

Utredning av skadeeffekter av rök på elektronik för bedömning av saneringsbehov hos Ericsson i Borås

Joel Jacobsson
Richard Öberg

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 5139, Lund 2004

**Utredning av skadeeffekter av rök på elektronik för
bedömning av saneringsbehov hos Ericsson i Borås**

Joel Jacobsson, Richard Öberg

Lund 2004

Utredning av skadeeffekter av rök på elektronik för bedömning av saneringsbehov hos Ericsson i Borås.

Joel Jacobsson & Richard Öberg

Report: 5139

ISSN: 1403-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB—5139--SE

Keywords

Relative humidity, corrosion, deposition, conductance, hydrogen chloride, soot, electric equipment, Ericsson.

Abstract

The purpose of this report was to investigate the damage caused by smoke on electronic equipment, and through this to be able to estimate the decontamination needs at Ericssons plant in Borås. The level of damage caused by the smoke is believed to be influenced by the following parameters: relative humidity, corrosion rate, time duration, temperature, deposition of soot and mainly negative halogen ions, concentration of negative halogen ions and acid formation. For this report only damage caused to actual production equipment was considered, and not to the goods produced. Through this a discussion arose about future methods of how electronic equipment can be better protected against smoke resulting from fire.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2004.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046-2227360
Telefax: 046-2224612

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/English>

Telephone: +46 46 2227360
Fax: +46 46 2224612

Sammanfattning

Röken kan ge tre huvudskador: överledning, korrosion och temperaturskador. De två förstnämnda är svårast att förutsäga och därför också de mest utredda i rapporten. Både överledning och korrosion är starkt beroende av den relativa luftfuktigheten. Korrosion kommer endast att uppkomma då branden alstrar syra (HF, HCl och HBr). I Ericssons fall är detta aktuellt främst då en halogenplast som exempelvis PVC brinner. Skador på elektroniken på grund av överledning kan undvikas helt om det brandhärjade området/hallen görs spänningslöst. Ett riktvärde på $5\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (främst negativa halogen joner) har satts som gräns då sanering är nödvändig. Skador från korrosion kan reduceras kraftigt genom att sänka den relativa luftfuktigheten till under 40 %.

Risken för överledning är som störst då sotpartiklarna är i luften. Emellertid skall det uppnås mycket höga koncentrationer av sot för att överledning skall vara aktuell, ett riktvärde har beräknats till $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$.

Riktvärdena för korrosion och överledning som bestämts får betraktas som rimliga då dessa är tagna från småskaleförsök och appliceras på liknande utrustning som i försöken samt i stora lokaler. Det bästa sättet att ta fram gränsvärden för Ericssons utrustning vore att utföra experiment på denna. Då skulle man dessutom kunna utveckla en lämplig saneringsprocess. Experiment har inte utförts då arbetets omfattning inte har tillåtit detta.

Tre bränder har analyserats för att få en bild över skadorna som torde uppstå under och efter en brand hos Ericsson. En matris har skapats för att ge en överblick av de olika skadorna och saneringsbehovet. Resultatet visar att syraalstrande bränder under spänningssatta förhållanden orsakar störst skador och även störst saneringsbehov.

En återställning av materiel kommer att bestå av två moment, sanering samt restaurering. Det sistnämnda kommer att skötas av Ericssons personal. När det gäller själva saneringsdelen kommer ett saneringsföretags tjänster att köpas in. Det har varit svårt att hitta uppgifter på tester av saneringsvätskor. Inget saneringsföretag som kontaktats har kunnat visa experiment utförda på sina vätskor. Dock har Ericsson i Kista en framtagen vätska bestående av avjoniserat vatten och ammoniak.

Genom att göra instrument/maskiner i brandområdet/hallen spänningslösa, exempelvis då brandlarmet utlöses, skulle en mängd fördelar genereras. Bland annat upphör risken för överledning helt och dessutom försvinner möjligheten för kabelkortslutning genom förlust av isolationsmaterial vid brand. Den enskilt största fördelen med att göra instrument/maskiner spänningslösa får anses vara det faktum att fläktar som sköter kylning i maskiner och instrument slutar att gå. På detta sätt minskar koncentrationen av sot och korrosiva ämnen som kommer att kunna deponeras inuti apparaterna.

Det största arbetet för att kunna minimera skadeverkningarna av en brand är det förebyggande arbetet. Genom att separera skyddsvärda verksamheter samt ha en genomtänkt inköpsstrategi där man eftersträvar material som är svårantändligt, har lågt förbränningsvärme och inte alstrar syra vid brand, minskas skadeverkningarna av en brand avsevärt.

Förord

Den här rapporten är en del av kursen brandteknisk projektarbete. En stor del av arbetet har utförts på Ericsson i Borås. Arbetet omfattar 10 poäng och har utförts på avdelningen för brandteknik på Lund tekniska högskola.

Vi vill tacka vår handledare universitetsadjunkt Berit Andersson på LTH, Tommy Borén och Lennart Røjås på Ericsson som bistått med kunskap och information samt löst praktiska detaljer. Vidare vill vi också rikta ett tack till Robert Kantmark och Magnus "Slobbo" Nilsson som korrekturläst rapporten.

I once came to a forest where
two roads divided and I choose
the one less traveled by and
that has made all the difference.

Robert Frost

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	11
1.1 SYFTE	11
1.2 MÅL.....	11
1.2.1 Målgrupp.....	11
1.3 PROBLEMATIK.....	11
1.4 METOD.....	11
1.5 AVGRÄNSNINGAR	12
1.6 FÖRUTSÄTTNINGAR	12
1.7 ERICSSONHISTORIK.....	12
1.7.1 Tillbudshistorik.....	13
1.7.2 Mölndalsbranden	13
1.8 OBJEKTBESKRIVNING.....	15
1.9 ERICSSONS PRODUKTIONSORGANISATION.....	16
1.10 VENTILATION.....	16
1.11 NUVARANDE BRANDSKYDD OCH LARMORGANISATION.....	16
2 FYSIKALISKA OCH KEMISKA FENOMEN FÖR PÅVERKAN AV ELEKTRONIK VID BRAND.....	19
2.1 RELATIVA LUFTFUKTIGHETEN	19
2.1.1 Kortslutning beroende av RF.....	19
2.1.2 Beskrivning av RF hos Ericsson.....	20
2.2 SOT.....	21
2.3 SOTS INVERKAN PÅ ELEKTRONIK	22
2.4 DEPONERING.....	26
2.4.1 Horisontell deponering.....	27
2.5 KORROSION	28
2.6 JONPRODUKTION OCH SYRABILDNING VID BRAND	30
2.7 TEMPERATUR.....	32
2.8 SAMMANFATTNING AV FYSISKA OCH KEMISKA FENOMEN.....	32
3 VAL AV BRÄNDER.....	33
3.1 KABELBRAND	34
3.2 CELLULOSABRAND	36
3.3 PLASTBRAND	37
3.4 OSÄKERHETSANALYS	38
4 SKADEBILD.....	39
4.1 VAL AV INSTRUMENT- OCH MASKININDELNING	39
4.2 RIKTVÄRDEN	39
4.3 SKADEBILDSMATRIS	40
4.4 SAMMANFATTNING AV SKADEBILD OCH SANERINGSBEHOV	44
5 SANERING	45
5.1 ORGANISATIONEN AV RESTVÄRDESRÄDDNING	45
5.2 SANERINGSFÖRETAG.....	45
5.3 SANERINGSMATRIS	46
5.4 FÖRSLAG TILL SANERINGSÖVERSIKT.....	48

5.5 FÖRSLAG TILL RUTINER VID BRAND OCH SANERING	49
6 SLUTSATS OCH DISKUSSION	51
7 ÅTGÄRDSFÖRSLAG.....	53
7.1 FÖRSLAG TILL UTFORMNING AV EXPERIMENT FÖR ERICSSONS UTRUSTNING.....	54
8 MÖJLIGA FÖREBYGGANDE INGREPP OCH SANERINGSMETODER ..	55
8.1 SÄNKNING AV SYREHALT	55
8.2 EXPONERING AV OÄDLA METALLER.....	55
8.3 ABSORPTION AV KORROSIVA FÖRENINGAR	55
8.4 LACKNING AV KRETSKORT.....	55
8.5 ÖVERTÄCKNING MED HYDROFOBT MATERIAL.....	56
9 REFERENSLISTA	57
BAKGRUNDSLITTERATUR.....	58
APPENDIX A, STATISTIK	59
APPENDIX B, BRESLE-METODEN	60

Nomenklatur

α	kW/s^2	Effektutvecklingskonstant
ΔH_c	kJ/g	Förbränningsvärme
U	V	Spänning
G	S, Ω^{-1}	Konduktans
ob, db/m	m^{-1}	Siktbarhet, obscura
m	g	Massa
$\dot{R}$	$\text{\AA}/\text{min}$	Korrosionshastigheten
$\dot{Q}$	kW	Effektutveckling
χ	-	Förbränningseffektivitet
Ψ	g/g	Yield
w	g/m^3	Fukthalt
ρ	g/m^3	Densitet
d	m	Partikeldiameter
μ	$(\text{\AA}/\text{min})/(\text{g/m}^3)$	Korrosionskonstant

Förkortningar

RF	-	Relativa luftfuktigheten
RVR	-	Restvärdesräddare
SP	-	Sveriges provnings- och forskningsinstitut
PVC	-	Polyvinylklorid
RTI	-	Response Time Index
FM	-	Factory Mutual Insurance Company

1 Inledning

1.1 Syfte

Denna rapport är ett 10 poängs projektarbete i kursen brandteknisk projektarbete. Arbetet har till största delen utförts hos Ericsson i Borås som också finansierat rapporten. Granskningen omfattar Ericssons produktionsutrustning och inte själva produkterna.

1.2 Mål

Det övergripande målet med rapporten är att undersöka röks skadeeffekter på elektronik och ge Ericsson en bild över hur en eventuell sanering efter brand kan gå till samt resursförslag för denna. Utredningen skall leda fram till ett svar på frågan: Hur minimeras primär- och sekundärskador på produktionsapparater och instrument vid en brand?

1.2.1 Målgrupp

Målgruppen för rapporten är sakkunniga inom Ericssonkoncernen samt brandingenjörer. Termer och begrepp är mer anpassade för brandingenjörer men det är en förhoppning att termer/begrepp introduceras på så sätt att Ericssons personal kan tillgodogöra sig kunskapen.

1.3 Problematik

Vilka skador orsakar rök på elektronik? Vilka faktorer påverkar skadorna? Hur arbetar man fram en fungerande saneringsorganisation utifrån kunskap om skador och faktorer som påverkar dessa?

1.4 Metod

Inledningsvis handlar det om att bestämma de olika faktorer som påverkar skadebilden på elektronik vid brand. Samt koppla teorin mot de faktiska förutsättningar som råder hos Ericsson. Vidare skall tänkbara representativa material i fabriken studeras av dessa skall sedan olika bränder skapas. Dessa skall i sin tur generera olika skadetyper. Bränderna som beräknas skall betraktas som generella. Dels beroende på att de är förenklande samt att lokalens volym är avgörande för de koncentrationer som uppkommer. Härtill får man också ta i beaktande att Ericssons verksamhet är föränderlig. Genom att verksamheter ständigt flyttas runt i fabriken och nya material inkommer och äldre utgår. Av ovanstående anledningar har en osäkerhetsanalys utförts. Vidare skall resursmateriel bestämmas så att en återkoppling till de olika skadetyperna kan göras genom en skadebildsmatris.

När sedan skadebilden är klar ska möjliga nuvarande saneringsmetoder kopplas mot skadetyper. Ericssons egna saneringsresurser samt tänkbara förebyggande åtgärder skall definieras, om sådana behov föreligger. Sedermera har även förslag till saneringsöversikt och rutiner vid brand arbetats fram. Som ett resultat av slutsatserna i rapporten har ett åtgärdsförslag till Ericsson framställts samt förslag till utformning av framtida experiment för Ericssons utrustning.

Arbetet skall sedan avslutas med visioner och förslag på framtida potentiella saneringsmetoder, där framför allt idéer om att restvärdesskydda stora volymer bestående av elektrisk utrustning presenteras. Visionerna/förslagen behöver i sig inte vara fullständiga men möjliggöra sanering genom exempelvis sänkning av korrosionshastighet.

1.5 Avgränsningar

En avgränsning som gjorts är att brandhårdarnas bränsle utgörs av material som finns närvarande i fabriken idag 2004. Vidare kan nämnas att på grund av Ericssons mobila verksamhet så har alla platsberoende lösningar negligerats. Intentionen har varit att lösningar och rutiner skall kunna appliceras oberoende av vilken verksamhet som bedrivs i lokalerna.

Vid scenarier där sprinklerutlösning förekommer har det inte utretts vilken påverkan eventuella Fe^{2+} - och Fe^{3+} joner som fällt ut i sprinklerrören kan ha på instrumenten/maskinerna. På grund av den begränsande informationen som finns om detta..

Ingen självkorrosion har tagits hänsyn till i denna rapport.

Koncentrationerna inuti instrumenten/maskinerna har antagits att de aldrig blir högre än omgivande koncentration.

En språkmässig förenkling finns i rapporten då restprodukterna från en brandhård refereras som rök och inte den mer korrekta benämningen brandgaser. (Anledningen till detta förfarande är att få ett mer attraktivt och begripligt språk).

1.6 Förutsättningar

Med maskinlinor åsyftas de maskiner som löder komponenter på kretskort. Dessa innehåller oftast optiska och mekaniska delar. Instrument är de apparater som används för att mäta och kontrollera funktionsdugligheten på kretskort och produkter.

Då inga experiment genomförts föreligger osäkerheter kring vid vilka värden Ericssons utrustning tar skada. Därför skall alla värden i rapporten tolkas med försiktighet då dessa ofta är tagna från småskalförsök och en enskild källa. Det har skapats så kallade riktvärden för att ändå kunna uttala sig om eventuella skador och dessa värden har alltid valts konservativt dvs. låg sannolikhet för skada.

1.7 Ericssonhistorik

I slutet av 60-talet flyttades tillverkningen av mekaniska telefonväxlar från Örebro till Borås. Till en början skedde tillverkningen på olika platser i Borås men 1973 påbörjades en fabriksbyggnad som stod färdig 1974 och inhyste hela verksamheten på cirka 14 000m². Då telefonväxlarna började gå ur tiden styrdes verksamheten sakta in på elektriska växlar samt radarsystem. De system som tillverkades var mestadels till försvar och väderövervakning men också ATC-system (Automatic Train Control) åt järnvägen och radiofyrrar åt sjöfarten. Under slutet av 80-talet inleddes i liten omfattning tillverkning av radiolänk. I början på 90-talet fick Ericsson en stor order från Amerikanska försvarsmakten på radiolänk och detta gjorde att denna tillverkning kom igång på allvar. Under 90-talet försvann den militära tillverkningen från Borås till bland annat Mölndal

för att 1998 vara helt borta från Boråsfabriken. Med en ökad produktion av radiolänk krävdes mer och mer plats och fabriken byggdes ut i tre etapper -95, -96 och -98. Idag (2004) tillverkas i princip endast radiolänk för civil användning på en yta av 33 000m² av ungefär 1100 anställda.

1.7.1 Tillbudshistorik

All information om nedanstående tillbud har framkommit genom diskussion med de anställda. Det finns alltså inget nedtecknat i arkiv. Genom åren har det inträffat en del incidenter på Ericssonfabriken. Den allvarligaste var på 1970-talet då en prototypprocess med epoxilim havererade. Anledningen var att kärnen där epoxin tillverkades var för stora och ledde till en värmeutveckling som resulterade i en kraftig rökutveckling. Då personalen snabbt placerat kärnen i dragskåp trodde de inte att detta skulle vålla några större problem. Dessvärre var väderförhållandena sådana denna dag att regn och vindar gjorde att stora delar av frånluften från dragskåpet drogs in i tilluften till fabriken och en frän stickande doft spred sig i stora delar av fabriken. Fabriken utrymdes efter ett tag och de anställda skickades hem. Med hjälp av SP lyckades man mäta upp den bromidhalt som hade bildats och konstatera att inget behov av sanering av utrustning förelåg. Genom vädring och ozonsanering (till för att ta bort dålig luft i lokalen) lyckades man snabbt göra fabriken funktionsduglig igen. Det blev inga bestående skador i form av korrosion eller liknande.

Under 1980-talet skedde en torrkokning på en arbetsbänk då en doppvärmare användes som vattenvärmare. Lyckosamt nog så försvann all rök från den lilla brand som uppstod genom ett frånluftsdon som var placerat precis ovanför arbetsbänken.

Vid en annan tidpunkt skedde det ett handhavandefel vid en temperaturbox (boxen används för att simulera temperatursvängningar för radiolänken) och man fick rökutveckling från PVC-plast. Dock utlöste inte brandlarmet. Denna gång sanerade man med en vätska (troligen en natrium baserad alkalisklösning) för att undvika korrosion och sotbeläggningar. Ingen utrustning runt temperaturboxen påverkades märkbart.

En annan gång blev det för varmt i en datorserver och ett område på ca 25cm² pyrolyserades. Även denna gång rörde det sig om PVC. Man bytte ut de skadade delarna och ingen sanering utfördes och inga efterverkningar har kunnat registreras.

Avslutningsvis ska sägas att gamla monitorer ibland har en förmåga att börja utveckla rök. Idag är det ungefär bara 5 % av antalet skärmar som är i monitorformat, resten är platta TFT skärmar.

