

Riskutredning enligt SÄIFS 2000:2

- Förslag till tillämpning samt mall

*Christoffer Bonthron
Sandra Danielsson*

**Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden**

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5079, Lund 2001

**Riskutredning
enligt SÄIFS 2000:2**

- Förslag till tillämpning samt mall

**Christoffer Bonthron
Sandra Danielsson**

Lund 2001

Risikutredning enligt SÄIFS 2000:2
-Förslag till tillämpning samt mall

Christoffer Bonthron
Sandra Danielsson

Report 5079
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--5079--SE

Number of pages: 175

Keywords

Risk assessment, risk evaluation, flammable liquid, flammable gas, risk analysis, Sprängämnesinspektionen, 2000:2, Lund university, Kemicentrum (Swedish)

Abstract

Risk evaluation of Kemicentrum, Lund, Sweden. Risk analysis, assessment and improvements on how to make the handling with flammable substances safer. The risk analysis covers the consequences and probabilities of large incidents with flammable liquids or gases. The risk level is compared with risk criteria made by Kemicentrum and the demands of the legislation in Sweden. (Swedish)

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2001.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

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

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

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 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

SAMMANFATTNING

Denna rapport utgör examensarbete på riskhanteringsprogrammet vid LTH. Den utfördes i samarbete med Kemicentrum LTH och brand- och riskkonsulten Fire Safety Design AB. Handledare var Anders Jacobsson och Berit Andersson, Avdelningen för Brandteknik, LTH.

Enligt Lagen om brandfarliga och explosiva varor (LBE) måste en riskutredning utföras då brandfarliga varor hanteras yrkesmässigt. I Sprängämnesinspektionens föreskrifter (2000:2) om hantering av brandfarlig vätska finns ytterligare beskrivet vilka regler som gäller. Bland annat ställs kravet på att en riskutredning skall utföras.

I examensarbetet ingick att ta fram en mall för utförandet av en riskutredning, som sker enligt Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 2000:2) om hantering av brandfarliga vätskor. Mallen är tillämpbar i första hand inom Forskning och Utvecklingsverksamhet. Mallen kan användas som stöd i utredningsarbetet och har utformats flexibelt med antagandet att stommen för samtliga utredningar kan vara densamma. Beroende på verksamheten som är föremål för utredningen är det upp till utredaren att ändra, lägga till eller ta bort moment i mallen.

Som en tillämpning av mallen presenteras en riskutredning på Kemicentrum, som är en del av Lunds universitet och Nordens största enhet för utbildning och forskning inom kemi. Riskutredningen skall enligt SÄIFS 2000:2 visa att hanteringen sker betryggande eller om den inte gör det, vilka åtgärder som måste vidtas för att hanteringen skall anses ske betryggande.

Först utfördes en inventering av de brandfarliga ämnena på Kemicentrum. Det finns cirka 10000 olika kemikalier på Kemicentrum. Det visades sig att det finns stora mängder av framför allt de brandfarliga vätskorna aceton, etanol och metanol samt av de brandfarliga gaserna acetylen, vätgas och propan.

Ämnena aceton och etanol valdes ut för att studeras vidare och representera de vanligaste ämnena. Även vätgas analyserades vidare. Analysen skedde genom bedömning av sannolikheterna och konsekvenserna av en olycka med brandfarligt ämne genom antaganden, beräkningar, simuleringar och bedömningar. Datorprogrammet FAST användes för brandförloppssimuleringar och datorprogrammet Simulex användes för utrymnings-simuleringar. I dessa program simulerades olika scenarier, som kan tänkas uppstå. Scenarierna valdes efter en princip som betydde att analysen beaktade de värsta, men dock troliga händelser som kan uppkomma. Analysen utfördes som en nivå 2-analys, enligt indelning som redovisas bland annat av Elisabeth Paté-Cornell i en artikel som heter "Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment" vid Stanford university (1994).

Huvuddragen utgörs inte bara av den traditionella riskanalysen, utan utredningen fokuserar även på faktorer i samspelet mellan människa, organisation och teknik.

Utredningen visar att förhållandena på Kemicentrum i dagsläget inte uppfyller kraven på betryggande hantering. Om de förslag till förbättringar som framförs i utredningen görs kommer verksamheten att uppfylla kraven för betryggande hantering.

De förslag till förbättringar som framförs betyder i stora drag att ett fungerande system för inventering av brandfarliga varor skall utarbetas, den öppna förvaringen av brandfarliga vätskor minskas från dagens 10 liter till 2 liter, detektorsystemet byggs ut till att täcka

samtliga ytor där brandfarlig vara hanteras och ändras till multideckarsystem, en särskild hiss för kemikalietransport installeras och gasflaskor placeras samlat i inbyggda EI 30 nischer i korridorer. Dessa är de stora åtgärderna som behövs.

En ny hiss är redan med i planerna inför ombyggnaden. Likaså är en utbyggnad av detektorsystemet belyst i brandskyddsdocumentationen inför ombyggnaden. Att minska hanteringen från 10 till 2 liter borde inte vara så svårt, eftersom det redan i dagsläget arbetas för att minska mängderna och de behållare som används i störst utsträckning utgörs av 1 och 2,5 litersbehållare. Inbyggnad av gasflaskor i nischer är redan påbörjat.

Det behövs även en rad mindre kostsamma, men väl så effektiva åtgärder. Dessa berör i första hand hur kemikalielogistiken kan förbättras och hur verksamhetens organisation kan verka för en större riskmedvetenhet och därmed ett bättre säkerhetsmedvetande.

Summary

This report presents a master thesis at the programme of risk management and safety engineering at Lund Institute of Technology at Lund University, Sweden. It was made in corporation with Kemicentrum (Lund University) at the rebuilding of Kemicentrum, and with the risk and fire consultant Fire Safety Design AB. Tutors were Anders Jacobsson and Berit Andersson, Department of Fire safety engineering at Lund Institute of Technology at Lund University.

According to the Swedish legislation for flammable and explosive materials a risk investigation should be made, when flammable goods are professionally handled. The Swedish supervisory authority Sprängämnesinspektionen describes the requirements in their regulation SÄIFS 2000:2. Among those requirements there is a requirement for a risk investigation.

As a part of the thesis a template was developed. The template is made to help performing risk investigations according to SÄIFS 2000:2, and is first and foremost applicable for R&D activities. The template can be used as a support in the work and has been flexibly created, with the assumption that the main features in every risk investigation are the same. Depending on the type of the activity the investigator can change, add or remove parts of the template.

As an application of the template a risk investigation of Kemicentrum is presented in the report. Kemicentrum is a part of Lund Institute of Technology at Lund University and the biggest centre of chemical R&D and education in the Nordic countries. According to SÄIFS 2000:2 the investigation should show that the activity is considered to be safe and, if it is not, what actions are to be taken to make it secure.

An inventory of the flammable materials was made. It turned out that there are large quantities of the flammable liquids acetone, ethanol and methanol, and of the flammable gases acetylene, hydrogen and propane.

Acetone, ethanol and hydrogen were subjects to further investigation. They were chosen to represent the most common materials at Kemicentrum. The analysis was done through estimating the probabilities and consequences of an incident with the flammable materials. The consequences were appreciated through assumptions, calculations, simulations and evaluations. The computer-based programme FAST was used for estimating fire development and the computer-based programme Simulex was used for estimating evacuation. Different, credible scenarios were simulated with those programmes. The scenarios were chosen to represent the worst, credible cases that could be considered to be able to occur at Kemicentrum in case of an incident with flammable materials. The analysis was performed as a Level 2 analysis. The level is closer described by for instance Elisabeth Paté-Cornell in the article "Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment" at Stanford University (1994).

Focus was made on the interaction between the personnel, technology and organisation as well as on the traditional risk analysis.

The investigation showed that, in the present circumstances at Kemicentrum, the activity is not to be considered safe and sufficient. If the suggestions for improvement given in this report are followed, the level of safety is to be considered satisfactory.

The measures suggested broadly mean the following:

- A functional system for inventory of flammable material will be developed.
- The handling with flammable liquids will be decreased from 10 litres to 2 litres at the laboratories.
- The fire detection system is changed to a multidetector system.
- The fire detection system is expanded to cover all spaces where flammable materials are used.
- A special lift for transporting the chemicals is installed.
- Gas cylinders are placed in specially designed spaces in the corridors.

A new lift is already planned to be installed as a part of the rebuilding project. Additionally, an expansion of the detection system is mentioned in the fire safety documentation of the building. The amount of flammable liquid handled at the same time should also be possible to decrease. Already today Kemicentrum is trying to decrease the amount of flammable material and the bottles used mostly contain 1 litre or 2,5 litres. The work with specially designed spaces is also started.

A couple of less expensive, but nevertheless efficient measures are suggested as well. It mainly involves improvements for the chemical logistics and how the organisation can be more safety orientated.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD

DEL 1

Tillämpning av mallen:

Riskutredning av brandfarlig vara på Kemicentrum, Lunds universitet enligt SÄIFS 2000:2

DEL 2

Förslag till mall för Riskutredning enligt SÄIFS 2000:2

Förord

Bakgrund

Denna rapport utgör examensarbete på riskhanteringsprogrammet vid LTH. Examensarbetet gjordes i samarbete med brandkonsulten Fire Safety Design AB i Lund. Det utfördes gentemot Byggnadsenheten och Lunds universitet på objektet Kemicentrum vid Lunds Universitet.

En ny föreskrift som heter Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 2000:2) om hantering av brandfarliga vätskor [I] utkom den 3 juli 2000 och innebär bland annat att den som hanterar brandfarlig vätska skall se till att en tillfredsställande riskutredning finns.

Handledare har varit Anders Jacobsson från Avdelningen för Brandteknik, Lunds universitet. Biträdande handledare har varit Berit Andersson från Avdelningen för Brandteknik, Lunds universitet.

Syfte och mål

Mot bakgrund av den nya lagen arbetades en mall fram som skall kunna svara mot ovanstående krav på riskutredning. Mallen är tänkt att kunna passa in i olika verksamheter och skall ses som ett flexibelt dokument, där användare kan ändra, lägga till eller ta bort moment efter eget behov och omdöme. Användaren förväntas vara en person som skall utföra en riskutredning enligt SÄIFS 2000:2 och representerar ett företag med verksamhet, som innefattar hantering och förvaring av brandfarlig vätska, där en sådan utredning krävs.

Syftet med rapporten är att utreda om hanteringen av brandfarliga varor sker tillfredsställande.

Merparten av riskutredningarna, med mallen som utgångspunkt, kommer sannolikt att gälla industrier. Mallen har inriktats mot forskning och utvecklingsverksamhet. Detta har påverkat tillvägagångssättet för analysen, bland annat vid val av kriterier och värdering av risken. De ”traditionella” analysverktygen samhällsrisk och individrisk används inte. Istället används metoder som är vanligt förekommande inom brandförlopps- och utrymningsanalys.

Mallen tillämpades därefter genom att användas vid en riskutredning på Kemicentrum. Det kan verka som ett exempel på och vägledning till hur mallen kan utnyttjas.

Förhoppningsvis kommer mallen att underlätta för utredaren att göra sin riskutredning och bidra till att säkerheten blir bättre.

