

SKI Rapport 97:25

Projekt Yttre Händelser – Slutrapport

Anders Angner

November 1997

ISSN 1104-1374
ISRN SKI-R-97/25-SE

Volym: 5

Rapport titel: Projekt Yttre Händelser - Slutrapport

Författare: Anders Angner

Rapport beteckning: SKI Rapport 97:25

Sidor: 42

Version:

Datum: 1997-11-01

PDF Fil(er)

<u>PDF Filnamn</u>	<u>PDF Fildatum</u>	<u>PDF Filstorlek</u>
SKI9725.PDF	1997-12-16	216 kB

Sökväg till PDF Filer

D:\VOL05

Orginal Fil(er)

<u>Namn</u>	<u>Datum</u>	<u>Sökväg till Orginal Filer</u>
ski9725.doc	1997-12-05	D:\ORIGINAL\VOL05\Slutrapport

SKI Rapport 97:25

Projekt Yttre Händelser - Slutrapport

Anders Angner

ES Konsult AB

November 1997

SKI Best. nr 96148

Innehållsförteckning

1 SAMMANFATTNING	1
2 PROJEKTBEKRIVNING	3
2.1 Bakgrund och Målsättning	3
2.2 Arbetsformer	3
2.3 Finansiering	4
3 INLEDANDE HÄNDELSER - DEFINITIONER OCH FREKVENSER	5
3.1 Inledande Händelser Identifiering och gruppering - ES Rapport 05/95	5
3.2 "X-Boken" - SKI Rapport 97:37	6
3.3 Skattning av brandfrekvenser per anläggning och anläggningsdel - SKI Rapport 96-65	7
3.4 Skattning av utflödesfrekvenser per anläggning och system - SKI Rapport 97-36	8
3.5 Udda inledande Händelser - Pörn Consulting Rapport PCRep95-1	8
3.6 Gallringsmodeller - Sydkraft Konsult Rapport ES-9503m061	8
4 MODELLERING AV FÖRLOPP - BRAND	10
4.1 Inventering av befintliga metoder - RELCON Rapport 18/95	10
4.1.1 Brandanalys med hjälp av Risk Spectrum	10
4.1.2 FIVE-metoden	11
4.1.3 Surry 1 Fire Analysis - NUREG/CR - 4550	11
4.1.4 NUREG/CR - 2300 (PRA Procedures Guide)	11
4.2 Realistisk modellering av brandförlopp Händelsetråd - RELCON Rapport - 95133/002	12
4.3 Analys av manuella ingrepp vid en brand - RELCON Rapport - 95133/003	13
4.4 Brandfysikaliska beräkningar samt feldata för brandskyddssystem	15
4.4.1 Brandfysikaliska beräkningar	15
4.4.2 Släcksystem	16
5 MODELLERING AV FÖRLOPP - ÖVERSVÄMNING	18
5.1.1 Inventering av befintliga metoder - Vattenfall Energisystem Rapport GES 19/95	18
5.1.2 Komponentpåverkan efter Ångfrigörelse - Vattenfall Energisystem Rapport GES 22/97	20

6 KARTLÄGGNING AV SÄKERHETSFUNCTIONERS RUMSBEROENDEN	22
6.1 Inledning	22
6.2 Utveckling av generell komponentmodell, Logistica Consulting Rapport MK9524.	23
6.3 Definition och analys av typkomponenter, Logistica Consulting Rapport MK9624.	24
6.4 Utveckling av modelleringshandbok - Rapport Impera-K MK9743	25
7 RESULTATPRESENTATION OCH RESULTATTOLKNING	27
7.1 Inledning	27
7.2 Resultatpresentation och tolkning - Rapport Impera-K MK97	27
7.2.1 Användning av resultat	28
7.2.2 Minimikrav på resultatpresentation	30
7.2.3 Jämförbarhet	30
7.2.4 Värdering av förutsättningar	33
7.2.5 Slutsatser	34
8 PÅGÅENDE OCH PLANERADE ANALYSER	35
9 DOKUMENTATION	36
10 REFERENSER	37

1 Sammanfattning

En fullständig analys av en anläggningens risktopografi förutsätter en systematisk identifiering och värdering av ett stort antal olika typer inledande händelser.

Inom detta projekt har begreppet "yttre händelser" inledningsvis använts som ett samlingsnamn för alla typer av inledande händelser utanför "LOCA och transientsfären". Jordbävningsrisker analyseras ej då händelsetypen behandlas i ett separat projekt. Projektet har även avgränsats att gälla risker initierade under driftperioden.

Analys av yttre händelser är i många fall arbetskrävande samtidigt har genomförda analyser påvisat olikformighet vad avser antaganden och omfattning. Brister i metoder och dataunderlag har i många fall tvingat fram starkt konservativa antaganden vilket i sin tur leder till svårigheter att jämföra risker av olika natur.

Projekt Yttre Händelser, som finansieras av SKI och kraftbolag syftar till att utveckla verktyg för probabilistisk riskanalys av så kallade "yttre händelser". Projektet har pågått under perioden 1/7 1994 - 13/11 1997. Projektet omfattar ca sex månars arbete.

Detta dokument summerar kort samtliga delprojekt som genomförts inom projektets ramar. Projektet har i sin helhet dokumenterats i PDF format. PDF formatet ökar användbarheten och underlättar spridningen av informationen.

Direkta säkerhetsvärderingarna av yttre händelser utförs av kraftbolagen separat utanför projekt. Projektresultatet utgör ett stöd vid genomförande av dessa säkerhetsanalyser.

Presterade metoder baseras till största delen på egen utveckling. Flertalet av projekten har dock inledningsvis omfattat litteraturstudier av såväl svensk som internationell kunskap.

Även om alla typer av yttre händelser berörts har projektets resurser koncentrerats på händelsetyperna Brand inom anläggning, Intern översvämning och Ångfrigörelse utanför inneslutningen.

I den så kallade X-Boken redovisas definitioner och frekvenser för den inledande yttre händelsen. Data till grund för nya frekvenser för begynnande brand har samlats in från våra nordiska kärnkraftverk.

Flera delprojekt berör modellering av händelseförlopp och då främst brandens tänkbara utveckling från begynnande brand. Bl a har ett så kallat brandhändelseträdd utvecklats som möjliggör en mera realistisk skattning av brandrisken. Händelseträdet ger ett antal tänkbara "sluttillstånd" av brandförlopp samt en redovisning hur dessa kan uppstå logiskt och sekvensiellt.

Parallellt med utvecklingen av själva händelseträdet har projekt drivits i syfte att ta fram stöd för beräkningar av olika sekvensers sannolikhet. Underlag att beräkna olika släcksystems tillförlitlighet har tagits fram genom en litteraturstudie. Brandens utveckling har analyserats med hjälp av brand fysikaliska beräkningar. En metod för att värdera sannolikheten för lyckad manuell brandbekämpning har utvecklats.

Yttre händelser inträffar utanför den ordinarie processen, och påverkar direkt eller indirekt anläggningens säkerhetssystem. De medför också ofta att nya beroenden mellan komponenter skapas. En stor del av dessa s.k. rumsberoenden kommer att ligga i spän-

ningsmatning och signalvägar. Med *rumsberoende* avses det sätt på vilket en komponent direkt eller indirekt är beroende av utrustning i olika delar av anläggningen. En korrekt kartläggning och modellering av säkerhetskomponenters rumsberoenden är av största betydelse för relevansen i resultaten från analyser av yttre händelser.

Resultatet av delprojektet som berör rumsberoenden har i projektets slutfas dokumenterats i form av en handbok med titel ”Principer för komponentmodellering vid analys av rumshändelser”.

För närvarande pågår komplettering av flertalet svenska PSA med analyser av yttre händelser. Händelserna i sig skiljer sig en hel del från de inledande händelser som ingår i befintliga PSA, främst genom att till skillnad från t.ex. transienter påverka system och process utifrån. Analyserna i sig bedrivs också med andra förutsättningar än för inre händelser, ofta med starka förenklingar som kan vara både konservativa och icke-konservativa. Detta har medfört stora problem i PSA:ernas resultatolkning. Rumshändelser har i flera fall visat sig ge betydande riskbidrag, som dock på grund av förenklingar och skillnader i analysförutsättningar inte har kunnat vägas mot riskbidrag från inre händelser.

Ett av delprojektet har haft som syfte att underlätta tolkning och användning av resultat från analyser av yttre händelser, speciellt s.k. rumshändelser (främst brand och översvämning inom anläggningen). Delprojektet har dock breddats att gälla resultatpresentation och tolkning generellt dvs även analyser av inre händelser. Några av delprojektets viktigaste iakttagelser är:

- Man har i hittills genomförda PSA nästan genomgående arbetat med separata mål för olika PSA-delar (t.ex. inre \Leftrightarrow yttre händelser eller nivå 1 \Leftrightarrow nivå 2), vilket försvårar eller omöjliggör resultatjämförelse och begränsar antalet användningsområden. Ofta bedrivs delanalyserna dessutom som separata projekt, med otillräcklig samordning av gemensamma delar.
- Tidigare har man ofta hanterat osäkerheter genom att införa avsiktliga konservatism i analysen (för att riskmässigt ligga på den säkra sidan). Jämförbarhet förutsätter dock realism, vilket innebär att osäkerheter måste uttryckas kvantitativt i modellen. Således krävs osäkerhetsanalyser.
- Jämförbarhet är möjlig, d.v.s. analyser och deras resultat kan utformas på ett sådant sätt att resultat från olika delanalyser kan jämföras numeriskt.
- De skillnader som försvårar jämförelse till stor del är valda, och kan därmed undanröjas genom att bättre anpassa analysförutsättningarna.
- Jämförbarhet förutsätter att alla viktiga förutsättningar identifieras, presenteras och värderas. De måste också ha valts på ett sådant sätt att inga onödiga skillnader byggs in i analyserna.

2 Projektbeskrivning

2.1 Bakgrund och Målsättning

I Sverige har de flesta anläggningsinnehavarna genomfört probabilistiska säkerhetsanalyser (PSA) av de inledande händelsetyperna LOCA och transienter. Inventering av analysläget [Ref. 1] vad avser PSA inom svensk kärnkraftindustri visar även att omfattande resurser lagts ner på att probabilistiskt säkerhetsvärdera intern brand, översvämning och jordbävning. I viss utsträckning har händelser så som yttre rörbrott, tunga lyft, flygplanshaverier och explosionsrisker analyserats probabilistiskt.

Metoder för analys av LOCA och transienter har finlipats och utvecklats. Projekt har initierats [Ref. 2] med avsikt att likforma omfattning och antaganden. För närvarande sker en resursmässig förskjutning från analys av transienter och LOCA mot analys av diverse yttre händelser (brand, översvämning, jordbävning, tunga lyft, osv). Den återkommande säkerhetsgranskningen ASAR 90 skall innehålla analyser av yttre händelser.

Analyser av yttre händelser är i många fall arbetskrävande samtidigt visar [Ref. 3] genomförda analyser på olikformighet vad avser antaganden och omfattning. I syfte att underlätta analysarbetet startades vid halvårsskiftet 94/95 projekt "Yttre Händelser". Någon entydig definition av "yttre händelser" har ej funnits varför avsikten är att förtydliga dessa.

Inom detta projekt har begreppet "yttre händelser" inledningsvis använts som ett samlingsnamn för alla typer av inledande händelser utanför "LOCA och transientfären". Jordbävningsrisker analyseras ej då händelsetypen behandlas i ett separat projekt. Projektet har även avgränsats att gälla risker initierade under driftperioden. Risker under avställning analyseras inom ett annat projekt.

Målsättningen med projektet är:

- att de händelsetyper som omfattas av begreppen "yttre händelser" och "CCI" identifieras och definieras,
- att analysverktyg för de olika händelsetyperna identifieras och förbättras,
- att för och nackdelar med olika analysverktyg värderas,
- att viktiga antaganden identifieras.
- att informationsspridning inom området förbättras.

2.2 Arbetsformer

Arbetet har bedrivits i projektform i enlighet med projektbeskrivning [Ref. 4] och avtal [Ref. 5]. Avtalsparter har varit kraftbolagen och Statens Kärnkraftinspektion. Projektet startade 1/7 1994 och avslutades hösten 1997.

Projektet har letts av en styrgrupp, bestående av ledande företrädare för parterna, vilken fastställt ramar för det löpande arbetet. En utsedd projektledaren har svarat för löpande styrning och uppföljning samt för gemensam rapportering och samordning av olika del-

projekten. Varje delprojekt har haft en delprojektledare, som gentemot projektet är ansvarig för att delprojektet bedrivs enligt planer.

Alla delprojekt har dokumenterat i rapporter. Utöver detta finns årsvisa lägesrapport. Arbetet inom projektet har avrapporteras i ett mindre och två större seminarium. Projektledaren har ansvarat för planeringen av dessa seminarium.

2.3 Finansiering

Kostnadsramarna och deras fördelning mellan SKI och Kraftindustri har avgjort vid avtalsförhandlingar inför respektive projektår. Under projektår 94/95 svarade SKI för 75 % finansieringen. Därefter har SKIs andel minskat till 65 % för projektår 95/96 och 50% för projektår 96/97.

Installerad effekt har varit styrande för kostnadsfördelningen mellan kraftindustrins parter.

