervall τ
- **Modellparametrar:**
felintensitet λ och/eller felsannolikhet q
- **Osäkerheten kring λ och q uttrycks med sannolikhetsfördelningar $p(\lambda)$ resp. $p(q)$**



Bayes' metod

- Bayes' teorem:

$$p(\lambda | x) \propto p(\lambda) \cdot p(x | \lambda), \text{ där}$$

$p(\lambda)$ är apriorifördelning

$p(x | \lambda)$ är likelihoodfunktion

$p(\lambda | x)$ är posteriorifördelning



Två modeller i T-boken

- Poisson ($\lambda \cdot t$) :

$$p(x|\lambda) \sim (\lambda t)^x \cdot e^{-\lambda t}$$

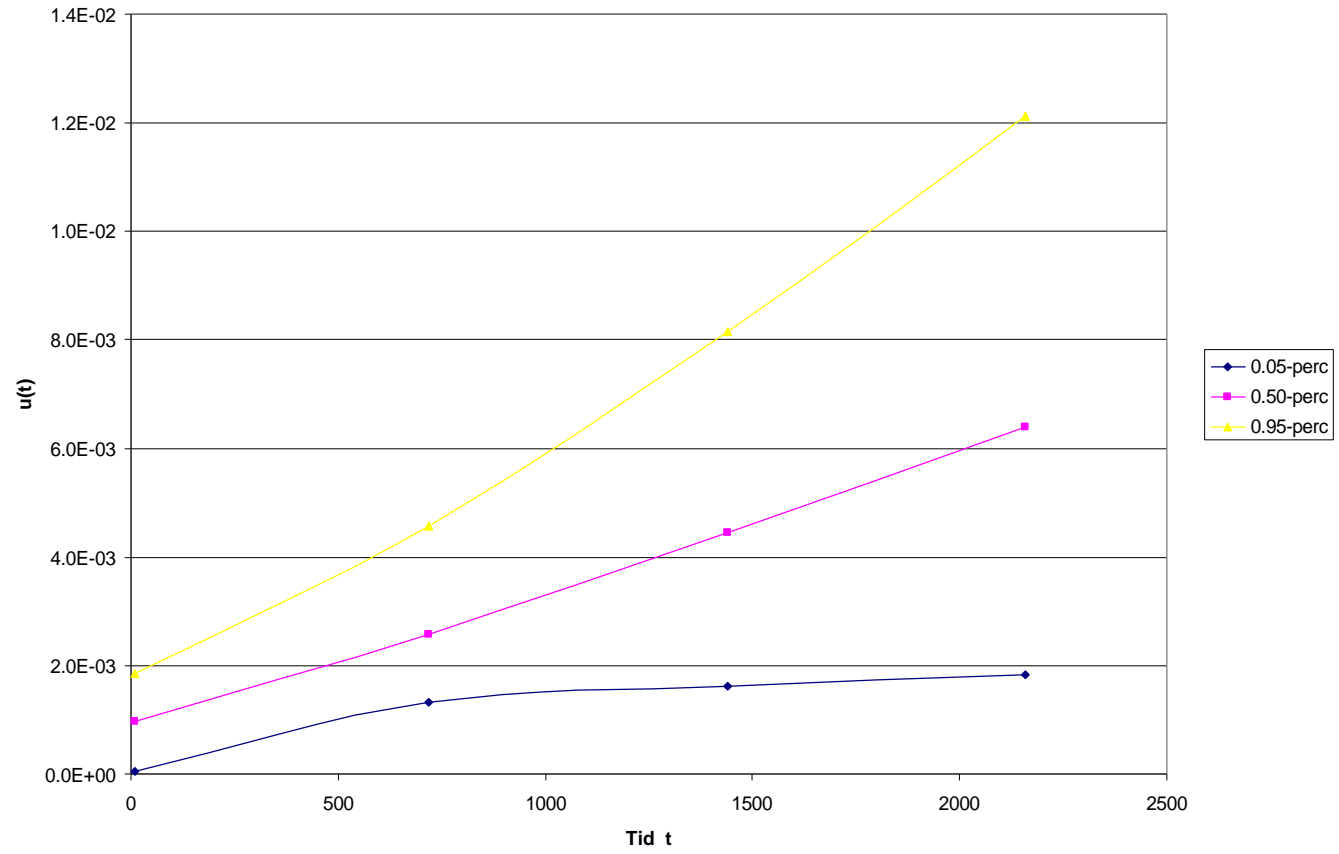
- Binomiala ($q + \lambda \cdot t$) :

$$p(x|q, \lambda) \sim [1 - (1 - q)e^{-\lambda \tau}]^x \cdot$$

$$[(1 - q)e^{-\lambda \tau}]^{n - x}$$



Otillgänglighet, Tab.10 i T-bok4



FÖREDRAG / PRESENTATION

22

*IVO, WANO möte i Nådendal i Finland, angående
'Blockage risk of the cooling water intake'
Föredragshållare: Kalle Jänkälä, Fortum (f.d. IVO)*

BLOCKAGE RISKS OF THE COOLING WATER INTAKES

K. Jänkälä

Fortum Engineering Ltd, POB 10, 00048 FORTUM, e-mail Kalle.Jankala@fortum.com

Introduction

Cooling water blockages cause frequently problems at many plants and the reasons are very plant- and site-specific: sea vegetation, silt, mud, debris, mussels, fish, marsh grass, frazil ice etc. These blockage events are usually considered to have only commercial consequences rather than safety related consequences, at least they have not led to severe accidents. The level 1 PSA for Loviisa NPP was extended in 1994 to cover severe weather phenomena. The blockage risks of the cooling water intakes turned out to be the most important core damage risk contributors although the plant has no experiences in loosing the cooling water due to problems in the intake and although the plant has alternative ways of getting cooling water.

Loviisa NPP and PSA

Loviisa NPP is a two-unit plant with VVER-440 type pressurised water reactors (model 213). The units have been in operation since 1977 and 1981 respectively. The level 1 PSA for internal initiators at power was completed in 1989. Since then the scope has been extended to the shutdown modes and level 2 studies. It has also been extended to include the external events at power. The PSA has been continuously used to identify dominating accident sequences and to support developing of plant modifications for safety improvements.

Sea water intake

The cooling water for Loviisa NPP is taken from the sea via a 67 m² tunnel that is branched into both units. Both tunnels end up into a pond in front of the sea water pumping stations, which are divided into four channels. The length of the tunnel to Loviisa 1 pumping station is 300 m. Every channel is equipped with a cleaning device, a service water pump (0.5 m³/s) and a main sea water pump (6.4 m³/s). The service water pumps provide component cooling water and the main sea water pumps feed the main condensers. The cleaning device consists of

- three coarse bar screens in the main tunnel intake (clear opening 80 mm),
- a fine bar screen in all the four channels (clear opening 16 mm) and
- a chain basket filter in all the four channels (netting density 1 mm²).

The chain basket filters operate normally with an interval of six hours. In addition to this they start automatically if the level difference across them gets over 7 cm. If the automatic startup takes place four times per hour the filters are taken into continuous operation. The largest allowed level difference is 50 cm. All main sea water pumps are stopped automatically if the level difference gets over 45 cm.

There are four service water pumps of which two operate and one is standby. One pump is enough for safety systems in accident situations. One operating chain basket filter is judged to be enough for service water pumps. There are four CCW heat exchangers normally in operation and one is standby. If a plant unit has problems in getting cooling water it is possible to connect the service water from the other unit to provide cooling water for CCW heat exchangers.

The risks

A detailed risk modelling of different accident scenarios was made to estimate the total core damage risk coming from the potential blockage of the sea water intake. Frequencies of different kinds of sea vegetation occurrences and frazil ice were estimated based on experiences, weather statistics and knowledge on the behaviour of these phenomena. Component failure probabilities and unavailabilities were estimated based on the plant maintenance histories. For many events engineering judgement had to be used in order to get probability estimates.

The chain basket filters can be blocked due to strong sea vegetation (algae, seaweed etc.) or due to frazil ice. The danger of excessive sea vegetation exists throughout the year. It is highest probably during autumn with strong winds, during early summer when certain species grow strongly in favourable conditions and during summer, especially late summer. In the average the chain basket filters operate continuously a few times a year. Only once, in 1981, the power has been reduced at unit 2 due to blockage of chain basket filters and this was because of a design error that could lead in certain cases into the return of an excess sea vegetation back in front of the coarse bar screens. The frequency of a strong sea vegetation, in which two operating chain basket filters would not have been enough, was estimated to be 3 /yr. This event frequency was further divided in the fault tree modelling.

If at least three chain basket filters operate it is assumed that there is no total blockage possibility due to sea vegetation. If two of them are unavailable a blockage is possible. If the intake is blocked so that it is not enough even for the service water pumps component cooling might be lost. The largest core damage risk contributor is in this case a loss of cooling for primary coolant pump seals, which may lead to a loss of coolant accident and simultaneously cooling of the emergency pumps is lost.

Frazil ice possibility exists only when the water temperature is low (-0,2...-0,3 C). This can take place when the sea is still open without ice cover, air temperature is low and strong wind is blowing (at least 10 m/s) from certain direction preventing ice cover formation. Then there is a possibility of supercooling and of ice formation in turbulent water in the form of fine crystals suspended in the water. Such frazil can start to adhere on the intake structures and quickly block the water intake completely. When an ice cover is formed there is no more danger of a frazil ice. Loviisa NPP has no experiences of frazil ice. However, temperature measurements indicate that necessary supercooling conditions have at least once been very close, possibly enough for frazil ice formation. The meteorological statistics since 1961 show that the most favourable conditions for frazil ice have existed during the plant operating time, since 1977. Therefore it was possible to estimate the frazil ice frequency to be 0.013 /yr.