Metod

Inledningsvis utarbetades en mall med utgångspunkt från de krav som ställs på en riskutredning enligt SÄIFS 2000:2. Utifrån dessa krav specificerades de punkter och moment som ansågs vara lämpliga att ha med. Resultatet blev en disposition med huvudrubriker, som delades upp i mindre delområden i punktform till hjälp för den som skall tillämpa mallen.

Med hjälp av denna mall genomfördes sedan en riskutredning på Kemicentrum vid Lunds universitet. Riskutredningen och mallen reviderades under arbetets gång vid behov, för att likriktas.

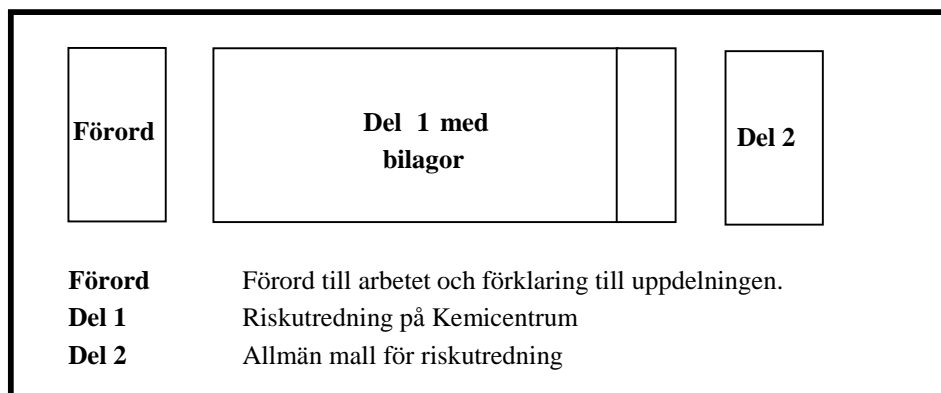
Förmodligen kommer flertalet av riskutredningarna, där mallen används, att innebära analys av brandförlopp inomhus och av utrymning.

Disposition

Först i arbetet kommer detta förord med förklaring till kopplingen mellan de olika delarna.

Tillämpningen och framtagandet av mallen har gått hand i hand, men tillämpningen presenteras först och benämns del 1. Mallen utgör del 2. Meningen med detta är att först ge läsaren förståelse för vad en riskutredning är och ge möjligheten att följa fullständiga resonemang och skeden som utredningen redovisar, innan mallen studeras och används. Givetvis står det läsaren fritt att trots detta börja i valfri ände, eftersom de är fristående från varandra i den meningen att de kan användas var för sig i olika sammanhang.

För förtydligande av uppdelningen av rapporten, se figur I.



Figur I Arbetsgång och rapportdisposition för examensarbetet.

Rapporten är skriven i enlighet med de tillämpbara regler som finns i häften anvisade av Avdelningen för Brandteknik [II].

Tack

Vi som utfört detta examensarbete och författat denna rapport tackar våra handledare, kontaktpersoner och opponenter samt övriga som bidragit med idéer, hjälp och feedback under arbetet. Dem vi särskilt vill tacka är följande.

Anders Jacobsson
Berit Andersson
Carl Ivar Johansson
Katarina Wadensten
Marcus Andersson
Personal på Fire Safety Design AB
Personal vid Lunds brandförsvär
Personal vid Malmö brandkår
Petra Tollin
Vaktmästarna på Kemicentrum, LTH
Personal vid Byggnadsenheten, Lunds universitet
Övrig personal på Avdelningen för Brandteknik, LTH

Referenser

- [I] ”Sprängämnesinspektionens föreskrifter om hantering av brandfarliga vätskor”. SÄIFS 2000:2, Stockholm, 2000.
- [II] Pettersson G., Sandqvist C. ”Presentationsteknik”. Institutionen för nordiska språk, Lunds Universitet, Lund, 1989.

DEL 1

TILLÄMPNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	IV
FÖRORD	I
BAKGRUND.....	I
SYFTE OCH MÅL.....	I
METOD.....	I
DISPOSITION.....	II
TACK.....	II
REFERENSER.....	II
1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 SYFTE OCH MÅL.....	1
1.3 FRÅGESTÄLLNINGAR.....	1
1.3.1 Kemikalieinventering.....	1
1.3.2 Kemikalielogistik och hantering.....	1
1.3.3 Lagar.....	1
1.3.4 Konsekvensberäkning.....	1
1.4 METOD.....	2
1.4.1 Steg 1.....	2
1.4.2 Steg 2.....	3
1.4.3 Steg 3.....	3
1.5 AVGRÄNSNINGAR OCH BEGRÄNSNINGAR.....	3
1.6 UTVIDGNING.....	3
1.7 REFERENSER.....	3
2 LAGTEXT	5
2.1 SYFTE OCH METOD.....	5
2.2 DEFINITION.....	5
2.3 SAMMANFATTNING AV KRAV I LAGSTIFTNINGEN.....	5
2.4 DISKUSSION.....	6
2.5 REFERENSER.....	6
3 OBJEKTSBESKRIVNING	7
3.1 HISTORIK.....	7
3.2 BYGGNADER.....	7
3.3 VERKSAMHET.....	8
3.4 ORGANISATION.....	8
3.4.1 Brandskyddsorganisation.....	8
3.4.2 Utrymningsorganisation.....	9
3.4.3 Krishanteringsgrupp.....	9
3.5 BRANDSKYDD.....	9
3.6 OMBYGGNAD.....	9
3.7 REFERENSER.....	9
4 INVENTERING AV BRANDFARLIG VARA	11
4.1 SYFTE OCH METOD.....	11
4.2 OSÄKERHETER OCH FÖRENKLINGAR.....	11
4.3 RESULTAT OCH DISKUSSION.....	12
4.3.1 Allmänt.....	12
4.3.2 Brandfarlig vätska.....	13
4.3.3 Brandfarlig gas.....	15
4.4 SLUTSATS.....	16
4.5 FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR.....	16
4.6 FARLIGA ÄMNEN.....	17
4.7 REFERENSER.....	17
5 KEMIKALIELOGISTIK	19

5.1 SYFTE OCH METOD	19
5.2 DISTRIBUTION	19
5.2.1 Leveransmottagning	19
5.2.2 Till avdelningarna	19
5.2.3 Inom avdelningarna	19
5.2.4 Från avdelningarna	20
5.3 FAROMOMENT	20
5.3.1 Vagnar	20
5.3.2 Dörrar	20
5.3.3 Trösklar	21
5.3.4 Golv	21
5.3.5 Hiss	21
5.4 FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR	21
5.5 REFERENSER	22
6 MÄNNISKA-TEKNIK-ORGANISATION	23
6.1 DEFINITION	23
6.2 OLYCKOR	23
6.3 DEN MÄNSKLIGA FAKTORN	23
6.4 MEDVETENHET	25
6.5 KOGNITION	25
6.5.1 Definition	25
6.5.2 Mental modell	25
6.5.3 Kognitiv lättja	26
6.5.4 Informationsbehandling	26
6.5.5 Typer av fel	26
6.6 ANVÄNDARGRÄNSSNITT	27
6.7 UTBILDNING	27
6.8 FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR	28
6.9 REFERENSER	28
7 INCIDENTER	31
8 GROVANALYS	33
8.1 SYFTE OCH METOD	33
8.2 TEORI	33
8.3 FÖRENKLINGAR	34
8.4 SANNOLIKHET-KONSEKVENSMATRIS	35
8.4.1 Resultat brandfarliga vätskor	35
8.4.2 Resultat brandfarliga gaser	36
8.4.3 Värdering	37
8.5 ALTERNATIV BEDÖMNING	38
8.5.1 Resultat brandfarlig vätska	38
8.5.2 Resultat brandfarlig gas	39
8.5.3 Värdering	39
8.6 DISKUSSION	40
8.7 REFERENSER	41
9 VAL AV SCENARIER FÖR DETALJERAD RISKANALYS	43
9.1 SYFTE OCH METOD	43
9.2 OBJEKTSBESKRIVNING	43
9.3 INVENTERING	43
9.4 KEMIKALIELOGISTIK	44
9.5 MÄNNISKA-TEKNIK-ORGANISATION	44
9.6 GROVANALYS	45
9.7 SCENARIER	45
9.8 REFERENSER	46
10 DETALJERAD KONSEKVENSANALYS - VÄTSKA	47
10.1 SYFTE OCH METOD	47

10.2 BRANDFÖRLOPP	47
10.3 KRITISKA FÖRHÅLLANDEN.....	48
10.3.1 Kritisk strålningsnivå.....	48
10.3.2 Kritisk temperatur.....	48
10.3.3 Kritisk höjd	48
10.3.4 Övergripande förenklingar.....	48
10.4 UTRYMNING.....	49
10.4.1 Varseblivningstid samt tid för reaktion och beslut	49
10.4.2 Tid för evakuering.....	50
10.5 SCENARIO 1A: ACETON 10 LITER, PLAN 0 HUS 1 (OMEDELBAR ANTÄNDNING).....	50
10.5.1 Förutsättningar.....	50
10.5.2 Resultat	51
10.6 SCENARIO 2A: ETANOL 10 LITER, PLAN 0 HUS 1 (OMEDELBAR ANTÄNDNING).....	51
10.6.1 Förutsättningar.....	51
10.6.2 Resultat	51
10.7 SCENARIO 1B: ACETON 10 LITER, PLAN 2 HUS 4 (OMEDELBAR ANTÄNDNING).....	51
10.7.1 Förutsättningar.....	51
10.7.2 Resultat	52
10.8 SCENARIO 2B: ETANOL 10 LITER, PLAN 2 HUS 4 (OMEDELBAR ANTÄNDNING)	52
10.8.1 Förutsättningar.....	52
10.8.2 Resultat	52
10.9 DISKUSSION	52
10.9.1 Scenario 1A och 2A.....	52
10.9.2 Scenario 1B och 2B.....	53
10.9.3 Maxeffekt.....	53
10.9.4 Korridorsbrand.....	54
10.9.5 Värdering.....	54
10.10 LÄMPLIG MÄNGD	54
10.11 DISKUSSION OCH FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR	54
10.12 REFERENSER	55
11 DETALJERAD KONSEKVENSANALYS – GAS.....	57
11.1 SYFTE OCH METOD.....	57
11.2 VÄTGAS	57
11.3 HÄNDELSETRÄD.....	58
11.4 KONSEKVENSER.....	58
11.5 DISKUSSION OCH FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER.....	59
11.6 REFERENSER	59
12 VÄRDERING AV RISK.....	61
12.1 RISK.....	61
12.1.1 Konsekvens	61
12.1.2 Sannolikhet	61
12.2 KRITERIER	61
12.3 VÄRDERING	62
12.4 SLUTDISKUSSION	62
13 FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR.....	63
13.1 INVENTERING.....	63
13.2 KEMIKALIELOGISTIK.....	63
13.3 MÄNNISKA-TEKNIK-ORGANISATION	64
13.4 DETALJERAD KONSEKVENSANALYS – VÄTSKA	64
13.5 DETALJERAD KONSEKVENSANALYS - GAS	65
13.6 YTTERLIGARE UTREDNINGAR	65

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Kemicentrum är den största enheten för forskning och utbildning inom kemi i Sverige. Verksamheten hanterar stora mängder olika kemikalier. Vissa innebär ständigt återkommande risker för både anställda och studenter. En stor grupp ämnen är de brandfarliga varorna. I Lagen om brandfarliga och explosiva varor (LBE) [1.1] finns krav på riskutredning vid hantering av brandfarliga varor. I Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 2000:2) [1.2] finns ytterligare anvisningar på riskutredning vid en anläggning där hantering av brandfarliga vätskor sker. På initiativ av Kemicentrum utfördes den riskutredning, som redovisas här.