I detta sammanhang kan sägas att under 1994 - 1997 uppskattas att kraftindustrin tillsatt ca 15 - 20 manår för egna analyser av yttre händelser.

3 Inledande Händelser - Definitioner och Frekvenser

De rapporter som producerats inom projekt yttre händelser spänner över ett stort antal analysområden och analystyper. Redovisade rapporter i detta kapitel berör inledande händelser.

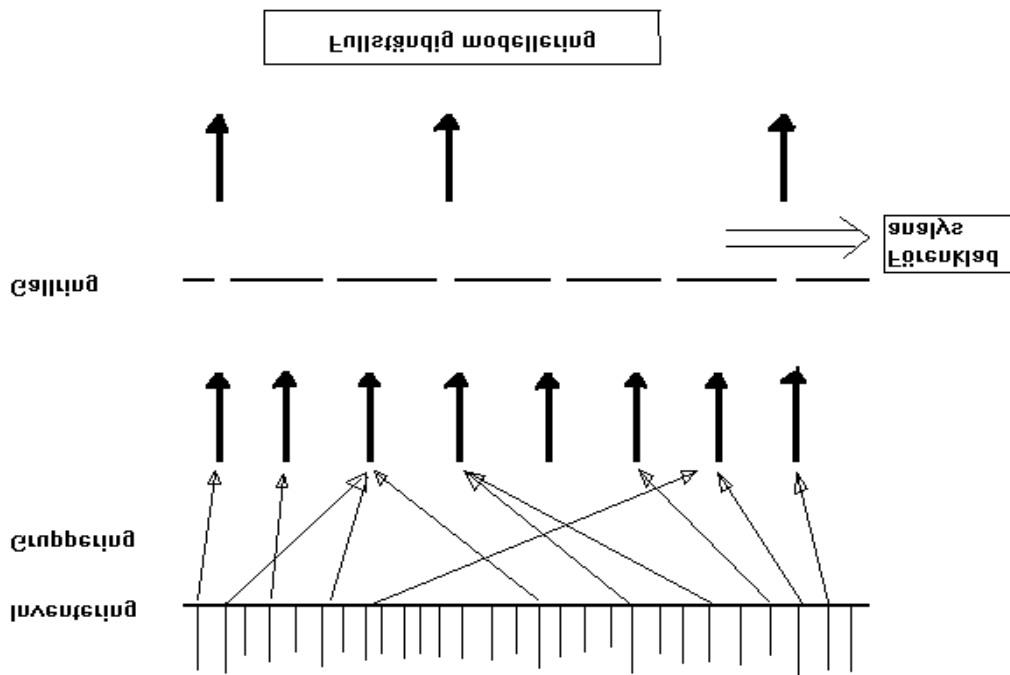
3.1 Inledande Händelser Identifiering och gruppering - ES Rapport 05/95

Målsättningen med detta arbete är att identifiera och gruppera olika typer av inledande händelser som bör finnas med som utgångspunkt vid en initial risk värdering. Rapporten [Ref. 6] ger ett benämning-, och beteckningssystem på olika händelsegrupper, ett system lämpligt att använda inom svensk PSA.

Det finns ett stort antal potentiella inledande händelser, initierade såväl inom anläggningen som utanför anläggningens gränser. Varje inledande händelse är startpunkt i en potentiell haverisekvens, varför den på något vis bör bedömas.

En fullständig värdering av anläggningens risktopografi förutsätter en systematisk identifiering av olika typer av inledande händelser. För att undvika en separat analys av varje enskild potentiell inledande händelse sker i dag en gruppering av händelser som på något sätt kan behandlas likformigt. Grupperingen sker oftast i olika steg från huvudgrupper ner till väl avgränsade "analysgrupper". Som exempel kan här nämnas händelsegrupp "Transienter" som utifrån anläggningspåverkan har indelats i undergrupper så som matarvattenbortfall, yttre nätbortfall osv.

I figuren 3.1-1 har detta symboliserats genom att vissa grupper av händelser gallras ut till förenklad analys. Märk att denna gallringsprocess är starkt stationsspecifik. En händelsegrupp som i en anläggningstyp bedömts ge försumbart riskbidrag kan mycket väl vara betydelsefull i en annan äldre anläggning.



Figur 3.1-1 Gruppering och gallring av Inledande Händelser

Resultatet utgör även ett första utkast till breddning av det händelsespektra som presenterats i nuvarande I-Bok. De inledande händelserna har indelats i tre huvudgrupper:

1. Händelser initierade i inneslutningen
2. Händelser initierade utanför inneslutningen men inom anläggningen
3. Händelser initierade utanför anläggningen.

Dessa tre huvudgrupper delas sedan in i analysgrupper. En analysgrupp omfattar normalt ett stort antal undergrupper av inledande händelser. Säkerhetsvärderingen bör dock ske i en och samma rapport/analys, därav analysgrupp. Rapporten [Ref. 6] omfattar en relativt omfattande lista på analysgrupper. Målsättningen har varit att så långt möjligt erhålla en komplett sammanställning därför inkluderas även sådana typer av inledande händelser som synes extremt osannolika.

Eftersom den probabilistiska säkerhetsanalysen är ett logiskt instrument för analys av alla tänkbara risker behövs även ett logiskt instrument för urval av relevanta händelsetyper. Denna rapport berör till viss del sådana instrument, en mera komplett redovisning återfinns i närliggande rapporter.

3.2 ”X-Boken” - SKI Rapport 97:37

Definitioner och begrepp som utarbetats inom delprojekt enligt 3.1 ovan har bildat basen för den så kallade ”X-Boken”. X-boken kan ses som en utvidgning av I-boken ge-

nom att den behandlar s.k. systemexterna händelser, och händelser tillhörande gruppen ”vatten- och ångutströmning”. Många av dessa händelser är s.k. sällsynta (udda) händelser, se avsnitt om ”udda händelser”, varför X-boken ger viss vägledning för statistisk analys av sådana händelsers frekvenser.

Version 1 av X-boken [Ref. 7] omfattar en komplett redovisning av frekvenser för s.k. begynnande brand inom anläggningen. Frekvenserna är beräknade per anläggning, och inom varje anläggning per anläggningsdel (byggnad). Frekvensernas statistiska osäkerhet är uttryckt i form av percentiler. Skattningen är gjord på basis av ett statistiskt material som för ändamålet insamlats från svenska och finska (TVO) kärnkraftverk. Materialet, som finns lagrat i elektronisk form, beskriver alla brandrelaterade händelser som finns registrerade vid anläggningarna, alltifrån brandtillbud av typ överhettning med rökutveckling till fullt utbildad brand. I materialet är händelserna kategoriserade med avseende på lokalisering, orsak, brandstiftare, upptäckt, släckning och konsekvens. För PSA-ändamål måste brandfrekvens per byggnad ytterligare fraktioneras på enskilda rum eller brandceller. Den fördelningen måste göras med metoder som mer eller mindre grundar sig på bedömning.

Version 2 av X-boken [Ref. 8] innehåller, förutom brandfrekvenser enligt ovan, frekvenser för vatten/ångutströmning utanför inneslutningen. Händelser av denna typ har ur risksynpunkt olika typer av konsekvenser, bland vilka vi kan särskilja förlust av kylmedium, påverkan på komponenter och system i omgivningen, samt smärre läckage som dock kräver (oplanerat) avhjälpande underhåll och därmed förorsakar reparationsotillgänglighet. Utflödesfrekvenserna per anläggning och system har skattats dels på basis av insamlat material, dels med hjälp av SS- och RO-rapporter i SKI's databas STAGBAS. Även här måste frekvenserna per system fraktioneras på enskilda rum på basis av rörvolym, antal pumpar, ventiler etc. Endast översiktligt beskrivs några ”övriga” grupper av systemexterna händelser samt viss vägledning ges för skattning av dessa händelsers frekvenser.

Datainsamlingen inför version 2 av X-Boken visade sig dock stöta på stora svårigheter varför version 2 är försenad. Version 2 av X Boken kommer inte att kunna inkluderas i slutdokumentationen för Yttre Händeseprojektet. Se vidare lägesrapport [Ref. 25].

3.3 Skattning av brandfrekvenser per anläggning och anläggningsdel - SKI Rapport 96-65

Version 1 [Ref. 7] av X-boken är huvudsakligen fokuserad på skattning av brandfrekvenser, per anläggning och anläggningsdel (byggnad). Underlaget för denna skattning utgörs till övervägande del av för ändamålet insamlade nordiska data om inträffade bränder i våra kärnkraftverk. I denna rapport [Ref. 9] beskrivs den statistiska modell och metodik som använts vid frekvensskattningen. Den totala populationen av inträffade bränder (begynnande bränder) är så pass omfattande att en skattning av anläggningsvisa frekvenser låter sig göras med samma Bayesianiska metod som använts för T-boken [Pörn, 1990]. När dessa frekvenser skall fraktioneras ut på de olika anläggningsdelarna blir det statistiska materialet avsevärt tunnare. För att klara av denna fraktionering på ett rimligt sätt behövdes ett nytänkande.

3.4 Skattning av utflödesfrekvenser per anläggning och system - SKI Rapport 97-36

Rapporten [Ref. 10] kommer ej att inkluderas i projektets slutredovisning. Förslag på metodik presenteras dock i separat lägesrapport [ref. 25].

3.5 Udda inledande Händelser - Pörn Consulting Rapport PCRep95-1

När det gäller relativt frekventa inledande händelser, t.ex. transienter, har statistisk skattning av deras frekvens kunnat göras på basis av befintlig driftsstatistik. I detta projekt [Ref. 11] fokuseras intresset på inledande händelser, som är mycket sällsynta men ändå intressanta ur risksynpunkt (här kallade ”udda händelser”). Sådana händelser har till dags dato inte alls beaktats eller behandlats bara översiktligt i svenska PSA-studier.

I rapporten framhävs betydelsen av att inkludera även udda inledande händelser i säkerhetsanalyserna. Problemet är att probabilistiskt analysera dessa statistiskt sällsynta händelser och att ge den statistiska osäkerheten en relevant beskrivning. I rapporten beskrivs tre olika kategorier av udda händelser, och för varje kategori diskuteras tänkbara statistiska modeller för skattning av sådana händelsers intensitet. Avslutningsvis understryks behovet av fortsatta insatser för att utveckla metodik för att uttrycka osäkerheten (eller expertkunskapen) i probabilistiska termer, särskilt i fall när data är mycket knappa eller saknas helt.

3.6 Gallringsmodeller - Sydkraft Konsult Rapport ES-9503m061

Delprojektet [Ref. 12] ger ett antal metoder för gallring av inledande händelser, se figur 3.1. I stort sett kan angreppssättet avseende gallring betraktas som en probabilistisk analys med en i första steget låg detaljeringsgrad där men där den vid behov ökas för att avgöra om en inledande händelse ger signifikant riskbidrag.

Riskbidraget från en inledande händelse beräknas som en funktion av frekvensen för den inledande händelsen och av konsekvensen i form av härdskada eller utsläpp. Oftast uttrycks detta som frekvens för härdskada eller frekvens för olika typer av utsläpp. En naturlig gallringsmetodik kan därför baseras på att utnyttja kriterier för frekvensen för den inledande händelsen och tåligheten mot denna inledande händelse eller konsekvensen av den. Om frekvensen för den inledande händelsen är tillräckligt låg kommer riskbidraget inte att bli signifikant. På samma sätt kan man betrakta konsekvensen, dvs om sannolikheten för att en inledande händelse leder till härdskada eller utsläpp blir inte riskbidraget signifikant.

Ett gallringskriterie avseende frekvensen är därför att välja låg prioritet avseende vidare analyser om en skattning av frekvensen är tillräckligt låg.

Gallringskriterier avseende konsekvensen kan vara av kvalitativ eller numerisk art. En jämförelse kan göras med konsekvensen av andra inledande händelser eller också måste

tåligheten mot den inledande händelsen skattas. I båda fallen gäller det att låg prioritet avseende vidare analyser kan väljas om en skattning av konsekvensen är tillräckligt låg.

Slutligen kan ett riskbidrag baserat på skattningar av frekvenser och konsekvenser utnyttjas. Detta betraktelsesätt att gallra bland inledande händelser med avseende på frekvens och/eller konsekvens återspeglas i den litteraturstudie som genomförts.

Till de referenser som studerats hör NUREG-4832, -4839, som både anger generella och specifika angreppssätt. Till den generella metodiken hör att man utnyttjar en teknik med en inledande gallring av yttre inledande händelser och en avgränsningsanalys (bounding analysis) av de händelser som inte exkluderas i den inledande gallringsomgången. Avgränsningsanalysen utförs för att om möjligt gallra bort ytterligare händelser.

Fysikaliska modeller som beskriver t ex explosionsförlopp, missilers kastbanor eller värmepåverkan vid brand kan vara både komplexa och begränsade när det gäller omfattningen av situationer där de kan tillämpas. Inte desto mindre finns det möjlighet att utnyttja sådana modeller, där man exempelvis kan bestämma en nedre eller övre gräns för inverkan på en anläggning till följd av något fenomen med hjälp av jämförelser mellan modeller.