1.7.2 Mölndalsbranden

Den 17 november 1995 i samband med snöstormen i Västsverige uppstod en större brand hos Ericsson i Mölndal. Brandorsaken och vad som brunnit är hemligstämplat. En trolig orsak är emellertid att ventilationsfläktar gått varma då snö täppt igen frånluftskanaler. Man vet också att produktionshallen där instrument och maskiner förvarades aldrig brandhärjades utan endast utsattes för rök som spred sig via ventilationen från en annan lokal. Det som tillverkades var högfrekventa radiolänkar inte helt olikt den verksamhet som förekommer idag hos Ericsson i Borås.

Det finns flera orsaker till att branden blev så omfattande som den blev. Exempelvis begränsade snön kraftigt framkomligheten samt att brandkåren från Gårda blev ”motringda” från Ericsson då de påstod att allt var under kontroll. När brandkåren då skulle vända fastnade de i snön och detta fördröjde deras insatstid då Ericsson återigen larmade SOS.

Om skadorna på instrument och maskiner kan sägas, att de som låg skyddade i lådor eller liknande hade kraftigt reducerade skadeverkningar att de i det närmaste kunde betraktas som opåverkade. De apparater som var utrustade med fläktar hade kraftiga beläggningar inuti apparaterna. Även för de apparater vars fläktar inte gick under rökspridningen uppstod ändå en viss sotbeläggning. Det ska ändå betonas att denna beläggning var avsevärt mindre än för de som hade fläktarna igång.

Vid den direkta saneringen uppkom en del problem. En del organisatoriska, då ingen var riktigt ansvarig för själva saneringen utan flera underchefer jobbade på varsitt håll. Detta ledde till att en del okonventionella saneringsmetoder förekom, bland annat torkades en del apparater med våta trasor. För övrigt förvarades en stor andel av apparaturen i en fuktig källare i väntan på sanering. En sanering startades inte av professionella saneringsfirmor förrän ungefär 70 timmar efter branden.

En andel apparater som ansågs fungerande efter sanering skickades till Borås dit man flyttat produktionen efter branden. Dessa började då att restaureras vilket visade sig fullt möjligt, dock var det så att mekaniska delar som krävde stor renhet hade en tendens till att inte fungera då sot en gång hade satt sig i apparaten. Produktionen var igång igen ungefär en vecka efter branden. De sanerade och restaurerade apparaterna hade en tendens till att krångla mer än vanliga icke sotkontaminerade apparater och efter cirka 6 månader var de en gång sotpåverkade instrumenten och maskinerna utfasade.

En åsikt som framförts av den Ericssonpersonal som jobbade med apparaterna efter branden är att det finns en överhängande risk att man ”lagar sönder” apparater som man får byta flera och komplicerade delar i. En annan fråga som måste lösas är arbetsmiljön för de som jobbar med saneringen, detta fungerade inte bra under det tidiga skedet av Mölndalsbranden.

1.8 Objektbeskrivning

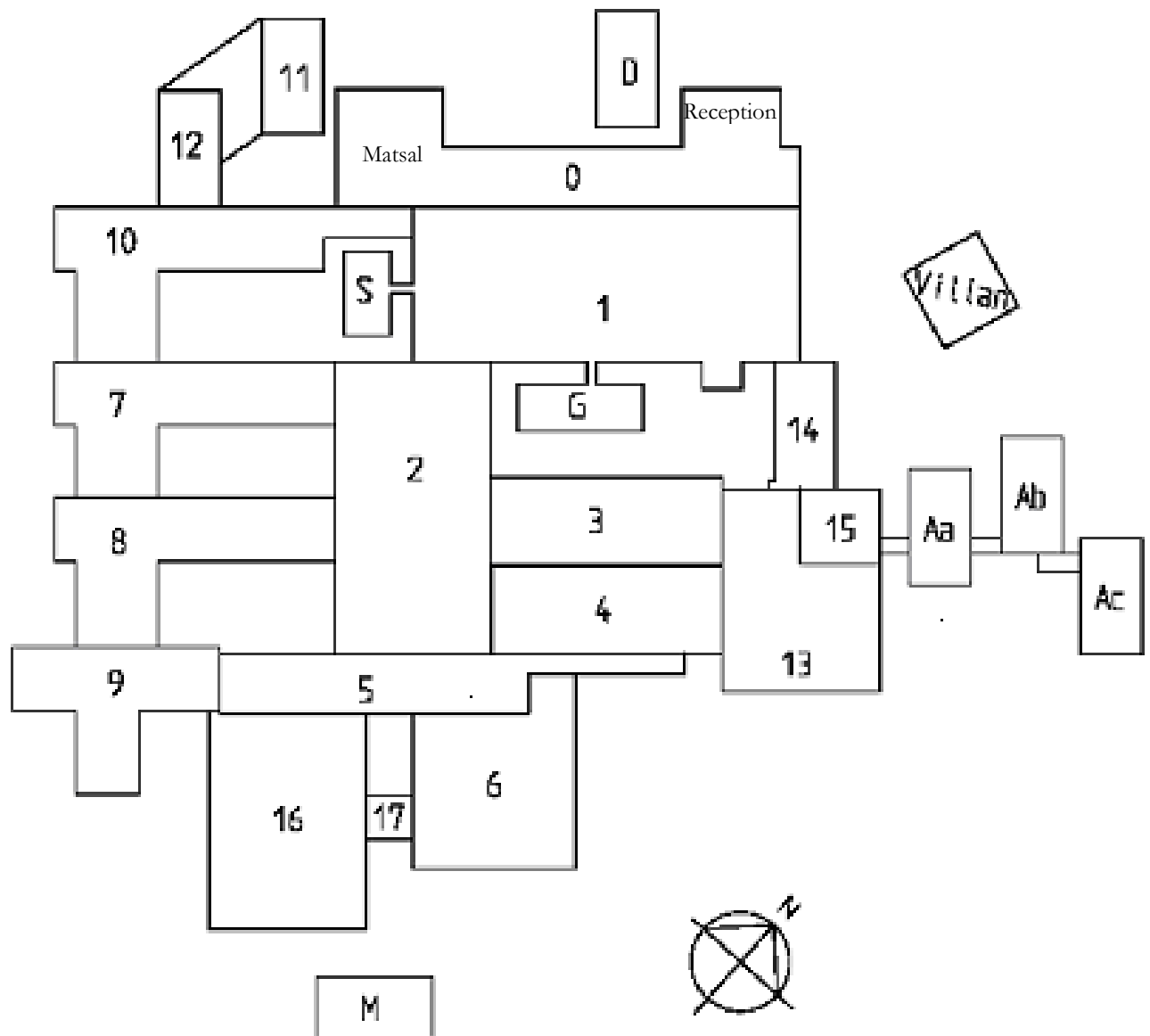


Fig. 1.1 Fabrikslayout över Ericssonfabriken i Borås.

Ericssonfabriken i Borås har en total yta på 33 000m². Denna är indelad i hallar där olika verksamheter bedrivs. För att få verksamheten att fungera effektivt gäller det att flödet genom fabriken sker smidigt. Intagning av gods till fabriken sker genom hall 13. Sedan skickas elementen ut i fabriken. I hall 1, 2, 7, 8, 9 samt hall 10 sker till största delen tillverkning och testning av radiolänkarna. Hall 1 inrymmer även renrummen där de känsligaste maskinlinorna påträffas. I fabriken finns också ett höglager och detta återfinns i hall 4, där inkommande gods lagras. Hall 3 som tidigare användes som lager inrymmer nu istället en utbildningsenhet samt till vis del även emballering. Hallarna 5 och 16 används som lagerlokaler för utgående produkter. Slutligen sker emballeringen i hall 6 där utgående gods dessutom skickas iväg. Som konferens- och sammanträdesrum används hallarna 11 och 12. Här finns även kontor för ledningen. I hall 14 finns instrumentserviceenheten där kalibrering av instrument sker.

Ericsson har på senare år även expanderat och verksamheten har därför inte förmått inrymmas i lokalerna. Således har ett antal annex på området byggts. Byggnaden som döpts till villan används dagligen som konferenslokal men vid en större olycka är det även tänkt att denna skall fungera som ledningscentral.

1.9 Ericssons produktionsorganisation

Då varje beställning är unik beroende på vilken frekvens kunden önskar ha sin radiolänk på varierar produktionsbehovet kraftigt för varje länktyp. Det är också en snabb omsättning på det som produceras eftersom nya typer av länkar tas fram medan gamla sorter fasas ut. Det gör att hela produktionsverksamheten måste vara mycket flexibel



eftersom verksamheten flyttas runt i fabriken för att hela tiden få ett optimalt flöde genom fabriken beroende på vad som produceras. En konsekvens av detta är att inga lösningar för värme, ventilation, ljussättning och brandskydd kan vara verksamhetsberoende.

Bild 1.1 Höj- och sänkbart innertak är exempel på hur lokalen har stora anpassningsmöjligheter.

1.10 Ventilation

Allmänt kan man säga att samtliga miljöer i fabriken har ungefär 3 luftväxlingar per timme. Generellt sitter tilluften lägre ner än frånluften. Då brandlarmet utlöser genom antingen joniserande eller optiska detektorer stängs ventilationen av direkt. Ventilationskanalerna är också utrustade med brandgasspjäll så att aldrig mer än en brandcell ska kunna rökskadas. I vissa hallar finns äldre ventilationsfläktar som inte längre brukas för ventilation. Dessa kan tvångsköras från centralapparaten. Dessa fläktar har dessvärre ingen tilluft och det råder ovisshet om huruvida en eventuell tvångskörning skulle evakuera röken eller bara blanda om den i lokalen.

Ventilationenanläggningen eftersträvar en temperatur på 21°C i hela fabriken. Det är bara en lokal som har kontrollerad relativ luftfuktighet och det är renrummet i hall 1 (RF ~ 45 %). I övrigt varierar fuktigheten med utomhusluften. (Se även avsnittet relativ luftfuktighet, sida 20)

1.11 Nuvarande brandskydd och larmorganisation

Varje hall (se fabrikslayout) på Ericssonfabriken utgör en egen brandcell. Öppningar mellan brandceller har brandskyddsportar som har klass A60, detta motsvarar nuvarande klass EI 60. Alla kabelgenomförningar skall vara brandtätade där en liten skylt anger

klassen på tätningen. För att minska rökspridningsrisken mellan hallarna 7, 8, 9 samt 10 har rökavskiljande väggar monterats. Dessa är emellertid inte brandskyddsklassade.

Detektionssystemet utgörs av detektorer som är både optiska och joniserande. I en datacentral har detta kompletterats med ett samplandesystem. Byggnaden är helsprinklad men sprinklertypen varierar något. Den absolut vanligaste är 68 °C quick respons men vissa områden som höglager har getts högre aktiveringstemperaturer.

Enligt uppgift från Ericsson är det aldrig längre än 25m till fast släckutrustning, oftast handbrandsläckare. Kolsyra är den dominerande släckartypen, dock förekommer skum och pulver. Utrustningen är tydligt utmärkt och kontrolleras årligen. Brandbelastningen i fabriken får anses vara mycket låg. Undantaget är lager (hall 4) samt ankommande och avgående gods under vissa tider. Samtidigt får nämnas att en brand i dessa lokaler troligen inte skulle skada produktionslokalerna.

Väktare finns på fabriken alla tider på dygnet året runt. Vid ett brandlarm har väktaren följande rutiner.

1. Öppna grindarna till räddningstjänsten.
2. Motringa och kontrollera att larmet verkligen gått fram samt lägga fram nödkort åt räddningstjänsten i receptionen.
3. Kontrollera centralapparaten för att få fram information om hall och sektion som löst ut.
4. Kontrollera utlöst sektion och försöka släcka branden.
5. Påbörja utrymning genom att meddela personalen i högtalarsystemet.
(Personalen har idag som rutin vid brandlarm att de väntar i max 5 minuter innan de börjar utrymma fabriken.)

Detta är den rutin väktaren arbetar efter då han/hon är ensam. Då receptionen är bemannad löser de rutin 1 och 2. Det skall enligt uppgift i normalfallet inte ta mer än två minuter oavsett bemanningssituation att göra en eventuell första insats efter brandlarm. Oberoende av bemanning skall alltid vissa rutiner utföras, bland annat kontroll av omgivande staket.

2 Fysikaliska och kemiska fenomen för påverkan av elektronik vid brand

Röken kan ge tre huvudskador: överledning, korrosion och temperaturskador. De två förstnämnda är svårast att förutsäga. Dessa skadetyper kommer att påverkas av en mängd faktorer. De som antas ha störst inverkan utreds i detta kapitel såsom RF, korrosion med flera.

2.1 Relativa luftfuktigheten

Den relativa luftfuktigheten är kvoten mellan fukthalten, den fukt som finns bunden i luften och mättnadsånghalten, den massa fukt som skulle kunna bindas i luften.

Då det brinner kommer RF initialt att sjunka och när branden slocknar kommer återhämtning att ske.

Det går tydligt att se i figur 2.1 som är ett experiment av Tanaka,[19] att då en brand startar sjunker RF på grund av att temperaturen stiger och detta innebär att den vätskefilm som uppkommer vid RF 50-60 % [10] aldrig bildas under själva brandförloppet. Efter 15 min slocknade branden och RF påbörjar återhämtning. Den mängd vatten som branden alstrar är så liten att den inte påverkar RF nämnvärt.[19] Ett kvävetillskott är orsaken till återhämtningen inte blir komplett. Efter 1 timme öppnas ventilation till förbränningskammaren.

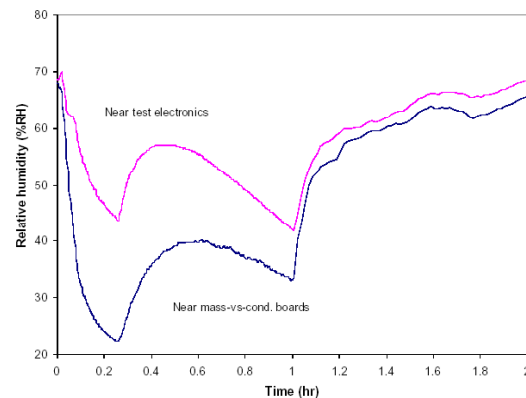


Fig 2.1 RF vid Brand. Övre kurvan nära en yta.[19]

2.1.1 Kortslutning beroende av RF

Figur 2.2 visar strömläcketaget på kretskort med spänningar på 5 volt. Testet har utförts i småskaleförsök i en kammare på 31*31*34 cm³. [20] Olika material har testats. Det som är intressant att studera i denna rapport är kurva B, som är rök från PVC brand. Koncentrationen av sotpartiklar har beräknats till 3,3µg/cm³ genom att ta yelden (se kapitel 2.2 sot, sida 21) från SFPE handboken och multiplicerat den med förbränd massa material i testet. Strömläcketaget tenderar att öka med ökad RF och strax efter 50 % RF kortsluter kretsen i PVC rök. Detta är ingen tillfällighet eftersom samma tendens även sker vid 50- och 200 volt. Då PVC röken är mest skadepotentiell för kretskorten är det konservativt att även jämföra cellulosabrand och plastbrand mot denna kurva.

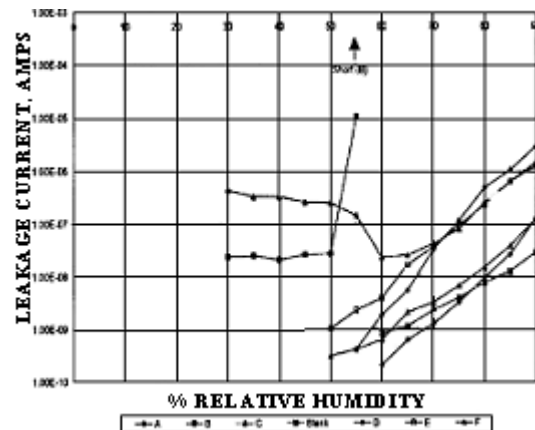


Fig. 2.2 Strömläckage vid olika RF. PVC brand (B) som kortsluter kretskortet med 5V vid 50 % RF. Kurva B är den kurva som stiger kraftigt vid RF 50 %.

Angeläget vid brand är att snabbt sänka RF för att på så sätt undvika stora korrosionsangrepp samt överledning av och mellan komponenter.

2.1.2 Beskrivning av RF hos Ericsson

Fabriken har idag (2004) en ventilationsanläggning som eftersträvar en temperatur på 21 °C. Det sker ingen reglering av RF förutom till ett renrum i hall 1. Detta medför att RF inne i fabriken kommer att variera med temperaturen och RF för utomhusluften. Figur 2.3 visar hur RF varierar utomhus under året. En generell tankemodell ser ut som följande: Under kalla dagar är mätnadsånghalten låg vilket resulterar i att den verkliga ånghalten också blir låg

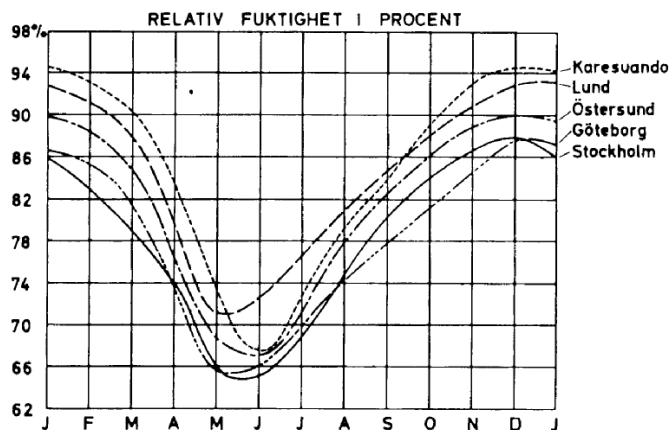


Fig. 2.3 RF:s variation över året utomhus.[4]

oberoende av RF utomhus. När man sedan värmer luften i fabriken ventilationssystemet höjs mätnadsånghalten kraftigt medan den verkliga ånghalten är i princip oförändrad. Detta gör att RF blir mycket låg inne i fabriken. Under varma dagar då mätnadsånghalten är hög och den verkliga ånghalten också är hög så kommer ventilationssystemet att behöva kyla luften. Därigenom sänks mätnadsånghalten men fortfarande är den verkliga ånghalten hög vilket resulterar i en hög RF inne i fabriken.[4] En naturlig slutsats av detta är att under sommarmånaderna kommer RF att vara mycket hög i fabriken och under vintern blir den i motsats låg. Av detta kan man dra slutsatsen att en brand under sommaren riskerar att få värre konsekvenser än en under vintern.

