

Forskning

Branddataprojektet

Genomförande och resultat

Anders Angner

Maj 2003

SKI PERSPEKTIV

Bakgrund

I de tidiga PSA-studierna utarbetades data för brandfrekvenser från fall till fall. Den statistiska bearbetningen av nordiska branddata startade på allvar inom Yttre Händelseprojektet (YH). Den statistiska redovisningen dokumenterades sedan i X-Boken [X-Boken, Version 1, Inledande händelser vid nordiska kärnkraftverk, Yttre händelser, 1996]. I slutskedet av Yttre Händelseprojektet genomfördes en utökad kategorisering av X-Bokens brandincidenter [Yttre händelser. Från pilotbrand till säkerhetsrisk – Kvalitativ genomgång av rapporterade bränder i X-Boken, 1997]. Genomgången resulterade i ett antal intressanta iakttagelser avseende brändernas konsekvenser på anläggningen. Endast ett fåtal bränder har resulterat i någon större konsekvens. Endast ett mindre antal av bränderna har föranlett att anläggningen snabbstoppats. X-Boken hann aldrig bli kompletterad med denna information. En önskan att förbättra redovisningen av brandstatistiken har därför framförts av kraftindustrin.

SKI:s syfte

SKI:s syfte med detta forskningsprojekt är att redovisa de aspekter som är viktiga att dokumentera och beakta vad avser brandtillbud och brand för att kunna skapa en ännu bättre erfarenhetsåterföring av denna typ av händelser.

Resultat

De allra senaste brandfrekvenserna redovisas i rapporten för branduppkomst vid nordiska kärnkraftverk och baserat på data som finns tillgänglig för statistisk bearbetning.

Antalet brandhändelser av allvarlig natur är mycket få. Antalet obefogade larm är stort. De obefogade larmen är, av flera anledningar, ekonomiska och säkerhetsmässiga, önskvärda att undvika.

Eventuell fortsatt verksamhet inom området

En breddning av analysunderlaget har initierats via ett internationellt forskningsprojekt, som drivs via OECD i Paris (OECD FIRE projektet). Nationellt har en speciell arbetsgrupp etablerats våren 2002, den s.k. Nationella Brandsäkerhetsgruppen (NBSG), vars syfte är bl.a. stöda svenskt deltagande i OECD FIRE projektet med datainsamling och klassning.

Effekt på SKI:s verksamhet

Resultatet från detta forskningsprojekt har utmynnat dels i observationer som föranlett SKI att vara pådrivande i bl.a. PSA-studier för brand, synpunkter att beakta och driva i NBSG.

Projektinformation

SKI:s projekthandläggare: Ralph Nyman

Projektnummer: 00026

Dossié-diarienummer: 14.2-991406

Forskning

Branddataprojektet

Genomförande och resultat

Anders Angner

ES-konsult AB
Gustavslundsvägen 151 G
167 51 Bromma

Maj 2003

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

Innehållsförteckning

<u>1</u>	<u>BAKGRUND</u>	7
<u>2</u>	<u>GENOMFÖRANDE</u>	8
<u>3</u>	<u>KATEGORISERING AV HÄNDELSER</u>	9
<u>4</u>	<u>TILLBUD RÖK</u>	11
<u>5</u>	<u>TILLBUD BRAND</u>	13
<u>6</u>	<u>KRAFTIG RÖK</u>	16
<u>7</u>	<u>BRAND</u>	17
<u>7.1</u>	<u>ANTAL HÄNDELSER PER ANLÄGGINGSDEL</u>	18
<u>7.2</u>	<u>ANTAL HÄNDELSER PER RUMSTYP</u>	18
<u>7.3</u>	<u>ANTÄNDNINGSKÄLLA</u>	19
<u>7.4</u>	<u>PÅVERKAN PÅ DRIFTLÄGE</u>	19
<u>7.5</u>	<u>SLUTSATSER</u>	19
<u>8</u>	<u>VÄRDERING AV BERRYS METOD</u>	21
<u>9</u>	<u>BRANDFREKVENSER</u>	24
<u>9.1</u>	<u>STATISTISK MODELL OCH METOD</u>	24
<u>9.2</u>	<u>FREKVENSER FÖR BRAND</u>	25
<u>10</u>	<u>GENERELLA SLUTSATSER</u>	41
<u>11</u>	<u>REFERENSER</u>	42

1 BAKGRUND

I de tidiga PSA-studierna utarbetades data för brandfrekvenser från fall till fall. Den statistiska bearbetningen av nordiska branddata startade på allvar inom Yttre Händelseprojektet (YH). Den statistiska redovisningen dokumenterades sedan i X-Boken [1]. I slutskedet av YH projektet genomfördes en utökad kategorisering av X-Bokens brandincidenter [2]. Genomgången resulterade i ett antal intressanta iakttagelser avseende brändernas konsekvenser på anläggningen. X-Boken hann aldrig uppdateras med denna information. En önskan att förbättra redovisningen av brandstatistiken har därför framförts av kraftindustrin. Under ett kraftverksgemensamt möte beslöts [3] att en projektbeskrivning [4] för ett projekt med målsättning att utöka redovisningen av branddata skulle tas fram. Den utökade redovisningen omfattar både själva händelsebeskrivningarna och datainsamlingsperioden. Beställning från samtliga finansiärer (kraftbolag 75 %, SKI 25%) inkom Mars 2000.

2 GENOMFÖRANDE

Arbetet startade med att skapa en mall för hur alla incidenter skulle beskrivas och lagras. Utformning av denna kategoriseringsmall för beskrivning av brandhändelser fastställdes efter en omfattande remissomgång. Samtliga kommentarer har sammanställts, se vidare [5]. Begäran om branddata för perioden från och med 1996 till och med 1999 sändes ut juni 2000. Stödet består i insamling och i viss mån bearbetning av data. De dokument som utgör rådata är i huvudsak lokala brandstyrkans utryckningsrapporter, driftens loggböcker och i vissa fall (större bränder) specifika rapporter (årsrapporter eller andra specifika analyser av händelsen). Informationen tillsändes sedan ES, se sammanställningen nedan. All relevanta dokument har lagrats som PDF filer. Detta steg var klar under september 2000.

Anläggning	Insamlingsprocedur	Dokumentation
B1/B2	Kontroll av insatsrapporter 96 – 00. Klassning utförd av Barsebäck. Sparad på gammal ”X-Boksblankett”.	PDF fil av X-Boksblankett.
F1/F2/F3	Identifiering av ”brandrelaterade” insatsrapporter 96 – 00. Samtliga rapporter (även falska larm) tillsända ES. Klassning av ES.	Samtliga rapporter 96-00 som PDF.
O1/O2/O3	Kontroll av insatsrapporter 96 – 00. Relevanta rapporter tillsända ES. Klassning av ES.	Relevanta insatsrapporter 96-00 som PDF.
R1/R2/R3/R4	Samtliga ”brand” insatsrapporter (falska och relevanta) tillsända ES. Klassning av ES.	Samtliga ”brand” insatsrapporter 96-00 som PDF.
TVO1/TVO2	Gammal X-Boksdata utnyttjad.	

Sammanställning, datainsamling

Parallellt med datainsamlingen skapades en databas [7] i access som anpassats till fastlagd kategoriseringsmall [6]. Utryckningsrapport skrivs så fort den interna räddningstjänsten ryckt ut. Det finns ett stort antal utryckningsrapporter initierade av att detektorer löst ut av annan anledning än brand (exempelvis, ångläckage, slipdamm, vibrationer, mm.). Denna typ av händelse har lämnats utanför branddatabasen men finns (med varierande täckningsgrad) dokumenterade som PDF filer. Ansvariga personer ur räddningsstyrkan har besökts. Avsikten med besöken, var förutom en presentation av databasen som sådan, att kvalitetssäkra beskrivningen av de bränder som bedömts vara allvarligare.