Baserat på fysikaliska modeller kan exempelvis "säkra avstånd" som funktion av mängden lagrad gas, beräknas. Man beaktar då egentligen inte sannolikheten för att ett utsläpp ska ske, utan baserar kraven på skador som kan uppstå vid en eventuell frigörelse och explosion. Dessa rekommendationer anses av författarna till NUREG/CR-4839 vara konservativa med hänsyn till att sannolikheten för en gasmolnsexplosion avtar snabbt med avståndet från källan till följd av minskning av koncentrationen och att frekvensen för aktuella vindriktningar avtar snabbt med avståndet mellan källan och anläggningen.

I rapporten NUREG/CR-4839 är sannolikheten för skador betingade av störtande flygplan mindre än $1E-07$ om:

1. Avståndet D mellan anläggningen och aktuell flygplats är mellan 5 och 10 engelska mil (8 - 16 km) och antalet starter per år är mindre än $500 \cdot D^2$ eller om avståndet är större än 10 engelska mil och antalet starter per år är mindre än $1000 \cdot D^2$ och
2. Anläggningen är belägen minst 5 engelska mil (8 km) från den närmaste delen av en militära träningsrutter, inklusive lågflygningsrutter, utom sådana rutter där användningsfrekvensen är större än 1000 flygningar per år eller sådana områden där t ex skjutövningar förekommer och
3. Anläggningen är belägen minst 2 engelska mil (3 km) bortom en federal flygled, vänterutt eller inflygningsrutt.

4 Modellering av förlopp - Brand

Projekt Yttre Händelser har till relativt stor del berör den probabilistiska analysen av brandrisker. Initialt inriktades projekten på litteraturstudier och probleminventeringar. Därefter övergick projekten utveckla och förbättra själva analysmetodiken. Samtliga faser i analysen har berörts, den inledande händelsen frekvens (X-boken), se kapitel 3, brandens tänkbara utveckling (brandhändelsesträd) och modellering av denna samt brandens tänkbara konsekvens (säkerhetskomponenters rumsberoende). Modellering av brandförlopp behandlas i detta kapitel medan konsekvens av brand (och av yttre händelse generellt) behandlas i kapitel 6.

4.1 Inventering av befintliga metoder - RELCON Rapport 18/95

Detta projekt inriktades i huvudsak på inventering av metoder och genomförda analyser. Utöver detta redovisas myndighetskrav.

I rapporten [Ref. 13] sammanställs myndighetskrav i Norden, Europa och USA. Sammanställningen avslutas med läget hos IAEA. Sammanfattningsvis kan sägas att flertalet nationella kärnkraftsmyndigheter kräver eller bedöms inom kort komma att kräva att analyser av bränder i anläggningarna ska redovisas. Det är endast i undantagsfall att kravet åtföljs av rekommendationer m. a. p. metoder mm.

Genomförda probalilistiska riskanalyser inom Norden, övriga Europa och USA kommenteras.

Rapporten [Ref. 13] belyser fyra olika metoder att genomföra probabilistisk brandanalyser. Redovisningen fokuseras på några specifika områden som är av generellt intresse vid genomförandet av en brandanalys. Det finns också förslag på flera områden där fördjupade analyser kan ge en större förståelse samt mer realistiska resultat.

4.1.1 Brandanalys med hjälp av Risk Spectrum

Analysen kan delas upp olika delar:

1. Bestämning av branduppkomstfrekvenser. Berrys metod används för relativ fördelning av branduppkomstfrekvens.
2. Identifiering av komponenters brandkänsliga rumsberoenden. Varje komponent i PSA-modellen som är placerad i ett rum eller vars funktion kan utebli vid brand måste tilldelas en felsannolikhet givet brand i rummet.
3. Modifiering av PSA-modell. Utveckling av ett brandhändelsesträd samt att modellera säkerhetskomponenters rumsberoende.
4. Kvantifieringar. Kan genomföras initialt med konservativa antaganden.
5. Brandbekämpning.

6. Brandspridning. Utvärderingen av brandspridningen inleds med att identifiera de rumskombinationer vilka kan vara intressanta, beräkna härdskadefrekvensen vid utslagning av alla komponenter i rumskombinationen och att bestämma sannolikheten för brandspridning mellan rummen.
7. Integrering av brand bekämpning och brandspridning i analysen och resultaten.

4.1.2 FIVE-metoden

FIVE-metoden, (FIVE - Fire Induced Vulnerability Evaluation) utvecklades i USA av EPRI. Bakgrunden var att NUMARC (Nuclear Management and Resources Council) initierade en utveckling av en mer kostnadseffektiv metod som ett alternativ till PSA-metoder.

FIVE-metoden inriktar sig på att få fram svagheter i anläggningen som medför att vissa brandhändelser har ett större riskbidrag än andra. Rum i anläggningen där en brand inte resulterar i en transient eller inte påverkar säkerhetsfunktioner analyseras ej. Metoden är konservativ till sin natur, å andra sidan är alla metoder mer eller mindre konservativa.

Metoden är en "screening analys" och ger därmed inget osäkerhetsmått för det slutgiltiga resultatet. Resultatet av en FIVE kan användas som indata till en mer omfattande PSA-baserad brandanalys.

4.1.3 Surry 1 Fire Analysis - NUREG/CR - 4550

Brandanalysen för Surry 1 beskrivs i NUREG/CR-4550 som publicerades 1990. Syftet med analysen var att uppskatta brandbidraget till härdskadefrekvensen. Brandanalysen för Surry 1 bestod av tre huvudsteg:

1. **Walk-Throug.** Genomgång av anläggningen för att studera hur komponenter och kablar mm är placerade. Genomgången gjordes med hjälp av olika typer av check-listor. Olika typer av dokumentation som är nödvändig för analysen kontrollerades. Dessutom studerades brandbekämpningsprocedurerna.
2. **Screening analys.** Bestämning av rum/zoner vilka är intressanta ur brandsynpunkt. Rum som innehåller komponenter, kraft- och signalkablar m.m. Bestämning av intressanta rum/zoner som är intressanta ur branduppkomstsannolikhet. Som screening värde för härdskadefrekvens användes $1.0E-8/\text{år}$
3. **Kvantifiering.** I detta steg genomfördes deterministiska analyser (COMPBRN). Bedömning av brandspridning mellan brandceller gjordes med probabilistiska metoder. Slutligen genomfördes probabilistiska sekvensberäkningar och osäkerhetsanalyser.

4.1.4 NUREG/CR - 2300 (PRA Procedures Guide)

NUREG/CR-2300, PRA Procedures guide, är ett omfattande dokument där de olika metoderna som är använda i USA i PSA-studier är beskrivna. I denna guide finns det mesta beskrivet, t ex organisation, HRA, feldata och yttre händelser.

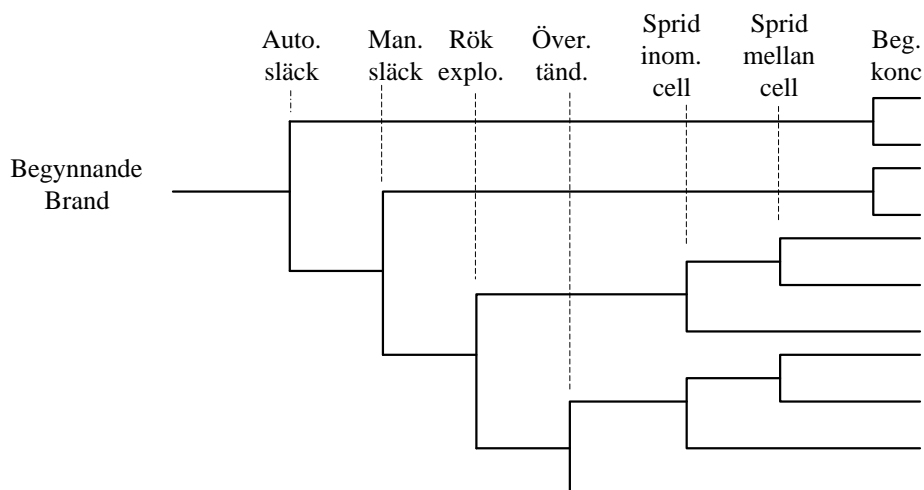
4.2 Realistisk modellering av brandförlopp Händelseträd - RELCON Rapport - 95133/002

Modelleringen av brandförloppen i de flesta probabilistiska brandanalyser görs på ett förenklat sätt. Det vanligaste sättet att modellera brandförloppet är att ifall brand uppstår slås alla funktioner i utrymmet ut. Denna konservativa och förenklade analysmetodik är alldeles utmärkt om man på något sätt ska rangordna rummen m.a.p. brandkänslighet eller kontrollera en anläggnings styrka mot bränder.

När det gäller att ta fram en anläggnings risktopografi, innehållande ”samtliga” inledande händelser, måste resultaten vara jämförbara. Antaganden som kan medföra en över-skattning eller underskattning av riskbidrag kan leda till en felaktig prioriteringen av säkerhetshöjande åtgärder.

Syftet med detta projekt är att utveckla ett ”brandhändelseträd” som möjliggör en mera realistisk skattning av brandrisken.

Att åskådliggöra brandförlopp med hjälp av ett händelseträd är ett mycket lämpligt förfarande. Händelseträd [Ref. 14] ger ett antal tänkbara ”sluttillstånd” av brandförlopp samt en redovisning hur dessa kan uppstå logiskt och sekvensiellt. Händelseträd och dess ingående funktioner/händelser framgår av figur 4.2.



Figur 4.2 Händelseträd för realistisk modellering av brandförlopp

Förutom en generell redovisning av händelseträd och dess ingående noder omfattar arbetet praktiska exempel på hur händelseträd skall användas. Parallellt med utvecklingen av själva händelseträd har projekt drivits i syfte att ta fram stöd för beräkningar av olika sekvensers sannolikhet enligt nedan:

- IH** Nya realistiska frekvenser för inledande händelse begynnande brand, se "X-Boken".
- Auto släck** Underlag att beräkna olika släcksystems tillförlitlighet har tagits fram genom en litteraturredie.
- Man släck** Tid till övertändning givet olika typer av rum har beräknats. Tid från detektering till övertändning utgör maximal tillgänglig tid för att helt säkert kunna hindra brandspridning. Har väl övertändning skett är risken för brandspridning stor. Brandens utveckling har analyserats med hjälp av brandfysikaliska beräkningar. En metod för att värdera sannolikheten för lyckad manuell brandbekämpning har utvecklats.
- Rök expl/ Övert.** Förutsättningar för att erhålla rökgas explosion alternativt övertändning analyseras med hjälp av brandfysikaliska beräkningar.
- Konc.** Genom att ta fram en handbok för modellering av säkerhetskomponenters rumsberoende erhålls en mera trovärdig värdering av konsekvens av utslagen brandcell/rum

Resultatet från en jämförelse mellan en gammal ("konservativ") analysmetodik och den metodik som beskrivs i denna rapport visar på att den gamla analys metodiken inte alltid ger konservativa resultat. Modellering av brandsläckning (manuell eller automatisk) ger lägre härdskadefrekvenser men tas hänsyn till brandspridning i modelleringen och kvantifieringen kan härdskadefrekvensen öka. Hur stor bidraget från brandspridningen blir är främst beroende på hur rumsberoenden modelleras för PSA-komponenterna och konsekvensen vid brandspridningen och är dessutom anläggnings-specifikt. Detta kan innebära att rangordningen av känsliga rum kan förändras i och med en mer realistisk modellering av brandförloppet. Det äldre analysförfarandet kan i vissa lägen ge en underskattning av härdskadefrekvensen för brand.

4.3 Analys av manuella ingrepp vid en brand - RELCON Rapport - 95133/003

Sannolikheten för lyckad manuell släckinsatts måste värderas för ett uppnå en mera realistisk modellering av brandförlopp. Arbeten inom detta delprojekt har som målsättning att skapa en metod för analys av manuella ingrepp vid brand samt att därigenom kunna värdera sannolikheten för att släck insatser lyckas. En avgörande parameter vid dessa bedömningar är själva brandförloppet. Tänkbara brandförlopp givet olika typer av rum redovisas i ett parallellt projekt, se avsnitt 4.4.

Vid en genomgång av rapporter [Ref. 15] om inträffade bränder i kärnkraftverk kan man se att människan spelar en central roll i händelseförloppen. Människan kan påverka upptäckt, utlösning av automatiska släckningssystem samt "manuell" brandbekämpning. Som exempel kan bland annat nämnas: "TVO-incidenten", "Browns Ferry" etc.

Syftet med en brandanalys är att hitta svaga länkar i systemen som ska förhindra uppkomst av och/eller lindra konsekvensen av brand. För att analysera riskerna (sannolikhet och konsekvens) av en brand behöver de manuella ingreppen vara inkluderade i analysen.

Ett sätt att beskriva brand och släckningsförlopp är att använda händelseträdsmetodik. I händelseträdet framkommer det att för rum som inte har automatisk släckningsutrustning eller där den automatiska funktionen misslyckas finns det möjligheter att personal släcker branden "manuellt" med brandslang eller brandsläckare.

Enligt beskrivningen nedan skulle en analys av hur personal släcker en brand kunna göras på ett inte alltför komplicerat och tidsödande sätt.