Hardware modifications

If the main sea water pumps are stopped early enough the filters are not completely blocked and the much lower service water flow is ensured. An automatic stopping of the main sea water pumps

- two at 35 cm level difference across the chain basket filters (with 60 s delay for the second pump if the level difference does not decrease) and
- all at 45 cm level difference across the chain basket filters

was installed in order to prevent the blockage of the filters and to ensure their integrity and thus also the operability of the service water. The CDF coming from the blockage and break of the chain basket filters was reduced in 1996 from $8 \cdot 10^{-4}$ to $1 \cdot 10^{-5}$ per year.

Changes in the operating procedures

A part of the sea water after going through the condensers has been returned during winter time back to the intake. The purpose is to warm up the intake water in order to prevent frazil ice formation. This warming up was calculated to be too low and therefore an improvement was designed. It was found out by experiments and calculations that it is possible to utilise both service water and condenser water. A new procedure was estimated to decrease the CDF in 1997 by $3 \cdot 10^{-6}$ per year.

In case the main sea water pumps are not stopped early enough the filters can be blocked and eventually broken due to too large loads. If the main sea water pumps stop before the filters are broken it is possible to get backflow from the outlet side due to the siphon as long as the vacuum is maintained in the main condensers. It has been normal practice to break the vacuum to prevent this backflow. Additionally it is judged that if all the chain basket filters are stopped they are blocked even with the service water flow. Now a change was made into the procedures to maintain the vacuum and in this way guarantee water flow to the service water pumps. The CDF reduction in 1998 was from $1 \cdot 10^{-4}$ to $1 \cdot 10^{-5}$ per year.

The main condenser cleaning balls can be drifted with the backflow into the service water pump suction and eventually into the CCW heat exchangers blocking their tubes. For example PCP seal water cooling could be lost due to this effect. Therefore a rule was added to take away the cleaning balls when the danger of blocking exists, i.e. when the chain basket filters are taken into continuous operation. The CDF reduction in 1998 was from $5.6 \cdot 10^{-5}$ to $3.6 \cdot 10^{-6}$ per year.

A rule was added in the operating procedures to decrease the intake flow by stopping one main sea water pump in cases when one cleaning train is unavailable and the chain basket filters have to be taken into continuous operation. This means a power reduction of 130 MW.

Changes in the maintenance procedures

A survey of the maintenance histories of the sea water cleaning device (chain basket filters, their flushing pumps, fine bar screens) revealed the fact that they have been long times unavailable due to preventive and corrective maintenance throughout the year. This is mainly because they have not been considered important to plant availability and nuclear safety, and no Limiting Conditions or Allowed Outage Times have been specified in Technical Specifications. A guidance was added into the maintenance procedures to do all preventive maintenance works during January - March, when there is an ice cover and the sea vegetation danger is also low. Taking into account the above mentioned change in the operating procedure to decrease the power, the repair times during high risk season will be kept as short as possible. Together with the previous change in the operating procedures the CDF reduction in 1999 was from $1.8 \cdot 10^{-5}$ to $1.1 \cdot 10^{-5}$ per year.

Concluding remarks

The core damage risk due to potential blockage of sea water intake has been found to be an important risk contributor at Loviisa NPP. The risk has been considerably decreased with some simple and inexpensive modifications. The risk estimate will be updated after experiences from the new procedures can be seen. A more detailed follow-up of the operation of the chain basket filters is done to have better basis for risk modelling. Additionally studies on characteristics and behaviour of sea vegetation have been going on.

The water intake blockage due to sea vegetation leads still to a CDF of $1.1 \cdot 10^{-5}$ /yr, which contributes about 13 % to the total CDF at power. Some modifications decreasing the risk of losing primary coolant pump seal cooling are being designed. These modifications will further reduce the risks coming from the blockage of the sea water intake.

Blockage risks of the Cooling Water Intakes

**Kalle Jänkälä
Fortum Engineering LTD**

Cooling water blockages

Cause frequently problems at many plants

- sea vegetation, silt, mud, debris, mussels, fish, marsh grass, frazil ice,...

Mostly commercial events rather than safety events?

- no Tech Specs on cooling water intake systems

In case of Loviisa NPP

- the most important core damage risk contributor
- no availability problems

Risks of cooling water intake blockages

Power reduction, shutdown, scram

Loss of Component Cooling Water

Loss of Primary Coolant Pump seal cooling

LOCA

Loviisa Nuclear Power Plant

- Two-unit VVER-440 type pressurized water reactor (model V-213)
- In operation since 1977
- mixture of Western and Eastern technologies

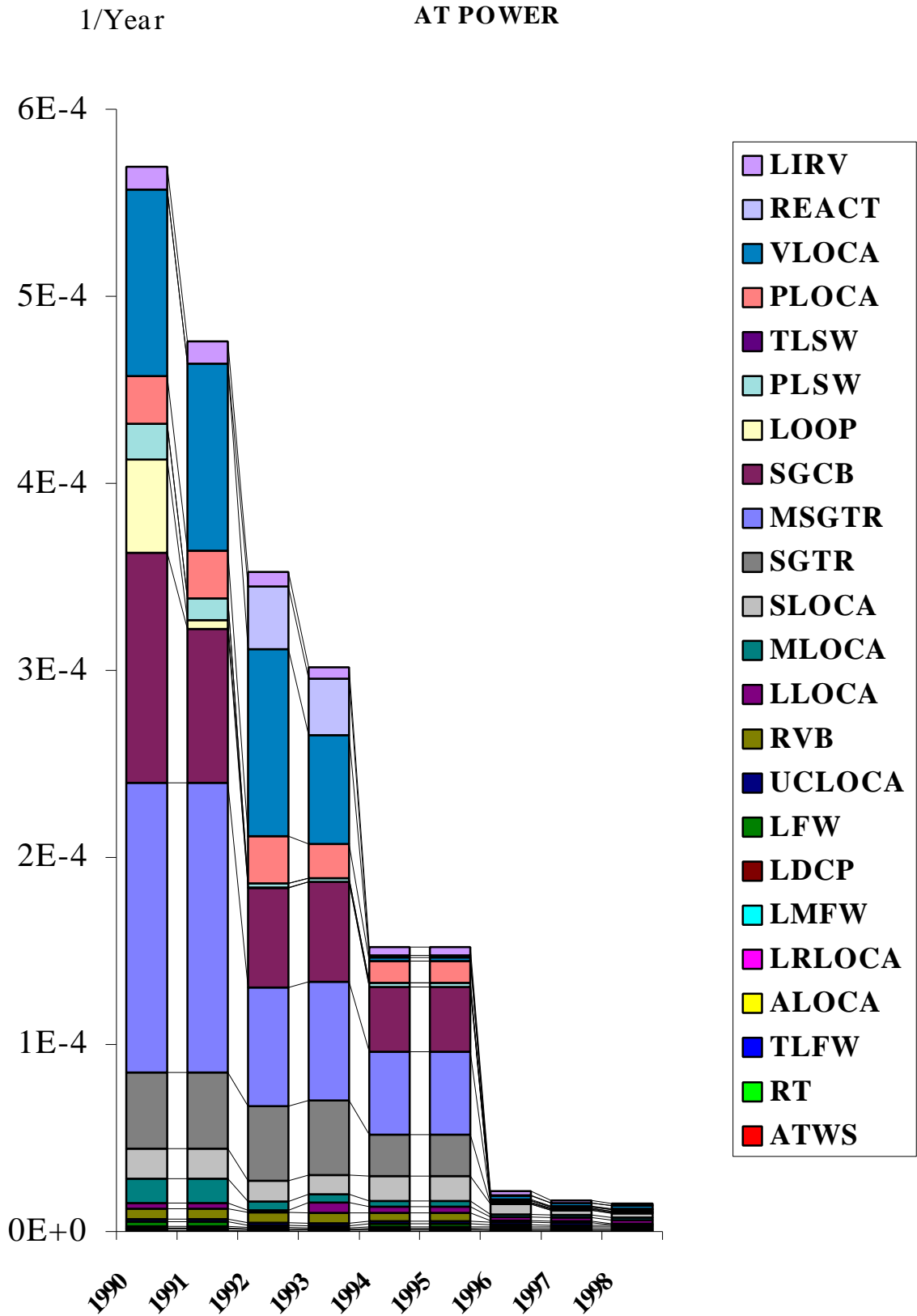


PSA for Loviisa NPP

- Level 1 (1989)
- Seismic (1992)
- Flood (1994)
- Weather (1994)
- Level 2 for internal initiators (1997)
- Fire (1997)
- Low power states, shutdown (1997)
- Level 2 for floods (1998)
- Living PSA (1989 -)