Projektets resultat har sammanställts genom denna SKI rapport, samt följande rapporter:

- Nordiska kraftreaktorers branddatabas Kvantitativa och kvalitativa resultat, Anders Angner, Kurt Pörn, 2001-01-08. [8]
- Kärnkraftindustrins Branddatabas – Projektredovisning, Anders Angner, 2001-11-29. [9]

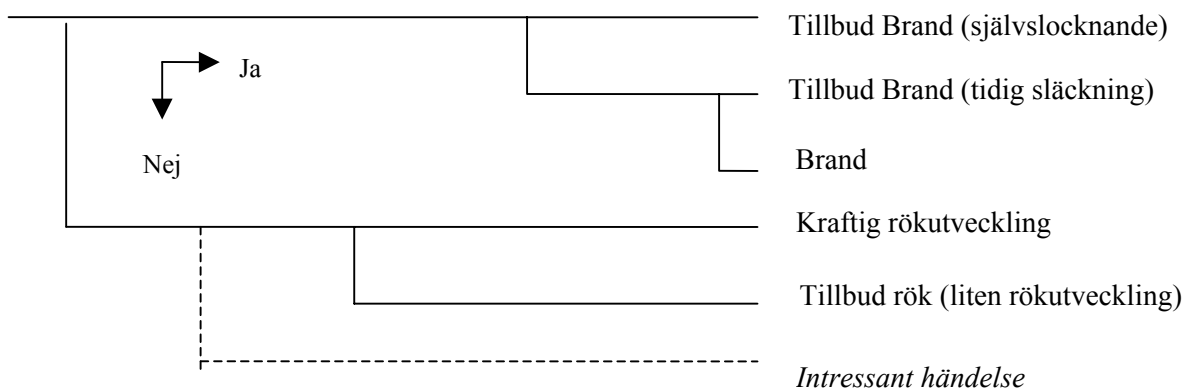
All information har lagrats på CD.

3 KATEGORISERING AV HÄNDELSER

Denna rapport innehåller en redovisning av information som lagrats i den nordiska kärnkraftindustrins branddatabas version 2. Redovisningen omfattar rapporterade brandhändelser från anläggningsstart fram till och med år 1999.

Redovisningen omfattar de olika typer av tillbud och bränder som definieras med hjälp av figur 1 nedan. Händelseklass ”brand” kan jämföras med ”begynnande brand” som definierades i X-Boken version 1, dock med den skillnaden att bränder med omedelbar släckning nu klassificeras som tillbud. Detta för att på ett bättre sätt återspegla inledande händelsen ”begynnande brand” i PSA analysens brandhändelsesträd.

Antändning	Rökutveckling	Kraftig rök	Brandens självslocknar	Tidig/manuell släckning
------------	---------------	-------------	------------------------	-------------------------



Figur 1. Kategorisering av brandtillbud

Antändning sker då en antändningskälla kommer i kontakt med bränsle som har en lägre antändningstemperatur än antändningskällan, förutsatt att syre finns tillgängligt. Om antändning sker så uppstår en pilotbrand. En pilotbrand kan beskrivas som en brand med synlig låga inte större än en tändstickslåga.

Tillbud Brand (självslocknande) - Branden kan självslockna av två olika anledningar, nämligen brist på syre eller bränsle. Om branden självslocknar i ett tidigt skede utan att den vållat skada, så kategoriseras den som tillbud brand (självslocknande). Om branden självslocknat först efter det att den vållat skada skall den kategoriseras som en brand.

Tillbud Brand (tidig släckning) – Vid upptäckt i pilotstadiet kan vidare förbränning förhindras genom en enkel släckinsats av ordinarie personal med hjälp av handbrandsläckare eller liknande. Brandens varaktighet är bara någon minut.

Brand - Om pilotbranden inte självslocknar eller släcks på ett tidigt stadium (i princip direkt) definierats händelsen som ”brand”. Släckning av en sådan brand sker ofta av lokal eller extern brandstyrka eller av automatiskt släcksystem. Denna brand har potential att utvecklas till en fullt utvecklad brand. En fullt utvecklad brand innebär att en relativt stor andel av brandbelastningen i rummet är involverad i branden. Den allvarligaste formen av fullt utvecklad brand är övertändning eller brandgasexplosion.

Rök - Även händelser där ingen antändning skett (ingen öppen låga) utan enbart omfattar rökutveckling har registrerats i branddatabasen. Dessa händelser har indelats i två kategorier tillbud rök och kraftig rökutveckling. Med kraftig rökutveckling avses händelser där hela rum rökfylts.

Intressant händelse - Händelser som varken omfattar rök eller brand kan i vissa fall vara intressanta att dokumentera på grund av andra orsaker. Som exempel på sådana händelser kan nämnas utsläpp av vätgas (explosionsrisk), oljeläckage eller identifierade brister i brandlarmsystem.

4 TILLBUD RÖK

Denna typ av händelse är av relativt lindrig natur. Rök har rapporterats, ibland bara röklukt. Någon öppen låga har ej kunnat identifieras. Röken har föranlett brandlarm. Påverkan på anläggningens system och komponenter är ringa.

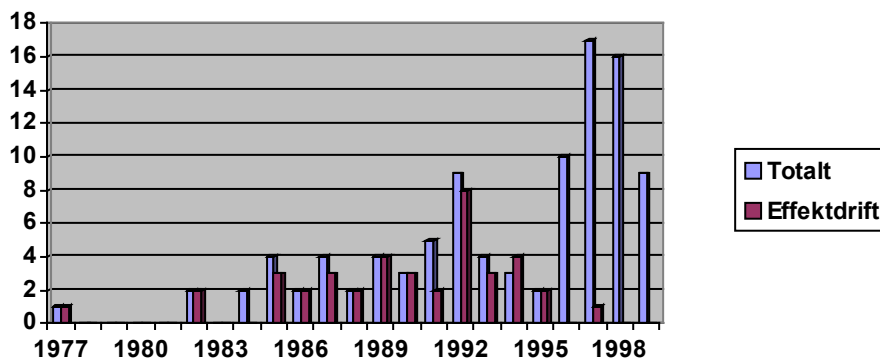
Beskrivningen av denna händelsetyp i utryckningsrapporterna är ofta mycket knapp, varför redovisningen i detta avsnitt är begränsad.

I tabell 1 redovisas antal registrerade ”tillbud rök” från anläggningsstart till och med år 1999. Av tabellen framgår även antal händelser där driftläget ej framgår av rapporteringen.

Anläggning	Effekt-drift	Rev	Driftläge oklart
Barsebäck 1	10	4	0
Barsebäck 2	2	2	0
Forsmark 1	6	4	11
Forsmark 2	5	2	5
Forsmark 3	2	0	3
Oskarshamn 1	4	0	4
Oskarshamn 2	2	1	4
Oskarshamn 3	3	0	2
Ringhals 1	3	0	3
Ringhals 2	0	4	9
Ringhals 3	0	0	1
Ringhals 4	1	0	2
TVO 1	2	0	0
TVO 2	1	1	0
Totalt	40	18	44

Tabell 1. Tillbud rök - Antal händelser per anläggning och driftperiod

I figur 2 redovisas antalet tillbud per år. Tillbud från alla 14 block har summerats.



Figur 2. Tillbud rök – Antal händelser/driftläge/årsvis

- Antalet rapporterade händelser där driftläget ej redovisats är stort. Någon skillnad mellan antalet tillbud under revision respektive effektdrift är därför svår att avläsa.
- Beskrivning av bakomliggande orsak till röken mm är oftast dålig i insatsrapporterna. Händelsen är ej så allvarlig varför beskrivningen oftast blir väldigt kort. Någon detaljerad redovisning är därför ej möjlig att presentera.
- Det totala antalet tillbud synes öka något. Man bör dock hålla i minnet att från och med 1996 har granskningen av bakgrundsdata (insatsrapporter, utryckningsrapporter) varit i det närmaste heltäckande. För perioden fram till 96 baseras underlaget på X-Boksdata. Mindre allvarliga händelser som ”Tillbud rök” har i stor utsträckning lämnats utanför X-Bokens datainsamling.

5 TILLBUD BRAND

Utgörs av en händelse där antändning inträffat (eller sannolik antändning). Oftast har liten låga registrerats. Branden har dock ej utvecklats utan självslocknat eller släckts manuellt direkt (minutskalan). Brandtillbuderna resulterar normalt i ingen eller obetydlig påverkan på anläggningens system.

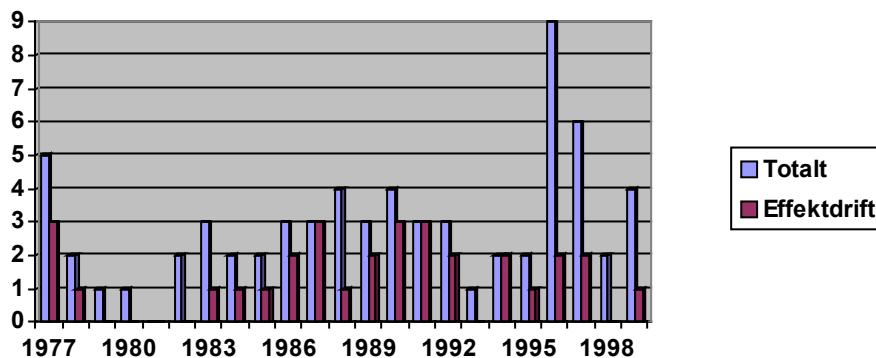
Märk att utan snabb släckinsats kan även tillbud utvecklas till bränder. En fungerande tillbudsrapportering är därför önskvärd.