För att kunna göra analysen av de manuella ingreppen behöver först en deterministisk brandanalys ha genomförts. Baserat på den deterministiska analysen samt stationsgenomgång klassificeras rummen i olika kategorier.

I denna metodik [Ref.15] används fyra steg för att analysera de manuella ingreppen som krävs för att släcka en brand innan branden har förstört alla komponenter i rummet.

- Rumsklassificering baserad på den deterministiska analysen.
- Uppgiftsanalys/Händelsebeskrivning av de manuella ingreppen vid brand.
- Utredning och analys av de olika delmomenten.
- Kvantifiering och åtgärdsförslag.

I den deterministiska analysen ges två till fem kategorier av rum, beroende på den tid som är tillgänglig för att personal ska kunna komma dit och släcka innan alla komponenter i rummet har förstörts.

I nästa steg görs den kvalitativa analysen som ofta medför att ett antal förbättringspunkter hittas. Denna del kan utföras som en uppgiftsanalys eller en mycket detaljerad händelsebeskrivning.

Därefter görs en mycket noggrann genomgång av de olika delmomenten, och resultatet av intervjuerna ger sannolikheterna för respektive delmoment.

Efter denna del kommer den kvantitativa delen där de identifierade delmomenten från steg två ges olika sannolikheter beroende på hur lång tid man har på sig att utföra delmomentet för att totaltiden av de olika delmomenten ska vara mindre än den tillgängliga tiden för att släcka branden.

Som sista steg ges ett antal förslag på förbättringar.

4.4 Brandfysikaliska beräkningar samt feldata för brandskyddssystem

4.4.1 Brandfysikaliska beräkningar

Denna rapport [Ref. 16] behandlar realistisk modellering av brandbekämpning och brandspridning. Tyngdpunkten i rapporten ligger på simuleringsberäkningar av brandförlopp. Resultaten från beräkningarna visar om och när övertändning, rökgasexplosion och/eller rökgasfylld insatsväg inträffar.

Beräkning av brandförlopp sker för utrymmen, vilka är kända för att bidra med en hög konsekvens givet en utslagning av utrymmets komponenter.

I denna rapporten ansätts övertändningskriteriet till 500 °C som genomsnittlig temperatur i rökgaslagret. Kriteriet för rökgasexplosion ansätts till 45 g oförbrända rökgaser /m³. De parametrar som bedömts spela en avgörande roll för temperaturen i rökgaslagret är:

- maximal effekt, vilket innebär tillgänglig mängd brännbart materiel som brinner samtidigt innan övertändning sker (kW).
- tillväxthastigheten (kW/s²).
- ventilationsförhållanden i luftomsättningar per timme (loms/h)
- brandens placering i höjden över golv i rummet (m)

För varje typrum utnyttjas parametervärdena för en känslighetsanalys enligt exempel ”apparaturum i elbyggnad”. Tabell 4.5-1 visar variation i parametrar för apparaturummet. Med maxvärde menas det värde som bedöms generera högst temperatur i rökgaslagret. Med troligt värde menas det mest sannolika värdet hos respektive parameter enligt de bedömningar som gjorts på plats.

Parameter		Minvärde	Troligt värde	Maxvärde
		1	2	3
Tillväxthastigheten (kW/s ²)	A	0,0003 [5]	0,0029 "långsam"	0,0117 "medel"
Maximal effekt [5]	B	200 kW ett apparatskåp	2000 kW tio apparatskåp	3000 kW 13 apparatskåp + en kabelstege
Brandens höjd över golv (m)	C	0	1	3 (på denna höjden finns kabelstegar)
Ventilation (loms/h)	D	0,5	1	4

Tabell 4.5-1. Parametervärden för känslighetsanalys

Olika kombinationer av parametervärde ger tider till rökgasexplosion och övertändning (temp>500 grader) i ett apparaturum enligt tabell 4.5-2 nedan.

Kombination enligt tabell 4.5-2	Tid till rökdetektion (s)	Tid till rökfyllnad 2m från golv (s)	Maximal temp.* (°C)	Tid till rökgas-explosion (s)
2A-D	140	650	470 / 3500s	980
1A-D	120	660	150 / 4400s	-
3A-D	31	440	600 / 440s	-
2CD+3AB	72	400	450 / 1000s	650
2ABD+3C	51	630	600 / 630s	-
2ABC+3D	136	900	280 / 3000s	-
2CD+1AB	300	1500	140 / 4400s	-
2ABD+1C	60	400	500 / 3700s	1300
2ABC+1D	100	600	270 / 1100s	-
3A+1B+2CD	72	1140	83 / 10000s	-
1A+3B+2CD	250	960	430 / 2400s	3000

Tabell 4.5-2 Tider till rökgasexplosion och övertändning

Beskrivning av tidsfönster	Kortaste registrerad tid (s)	Längsta registrerade tid (s)	Tider enligt 2A-D (s)	Medelvärde (s)
Aktivering rökdetektor (AR)	31	300	140	121
Rökgasfylld insatsväg* - AR	328	1200	510	550
Övertändning (500 - 600 °C) - AR	409	3640	-	1500
Kriterier för rökgasexplosion - AR	578	2750	840	1350

Tabell 4.5-3 Tabell visar det genomsnittliga resultatet från 11 beräkningar med något varierande förutsättningar

4.4.2 Släcksystem

De moderna detektorsystemen visar sig vara mycket tillförlitliga [Ref. 16]. Felfrekvensen per behov är därför försumbar i jämförelse med själva släcksystemet. Värdena i tabell 4.5-4 kan därför representera detektering och släcksystem förutsatt att ett modernt detektorsystem finns installerat.

Släcksystem	ref [3]	ref [18]	ref [19]	ref [20]	ref [21]	ref [22]	Medel-värde
Vattensprinkler (Odefinierat)	0,038	-	-	-	-	-	0,038
Ventilen till ett delugesystem	0,0264	-	-	-	-	0,006	0,016
Delugesystem	-	0,049	0,0063	-	-	-	0,028
Koldioxid	0,142	0,116	-	0,04	-	0,04	0,084
Halon	0,0536	0,20	0,002	-	0,059	0,06	0,075

**Tabell 4.5-4 Tabellen visar felsannolikheter som ansätts i referensdokumenten.
För referenser se Sydkraft Konsult Rapport ES-9512m028.**

5 Modellering av förlopp - Översvämning

I detta kapitel redovisas de arbeten som berör probabilistisk analys av intern översvämning samt analys av yttre rörbrott. Med yttre rörbrott avses riskanalys av ett rörbrott på ett hetvatten/ångsystem utanför reaktorns inneslutning. Efter rörbrottet sprids ångan främst i tryckavlastningsvägar. Säkerhetsutrustning som är placerad i avlastningsvägar och inte har ett miljöskydd kan då påverkas negativt. Samtliga faser i analysen har berörts, den inledande händelsen frekvens (X-boken), se kapitel 3, utflödesförlopp och modellering av denna samt tänkbara konsekvens (säkerhetskomponenters rumsberoende). Modellering av utflödesförlopp behandlas i detta kapitel medan konsekvens av utflöden på elektrisk utrustning (och av yttre händelse generellt) behandlas i kapitel 6.

5.1.1 Inventering av befintliga metoder - Vattenfall Energisystem Rapport GES 19/95

I denna rapport [Ref. 17] beskrivs arbetsmetodikerna som används i ett antal studier inom och utom Sverige. De olika arbetsmetodernas för och nackdelar redovisas. Vidare beskrivs myndighetskrav, exempel på olika översvämningstudier genomförda i Sverige och utland. Som underlag till detta arbete har en databassökning gjorts i databaserna Compendex och Energy för åren, mellan 1980-1994, Sökningen har varit uppdelad i ånga och översvämning. Resultatet från sökningen blev att endast översvämningssökningen gav referenser som var värda att bearbeta. En förklaring till detta var sannolikt att i de utländska rapporterna inkluderas ångpåverkan i översvämninganalysen. Följande studier och guider har beskrivits i rapporten:

- Ringhals 1 och 2s översvämning- och ångfrigörelseanalyser
- Oskarshamns 1s preliminära översvämningstudie
- Översvämningstudie LaSalle
- PRA procedures guide
- IAEA guide

Några metoder för översvämninganalys summeras kort i tabell 5.1-1 nedan.

Område/Steg	Svensk metod (R1,R2)	Svensk Screeningmetod (O1)	Screening La Salle	PRA procedure guide
Mål	Identifiering av säkerhetsmässiga konsekvenser efter översvämning/ ångfrigörelse, uppskatta härskadebidraget samt att kunna användas vid utvärdering för LPSA.	Identifiering av viktiga rum och att beräkna härskadebidraget för sådana handlingar	Identifiering av händelsekonsekvenser och att beräkna härskadebidraget för sådana konsekvenser.	Omfattande antal kriterier (se kap 5.4.2)
Inventering av utflödeskällor	En ung. summering görs av antalet kompon. och rörsekt. (ligger till grund för fördeln av frekv) per rum och system.	vattenbärande system > A25 rumsbestäms. Större ång/hetvatten utsläpp rumsbestäms.	För varje utrymme identifieras största utflöde från olika system. Även öppning av isolerat system vid UH beaktas.	Identifiering av läckage, brott i större vatten-system, överfyllning av tankar, felfunktion av sumpumpar mm. FMEA-metod föreslås
Beaktande av operatör-singrepp	Grov analys. För resp utflödesfall anges två diskreta fall tiden och slh sätt beroende på denna.	Framgår ej	30 minuters fullt utflöde antogs initialt. Recoveryåtgärder beaktas i sekvensanalys och kvantifiering	Viktigt att med hjälp av HRA beakta möjligheterna till begränsning av utflödet samt att koppla in felade system lokalt.
Utflödesfrekvenser	Läckagefrekvenser från summeringen i 1 ligger till grund för frekvensen per utflödesfall. För stora brott divideras med 10. Summan av alla frekvenser jfr med data från guider	Översvämningsstatistik enl NUREG/CR- 2300 uppdateras stations-specifikt, fördelas lika på vattensystem. Frekvens för ångutsläpp hämtas från "Yttre brott" i grund PSA som baseras på ant. svetsar, rörböjar och rörlängd i resp system.	"Komponenträkning". Brottfrekvens för rör och ventiler hämtas ur NUREG/CR-4550 resp 1363. Reduceras med 18 med hänsyn till läckage före brott.	I rapporten anges att insamlad statistik över rörbrott och läckage samlas in. I rapporten anges frekvenser uppdelat per byggnadsdel samt utflödemängd
Översvämningskänsliga komponenter Komponentpåverkan	Komponenter modellerade i PSA-grundstudien Samtliga komponenter med otillräcklig miljötolighet får felfrekvens vid dränkning : 1.0/b Ångpåverkade : 0.1/b I brottrum dock: 1.0/b	Komponenter modellerade i PSA-grundstudien Samtliga komponenter med otillräcklig miljö-tålighet får felfrekvens 1.0/behov vid vatten/ång påverkan	Komponenter modellerade i PSA-grundstudien Samtliga icke miljökvificerade får felfrekvens 1.0/behov vid vatten/ång påverkan	Säkerhetsrelaterade komponenter Alla komponenter som dränks, spolats slås ut, eller ett icke konservativt sätt där endast dränkta slås ut.
Utflödesförlopp	Utflöde för system i komb med rumsgrupp analyseras. Realistiska antaganden. Ventilation beaktas i ångstudien.	Endast avsedda avlastningsvägar för ånga sammanställs	Översvämningsförlopp vatten/ånga sammanställs. Konservativa antaganden	Beskrivning av nivåer i olika utrymmen för resp översvämningsscenarie.
Screening	Ihopslagning av fall med mindre utflöden. Ingenjör-sbedömningar för att gallra bort ointressanta utflöden	Rum med HS-frek>E-6 väljs ut (givet alla komponenter i rummet slås ut) för kvalitativ-analys. Några fall väljs sedan ut för slutlig kvantifiering.	Bortsotering sker i två steg. Först ihopslagning av utflödesfall. och sedan gallras översvämningsförlopp bort. (Cutset <10E-3 för HS betingat översvämning).	Ranking av viktiga utrymmen med hjälp av felträdsanalys.
Kvantifiering	Utflödesfall vatten/ånga kvantifieras. Enkla operatörsåtgärder beaktas. I R2-studierna tas h-träd fram för förloppet.	Ångscenarier kvantifieras. Kritiska rum kvantifieras för vattenpåverkan.	Händelse-träd tas fram för kvarvarande utflödesfall där bl.a. larm, operatöringrepp alternativa flödesvägar beaktas.	Föreslår felträds- och händelse-trädsanalys.
Osäkerhetsanalys	Ingen osäkerhetsanalys.	Troligen ingen osäkerhetsanalys.	Beaktas i beräkningar för två scenarier.	Anger att osäkerhetsuppskattningar skall göras.

Tabell 5.1-1 Redovisning av några olika metoder för översvämningsanalys

5.1.2 Komponentpåverkan efter Ångfrigörelse - Vattenfall Energisystem Rapport GES 154/97

Vattenfall har inom projekt yttre händelser i uppdrag att undersöka komponentpåverkan vid vatten/ångflöden som följd av yttre brott och sammanställa tillgänglig kunskap för användning av PSA-analyser.