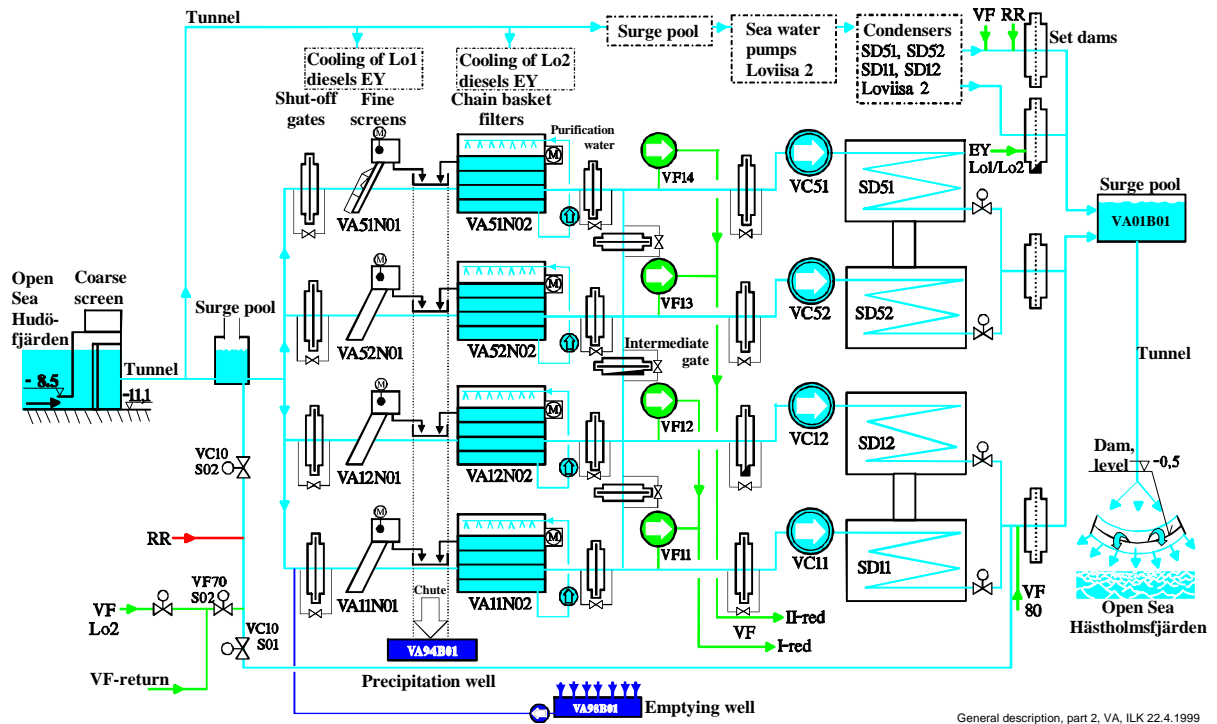
**RISK DISTRIBUTION
FOR INTERNAL INITIATORS
AT POWER**



Severe weather risk assessment

- sea level,
 - extreme water and air temperatures,
 - wind, rain, snow, lightning,
 - sea vegetation, fouling
 - transportations in the vicinity.
-
- Combinations were also studied, e.g.
 - storm and high sea level,
 - storm and sea-vegetation,
 - storm followed by frost,
 - high sea and air temperatures.

Sea Water Treatment System VA



General description, part 2, VA, ILK 22.4.1999
Lo NPP All rights reserved

Initiating event frequencies

Strong sea vegetation 3/year

- favourable weather conditions
- chain basket filters in continuous operation
- one power reduction in 1981 due to blockage of chain basket filters

Frazil ice 0.013/year

- no occurrences detected
- temperature measurements indicate that necessary supercooling conditions have at least once been very close
- meteorological statistics since 1961 indicate that the most favourable conditions have existed during plant operating time (1977-)

Some judgements in sea vegetation and frazil ice risk analyses

3 operating chain basket filters is enough in all sea vegetation cases

CCW heat exchangers block with $pr=0.5$ (0.1) if a chain basket filter tears due to sea vegetation (frazil ice)

The standby CCW heat exchanger blocks with a $pr=0.5$ (0.1) if the other ones have blocked due to sea vegetation (frazil ice)

One operating chain basket filter is enough for service water pumps

If all chain basket filters are stopped they are blocked even with service water flow

Siphon fails with $pr=0.1$

Operator fails with $pr=0.5$ to stop the main sea water pumps if the automatic protection fails

Severe weather risk assessment

Major risk contributors & improvements:

- High sea level during annual outage when the circulating water system is under maintenance and isolated from the sea by a temporary dam
 - A new procedure and a higher dam
 - 1993, 1.2×10^{-4} /a \Rightarrow 4.9×10^{-7} /a
- Sea vegetation causing blockage of the circulating and service water systems (TLSW)
 - Improved detection and automatic power and flow reduction
 - 1996, 8×10^{-4} /a \Rightarrow 1×10^{-5} /a

Severe weather risk assessment

Major risk contributors & improvements:

- Frazil ice causing blockage of the circulating and service water systems
 - A new procedure to utilise service water and condenser water in warming up the water intake at certain intake water temperatures
 - 1997, risk reduction 3×10^{-6} /a
- Other procedure development to prevent the blockage of circulating and service water intakes (1997)

Severe weather risk assessment

Major risk contributors & improvements:

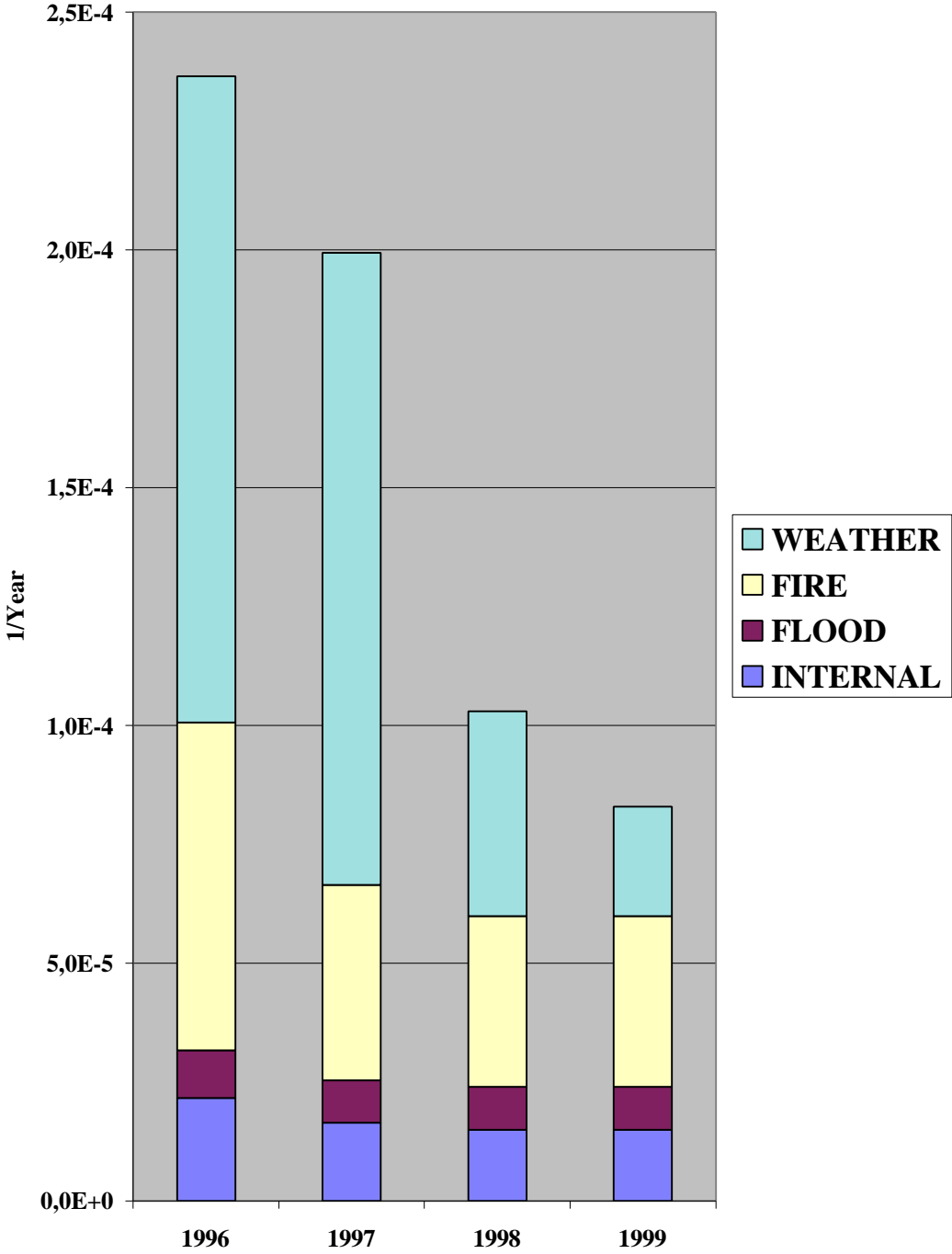
- Sea vegetation and frazil ice causing blockage of the circulating and service water systems
 - A new procedure to utilise siphon through the main condensers after the circulating water pumps have stopped
 - 1998, $1 \times 10^{-4} / \text{a} \Rightarrow 1 \times 10^{-5} / \text{a}$
 - A new procedure to collect the condenser tube cleaning balls away when the risk of strong sea vegetation or frazil ice is high
 - 1998, $5.6 \times 10^{-5} / \text{a} \Rightarrow 3.6 \times 10^{-6} / \text{a}$

Severe weather risk assessment

Major risk contributors & improvements:

- Sea vegetation and frazil ice causing blockage of the circulating (VA) and service water systems
 - Changes in the procedures:
 - Preventive maintenance of VA-cleaning equipment (chain basket filters etc.) has to be done during January - March
 - When the chain basket filters are taken into continuous operation and one cleaning line is unavailable one circulating water pump has to be stopped and power has to be decreased by 130 MW
 - 1999, $1.8 \times 10^{-5} /a \Rightarrow 1.1 \times 10^{-5} /a$