I tabell 2 redovisas antal registrerade ”tillbud brand” från anläggningsstart till och med år 1999.

Anläggning	Effekt-drift	Rev	Driftläge oklart
Barsebäck 1	4	5	0
Barsebäck 2	1	2	0
Forsmark 1	2	0	1
Forsmark 2	0	0	1
Forsmark 3	0	0	2
Oskarshamn 1	1	4	1
Oskarshamn 2	4	3	2
Oskarshamn 3	2	0	0
Ringhals 1	4	4	5
Ringhals 2	1	5	1
Ringhals 3	1	0	0
Ringhals 4	1	0	0
TVO 1	4	2	0
TVO 2	1	3	0
Totalt	26	28	13

Tabell 2. Tillbud brand - Antal händelser per anläggning och driftperiod

I figur 3 redovisas antalet tillbud brand för olika driftlägen och år. Tillbud från alla block har summerats.

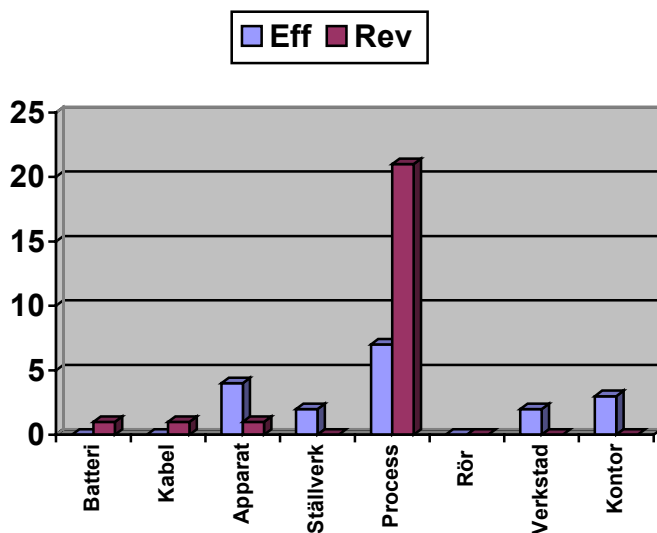


Figur 3. Tillbud brand – Antal händelser/driftläge/årsvis

Det finns anledning att tro att rum med likartad utrustning har snarlika branduppkomstfrekvenser. Redovisningen nedan har därför indelats i olika rumstyper. Anläggningens alla rum kan, beroende av innehåll och funktion, grovt delas in i följande kategorier:

- Kabelutrymme – Innehåller omfattande mängder av olika typer av kablage. Exempel på sådana rum är kabelkulvert, kabelschakt, kabelkorridor (kulvert).
- Apparaturum – Innehåller relativt stort antal kontrollskåp. Exempel på sådana rum är relärum, kontrollrum eller lokala elrum.
- Ställverksrum – Innehåller brytare, omformare, skenor, fördelningcentraler, transformatorer, mm.
- Processrum – Innehåller pumpar, ventiler, mekanisk utrustning.
- Batterirum – Innehåller batterier.
- Rörutrymme – Mestadels passiv utrustning såsom rör, värmeväxlare mm.
- Verkstad – Utrymme för mekaniskt underhåll.
- Personalutrymme – Kontor, omklädningsrum, mm

I figur 4 redovisas antalet tillbud fördelat per drifttillstånd och rumstyp. Rumsklassificeringen i branddatabasen är mera detaljerad än grupperingen ovan varför sammanslagningar av rumsklasser utförts i figuren.



Figur 4. Tillbud brand – Händelser per rumstyp

Beskrivningen av brandtillbud i uttryknings (insats-) rapporterna är, liksom för händelsetyp ”tillbud rök”, oftast kortfattad. Följande slutsatser kan dock göras:

- Någon tydlig tendens vad avser antalet brandtillbud under revisions- eller driftperioden kan ej utläsas. Möjligen kan sägas att antalet tillbud under effektdrift minskar något. För att få en korrekt indikation om trender måste även hänsyn tas till ackumulerad drift- och revisionstid. Från och med 1986 är årsvis ackumulerad drift- och revisionstid relativt stabil (1986 startar sista blocken).

- Under revision sker de flesta brandtillbud i processrum inom turbinbyggnaden, vilket inte är så förvånande.
- Fördelningen av brandtillbud över olika rumstyper är ”jämnare” under effektdrift.
- Under effektdrift har inga tillbud inträffat i batteri- eller kabelutrymmena. Detta är intressant med tanke på den tidigare utnyttjade höga branduppkomstfrekvensen för dessa rum.

Det totala antalet tillbud bör vara större än antalet ”riktiga” bränder. Så är inte fallet i denna redovisning. Den troliga orsaken till detta är att alla tillbud ej fångats upp.

6 KRAFTIG RÖK

Med kraftig rökutveckling avses tillbud där hela rum blivit rökfyllda. Själva branden (brandhärden) är i sig helt obetydlig, om ens andtändning skett.

Kraftig rökutveckling kan förorsaka skador på främst elektronik. Omfattande saneringsåtgärder kan komma att behövas.

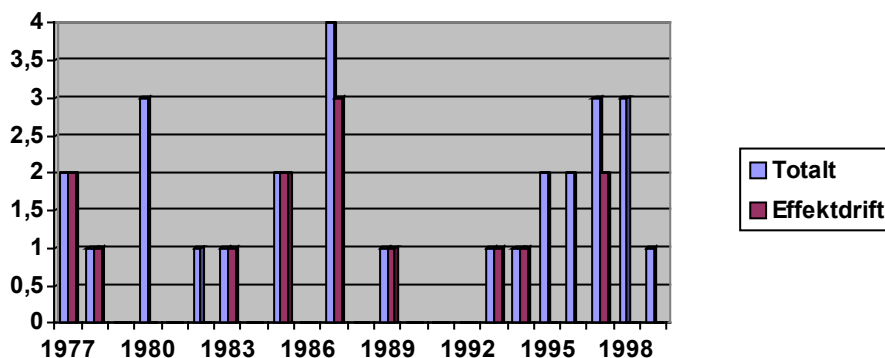
Självfallet kan flera händelser under kategori ”brand” också ha utvecklat kraftig rök, men enligt kategoriseringsmallen är sådana händelser registrerade i databasen enbart som ”brand”.

I tabell 3 redovisas antal händelser med kraftig rökutveckling.

Anläggning	Effekt-drift	Rev	Driftläge oklart
Barsebäck 1	2	1	0
Barsebäck 2	3	2	0
Forsmark 1	0	0	1
Forsmark 2	0	0	1
Forsmark 3	0	0	1
Oskarshamn 1	1	3	0
Oskarshamn 2	0	0	0
Oskarshamn 3	1	0	1
Ringhals 1	4	1	0
Ringhals 2	1	1	1
Ringhals 3	1	0	0
Ringhals 4	0	1	0
TVO 1	1	0	0
TVO 2	0	0	0
Totalt	14	9	5

Tabell 3. Kraftig rök - Antal händelser per anläggning och driftperiod

I figur 5 redovisas antalet händelser med omfattande rökutveckling för olika driftlägen och år. Händelser från alla block har summerats.



Figur 5. Kraftig rök – Antal händelser/driftläge/årsvis

7 BRAND

Branden har utvecklats till en synlig öppen låga. Brandens varaktighet är normalt mer än 5 minuter. Relativt omfattande manuell släckningsinsats har krävts. I vissa fall har fast installerad släckutrustning aktiverats.

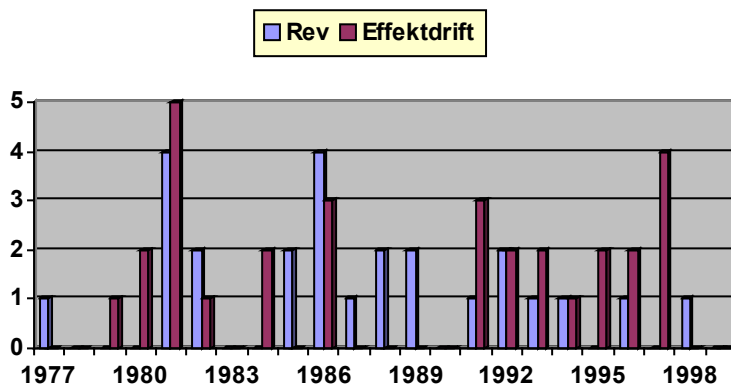
Händelsen innebär oftast att lokal brandstyrka aktivt tagit del i släckningsarbetet. Flera av bränderna har, till skillnad mot brandtillbud, föranlett påverkan på utrustning och i vissa fall även påverkat anläggningens driftläge.