1.2 Syfte och mål

Syftet är att klargöra riskbilden, höja säkerhetsmedvetandet och minska riskerna som finns vid hantering av brandfarlig vara på Kemicentrum. Detta görs genom att utföra en riskutredning enligt SÄIFS 2000:2 [1.2], med den utvidgningen att den även inkluderar de brandfarliga gaserna och till viss del de brandfarliga fasta ämnena (endast i inventeringen), och inte bara de brandfarliga vätskorna. Inom ramen för detta arbete studeras även annan aktuell lagstiftning.

I en riskutredning bör vanligen säkerhet, hälsa och miljö sättas i centrum. I denna utredning koncentreras arbetet till säkerhet. Konsekvenserna av händelser med brandfarlig vara förväntas inte påverka den yttre miljön.

1.3 Frågeställningar

I arbetet urskiljs fyra större block. Olika frågeställningar som förknippas med dessa lyftes fram i början av arbetet. Under arbetets gång har dessa modifierats, men är i grund desamma.

1.3.1 Kemikalieinventering

För att klargöra riskerna och risknivån på Kemicentrum görs en inventering av förekommande kemikalier och mängder. Vilka kemikalier finns? Var finns de och i vilken mängd? Vilka är de största riskkällorna?

1.3.2 Kemikalielogistik och hantering

Hur fungerar rutinerna för hanteringen och transporten av kemikalier inom Kemicentrum av kemikalierna idag? Hur kan denna göras säkrare? Var finns olycksriskerna? Hur kommer människans roll in i hanteringen? Hur fungerar processen från det att kemikalierna anländer till det att de skall destrueras eller återvinnas?

1.3.3 Lagar

Vilka lagar, regler och krav som ställs. Tyngdpunkten kommer att ligga på SÄIFS 2000:2 [1.2], men även andra skrifter såsom Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 1998:7) om brandfarlig gas i lös behållare [1.3] med flera beaktas.

1.3.4 Konsekvensberäkning

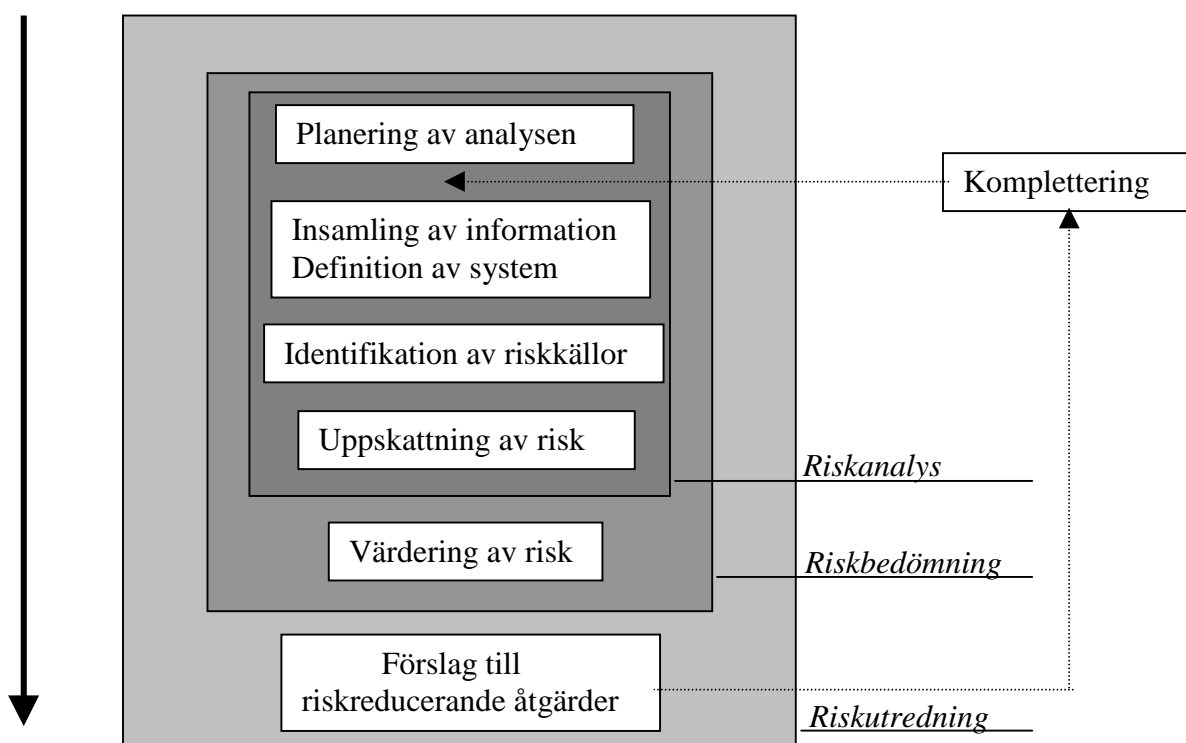
Finns risk för spridning till omgivning vid utsläpp? Hur värderas risken? Vad är "acceptabelt"? Vilka åtgärder behövs?

1.4 Metod

För att klargöra riskerna på Kemicentrum görs en inventering av förekommande kemikalier och mängder. Därefter studeras logistiken, det vill säga flödet av kemikalier samt mänskliga aspekter för att ta reda på var och hur olyckor kan inträffa. Med sammanlagd kunskap från delarna görs en grovanalys, där ämnena rangordnas i matriser. Detta leder fram till olika scenarier med valda ämnen och sannolika platser. Konsekvenserna av olyckorna analyseras kvantitativt. En diskussion förs angående existerande kriterier för värdering av risk och deras tillämpbarhet. Risker värderas och en slutdiskussion förs. Avslutningsvis ges förslag på åtgärder för att höja säkerheten.

Där det passar preciseras syfte och metod för respektive kapitel. Det syfte och den metod som anges här i inledningen är övergripande för rapporten.

Riskutredningen anses bestå av tre steg, som kan illustreras med hjälp av figur 1.1.



Figur 1.1 Principschema för riskutredning [1.2].

1.4.1 Steg 1

Kärnan i riskutredningen utgörs av en riskanalys; steg 1. Den innefattar planering, faktainsamling, klargörande av riskkällor och bedömning av sannolikhet och konsekvens för olycksscenarierna. Analysen kan väljas att utföras enligt någon av de sex nivåer, som beskrivs bland annat av Elisabeth M. Paté-Cornell [1.5]. I denna rapport har nivå 2 valts.

Nivå 2-analysen kallas på engelska "quasi-worst cases and plausible upper bounds" och kan på svenska översättas med "värsta, troliga scenario och övre rimlig gräns. Analysen grundar sig på vilka scenarier och uppskattade värden, som väljs. Det är viktigt att hitta lämpliga scenarier som kan representera värsta, men dock troliga fall. De representerar inte

”medelrisker”. Ogyvnnsammast värde och maximalt exponerad befolkning antas, liksom att räddningstjänsten inte utför någon insats.

Analysen är lämplig när de värsta händelserna är osannolika eller svåra att bestämma. En analys enligt nivå 2 studerar oftast inte sannolikheterna för händelserna, utan endast konsekvenserna, men i denna utredning väljs att uppskatta sannolikheterna. Metoden är vanligt förekommande. Dock lämpar den sig inte för kostnad-nytta-analyser, eftersom den inte möjliggör en ekonomisk jämförelse mellan riskerna som analyseras.

1.4.2 Steg 2

Under steg 2 värderas risken. Det kan finnas kriterier, som avgör om risken är acceptabel eller inte. Det kan röra sig om myndigheter, kommuner eller företaget självt som har utformat dessa kriterier. Om det inte finns några kriterier kan det vara svårt att värdera risken. Lämpligt är då att även föra en diskussion runt problemet. Värderingen tillsammans med steg 1 kallas riskbedömning.

1.4.3 Steg 3

Tredje steget innebär att förslag till riskreducerande åtgärder ges. Riskanalysen har belyst de delar där det finns behov för åtgärder. Kompletteringspilen innebär att riskutredningen måste uppdateras vid ändringar som påverkar säkerheten. De tre stegen tillsammans utgör en riskutredning, se figur 1.1 [1.2]. Det är denna typ av utredning som redovisas i rapporten.

1.5 Avgränsningar och begränsningar

- Kemikalier som hanteras i ringa mängder studeras ej
- Samtliga ämnens påverkan studeras ej. Utredningen präglas istället av val av ämnen och händelser som kan representera den riskbild som finns på Kemicentrum
- Kemikalietransporten till och från Kemicentrum beaktas ej
- Kemisternas laboratoriearbete förutsätts ske enligt framtagna säkerhetsinstruktioner [1.6] men anses ändå kunna leda till en olycka
- I viss mån kan ej exakta uppgifter om framtida utformning och användande av lokaler erhållas. I dessa fall används nuvarande uppgifter. Detta gäller till exempel okänd förändring av mängd brandfarlig vätska, där uppgifter för verksamheten idag används
- Sannolikheter har inte underbyggts genom någon djupare studie av statistik, utan uppskattats
- Rapporten begränsas till att studera konsekvenser för i första hand människors säkerhet
- Någon djupare osäkerhetsanalys görs inte

1.6 Utvidgning

En utökning av innehållet i förhållandet till mallen görs under kapitel 2 Lagtext. Förutom SÄIFS 2000:2 [1.2] tas annan tillämpbar lagstiftning upp. Bland annat redovisas föreskrifter för brandfarlig gas, som riskutredningen även täcker in.

1.7 Referenser

- [1.1] ”Lagen om brandfarliga och explosiva varor”. SFS 1988:868, Stockholm, 1988.
- [1.2] ”Sprängämnesinspektionens föreskrifter om hantering av brandfarliga vätskor”. SÄIFS 2000:2, Stockholm, 2000.
- [1.3] ”Sprängämnesinspektionens föreskrifter om brandfarlig gas i lös behållare”. SÄIFS 1998:7, Stockholm, 1998.
- [1.4] ”Kemiska arbetsmiljörisker”. AFS 2000:4, Stockholm, 2000.

- [1.5] Paté-Cornell E. "Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment", Department of industrial engineering and engineering management, Stanford university, 1994. Vol 54, 996, pp 95-111.
- [1.6] "Generella Säkerhetsföreskrifter 2000". Kemicentrum, Lunds Universitet, Lund, 2000.

2 Lagtext

2.1 Syfte och metod

Syftet med studien av lagar, regler och krav är att ta reda på vilka krav som ställs på verksamhet med brandfarlig vätska och brandfarlig gas. I utredningen beaktas dessa krav, även om riskutredningen i huvudsak bygger på SÄIFS 2000:2. [2.1]

Syftet med detta kapitel är att belysa de krav som finns, inte att här studera om de uppfylls. Detta görs indirekt i följande kapitel genom att undersöka helheten och studera riskbilden. Ingen detaljstudering sker av lagkraven, utan det förutsätts att detta sköts av verksamheten och tillsynsmyndigheten.