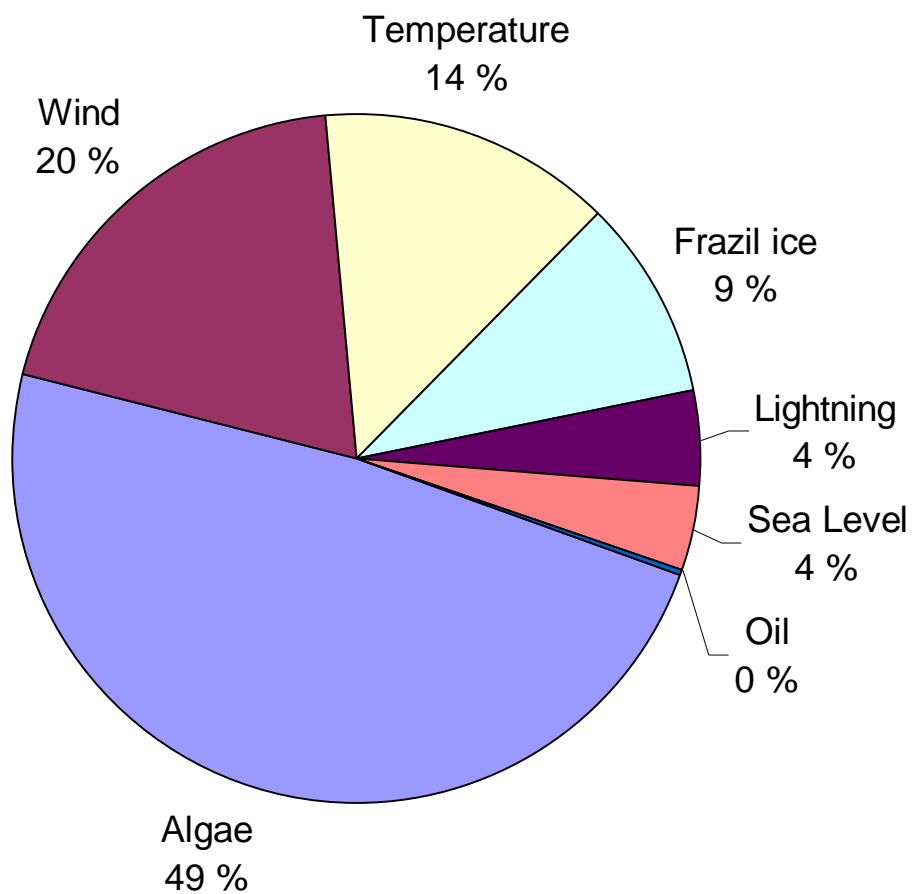
RISK DISTRIBUTION AT POWER



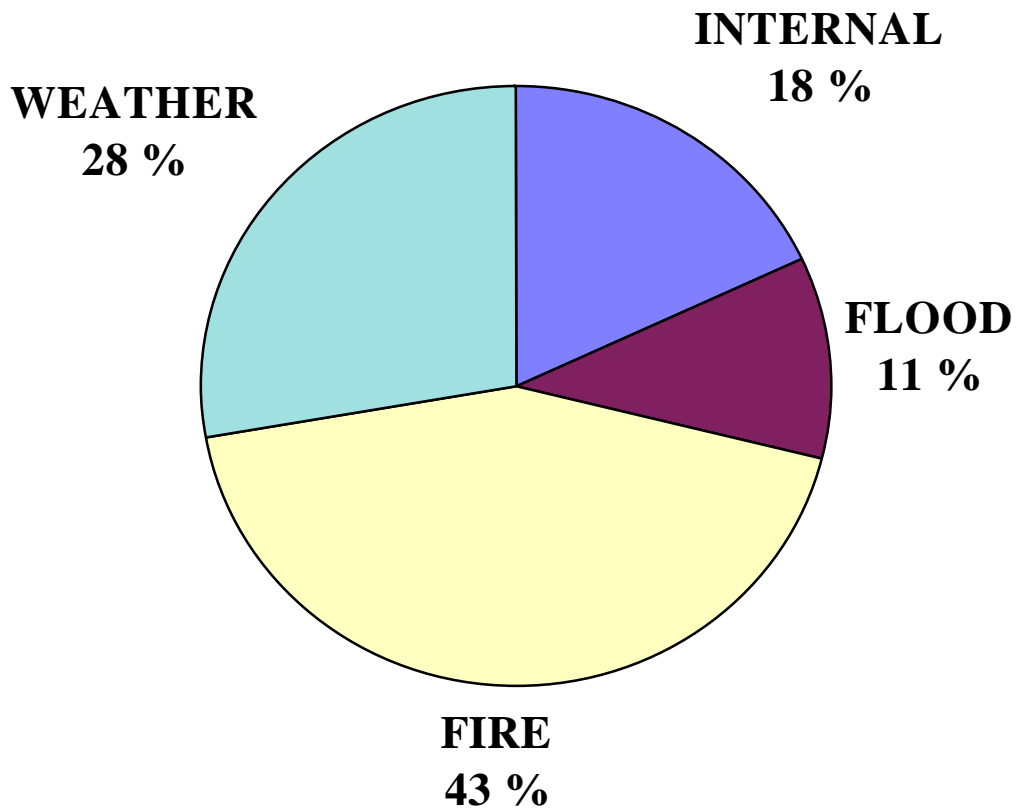
Loviisa 1

Weather Risk Analysis

Core Damage Frequency $2.2E-5/a$



RISK DISTRIBUTION AT POWER
Core Damage Frequency 8.5E-5/yr



FÖREDRAG / PRESENTATION

23

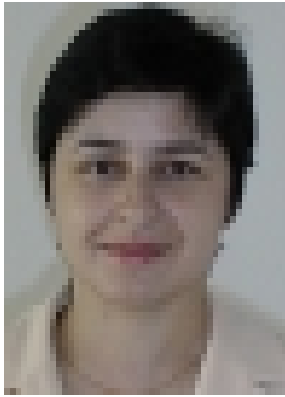
Status - ICDE projektet

Föredragshållare: Gunnar Johansson ES-Konsult och Ralph Nyman SKI

- 1) Vilka insikter har det s.k. ICDE projektet givit oss ?*
- 2) Etablering av en svensk / finsk CCF arbetsgrupp.*

Internationell databas kartlägger vanliga fel

Beroendefel utvärderade



Av Marina Concepcion

Artikelförfattaren är databasansvarig inom ICDE-projektet och verksam vid ES-konsult



Av Ralph Nyman

Artikelförfattaren är verksam inom enheten för anläggnings säkerhet vid Statens kärnkraftinspektion

Beroendefel med gemensam orsak i redundanta komponenter, s.k. Common Cause Failures (CCF) kan på ett negativt sätt påverka tillgängligheten på säkerhetssystem i kärnkraftverk. Denna typ av fel har inträffat och kommer fortsättningsvis att inträffa ifall inte effektiva försvarsåtgärder mot dem är initierade.

Data kring beroendefelshändelser insamlas och analyseras i många länder. I ICDE-projektet (International Common Cause Failure Data Exchange) har man för första gången lyckats att etablera ett internationellt CCF-projekt, i vilket man utarbetat gemensamma klassnings- och kodningsprinciper, och sammanställer beroendefelsdata från olika länder.

Beroendefelsdata som samlats in i ICDE-projektet utvärderas både kvantitativt och kvalitativt på säkerhetsviktiga komponenter i kärnkraftverk i ett långsiktigt perspektiv.

I dagsläget är ICDE ett tvåårigt internationellt projekt som bedrivs inom ramen för OECD/NEA-verksamheten. Resultaten (antalet CCF-händelser) som redan nu uppnåtts i projektet överträffar alla de förväntningar man hade när ICDE initierades.

Pådrivande

Sverige representeras i projektet av SKI. Den inhemska arbetsgruppen består av representanter från de svenska tillståndsinnehavarna. I SKIs säkerhetsarbete ingår att vara pådrivande och ta initiativ i frågor som har stor betydelse för säkerheten. Beroendefelsdata har alltid varit mer eller mindre dominerande faktorer i de svenska probabilistiska säkerhetsanalyserna (PSA).

SKI och den amerikanska kärnkraftsmyndigheten NRC initierade 1996 de första aktiviteterna för att få till stånd och kunna bedriva ett internationellt projekt vars syfte var att samla in och analysera så heltäckande CCF-data som möjligt på

viktigare säkerhetskomponenter i kärnkraftverk.

CCF-data har systematiskt insamlats och analyserats i Tyskland, Frankrike, Sverige, USA, Finland och Schweiz (ref. 4).

Ett stort problem med att använda ett visst lands nationella CCF-data i andra länder är att insamlings- och bedömningskriterierna ej är jämförbara länderna emellan. Ett annat stort problem är att de s.k. rotfelsanalyserna och händelsebeskrivningarna i CCF-händelserapporterna är skrivna på ett annat språk och sätten att uttrycka sig varierar. För att råda bot mot detta har bl.a. klassnings- och dataformatregler etablerats som alla deltagarna enats om.

Händelser och Beroendefel

CCF-fel ingår i det större begreppet – beroendefel, vilket är ett fel som samtidigt slår ut flera system eller systemstråk. Beroenden kan vara dels direkta kopplingar mellan system och komponenter, dels fel med gemensam orsak i redundanta komponenter (CCF) inom ett visst tidsfönster, som kan omöjliggöra att en säkerhetsfunktion utförs.

Beroendefel ingår ofta i de dominerande härskadesequenserna. Det är därför viktigt att de blir föremål för en noggrann analys. Följande slag av beroenden finns:

- CCI – Common Cause Initiators
- Funktionella beroenden
- Beroenden till följd av mänskligt felhandlande
- CCF – Beroenden mellan komponenter

Inom ICDE-projektet koncentrerar man sig på insamling av enbart CCF data (ref. 3). Både verkliga och potentiella CCF-händelser identifieras i projektet. För att kunna klassa och identifiera verkliga och potentiella CCF-händelser har begreppet ”ICDE-händelser” introducerats inom projektet. Dessa definieras på följande sätt: *Fullständigt fel eller en degradation av två eller flera komponenter inom en CCCG – Common Cause Component Group (se ICDE Coding Guidelines) som*

omöjliggör att en avsedd funktion kan utföras eller som inträffar inom ett givet tidsfönster (t.ex. inom två testintervall) och är ett direkt resultat av en delad orsak.

För att beskriva vad ett beroendefel, CCF, egentligen är för något krävs att både text och bild används. I följande tre illustrationer skall begreppet CCF grafiskt förklaras på ett mera lättfattligt sätt.

Projektets mål och omfattning

De främsta målen med ICDE-verksamheten är:

- att etablera en ram för ett multinationellt samarbete;
- att upprätta en internationell arbetsgrupp som långsiktigt samlar in och analyserar CCF-händelser;
- att identifiera de verkliga CCF som inträffat i världen och kunna tillgodogöra sig denna information i säkerhetsarbetet;
- att utveckla kvalitativa insikter om bakomliggande orsaker till CCF som i sin tur kan användas för att skapa försvarsåtgärder och att förhindra att dessa händelser inträffar eller mildra konsekvenserna;



- att etablera effektiv och långsiktig erfarenhetsåterföring av CCF-fenomen (ref. 4 och 6).