För att ytterligare förtydliga den stora skillnaden som årtidsvariationen har på RF genomförs ett räkneexempel från data på RF mätningar i fabriken. Den 1:e januari 2004 var RF för hall 14, 7% vilket ger ett fuktinnehåll på 1,3587g/m³. Den 7:e juli 2003 var RF 72% som ger ett fuktinnehåll på 13,9752g/m³. Det var alltså 10,5 gånger mer fukt i luften inne i fabriken (vid 21°C) den 7 juli än den 1 januari.

Efter en brand skulle man, då det inte föreligger risk för brandrökspridning, kunna använda ventilationssystemet för att rökevakuera en lokal. Detta förutsätter emellertid att den luft som kommer in i lokalen har en låg RF. Innan man beslutar om ett sådant förfarande bör man fundera över hur kostsamt och tidsödande en eventuell rengöring av ventilationssystemet blir?

2.2 Sot

Vid all förbränning bildas restprodukter, Vid en fullständig förbränning av ett kolväte bildas det koldioxid och vatten. När man refererar till sot menar man oftast oförbränt kol och väte. Bild 2.1 visar den komplexa strukturen på en sotpartikel.

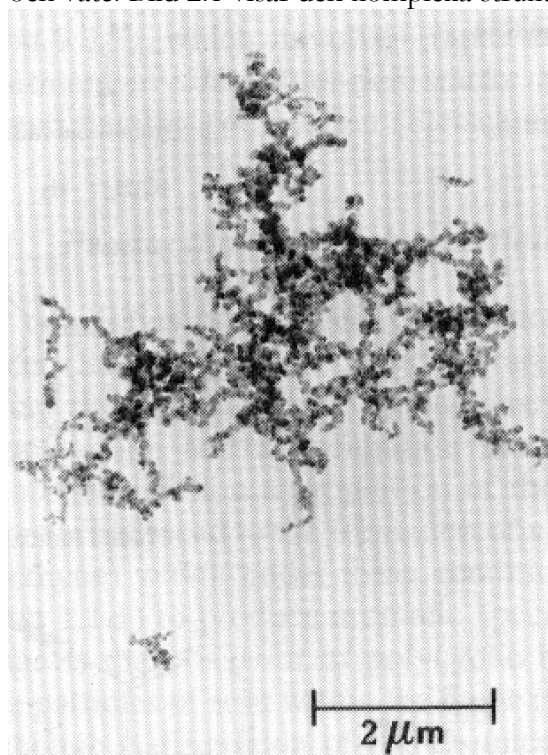


Bild 2.1 Visar formen på en sotpartikel.[6]

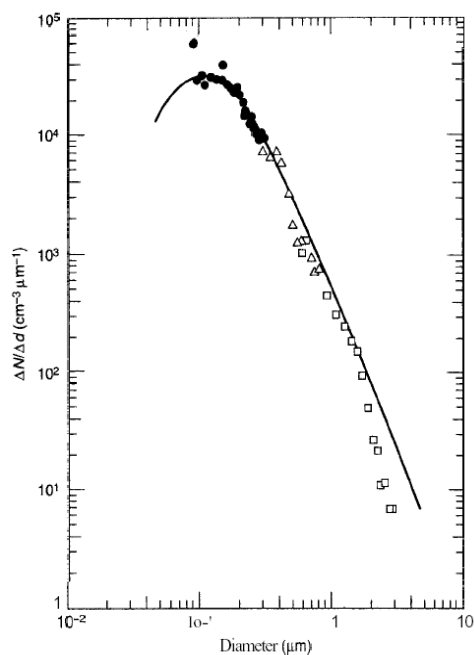


Fig. 2.4 Storleksfördelningen av partiklar från en glödbbrand av fibröst isolationmaterial. [11]

Då man tittar på skadeverkningar från sot görs ibland en indelning av olika grupper av sot.[15] Det är oklart vilken vetenskaplig grund detta förfarande vilar på men poängen är att man skiljer på torrt och fett sot. Storleken på partiklarna från en brand beror dels på vad det är som brinner dels på vilka ventilationsförhållanden som råder. En flambrand kommer att bilda mindre partiklar än en glödbrand. I figur 2.4 visas storleksfördelningen av partiklar från en fibrös glödbbrand. Det är känt att en aromatisk polymer som exempelvis polystyren producerar mer rök än ett ämne med en enkel kolbindning som polypropylen. Även flambränder tenderar att generera en större andel grafitiskt kol som leder bättre än amorft kol.[11] (Amorft kol är ett oordnat kol medan grafitiskt kol är mer ordnat i sin struktur). Med bakgrund av detta torde röken från en flambrand orsaka större skada än en glödbbrand. Då kvantiteten rök är större, partiklarna mindre samt avger större andel grafitiskt kol.

Yielder är något som tagits fram för olika ämnen och har enheten (massa/massa). Yield anger massan av ett visst ämne (förening) som produceras per massenhet brunnat material. Till exempel kan yelden för CO₂ vara 0,84 g/g för ett visst ämne. Då vet man att för varje gram av ämnet som brinner kommer det att bildas 0,84 g CO₂. Nu är det dessvärre så att yielderna på inget sätt är konstanta under en brand utan de varierar med

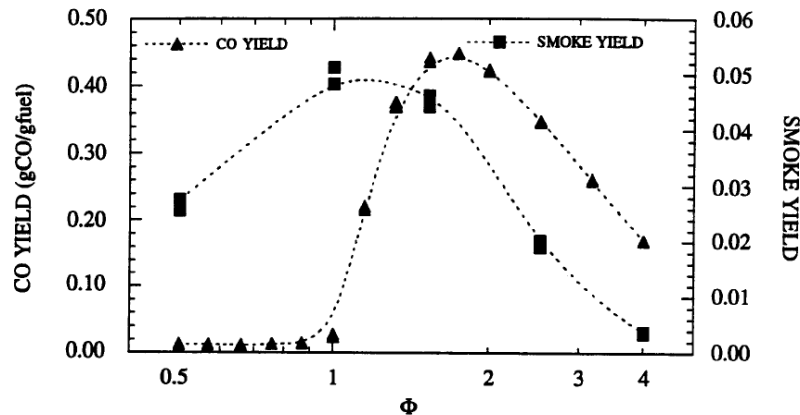


Fig. 2.5 Visar hur rök- och CO - produktion varierar med ventilationsförhållanden.

temperatur och framförallt ventilationsförhållandena vilket visas i figur 2.5.[6] I brandsammanhang betecknas ventilationsförhållanden med bokstaven ϕ . ϕ är definierad som $\phi = (\text{bränsle/luft})_{\text{verkligt}} / (\text{bränsle/luft})_{\text{stökiometri}}$. Höga ϕ innebär god tillgång på bränsle och liten tillgång på luft, för låga tal gäller det motsatta. Normalt utgör $\phi = 1$ gränsen mellan mager och fet blandning. Anledningen till att yielder och storleksfördelningar berörs är att göra läsaren uppmärksam på att de beräkningar (se kapitel 3) som utförs är förenklingar av verkligheten.

2.3 Sots inverkan på elektronik

Vid brand bildas stora mängder sot som orsakar nedsmutsning av kretsar och kan förstöra elektronisk utrustning. Sot består huvudsakligen av kolpartiklar som bildas vid ofullständig förbränning och består av omättade partiklar, vilka övriga ämnen lätt kan bindas till. När sot binder korrosiva ämnen innebär det att dessa blir kvar under en längre tidsperiod.[19]

När rök påverkar luftisolerade komponenter kommer ledningsförmågan mellan dessa att öka och leda till kortslutningar och ljusbågar till följd av att kretsarna mellan komponenterna behöver ett visst motstånd för att inte haverera. På statiska elektriska fält som avser likströmskretsar kommer de elektriska fält som uppstår dra till sig sot vilket gör att bryggor uppstår på kretskorten. På växelströmskretsar kommer inte dessa statiska elektriska fält uppstå. Frågan är hur mycket sot som kommer att orsaka en given motståndsförlust samt hur en krets/komponent klarar en motståndsförlust?

Den relativa luftfuktigheten kommer också att påverka ledningsförmågan. Nivåer över 60 % RF kommer markant att öka ledningsförmågan för sot på öppna ytor.[19]

Sot har störst förmåga att skapa läckageströmmar när sotet är i luften och minskar sedan allteftersom sotet deponeras på kretsarna.[19] När sotet deponeras på spänningssatta kretsar kommer sotbryggor mellan ytor att uppstå. Dessa är mycket bräckliga och förstörs lätt av luftströmmar. Ju högre spänningarna är desto kraftigare kommer sotbryggorna att bli. Det är endast likströmskretsar som skapar sotbryggor. Växelströmskretsar tenderar inte att attrahera sotpartiklar i lika stor utsträckning. Ledningsförmågan på kretskort som utsatts för en viss sotmängd kommer inte enbart att bero på sottätheten utan även på kretskortets geometri, spänningsnivåerna samt eventuella luftströmmar. Eftersom 5 V-kretsarna marginellt attraherar sotet kommer ett jämnare depositionslager att bildas som bidrar till att ledningsförmågan ökar i jämförelse med kretskort med högre spänningar. (Ericssons instrument/maskiner har inkommande spänningar på 220 V men transformeras ner till 5 V på kretskorten). Detta beror på att ett jämnare lager skapar en kontinuerligare förbindelse för läckageströmmarna.

Komponenter som havererar, havererar inte med anledning av att de utsätts för sot utan därför att sotet binder upp fukt som skapar överledning. Torkas komponenterna fungerar de återigen. Sotet har därför endast indirekt påverkan på komponenterna och om RF hålls låg (under 40 %) utgör inte sotet någon fara för komponenterna.[19]

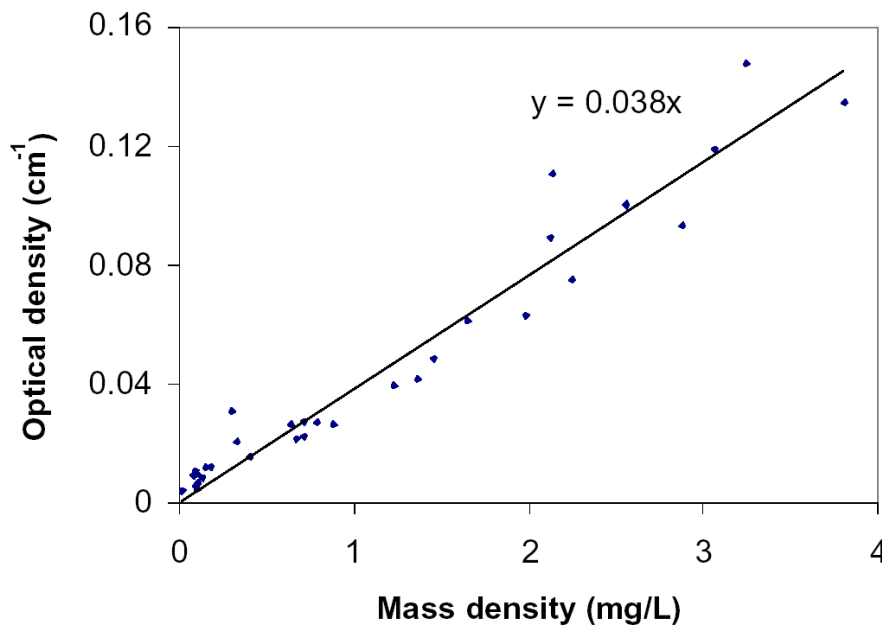


Fig. 2.6 Masstätheten mg/L som motsvarar $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ i förhållande till optisk densitet i PVC-rök. [19]

I figur 2.6 kan förhållande mellan sottäthet och optisk densitet för PVC-rök utläsas. Det riktvärde som valts för sottätheten $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$ baseras på beräkningar från kapitel 2.1.1 och motsvarar en optisk densitet på $0,12\text{ cm}^{-1}$ som kan utläsas i figuren 2.6.

Konduktansen 10^{-2} S (konduktansen är inversen av resistansen) kan ses som ett riktvärde för hur stor ledningsförmågan genom sotet måste vara för att en krets skall haverera.[19] Det är inte troligt att så höga koncentrationer av sot kommer att existera i luften ovan kretskorten vid brand så att ledningsförmågan uppnår detta riktvärde. Vid riktvärdeskoncentrationen av sot $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$ kommer endast konduktanser på 10^{-6} S att uppstå och därmed inte utgöra någon fara för kortslutning mellan kretsarna om RF hålls låg. I figur 2.7 [20] kan konduktansen på ett 50 V kretskort utläsas i förhållande till tiden

och obscura. Figurerna 2.6 och 2.7 tillhör samma experiment och skall tolkas tillsammans.

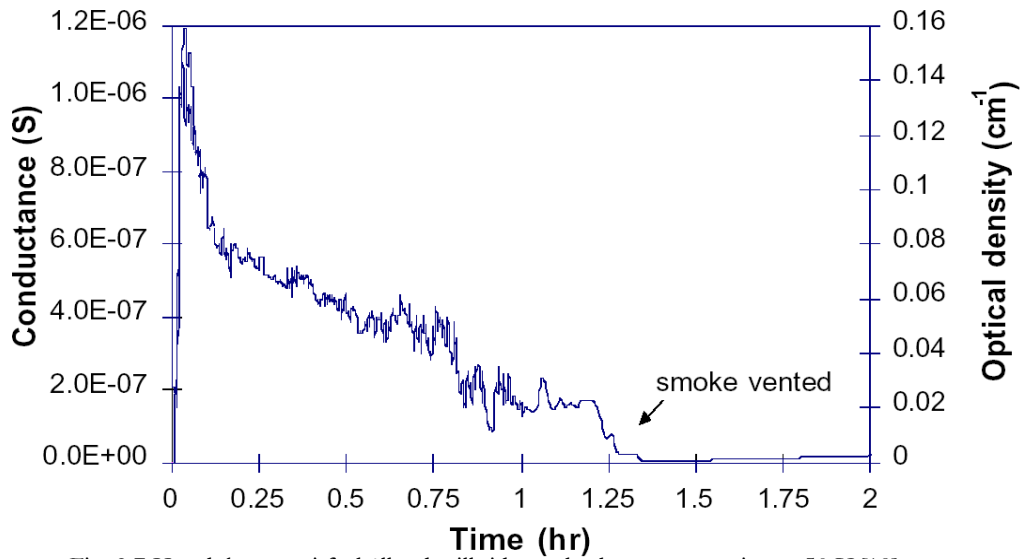


Fig. 2.7 Konduktansen i förhållande till tiden och obscura, spänningen 50 V.[19]

Depositionen av sot på kretsar med spänningen 50-500 V sker mestadels runt ledningarna. Ju högre spänning desto ojämnare kommer sotdepositionen att bli på grund av de elektriska fälten som kommer att påverka sotpartiklarna mer och föra dessa mot ledarna, medan 5 V kretsarna får ett jämnare sotlager över hela kretskortet. I ett experiment gjort av Sandia kan man i figur 2.8 utläsa att ledningsförmågan är störst efter 3-4 minuter då sotpartiklarna fortfarande är svävande i luften. [19] Efter cirka 10 minuter när sotpartiklarna har deponerats på kretskorten, avtar ledningsförmågan på 50 V och 500 V kretsarna. Däremot avtar inte 5 V kretsens ledningsförmåga i lika hög grad, beroende på att sotdepositionen på 5 V kretsen är jämnare fördelad. Att ledningsförmågan på 50 V och 500 V kretsarna ökar igen efter cirka en timma beror på att vädring sker med rumstempererad luft (temperatur $\sim 20^{\circ}\text{C}$ och RF $\sim 50\%$) och därmed ökar RF som bidrar till ökad ledningsförmåga. Vid vädring stiger konduktansen i 50- och 500 V kretsarna medan 5 V kretsarna verkar opåverkad.[19]

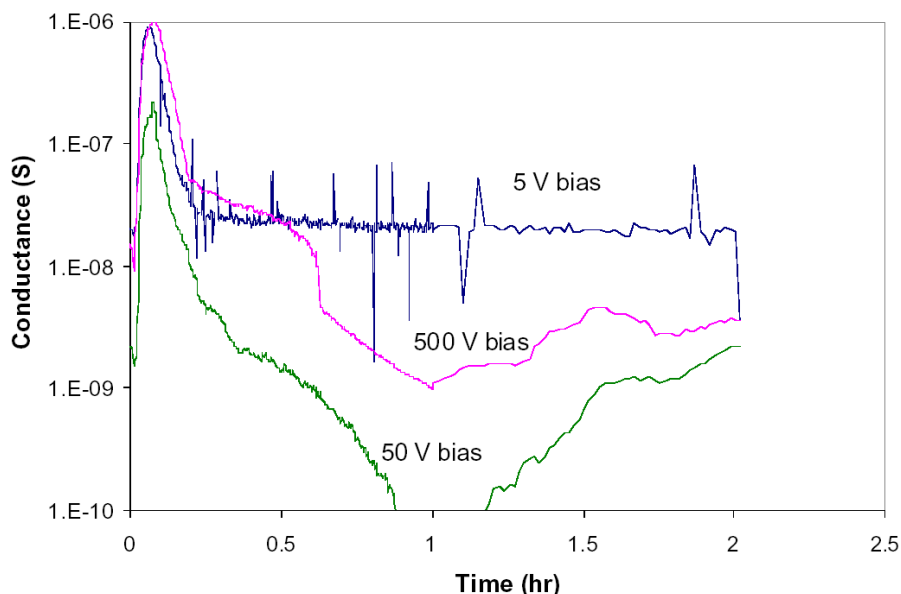


Fig. 2.8 Jämförelse av ledningsförmågan mellan kretsar med olika spänningar.[19]

Den totala depositionen av sot varierar inte markant mellan olika spänningar. Däremot varierar massan av sot på kretsarna med mängden brunnet bränsle. I figuren 2.9 nedan kan massan deponerat sot på kretsarna för tre olika spänningar jämföras i förhållande till mängd brunnet bränsle. Detta är ett småskaleförsök men det är troligt att fördelningen skulle vara liknade under ett större brand.