Metoden som används är litteraturstudie av förekommande lagar. Följande lagstiftning har studerats [2.1 – 2.10], se även bilaga A för detaljer.

- Lagen om brandfarliga och explosiva varor
- Förordningen om brandfarliga och explosiva varor
- Hantering av brandfarliga vätskor
- Brandfarlig gas i lös behållare
- Klassning av riskområden vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor
- Kemiska arbetsmiljörisker
- Laboratoriearbete med kemikalier
- Gaser
- Arbetsmiljölagen

Nedan följer de större och mer omfattande kraven som ställs på verksamheten på Kemicentrum.

2.2 Definition

Riksdagen stiftar lagar. Dessa lagar är ofta ramlagar och sällan heltäckande, utan ytterligare förklaringar till dem behövs. Ofta får regeringen i uppdrag att ta fram en förklaring till lagen, en förordning. I vissa fall är detta inte tillräckligt utan en myndighet kan få i uppdrag att ta fram föreskrifter.

Lagar, förordningar och föreskrifter är regler som är tvingande. Myndigheter kan också ta fram Allmänna råd. Dessa ger en utförligare förklaring till hur föreskrifterna kan följas. Allmänna råd behöver inte följas, men görs avsteg skall dessa kunna motiveras [2.11].

2.3 Sammanfattning av krav i lagstiftningen

Tillstånd för hantering av brandfarlig vara krävs.

Begränsningar finns på hur stora mängder brandfarlig gas som får förvaras på grund av brand- och explosionsrisk. Även begränsningar på samförvaring och brandteknisk avskiljning på förvaringsutrymme ställs.

Krav ställs på utförande av en riskutredning för att säkerställa att hanteringen av brandfarlig vätska sker på ett säkert sätt. Riskerna avseende brand samt konsekvenserna skall utredas.

Utredningen skall genomföras tillsammans med de inblandade och finnas tillgänglig för tillsynsmyndighet och personal.

Riskutredningen skall dokumenteras och innehålla följande:

- Brand- och explosionsrisker som har identifierats och bedömts
- Planerade och genomförda åtgärder för att nå tillräcklig säkerhet
- Klassningsplan enligt SÄI:s föreskrifter (SÄIFS 1996:6)
- Övriga uppgifter som är relevanta

För Kemicentrum gäller att högst 60 liter gas får hanteras i varje brandcell. Övriga behållare skall hanteras antingen utomhus eller i särskilt utrymme avskilt i lägst klass EI 30 och väl ventilerat direkt till det fria.

De mängder brandfarlig vätska som Kemicentrum hanterar understiger de mängder som kräver att en handlingsplan enligt Sprängämnesinspektionen skall upprättas. Således görs detta inte i samband med denna utredning.

2.4 Diskussion

I lagtexterna återfinns i stort sätt identiska krav. Till exempel förekommer kravet att utföra en riskutredning i nästan samtliga lagtexter, men i Arbetsmiljöverkets skrifter benämns den oftast riskbedömning.

Kontentan av litteraturstudien är att en övergripande riskutredning skall utföras för att belysa riskerna med hantering och förvaring av brandfarliga varor.

På Kemicentrum hanteras gas i större mängder än 60 liter. De mängder som överstiger 60 liter måste förvaras avskilt i klass EI 30. Detta löses enklast genom att placera gasflaskorna i våningsvisa förråd, eller använda de befintliga nischer som finns i korridorerna och avskilja dem i brandteknisk klass EI 30. Ventilationen skall eventuellt mynna utomhus, om riskutredningen visar att det behövs.

2.5 Referenser

- [2.1] ”Sprängämnesinspektionens föreskrifter om hantering av brandfarliga vätskor”. SÄIFS 2000:2, Stockholm, 2000.
- [2.2] ”Lagen om brandfarliga och explosiva varor”. SFS 1988:868, Stockholm, 1988.
- [2.3] ”Förordningen om brandfarliga och explosiva varor”. SFS 1988:1145, Stockholm, 1988.
- [2.4] ”Sprängämnesinspektionens föreskrifter om brandfarlig gas i lös behållare”. SÄIFS 1998:7, Stockholm, 1998.
- [2.5] ”Sprängämnesinspektionens föreskrifter om klassning av riskområden vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor”. SÄIFS 1996:6, Stockholm, 1996.
- [2.6] ”Kemiska arbetsmiljörisker”. AFS 2000:4, Stockholm, 2000.
- [2.7] ”Laboratoriearbete med kemikalier”. AFS 1997:10, Stockholm, 1997.
- [2.8] ”Allmänna råd till AFS 1997:10”. Stockholm, 1997.
- [2.9] ”Gaser”. AFS 1997:7, Stockholm, 1997.
- [2.10] ”Arbetsmiljölagen”. SFS 1977:1160, Stockholm 1977
- [2.11] ”Miljöregler för byggsektorn 2001”. Svensk byggtjänst, Stockholm, 2001. ISBN 91-7332-960-6.

3 Objektsbeskrivning

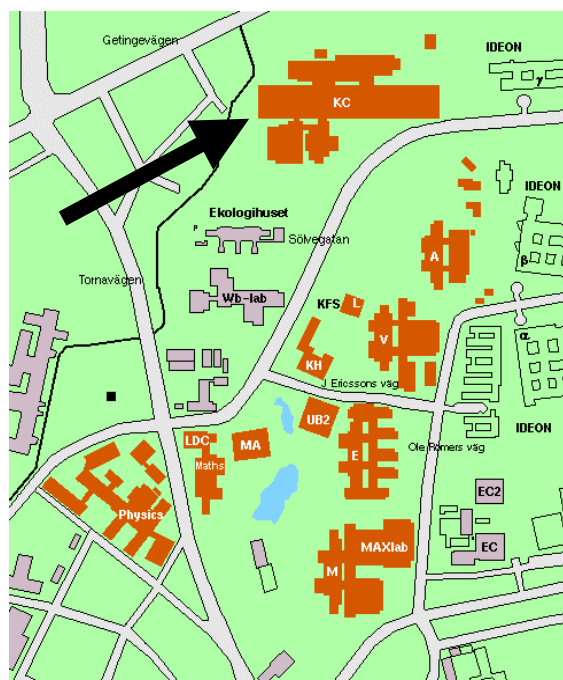
3.1 Historik

Från början tillhörde kemiämnet den medicinska fakulteten, därefter från 1798 den filosofiska fakulteten. I början nyttjades lokalerna tillsammans med fysik och zoologi där nuvarande Historiska museet finns idag. Därefter flyttades laboratoriet till Magle Stora Kyrkogata och sedan flyttades verksamheten till Helgonavägen. Under 1900-talet etablerades kemin, samtidigt som LTH grundades med en sektion för kemi. 1968 fanns samtlig kemiverksamhet på Kemicentrum. Idag finns 20 av de 23 avdelningarna på Kemiska institutionen belägna där [3.1].

3.2 Byggnader

Kemicentrum ligger på Getingevägen-Sölvegatan i Lund, se figur 3.1. Kemicentrum utgörs av Kemiska Institutionen. Kemiska Institutionen har en matematisk-naturvetenskaplig fakultet med totalt 330 anställda, samt 410 anställda inom LTH. Det är den största institutionen vid Lunds universitet och den största enheten för utbildning och forskning i kemi i Sverige. Antalet studenter på Kemicentrum är cirka 800 [3.1]. Vissa delar av Kemicentrum är avgränsade genom ett kortlåssystem, där studenterna inte kan komma in. Andra delar utgörs främst av studentlokaler, i form av till exempel grupprum, undervisningssalar och laborationssalar.

Planritningar finns i bilaga B.

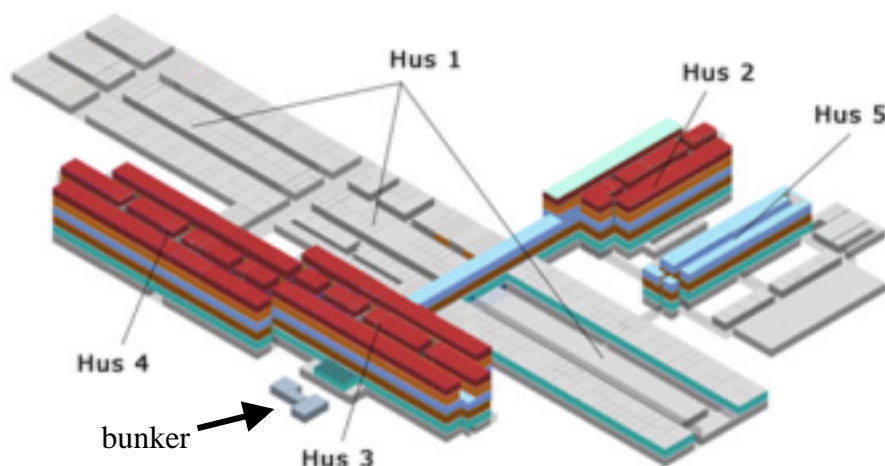


Figur 3.1 Översikt över LTH [3.2].

Komplexet består av fem olika hus, se figur 3.2. Hus 1-4 uppfördes 1964-68 och hus 5 1984-85. Hus 2, 3 och 4 är i fem plan samt källare. Hus 1 är i två plan och hus 5 är i tre plan samt källare. Totalytan är ca 49000 m². I anslutning till hus 3 vid godsmottagningen finns en bunker, vari brandfarliga ämnen förvaras. I framtiden kommer förrådet dock att framför allt användas som avfallsstation, då även för andra typer av avfall än kemiska produkter, till

exempel glas. Brandfarliga ämnen kommer fortsättningsvis att levereras direkt till avdelningarna via vaktmästeriet för förvaring och hantering.

Byggnadernas ytterväggar utgörs av en betongstomme med murat tegel. Övriga bärande väggar består av betong. Bjälklag är platsgjutna betongbjälklag. Stålprofiler förekommer i mindre omfattning.



Figur 3.2 Översikt över Kemicentrum [3.1].

3.3 Verksamhet

På Kemicentrum bedrivs grundutbildning och forskning i kemi. En hög andel, cirka hälften av dem, som genomgått grundutbildningen fortsätter på forskarutbildningen, som leder fram till en licentiatexamen eller en doktorsexamen. Verksamheten är knuten till näringslivet genom forskningsprojekt med samarbetspartners. Det finns dessutom gemensamma funktioner med övergripande roll, till exempel glasblåsnings-, elektronik- och mekaniska verkstaden. Vidare finns en tvätt, restaurangverksamhet samt ett vaktmästeri. [3.1]

3.4 Organisation

Byggnaden ägs av Akademiska Hus. Hyresgästen är Lunds universitet, som via Byggnadsenheten upplåter lokalerna till brukaren Kemicentrum vid Lunds Universitet.