Eftersom CCF data används och modelleras i alla världens PSA-studier är det också viktigt att kunna samla in så realistiska data som möjligt och att kunna minska inverkan från bl.a. dataosäkerheterna. Informationen och resultaten från projektet skall därför tjäna som grund för så realistiska CCF-parametervärden som möjligt i PSA. Resultaten skall även tjäna som grund för att optimera försvarsåtgärderna mot beroendefel, t.ex. via designändringar eller ändringar i test och underhållsförfaranden.

Datainsamling sker komponentvis och CCF-data på följande nyckelkomponenter i de primära säkerhetssystemen planeras att ingå i ICDE-insamlingen:

- centrifugalpumpar
- dieselgeneratorer
- motormanövrerade ventiler
- avblåsningsventiler
- säkerhets- och regleringsventiler
- backventiler
- brytare i reaktorskyddssystem
- batterier
- transmittar

Med hjälp av resultaten i tabell 1 och 2 kan de viktiga försvarsåtgärderna mot de kända beroendefelen tas i beaktande vid planering av tester, underhåll, kontroll av instruktioner o.s.v.

I dagsläget har data insamlats på centrifugalpumpar och dieselgeneratorer. Insamlingen av data på motormanövrerade ventiler pågår (se vidare under "Kvalitativa och kvantitativa resultat").

Figur 1. (t.v.) Hängslen, ett redundant säkerhetssystem för att hålla byxan på rätt plats för optimal (s)kylning.

Figur 2. (t.h.) Vad tiden lider kommer med all säkerhet antingen en eller några av knapparna som håller fast hängslena vid livet i byxan att ge vika, ifall inte tråden ses över med jämna mellanrum. Brister underhållet kommer säkerhetssystemet/-n att fela p.g.a. någon gemensam orsak (t.ex. p.g.a. åldring) och konsekvensen kan bli utebliven (s)kylning.

Projektets organisation

För att kunna bedriva projektet på ett effektivt sätt har de deltagande länderna etablerat en internationell ICDE-arbetsgrupp, i vilken ingår de nationella koordinatörerna från respektive lands kärnkraftsmyndigheter. Dessa bär ansvaret för insamling av nationella data och för att samarbetet inom projektaktiviteterna utförs i de egna länderna.

För att kunna koordinera det internationella samarbetet, har den internationella arbetsgruppen etablerat något som kallas för en Clearing House-funktion (CH). I CH utförs bl.a. följande arbeten:

- Utveckla system för kodning och format av ICDE-händelser
- Utveckla ICDE-databaser baserade på ICDE-kodningssystemet
- Bedriva datainsamling
- Analysera både kvalitativt och kvantitativt insamlad data
- Bedriva utbyte av data bland medlemsländerna
- Underhålla projektets hemsida på Internet med all färsk projektdokumentation.



| | Rapporterade händelser för CP och DG | Redundansgrad | | | | |
|----|--------------------------------------|---------------|-----|-----|-------|--------|
| | | 2 | 3 | 4 | Annat | Totalt |
| CP | ICDE-händelser | 40 | 29 | 41 | 15 | 125 |
| | Varav fullständiga CCF | 13 | 3 | 2 | - | 18 |
| | CCCG-grupper | 396 | 163 | 171 | 63 | 793 |
| DG | ICDE-händelser | 57 | 23 | 23 | 3 | 106 |
| | Varav fullständiga CCF | 13 | 2 | 2 | - | 17 |
| | CCCG-grupper | 107 | 24 | 49 | 7 | 187 |

Tabell 1: Den samlade internationella erfarenheten på CCF data för centrifugalpumpar och dieselgeneratorer.

| CP Felmekanismer | DG Felmekanismer |
|---|-----------------------------------|
| Problem på CPs sugsida | Främmande föremål på DG sugsida |
| Impellerproblem | I&C + kontroll utr. , regulatorer |
| Mekaniskt slitage (annat än impeller) | Läckage |
| Smörjningsproblem | Utmatningssprickor |
| Ventilproblem | Reläproblem |
| Läckage | Mekaniskt slitage |
| Spray och översvämning | Ventilproblem |
| Andra mekaniska problem | Annat |
| Brytarproblem | |
| Kontroll-, och el- eller elgenereringsproblem | |

Tabell 2: En sammanställning av de mest frekventa felmekanismerna på centrifugalpumpar och dieselgeneratorer.

De deltagande länderna har under en längre initieringsfas diskuterat villkoren för insamling, klassning, kontroll och spridning av CCF-data inom arbetsgruppen. De länder som accepterat att delta och följa det upplägg för samverkan som OECD/NEA tagit fram skall med full öppenhet arbeta inom projektet. Projektet bygger på fullständig konfidens och respekt för andra länders framtagna data. Detta reflekteras i avtalet undertecknat av de deltagande länderna (ref. 6)

Regeln är enkel – de som deltar och ger sitt lands CCF-data till ICDE-projektet får också ta del av den samlade och kvalitetsgranskade informationen, för den komponenttyp man bidragit med data till.

Återkoppling

Ett exempel förtydligar fördelen med att medverka i ICDE projektet: de data som Sverige kan leverera t.ex. på komponenttypen centrifugalpumpar till projektet motsvarar ca 5-10% av all CCF-data i projektet – när analysen är klar får vi tillgång till de kvalitetsgranskade resterande 90-95% data.

SKI har bekostat hela CH-funktionen via forskningsanslag fram till 1 april 1998.

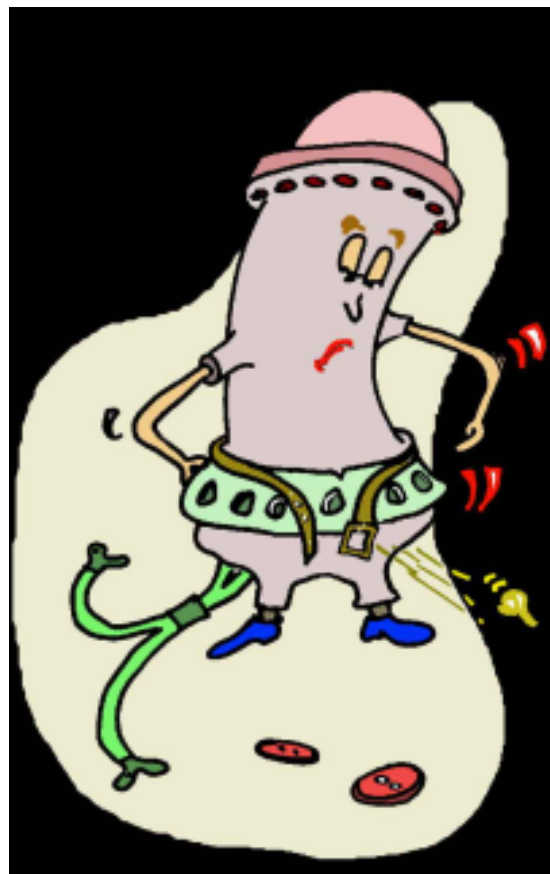
Därefter bedrivs ICDE som ett internationellt projekt inom ramen för OECD/NEAs verksamhet. I dagsläget deltar följande länder aktivt i projektet – Sverige, Finland, Tyskland, Frankrike, Schweiz, USA, Canada, England och Spanien. Länder som knackar på dörren och vill delta och dela med sig av sina drifterfarenheter är Japan, Korea samt oljeindustrin i Norge och England.

ICDE kodningsformat och databaser

I varje land finns händelser insamlade i nationella databaser, t.ex. rapportervärda omständigheter (RO) eller Licensee Event

Figur 3. (t.h.) Säkerhetssystemen är i detta fallet diversifierade (både hängslen och livrem). Det illustrerar säkerhetslösningar med diversifierad design av säkerhetssystem som är mindre känslig för CCF.

Illustrationer: © Ralph Nyman



Organisationer

OECD/NEA: Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency. Organisationen har sitt säte i Paris.

HSK: Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (Schweiziska tillsynsmyndigheten)

NRC: Nuclear Regulatory Commission (USAs tillsynsmyndighet)

IPSN: Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (Franska tillsynsmyndigheten)

Förkortningar/termer

Replika: Kopia av tom masterdatabas som upprättats för varje unik komponenttyp inom ICDE. Deltagarländerna fyller denna kopia med sitt lands beroendefelsdata.

Diversifiering: Systemlösningar som utförts med olika designegenskaper. System, komponent X, enligt konstruktion 1. System, komponent Y, enligt konstruktion 2.

Redundans: Mångfaldigade systemlösningar, t.ex. två eller flera säkerhetsstråk med likadana konstruktionslösningar.

CCCG: Common Cause Component Group. En grupp av likvärdiga komponenter, t.ex. tillhörande komponenttypen dieselgeneratorer eller centrifugalpumpar. I en CCCG finns komponenter grupperade som tillhör en viss storlek av komponenter, har samma driftsätt, o.s.v.

CCF-parameter: Ett numeriskt värde som anger sannolikheten för fel i olika starka redundansgrader. T.ex. sannolikheten att tre pumpar av fyra möjliga är utslagna p.g.a. en gemensam orsak. (se tabell 1 och 2 i artikeln)

PSA: Probabilistisk säkerhetsanalys

IRS: Incident Reporting System. Ett informations-system som bedrivs av IAEA i Wien. Till systemet rapporterar medlemsländerna utvalda och intressanta händelser. Ett av syftena med IRS är att informera och diskutera drifterfarenheter.

”...I rapporten redovisas både kvalitativa och kvantitativa resultat. Varje medlemsland använder i sin tur de insamlade CCF-händelserna för att skapa de unika CCF-parametrarna som behövs i de nationella PSA-studierna...”