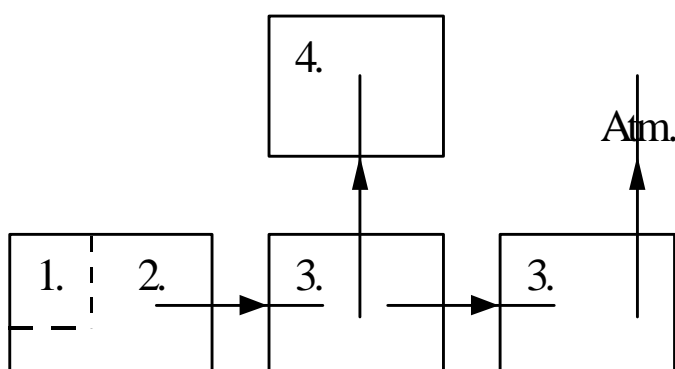
Rapporten [Ref. 18] och uppdraget har indelats i två etapper varav den första etappen utgör en litteraturstudie samt en sammanställning och utvärdering av de störmiljöer som kan uppkomma i olika utrymmen vid ett yttre brott.

Som en etapp 2 har kataloguppgifter för typkomponenter samt kontakter med leverantörer sammanställts. Med utgångspunkt från denna sammanställning har ett antal komponenters möjlighet att klara olika störmiljöer uppskattats.

För att få en uppfattning av hur komponentpåverkan tidigare har hanterats har några svenska och utländska PSA-studier studerats. Genomgången pekar på att man i de flesta fall antagit att samtliga komponenter slås ut, då underlag för bättre bedömningar saknas. Detta har emellertid vid flertalet tillfällen ansetts som väl konservativa antagande. En genomgång av händelser som inträffat visar även på ett magert statistiskt underlag. Beskrivningen och analysen av händelserna fokuserar i stor utsträckning på hur anläggningen har klarat den situation som uppstått och redovisar ej hur komponenter påverkats av det utströmmande mediet.

Underlaget är således för begränsat för att kunna dra några slutsatser eller sammanställa statistik som kan ge en uppfattning om fel sannolikheter för olika typer av komponenter.

För att kunna genomföra en PSA-studie, där antagandena skall vara så realistiska som möjligt, erfordras en modell för att uppskatta komponenternas påverkan vid ång- och vattenutströmning. Ett första steg i framtagande av en sådan modell har varit att sammanställa de störmiljöer som uppkommer i olika utrymmen. Den svåraste miljön uppkommer i utrymmet där brottet sker och här antas samtliga komponenter slås ut beroende på de dynamiska effekter som uppkommer vid rörbrottet. Miljön kommer därefter att variera längs avlastningsvägen, främst vad det gäller temperatur, se figur 5.1-1 och tabell 5.1-2.



Figur 5.1-1 Kategorier av störmiljöer

Stör- miljö	Kategori av utrymme	Stränghet vid brott/utflöden i hetvatten- och ångledning
1	Lokalt i primärhändelse utrymme	Utrustning antas som ej kvalificerad eller skyddad mot förhållanden i rummet
2	Primärhändelse utrymme	Utrustning utvärderas mot temperatur 115 ⁰ C 0-10 min 100 ⁰ C 10min-3 timmar 90 ⁰ C >3 timmar tryck 150 kPa 0-2 sek fuktighet 100 % mättad ånga
3	Avlastningsväg	Utrustning utvärderas mot 100 ⁰ C 0-3 timmar tryck 150 kPa 0-2 sek fuktighet 100 % mättad ånga
4	Trycksatt utrymme från blåsväg eller utrymme med läckageförbindelse med blåsväg.	Utrustning utvärderas mot temperatur 70 ⁰ C 0-3 timmar tryck 150 kPa 0-2 sek (i trycksatt rum) fuktighet 100 %

Tabell 5.1-2 Förslag till stränghet vid brott/utflöden i hetvatten- och ångledning för olika utrymmeskategorier

Många av de komponenter som används utanför inneslutningen uppfyller kraven på en viss kapslingsklass. Detta innebär att komponenten är testad efter en standard och uppfyller vissa krav på drift vid en maximal temperatur, tryck, fuktighet etc.

Ett andra steg har varit att sammanställa kontakter med leverantörer samt kataloguppgifter beträffande kapslingsklass etc. för olika typkomponenter. Med utgångspunkt från denna sammanställning har sedan komponenternas möjlighet att klara de olika störmiljöerna uppskattats.

Genom att kartlägga den störmiljö som uppkommer i ett aktuellt utrymme och kombinera den med komponentens möjlighet att klara störmiljön erhålls ett mer realistiskt antagande än att alltid förutsätta att komponenten felar.

6 Kartläggning av säkerhetsfunktioners rumsberoenden

6.1 Inledning

I detta kapitel redovisas de arbeten som berör påverkan på anläggningen efter en yttre händelse. Märk att vi enligt definition avser även intern brand och översvämning/ångfrigörelse som yttre händelse. Dessa händelser är ”Yttre” på så sätt att de initieras utanför inneslutningen. Samtliga faser i analys av yttre händelser har berörts inom projektet. I kapitel 3 inledande händelsers definition och frekvens, i kapitel 4 och 5 modellering av brand och översvämningsförlopp och nu i detta kapitel konsekvens av den yttre händelsen.

Yttre händelser inträffar utanför den ordinarie processen, och påverkar direkt eller indirekt anläggningens säkerhetssystem. De medför också ofta att nya beroenden mellan komponenter skapas. En stor del av dessa s.k. rumsberoenden kommer att ligga i spänningsmatning och signalvägar. Med *rumsberoende* avses det sätt på vilket en komponent direkt eller indirekt är beroende av utrustning i olika delar av anläggningen. En korrekt kartläggning och modellering av säkerhetskomponenters rumsberoenden är av största betydelse för relevansen i resultaten från analyser av yttre händelser.

Det övergripande målet är att möjliggöra en realistisk modellering av det sätt på vilket enskilda komponenter påverkar anläggningens reaktion på vissa yttre händelser. Graden av realism i den riskbild som ges av en given analys, är starkt beroende av fyra faktorer:

- *Säkerhetsfunktioner* som påverkar riskbilden måste identifieras och inkluderas i analysen. Den inledande händelsens karaktär och det analyserade driftläget avgör vilka krav som ställs på olika säkerhetsfunktioner.
- *System* som direkt eller indirekt påverkar inkluderade säkerhetsfunktioner måste identifieras.
- *Komponenter* som krävs för att identifierade system skall kunna etablera och upprätthålla sin funktion måste modelleras i tillräcklig detalj. Särskilt innebär detta att en korrekt och tillräckligt detaljerad modellering måste göras av komponentens spänningsmatning och av signalvägar i dess manöverlogik.
- *Felmoder* som påverkar komponenternas funktionsberedskap och som kan uppstå till följd av den analyserade yttre händelsen måste identifieras och modelleras.

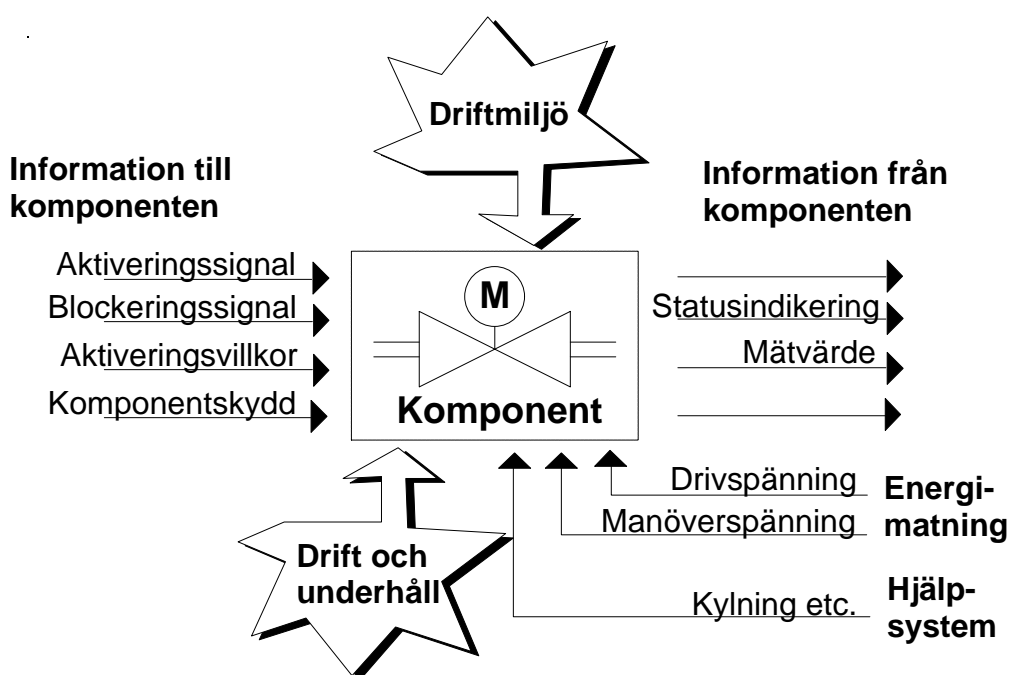
Inom delprojektet genomfördes en inventering och värdering av det sätt på vilket säkerhetskomponenters rumsberoenden modellerats i ett antal befintliga PSA-studier. Ingen av de studerade analyserna har utnyttjat något systematiskt metod för identifiering av relevanta rumsberoenden. Det ges generellt inte heller någon motivering till de förutsättningar och begränsningar som finns, och skillnaderna studierna emellan framstår som mer eller mindre slumpmässiga. Den viktigaste skillnaden ligger i detaljeringsgraden i modelleringen av elsystemet.

6.2 Utveckling av generell komponentmodell, Logistica Consulting Rapport MK9524.

Att skapa en representativ komponentmodell, innebär att man först definierar komponentens förväntade funktion i samband med ett missöde. Därefter identifieras de felmekanismer som kan störa eller förhindra denna funktion. För att modellen skall vara representativ, måste den utöver komponenten själv, även innehålla relevanta delar av komponentens växelverkan med omgivningen. Denna växelverkan består av följande delar:

- komponenten har ett informationsutbyte med omgivningen genom att den både tar emot och lämnar information
- komponenten har ett behov av energitillförsel för sin funktion (kraftmatning, tryckluft, bränsle eller, i vissa fall, manuella åtgärder).
- i vissa fall krävs hjälpfunktioner (t.ex. rums eller komponentkyllning, eller kontinuerlig tillförsel av smörjolja).
- vid analys av yttre händelser är den miljö som komponenten arbetar i viktig.
- det finns även en växelverkan med anläggningens drift- och underhållspersonal.

En generell modell har utarbetats för representation av en komponents växelverkan med anläggningen och beroende av andra komponenter, funktioner och manuella ingrepp [Ref. 19]. Figur 6.2-1 summerar komponentens växelverkan med anläggningen.



Figur 6.2-1 Översikt över en komponents växelverkan med anläggningen

6.3 Definition och analys av typkomponenter, Logistica Consulting Rapport MK9624.

För att baserat den generella komponentmodellen skapa en generellt användbar analysmodell, har en uppsättning typkomponenter definierats, representerande flertalet säkerhetskritiska komponenter vid svenska kärnkraftverk [Ref 20 och 21]:

- Pneumatisk ventil
- Ventilmotordon
- Kontaktarmatad komponent (brytare eller motorer)
- Effektbrytarmatad komponent (brytare eller motorer)
- Vakt (digital mätvärdesgivare)
- Transmitter (analog mätvärdesgivare)

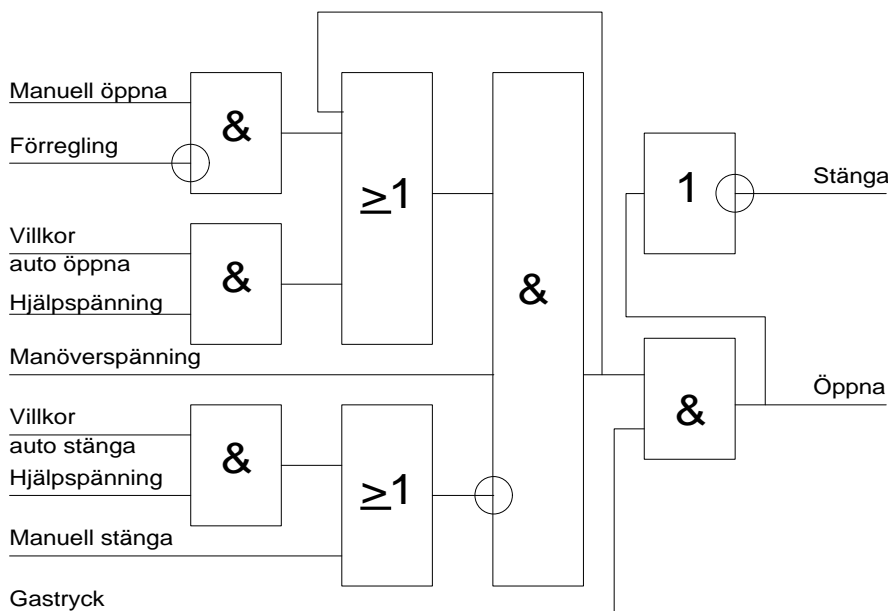
I denna del av arbetet har värdefull hjälp erhållits från OKG:s enhet TE (elteknik), som bidragit med bakgrundsmaterial vid definitionen av typkomponenterna, och även medverkat vid anpassningen av dessa till testfall.