3.4.1 Brandskyddsorganisation

Det finns en föreståndare samt ställföreträdande föreståndare för brandfarlig vara på respektive avdelning. Dessa har möjlighet att gå utbildning inom lagstiftning med mera varje år. Varje avdelning har ett brandskyddsombud. Denna person har genomgått brandutbildning och har till uppgift att informera nya forskare om var brandsläckningsutrustning finns och vilka säkerhetsrutiner som gäller. Prefekten och föreståndarna har dock ansvaret.

Kemicentrum har satt upp ett mål att samtlig personal på avdelningarna skall genomgå brandutbildning och uppdatera denna vart tredje år.

Samtliga grundutbildningsstudenter genomgår en brandutbildning i samband med kursstart.

Samtliga doktorander genomgår en riskkurs där de uppmärksammas på vilka risker som uppkommer med deras verksamhet.

3.4.2 Utrymningsorganisation

Nyligen har en utrymningsövning genomförts. Kemicentrum har som mål att utrymningsövningar skall genomföras regelbundet 1-2 gånger om året.

Avdelningsföreståndarna ansvarar för att samtliga på avdelningen utrymmer vid brandlarm och för att räkna ihop personalen utanför byggnaden.

3.4.3 Krishanteringsgrupp

Någon krisberedskap för större olyckor finns inte utan vid behov antas att sjukhusets resurser går att använda. Det finns dock planer på att upprätta en sådan inom Kemicentrum och hela Lunds universitet.

3.5 Brandskydd

Brandskyddet som redovisas nedan är det brandskydd som kommer finnas på Kemicentrum när ombyggnaden är färdig.

Mittdelen av huset innehåller ingen brandfarlig verksamhet. Den delen är brandtekniskt dimensionerad som en Br 2-byggnad, medan resterande delar är utförda som en Br 1-byggnad. Mellan Br 1- och Br 2-delar är avskiljningen dock EI 60. Klassningen av Br 1, 2 eller 3 får följer för bland annat brandteknisk avskiljning, bärförmåga och ytskikt på väggar, golv och tak.

Större korridorer och trapphus är klassade som utrymningsvägar och är utförda i egna brandceller. Husen är brandtekniskt avskiljda mellan varje våningsplan. Varje plan är också indelat i brandceller [3.3].

På Kemicentrum skall dels ett deltäckande automatiskt brandlarm installeras, utfört enligt RUS 110:5 med rökdetektorer, dels ett heltäckande utrymningslarm. Utrymningslarmet aktiveras på signal från det automatiska brandlarmet. Dessutom finns brandgasventilation av källare och trapphus. Vinden ventileras genom dörr till yttertak.

3.6 Ombyggnad

För tillfället (2001) planeras en större ombyggnad av Kemicentrum. Bland annat kommer ventilationsanläggningen i hus 3-4 att byggas om för att motsvara kraven på skyddsventilation och ökad laborativverksamhet. Laboratorier och andra lokaler moderniseras och anpassas till verksamheten. Framför allt är det förändringar i inredningen som sker. Projektet förväntas vara avslutat 2011 och genomförs i etapper.

3.7 Referenser

- [3.1] <http://www.kc.lth.se> 2001-05-14
- [3.2] <http://www.lth.se/lthmap/lthmap.html> 2001-05-14
- [3.3] Andersson B. "Omb Kemicentrum, Byggnad M18:153, M18:151, M18:152 och M18:157, Lunds universitet". Fire Safety Design AB, Lund, 2001-06-15.

4 Inventering av brandfarlig vara

4.1 Syfte och metod

Syftet med inventeringen var att ta reda på vilka mängder av brandfarliga ämnen som finns samt var de finns. Detta gjordes för att få en uppfattning om den situation, som sedan låg till grund för val av scenario.

Inventeringen av brandfarlig vara genomfördes med hjälp av befintliga ansökningar och tillstånd för brandfarlig vara, som krävs enligt 11§ i Lagen om brandfarliga och explosiva varor (LBE) [4.1]. Med brandfarlig vara menas brandfarliga gaser, brandfarliga vätskor och brandreaktiva ämnen [4.2]. En sammanställning går att få i elektroniskt format på begäran. Tillstånden är daterade 1994, 1997 och 1998. Antagandet gjordes att förhållandena i dagsläget är desamma, vilket till viss del verifierades av personal vid Kemacentrum. Om förhållandena ändras är verksamheten skyldig att uppdatera sina tillstånd, vilket medför att tillstånden som undersöks bör stämma överens med förhållandena på Kemacentrum.

Med ansökningarna för tillstånden som grund gjordes en sammanställning för att få överblick över vilka kemikalier som hanteras på flest ställen samt finns i störst mängd. Materialet sammanställdes i en databas. Detta utfördes med hjälp av sorteringsfunktion i datorprogram och sammanställdes i diagram och tabeller, se kapitel 4.3 Resultat och diskussion.

Istället för att arbeta vidare med mängderna som anges i tillstånden granskades istället underlagen för ansökningarna, då dessa var mer detaljerade. I tillstånden ges endast klass på vätska (baserad på Sprängämnesinspektionens indelning [4.3]), fast fas eller gas, ej specifikt ämne. Klassningen av vätskorna följer följande indelning, baserad på flampunkten:

<i>Klass 1</i>	< 20 °C
<i>Klass 2a</i>	21 °C – 30 °C
<i>Klass 2b</i>	31 °C – 55 °C
<i>Klass 3</i>	56 °C – 100 °C

4.2 Osäkerheter och förenklningar

Tillstånden var i vissa fall svåra att tyda. Vissa avdelningar har kompletterat gällande tillstånd. Antagandet gjordes att samtliga mängder i samband med tidigare beviljade tillstånd fortfarande finns kvar.

Vissa vätskor har på avdelningarna klassats olika. I dessa fall gjordes efterforskningar för att fastställa vätskans flampunkt, som ligger till grund för indelningen i klass 1, 2a, 2b eller 3. För att ta reda på vätskornas flampunkter användes Sprängämnesinspektionens författningssamlingar [4.3, 4.4] och Räddningsverkets informationsbank (RIB) [4.5]. Således antogs vätskan tillhöra samma klass i samtliga fall, även om avdelningarna i sina ansökningar angivit olika.

I de flesta fall har en totalmängd för ett ämne angivits per avdelning. Antal hanteringsplatser inom själva avdelningen är okänd där endast totalmängden för avdelningen är angiven. Vissa avdelningar har upp emot 5000 ämnen att redovisa och i de fallen har ingen specificering gjorts.

På samma sätt fanns osäkerheter i gällande fördelning mellan olika ämnen. Många avdelningar angav exempelvis ”100 liter brandfarlig vätska klass 1: etanol, aceton, metanol”, utan att specificera fördelningen där emellan. En fördelning gjordes då, baserad på en bedömning av hur vanligt förekommande ämnena är i övrigt. Om inte något ämne antogs vara ytterst ovanligt, gjordes bedömningen att lika stora andelar av ämnena finns.

Likaså kunde fördelningen mellan klasserna vara oklart, till exempel angavs ”100 liter brandfarlig vätska klass 2a+2b”, utan att fördelningen där emellan angavs. I detta fall gjordes antagandet att vätskorna tillhörde den högsta klassen.

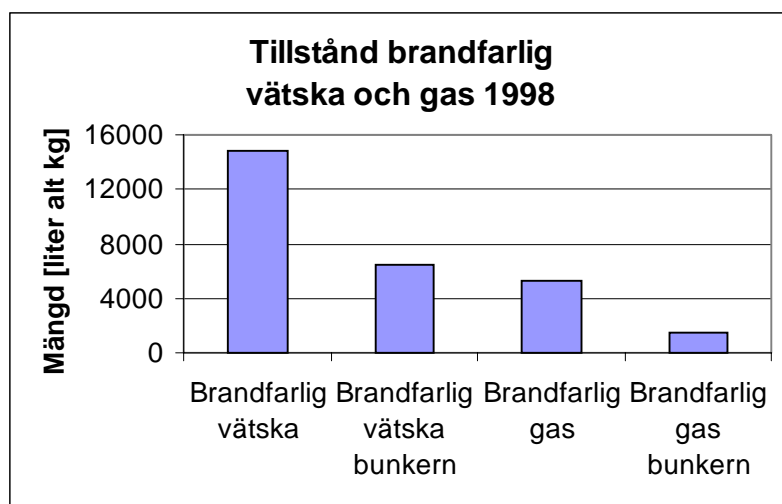
I vissa fall stämde inte mängden kemikalier i den detaljerade inventeringen, som bifogas ansökan om tillstånd för brandfarlig vara, överens med den totalmängd som är angiven på blanketten för kompletterande uppgifter [4.6]. I dessa fall bedömdes den detaljerade inventeringen som mer trovärdig. I ansökan har ofta en större mängd angivits för att eventuellt täcka in ett skiftande behov. Flexibiliteten blir på så sätt större, för att ha framförhållning vid något förändrad verksamhet.

Den mängd för brandfarliga gaser som nämns nedan är förvaringsvolymen. Det är volymen som anges i tillstånden för brandfarlig vara.

4.3 Resultat och diskussion

4.3.1 Allmänt

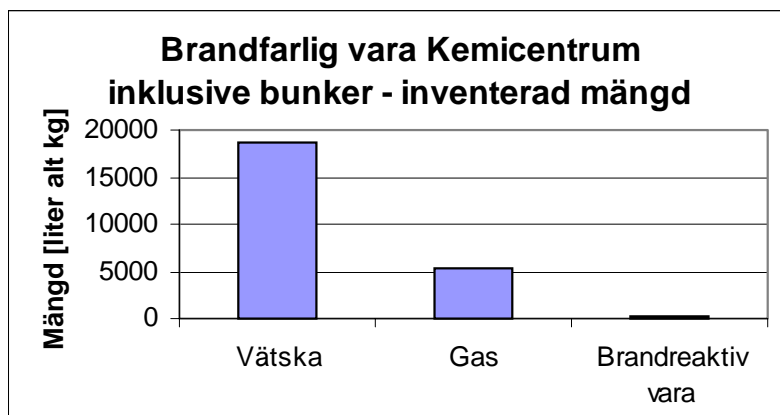
Figur 4.1 visar mängden brandfarlig vara som Byggnadsnämnden givit Kemicentrum tillstånd att ha, samt siffror för bunkern. Störst mängd utgör den brandfarliga vätskan i byggnaden, men även i bunkern förvaras en större mängd. I vissa fall angavs i ansökan för tillstånden mängden vätska i kg, men oftast i liter. Antagandet gjordes att 1 kg motsvarar 1 liter.



Figur 4.1 Mängder enligt tillstånd för brandfarlig gas och vätska samt mängder i bunkern.

Den inventerade mängden brandfarlig vätska och gas är väl överensstämmande med tillståndsmängden. Tillstånd har givits för ca 22000 liter brandfarlig vätska och den inventerade mängden är ca 19000 liter. För brandfarlig gas har tillstånd givits för ca 7000 liter, medan den inventerade mängden är ca 5000 liter. För bunkern är inventerad mängd av brandfarlig vätska och gas samma som den mängd tillstånd har givits för, det vill säga 6500 liter för vätska och 1500 liter för gas.