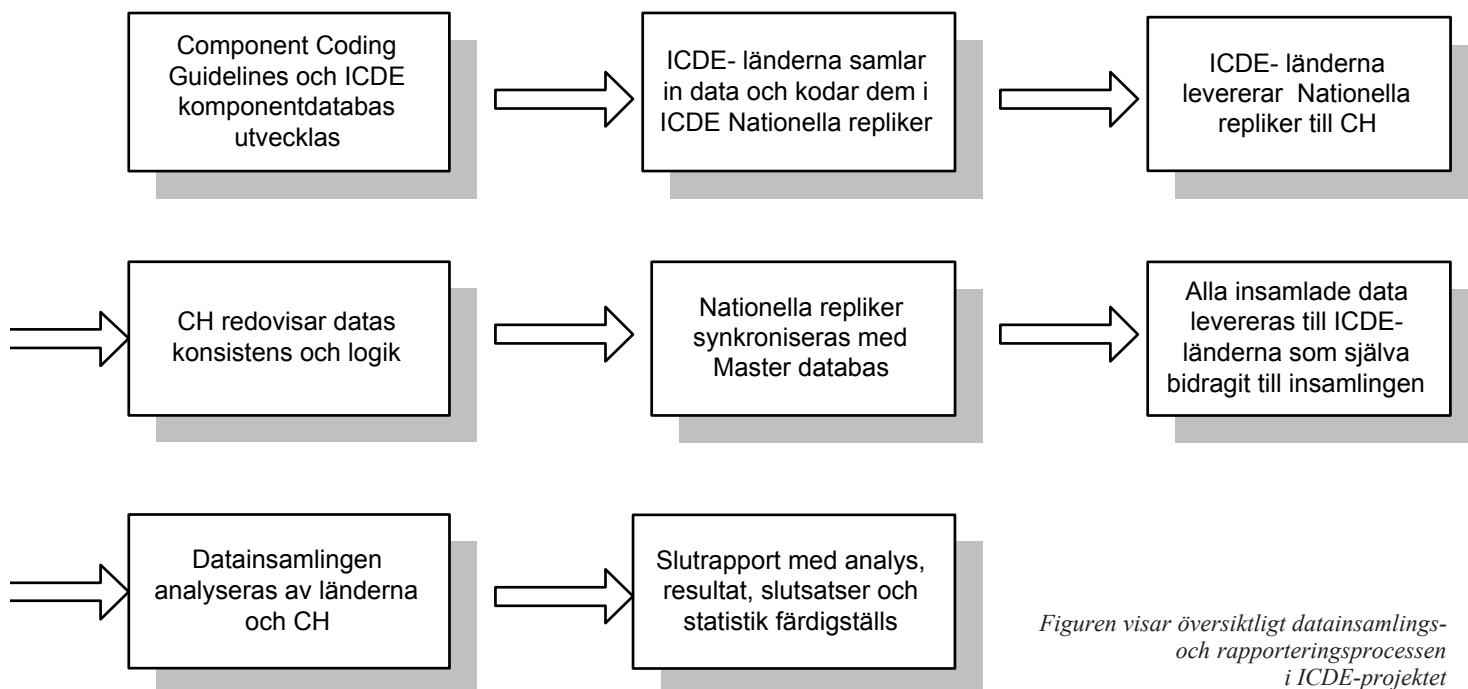
Reports (LER) eller annan likvärdig information. För att kunna föra samman olika rapporteringsprinciper, metoder och samla in data har CH tillsammans med den internationella arbetsgruppen skapat nya insamlingsprinciper, klassningsregler och format s.k. Coding Guidelines (ref. 3). Dessa baserar sig på de samlade nationella och internationella erfarenheterna (ref. 2).

De datainsamlings-, klassnings-, kodnings- och kontrollrutiner som etablerats inom projektet har anammats som rutin för bedömning av CCF-data av bl.a. den Schweiziska myndigheten HSK (*innan ICDE fanns ingen vedertagen rutin i landet*). Detsamma gäller för IPSN i Frankrike. De länder som deltar i arbetet måste följa de internationella och nationella reglerna som nu finns etablerade i ICDE.

Kodningsformatet är delvis baserat på IRS-kodningen (Incident Reporting System). Som grund för komponenttyper och avgränsningar har den svenska T-boken använts.

Exempel; följande ICDE-klassningskoder används i projektet:

- Testintervall
- Testsätt
- Felmod
- Gemensam orsak
- Korrektiva åtgärder



Figuren visar översiktligt datainsamlings- och rapporteringsprocessen i ICDE-projektet

- Upptäcktsätt
- Degradationsgrad (vektor)
- Tidfaktor (vektor)
- Latent tid

Masterdatabas

Clearing House utvecklar speciellt designade CCF-databaser för varje enskild komponenttyp som skall analyseras. Databaserna baserar sig på de generella formaten och de klassnings- och kodnings-systemen som skapas för varje komponenttyp.

Varje medlemslands egna beroendefeldsdata på utvalda säkerhetskomponenter lagras i nationella repliker (tom kopia av masterdatabasen), som så småningom förs över till en gemensam och omfattande masterdatabas hos CH-funktionen belägen i Stockholm.

Arbetsprocessen som bedrivs komponentvis kan illustreras med diagrammet överst på denna sida.

Projektets kvalitativa och kvantitativa resultat

För närvarande har data på centrifugalpumpar insamlats och erfarenheter utbytt mellan medlemsländerna. Följande länder deltog i denna datainsamling: Finland, Frankrike, Sverige, Schweiz, Tyskland och USA.

Dieseldatainsamlingen och utbytet är i det närmaste klart. Data insamlas nu på motormanövrerade ventiler.

Den första OECD/NEA-rapporten [NEA/CSNI/R(99)2] (ref. 1) om resultat på CCF/ICDE-händelser för centrifugalpumpar är i praktiken klar. Data för tidsperioden 1990-1995 har varit minimikravet och utgångsläget i samtliga länder.

I rapporten redovisas både kvalitativa och kvantitativa resultat. Varje medlemsland använder i sin tur de insamlade CCF-händelserna för att skapa de unika CCF-parametrarna som behövs i de nationella PSA-studierna. Detta innebär att ICDE-projektet inte har till uppgift att producera dessa värden. Ny arbetsgrupp skall skapas som har till uppgift att ta fram de nationella parametervärdena.

I tabell 1 och 2 på sid 27 visas insamlad och klassad data för centrifugalpumpar (CP) och dieselgeneratorer (DG).

Bra exempel

Projektet kan tjäna som ett mycket bra exempel på hur ett internationellt samarbetsprojekt kan planeras, initieras och bedrivs. OECD/NEA har därför planer på att bedriva andra av sina projekt på liknande sätt som ICDE-arbetet genomförs på idag.

Ralph Nyman

Referenser:

1. ICDE Project report on collection and analysis of common cause failures on centrifugal pumps. W. Werner, G. Johanson, NEA/CSNI/R (99)2. 1999-02-15.
2. Guidelines on modelling common cause failures in probabilistic risk assessment, NUREG/CR-5485, INEEL/EXT-97-01327, A. Mosleh/Univ. of MD, D. M. Rasmuson/NRC, F. M. Marshall/INEEL
3. ICDE Coding Guidelines, W. Werner, G. Johanson, NEA/SEN/SIN/WG1 (98)3
4. Plan for International Common Cause failure data Exchange Project (ICDE). Presentation at the PSAM III, June 1996. W. Werner, G. Johanson
5. Recent development of the ICDE project. Presentation at the PSAM IV, 13-18 September 1998. L. Carlsson, W. Werner, G. Johanson
6. Terms and conditions for project operation. OECD/NEA, 1998-09-11

ICDE

International Common Cause Data Exchange

Målet med ICDE verksamheten är

- ◆ att etablera en ram för ett multinationellt samarbete;
- ◆ att upprätta en internationell arbetsgrupp som långsiktigt samlar in och analyserar CCF händelser;

ICDE

International Common Cause Data Exchange

Mål (forts.)

- ◆ att identifiera de verkliga CCF som inträffat i världen och kunna tillgodogöra sig denna information i säkerhetsarbetet;
- ◆ att utveckla kvalitativa insikter om bakomliggande orsaker till CCF
 - som i sin tur kan användas för att
 - skapa försvarsåtgärder och förhindra att dessa händelser inträffar
 - eller
 - mildra konsekvenserna

ICDE

International Common Cause Data Exchange

- ◆ Startat på initiativ av SKI 1995
- ◆ Sedan april 1998 bedrivs ICDE som ett internationellt projekt inom ramen för OECD/NEAs verksamhet.
- ◆ Nio länder deltar aktivt i projektet
 - Sverige, Finland, Tyskland, Frankrike, Schweiz, USA, England, Spanien, Canada.
 - Länder som knackar på dörren, Japan, Korea och oljeindustrin i Norge.



Ralph Nyman/Gunnar Johanson
Page 3

ICDE

Datainsamling

- ◆ Datainsamling sker komponentvis
- ◆ Komponenter i de primära säkerhetssystemen:
 - centrifugalpumpar 1998
 - dieselgeneratorer 1999
 - motormanövrerade ventiler 1999
 - avblåsningsventiler, säkerhets- och regleringsventiler 2000
 - backventiler 2000
 - batterier 2001

 - brytare i reaktorskyddssystem 2001?
 - Transmittar 2001?



Ralph Nyman/Gunnar Johanson
Page 4

ICDE

ICDE event definition

- ◆ Complete as well as potential CCF events are collected.
- ◆ To include all events of interest, an "ICDE event" is defined
 - ❖ Common Cause Event: A dependent failure in which two or more component fault states exist simultaneously, or within a short time interval, and are a direct result of a shared cause.
 - ❖ ICDE Event: Impairment¹⁾ of two or more components (with respect to performing a specific function) that exists over a relevant time interval²⁾ and is the direct result of a shared cause.
 - 1) Possible attributes of impairment are:
 - complete failure of the component to perform its function
 - degraded ability of the component to perform its function
 - incipient failure of the componentdefault: component is working according to specification
 - 2) Relevant time interval: two pertinent inspection periods (for the particular impairment) or, if unknown, a scheduled outage period.