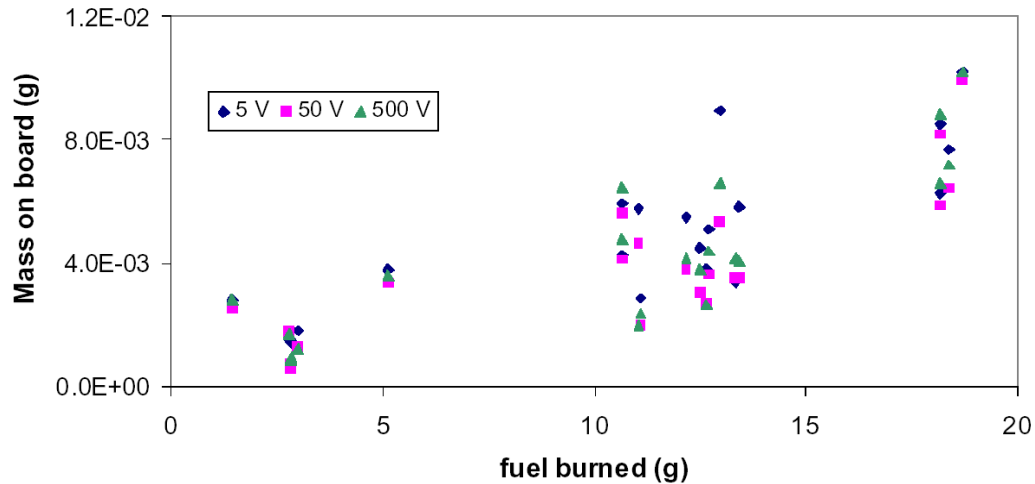


Fig. 2.9 Sot ansamlad på spänningssatta kretskort i förhållande till brunnen massa.[19]

Sot är som farligast för elektriska kretsar när det ännu är svävande i luften som man ser i figur 2.8.. Genom att snabbt göra spänningssatta kretsar spänningslösa skulle faran för överledning kunna uteslutas. Depositionen av sot som bildas på kretskorten skulle därefter kunna saneras enligt framtagna saneringsrutiner. (Se kapitel 5.5, sida 49)

2.4 Deponering

Med deponering menas det fenomen då sotpartiklar lämnar luften och deponeras på ytor. Tre huvudfenomen kommer att påverka deponeringen: diffusion, sedimentation och termofores.[2]

Diffusion är strävan efter jämfördelning. Små partiklar i storleksordningen $0,01\ \mu\text{m}$ kommer att påverkas i större utsträckning av diffusionen än av sedimentationen. Det omvända gäller för något större partiklar $10\ \mu\text{m}$. Detta beror på att Van der Waals (svag intermolekylär bindning som håller ett ämne i fast eller flytande form) kommer att påverka de större partiklarna betydligt mer nära ytor. Under inverkan av elektriska fält kommer sedimentationen att påverkas. I bild 2.2 visas hur sot attraheras av elektriska ledare.

Termofores kallas det fenomen som uppstår då partiklar vill röra sig från en varm zon mot en kallare beroende på att partiklarna vill utjämna den kinetiska energin. Termoforesen är inte alls lika beroende av partikelstorleken som diffusionen och sedimentationen. Däremot spelar partikelns värmeledningsförmåga roll. I tabell 2.1 nedan visas de olika sträckor som fenomenen påverkar med beroende på partikelstorlek. Tabellen bygger på beräkningar [2] för termofores, sedimentation och diffusion.

d (μm)	0.01	10
	Sträcka (cm)	Sträcka (cm)
Termofores	$2.9 \cdot 10^{-3}$	$2.7 \cdot 10^{-4}$
Sedimentation	$6.6 \cdot 10^{-6}$	$3.0 \cdot 10^{-1}$
Diffusion	$2.6 \cdot 10^{-2}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$

Tab 2.1 Visar påverkan av de olika fenomenen beroende på partikelstorlek.
Termoforesen har beräknats med en temperaturgradient på $10\ \text{K/cm}$. [2]

En glödbrand som producerar större partiklar än en flambrand kommer att påverkas mer av sedimentation än av diffusion och termofores. Glödbranden har lägre temperatur än flambranden och då blir temperaturgradienten i rummet mindre och därigenom påverkar termoforesen mindre. I inledningsskedet av flambranden är partiklarna mindre än $0,01\ \mu\text{m}$ i diameter sedan kommer de genom koagulationsprocesser att bli större. Med bakgrund av detta kommer diffusionen att minska i betydelse medan sedimentationen kommer att öka. Detta är ett generellt resonemang och under hela brandförloppet kommer alla partikelstorlekar att finnas representerade däremot kommer deras antal att variera enligt ovanstående diskussion.

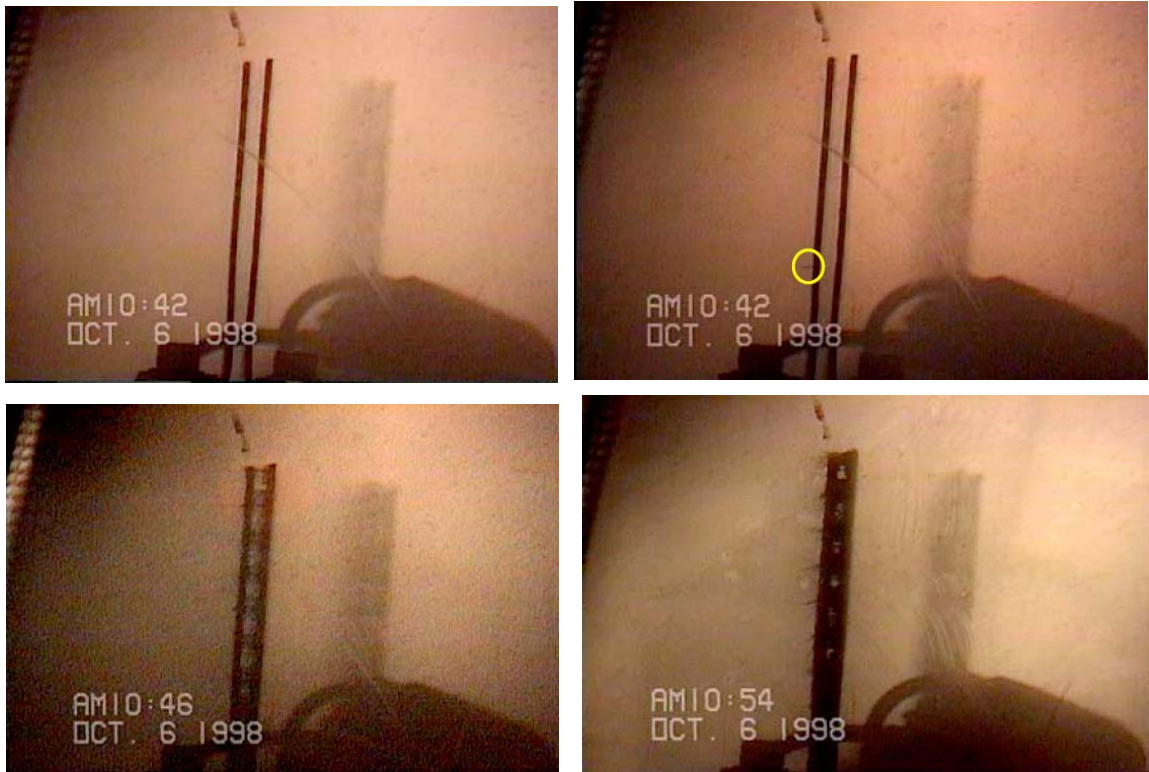


Bild 2.2 Visar sotdepositionen på 500 V likströms ledare. Bilden i nedre vänstra hörnet är tagen efter 4 min. Den i nedre högra hörnet är tagen efter 12 min. [19]

2.4.1 Horisontell deponering

Det är oklart hur stor andel som kommer att deponeras vertikalt respektive horisontellt. Rummets geometri, luftströmmar, väggmaterial kommer alla att påverka. Framförallt kommer ytornas temperatur att påverka då termoforesen verkar för att i större utsträckning deponera på kalla ytor än varma. Den största andelen kommer ändå att deponeras på horisontella ytor, se tabell 2.2.

Förbrukad/Tillgänglig bränslemängd [g/g]	Bränslemängd per rumsvolym [g/m ³]	Värmefflöde [kW/m ²]	Nedsmutsning på vertikal yta [μg/m ²]	Nedsmutsning på horisontell yta [μg/m ²]
0.27/0.6	3	25	0.4	2.8
0.49/0.6	3	50	0.9	3.4
3.12/5	25	25	2.1	45.3
3.95/5	25	50	4.2	17.6
6.49/10	50	25	3.2	94.8
7.34/10	50	50	7.3	58.5

Tabell 2.2 Småskaleförsök på deponering. 14,2 cm² cirkulära pappersbitar var utplacerade i brandrummet. Den horisontella deponeringen är dominerande, som minst är den 79 % och som störst 97 % [8]

2.5 Korrosion

Med korrosion menas förstörelse av metaller. Korrosion sker genom en kemisk reaktion mellan syre, vatten och metall. De faktorer som kommer att påverka korrosionen är temperaturen, relativa luftfuktigheten, tiden samt koncentrationen av korrosions-acceleratorer. Den viktigaste faktorn torde vara den relativa luftfuktigheten.

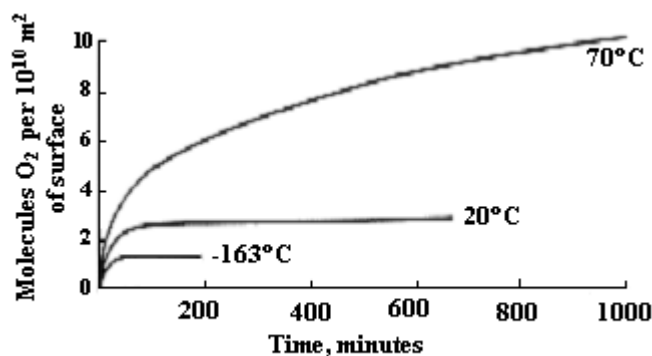


Fig 2.10 Visar hur korrosionen beror på temperaturen.[17]

Korrosionshastigheten kan accelereras genom luftföroreningar som t.ex. svaveldioxid, vätecyanid och halogensyror (fluorid-, klorid- samt bromidjoner). Det är främst väteklorid som kommer att utvecklas vid bränder beroende på att de vanligaste plasterna i fabriken innehåller klor. Vätekloridproduktionen är beroende av syretillgången och kommer därför att vara störst i brandens begynnelse och sjunker sedan allteftersom syremängden minskar. [18]

Även kolpartiklar som produceras vid en brand kan medverka till förhöjd korrosion genom att bilda katodytor på exponerade metaller. [10] Korrosionshastigheten beror också på temperaturen, dvs. ökar temperaturen kommer korrosionshastigheten att öka. Se figur 2.10.

Den relativa luftfuktigheten i fabriken fluktuerar med årstid (se kapitel relativ luftfuktighet, sida 19). När den relativa fuktigheten ligger mellan 50 - 60 % bildas en vätskefilm på de flesta material. När denna film bildas kommer depositionen av korrosionsprodukter att tillväxa väldigt kraftigt och leda till en höjning av korrosionshastigheten. Se figur 2.11. I samband med brand bildas vid förbränning vatten. Det är därför sannolikt att en vätskefilm kommer att bildas på elektronisk utrustning efter brand då temperaturen återgått till ursprungstemperatur.

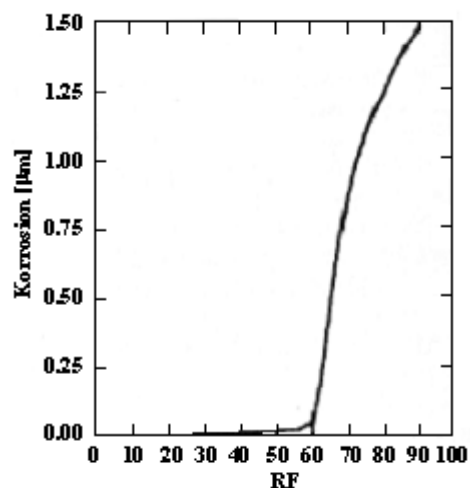


Fig. 2.11 Korrosionshastigheten som en faktor av relativa luftfuktigheten. Kurvan visar korrosionen av svavelsyra men är representativ även för andra syror då RF är den avgörande faktorn.[10]

Korrosionshastigheten ökar med koncentrationen av korrosionsprodukter men inte linjärt. Ökar koncentrationen av korrosionsprodukter med en faktor tio kommer endast korrosionshastigheten öka en faktor tre vid högre koncentrationer.[18] Följande samband gäller för korrosionshastigheten på en yta som påverkas av korrosionsprodukter under en kort tid.

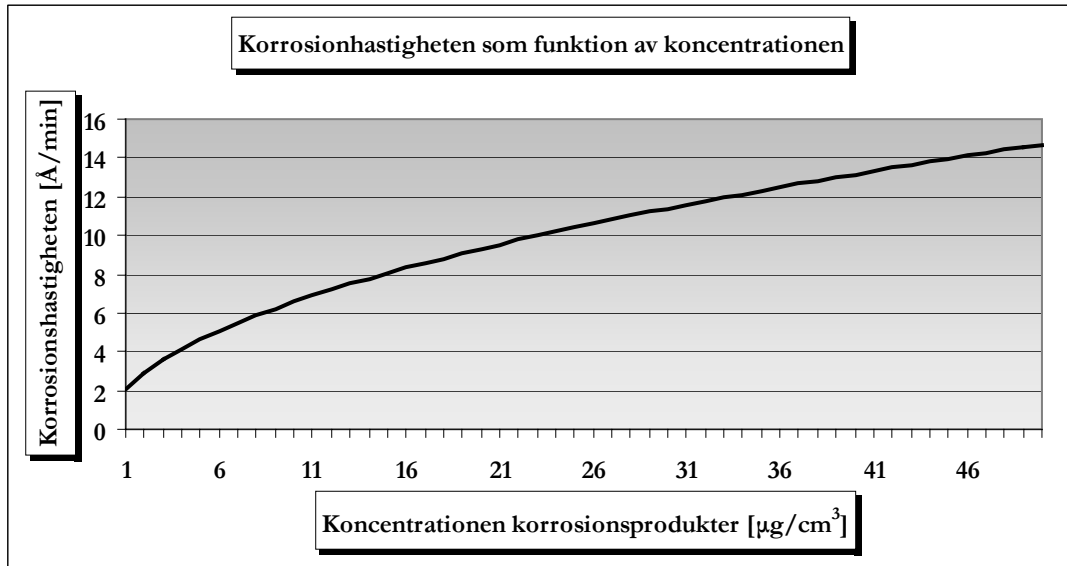


Fig 2.12 Korrosionen beroende på koncentrationen av korrosionsaccelerande föreningar.

$R = \mu c^m$ [18], där μ och m är konstanter. $\mu = 2.08 \text{ \AA} \cdot \sqrt{m^3} / \text{min} \cdot \sqrt{g}$, $m = 1/2$ och c är koncentrationen korrosiva ämnen. μ gäller för starka syror så som HCl (saltsyra) och HNO_3 (salpetersyra). Korrosionshastigheten R erhålls då i enheten ($\text{\AA}/\text{min}$). Se figur 2.12

Korrosionshastigheten på metaller som påverkas av korrosiva ämnen under lång tid minskar med tiden. Detta beror på att det kommer att skapas ett skyddande lager av korrosionsbiprodukter som skyddar ytan.[18]

Korrosionen på elektriska kretsar kan vara svår att upptäcka eftersom depositionen av främst negativa halogenjoner oftast inte går att se utan endast kan mätas. Detta torde inte vara ett problem hos Ericsson då eventuella joner kommer att uppträda tillsammans med sot. Till en början brukar kretsarna fungera som vanligt men på lång sikt kan problem uppstå. Därför är det viktigt att vid misstanke om jondeposition på kretskort mäta upp koncentrationerna och därefter sänka RF till cirka 40 % för att minska korrosionsangreppet samt vinna tid tills restvärdesräddningen kan påbörjas.

Vid sanering kommer det enklaste och effektivaste sättet att stoppa korrosionsangreppet vara att få bort allt synligt vatten. Det räcker emellertid inte, utan nästa steg blir att försöka sänka den relativa luftfuktigheten under åtminstone 40 %. Detta kan göras genom två metoder. Dels genom uppvärmning dvs. höja temperaturen i lokalen vilket automatiskt ger en sänkning av RF. Man skall emellertid vara medveten om att detta inte sänker den totala mängden fukt i luften. Skulle därför temperaturen av någon orsak sjunka igen kommer RF åter att stiga och inget vara vunnet med denna insats. En mer effektiv insats skulle vara att kontinuerligt avfukta inomhusluften med hjälp av en avfuktare för att på så vis torka luften inomhus.