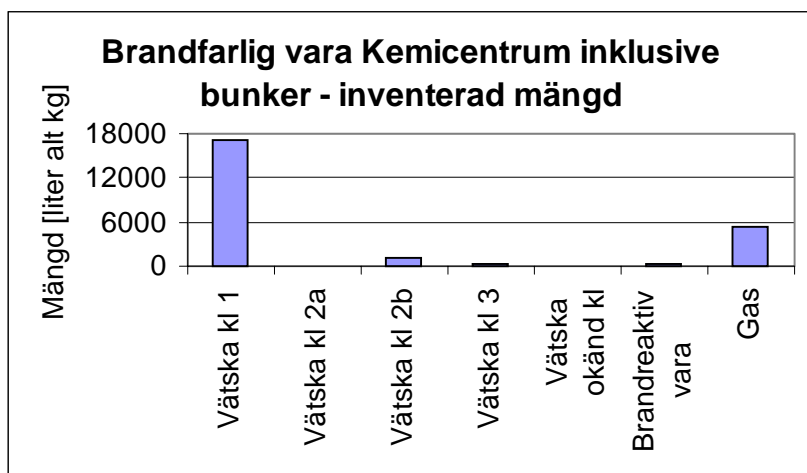
I figur 4.2 åskådliggörs inventerad mängd brandfarlig vätska och gas. Av figuren framgår tydligt att brandfarlig vätska utgör den största volymen av de brandfarliga varorna. Brandreaktiv vara är angivet i kg.



Figur 4.2 Inventerad mängd brandfarlig vara, inklusive bunkern.

Fördelningen mellan olika klasser och faser redovisas i figur 4.3. Som figuren visar finns mest brandfarlig vätska i klass 1, vilken är den grupp med vätskor som har lägst flampunkt.¹ I figuren framgår inte tydligt redovisade mängder av vätska klass 2a (127 liter) och okänd klass (118 liter). Brandfarlig gas finns också i relativt stor mängd.

Brandreaktiv vara däremot hanteras i jämförelsevis mycket mindre mängd. I fortsättningen koncentrerades därför arbetet till att studera brandfarlig gas och vätska, inte brandreaktiv vara.



Figur 4.3 Inventerad brandfarlig vara, uppdelad i klasser och faser.

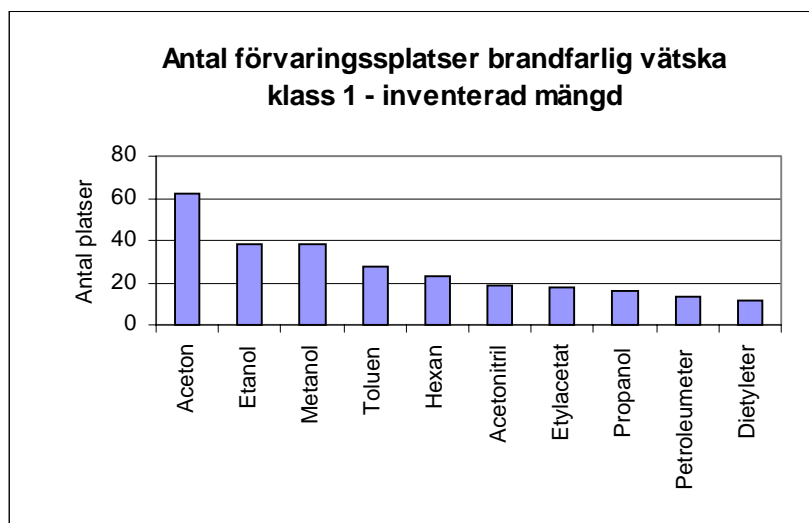
Hädanefter används de inventerade mängderna, vilka ligger som underlag till ansökningarna för tillstånden, istället för tillståndsmängderna.

4.3.2 Brandfarlig vätska

Eftersom brandfarlig vätska nästan uteslutande består av klass 1-vätska, se figur 4.3, studerades denna klass fortsättningsvis. Figur 4.4 visar hur många olika förvaringsplatser som

¹ Flampunkten är den lägsta temperatur då ångorna ovanför vätskeytan har sådan blandning med luft att de går att antända, se vidare "An introduction to fire dynamics" [4.7].

finns för de mest frekvent använda brandfarliga vätskorna i klass 1. Aceton är det ämne som finns på flest ställen (62). Därefter kommer metanol och etanol med 38 förvaringsplatser respektive. Det är således lösningsmedel som förekommer på flest ställen runtom i lokalerna på Kemicentrum.



Figur 4.4 Antal förvaringsplatser för mest frekvent använda brandfarliga vätskor i klass 1, inventerad mängd.

Figur 4.5 redovisar den sammanlagda förvaringsvolym som hanteras av de mest frekvent använda brandfarliga vätskorna i klass 1. Etanol, aceton och metanol är de tre som har störst sammanlagd förvaringsmängd. Det betyder att de är både de som hanteras på flest ställen, och i störst sammanlagd volym.

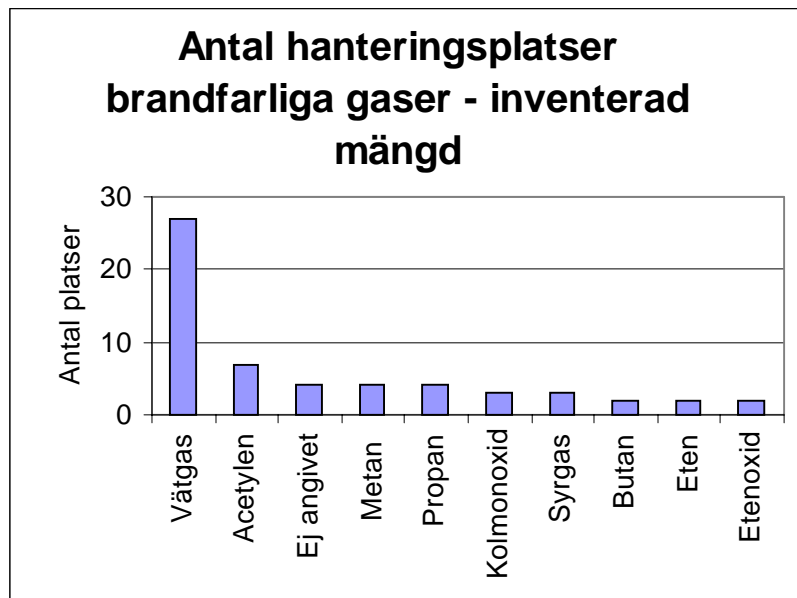
Ofta skrevs i ansökan att tillstånd önskas för vätska klass 1 och inte vilka ämnen det gällde. Ansökan för tillstånd för brandfarlig vara sker klassvis (klass 1, 2 och 3) utan krav på angivning av specifikt ämne.



Figur 4.5 Ämnesvis sammanlagd mängd brandfarlig vätska klass 1, inventerad mängd. Totalt 1700 liter.

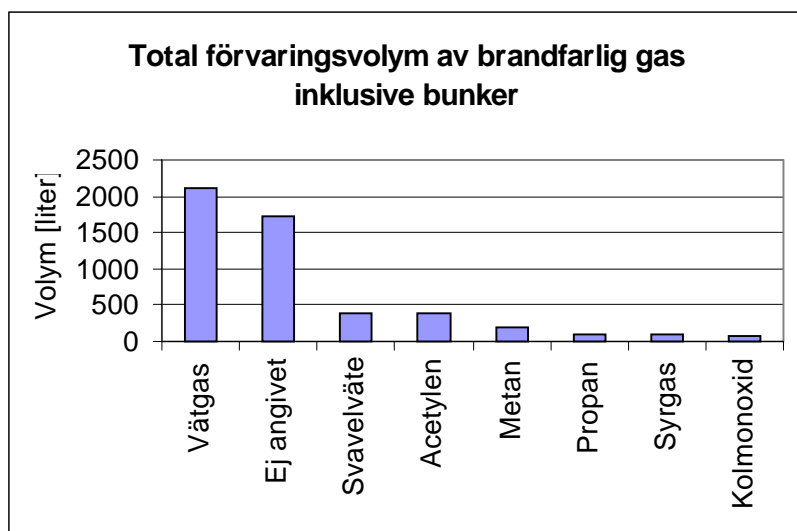
4.3.3 Brandfarlig gas

Figur 4.6 visar det antal olika platser som brandfarliga gaser hanteras på som ett mått på hur frekvent använda gaserna är. I figuren visas de gaser som förekommer på flest ställen. Vätgas förvaras på 27 ställen. Detta är en explosiv gas, som vid antändning kan ge stora konsekvenser.



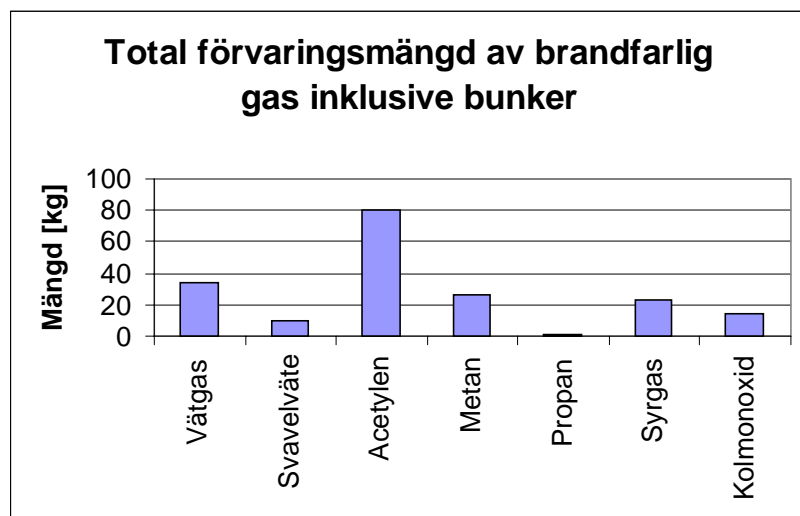
Figur 4.6 Antal förvaringsplatser av de inventerade brandfarliga gaserna.

I figur 4.7 visas största totala förvaringsvolymen av de brandfarliga gaserna, inklusive bunkern. Det är den sammanlagda volymen på de olika förvaringsställena av samma ämne. Vätgas är också den gas som finns i särklass störst förvaringsvolym totalt. För cirka 1700 liter av totalt 5000 liter finns det ej angivet vilken gas som tillstånd finns för. Samma ämnen finns inte på samma plats i figur 4.6 och 4.7. Det beror på att stor förvaringsvolym inte behöver innebära att ämnena finns på många ställen. Vissa ämnen finns i stora volymer men endast på enstaka platser.



Figur 4.7 Totala förvaringsvolym av brandfarlig gas inklusive bunker. Totalt 5000 liter.

Om mängden lagrad gas uttrycks som mängd (kg) istället för som en lagringsvolym fås följande fördelning, se figur 4.8.



Figur 4.8. Total förvaringsmängd uttryckt i kg brandfarlig gas, inklusive bunker.

De olika gaserna förvaras vid olika lagringstryck, varför det är mer aktuellt att studera mängd än volym. Vid jämförelse mellan figur 4.7 och 4.8 syns tydligt skillnaden. Vätgas finns i större lagringsvolym än till exempel acetylen. Däremot är mängden acetylen större än vätgasmängden. I figur 4.8 har ”ej angivna gaser” utelämnats, eftersom molvikten för dem är okänd. Molvikten behövs vid beräkningar för mängd, givet volym och tryck.