Ralph Nyman/Gunnar Johanson
Page 5

ICDE Records for all components collected in the databases

| Component | CCCG records | CCF records | Complete CCF ¹⁾ |
|-----------------------|--------------|-------------|----------------------------|
| Centrifugal pumps | 793 | 125 | 19 |
| Diesel generators | 232 | 115 | 17 |
| Motor-operated valves | 766 | 87 | 5 |
| Safety/Relief valves | (~441) | (~81) | (11) |
| Check valves | (0) | (0) | |
| Batteries | (~100) | (~5) | (0) |
| | | | |
| Total | 1791 | 327 | |

1) All components of CCCGs completely failed



Ralph Nyman/Gunnar Johanson
Page 6

ICDE Dataanalys



- ◆ Kvalitativt Analys (ICDE)
 - Centrifugalpumpar 1999
 - Dieselgeneratorer 1999
 - Motormanövrerade ventiler April 2000
 - Avblåsningsventiler, säkerhets- och regleringsventiler Oktober 2000

Ralph Nyman/Gunnar Johanson
Page 7

ICDE Dataanalys för Centrifugal pumpar(CP) och Dieslar (DG)

| | Rapporterade händelser för CP och DG | Redundansgrad | | | | Totalt |
|-----------|---|---------------|-----|-----|-------|------------|
| | | 2 | 3 | 4 | Annat | |
| CP | ICDE händelser | 40 | 29 | 41 | 15 | 125 |
| | Varav fullständiga CCF | 13 | 3 | 2 | - | 18 |
| | CCCG grupper | 396 | 163 | 171 | 63 | 793 |
| DG | ICDE händelser | 57 | 23 | 23 | 3 | 106 |
| | Varav fullständiga CCF | 13 | 2 | 2 | - | 17 |
| | CCCG grupper | 107 | 24 | 49 | 7 | 187 |

Ralph Nyman/Gunnar Johanson
Page 8

ICDE

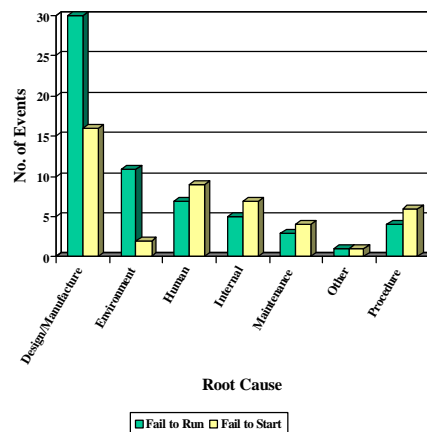
Kvalitativ Dataanalys

| CP Felmekanismer | DG Felmekanismer |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Problem på CPs sugsida | Främmande föremål på DG sugsida |
| Impeller problem | I&C + kontroll utr. , regulatorer |
| Mekaniskt slitage (annat än impeller) | Läckage |
| Smörjnings problem | Utmattnings sprickor |
| Ventil problem | Relä problem |
| Läckage | Mekaniskt slitage |
| Spray och översvämning | Ventil problem |
| Andra mekaniska problem | Annat |
| Brytare problem | |
| Kontroll, el eller elgeringsproblem | |

Ralph Nyman/Gunnar Johanson
Page 9

ICDE

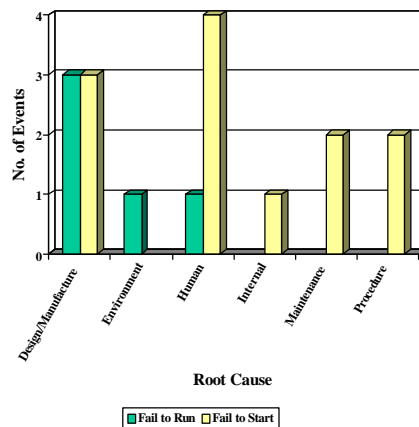
Root cause distribution for all DG CCF events.



Ralph Nyman/Gunnar Johanson
Page 10

ICDE

Root cause distribution for *complete* DG CCF events.

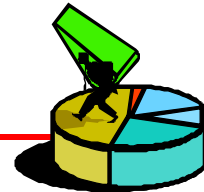


Ralph Nyman/Gunnar Johanson
Page 11

ICDE

Resultat

- ◆ ICDE projektet har
 - Etablerat ett internationellt utbyte
 - Skapat gemensamma datainsamlings-, klassnings-, kodnings- och kontrollrutiner
 - Tio - faldigat datamängden (Svenska data ca 10%).



Ralph Nyman/Gunnar Johanson
Page 12

ICDE

Framåtblick

- Nytt två-årskontrakt för ICDE
 - Fler komponenter (Brytare, transmittar)
- Studera ”Human Factors” (förslag)
- Skandinavisk C-bok (förslag)
- Utöka erfarenhetsdata för brand genom ”InternationalFire data exchange” (förslag)

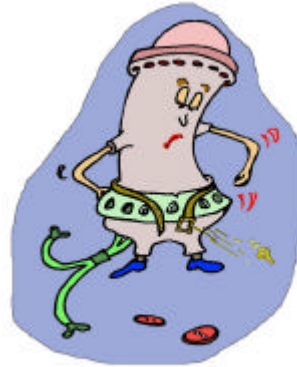


Illustration: Ralph Nyman, -99

PSA SEMINARIUM TAMMSVIK 10-11 Februari, 2000



Ralph Nyman, 1999

STATUS ICDE PROJEKTET

- * INT. ICDE PROJEKTET
- * NY NORDISK CCF-ARBETSGRUPP

INT. ICDE PROJEKTET

- * Ett nytt två års kontrakt skall diskuteras

NY CCF-ARBETSGRUPP FÖRBEREDELSE IDAG

- * SKI förfrågan har besvarats positivt av alla
- * Ett konstituerande möte sammakallas till sommaren
- * Projektstart Sept/Okt

SKi

PSA SEMINARIUM TAMMSVIK 10-11 Februari, 2000



Ralph Nyman, 1999

STATUS ICDE PROJEKTET NY NORDISK CCF ARBETSGRUPP

BAKGRUND

- * Det är viktigt att beroendefelsdata i nsamlas, sammanställs, tolkas och vårdas
- * ICDE proj. har visat att många CCF kan identifieras med systematiska arbetsmetoder och bred samverkan
- * ICDE resultaten används för att göra anpassningar till Nordiska förhållanden och Nordiska CCF parametervärden

**PSA SEMINARIUM
TAMMSVIK 10-11 Februari, 2000**



**STATUS ICDE PROJEKTET
NY NORDISK CCF ARBETSGRUPP**

Ralph Nyman, 1999

MÅL

Skapa en Nordisk C-Bok

- Kvalitativa insikter från erfarenhetsdata
 - * Identifiera felmekanismer
 - * Identifiera effektiva skydd mot CCF

- Kvantitativa insikter
 - * CCF-parametervärden för olika redundansgrader
 - * Osäkerheter i CCF-data reduceras till ett minimum

PSA SEMINARIUM TAMMSVIK 10-11 Februari, 2000



STATUS ICDE PROJEKTET NY NORDISK CCF ARBETSGRUPP

Ralph Nyman, 1999

REFERENSER

SKIs NUCLEUS Tidskrift # 2/99, sid 25-29

Inom ICDE projektet har ett stort antal rapporter, arbetsmaterial, guider, etc producerats. Kontakta någon i den svenska arbetsgruppen.

ICDE projektet samlar all sin dokumentation på egen hemsida på nätet. (Användarnamn och password måste anges).

SKIs kontaktperson är Ralph Nyman
(email = ralph@ski.se)

Kontaktperson på ES-Konsults är Gunnar Johansson
(email = gunnar@eskonsult.se)

FÖREDRAG / PRESENTATION

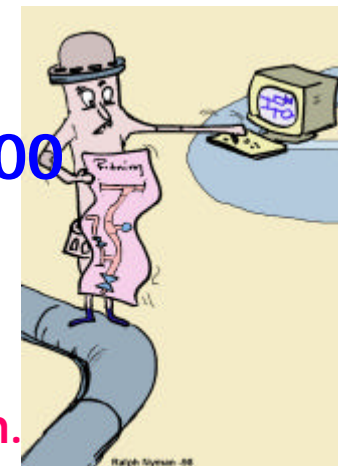
24

*SLAP projektet - SKI / EPRI samverkan, kontinuerlig
uppdatering av SLAP databasen.*

Föredragshållare: Ralph Nyman SKI.

PSA SEMINARIUM, TAMMSVIK 10-11 Februari, 2000

STATUS SKIs SLAP Projekt - Insamling av drifterfarenheter på s.k. passiva komponenter och värdering/gruppering av de inträffade felen i passiva komponenter i primär- och sekundärsystem.



Status:

- * SLAP projektet har avslutats under 1999
- * SLAP metodiken testats i det sk B-LAP under 1999. (Se SKI Rapport 98:30).
- * SLAP databasen innehåller idag ca 3200 händelser
- * SKI och EPRI diskuterar ett avtal innebärande att EPRI i fortsättningen uppdaterar och driver bl.a. SLAP db i sin regi.

Sakfråga:

- * "Från nationellt till internationellt ansvar" att uppdatera och utveckla databaser som gagnar säkerhetsarbetet. Detta enligt intensionerna i SKIFS 1998:1 2 kap. 3§ pkt 6,7,8.