I tabell 4 redovisas antal registrerade bränder från anläggningsstart till och med år 1999.

Anläggning	Effekt-drift	Rev	Driftläge oklart
Barsebäck 1	3	0	0
Barsebäck 2	1	2	0
Forsmark 1	3	5	0
Forsmark 2	4	3	0
Forsmark 3	2	0	0
Oskarshamn 1	1	2	0
Oskarshamn 2	1	0	0
Oskarshamn 3	2	0	0
Ringhals 1	5	1	0
Ringhals 2	3	2	0
Ringhals 3	2	1	0
Ringhals 4	0	0	0
TVO 1	1	7	0
TVO 2	2	2	0
Totalt	30	25	0

Tabell 4. Brand - Antal händelser per anläggning och driftperiod

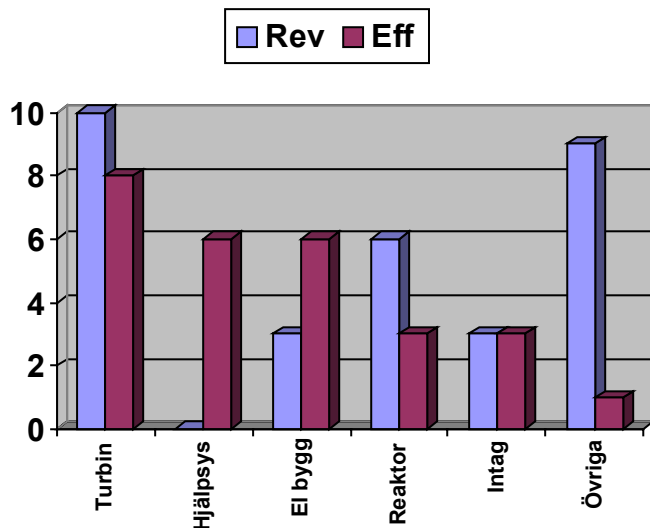
I figur 6 redovisas antalet bränder för olika driftlägen och år. Händelser från alla block har summerats. För att få en korrekt indikation om trender måste hänsyn även tas till årsvisa drift- och revisionstider. Från och med 1986 är årsvis ackumulerad drifttid och revisionstid relativt stabil (1986 startar sista blocken).



Figur 6. Brand – Antal händelser/driftläge/årsvis

7.1 ANTAL HÄNDELSER PER ANLÄGGINGSDEL

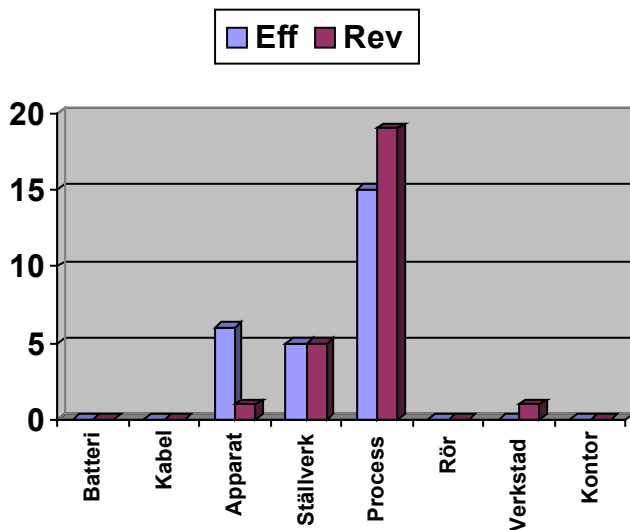
I figur 7 redovisas antalet bränder fördelat per drifttillstånd och anläggningsdel. Frekvensen för brand per anläggningsdel redovisas mera utförligt under avsnitt Brandfrekvenser.



Figur 7. Brand – Antal händelser/driftläge och anläggningsdel

7.2 ANTAL HÄNDELSER PER RUMSTYP

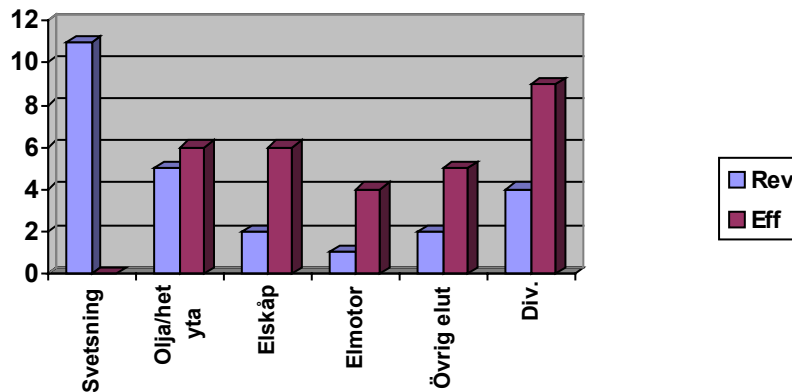
I likhet med redovisningen av “tillbud brand” visas nedan, figur 8, antalet bränder fördelat på olika typer av rum.



Figur 8. Brand – Antal händelser per rumstyp

7.3 ANTÄNDNINGSKÄLLA

Antändning sker först då en antändningskälla kommer i kontakt med bränslet. De mest frekventa antändningskällorna som resulterat i brand presenteras i figur 9.

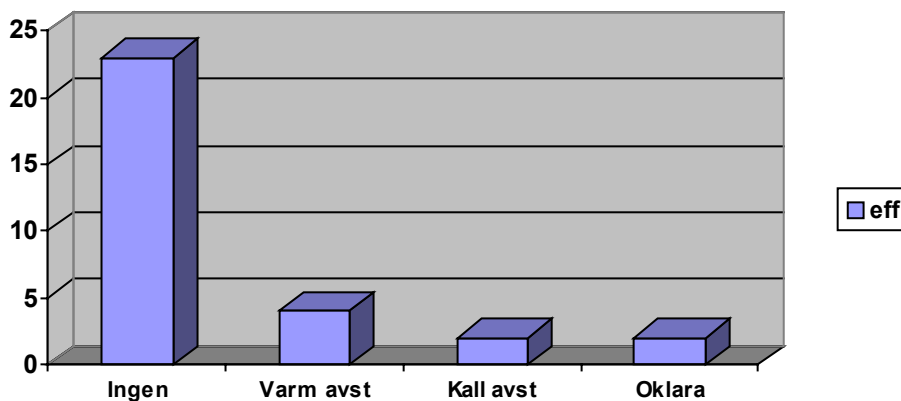


Figur 9. Brand och antändningskällor

Beräkning av rumsspecifika branduppkomstfrekvenser baseras i vissa PSA studier på antalet antändningskällor. Metoden kan karaktäriseras som en summa metod där varje specifik typ av antändningskälla bidrar till den totala brandfrekvensen.

7.4 PÅVERKAN PÅ DRIFTLÄGE

Bränder föranleder bara i undantagsfall förändring av anläggningens driftläge. Denna redovisning, figur 10, avser av naturliga skäl bara bränder utanför revisionsperioden.



Figur 10. Brandens påverkan på driftläge

7.5 SLUTSATSER

- Någon påtaglig tendens i antalet bränder under drift- eller revisionsperioderna kan ej utläsas.

- Inga bränder har inträffat i batteri- eller kabelutrymmena. Detta är intressant med tanke på den tidigare utnyttjade höga Brandtuppkomstfrekvensen för dessa rum. Notera även att endast ett par händelser “tillbud brand” har registrerats för dessa rum
- En dominerande brandstiftare (antändningskälla) under revisionsperioden är ”svetsarbeten”, vilket inte är så förvånande. Att även “olja möter heta rör” förekommer under revision beror av att upp- och nedgångsfaser i denna redovisning inkluderats i revisionsperioden. Oljeläckagen upptäcks ju först när rören värms upp och oljerök bildas/antänds.
- Processrum drabbas relativt sett ofta av brand. Andelen är speciellt hög under revision. Detta beror till stor del av arbeten i turbin- och reaktorbyggnad.
- Andelen bränder som föranleder påverkan på driftläge är relativt låg. De bränder som påverkar driftläget inträffar företrädesvis i turbinbyggnaden och elbyggnaden. Inga bränder som påverkat driftläget har inträffat i reaktor- och hjälpsystembyggnaderna.