4.4 Slutsats

Mot bakgrund av inventeringen ansågs att de ämnen som har störst sannolikhet att vara inblandade i en olycka är etanol, aceton, metanol samt vätgas och acetylen. Dessa förekommer i stora mängder och på många olika ställen ute på avdelningarna.

Trots att en stor del av de brandfarliga vätskorna inte är specificerade, anses fördelningen mellan ämnen och klasser vara densamma för de okända mängderna, som för de kända.

4.5 Förslag till förbättringar

För att undvika att olika avdelningar utformar sin ansökan om tillstånd för brandfarlig vara på olika vis med olika uppgifter och för att underlätta framtida inventering föreslås användandet av ett och samma formulär. Formuläret bör efterfråga relevant information för att kunna ge en bra sammanställning och ge tillsynsmyndigheten en överblick och helhetssyn på hantering med brandfarlig vara.

I formuläret bör krav ställas på specificering med avseende på rum och vilket ämne (och klass på vätskor) som tillstånd ansöks för. Idag anger vissa avdelningar per rum, vissa per avdelning.

Förslag på ett sådant formulär finns i bilaga C. Formuläret i bilagan gäller för brandfarlig vätska, men liknande formulär för övriga kategorier finns att tillgå på begäran.

För att utnyttja det befintliga systemet med databaser på respektive avdelning föreslås att dessa länkas samman, så att en sammanställning hela tiden finns att tillgå automatiskt. Denna

sammanställning borde vara av högsta intresse för Kemicentrum. Dessutom finns kravet i lagstiftningen att en förteckning skall finnas.

Detta medför ett antal fördelar, till exempel dels att räddningstjänsten lätt kan få en klar bild av vilka kemikalier som finns och var, dels att inventeringen utgör en bra grund för fortsatt utredning inom risk och miljö för Kemicentrum. Uppdateringarna som kontinuerligt sker på avdelningarna syns direkt i sammanställningen, eftersom de föreslås vara direktlänkade.

Det är också viktigt att tillstånden för brandfarlig vara speglar verksamheten. Dock spänner oftast tillstånden över en längre period, vilket kan försvåra exaktheten.

4.6 Farliga ämnen

Under inventeringen av brandfarliga varor undersöktes möjligheten att kartlägga även de övriga farliga ämnena. Svårigheten låg i att det finns ett oerhört stort antal farliga ämnen, närmare 10000 olika, utspridda på avdelningarna. Vidare gäller olika tillstånd för olika kategorier av ämnen. Till exempel så kräver Läkemedelsverket att ämnen för framställning av narkotika skall dokumenteras och Arbetsmiljöverket kräver en dokumentation av alla farliga ämnen. Det var således svårt att få en bra överblick över vilka ämnen som innebär de största riskerna. Dessutom ger ämnena på grund av skilda egenskaper skiftande risker och det var svårt att få en sammanfattande bild av risken.

Avdelningarna handhar ofta ett stort antal substanser i ytterst små mängder. Mängderna varierar dessutom över tiden. Detta innebär att riskerna är svåra att klassificera oavsett metod.

Det är att rekommendera att införa samma inventeringssystem för farliga ämnen som föreslogs ovan för brandfarlig vara. Denna inventering kan ligga till grund för detaljerad utredning om farliga ämnen och deras risker.

4.7 Referenser

- [4.1] ”Lagen om brandfarliga och explosiva varor”. SFS 1988:868. Stockholm, 1988.
- [4.2] ”Förordningen om brandfarliga och explosiva varor”. SFS 1988:1145. Stockholm, 1988.
- [4.3] ”Sprängämnesinspektionens föreskrifter om klassificering av brandfarliga gaser och vätskor”. SÄIFS 1998:3. Stockholm, 1998.
- [4.4] ”Sprängämnesinspektionens vägledande förteckning över brandfarliga gaser och vätskor”. SÄIFS 1998:6. Stockholm, 1998.
- [4.5] ”Räddningsverkets informationsbank”. RIB 3.2.03 utgåva 1-2000. Statens Räddningsverk, Karlstad, 2000.
- [4.6] ”Ansökan om tillstånd för hantering av brandfarlig vara”. Blankett för kompletterande uppgifter, Lunds Byggnadsnämnd.
- [4.7] Drysdale, D. ”An introduction to fire dynamics”. John Wiley & Sons Ltd, 1987.

5 Kemikalielogistik

5.1 Syfte och metod

För att få en inblick i logistiken och uppfattning om hanteringen av brandfarlig vara inom Kemicentrum genomfördes ett par studiebesök, där vaktmästarnas rutiner för utdelning och hantering till avdelningarna studerades. Vaktmästarna intervjuades angående utformning av transportmedel, känsliga punkter längs transportrundan till avdelningarna samt allmänt relevant information om deras arbete. Personal vid avdelningarna intervjuades också angående deras rutiner.

5.2 Distribution

5.2.1 Leveransmottagning

Speditionsfirmorna levererar godset till vaktmästarexpeditionen. Där tar två till tre vaktmästare emot godset och skriver kvittenslappar, färdiga för underskrift av respektive avdelning. Paketerna sorteras upp avdelningsvis på hyllor i vaktmästeriet.

5.2.2 Till avdelningarna

Varorna sätts på en vagn och transporteras ut till mottagaren, ofta via hiss. Eftersom leveransfrekvensen till de olika avdelningarna skiftar varierar rundorna ut i huset från dag till dag. Personal från avdelningarna kan också i viss mån hämta paketerna nere hos vaktmästarna. Huvuddelen distribueras dock av vaktmästarna. Paketerna beställs av personal vid de olika avdelningarna. Flaskor och andra behållare är väl förpackade med skyddsemballage och absorptionsmedel för att mildra eventuella läckage.

På många ställen sker transporten i samma korridorer där studenter uppehåller sig. Persontätheten är större och studenterna har sannolikt sämre kemikaliekännedom än de anställda.

Gällande brandfarlig gas så är det avdelningarna själva som hämtar nya flaskor nere i gasförrådet. Transporten sker på därför avsedda transportvagnar. Väl uppe på avdelningarna förvaras de alltid fastkedjade eller stående på särskilda hjulförsedda ställ.

I dagsläget finns i anslutning till vaktmästeriet ett större lösningsmedelsförråd med de mest frekvent använda ämnena. Syftet är att avdelningarna skall ha detta gemensamt för att underlätta beställningen. Beställningen sköts centralt av en person. Dock kommer detta förråd enligt beslut att tas bort. Istället skall avdelningarna själva förvara kemikalierna. Leveranserna kommer att ske tätare, vilket medför ökade transporter till avdelningarna från godsmottagningen. Kemikalierna är vid denna transport emballerade och skyddade.

5.2.3 Inom avdelningarna

De flesta avdelningar har ett eget kemikalieförråd. Vissa mindre avdelningar har gemensamma förråd. Tanken med förråden är att ett visst lager skall kunna tillhandahållas så att leveranserna inte behöver ske så ofta.

När det centrala lösningsmedelsförrådet försvinner medför detta antingen att det kommer att förvaras större mängder i avdelningarnas kemikalieförråd eller också att leveranser får ske oftare. Redan i dagsläget förvaras stora mängder kemikalier ute i avdelningarnas förråd.

Tätare transporter med mindre mängder är att föredra, eftersom förvaring av större mängder då undviks. Transporterna med ämnena är emballerade och ämnena är skyddade.

För det mesta har alla som arbetar på en avdelning tillgång till kemikalieförrådet. Här hämtas kemikalier som sedan förvaras i mindre mängder ute i laboratorierna.

Vid själva hanteringen på laboratorierna används kemikalierna öppet i dragskåp, vilket innebär att ämnen hålls över från större till mindre behållare eller blandas och används. Vid dessa moment finns risk för spill, läckage och andra olyckor.

5.2.4 Från avdelningarna

Återföring av slaskkemikalier till avfallsstationen vid vaktmästeriet sker huvudsakligen av avdelningspersonalen själv. Slasken förvaras i en större flaska och är till skillnad från leveransen inte skyddad, utan ställs oftast direkt på en vagn, ofta utan sidoräcken. Ibland sker transport i plastspann. Vid avfallsstationen bärs flaskorna fritt i händerna in i avfallsrummet där uppdelning av kemikalierna görs i fyra fraktioner: klorerat, icke klorerat, eter samt oljor. Det är avdelningspersonalen själv som delar upp slasken i de olika fraktionerna.

Övriga farliga ämnen hämtas av en avfallsansvarig för hela Lunds universitet. Vid behov ringer avdelningarna till honom och begär hämtning. Han har en nyckelroll i hanteringen. Enligt avtal med SYSAV kan någon av deras personal komma till Kemicentrum vid behov och ersätta ordinarie avfallsansvarige vid sjukfrånvaro, semester och dylikt.

5.3 Faromoment

5.3.1 Vagnar

Det finns ett par olika versioner av vagnar som används för transport av farliga gods.

- Vid mindre leveranser används en kundvagnsliknande vagn. Denna har en korg som varorna ställs ned i så att de inte kan falla av. Hjulen är av plast och därmed blir färden lite skakig.
- För större leveranser används en typ av vagn som går att modulera om beroende på vem det är som använder den. De flesta väljer att helt eller delvis plocka bort de löstagbara sidoräcken som finns för att hindra att paket kan falla av med motiveringen: "kärran är väldigt låg och det blir tunga, ergonomiskt dåliga lyft om sidoräcken sitter på". Vagnen har stora luftfyllda gummihjul som gör att färden blir mjuk och utan skakningar.

För transport av gasflaskor finns särskilda transportvagnar.

5.3.2 Dörrar

Dörrarna runt vaktmästeriet är försedda med automatisk dörröppnare. Detta underlättar passagen av dörrpartiet. Tyvärr är inte alla dörrar som måste passeras försedda med dörröppnare. Vid vissa passager måste dörren öppnas och hållas öppen samtidigt som vagnen dras igenom.

Några få dörrar i brandcellsgränserna är försedda med magnetuppställning. Vissa dörrpartier är väldigt smala, till och med så smala att båda dörrdelarna måste öppnas för att få igenom vagnen. Vid dessa smala dörrpartier är det lätt att vagnen stöter emot dörrkarmen. Vagnarna

är ofta maxlastade. Vid nybeställning av dörrar beställs asymmetriska dörrar, där den ena delen är större och används för passagen. Den mindre delen hålls normalt stängd.

Vid passage genom dörrar utan dörröppnare som inte är uppställda och vid automatisk dörröppning kan det vara svårt att urskilja åt vilket håll dörren öppnas.

5.3.3 Trösklar

På en hel del ställen i transportvägar finns trösklar som försvårar transporten.

5.3.4 Golv

Golvbeläggningen består på vissa ställen av grov klinker med stora fogar. Detta gör att vagnarna skakar och därmed finns risk att flaskor och paket kan falla av vagnarna.