I analysen av typkomponenterna har följande generella driftfall beaktas:

- Skall starta/öppna
- Skall stoppa/stänga
- Oförändrat läge
- Drift
- Vaktfunktion

Figur 6.3-1 visar som ett exempel en av typkomponenterna, en pneumatisk fjäderstängande ventil (pfs).

Pneumatisk ventil/ pfs



Figur 6.3-1 Logikschema för pneumatisk ventil (pfs)

Samtliga typkomponenter har analyserats med avseende på sin känslighet för yttre händelser; detta har gjorts för komponentens möjliga driftfall. Fokus i analysen ligger på påverkan via spänningsmatning och signalutbyte. En systematisk metod för anpassning

av typkomponenterna till specifika komponenter har utarbetats, och den information som krävs för anpassningen har specificerats.

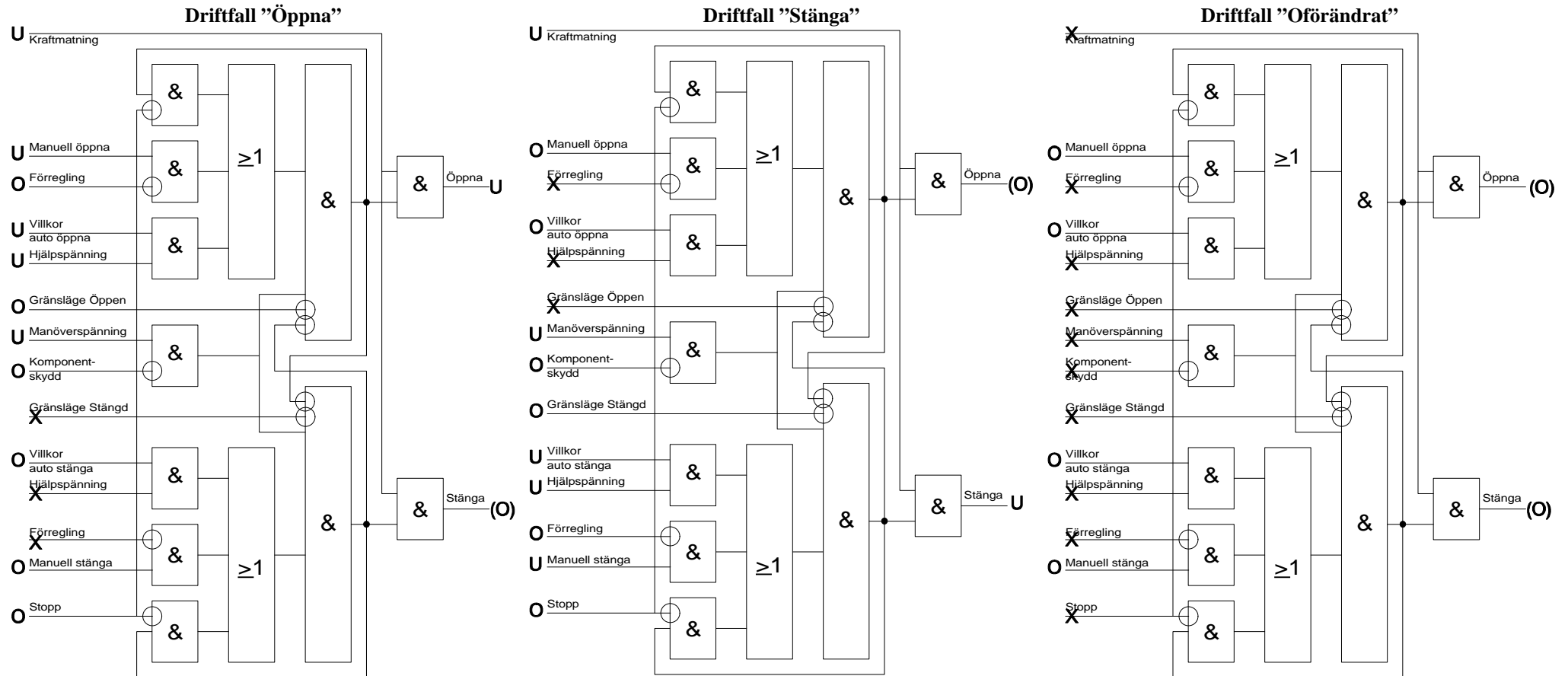
Slutligen har i en felmods- och feleffektanalys (FMEA), typkomponenterna analyserats med avseende på sin känslighet för störningar i växelverkan med anläggningen; detta har gjorts för varje relevant driftfall. För identifierade felmoder har felorsaker som kan bero på yttre händelser (brand eller översvämning) beskrivits. FMEA:n har dokumenterats i en databas (i Microsoft Access). Analysens resultat illustreras i figur 6.3-2, som för en motormanövrerad ventils olika driftfall visar känsligheten mot obefogade (o) eller uteblivna (u) signaler eller spänningsmatningar; (x) innebär att växelverkan är irrelevant. Analysen visar samtidigt att stora skillnader i känslighet för yttre händelser fås beroende på komponentens driftmod. Generellt gäller att en komponent som skall aktiveras (öppna/stänga eller starta/stoppa) är avsevärt känsligare för yttre händelser än en som skall förbli i ett oförändrat läge (eller förbli i drift). Detta faktum pekar på vissa möjligheter att förenkla analysen. Om det kan antas att säkerhetssystem startas tidigt, d.v.s. berörda komponenter aktiveras innan deras växelverkan med anläggningen kan förväntas vara påverkad av yttre händelser, så gäller driftfallet ”oförändrad” eller ”drift”, vilket reducerar komponentens växelverkan avsevärt, och därmed även minskar riksbidraget från komponentens rumsberoenden.

För att verifiera den generella kartläggningsmodellen, har en komplett kartläggning och modellering av komponentväxelverkan gjorts för ett antal komponenter i Oskarshamn 1 och 3 baserat på några av de definierade typkomponenterna [Ref. 22]. Kartläggningen inkluderar samtliga de typer av växelverkan som ingår i typkomponenterna, och har medfört vissa kompletteringar av den generella kartläggningsmodellen.

6.4 Utveckling av modelleringshandbok - Rapport Impera-K MK9743

Resultatet av delprojektet har i projektets slutfas dokumenterats i form av en handbok för modellering av säkerhetskomponenter med titel ”Principer för komponentmodellering vid analys av rumshändelser” [Ref. 23]. Följande punkter inkluderas:

- Definition av relevanta rumsberoenden
- Diskussion av omfattning och detaljeringsgrad av inkluderade säkerhetsfunktioner, säkerhetssystem samt hjälpsystem
- Definition av typkomponenter
- Checklista för anpassning av specifik komponent till typkomponent
- Definition av relevanta felmoder och felmekanismer
- Diskussion av förenklingsmöjligheter



Figur 6.3-2 Komponentpåverkan vid olika driftfall för ventilmotorden

7 Resultatpresentation och resultattolkning

7.1 Inledning

För närvarande pågår komplettering av flertalet svenska PSA med analyser av rumshändelser. Händelserna i sig skiljer sig en hel del från de inledande händelser som ingår i befintliga PSA, främst genom att till skillnad från t.ex. transienter påverka system och process utifrån. Analyserna i sig bedrivs också med andra förutsättningar än för inre händelser, ofta med starka förenklingar som kan vara både konservativa och icke-konservativa. Detta har medfört stora problem i PSA:ernas resultattolkning. Rumshändelser har i flera fall visat sig ge betydande riskbidrag, som dock på grund av förenklingar och skillnader i analysförutsättningar inte har kunnat vägas mot riskbidrag från inre händelser.

Delprojektet har därför till överordnat syfte att underlätta tolkning och användning av resultat från analyser av yttre händelser, speciellt s.k. rumshändelser (främst brand och översvämning inom anläggningen); tre huvudsyften har definierats:

1. Att klargöra vilka behov som finns med avseende på utformningen av resultat från analys av rumshändelser
2. Att klargöra hur tolkningen av resultaten påverkas av analysernas förutsättningar, osäkerheter, fullständighet etc.
3. Att värdera status i dagens svenska PSA av rumshändelser. Där det är möjligt pekas även områden ut där förbättringar i existerande analyser är önskvärda eller nödvändiga.

Delprojektet har utgått från en projektbeskrivning som identifierar de viktigaste problemområdena. Dessa har diskuterats i en projektgrupp vid en serie möten. Vid varje möte har ett eller flera områden diskuterats i detalj. Mellan mötena har underlaget bearbetats vidare av delprojektledaren, visst underlag har även bearbetats av övriga medlemmar i projektgruppen.

7.2 Resultatpresentation och tolkning - Rapport Impera-K MK97

Rapporten [Ref. 24] omfattar en genomgång av PSA användare samt tänkbara användningsområde. Rapporten omfattar även jämförelse mellan analyser och mot måltal samt vilka förutsättningar som då skall vara uppfyllda.

7.2.1 Användning av resultat

Det följande är de viktigaste användarna av PSA-resultat:

- Anläggningsägare
- Tillsynsmyndigheter
- Forskning och utveckling
- Tredje man
- Enheter på anläggningarna
- Övriga myndigheter
- Organisationer

En inventering av relevanta användningsområden gjordes inom projektet, i första hand baserat dels på projektgruppens egna erfarenheter; identifierade områden visas i tabell 7.2-1

	Total risk	Kvantitativ utvärdering	Kvalitativ utvärdering
Beskrivning	Värdering av grundresultat, d.v.s. av de resultat som presenteras i PSA:ns grundversion	Resultatanvändning som bygger på bearbetning av PSA:ns resultat eller anläggningsmodell.	Utnyttjande av PSA:ns booleska modell för att verifiera, presentera eller analysera komplex kvalitativ information.
Användningsområden	<ul style="list-style-type: none"> • Identifiering och prioritering av säkerhets-höjande åtgärder • Presentation av risker till tredje man • Riskjämförelse med måltal • Styrning av tillsyn • Styrning av utbildning (mot dominerande risker) • Riskjämförelse anläggningar emellan 	<ul style="list-style-type: none"> • Planering av underhåll och tester • STF/ Utvärdering av befintlig STF • STF/ Utvärdering av permanenta förändringar • STF/ Utvärdering av tillfälliga avsteg (dispenser) • Utvärdering av anläggningsändringar • Utvärdering av enskild händelse • Momentan riskuppföljning 	<ul style="list-style-type: none"> • Verifiering av deterministiska förutsättningar • Utveckling av drift-, störnings- och haveriinstruktioner
		<ul style="list-style-type: none"> • Användning inom FoU 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Prioritering av FoU 		

Tabell 7.2-1 Typer av resultatanvändning

Användningsområde	Baseras på:				Utveckling krävs
	Färdiga resultat i PSA	Kvalitativ bearbetning	Analys av cutsetlista	Omkvantifiering	
1. Mycket viktiga användningsområden - alltid relevanta					
Identifiering och prioritering av säkerhets-höjande åtgärder	X				
Utvärdering av anläggningsändringar				X	
Utvärdering av enskild händelse		(X)	X	X	
STF/ Utvärdering av befintlig STF			(X)	X	
STF/ Utvärdering av permanenta förändringar			(X)	X	
STF/ Utvärdering av tillfälliga avsteg (dispenser)			X	(X)	
Planering av underhåll och tester	(X)		X	X	(X)
2. Viktiga användningsområden - ofta relevanta					
Riskjämförelse med måltal	X				X
Verifiering av deterministiska förutsättningar		X			X
Utveckling av drift-, störnings- och haveriinstruktioner		X			
Momentan riskuppföljning				X	X
Styrning av tillsyn	X	X	X	(X)	
Prioritering av FoU	X	X	X	X	
Användning inom FoU	X	X	X	X	
Styrning av utbildning (mot dominerande risker)	X	X			
Presentation av risker till tredje man	X	X			
3. Mindre viktiga användningsområden - sällan relevanta					
Riskjämförelse anläggningar emellan	X	X			

Tabell 7.2-2 Summering av användningsområden för PSA

Varje användningsområde ställer sina egna krav på presentation resultat och på möjlighet att värdera inneboende problem och begränsningar. Inom projektet gick samtliga identifierade användningsområdena igenom och kommenterades m.a.p.

- Vilka de troliga användarna är
- Krav m.a.p. utformning av resultat
- Kommentarer rörande t.ex. förutsättningar och problem
- Områdets viktighet:
 - Mycket viktigt användningsområde, alltid relevant
 - Viktigt användningsområde, ofta relevant
 - Mindre viktigt användningsområde, sällan relevant

I tabell 7.2-2 summeras användningsområdena grupperade i viktighetsordning. För varje område specificeras vilken typ av resultat det baseras på - färdiga resultat eller kvantita-

tiv/kvalitativ bearbetning. Dessutom markeras områden som bedöms kräva ytterligare utveckling.