8 VÄRDERING AV BERRYS METOD

Uppskattning av rumsspecifika branduppkomstfrekvenser sker idag oftast med hjälp av en metod som utvecklats av D.L. Berry, därav kallad Berrys metod (Berry & Minor, 1979). Metoden modifierades sedan något av S Rolandsson (1982).

Kritik har framförts beträffande metodens förmåga att ge en rimlig prediktion av branduppkomstfrekvensen. I denna rapport utförs därför en jämförelse mellan beräknat utfall och verkligt baserat på ny brandstatistik.

Metoden innebär att varje rum får ett betyg. Med hjälp av betyget kan man beräkna sannolikheten för uppkomst av brand.

Först beräknas sannolikheten (A) att antändningskällan och bränslet kommer i kontakt:

$$A=1-(1-A_1)*(1-A_2)*(1-A_3),$$

där A_1 är en faktor som beskriver hur ofta personal finns i rummet och hur närvaro av personal kan medföra att brand uppstår. Faktorerna A_2 och A_3 beskriver mängden mekanisk respektive elektrisk utrustning som kan vara brandstiftare.

Därefter beräknas en faktor B som är en uppskattning av sannolikheten att branden verkligen uppstår om antändningskällan kommer i kontakt med bränslet. Faktorn B bestäms indirekt av flampunkten hos ämnet.

Faktorerna C_1 och C_2 anger sedan möjligheten att upptäcka branden respektive att släcka den.

Faktorn F slutligen, som anger sannolikheten att branden självslocknar, är beroende av mängden bränsle som finns i utrymmet.

Med hjälp av dessa faktorer kan man sedan bestämma en relativ branduppkomstsannolikhet P_{rel} för varje rum enligt formel:

$$P_{rel} = A * B * (1-C_1*C_2) * (1-F) , \text{ där}$$

A = Sannolikhet att någon antändningskälla kommer i kontakt med brännbart material.

B = Sannolikhet att antändning sker

C_1 = Sannolikheten att branden upptäcks

C_2 = Sannolikheten att branden kan bekämpas

F = Sannolikheten att branden självslocknar.

I och med detta har rummen rangordnats sinsemellan m.a.p. sannolikheten för brand. För att få den absoluta branduppkomstfrekvensen kan P_{rel} utnyttjas för att fraktionera ut branduppkomstfrekvenserna per anläggningsdel vilka redovisas i denna rapport .

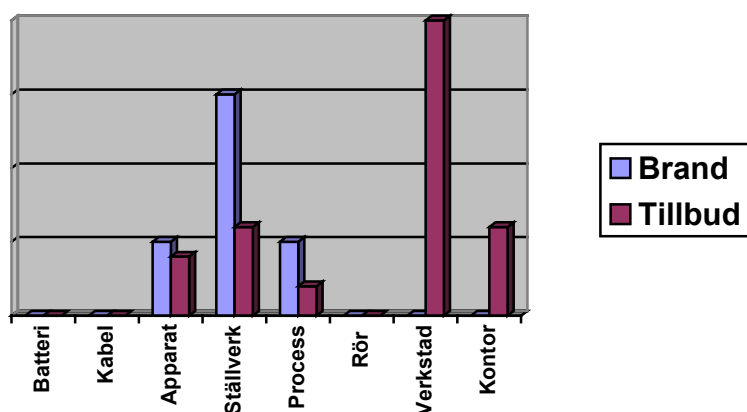
I tabell 5 nedan redovisas relativa branduppkomstfrekvenser (P_{rel}) för några typiska rum. P_{rel} är direkt proportionell mot sannolikheten för begynnande brand. P_{rel} har hämtats från B1/2 Brand PSA.

Tabellen omfattar även en redovisning av antalet tillbud och bränder under effektdrift för liknande typerum som registrerats i branddatabasen. Rangordningen av P_{rel} (via Berrys metod) och rangordning via verkligt utfall bör någorlunda överensstämma. Om inte, kan det bero av två saker 1) underlaget i databasen är för litet eller 2) Berrys metod ger felaktigt resultat.

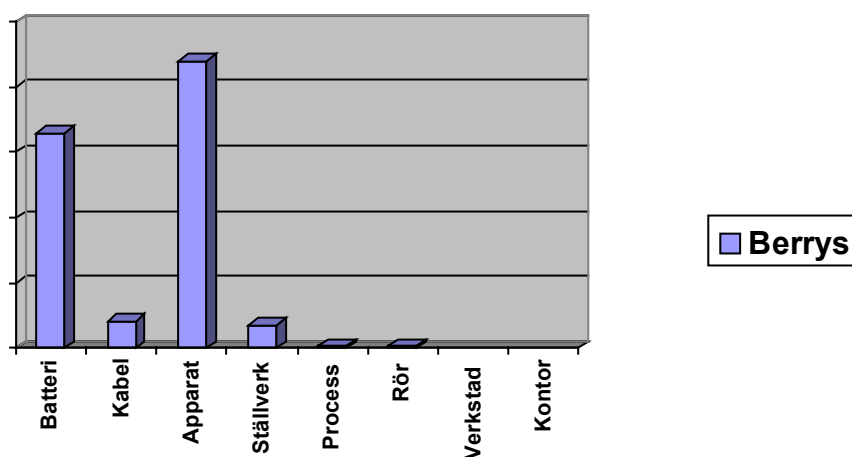
För enkelhetens skull har vi här ansatt att samtliga bränder inträffat i en anläggning med känt antal typerum (Forsmark 1). *Tal med kursiv text är uppskattade.*

Typ av rum	Beskrivning	P_{rel}	Antal rum	Antal bränder	Antal tillbud
Batterirum	Innehåller batterier	3,3 E-2	10	0	0
Kabelutrymme	Innehåller omfattande mängder av olika typer av kablage. Exempel på sådana rum är kabelkulvert, kabelkorridor (kulvert).	(4,2-3,5) E-3	179	0	0
Rörutrymme	Mestadels rör (passiv utrustning)	(4,0-2,8) E-4	200	0	0
Processrum	Innehåller pumpar, ventiler, mekanisk (rörlig) utrustning.	4,0 E-4	282	15	7
Apparatrum	Innehåller relativt stort antal kontrollskåp.	4,4 E-2	108	6	4
Ställverksrum	Innehåller brytare, omformare, skenor, fördelningscentraler, transformatorer, mm	3,6 E-3	33	5	2
Verkstad	Utrymme för mekaniskt underhåll	Ej inom PSA	10	0	2
Personalutrymme		Ej inom PSA	50	0	3
Övriga		Ej inom PSA	600	4	8
Totalt anläggning			1472	30	26

Tabell 5. Relativ branduppkomstfrekvens



Figur 11. Relativ branduppkomstfrekvens (verklig)



Figur 12. Relativ branduppkomstfrekvens (Berrys)

Följande slutsatser kan dras när figur 11 och figur 12 jämförs:

- Relativ branduppkomstfrekvens för batterirum verkar vara överskattad. Slutsatsen är dock osäker då det finns så få batterirum. En brand hade förändrat bilden märkbart.
- Verkligt utfall visar att relativ branduppkomstfrekvens för ställverk är två till tre gånger högre än för apparaturum. Berrys metod ger att apparaturum har ca 10 gånger högre branduppkomstfrekvens än ställverksrum.

Berrys metod ger mycket låga relativa branduppkomstfrekvenser för processrum. Verkligt utfall ger en annan bild.

9 BRANDFREKVENSER

9.1 STATISTISK MODELL OCH METOD

De statistiska metodfrågorna är mera utförligt behandlade i Pörn (1996), varför vi nöjer oss här med endast en kort beskrivning. I likhet med metodiken i X-Boken (Angner & Pörn, 1996) antar vi en brandfrekvens som är specifik för varje anläggning och som här betecknas med λ . I säkerhetsanalyser behövs dock motsvarande (specifika) frekvenser λ_i på lägre nivå - byggnad, rum, brandcell etc. - för att kunna utvärdera brandens inverkan på komponenter, system och funktioner. Här begränsas betraktelsen till frekvenser per byggnad eller anläggningsdel. Sambandet mellan dessa frekvenser kan skrivas

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

där f_i står för andelen (fraktionen) anläggningsbränder som uppstår i en specifik anläggningsdel. Per definition gäller att $\sum_i f_i = 1$.

För att kunna uppskatta λ_i måste vi alltså först skatta hela anläggningens brandfrekvens λ och sedan andelen f_i för den givna anläggningsdelen.