2.6 Jonproduktion och syrabildning vid brand

Beroende på vilket material som brinner kommer olika biprodukter att bildas. Generellt kan sägas att CO_2 , CO samt H_2O alltid kommer att bildas i någon omfattning. Produktionen av dessa föreningar styrs i ganska stor utsträckning av ventilationsförhållandet och som exempel kan nämnas att då 1g CH_4 (metan) förbränns fullständigt bildas 2,25g H_2O . I figur 2.13 nedan ses en spektrogram över rök från ett förbränt soffmaterial som visar hur enormt många biprodukter som bildas. De vanligaste föreningarna är identifierade.

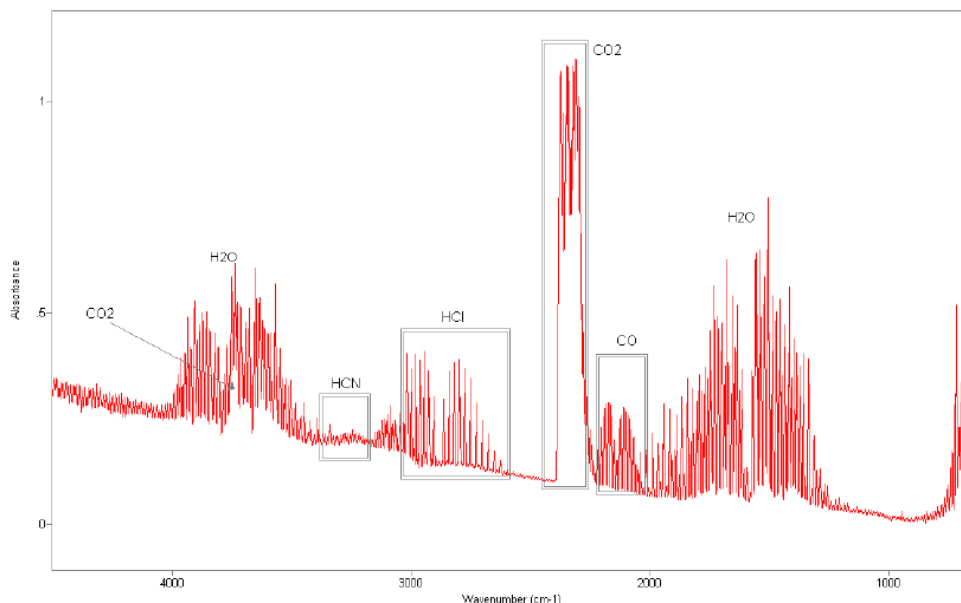


Fig. 2.13 Visar en representativ kurva från förbränning av stoppningsmaterial från en soffa.[16]

Plaster kan ur brandsynpunkt indelas i tre olika huvudgrupper. Indelningen är hämtad från SBF:s bok restvärdesräddning.

1. Plaster som innehåller kol, väte och möjligtvis syre exempelvis: polyeten, polypropen, fenolplaster (bakelit), polyesterplaster (plexiglas) med flera.
2. Plaster som innehåller kol, väte och ett tredje atomslag som oftast är svavel eller kväve exempelvis: polyamider, epoxi, polysulfoner med flera.
3. Plaster som innehåller kol, väte samt en halogen (F, Cl, Br) exempelvis: teflon, polyvinylklorid, neopren med flera.

Grupp 1

Har samma ämnen som trä som kemiskt består av 50 % kol, 6 % väte och 43 % syre[4] där den viktigaste kemiska beståndsdel är cellulosa ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n. Man kan därför dra slutsatsen att om grupp 1 eller trämaterial brinner under likvärdiga förhållanden så kommer samma ämnen att återfinnas i brandgaserna, dock inte nödvändigtvis i likvärdiga fördelningar mellan ämnena. Grupp 1 material tillsammans med cellulosa produkter är ganska vanligt förekommande hos Ericsson i Borås och de bildar inga korrosiva gaser vid brand. De kan ändå medverka till korrosion dels genom att kolet i sotet bildar effektiva katodytor[10], dels genom att sotet absorberar korrosiva ämnen från andra förbrända ämnen.

Grupp 2

Bildar förutom ämnena som kan bildas i grupp 1 även svavel- och kväveföreningar förslagsvis vätecyanid (HCN), svavelsyra (H_2SO_4) med flera. Riktigt vad som styr bildningen av de olika ämnena är inte helt utrett men så mycket kan sägas att vätecyanid förutom kväve i bränslet, kräver underventilerade förhållanden och höga temperaturer för att bildas i någon större omfattning. Grupp 2 har inte utretts ingående då avsaknaden av dem i det närmaste är total i fabriken. Epoxiprocessen som beskrivs i tillbudshistoriken är sedan länge borttagen.

Grupp 3

Plaster som innehåller kol, väte samt halogener. Den absolut vanligaste plasten från denna grupp får anses vara polyvinylklorid (PVC). Halogenerna ger upphov till en mängd olika syror som exempelvis väteklorid (HCl), vätebromid samt vätefluorid. Förekomsten av grupp 3 plaster är stor på Ericsson i Borås då många kabeltyper och hela golvet kan räknas till denna grupp. Vidare är köldmediet i ventilationsanläggningen fluorbaserat. Detta är visserligen ingen plast men en halogen i sådan omfattning att den är värd att nämnas.

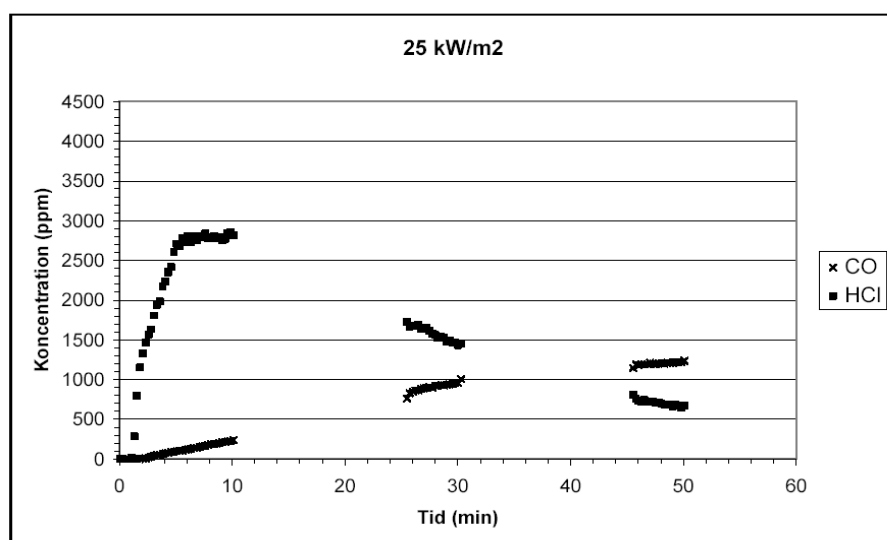


Fig. 2.14 Uppmätta gaskoncentrationer av HCl och CO från försök med låg värmestrålning mot PVC material. HCl sjunker med minskad syrehalt. Det är oklart om detta fenomen uppträtt i detta experimentet eller om massa PVC material är begränsande.[13]

Gällande halogenerna så har inte bildningen av bromväte och fluorväte alls blivit utrett i samma omfattning som för väteklorid. Vår bedömning är dock att fluor och brom kommer att uppföra sig mycket likt klor då de står efter varandra i samma grupp i det periodiska systemet. Det som kan bli problematiskt är det faktum att kunskapen om att detektera brom- och fluorväte inte alls är lika omfattande som för väteklorid. Vätekloridproduktionen vid en brand styrs av syrehalten och kommer följaktligen att vara störst i början av branden för att avta med syrehalten [18] se figur 2.14. Syraproduktionen är svår att påverka i inledningsskedet. Vid en brand skall kunskapen om att HCl produktionen styrs av syrehalten utnyttjas. Detta för att vägleda räddningstjänsten att använda en släckmetod som har låg luftomsättning i lokalen tilldess att branden är släckt.

2.7 Temperatur

Skador orsakade av hög temperatur är till skillnad från sot- och korrosionspåverkan ofta icke reversibla, det vill säga att enda utvägen är att byta skadade delar. En annan aspekt är att temperaturskador oftast är lätta att upptäcka med ögat. När det gäller riktvärden för elektronik får denna antas vara mycket individuell beroende på maskintyp. I en rapport från SP [8] säger man att vissa kretsar har fallerat vid en måttlig temperatur på 75 °C. En bedömning från Ericssons sida (Instrumentservice) är att Ericssons maskiner torde tåla betydligt mer, uppåt 200 °C i avseende på kretsarna. Det råder dock vissa oklarheter kring övrig materiel i maskiner som sladdar och dylikt. Det bästa sättet för att bringa klarhet i denna fråga vore naturligtvis att utföra experiment på Ericssons utrustning.

2.8 Sammanfattning av fysiska och kemiska fenomen

Brandgaserna som bildas vid en brand ger två huvudfenomen som kan orsaka skador på elektronik: deponering och korrosion. Deponeringen av sot beror på storleken av partiklar, elektrisk spänning och luftströmmar. Deponeringen av syror är främst beroende av den relativa luftfuktigheten. Sot som deponeras på kretsar kan orsaka överledning om koncentrationen är tillräckligt hög. Även om kretsen inte är spänningssatt kan sotet ändå orsaka problem genom att det absorberar fukt och korrosiva gaser. Kan man hålla en låg RF ($RF < 40\%$) i lokalen efter en brand kommer korrosionsskadorna att bli minimala, möjligen obefintliga.

3 Val av bränder

Tre olika typbränder har arbetats fram kabelbrand, cellulosabrand och plastbrand. Brändernas materialval har antagits vara representativt för de material som finns i fabriken idag. Bränderna har en begränsad omfattning som baserats på statistik (se appendix A), låg brandbelastning och en god larmorganisation. De koncentrationer av sot och joner som beräknats från bränder skall betraktas med stor försiktighet då dessa beräkningar är grundade på förenklingar som konstanta yilder och jämn fördelning i hela lokalen.

I den här rapporten har inga scenarion skapats utan istället har endast tänkbara bränder arbetats fram. Alla dessa kan ha antändningskällor likt tidigare bränder inom industrin exempelvis tekniskt fel, värmeöverföring samt anlagd brand. (Se appendix A).

Yielderna varierar egentligen med tiden beroende på att bland annat ventilations- och temperaturförhållanden förändras. Då verksamheten oftast är inrymd i stora lokaler antas branden inte bli underventilerad då massan brännbart material är begränsad och därför har yilder tagits för välventilerade förhållanden. Brand och brandgaser antas aldrig sprida sig till mer än en brandcell. Detta stöds med statistik från räddningsverket där mindre än 2 % av bränderna sprider sig till fler än en brandcell. Sotpartiklar har i beräkningarna antagits vara klotformade vilket de inte är i verkligheten (se avsnitt 2.2 sot, sida 21).

Efter att ha studerat verksamheten valdes tre representativa grupper av material ut. De var cellulosa samt två olika typer av plastmaterial varav en av dessa innehöll en halogen. Anledningen till att just dessa grupper valdes har sin grund i förekomsten på fabriken samt att de på ett bra sätt täcker in övriga material på fabriken. En förlängning av detta sätt att välja material är att det inte ska spela någon roll om det är papper, kartong eller träpallar som brinner utan att man ska kunna utgå från cellosamaterial.

När det gäller omfattningen av bränderna har statistik från räddningsverket studerats. Där kan man se att 86 % (se appendix) av bränderna under 2002, antingen endast har haft rökutveckling eller så har branden stannat i startföremålet där den självlocknat eller släckts av den egna personalen. Det är av denna anledning en ganska begränsad massa som förbränns i bränderna. Denna har bestämts på så sätt att massan som krävs för aktivering av detektorerna har multiplicerats med en säkerhetsfaktor. Denna faktor har varierats något mellan de olika typbränderna för att kunna få en jämförbar massa mellan de olika bränderna och på ett enkelt sätt kunna avgöra deras inbördes produktion av partiklar.

Ovanstående resonemang ledde fram till tre olika typbränder med en begränsad massa på 5 kg. För samtliga bränder beräknades antal partiklar och ytdeposition.

3.1 Kabelbrand

Först bestämdes med hjälp av detact t^2 (detact t^2 är ett simuleringsprogram för aktiveringstiden av huvudsakligen sprinkler men också dektektorer) tiden till dess att detektorerna aktiveras av branden. Aktiverings kriterier var 13 °C stegring/min, RTI sattes till 0,5[3], brandtillväxten sattes till $\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2$, motsvarande mediumtillväxt. Detta förfarande var nödvändigt för att få en ungefärlig uppfattning om hur mycket material som måste brinna innan larmet aktiveras. Själva beräkningen utfördes med hjälp av tiden som detact t^2 gav.

$$\dot{Q} = \chi \cdot \dot{m} \cdot \Delta H_c$$

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$$

$$\dot{Q} = \text{Effektutveckling kW}$$

$$\chi = \text{Förbränningseffektivitet}$$

$$\alpha = \text{Effektutvecklingskonstant kW/s}^2$$

$$\Delta H_c = \text{Förbränningsvärme kJ/g}$$

$$\dot{m} = \frac{dm}{dt} \Rightarrow \int_0^m dm = \int_0^t \frac{\alpha \cdot t^2}{\chi \cdot \Delta H_c} dt$$

$$m = \frac{\alpha \cdot t^3}{3 \cdot \chi \cdot \Delta H_c}$$

Förbränningsvärmets för kabel samt isolationsmaterial antogs till 24 kJ/g.[8] Massa förbränt material innan detektion var cirka 1,6 kg. En säkerhetsfaktor infördes för den tid som det tar innan någon kan hinna till platsen och påbörja släckning, så den totala massan som förbränns bestämdes till 5 kg. Från denna massa beräknas nu massan sot och väteklorid genom att använda yielder för dessa ämnen.



Bild 3.1 Kablar till elcentral. hall 1

Massa sot 5kg · $\Psi_{\text{soot}} 0,12 \text{ g/g} = 0,6 \text{ kg}$ [18]

När det gäller storleken på partiklarna har det faktum ignorerats att det egentligen är en fördelning mellan sotpartiklarna (se figur 2.4) och istället antagit en genomsnittlig homogen diameter 0,166 μm . [18] Detta antagande för diametern bygger på en flambrand. En glödbbrand skulle ge större partiklar. Vidare har antagits att sotpartikeln är klotformad. (Se bild 2.1). Massan på sotpartikeln har beräknats med ett värde på 1,75g/cm³. [5] Spridningsvolymen har antagits vara 10 000m³ (ca 45·50·5m) Detta värde är satt utifrån två parametrar: dels utformningen på Ericssons lokaler, dels allmän rökspridning där det är den sistnämnda som är kontrollerande. [1]

Volymen för en sotpartikel: $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \Rightarrow \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (0,083 \cdot 10^{-4})^3 = 2,39 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3$

Massan för varje sotpartikel: $M = V \cdot \rho \Rightarrow 2,39 \cdot 10^{-15} \cdot 1,75 = 4,19 \cdot 10^{-15} \text{ g}$

Antal partiklar som bildas: $N = \frac{600 \text{ g}}{4,19 \cdot 10^{-15} \text{ g / partikel}} = 1,43 \cdot 10^{17} \text{ partiklar}$

Antal sotpartiklar / m³: $\frac{1,43 \cdot 10^{17} \text{ partiklar}}{10000 \text{ m}^3} = 1,43 \cdot 10^{13} \text{ partiklar / m}^3$

Massa sot µg / cm³: $\frac{600 \cdot 10^6 \mu\text{g}}{10000 \cdot 10^6 \text{ cm}^3} = 0,06 \mu\text{g / cm}^3$

Deposition av sot µg / cm²: $\frac{0,8 \cdot 600 \text{ g}}{2000 \cdot 10^4 \text{ cm}^2} = 24 \mu\text{g / cm}^2$

Massa HCl 5kg · Ψ_{HCl} 0,263g/g = 1,3kg [18]

Väteklorid densitet = 1,64 · 10⁻³ g/cm³ [7]

Volym väteklorid $\frac{1315 \text{ g}}{1,64 \cdot 10^{-3} \text{ g / cm}^3} = 801829 \text{ cm}^3$

Koncentration i standardlokal $\frac{801829 \text{ cm}^3}{10000 \cdot 10^6 \text{ cm}^3} = 80 \text{ ppm}$

Deposition HCl per ytenhet $\frac{1315 \cdot 10^6 \mu\text{g}}{2000 \cdot 10^4 \text{ cm}^2} = 66 \mu\text{g / cm}^2 \Rightarrow 66 \cdot 0,8 = 53 \mu\text{g / cm}^2$

I experiment gjorda på Sandia fann man att ungefär 80 % av föroreningarna deponeras horisontellt.[20] Detta är anledningen till varför endast 80 % av depositionen räknas fram.

3.2 Cellulosabrand

Med ett tillvägagångssätt som vid kabelbranden, då tiden till detektion bestäms genom $\det t^2$ och massa integreras fram, skulle man få en något högre massa vid en cellulosabrand och därmed inte ha samma säkerhetsmarginal med 5 kg förbränd massa. Men för att kunna få en uppfattning om hur sotproduktionen för de olika bränderna skiljer sig åt så beräknas även cellulosabranden utifrån 5 kg. Detta förfarande stärks också av statistik (se appendix) som visar att mer än 85 % av alla bränder antingen stannar i startföremålet eller endast leder till rökutveckling som sedan självdör eller släcks av personalen. En kvantitativ analys visar också att få platser har en ansamling av mer än 5 kg material. Då pyrolyserade (brännbara) gaser är en förutsättning för att förbränning skall kunna äga rum kommer avgivningen av dessa att vara utdragen under en längre tidsperiod i jämförelse med kabelbranden. Detta beror delvis på det kolskikt som bildas på ytan på brandhärden. I övrigt gäller samma förenklingar som vid beräkning av kabelbranden.