PSA SEMINARIUM, TAMMSVIK 10-11 Februari, 2000

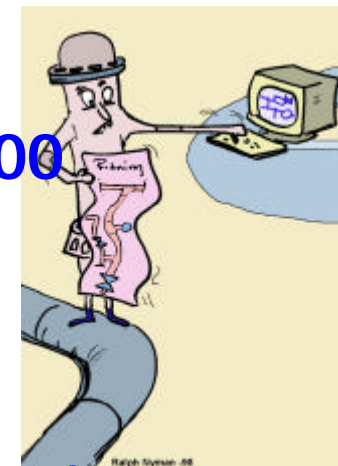
STATUS SLAP Projektet

Bedömningar, slutsatser:

- * EPRI har visat ett stort intresse att få tillgång till SKIs SLAP databas.
- * EPRI's övertagande av SLAP databasen innebär att input bl.a. från owner's groups i USA kommer att lagras och utvärderas i EPRI/SLAP db till gagn för EPRI's FoU uppdrag

Säkerhetspåverkan/-bedömning

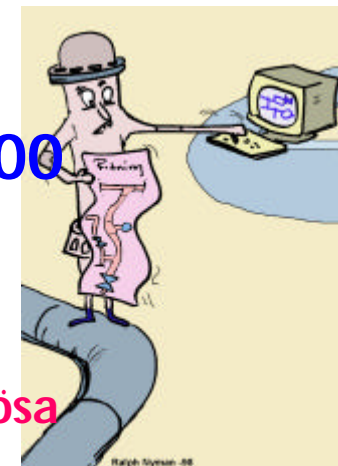
- * EPRI/SLAP kommer att underlätta det för andra att få tillgång till "bra" data framöver via EPRI tex för RBI analyserna
- * EPRI kommer att utveckla analysverktyg som skall appliceras till EPRI's databaser
- * De som har samverkansavtal med EPRI kan hämta information via nätet från EPRI's hemsida i framtiden. Detta bör gagna säkerhetsarbetet ifall egen data saknas.



PSA SEMINARIUM, TAMMSVIK 10-11 Februari, 2000

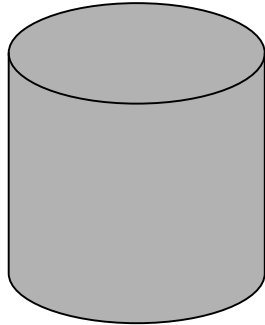
STATUS SLAP Projektet

Eventuella behov av ytterligare forskning, fortsatta åtgärder för att lösa sakfrågan, vidareutveckling av modeller, datainsamling, mm.:



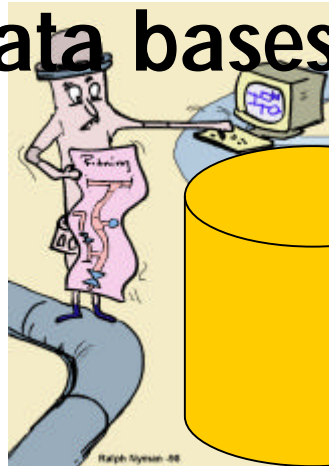
- * **Forskning bedrivs hos Kraftindustrin, SKI och SAQ idag**
- * **SKIFS 1998:1 förväntar sig nog att bakgrundsdata kan visas och spåras i analyser och bedömningar, enligt intensionerna i SKIFS 4 kap. 3§ (se allmänna råden)**
- * **EPRI's FoU insatser i framtiden**

SKI-failure data bases - passive components



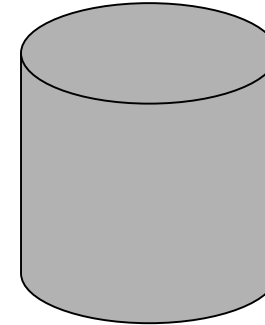
SKI-EPRI-CGI Base
Piping failures in
US NPP
1961-1997

4000 events
Non-leaking and
leaking failures
Type and cause of
failures
Reports
SKI 96:20
EPRI TR-110102



SKI-SLAP Base
Failures in
NPP World wide

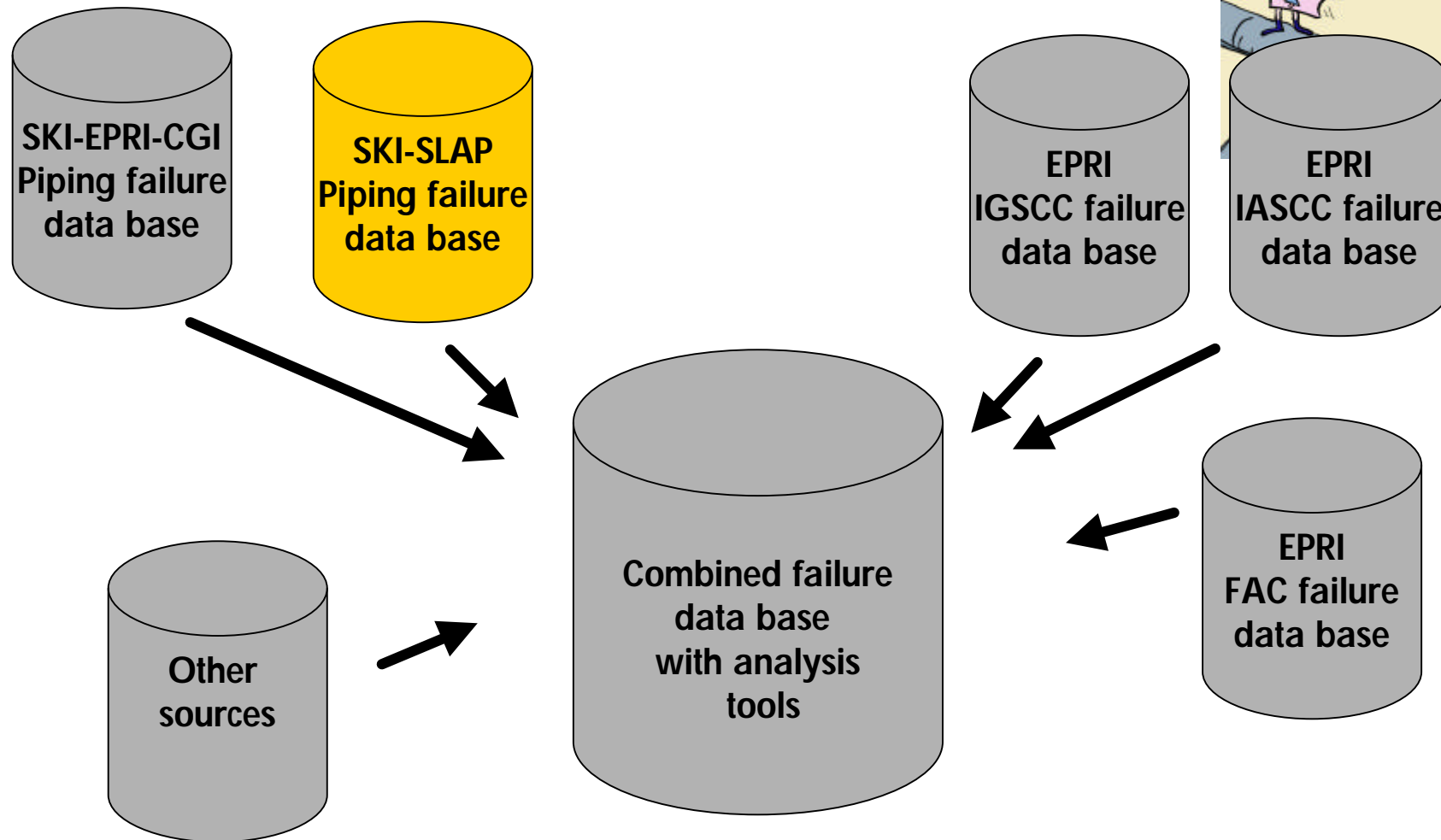
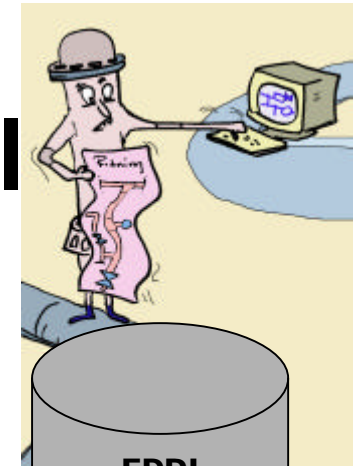
3200 events
Non-leaking and
leaking failures, most
piping systems
Type and cause of
failures
Reports
SKI 95:58, 95:59, 95:60
98:30



SKI-STRYK Base
Failures in NPP
components
(piping, RPV, reactor
internals)
Swedish NPP 1975-1998

900 defects/cracks
Non-leaking and leaking
failures
Type and cause of failures

EPRI proposal discussed with SKI



PSA SEMINARIUM, TAMMSVIK 10-11 Februari, 2000

REFERENSER

SKIs NUCLEUS Tidskrift # 1/99, sid 32-36

Reliability of Piping System Components. Volume 1: Piping Reliability - A Resource Document for PSA Applications, SKI Report 95:58, Swedish Nuclear Power Inspectorate, Stockholm (Sweden).

Reliability of Piping System Components. Volume 2: PSA LOCA Database - Review of Methods for LOCA Evaluation Since the WASH-1400, SKI Report 95:59, Swedish Nuclear Power Inspectorate, Stockholm (Sweden).

Reliability of Piping System Components. Volume 3: Piping Reliability - A Bibliography, SKI Report 95:60, Swedish Nuclear Power Inspectorate, Stockholm (Sweden).

Reliability of Piping System Components. Volume 4: The Pipe Failure Event Database, SKI Report 95:61, Stockholm (Sweden). Swedish Nuclear Power Inspectorate, 1995.

PSA SEMINARIUM, TAMMSVIK 10-11 Februari, 2000

Ny information om SLAP projektet

På seminariet informerades ni om ett planerat samarbete mellan SKI och EPRI, vad avser fortsatt uppdatering och datainsamling till bl.a. SLAP databasen.

Idagsläget tyder allt på att samarbetet med EPRI inte blir av. EPRI har prioriterat om i sitt forskningsprogram vilket betyder att den datavård vi tidigare diskuterats ej blir av.

Detta innebär att SKI kommer nu att vända sig till OECD/NEA för att få till stånd en internationell samverkan via någon PWG grupp.

SKI kommer att informera de närmast berörda och intresserade när vi är känner till mera fakta att delge er.

– Mvh - Ralph