Anläggningsvisa frekvenser för brand

Låt oss beteckna nationella data med \mathbf{X}_N och anläggningens egna branddata med \mathbf{x} . Erfarenheten \mathbf{X}_N visar att brandfrekvensen inte är identisk från anläggning till anläggning utan varierar något. Med hjälp av den metodik som utvecklats för T-boken, (Pörn, 1996) kan vi ändå utnyttja den samlade nationella erfarenheten, och därigenom uppnå större säkerhet i skattningen. På så sätt kan vi skatta inte bara den nationellt generiska fördelningen $p(\lambda|\mathbf{X}_N)$ utan också de anläggningsvisa fördelningarna $p(\lambda|\mathbf{X}_N, \mathbf{x})$, som beskriver osäkerheten kring brandfrekvensen, anläggning för anläggning (T-Code 2.0).

Brandfrekvens per anläggningsdel

Det vi ovan kallat anläggningsspecifik driftserfarenhet, \mathbf{x} , består av dels totala antalet bränder (n) i anläggningen under en given tidsperiod (T), dels av hur dessa bränder fördelar sig på de olika anläggningsdelarna, $n = n_1 + \dots + n_k$. Enligt en matematisk-statistisk modell som presenterats av Sörensen Ringi (1995) antas frekvenserna $\mathbf{f} = (f_1, \dots, f_k)$ vara mycket mera stabila från anläggning till anläggning än den absoluta frekvensen λ . Därmed kan den samlade nationella erfarenheten utnyttjas för att skatta fördelningen för de relativa frekvenserna, $p(\mathbf{f}|\mathbf{X}_N)$. Ett sådant förfarande har tillämpats för samtliga 14 anläggningar. Utgående från fördelningarna för λ respektive \mathbf{f} kan sedan brandfrekvensen i en viss anläggningsdel, λ_i , skattas (DIRMULT).

Sammanfattningsvis kan skattningsproceduren enligt resonemanget ovan indelas i fyra steg: 1) att skatta en nationellt generisk brandfrekvens λ_N , 2) att skatta den anläggningsspecifika brandfrekvensen λ , 3) att skatta de relativa frekvenserna per anläggningsdel, f och 4) att utgående från 2) och 3) skatta de anläggningsspecifika, absoluta frekvenserna λ_i .

Statistiskt underlag

Det statistiska underlaget är återgivet i tidigare avsnitt. Ur Tabell 4 framgår att statistikperioden genererat totalt 30 bränder under effektdrift och 25 under avställning. När dessa relateras till motsvarande tider, som erhållits från TUD-databasen, framgår omedelbart att brandfrekvensen under avställning är avsevärt högre än i effektdrift. Enligt sista kolumnen i Tabell 4 har inga bränder inträffat under oklart driftläge.

9.2 FREKVENSER FÖR BRAND

Nedan presenteras frekvenser för begynnande brand i form av medelvärde och percentiler, dels per anläggning i Tabell 6, dels per anläggningsdel inom varje anläggning i Tabellerna 7 -- 20. För att underlätta jämförelser återges i var och en av dessa tabeller även den generiska brandfrekvensen, som bygger på den nationella (nordiska) statistiken sammantagen. Ur Tabell 6 kan vi omedelbart dra slutsatsen att brandfrekvensen under effektdrift är mycket stabil från anläggning till anläggning medan brandfrekvensen under avställning uppvisar en betydande variation.

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

Anläggning medelv.	Effekt drift				Avställning			
	5%	50%	95%	medelv.	5%	50%	95%	
Barsebäck 1	0.08	0.13	0.21	0.14	0.00	0.05	0.41	0.11
Barsebäck 2	0.06	0.12	0.18	0.12	0.15	0.54	1.31	0.61
Forsmark 1	0.09	0.14	0.21	0.14	0.91	2.08	4.23	2.25
Forsmark 2	0.10	0.15	0.24	0.15	0.47	1.33	3.00	1.48
Forsmark 3	0.08	0.13	0.21	0.14	0.00	0.18	1.25	0.35
Oskarshamn 1	0.07	0.13	0.20	0.13	0.12	0.45	1.10	0.51
Oskarshamn 2	0.06	0.12	0.19	0.12	0.00	0.06	0.53	0.14
Oskarshamn 3	0.08	0.13	0.21	0.14	0.00	0.16	1.12	0.31
Ringhals 1	0.10	0.15	0.25	0.16	0.04	0.23	0.71	0.28
Ringhals 2	0.08	0.14	0.21	0.14	0.10	0.37	0.90	0.42
Ringhals 3	0.08	0.13	0.20	0.13	0.06	0.40	1.22	0.49
Ringhals 4	0.04	0.11	0.17	0.11	0.00	0.16	1.11	0.30
TVO 1	0.06	0.12	0.18	0.12	1.97	4.10	7.53	4.32
TVO 2	0.07	0.13	0.20	0.13	0.30	1.05	2.67	1.21
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14	0.00	0.47	3.84	1.05