Cellulosa materialet har ett förbränningsvärme på 16KJ/g. [9]

Massa sot 5kg · $\Psi_{\text{sot}} 0,444\text{g/g} = 2,22\text{kg}$. Yelden är tagen för furu. [18]

Volymen för en sotpartikel:
$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \Rightarrow \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (0,083 \cdot 10^{-4})^3 = 2,39 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3$$

Massan för varje sotpartikel:
$$M = V \cdot \rho \Rightarrow 2,39 \cdot 10^{-15} \cdot 1,75 = 4,19 \cdot 10^{-15} \text{ g}$$

Antal partiklar som bildas:
$$N = \frac{2200\text{g}}{2,36 \cdot 10^{-15} \text{ g / partikel}} = 5,2 \cdot 10^{17} \text{ partiklar}$$

Antal sotpartiklar / m^3 :
$$\frac{5,2 \cdot 10^{17} \text{ partiklar}}{10000 \text{ m}^3} = 5,2 \cdot 10^{13} \text{ partiklar / m}^3$$

Massa sot $\mu\text{g} / \text{cm}^3$:
$$\frac{2200 \cdot 10^6 \mu\text{g}}{10000 \cdot 10^6 \text{ cm}^3} = 0,22 \mu\text{g} / \text{cm}^3$$

Deposition av sot $\mu\text{g} / \text{cm}^2$:
$$\frac{0,8 \cdot 2200\text{g}}{2000 \cdot 10^4 \text{ cm}^2} = 88 \mu\text{g} / \text{cm}^2$$



Bild 3.2 Cellulosa material hall 2.

3.3 Plastbrand

Enligt samma resonemang som för kabelbranden och cellulosabranden väljs även här en total förbränningsmassa på 5 kg. Plasten (polyeten) är mycket förekommande i fabriken eftersom den skyddar många produkter och instrument från elektrostatisk urladdning. Plasten figurerar i två olika beskafter, en mjuk och böjbar samt en hårdskumvariant. I övrigt gäller samma förenklingar som vid kabelbranden och cellulosabranden.



Bild 3.3 Mjukplast i hall 7 som förvaras i träpall.

Massa sot $5\text{ kg} \cdot \Psi_{\text{sot}} 0,020\text{ g/g} = 0,10\text{ kg}$. Yelden är tagen för polyeten, flambrand och ur ett intervall. [18]

Volymen för en sotpartikel:
$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \Rightarrow \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (0,083 \cdot 10^{-4})^3 = 2,39 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3$$

Massan för varje sotpartikel:
$$M = V \cdot \rho \Rightarrow 1,35 \cdot 10^{-15} \cdot 1,75 = 4,19 \cdot 10^{-15} \text{ g}$$

Antal partiklar som bildas:
$$N = \frac{100\text{ g}}{2,36 \cdot 10^{-15} \text{ g / partikel}} = 2,39 \cdot 10^{16} \text{ partiklar}$$

Antal sotpartiklar / m^3 :
$$\frac{2,39 \cdot 10^{16} \text{ partiklar}}{10000 \text{ m}^3} = 2,39 \cdot 10^{12} \text{ partiklar / m}^3$$

Massa sot $\mu\text{g} / \text{cm}^3$:
$$\frac{100 \cdot 10^6 \mu\text{g}}{10000 \cdot 10^6 \text{ cm}^3} = 0,01 \mu\text{g} / \text{cm}^3$$

Deposition av sot $\mu\text{g} / \text{cm}^2$:
$$\frac{0,8 \cdot 100\text{ g}}{2000 \cdot 10^4 \text{ cm}^2} = 4 \mu\text{g} / \text{cm}^2$$

3.4 Osäkerhetsanalys

Parametrarna som kommer att påverka beräkningarna är rumsvolymen, massan brunnit material, yeldens variation samt partikelmassan. Naturligtvis kommer koncentrationerna att variera något beroende på om branden skulle ske i en mindre lokal samtidigt kommer inte en lika stor massa kunna förbrännas då detektion av branden skulle ske tidigare. Anledningen till att ingen beräkning görs av osäkerheterna är dels att inget kommer att omkullkasta det resultatet att korrosionsprodukter produceras i större utsträckning än sot. Detta beroende på att yelderna är så pass skilda från varandra rent storleksmässigt. Dels kan man inte använda bränderna för att efter en faktisk brand uppskatta kontaminering för då måste man utföra mätningar. Ovanstående resonemang gör att osäkerhetsnivån uppskattas till nivå 2. Då endast en kvalitativ analys av osäkerheterna har utförts.

4 Skadebild

En matris har skapats för att få en bättre överblick över skadebilden vid olika typer av bränder. I matrisen ingår fem stycken olika skadetyper där konsekvensen satts i förhållande till fyra resurskategorier. Huvudanledningen till matrisen är att Ericsson skall ha en mall att arbeta under det tidiga skedet, efter en eventuell brand.

4.1 Val av instrument- och maskinindelning

Det har gjorts två grupper av materiel, instrument och datorer samt maskiner och maskinlinjer. Vidare har det skiljts på dessa om de är spänningssatta eller inte. Här antas förutsättningen gälla att då en maskin/instrument är spänningslös så går inga fläktar eller liknande. Rent elektriskt kan det inte sägas vara någon egentlig skillnad mellan instrument och maskiner däremot är maskinerna mycket mer mekaniska då de innehåller glidbanor och robotar vilket inte instrumenten gör. Se bild 4.1. Dessutom har det varit en önskan från Ericssons sida att göra denna uppdelning då maskinerna är betydligt mer svårersättliga än instrument och datorer. Uppdelningen av materiel har i övrigt gjorts utan ekonomiska värderingar av något slag.



Bild 4.1 Kretskort i glidbana som finns i maskiner.

Vid skapandet av matrisen med skadeverkningar på utrustning fördes följande resonemang. Då cellulosa- och plastbranden (polyeten) endast skiljer sig åt genom mängden sot som de producerar beslutades att slå ihop dem. Den åtskillnad som istället gjordes var mellan hög och låg sotkoncentration samt hög sotkoncentration med sprinklerutlösning. Dessa tre scenarion skall vara representativa för alla tänkbara brandscenarion för cellulosa- och plastbränderna. Visserligen skiljer sig sotproduktionen åt men lokalen varierar och beroende på den rumsvolym en brand startar i kommer det att ge antingen hög eller låg koncentration. Sedermera kan en hög koncentration av ett ämne som har en förhållandevis låg sotproduktion resultera i en sprinklerutlösning som förklarar den sista brandtypen.

Kabelbranden representeras av två olika scenarion dels låg sot- och vätekloridskoncentration dels hög sot och vätekloridskoncentration med sprinklerutlösning. Anledning är densamma som i föregående resonemang.

4.2 Riktvärden

De riktvärden som valts för att skilja på hög och låg koncentration har sin grund i de två huvudskador som kan uppkomma i samband med brand, överledningsskador (kortsiktiga) och korrosionsskador (långsiktiga). För överledning har valts ett värde på $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$ [19] som beräknats fram från en rapport av T Tanaka där överledning skett strax över riktvärdet och RF 50 %. Detta är visserligen rök från PVC brand men det har

ansetts som ett konservativt värde för de övriga bränderna. Ytterligare en notis värd att uppmärksamma från detta försök är att då övriga flamskyddade kablar testats så har de inte kortslutit elektriska kretskort före PVC röken. En allmän kommentar kring riktvärdena är att samtliga test har varit småskaleförsök samt att man i nästan samtliga fall tittat på plast som bränsle och då oftast polyvinylklorid. Samma problematik föreligger då det gäller riktvärdesbestämning för korrosion då kloridjoner och dess syra, väteklorid har utretts tillfredsställande men övriga halogener, svavelsyra, vätecyanid inte utretts alls.

Idag har svenska brandskyddsföreningen satt ett gränsvärde på $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ kloridjoner för då ett saneringsbehov föreligger. Som jämförelse kan nämnas att om man tar ett glas vatten från en storstad, håller ut det och låter det torka kommer man ha en koncentration på ungefär $2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. FM (Factory Mutual Insurance Company) har satt ett gränsvärde på $9,8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. I en nyligen gjord studie på SP (Sveriges provnings- och forskningsinstitut) [13] har man kommit fram till att det nuvarande gränsvärdet på $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ inte är för högt satt. Dock är det så att utrustning som kan betraktas som extra känslig som till exempel elektriska komponenter kanske bör ha ett gränsvärde nedåt $5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ enligt SP-rapporten. Med tanke på detta är det en rimlig bedömning att $5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ska användas som riktvärde på Ericsson i Borås. (Om inga experiment utförs.)

Gällande temperaturskador har för få källor funnits för att kunna antaga ett riktvärde. Vidare är temperaturskador lätta att identifiera i och med att de är irreversibla så föreligger ingen saneringsproblematik. De eventuella temperaturskador som kan tänkas uppstå är möjligen strålningsskador i brandens absoluta närhet.

4.3 Skadebildsmatris

Varje specifikt fall i matrisen har givits ett nummer. För detta nummer har sedan skrivits ett teoretiskt utfall av skadeverkningarna av branden. Koncentrationerna har beräknats från de tidigare givna förutsättningarna (5 kg förbränt material med en rumsvolym på $10\,000 \text{ m}^3$) och skall inte ses som några exakta siffror.

	Instrument och datorer som är spänningslösa	Maskinlinor som är spänningslösa	Instrument och datorer som är spänningssatta	Maskinlinor som är spänningssatta
Låg sot-koncentration	1A	2A	3A	4A
Hög sot-koncentration	1B	2B	3B	4B
Hög sot-koncentration med sprinkler-utlösning	1C	2C	3C	4C
Kabelbrand låg koncentration sot och vätekloridjoner	1D	2D	3D	4D
Kabelbrand hög koncentration sot och väteklorider med sprinklerutlösning	1E	2E	3E	4E



Minimala skador, troligen ingen sanering nödvändig.



Mindre skador, visst saneringsbehov, inga korrosionsskador.



Ansenliga skador gällande överledning samt korrosion, måttligt saneringsbehov.



Kraftiga skador, gällande korrosion samt överledning. Omfattande saneringsbehov.

1A) Koncentrationen av sotpartiklar kommer att ligga under värdet $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$ med en faktor 15. Skadebilden kan förväntas bli minimal. Sotet kommer inte att kunna ta sig in i utrustningen i någon större utsträckning eftersom fläktarna inte är igång. Tidigare incidenter på Ericsson tyder på att inget saneringsbehov föreligger.

2A) Koncentrationen av sotpartiklar kommer att ligga under värdet $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$ med en faktor 15. Mängden partiklar kommer inte vara lika stor inuti utrustningen som i omgivande rum eftersom fläktarna inte är igång. Skadebilden kan förväntas bli minimal. Glidbanor och känsliga mekaniska delar skall emellertid rengöras innan uppstart av maskinerna. Rengöring skall endast ske med speciella rengöringsmedel.

3A) Koncentrationen av sotpartiklar kommer att ligga under riktvärdet $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$. Även om kretsarna är spänningssatta och depositionen på kretsarna är större än vid strömlöst tillstånd förekommer mängden sotpartiklar i för låg koncentration för att utgöra någon fara för överledning mellan kretsarna.

4A) Koncentrationen av sotpartiklar kommer att ligga under riktvärdet $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$. Trots att kretsarna är spänningssatta kommer överledning mellan kretsarna inte att utgöra någon fara. Glidbanor och känsliga mekaniska delar skall emellertid rengöras innan uppstart av maskinerna. Rengöring skall endast ske med speciella rengöringsmedel.

1B) Visst saneringsbehov kommer att föreligga trots att fläktarna inte har dragit in sot inuti apparaterna. Inga korrosiva gaser bildas.

2B) Det antas vara en förhållandevis låg koncentration som kommer in i maskinerna då fläktarna inte går. Ändå kommer de att behöva saneras eftersom glidbanor och andra mekaniska delar är mycket känsliga. Inga korrosiva gaser bildas.

3B) Här kommer att finnas ett ganska stort saneringsbehov då fläktar i datorer och instrument kommer att vara igång och suga in sot i apparaterna. Här uppkommer också en risk för överledning på kretsarna riktvärde, $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$. (Värdet är taget för PVC-rök vid RF 50 % se figur. 2.2). Inga korrosiva gaser bildas.

4B) Stort saneringsbehov kommer att föreligga då fläktar kommer att suga in sot inuti maskinerna. Vidare kommer glidbanor och mekaniska detaljer att blir obrukbara. Viss risk för överledning på kretskorten, riktvärde $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$. Inga korrosiva gaser bildas.

1C) När instrumenten är spänningslösa så kommer koncentrationen av sotpartiklar i instrumenten att vara förhållandevis låg och endast lättare sanering bör vara aktuell. På grund av att sprinklern utlöses kommer RF att vara hög och torkning av instrumenten skall ske innan uppstart.

2C) När maskinerna är spänningslösa så kommer koncentrationen av sotpartiklar i instrumenten att vara förhållandevis låg och endast lättare sanering bör vara aktuell. På grund av att sprinklern utlöser kommer RF att vara hög och torkning av maskinerna skall ske innan uppstart. Rengöring av glidbanor och känsliga mekaniska komponenter skall ske.

3C) Spänningssatta instrument kommer att få koncentrationer inne i instrument höljena liknande de i rummet eftersom de är utrustade med fläktar. Spänningssatta kretsar

kommer också genom sina spänningsfält att bidra till ökad deposition. Riktvärdet $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$ kommer därför med stor sannolikhet att överskridas och eftersom RF är högre än 50 % kommer med stor sannolikhet kortslutning av kretsar att ske.

4C) Spänningssatta maskiner kommer att få koncentrationer inne i maskinernas höljen liknande de i rummet eftersom de är utrustade med fläktar. Spänningssatta kretsar kommer också genom sina spänningsfält att bidra till ökad deposition. Riktvärdet $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$ kommer därför med stor sannolikhet att överskridas och eftersom RF är högre än 50 % kommer med stor sannolikhet kortslutning av kretsar att ske.

1D) Den största faran som förekommer för kretsar som är spänningslösa är korrosionsrisken. Eftersom fläktarna inte är igång kommer koncentrationen av vätekloridjoner inuti instrumenten att vara något lägre än i omgivande rum. Riktvärdet för behov av sanering av kloridjoner är $5\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Troligen kommer detta riktvärde att överstigas och därför kommer saneringsbehov förekomma. Enlig FM:s definition [12] så kan utrustningen renoveras så att den åter kan användas efter rengöring om inte depositionen av kloridjoner överstiger $30\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Det är av betydelse att snabbt få påverkad utrustning i en kontrollerad miljö där fukthalten är låg. Detta sker antingen genom att flytta utsatt utrustning till lokal där RF är låg eller genom att sänka RF med en avfuktare i utsatt lokal.

2D) Den största faran som förekommer på kretsar som är spänningslösa är korrosionsrisken. Eftersom fläktarna inte är igång kommer koncentrationen av vätekloridjoner inuti maskinerna att vara något lägre än i omgivande rum. Riktvärdet för behov av sanering av kloridjoner är $5\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Troligen kommer detta riktvärde att överstigas och därför kommer saneringsbehov att förekomma. Definition enligt FM [12] så kan maskinerna renoveras så att de åter kan användas efter rengöring om inte depositionen av kloridjoner överstiger $30\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Det är av betydelse att snabbt få påverkade maskiner i en kontrollerad miljö där fukthalten är låg och påbörja sanering snarast. Viktigt är att känsliga glidbanor och känsliga mekaniska komponenter rengörs från sot innan uppstart av maskinlinorna. Rengöring skall endast ske med speciella rengöringsmedel.

3D) Koncentrationen av PVC sot kommer att vara cirka $0.06\mu\text{g}/\text{cm}^3$. Skadebilden kan bli något värre eftersom en spänningssatt krets har förmågan att dra till sig sotpartiklar. Om höga RF uppnås (över 50 %) förekommer en liten risk för kortslutning av kretsarna. (Se figur 2.2). Vätekloridjonerna som deponeras på kretskortets yta orsakar korrosionen. Vid en deposition på $50\mu\text{g}/\text{cm}^2$ kan utrustningen räddas om utrustningen snabbt kommer i en kontrollerad miljö med låg RF som sänker korrosionshastigheten.

4D) Koncentrationen av PVC sot kommer att vara cirka $0.06\mu\text{g}/\text{cm}^3$. Skadebilden kan bli något värre eftersom en spänningssatt krets har förmågan att dra till sig sotpartiklar. Uppnås höga RF (över 50 %) förekommer en liten risk för kortslutning av kretsen. (Se figur 2.2) Vätekloridjonerna som deponeras på kretskortets yta orsakar korrosionen. Vid en deposition på $50\mu\text{g}/\text{cm}^2$ kan utrustningen räddas om utrustningen snabbt kommer i en kontrollerad miljö med låg RF som sänker korrosionshastigheten. Viktigt är att känsliga glidbanor och känsliga mekaniska komponenter rengörs innan uppstart av maskinlinorna. Rengöring skall endast ske med speciella rengöringsmedel.