7.2.2 Minimikrav på resultatpresentation

Vilka krav som skall ställas på resultatpresentation i en PSA beror förstås till stor del på syftet med den enskilda PSA:n, och generella rekommendationer om utformning av resultat är därför svåra att ge. Kraven påverkas dock starkt av vilka de framtida användarna av analysen är och av dessas behov; skillnaden mot PSA-gruppens behov kan vara avsevärd. Även förväntad framtida utveckling av en analys måste beaktas (exempelvis bör idag en PSA nivå 1 alltid utföras på ett sätt som möjliggör en framtida utvidgning till nivå 2).

Ett förslag till minimikrav på resultatutformningen i en PSA kan dock formuleras, och presenteras i tabell 7.2-3. Listan har utarbetats baserat på kraven från de viktigaste användningsområdena, d.v.s. de som bedöms alltid vara relevanta (viktighet=1). Notera tabellen uppdelningen i numeriska och kvalitativa resultat.

Det måste slutligen understrykas att en hanterbar och användarvänlig datormodell är en grundförutsättning för en fruktbar PSA-användning. Detta gäller utöver de krav som listas i tabellen.

Numeriska resultat
1. Absolutnivå för risk
2. Presentation av de viktigaste bidragen till totalrisken
3. Listor över minimala cutsets (med tillräckligt upplösning). Listor bör kunna presenteras på olika nivåer (per inledande händelse, per sluttillstånd, per sekvens)
4. Viktighetsmått på system- och komponentnivå (möjliggör identifiering av potentiellt stora riskbidrag)
5. Presentation av osäkerheter
Kvalitativa resultat
1. Viktiga slutsatser (kvalitativt uttryckt)
2. Beskrivning och värdering av viktiga förutsättningar för analysen.
3. Presentation av svaga (eller viktiga) punkter m.a.p. system, komponenter, mänsklig växelverkan m.m.
4. Identifiering och värdering av svagheter, kunskapsluckor eller osäkerheter med stor resultatpåverkan
5. Värdering av inverkan från faktorer som kan påverka eller försvåra prioritering av åtgärder (t.ex. med känslighetsanalyser)

Tabell 7.2-3 Minimikrav på resultatpresentation i en PSA

7.2.3 Jämförbarhet

Resultattolkning innebär ofta att någon form av jämförelse står i fokus, exempelvis jämförelse av resultaten från PSA för inre händelser med resultat från en brand-PSA. Skill-

nader i grundförutsättningar för analyserna kan göra en sådan jämförelse problematisk (Det kan noteras att liknande problem finns även vid jämförelse mellan risker från transienter och LOCA.).

Det finns idag flera önskvärda användningsområden för PSA där bristande kontroll över osäkerheter och otillräcklig jämförbarhet mellan delanalyser allvarligt försvårar eller till och med omöjliggör en effektiv tolkning och användning av PSA:ns resultat. Internationellt görs visserligen jämförelser av detta slag i ganska stor utsträckning, men nästan alltid utan att i tillräcklig utsträckning beakta de problem som är förbundna med en jämförelse av resultat från fundamentalt olika analyser. Ett viktigt mål med detta delprojekt är att definiera en metodik som skall underlättar dessa typer av jämförelse.

Två viktiga mål för en anläggningsägares resultat användning är:

1. Värdering av om risken är acceptabel, vilket kräver jämförelse med någon form av måltal
2. Effektivt val av säkerhetshöjande åtgärder, vilket kräver att olika riskbidrag kan jämföras och rangordnas

I en typisk PSA är det näst intill meningslöst att göra direkta riskjämförelser mellan delanalyser. Oftast är inte ens elementära förutsättningar för jämförbarhet uppfyllda. Om målet i en riskanalys för transienter normalt är en hög grad av realism, så är analyser av rumshändelser ofta grövre. De innehåller en blandning av konservativa och icke-konservativa förenklingar som försvårar eller omöjliggör jämförelser. Som ett resultat nås inget av de nämnda målen - den totala risken kan ej kontrolleras, och riskbidrag kan varken jämföras eller rangordnas.

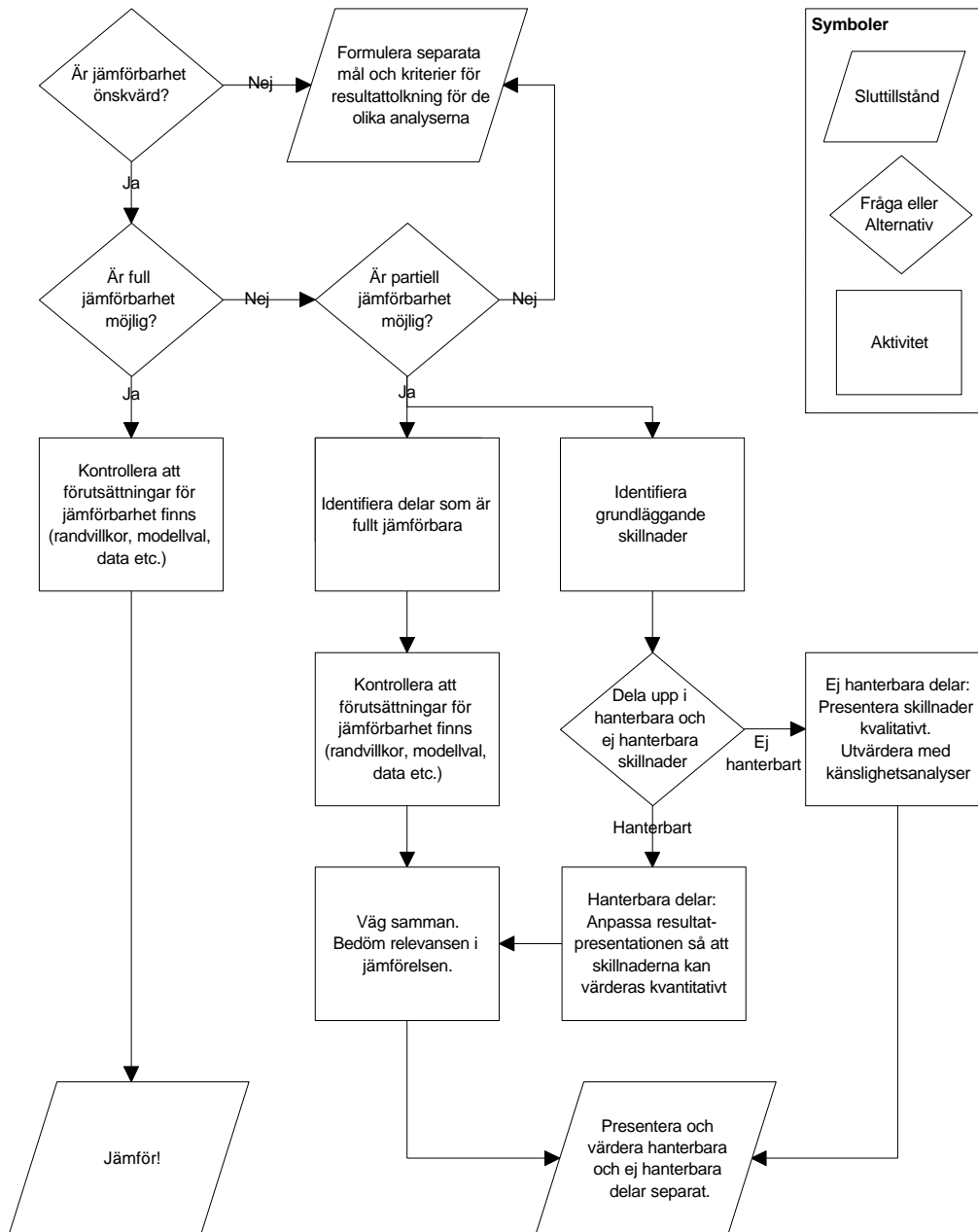
I projektet studeras två möjliga angreppssätt för identifiering av relevanta säkerhetsfrågor jämförelse mellan analyser och jämförelse mot måltal.

7.2.3.1 JÄMFÖRELSE MELLAN ANALYSER

Detta motsvarar en situation där analyserna, så långt detta är möjligt, utformats på ett sådant sätt att de är jämförbara. Analysförutsättningar har valts med omsorg och utvärderats, och skillnaderna mellan analyserna diskuterats i detalj. Generellt kan skillnader vara *valda* eller *påtvingade*. Många av jämförbarhetsproblemen kan undvikas genom att mängden valda skillnader minimeras (t.ex. genom att undvika att använda inkompatibla data eller metoder för analys av mänskligt felhandlande i olika delanalyser).

Påtvingade skillnader, som ofta beror på skillnader i den inledande händelsens direkta eller indirekta anläggningspåverkan, kan vara hanterbara eller ej hanterbara. Att de är hanterbara innebär att skillnaden kan uttryckas numeriskt, vilket bibehåller jämförbarheten. Att skillnader är ej hanterbara innebär att de ej kan uttryckas numeriskt. Ej hanterbara skillnader är ofta förbundna med osäkerheter m.a.p. modellering eller fullständighet, och kräver kompletterande kvalitativa analyser eller känslighetsanalyser för att kunna vägas samman med andra analysresultat.

Proceduren illustreras i figur 7.2-1, och medför (i bästa fall) att riskbidrag kan jämföras och rangordnas; de kan också läggas samman för att jämföras med ett måltal.



Figur 7.2-1 Metodik för jämförelse mellan resultat från olika analyser

7.2.3.2 JÄMFÖRELSE MED MÅLTAL

I detta fall är jämförbarhet mellan resultaten från olika analyser inte målet. Totalresultatet kan inte jämföras med ett total säkerhetsmåttal, men resultaten kan jämföras med måttal på en lägre nivå, t.ex. per inledande händelse. Således kan säkerhetsfrågor visserligen identifieras, men inte jämföras eller rangordnas. Metoden är mindre resurskrävande, men samtidigt grövre. Den kan genom att leda till identifiering av fler säkerhetsfrågor, också vara suboptimal. En annan viktig aspekt är att denna metod omöjliggör flera av de användningsområden som diskuterats tidigare, och att den kan göra ett liv-
 -ing-PSA-program svårarbetat.

7.2.4 Värdering av förutsättningar

Inom delprojektet har ett antal förutsättningar som gäller vid analys av brand studerats. Några exempel på förutsättningar som förekommer vid analys av rumshändelser ges i tabell 7.3-1.

<p>Typ och lokalisering av inledande händelse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vilken karaktär får den inledande händelsen (t.ex. hur stort blir utflödet från ett rörbrott som medför översvämning)? • Var inträffar branden/översvämningen? • Vilka utrymmen inkluderas i analysen? 	<p>Typer av transienter efter inledande händelse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inträffar transient eller ej? • Vilken transient fås? • Tidsskala, d.v.s. hur snabbt aktiveras system efter att rumshändelsen börjat
<p>Bestämning av frekvens för inledande händelser</p> <ul style="list-style-type: none"> • Val av källor för frekvensuppskattning • Bearbetning av källorna <ul style="list-style-type: none"> • Tolkning av generiska data • Anpassning av generiska data till en specifik anläggning • Anpassning av total brandfrekvens till specifika rum med olika metoder, t.ex. <ul style="list-style-type: none"> • Berrys metod • Komponentbaserat • Metod för identifiering och hantering av transienta antändningskällor och brännbart material (brand) • Hantering av underhållsrelaterade utflödesscenarier (översvämning) 	<p>Rums- och anläggningspåverkan på kort sikt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tidsaspekter <ul style="list-style-type: none"> • När inträffar händelsen • När inträffar transient • Hur påverkas system- och komponentstatus av tidsaspekter • Komponentpåverkan i rummet <ul style="list-style-type: none"> • Vilka komponenter påverkas av rumshändelsen • Hur påverkas komponenter av rumshändelsen • Grad av ödeläggelse <ul style="list-style-type: none"> • Brandbekämpning • Inverkan från brandbelastning • Brandfysikalisk analys • Hantering av transient brandbelastning • Komponentpåverkan utanför rummet <ul style="list-style-type: none"> • Direkt påverkan <ul style="list-style-type: none"> • Sker brandspridning? • Grad av ödeläggelse • Brandbekämpning • Brandfysikalisk analys • Indirekt påverkan • Kartläggning av rumsberoenden
<p>Rums- och anläggningspåverkan på lång sikt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spridning (brand) <ul style="list-style-type: none"> • Brandcellsindelning • Spridning mellan rum inom brandcell • Spridning (översvämning) <ul style="list-style-type: none"> • Kartläggning av flödesvägar • Miljöpåverkan via brandvatten (även vid släckt brand) • Kreditering av recovery 	

Tabell 7.3-1 Exempel på förutsättningar i en brand-PSA

Valet av förutsättningar påverkar tolkningen av resultaten. Enligt diskussionen i avsnittet om jämförbarhet gäller detta särskilt vid jämförelse mellan analyser av händelser som är i grunden olika, såsom transienter och brand inom anläggningen.