Tabell 7, Barsebäck 1Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	7.60E-06	8.40E-04	7.30E-03	1.90E-03
Reaktorbyggnad	3.70E-03	1.20E-02	2.80E-02	1.30E-02
Elbyggnad	9.90E-03	2.30E-02	4.50E-02	2.40E-02
Mellanbyggnad	7.60E-06	8.40E-04	7.30E-03	1.90E-03
Hjälpssystembyggnad	9.90E-03	2.30E-02	4.50E-02	2.40E-02
Turbinbyggnad	1.40E-02	3.00E-02	5.60E-02	3.20E-02
Dieselbyggnad	6.20E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Intagsbyggnad	3.70E-03	1.20E-02	2.80E-02	1.30E-02
Yttre ställverk	7.60E-06	8.40E-04	7.30E-03	1.90E-03
Bränslehant.byggnad	7.60E-06	8.40E-04	7.30E-03	1.90E-03
Aktiv verkstad	6.20E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Utanför anläggningen	6.20E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Annan anlägg. del	6.20E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Anläggningen	0.08	0.13	0.21	0.14
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 8, Barsebäck 2Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	6.20E-06	7.00E-04	6.30E-03	1.60E-03
Reaktorbyggnad	2.90E-03	9.80E-03	2.40E-02	1.10E-02
Elbyggnad	7.50E-03	1.90E-02	3.90E-02	2.10E-02
Mellanbyggnad	6.20E-06	7.00E-04	6.30E-03	1.60E-03
Hjälpssystembyggnad	7.50E-03	1.90E-02	3.90E-02	2.10E-02
Turbinbyggnad	1.10E-02	2.60E-02	4.90E-02	2.70E-02
Dieselbyggnad	5.00E-04	3.60E-03	1.30E-02	4.80E-03
Intagsbyggnad	2.90E-03	9.80E-03	2.40E-02	1.10E-02
Yttre ställverk	6.20E-06	7.00E-04	6.30E-03	1.60E-03
Bränslehant.byggnad	6.20E-06	7.00E-04	6.30E-03	1.60E-03
Aktiv verkstad	5.00E-04	3.60E-03	1.30E-02	4.80E-03
Utanför anläggningen	5.00E-04	3.60E-03	1.30E-02	4.80E-03
Annan anlägg.del	5.00E-04	3.60E-03	1.30E-02	4.80E-03
Anläggningen	0.06	0.12	0.18	0.12
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 9, Forsmark 1Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	7.80E-06	8.60E-04	7.50E-03	1.90E-03
Reaktorbyggnad	3.80E-03	1.20E-02	2.90E-02	1.40E-02
Elbyggnad	1.00E-02	2.30E-02	4.70E-02	2.50E-02
Mellanbyggnad	7.80E-06	8.60E-04	7.50E-03	1.90E-03
Hjälpssystembyggnad	1.00E-02	2.30E-02	4.70E-02	2.50E-02
Turbinbyggnad	1.50E-02	3.10E-02	5.80E-02	3.30E-02
Dieselbyggnad	6.40E-04	4.40E-03	1.60E-02	5.80E-03
Intagsbyggnad	3.80E-03	1.20E-02	2.90E-02	1.40E-02
Yttre ställverk	7.80E-06	8.60E-04	7.50E-03	1.90E-03
Bränslehant.byggnad	7.80E-06	8.60E-04	7.50E-03	1.90E-03
Aktiv verkstad	6.40E-04	4.40E-03	1.60E-02	5.80E-03
Utanför anläggningen	6.40E-04	4.40E-03	1.60E-02	5.80E-03
Annan anlägg.del	6.40E-04	4.40E-03	1.60E-02	5.80E-03
Anläggningen	0.09	0.14	0.21	0.14
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 10, Forsmark 2Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	8.50E-06	9.30E-04	8.20E-03	2.10E-03
Reaktorbyggnad	4.20E-03	1.30E-02	3.10E-02	1.50E-02
Elbyggnad	1.10E-02	2.50E-02	5.10E-02	2.70E-02
Mellanbyggnad	8.50E-06	9.30E-04	8.20E-03	2.10E-03
Hjälpssystembyggnad	1.10E-02	2.50E-02	5.10E-02	2.70E-02
Turbinbyggnad	1.60E-02	3.30E-02	6.40E-02	3.60E-02
Dieselbyggnad	7.00E-04	4.80E-03	1.70E-02	6.30E-03
Intagsbyggnad	4.20E-03	1.30E-02	3.10E-02	1.50E-02
Yttre ställverk	8.50E-06	9.30E-04	8.20E-03	2.10E-03
Bränslehant.byggnad	8.50E-06	9.30E-04	8.20E-03	2.10E-03
Aktiv verkstad	7.00E-04	4.80E-03	1.70E-02	6.30E-03
Utanför anläggningen	7.00E-04	4.80E-03	1.70E-02	6.30E-03
Annan anlägg.del	7.00E-04	4.80E-03	1.70E-02	6.30E-03
Anläggningen	0.10	0.15	0.24	0.15
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 11, Forsmark 3Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	7.50E-06	8.20E-04	7.30E-03	1.90E-03
Reaktorbyggnad	3.60E-03	1.10E-02	2.80E-02	1.30E-02
Elbyggnad	9.60E-03	2.20E-02	4.50E-02	2.40E-02
Mellanbyggnad	7.50E-06	8.20E-04	7.30E-03	1.90E-03
Hjälpssystembyggnad	9.60E-03	2.20E-02	4.50E-02	2.40E-02
Turbinbyggnad	1.40E-02	3.00E-02	5.70E-02	3.20E-02
Dieselbyggnad	6.10E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Intagsbyggnad	3.60E-03	1.10E-02	2.80E-02	1.30E-02
Yttre ställverk	7.50E-06	8.20E-04	7.30E-03	1.90E-03
Bränslehant.byggnad	7.50E-06	8.20E-04	7.30E-03	1.90E-03
Aktiv verkstad	6.10E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Utanför anläggningen	6.10E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Annan anlägg.del	6.10E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Anläggningen	0.08	0.13	0.21	0.14
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 12, Oskarshamn 1Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	7.00E-06	7.80E-04	7.00E-03	1.80E-03
Reaktorbyggnad	3.30E-03	1.10E-02	2.70E-02	1.20E-02
Elbyggnad	8.70E-03	2.10E-02	4.40E-02	2.30E-02
Mellanbyggnad	7.00E-06	7.80E-04	7.00E-03	1.80E-03
Hjälpssystembyggnad	8.70E-03	2.10E-02	4.40E-02	2.30E-02
Turbinbyggnad	1.30E-02	2.80E-02	5.40E-02	3.00E-02
Dieselbyggnad	5.70E-04	4.00E-03	1.50E-02	5.30E-03
Intagsbyggnad	3.30E-03	1.10E-02	2.70E-02	1.20E-02
Yttre ställverk	7.00E-06	7.80E-04	7.00E-03	1.80E-03
Bränslehant.byggnad	7.00E-06	7.80E-04	7.00E-03	1.80E-03
Aktiv verkstad	5.70E-04	4.00E-03	1.50E-02	5.30E-03
Utanför anläggningen	5.70E-04	4.00E-03	1.50E-02	5.30E-03
Annan anlägg.del	5.70E-04	4.00E-03	1.50E-02	5.30E-03
Anläggningen	0.07	0.13	0.20	0.13
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 13, Oskarshamn 2Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	6.60E-06	7.30E-04	6.60E-03	1.70E-03
Reaktorbyggnad	3.10E-03	1.00E-02	2.50E-02	1.20E-02
Elbyggnad	8.10E-03	2.00E-02	4.10E-02	2.20E-02
Mellanbyggnad	6.60E-06	7.30E-04	6.60E-03	1.70E-03
Hjälpssystembyggnad	8.10E-03	2.00E-02	4.10E-02	2.20E-02
Turbinbyggnad	1.20E-02	2.70E-02	5.10E-02	2.90E-02
Dieselbyggnad	5.30E-04	3.80E-03	1.40E-02	5.00E-03
Intagsbyggnad	3.10E-03	1.00E-02	2.50E-02	1.20E-02
Yttre ställverk	6.60E-06	7.30E-04	6.60E-03	1.70E-03
Bränslehant.byggnad	6.60E-06	7.30E-04	6.60E-03	1.70E-03
Aktiv verkstad	5.30E-04	3.80E-03	1.40E-02	5.00E-03
Utanför anläggningen	5.30E-04	3.80E-03	1.40E-02	5.00E-03
Annan anlägg.del	5.30E-04	3.80E-03	1.40E-02	5.00E-03
Anläggningen	0.06	0.12	0.19	0.12
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 14, Oskarshamn 3Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	7.50E-06	8.30E-04	7.30E-03	1.90E-03
Reaktorbyggnad	3.60E-03	1.20E-02	2.80E-02	1.30E-02
Elbyggnad	9.60E-03	2.20E-02	4.60E-02	2.40E-02
Mellanbyggnad	7.50E-06	8.30E-04	7.30E-03	1.90E-03
Hjälpssystembyggnad	9.60E-03	2.20E-02	4.60E-02	2.40E-02
Turbinbyggnad	1.40E-02	3.00E-02	5.70E-02	3.20E-02
Dieselbyggnad	6.10E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Intagsbyggnad	3.60E-03	1.20E-02	2.80E-02	1.30E-02
Yttre ställverk	7.50E-06	8.30E-04	7.30E-03	1.90E-03
Bränslehant.byggnad	7.50E-06	8.30E-04	7.30E-03	1.90E-03
Aktiv verkstad	6.10E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Utanför anläggningen	6.10E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Annan anlägg.del	6.10E-04	4.30E-03	1.50E-02	5.60E-03
Anläggningen	0.08	0.13	0.21	0.14
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 15, Ringhals 1Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	8.90E-06	9.80E-04	8.60E-03	2.20E-03
Reaktorbyggnad	4.40E-03	1.40E-02	3.30E-02	1.60E-02
Elbyggnad	1.20E-02	2.70E-02	5.40E-02	2.90E-02
Mellanbyggnad	8.90E-06	9.80E-04	8.60E-03	2.20E-03
Hjälpssystembyggnad	1.20E-02	2.70E-02	5.40E-02	2.90E-02
Turbinbyggnad	1.70E-02	3.50E-02	6.80E-02	3.80E-02
Dieselbyggnad	7.40E-04	5.10E-03	1.80E-02	6.60E-03
Intagsbyggnad	4.40E-03	1.40E-02	3.30E-02	1.60E-02
Yttre ställverk	8.90E-06	9.80E-04	8.60E-03	2.20E-03
Bränslehant.byggnad	8.90E-06	9.80E-04	8.60E-03	2.20E-03
Aktiv verkstad	7.40E-04	5.10E-03	1.80E-02	6.60E-03
Utanför anläggningen	7.40E-04	5.10E-03	1.80E-02	6.60E-03
Annan anlägg.del	7.40E-04	5.10E-03	1.80E-02	6.60E-03
Anläggningen	0.10	0.15	0.25	0.16
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 16, Ringhals 2Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	7.70E-06	8.40E-04	7.40E-03	1.90E-03
Reaktorbyggnad	3.80E-03	1.20E-02	2.80E-02	1.30E-02
Elbyggnad	1.00E-02	2.30E-02	4.60E-02	2.50E-02
Mellanbyggnad	7.70E-06	8.40E-04	7.40E-03	1.90E-03
Hjälpssystembyggnad	1.00E-02	2.30E-02	4.60E-02	2.50E-02
Turbinbyggnad	1.50E-02	3.00E-02	5.70E-02	3.20E-02
Dieselbyggnad	6.30E-04	4.40E-03	1.50E-02	5.70E-03
Intagsbyggnad	3.80E-03	1.20E-02	2.80E-02	1.30E-02
Yttre ställverk	7.70E-06	8.40E-04	7.40E-03	1.90E-03
Bränslehant.byggnad	7.70E-06	8.40E-04	7.40E-03	1.90E-03
Aktiv verkstad	6.30E-04	4.40E-03	1.50E-02	5.70E-03
Utanför anläggningen	6.30E-04	4.40E-03	1.50E-02	5.70E-03
Annan anlägg.del	6.30E-04	4.40E-03	1.50E-02	5.70E-03
Anläggningen	0.08	0.14	0.21	0.14
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 17, Ringhals 3Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	7.30E-06	8.00E-04	7.10E-03	1.80E-03
Reaktorbyggnad	3.50E-03	1.10E-02	2.70E-02	1.30E-02
Elbyggnad	9.30E-03	2.20E-02	4.40E-02	2.40E-02
Mellanbyggnad	7.30E-06	8.00E-04	7.10E-03	1.80E-03
Hjälpssystembyggnad	9.30E-03	2.20E-02	4.40E-02	2.40E-02
Turbinbyggnad	1.30E-02	2.90E-02	5.50E-02	3.10E-02
Dieselbyggnad	5.90E-04	4.20E-03	1.50E-02	5.40E-03
Intagsbyggnad	3.50E-03	1.10E-02	2.70E-02	1.30E-02
Yttre ställverk	7.30E-06	8.00E-04	7.10E-03	1.80E-03
Bränslehant.byggnad	7.30E-06	8.00E-04	7.10E-03	1.80E-03
Aktiv verkstad	5.90E-04	4.20E-03	1.50E-02	5.40E-03
Utanför anläggningen	5.90E-04	4.20E-03	1.50E-02	5.40E-03
Annan anlägg.del	5.90E-04	4.20E-03	1.50E-02	5.40E-03
Anläggningen	0.08	0.13	0.20	0.13
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 18, Ringhals 4Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	5.50E-06	6.20E-04	5.90E-03	1.50E-03
Reaktorbyggnad	2.30E-03	9.00E-03	2.30E-02	1.00E-02
Elbyggnad	5.80E-03	1.80E-02	3.80E-02	1.90E-02
Mellanbyggnad	5.50E-06	6.20E-04	5.90E-03	1.50E-03
Hjälpssystembyggnad	5.80E-03	1.80E-02	3.80E-02	1.90E-02
Turbinbyggnad	8.20E-03	2.40E-02	4.70E-02	2.50E-02
Dieselbyggnad	4.10E-04	3.30E-03	1.20E-02	4.40E-03
Intagsbyggnad	2.30E-03	9.00E-03	2.30E-02	1.00E-02
Yttre ställverk	5.50E-06	6.20E-04	5.90E-03	1.50E-03
Bränslehant.byggnad	5.50E-06	6.20E-04	5.90E-03	1.50E-03
Aktiv verkstad	4.10E-04	3.30E-03	1.20E-02	4.40E-03
Utanför anläggningen	4.10E-04	3.30E-03	1.20E-02	4.40E-03
Annan anlägg.del	4.10E-04	3.30E-03	1.20E-02	4.40E-03
Anläggningen	0.04	0.11	0.17	0.11
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 19, TVO 1Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift resp.