1E) Mängden kloridjoner kommer i detta fall vara omkring $250\mu\text{g}/\text{cm}^2$ i det brandutsatta rummet. Men eftersom fläktarna inte är i bruk kommer koncentrationen inuti instrumentet att vara lägre än i omgivande rum. Sanering av instrumenten kan ske förutsatt att utrustningen snabbt hamnar i en kontrollerad miljö efter branden. Risken för sprinklerutlösning är stor och RF kommer då att ligga i närheten av 100 %. Depositionen av PVC-röken kommer att tillta på kretsarna när rökens fukthalt ökar, detta sker med en faktor i storleksordningen fyra. Vid en RF över 60 % kommer korrosionen att öka kraftigt på grund av att det vid denna fukthalt kommer att bildas en vätskefilm på utsatta ytor.

2E) Mängden kloridjoner kommer i detta fall vara omkring $250\mu\text{g}/\text{cm}^2$ i det brandutsatta rummet. Men eftersom fläktarna inte är i bruk kommer koncentrationen inuti maskinerna att vara lägre än i omgivande rum. Sanering av maskinerna kan ske förutsatt att utrustningen snabbt hamnar i en kontrollerad miljö efter branden. Vid en RF över 60 % kommer korrosionen att öka kraftigt på grund av att det vid denna fukthalt kommer att bildas en vätskefilm på utsatta ytor. Viktigt är att känsliga glidbanor och känsliga mekaniska komponenter rengörs innan uppstart av maskinlinorna. Rengörning skall endast ske med speciella rengöringsmedel.

3E) Koncentrationen av PVC sot kommer att vara cirka $0,3\mu\text{g}/\text{cm}^3$. Risken för sprinklerutlösning är stor och RF kommer då att ligga i närheten av 100 %. Depositionen av PVC-röken kommer att tillta på kretsarna när rökens fukthalt ökar, detta sker med en faktor i storleksordningen fyra. [18] Överledning mellan kretsarna tack vare depositionen av sot och hög RF är därför övervägande. I och med höga RF och kloridjonerna som produceras från PVC-branden kommer korrosion att ske på de luftisolerade kretsarna. Snabb och omfattande sanering skall sättas in för att rädda utrustningen.

4E) Koncentrationen av PVC-rök kommer att vara cirka $0,3\mu\text{g}/\text{cm}^3$. Risken för sprinklerutlösning är stor och RF kommer då att ligga i närheten av 100 %. Depositionen av PVC-röken kommer att tillta på kretsarna när rökens fukthalt ökar, detta sker med en faktor i storleksordningen fyra. [18] Överledning mellan kretsarna tack vare depositionen av sot och den RF är därför övergripande. I och med den höga RF och kloridjonerna som produceras från PVC-branden kommer korrosion att ske på de luftisolerade kretsarna och glidbanorna. Korrosionshastigheten kan dämpas genom att sänka RF. Viktigt är att snabbt få igång en omfattande sanering för att rädda maskinerna. Känsliga glidbanor och känsliga mekaniska komponenter skall rengöras innan uppstart av maskinlinorna. Rengöring skall endast ske med speciella rengöringsmedel.

4.4 Sammanfattning av skadebild och saneringsbehov

Då korrosiva ämnen bildas kommer skadepotentialen att vara som störst. Ett möjligt fuktillskott från en sprinklerutlösning kommer ytterligare att försvåra en sanering. En stor fördel erhålls då apparater är spänningslösa och inte drar in sot i instrumenten/maskinerna.

5 Sanering

Sanering är en del som tillsammans med restaurering kommer att utgöra återställning av utrustning. Restaureringen kommer att kunna skötas internt. Initialt kommer en grovsanering att utföras av räddningstjänsten varpå en restvärdesräddare (RVR) kallas in, som vid behov tillkallar en saneringsfirma. För att effektivisera saneringsinsatsen har en saneringsmatris, saneringsöversikt samt rutiner vid sanering för Ericsson arbetats fram. Se sidorna 47 - 49.

5.1 Organisationen av restvärdesräddning

Vid en olycka på Ericsson skall enligt lag (lagen om skydd mot olyckor) räddningstjänsten rycka ut för att förhindra och begränsa skador på människor, egendom och miljö. Räddningsinsatsen skall ledas av en räddningsledare som är ålagd att meddela om behov av åtgärder efter räddningsinsats behövs. Föreligger behov meddelas larmtjänst detta. Ericsson har i sin tur ett avtal med larmtjänst. Larmtjänst är ett aktiebolag som ägs av försäkringsbolag och har till uppgift att assistera försäkringstagare vid skador så att skadekostnaderna minimeras. Larmtjänst har i sin tur byggt upp en organisation med larmcentraler, restvärdesräddare och entreprenörer för att kunna utföra sina uppdrag. Föreligger behov kallar larmcentralen ut RVR.

RVR är ett kommunalt räddningsbefäl som efter speciell utbildning åtagit sig att leda restvärdesräddning. Innan representanter från försäkringsbolag kommit till platsen och tar över restvärdesräddningen, vidtar RVR åtgärder på uppdrag av försäkringsbolaget under max 48 timmar. Efter det att representanter från försäkringsbolaget tagit över restvärdesräddningen kan RVR utnyttjas som sakkunnig rådgivare. RVR har till uppgift att orientera sig om skadan och undersöka försäkringsförhållanden. RVR försöker alltid ta kontakt med ansvariga på företaget före beslut om åtgärd. Om inte RVR får kontakt med någon har RVR bemyndigats vidta nödvändiga åtgärder för att minska skadekostnaderna. Lämplig saneringsfirma rekvideras då till plats genom godkända företag i larmtjänsts register. Däremot kan Ericsson genom kontakt med RVR istället efterfråga att särskilda saneringsfirmor kallas in som de har överenskommelser med.

5.2 Saneringsföretag

Efter samtal med driftchef Alf Danielsson på Brandsanering AB och Leif-Arne Wahlfrid på Arepa har detta avsnitt nedtecknats. Brandsanering AB befinner sig geografiskt sett endast 10 min bilfärd bort från Ericsson. Därför är det troligt att denna saneringsfirma kommer att larmas in av RVR. Arepa är rikstäckande och har kontor i Stockholm, Göteborg och Malmö.

Inom 90 min säger sig Brandsanering AB ha påbörjat akutåtgärdssanering. Brandsanering AB använder sig av "Breslemetoden" (se appendix B) för att mäta upp jonkoncentrationen. Vid elektronikanering samarbetar Brandsanering AB med Arepa. Enligt Arepa är sanering i de egna lokalerna att föredra men om detta inte är möjligt kan sanering ske på plats. Arepa anser att sanering av elektronik är nödvändig vid kloridjonskoncentration på 7-8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Emellertid är det så att kretskort med ytmonterade komponenter behöver saneras vid så låga koncentrationer som 5-6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Arepa tillämpar inte breslemetoden utan har utvecklat en egen metod som endast detekterar kloridjoner. Vid annan jonbildning utnyttjas pH- mätningar samt mer

avancerade analyser hos specialister. För att undvika korrosionsskador menar Arepa att RF ska sänkas under 30 %. Själva saneringsvätskan utgörs av en basisk lösning i avjoniserat vatten. Torkningen genomförs i vanliga fall med värmeblåsar under minst 48 timmar. Ericssons personal kan instrueras i saneringsprocessen. Därför torde inte personaltillgången begränsa saneringskapaciteten. Vid höga jonkoncentrationer (över 90 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$) görs en bedömning om sanering skall utföras. Få instrument/maskiner är så skyddsvärda att det är ekonomiskt berättigat att sanera dessa.

5.3 Saneringsmatris

Saneringsmatrisen är kopplad till skadebildsmatrisen i kapitel 4. Den är till för att snabbt kunna styra in saneringsinsatsen i rätt riktning samt att få en överblick över vilka saneringsresurser som kan tänkas behövas.

	Instrument och datorer som är spänningslösa	Maskinlinor som är spänningslösa	Instrument och datorer som är spänningssatta	Maskinlinor som är spänningssatta
Låg sot koncentration				
Hög sot koncentration				
Hög sot koncentration med sprinklerutlösning				
Kabel brand låg koncentration sot och vätekloridjoner				
Kabel brand hög koncentration sot och väteklorider med sprinklerutlösning				



Inget externt saneringsbehov förekommer. Kan lösas internt med städpersonal som rengör höljen och lokal.

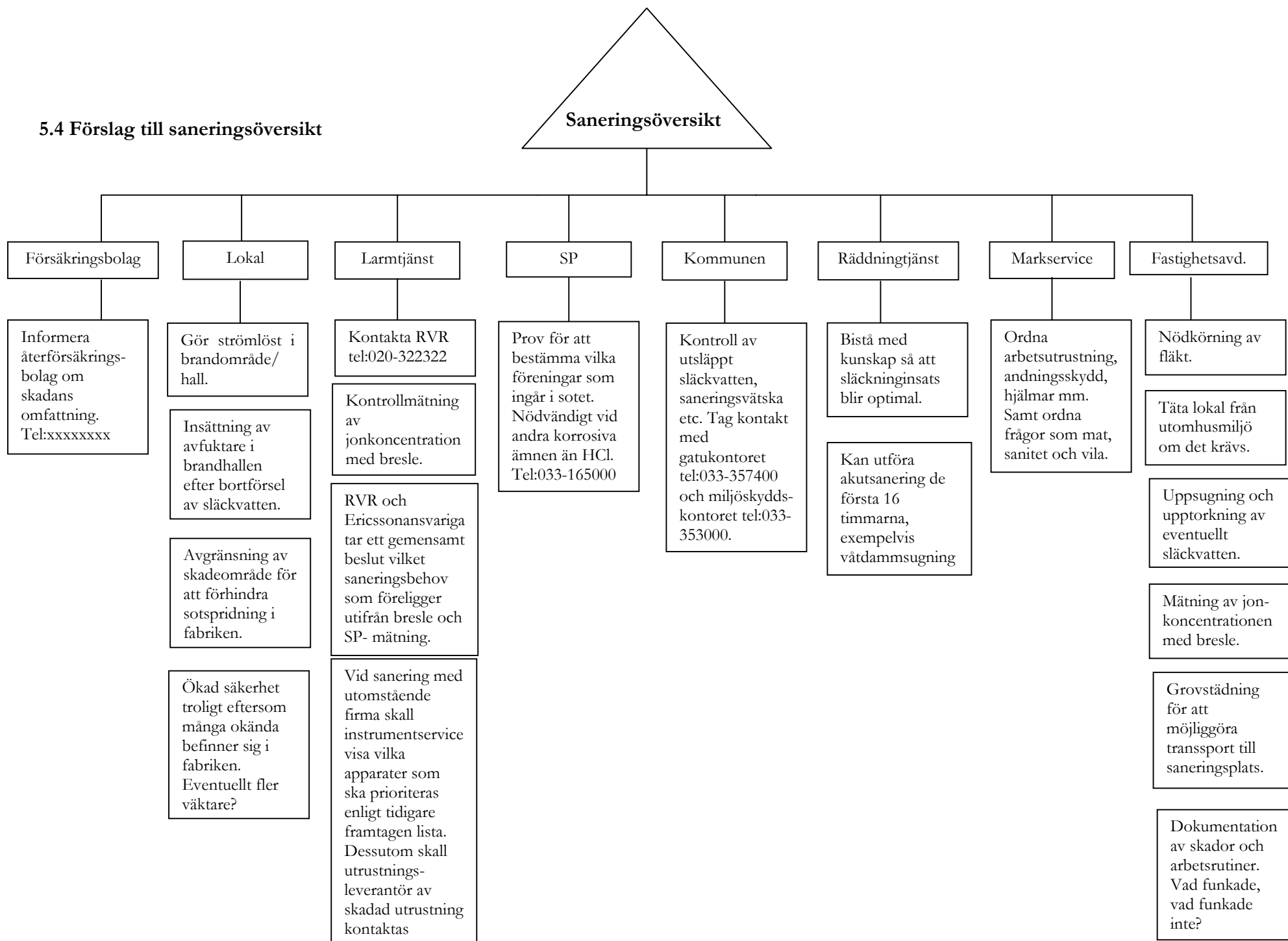


Sanering utförs med avjoniserat vatten med inblandning av isopropanol, tillsatts för att ge fettlösende egenskaper. Isärplockning av apparaturen kan bli nödvändig, vissa delar måste eventuellt bytas ut.



Jonsanering kan ev. utföras med natruimbaserad lösning för att neutralisera i form av en obligatorisk sköljning för att bli av med bildade salter, eller genomföras med upprepad sköljning av avjoniserat vatten med inblandning av ammoniak till 3-5 % lösning. [24]

5.4 Förslag till saneringsöversikt



5.5 Förslag till rutiner vid brand och sanering

Åtgärder	Resurs
Gör brandhärjat område/hall strömlöst.	
Bistå räddningstjänsten med kunskap så att släckinsatsen blir optimal.	Väktare
Kontrollera möjlighet att nödköra fläktar och öppna brandgasluckor.	
Kontakta restvärdesräddare (RVR) via larmtjänst som nås via SOS alarm eller 020-322322. Samt kontakta saneringsfirma. Brandsanering tel:0705-256401	
Kontakta utrustningsleverantör av skadad utrustning.	
Täta eventuella öppningar ut mot det fria med hjälp av snickare i fabriken.	Spånskiva, presenning
Kontakta försäkringsbolagets skadereglerare. Tel:xxxxxxx	
Kontakta SP om möjligt för korrosionsprovtagning, tänk på att om provtagning sker omedelbart beakta att man beträder en eventuell brottsplats.	
Kontakta miljöskydds- (tel 033- 353000) och gatukontoret (tel: 033- 357400) för information om utsläpp.	
Uppsugning och upptorkning av eventuellt släckvatten. Tänk på att upprätta spridningsgränser så att sot inte sprids till angränsande hallar.	Våtdammsugare, andningsskydd, skoskydd, plastfolie samt avspärrningsband
Insättning av avfuktare i brandhall. Saneringsfirmorna tar med avfuktare.	Eventuellt behov av extra kabel
Kontrollera RF i brandhärjad hall. RF skall under 40 % för att minimera korrosionsskadorna.	Mobil hygrometer
Mätning av jonkoncentrationen med bresleprovtagning.	Enklare utrustning för mätning av jonkoncentration
RVR gör eventuellt en kontrollmätning av jonkoncentrationen.	
RVR och Ericssonansvariga tar ett gemensamt om beslut vilket saneringsbehov som föreligger utifrån bresle och om möjligt SP-mätningen	
Ge saneringsfirmorna information genom instrumentservice om vilka apparater som skall prioriteras enligt tidigare framtagna lista.	Prioriteringslista
Med hjälp av instrumentservice besluta vilka delar till maskiner som behöver beställas eventuellt lånas från andra Ericsson fabriker.	
Grovstädning för att möjliggöra transport till saneringsplats.	Utnyttja befintlig städutrustning
Ordna med mat och möjliga viloplatser för saneringspersonal	
Kontrollera ventilationsrör och trummor innan ventilationen startas så att inte sot sprids med denna.	
Dokumentera alla skador och skriv ned värdefulla erfarenheter.	Digitalkamera och anteckningsmtrl.
Då lokalen är tömd kan påbörjning av restaurering ske med hjälp av fastighetspersonal.	

6 Slutsats och diskussion

Skadorna från en brand kommer att bestå av två huvudkategorier: överledning och korrosion. Kapitel 3 visar tydligt då man jämför med antagna riktvärden för korrosion och överledning ser man att risken för skador beroende av överledning är liten medan skador beroende av korrosion är betydligt mer sannolika. Båda skadetyperna kommer att förvärras vid hög relativ luftfuktighet se figur 2.2 och 2.11 ($RF > 50-60\%$). Risken för överledning är som störst då sotpartiklarna är i luften, emellertid skall det uppnås mycket höga koncentrationer av sot för att överledning skall vara aktuell, ett riktvärde skulle vara beroende av typ av rök och relativ luftfuktighet. En slutsats som kan dras här är att risken för konsekvenser av en brand kommer att bli större under sommaren än det övriga året då RF generellt är högre i fabriken under sommaren.

Genom att göra brandområdet/hallen spänningslöst (avser instrument och maskinlinor), exempelvis då brandlarmet utlöses, skulle en mängd fördelar genereras. Bland annat upphör risken för överledning helt och dessutom försvinner möjligheten för kabelkortslutning genom förlust av isolationsmaterial vid brand. Den enskilt största fördelen med att göra instrument/maskiner spänningslösa får anses vara det faktum att fläktar som sköter kylning i maskiner och instrument slutar att gå. På detta sätt minskar koncentrationen av sot och korrosiva ämnen som kommer att kunna deponeras inuti apparaterna.

Då en bestämd massa deponeras på ett kretskort kommer låga spänningar som 5 V inte att påverka fördelning utan ett jämnt lager kommer att lägga sig över kortet till skillnad från vid något högre spänningar som 50 V. Den jämna fördelningen är dock mer problematisk då denna lämnar en kontinuerligare förbindelse för läckageströmmar över hela kortet se figur 2.8.

Väteklorid är den absolut vanligaste syra som bildas vid brand. Dess bildning hänger ihop med syrehalten se figur 2.14. Bildningen kommer att vara störst i inledningsskedet av branden. Anledningen till att väteklorid utretts mest är på grund av att klor är den absolut vanligaste förekommande halogenen i plast. Det är troligt att övriga halogener, brom och fluor kommer att bilda syra i ungefär samma omfattning och ha likvärdiga skadeverkningar som klor i avseende på korrosion. Den absolut vanligaste plastsorten hos Ericsson, polyeten, kommer inte att bilda syra vid brand.

Ordet riktvärde har valts framför gränsvärde då osäkerheten är betydande eftersom inga experiment utförts på Ericssons utrustning. Ett eventuellt gränsvärde skulle variera med bland annat RF, typ av rök, geometri och spänningsförhållanden. Det är emellertid författarnas förhoppning att de riktvärden som valts, $3\mu\text{g}/\text{cm}^3$ för överledning och $5\mu\text{g}/\text{cm}^2$ för korrosion, skall vara konservativa så att inga skador ska uppkomma under dessa värden.