För att mera i detalj diskutera möjligheterna att uppnå tillräcklig jämförbarhet mellan analyser har fem förutsättningar som måste hanteras i en brand-PSA valts ut för ett detaljerat studium:

1. Frekvens för begynnande brand
2. Fördelning av frekvensen på olika anläggningsdelar

3. Frekvens för misslyckad automatisk brandbekämpning
4. Manuell brandbekämpning innan övertändning/rökgasexplosion
5. Brandspridning

7.2.5 Slutsatser

PSA i Sverige utvecklas för närvarande snabbt, och befintliga studier kompletteras och fördjupas som ett led i uppdateringar inom ASAR-90-programmet. Trots detta finns det fortfarande ett antal problem som försvårar effektiv användning av dagens svenska PSA och deras resultat. Några av de viktigaste är:

- Det finns i befintliga PSA en stark betoning av ett fåtal användningsområden, och vissa relevanta användningsområden är ej beaktade alls
- I många fall verkar önskade framtida användningsområden inte ha fått styra PSA-arbetet i tillräcklig utsträckning, med följden att även i studierna uttalade mål kan vara svåra eller omöjliga att uppnå
- Hittills har användningen av PSA efter genomförandet varit begränsad. I pågående uppdateringar finns dock generellt högre ambitioner.
- Man har i hittills genomförda PSA nästan genomgående arbetat med separata mål för olika PSA-delar (t.ex. inre \Leftrightarrow yttre händelser eller nivå 1 \Leftrightarrow nivå 2), vilket försvårar eller omöjliggör resultatjämförelse och begränsar antalet användningsområden. Ofta bedrivs delanalyserna dessutom som separata projekt, med otillräcklig samordning av gemensamma delar.
- Nästan genomgående har alltför begränsade resurser lagts på tolkning och presentation av resultat.

Det följande är några av projektets slutsatser:

- Önskade användningsområden för en PSA måste bestämmas tidigt - i planeringen av analysen - eftersom detta styr mycket av hur analyserna och deras resultat måste utformas.
- Tidigare har man ofta hanterat osäkerheter genom att införa avsiktliga konservatism i analysen (för att riskmässigt ligga på den säkra sidan). Jämförbarhet förutsätter dock realism, vilket innebär att osäkerheter måste uttryckas kvantitativt i modellen. Således krävs osäkerhetsanalyser.
- Jämförbarhet är möjlig, d.v.s. analyser och deras resultat kan utformas på ett sådant sätt att resultat från olika delanalyser kan jämföras numeriskt.
- De skillnader som försvårar jämförelse till stor del är valda, och kan därmed undanröjas genom att bättre anpassa analysförutsättningarna.
- Jämförbarhet förutsätter att alla viktiga förutsättningar identifieras, presenteras och värderas. De måste också ha valts på ett sådant sätt att inga onödiga skillnader byggs in i analyserna.

8 Pågående och planerade analyser

Sammanställning av pågående och planerade PSA analyser genomförs av SKI. Sammanställningen omfattar dels analysläge enligt tabell 8-1 och dels en resultatsammanställning enligt tabell 8-2. Tabellerna nedan utgör ett utdrag från en sammanställning utförd 1995. En uppdatering av tabellen planeras genomföras inom kort. Sammanställningen som finns i sin helhet att hämta på SKI.

FIL: RUS-Smst

TABELL 3: Analysstatus för svenska KK, där HS varit sluttillstånd.

K-Klar BK-Beräknas klar
P-Påbörjad EA-Ej aktuell att utf.
EP-Ej påbörjad BA-Begränsad analys

Typ av analys (IH)	Grundstud. år	Känsi.anal. år	Osäk.anal. år	LPSA år	Level 2	Annan appl.	Källa / Anmärkning / Påverkan / ..
LOCA	P-96	P-96	P-96	P-96	EP-97		Oskarshamn 2
Transienter	P-96	P-96	P-96	P-96	EP-97		Oskarshamn 2
Intern brand	P-96	P-96	P-96	P-96	EP-97		Oskarshamn 2
Intern översvämning	P-96	P-96	P-96	P-96	EP-97		Oskarshamn 2
Interna missiler	EP-97	EP-97	EP-97	EP-97	EA		Oskarshamn 2
Tunga lyft	EP-97	EP-97	EP-97	EP-97	EA		Oskarshamn 2
RT brott	EA	EA	EA	EA	EA		Oskarshamn 2, vedertagen restrikt
Revisions PSA	EP-98	EP-98	EP-98	EP-98	EA		Oskarshamn 2
PSA lågeffekt	P-96	P-96	P-96	P-96	EP-97		Oskarshamn 2
CCI analyser	P-96	P-96	P-96	P-96	EP-97		Oskarshamn 2
Externa rörbrott	EP-97	EP-97	EP-97	EP-97	EP-98		Oskarshamn 2
Jordbävning	EP-97	EP-97	EP-97	EP-97	EP-98		Oskarshamn 2
Flygplans störning	EA	EA	EA	EA	EA		Oskarshamn 2, LUTAB utredningen
Kall övertr. av RT	P-96	P-96	P-96	P-96	EP-97		Oskarshamn 2
Varm övertr. av RT	P-96	P-96	P-96	P-96	EP-97		Oskarshamn 2
Ångled. brott	EA	EA	EA	EA	EA		Oskarshamn 2, ingår i Externa rörbrott
RAMA system	EA	EA	EA	EA	EA		Oskarshamn 2, ingår i samtliga analyser
Rörbrotts-PSA	P-96	P-96	P-96	P-96	EP-97		Oskarshamn 2. Rörbrottsfrekvenser, tids- och provningsberoende

Tabell 8-1 Analysstatus för svenska PSA analyser (O2, 1995).

Typ av analys	Fördelning < 1%	Fördelning 1-10%	Fördelning 10-100%	Ej analyserad i anl.	Källa / Anmärkning
LOCA		x			F1/F2: A, S1, S2
Transienter			x		F1/F2: 77% av HS frek.
Y-LOCA			x		F1/F2: 14% av HS frek.
RT-brott		x			F1/F2: Från Wash-1400
CCI:er		x			F1/F2: Ej FT modellerade
Flygplansstörning	x				F1/F2: Ej FT modellerad
LOCA		x			F3, A, S1
Transienter			x		F3, 80% av HS frek.
Y-LOCA	x				
RT-brott		x			F3, Från Wash-1400
CCI:er		x			
Flygplansstörning	x				F3, Ej FT modellerad
Jordbävning	x				F3, Ej FT modellerad
LOCA		x			Avser O1, O2, O3
Transienter			x		Avser O1, O2, O3
Y-LOCA	x				O1, O2, O3. Analys utförd inom VMAN. Kons.an. -92+ uppd -94/95 betr. oisolerade brott
RT-brott				O1, O2, O3	
CCI:er			x	O2, O3	Avser O1
Flygplansstörning	x				Avser O1, O2, O3
Jordbävning				O1, O2, O3	
Brandanalys		x		O2, O3	Avser O1
Översvämningan.		x		O2, O3	Avser O1
Missiler				O1, O2, O3	
Tunga lyft	x			O2, O3	Avser O1

Tabell 8-2 Relativ fördelning av HS bidrag. (1995)

9 Dokumentation

Rapporter inom projektet har producerats med hjälp av flera olika typer av ordbehandlingsprogram. Bilder, tabeller och figurer har lagrats i diverse olika format. För att undvika problem vid anpassning till olika ordbehandlingsprogram har slutdokumentationen konverterats till ett elektroniskt dokumentformat, Adobe Acrobat Portable Document Format (PDF). Det elektroniska dokumentformatet PDF möjliggör snabb förflyttning mellan rapporter och inom enskilda rapporter.

Förflyttning mellan rapporter sker alltid via en sammanlänkande översiktssida enligt figur 9-1.

The image shows a screenshot of the Project YH website. At the top, there is a navigation bar with a logo 'YH' on the left and several menu items: 'HEM', 'UPP', 'NÄSTA', 'INDEX', and 'SÖK'. Below this, a secondary navigation bar contains 'INTRO', 'VOLYM 1', 'VOLYM 2', 'VOLYM 3', 'VOLYM 4', and 'HJÄLP'. The main content area is titled 'Projekt Yttre Händelser' and features a sub-header 'Ett Hjälpverktyg för Probabilistisk Analys av Yttre Händelser'. The content is organized into sections: 'Version 1.00', 'Volym 1. Inledande Händelser' (with sub-items: Definitioner av Yttre Händelser, Gallringsmodeller, Frekvenser), 'Volym 2. Modelleringsverktyg' (with sub-items: Brand, Översvämning, Ångfrigörelse, Övriga Inledande händelser), 'Volym 3. Komponenters växelverkan och rumsberoende' (with sub-item: Metoder för kartläggning av säkerhetskomponenters rumsberoende), and 'Volym 4. Projekt organisation' (with sub-items: Projektbeskrivning, Avtal). A section titled 'Detta dokumenthanteringsverktyg ...' includes a note: 'Detta dokumenthanteringsverktyg hjälper dig runt bland alla rapporter som producerats inom projekt YH. Klicka bara på någon av de blå fälten för mera information...'. The logo for 'ES-konsult ENERGI OCH SÄKERHET AB' is visible in the bottom left corner.

Figur 9-1 Projekt YH hemsida

Det elektroniska dokumentet är förberett med ett antal bokmärken vilket tillåter läsaren att snabbt hoppa mellan olika ställen i rapporterna och därigenom erhålla snabb tillgång till data.

10 Referenser

1. R U S - Säkerhetsanalyser, SKI UA-89:9, 1989-2-18, Ver 93, Gunnar Johanson IPS AB, Anders Angner RELCON AB.
2. Projekt Super ASAR, SKI Tecnicl report 90:04, 1990 01-17, Gunnar Johanson IPS AB.
3. En förstudie inför projekt - yttre händelser, ES-92:10, September 1992, Anders Angner ES-konsult Energi och Säkerhet AB.
4. Projektbeskrivning - Yttre Händelser, ES-94:14, April 1994, Anders Angner ES-Konsult Energi och Säkerhet AB.
5. Avtal mellan samarbetspartners inom projekt yttre händelser. Juli 1994.
6. Inledande Händelser Identifiering och gruppering, ES Rapport 05/95, April 1995, Anders Angner, ES-konsult Energi och Säkerhet AB.
7. X-Boken Inledande händelser vid nordiska kärnkraftverk Yttre Händelser, Version 1, PCRep96-2, Augusti 1996, Anders Angner ES-konsult Energi och Säkerhet AB, Kurt Pörn Pörn Consulting.
8. X-Boken Inledande händelser vid nordiska kärnkraftverk Yttre Händelser, Version 2, SKI Rapport 97:37, November 1997, Kurt Pörn, Pörn Consulting. (OBS endast som koncept, se vidare referens 25).
9. SKI- projekt Yttre händelser - Fas 2. Skattning av brandfrekvenser per anläggning och anläggningsdel, SKI Rapport 96:65, Augusti 1996, Kurt Pörn, Pörn Consulting.
10. Skattning av utflödesfrekvenser per anläggning och system - SKI Rapport 97-36, Kurt Pörn, Pörn Consulting.
11. SKI-projekt Yttre Händelser Skattning av udda händelsers frekvens Statistiska modeller, PCRep95-1, Mars 1995, Kurt Pörn, Pörn Consulting,
12. Gallringsmodeller för yttre händelser, ES-9503m061, 1995-03-20, Jerry Jönsson, Sydkraft Konsult AB.
13. Metodbeskrivningar för brandanalys baserat på probabilistiska metoder, RELCON 18/95, 95-03-15, Jan Tomas Bergström, Relcon AB.
14. Realistisk modellering av brandförlopp, RELCON-95133/002, 1996-07 12, Jan Tomas Bergström, Relcon AB.
15. Metodbeskrivning: Analys av manuella ingrepp vid en brand, RELCON-95133/003, 1996-07-12, Per Holmgren, RELCON AB.
16. SKI-projekt, Yttre Händelser, Realistisk modellering avbrandförlopp, Brandfysikaliska beräkningar samt feldata för brandskyddssystem, ES-9512m028, 1996-07-08, Fredrik Jörud Sydkraft Konsult AB.

17. SKI-projekt Yttre händelser Inventering av översvämnings- och ångfrigörelseanalys, GES 19/95, 1995-03-20, Anders Forss, Urban Boström, Vattenfall Energisystem AB.
18. Projekt yttre Händelser etapp 3, ”Komponentpåverkan vid vatten/ångutflöde efter rörbrott”, Lars Berglund Urban Boström Rolf Kanefall Tomas Söderlund, Vattenfall Energisystem Rapport GES 154/97.
19. SKI-projekt "Yttre Händelser" Metoder för kartläggning av säkerhetskomponenters rumsberoenden, MK9524, Mars 1995, Michael Knochenhauer, Logistica Consulting AB.
20. SKI-projekt ”Yttre händelser” Riktlinger för kartläggning av säkerhetsfunktioners rumsberoenden, MK9624, september 1996, Michael Knochenhauer, Logistica Consulting AB.
21. Knochenhauer, M., Mapping of Component Dependencies for the Analysis of External Events. PSAM III, Probabilistic Safety Assessment and Management, Heraklion, Grekland, 20-24 juni 1996.
22. Knochenhauer, M., Komponenters rumsberoenden - Analys av testfall, Rapport Impera-K MK9715
23. Knochenhauer, M., Handbok - Principer för komponentmodellering vid analys av rumshändelser, (Projektår 3), Rapport Impera-K MK9743
24. Resultatpresentation och tolkning - Rapport Impera-K MK97??
25. Statusbeskrivning av delprojekt: Utflödesfrekvenser och annan komplettering av inom projekt Yttre Händelser – Projektår 3, PC PM97_13, oktober 1997, Kurt Pörn, Pörn Consulting.