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	6.30E-06	7.10E-04	6.30E-03	1.60E-03
Reaktorbyggnad	3.00E-03	1.00E-02	2.40E-02	1.10E-02
Elbyggnad	7.60E-03	2.00E-02	4.00E-02	2.10E-02
Mellanbyggnad	6.30E-06	7.10E-04	6.30E-03	1.60E-03
Hjälpssystembyggnad	7.60E-03	2.00E-02	4.00E-02	2.10E-02
Turbinbyggnad	1.10E-02	2.60E-02	5.00E-02	2.80E-02
Dieselbyggnad	5.10E-04	3.70E-03	1.30E-02	4.90E-03
Intagsbyggnad	3.00E-03	1.00E-02	2.40E-02	1.10E-02
Yttre ställverk	6.30E-06	7.10E-04	6.30E-03	1.60E-03
Bränslehant.byggnad	6.30E-06	7.10E-04	6.30E-03	1.60E-03
Aktiv verkstad	5.10E-04	3.70E-03	1.30E-02	4.90E-03
Utanför anläggningen	5.10E-04	3.70E-03	1.30E-02	4.90E-03
Annan anlägg.del	5.10E-04	3.70E-03	1.30E-02	4.90E-03
Anläggningen	0.06	0.12	0.18	0.12
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

Tabell 20, TVO 2Brandfrekvens per anläggningsdel, λ_i (1/år), under effektdrift

Anläggningsdel	Effektdrift			
	5%	50%	95%	medelv.
Reaktorinneslutning	7.10E-06	7.90E-04	6.90E-03	1.80E-03
Reaktorbyggnad	3.50E-03	1.10E-02	2.70E-02	1.20E-02
Elbyggnad	9.10E-03	2.10E-02	4.30E-02	2.30E-02
Mellanbyggnad	7.10E-06	7.90E-04	6.90E-03	1.80E-03
Hjälpssystembyggnad	9.10E-03	2.10E-02	4.30E-02	2.30E-02
Turbinbyggnad	1.30E-02	2.90E-02	5.40E-02	3.00E-02
Dieselbyggnad	5.80E-04	4.10E-03	1.40E-02	5.30E-03
Intagsbyggnad	3.50E-03	1.10E-02	2.70E-02	1.20E-02
Yttre ställverk	7.10E-06	7.90E-04	6.90E-03	1.80E-03
Bränslehant.byggnad	7.10E-06	7.90E-04	6.90E-03	1.80E-03
Aktiv verkstad	5.80E-04	4.10E-03	1.40E-02	5.30E-03
Utanför anläggningen	5.80E-04	4.10E-03	1.40E-02	5.30E-03
Annan anlägg.del	5.80E-04	4.10E-03	1.40E-02	5.30E-03
Anläggningen	0.07	0.13	0.20	0.13
Generisk	0.07	0.13	0.22	0.14

10 GENERELLA SLUTSATSER

Denna rapport omfattar en kvantitativ och kvalitativ resultatpresentation av branddatapjektet. Rapporten omfattar även en utvärdering av Berrys metod. Följande generella slutsatser kan dock dras baserat på erfarenheter vunna under projektets genomförande:

- Befintligt rapporteringssystem med uttrykningsrapporter stödjer ej fullt ut de data som efterfrågas. Utrykningsrapporterna omfattar exempelvis ej någon beskrivning av brandens påverkan på anläggning och anläggningens driftläge.
- Kvaliteten på informationsinnehållet i uttrykningsrapporter är ojämn. Den beskrivande texten i uttrykningsrapporten är rapportens viktigaste del. Då det ej funnits någon riktig systematisk användning av informationen är kanske motivationen låg att ge utförliga beskrivningar.
- Någon kraftverksgemensamt informationsutbyte finns ej. Detta projekt skulle kunna utgöra en start för ett sådant system/arbete. Genom att utnyttja sådana möjligheter som Internet kan enkla praktiska lösningar på erfarenhetsutbyte byggas.
- Antalet händelser av allvarlig natur är mycket få. En internationell breddning av analysbasen är önskvärd.
- Intresse finns att fånga upp så kallade "Nära händelser" Exempel på sådana händelser är utsläpp av vätgas, olja mm. Även händelser där man missat bistå med brandvakt vid heta arbeten eller glömt att stänga brand dörrar är av intresse.

Antalet obefogade larm är stort. De obefogade larmen är, av flera anledningar, ekonomiska och säkerhetsmässiga, önskvärda att undvika. Detta är ytterligare ett skäl till gemensamt utbyte av erfarenheter.

11 REFERENSER

1. Angner, Pörn, X-Boken, Version 1, Inledande händelser vid nordiska kärnkraftverk, Yttre händelser, 1996
2. Knochenhauer, Pörn, Projekt ”Yttre händelser”. Från pilotbrand till säkerhetsrisk – Kvalitativ genomgång av rapporterade bränder i X-Boken, 1997, MK9751
3. Protokoll från PSA Brandmöte Arlanda daterat 1999-10-25
4. Projektplan – Utökad redovisning av branddata, daterad 2000-01-14
5. Kärnkraftindustrins Branddatabas, Kommentarer på kategoriseringsmall, Anders Angner, 2000-10-19.
6. Kärnkraftindustrins Branddatabas - Kategoriseringsmall, Version 1, 2000-10-19.
7. Kärnkraftindustrins Branddatabas – Användarmanual för Branddatabas, Version 1, 2000-10-19.
8. Nordiska kraftreaktorers branddatabas Kvantitativa och kvalitativa resultat, Anders Angner, Kurt Pörn, 2001-01-08 .
9. Kärnkraftindustrins Branddatabas – Projektredovisning, Anders Angner, 2001-11-29