Från skadematrisen har följande slutsatser dragits. När apparaterna är spänningssatta kommer skadorna och därmed också saneringsbehovet att bli mer omfattande. En möjlig sprinklerutlösning samt förekomst av väteklorid kommer att förvärra skadorna ytterligare. En brand utan jonbildning kommer inte att kräva en lika snabb insats som en då det sker syrabildning. Det bör ändå nämnas att om sot får ligga kommer det att dra till sig fukt som får lite av en limfunktion och kan komma att skada mekaniska delar

permanent. Skadeverkningar av korrosiva ämnen kan kraftigt reduceras genom att snabbt sänka den relativa luftfuktigheten under 40 %.

De enklaste och billigaste åtgärderna får anses vara det som går att genomföra som förebyggande arbete. Med detta menas åtgärder som att separera viktiga verksamheter. Även om detta innebär försämringar i flödet så har man mer att vinna genom att en brand eller annan olycka mycket osannolikt skulle kunna slå ut två separata brandceller. Vidare kan man vid inköp eftersträva material som inte förorsakar korrosiva ämnen vid brand. Dessutom bör det föras en tydlig och klar dokumentation över tillbud i fabriken så att man på ett enkelt och tydligt sätt lätt kan se möjliga mönster på antändningskällor. Detta är något som Ericssonkoncernen generellt borde tillämpa. Kunskapssäkring från exempelvis arbetet i Mölndal hade givit värdefull information kring skador och sanering av sot på den egna utrustningen. Om möjligt bör man även se över hur kunskapsutbyte mellan fabriker inom Ericssonkoncernen skulle kunna utökas för att på ett bättre sätt ta till vara den information som redan finns.

Som en följd av slutsatser och diskussion har ett åtgärdsförslag arbetats fram samt förslag på vad experiment på Ericssons utrustning bör omfatta.

7 Åtgärdsförslag

Lagen reglerar personskydd och i viss mån miljöskydd. Dessa krav uppfyller Ericsson ur brandsynpunkt, därför kan man inte särskilja åtgärderna i skall och bör kategorier. Alla förslag till åtgärder får därför Ericsson själva värdera och besluta om hurvida de kan anses som kostnadseffektiva eller inte.

Kortsiktiga

- Skapa en prioriteringslista över utrustningen samt upprätta en kontakt med en eventuell saneringsfirma. Så att man i en saneringssituation snabbt kan besluta vilka apparater som skall restaureras först.
- Frambringa en lösning så att man vid händelse av brand snabbt kan göra brandhärjat område/hall spänningslöst.
- Införskaffa "bresleväskan" (se appendix B) för att kunna ta bakgrundsvärden i fabriken samt kunna korrelera RVR:s mätning.
- Upprätta kontakt med SP, geografiskt fördelaktigt, för möjlighet att omedelbart vid brand kunna analysera ett prov för att få alla ingående ämnen i röken.
- På speciellt skyddsvärd utrustning vore det önskvärt att i händelse av brandlarm kunna täcka över utrustningen med ett hydrofobt material.

Långsiktiga

- Vid inköp av material och utrustning till fabriken bör det finnas en grundläggande tanke om att införskaffa material som är svårantändliga, har låg förbränningsvärme och som inte alstrar syra vid brand.
- Det bör i största möjliga mån göras ansträngningar att särskilja unika verksamheter så att dessa inte är placerade i samma brandcell. De eventuella negativa inverknings som detta kommer att ha på flödet får anses vara acceptabla då man betänker vilken produktions säkerhet detta erbjuder i händelse av brand.
- Arbeta vidare med att bygga in instrument i skyddsmoduler för att skydda dessa mot sotdeposition.
- Dokumentera olyckor och tillbud i fabriken så det finns möjlighet att dra nytta av dem vid framtida insatser. Samt möjligheten att ha ett kunskapsutbyte mellan andra Ericssonfabriker.

7.1 Förslag till utformning av experiment för Ericssons utrustning

Om experiment utförs anser författarna att följande uppgifter bör lösas.

- Ett gränsvärde för luftburna rökpartiklar.
- Ett gränsvärde för deponering av sotpartiklar på ytor.
- Ett gränsvärde för deponering av korroderande ämnen för Ericssons utrustning. T.ex. klorid, fluorid samt bromid.
- Kontrollera befintliga saneringsmetoder. Vilka fungerar bäst på Ericssons utrustning? Räcker det med att skölja i avjoniserat vatten? Hur fungerar ett ammoniak tillskott? Hur tålig är Ericssons utrustning för basiska vätskor?
- Föreligger behov av torkning efter sanering? Krävs det vaccumvärmeugn för torkningen? Räcker det med självtorkning?
- Hur mycket rök produceras per tidsenhet av material på Ericsson?

8 Möjliga förebyggande ingrepp och saneringsmetoder

Detta avsnitt ger på intet sätt färdiga lösningar utan skall ses som idéer som kan vara meningsfullt att titta närmare på.

8.1 Sänkning av syrehalt

Detta är en metod som har börjat användas främst i serverrum och datacentraler. Den sänkta syrehalten gör att en brand får mycket svårt att få fäste genom att initiala lågor inte tillåts existera. Men den riktigt stora fördelen ur saneringssynpunkt med sänkt syrehalt får anses att bildningen av väteklorid hämmas. Det är emellertid oklart i vilken utsträckning vätekloriden minskar med sänkt syrehalt. Sker det linjärt? Exponentiellt?

8.2 Exponering av oädlare metaller

Denna idé härstammar från fartygsindustrin där man hänger större bitar av oädlare metall än skrovet, vanligen zink, som gör att korrosionen i första hand angriper zinken. Idén går ut på att en oädel metall skulle placeras ut i maskinerna som korrosionen i först hand skall angripa. Det är dock osäkert hur detta fungerar när det inte finns vatten emellan metallerna. Kanske räcker det att man skapar kontakt på något sätt. Emellertid finns det en annan mycket stor fördel med att sätta dit metallbitar för att dessa erbjuder möjligheten att snabb och enkelt kunna användas som provtagningsytor för att kunna fastställa om korrosiva föreningar är närvarande efter brand.

8.3 Absorption av korrosiva föreningar

Här finns det tankegångar att skapa fuktiga miljöer som drar till sig korrosiva föreningar. Man skulle exempelvis kunna tänka sig att ett hydrofilt material som textil i form av en tygskärm ställs in i brandrummet som står där och drar till sig fukt som i sin tur kommer att dra till sig korrosiva föreningar. Detta torde fungera för saltsyra i alla fall då denna i större utsträckning deponeras på fuktiga ytor. I figur 8.1 kan skillnaden av deposition av joner på en fuktig kontra torr yta ses.

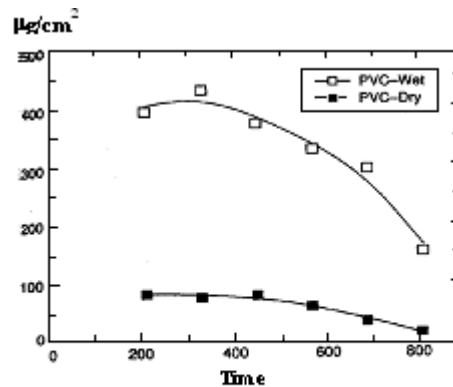


Fig. 8.1 Åskådliggör skillnaden av depositionen av joner på en fuktig kontra torr yta.

8.4 Lackning av kretskort

Lackning av kretskort var ett förfarande som var vanligt förekommande om man går tillbaks några år i tiden. Miljö- och underhållsskäl gör att det inte kan anses kostnadseffektivt att lacka kretskort. Anledningen till att underhållskostnaderna ökar är att man måste ta bort lacken så fort man skall byta en komponent. Dock förhåller det sig så att maskinlinorna, som är de som är aktuella för en möjlig lackning, har väldigt låg utbytningsfrekvens av komponenter. Den stora fördelen man skulle kunna dra med lackerade kort är att lacken kommer att utgöra ett bra skydd mot överledning, korrosion och fuktskador.

8.5 Övertäckning med hydrofobt material

Vid en tidig upptäckt av rökutveckling skulle personal kunna ha rutiner att snabbt dra över ett redan förberett hydrofobt material över maskinerna/instrumenten och på så sätt skydda apparaturen mot både sotpartiklar samt korrosiva joner. Eventuellt skulle räddningstjänsten kunna lösa denna uppgift om personalen måste utrymma. Idén baseras på erfarenheter från Mölndalsbranden då instrument som legat i lådor var i det närmsta opåverkade av rök. Detta förfarande är på intet sätt någon totallösning för hela fabriken utan skall ses som ett alternativt skydd till betydelsefulla maskiner.

En möjlighet att skydda elektronisk utrustning är att försöka bygga in utrustningen i skåp. Som visas i bild 8.2 istället för att låta instrument stå öppet och oskyddat som visas i bild 8.1. Detta är en åtgärd som Ericsson redan har börjat arbeta med, emellertid skapar det problem att bli av med värme.

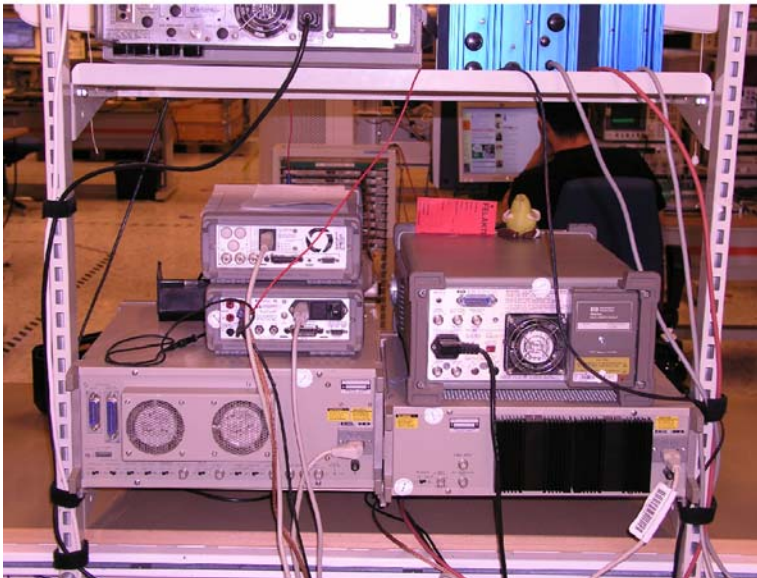


Bild 8.1 Exemplifierar hur öppet och oskyddat instrument står enligt de äldre modulerna.



Bild 8.2 Visar hur en modernare modul bygger in instrumenten i plåthöljen.

9 Referenslista

- [1] "Advances in Nonthermal Fire damage-An update on FMRC's long-range studie", Record first quarter, FM 1996
- [2] Akselsson R. Bohgard M. Gudmundsson A. Hansson H.G. Martinsson B. Svenningsson, *AREOSOLER*, 1994, Lunds Tekniska Högskola & NOSA
- [3] *Brandskyddshandboken*, rapport 3117, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2002
- [4] Burström Per Gunnar, *Byggnads material*, ISBN 91-44-01176-8, Lunds Universitet
- [5] CHOI M.Y. *Comparisons of the Soot Volume Fraction Using Gravimetric and Light Extinction Techniques*, Department of Mechanical Engineering, University of Illinois at Chicago, Chicago, IL 60607
- [6] Drysale, Dougal. *An introduction to fire dynamics*, 2nd Edition, ISBN 0-471-97291-6, Johan Wiley & Sons, 2000
- [7] Ekbom Lennart, *Tabeller och former*, ISBN 91-634-1241-1, Tredje upplagan
- [8] Isaksson Sören, *Påverkan av rök på elektronik*, SP rapport 2000:19, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
- [9] Karlsson Björn, Quintiere G James, *Enclosure Fire Dynamics*, 2000, ISBN 0-8493-1300-7
- [10] Mattsson Håkan, *Metalliska Material*, Inst. för Metalliska Konstruktionsmaterial Chalmers Tekniska Högskola
- [11] Mulholland George W., *Smoke Production and Properties chapter 13*, ISBN: 0-87765-354-2, SFPE fire protection engineering 2nd edition
- [12] "Nonthermal fire damage", Record Jul./Aug. FM 1989
- [13] Palm Magnus, *Gränsnivåer för klorider efter PVC-bränder*, SP rapport 2002:16, Kemi och Materialteknik Borås 2002
- [14] Pravinray D. Gandhi, *Corrosion from Combustion Products- An Overview*, NISTIR 6030, NIST 1996
- [15] *Restvärdesräddning*, SBF:s förlag 1988, ISBN 91-7144-068-2
- [16] Richard G. Gann Jason D. Averill Erik L. Johnsson Marc R. Nyden Richard D. Peacock, *Smoke Component Yields from Room-scale Fire*, 2003, Tests, Nist 1453
- [17] Scandinavian Copper Development Association <http://www.scda.com> 2004-07-05
- [18] SFPE fire protection engineering 2nd edition, ISBN: 0-87765-354-2

- [19] Tanaka T.J., Baynes E. Jr., Nowlen S.P., Brockmann J., Gritz L., Shaddix C., *LDRD Report: Smoke effects on Electrical Equipment*, SAND2000-0599, Sandia National Laboratories 2000
- [20] Tanaka T.J., *Effects of Smoke on Functional Circuits*, NUREG/CR-66543 SAND97-2544, Sandia National Laboratories
- [21] Tuovinen H, Blomqvist P, *Modelling of Hydrogen Cyanide Formation in Room Fires*, SP rapport 2003:10, Borås 2003
- [22] Tuovinen H, *CO Formation from Soot and CO₂ in the Hot Gas Layer*, SP rapport 2002:08, Borås 2002
- [23] "Where There's Smoke...", FMRC Update vol. 1 no. 2, FM 1987
- [24] Samtal med Jan Sidenvall, säkerhetschef Ericsson Kista, 2004-08-09

Bakgrundslitteratur

- Petersson Göran, *Kemisk miljövetenskap*, ISBN 91-7197-753-8, 5:e upplagan 2002
- Hovde Per Jostein, *Plastmateriallers branntekniska egenskaper*, STF25 A80003
- Shriver D.F., Atkins P.W., *Inorganic Chemistry third edition*, ISBN 0-19-850331-8, Oxford University 2001
- Zumdahl Steven S, Zumdahl Susan A, *Chemistry fifth edition*, ISBN 0-395-98581-1, University of Illinois 2000
- National Institute of Standards for Technology (NIST), www.fire.nist.gov

Appendix A, statistik

Tabell A.1

Brand i byggnad per objektstyp och preliminär brandorsak, Riket, 2002 Tabellen visar räddningsledarnas preliminärbedömningar av vad som orsakat bränder för respektive typ av byggnad. Statistiken är hämtad från räddningsverkets statistik avdelning.

Brandorsak*	Allmän Byggnad	Bostad	Industri	Annan byggnad	Annan	Saknas	Totalt
Anlagd med uppsåt	422	455	33	74	102	32	1118
Barns lek med eld	28	83	7	17	20	9	164
Rökning	102	204	5	3	7	3	324
Fyrverkerier	10	26			3	1	40
Levande ljus	76	247	4	1	5	1	334
Hantverkare	10	34	67	10	7	1	129
Explosion	3	15	9	7	2	1	37
Tekniskt fel	242	528	238	95	54	8	1165
Värmeöverföring	118	430	287	55	77	9	976
Soteld	12	1143	12	11	9	1	1188
Glömd spis	181	846	12	1	8	4	1052
Gnistor	14	149	133	70	24	6	396
Blixtnedslag	4	79	4	28	24		139
Självantändning	40	79	78	23	9	6	235
Återantändning	14	55	10	24	14	2	119
Okänd	330	1444	300	297	299	62	2732
Annan	103	298	73	37	50	11	572
Orsak ej angiven	3	8	2		2		15

* En brand kan endast ha en brandorsak.

Tabell A.2

Brand i byggnad per objektstyp och omfattning vid ankomst, Riket, 2002 Tabellen visar hur stora bränderna har varit vid räddningstjänstens ankomst för respektive typ av byggnad.

Omfattning	Allmän Byggnad	Bostad	Industri	Annan byggnad	Annan	Saknas	Totalt
Omfattning ej angiven	1	10			1		12
Endast rökutveckling	565	1662	331	110	87	26	2781
Brand i startföremålet	468	2189	471	335	331	83	3877
Brand i ett rum	127	663	101	91	138	15	1135
Brand i flera rum	71	546	53	104	80	7	861
Brand i flera brandceller	22	84	22	53	15	3	199
Branden släckt/slocknad	458	969	296	60	64	23	1870

Appendix B, Bresle-metoden

Åke Bresle tog på 70-talet fram en metod för att bestämma koncentration av joner efter en brand. Metoden gick ut på att man satte ett tättslutande plåster på en ren metallyta. Innandömet på plåstret fylldes med avjoniserat vatten. Sedan drog man med hjälp av en spruta ut det avjoniserade vattnet och lade i ett provrör. Varpå man började droppa ned lösningar där en droppe kunde motsvara exempelvis $3\mu\text{g}/\text{cm}^2$. När ett färgomslag uppstod visste man vilken koncentration som fanns på metallbiten. Idag (2004) har man apparater för jonselektivmätning men själva provtagningsmetoden är fortfarande den samma. [15] Det har visat sig genom åren att Bresle-metoden har god förmåga att detektera kloridjoner medan andra jontyper är svårare. (Ovanstående påstående är från samtal med saneringsfirmor). SP säljer idag en väska för jonselektiv mätning med provtagningsmetod enligt breslemetoden. Denna väska kallas för ”brelseväskan”.