5.3.5 Hiss

Ofta innebär leveransrundan att hissen måste användas. Många gånger finns starka lukter kvar i hissen efter det att avdelningarna har fört tillbaka slask till avfallsstationen. Nackdelarna med *en* hiss är att personen, som transporterar godset och befinner sig i hissen, har dåliga möjligheter att utrymma i händelse av olycka. Vid in- och utlastning samt färd upp eller ned kan vagnen klämmas och flaskor/behållare gå sönder. Vid ett eventuellt läckage efter olycka kan spridningen av ämnet bli allvarlig på grund av hisschaktets naturliga otäthet. Det finns planer på att installera en specialhiss, vilket är att rekommendera. Denna hiss kan tjäna hus 1, 3 och 4. I hus 2 och 5 finns inga planer på att införa någon specialhiss. Däremot planeras eventuellt hissen kunna låsas. Detta kan motverka att personer på andra våningsplan än det där kemikalierna ställs in, kan åka med hissen. I en sådan är det inte tänkt att personer skall färdas med godset.

5.4 Förslag till förbättringar

I lagstiftningen, som redovisas i kapitel 2, ställs krav på att hanteringen sker på ett betryggande sätt. Med stöd av den föreslås följande åtgärder:

- En särskild hiss för enbart kemikalier är att föredra för att minska exponeringsrisken för personal och studenter. I den hissen skall inte människor transporteras. Istället skall godset placeras i hissen och transporteras ensamt i hissen till rätt våningsplan där transportören möter upp och tar hand om godset.
- När lösningsmedelsförrådet försvinner är tätare transporter från godsmottagningen till avdelningarna att föredra istället för större förvaringsmängder ute i kemikalieförråden. Transport skall ske emballerat och skyddat.
- Det är viktigt att vikarie från SYSAV blir insatt i rutiner, organisation och byggnader för avfallshämtning.
- Transportvägarna skall i möjligaste mån inte gå genom persontäta (studenttäta) lokaler.
- Vagnar som har luftfyllda gummihjul skall användas för att få en stabilare och mjukare och därmed säkrare transport.
- Vagnarna skall utformas så att den ergonomiska belastningen blir så liten som möjligt. Överbelastning av kroppsdelar kan generera skador som i sin tur kan leda till att olyckor med farligt gods uppkommer.

- Stötdämpare på vagnarna ger en jämnare och säkrare transport på hårda och ojämna golv.
- Vagnarna skall ha sidoräcken, som används för transport av farligt gods, för att förhindra att paket/flaskor faller av vagnarna.
- Dörröppnare skall installeras på de dörrar som av olika anledningar inte kan stå uppställda. Så många dörrar som möjligt skall kunna ställs upp. Branddörrar skall kunna utföras med magnetuppställning.
- För att minska risken för olycka rekommenderas att slagriktningen utmärks till exempel genom markering i golvet av dörrens rörelseyta i slagriktningen.
- Så många trösklar som möjligt skall tas bort. Dock skall kraven uppfyllas på den avskiljande funktionen vid brand.
- Golvbeläggningsen skall utföras så att en så jämn och mjuk transport som möjligt kan uppnås. Dock skall kraven på ytskikten i utrymningsvägarna uppfyllas. Detta skall efterstävas vid nyläggning av golv.

5.5 Referenser

- [5.1] ”*Brandskydd, Boverkets byggregler, teori & praktik*”. Brandskyddslaget, LTH-Brandteknik, Lund, 1994. ISBN 91-630-2875-1.
- [5.2] ”*Generella Säkerhetsföreskrifter 2000*”. Kemacentrum, Lunds Universitet, Lund, 2000.

6 Människa-teknik-organisation

6.1 Definition

De flesta processer innehåller inslag av mänskligt hanterande i organisationen. Människan använder sig av tillgänglig teknik och kunskap. Begreppet människa-teknik-organisation (MTO) belyser förhållandet mellan dessa tre parter. I lagstiftningen som utreds i kapitel 2 finns krav på att beakta tekniska och organisatoriska faktorer och även att hanteringen skall ske på ett tryggt sätt. MTO-aspekterna skall således lyftas fram och studeras, vilket görs i detta kapitel. Många förslagen till förbättringar bygger på sunt förnuft och här har kopplingar till teorin gjorts för att underbygga dessa förslag. Dessutom ökar förståelsen för MTO-aspekterna, vilket medför bra förutsättningar för vidareutveckling.

6.2 Olyckor

Olika händelser medför att en olycka sker. En olycka kan definieras som en oönskad händelse som har skadlig inverkan på människa, miljö, utrustning eller annan egendom. Det kan också vara så att olyckan kan ge upphov till andra, efterföljande och kanske svårare olyckor, och därför bör den första olyckan undvikas.

Antal arbetsplatsolyckor per år har varit i stort sett konstant sen 1970-talet. Cirka 35 % av alla olyckor sker på arbetsplatsen. Dödsolyckor på arbetsplatser i Sverige har dock minskat från 300-400 för cirka 30 år sedan till cirka 100 [6.1].

Följande fördelning för de vanligaste (80-90 %) typerna av olyckor [6.1] kan vara intressant att diskutera i samband med Kemicentrum:

- Överbelastning av kroppsdel
- Kontakt med rörliga föremål, djur eller människor
- Fallolyckor
- Hanteringsolyckor

Överbelastning av kroppsdel kan ske när personalen skall lyfta tunga paket eller när de har någon annan form av fysiskt belastande arbetsuppgift. Momentet då godset lyftes på/av vagnen vid utkörning skulle till exempel kunna ge en sådan överbelastning. Fallolyckor kan också vara aktuellt på Kemicentrum. Det inbegriper olyckor till följd av halkning, snubbling eller liknande. Det är sannolikt att detta skulle kunna inträffa på Kemicentrum och ge upphov till en olycka med farligt gods. Hanteringsolyckor innebär att skador uppstår genom hantering av material eller verktyg, som bärs eller hanteras på annat sätt.

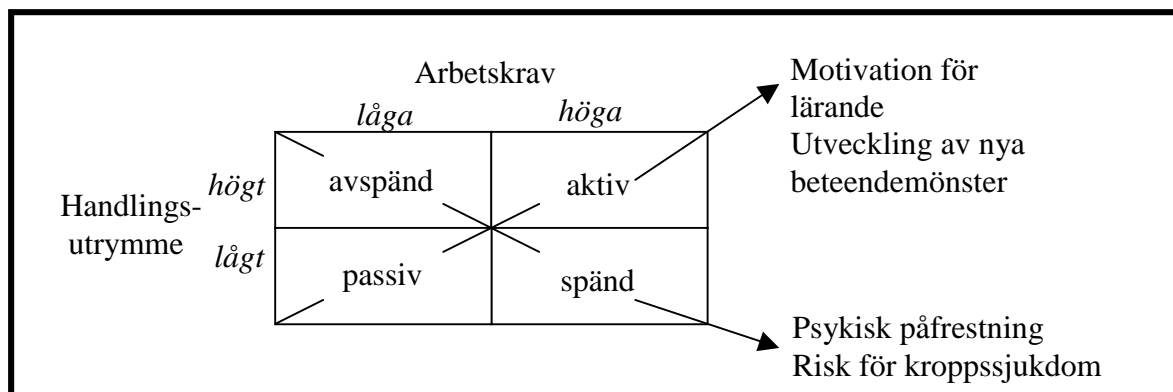
6.3 Den mänskliga faktorn

I grund och botten är det alltid människan som är ansvarig för alla uppkomna fel i tekniska system och hanteringsprocesser. Det är människan som konstruerar, underhåller och övervakar processer samt utformar rutiner och organiserar arbetet.

Ofta ses hänvisningar till att den mänskliga faktorn har varit orsaken till olyckor. Detta innebär att människan har brustit i rutiner eller övervakning, vilket har lett till ett olycksförlopp. Bakom människans felhandlande ligger ofta organisatoriska och tekniska problem. Kanske finns det inte tillräckligt med tid och resurser för att personalen skall kunna utföra sina arbetsuppgifter på ett korrekt sätt. Att avfärda ett tillbud eller en olycka genom att

enbart skylla på den mänskliga faktorn borde inte ske idag, utan bakomliggande orsaker borde undersökas och analyseras. Detta kallas för ett systemteoretiskt synsätt på olycksrisker [6.1].

Hur den anställde känner sig i sitt arbete påverkas av hur krävande arbetet är och hur stort handlingsutrymmet är [6.2]. Är arbetskraven höga och handlingsutrymmet lågt blir den anställde spänd och kan vara i riskzonen för kroppssjukdomar och psykisk påfrestning. Om däremot handlingsutrymmet är högt och arbetskraven låga känner sig den anställde avspänd. Olika kombinationer av lågt/högt handlingsutrymme respektive arbetskrav åskådliggörs i figur 6.1.



Figur 6.1 Upplevd arbetssituation beroende på olika parametrar

Det kommer alltid att förekomma avvikelser i komplexa processer. För att förhindra att avvikelser leder till stora konsekvenser, finns olika barriärer och säkerhetssystem införda. Dessa kan vara olika typer av tekniska övervakningssystem som utför åtgärder då avvikelser uppstår. De kan även vara av mänsklig natur såsom rutiner och åtgärder som skall utföras vid olika typer av avvikelser. Systemet kan också utformas så att människor kan rätta till andras felaktiga agerande [6.1]. Detta innebär att människan utgör en barriär mot olyckor.

Människan är självständig och kan själv ta ansvar. Hon klarar av att lösa problem och är initiativrik och kreativ. Detta är ett måste för att hon skall kunna fungera som en barriär. Denna teori kallas teori X och innebär också att människan anses som arbetsvillig, om arbetet är stimulerande. Teori X lyfts fram som motsats till teori Y, allt enligt McGregor [6.1, 6.2]. Teori Y innebär istället att människan till naturen är lat och initiativlös samt försöker undvika att ta ansvar. Om människosynen skulle följa teori Y, skulle det vara svårare att se människan som en tillgång vid eventuella fel. Personalen skulle välja att alltid gå den enklaste vägen och den som kräver minst ansvar och initiativ. Det skulle bli svårt att bygga upp en organisation med högt säkerhetstänkande. I fortsatt resonemang antas en människosyn enligt teori X spegla bilden av Kemicentrumets personal.

Ofta är det de yttre omständigheterna som gör att resultatet inte motsvarar acceptabel säkerhet. Yttre omständigheter är ofta stressfylld arbetsmiljö, förbisedda utbildningsbehov, bristfälliga instruktioner, otillräcklig övning, svårtolkad information, oklara ansvarsgränser, frånvaro av säkerhetspolicy, administrativa rutiner med mera [6.3]. På Kemicentrum där många har en fastställd tidsplan att hålla, är det lätt att vardagen blir fylld av stress som därmed påverkar säkerheten. Det finns också många gästforskare från andra länder. Det är svårt att på den korta tid de stannar ge fullständiga instruktioner om ansvarsgränser, säkerhetspolicy, rutiner med mera.

6.4 Medvetenhet

Den person som utför arbetet måste förstå varför det är viktigt med säkerheten och få ett helhetsperspektiv, så att personen tycker det arbete som utförs är viktigt och har en mening. Annars kan säkerhetstänkandet minska och arbetet övergå till att snarare utföras automatiskt, utan eftertanke. Att efterleva god praxis är ett minimikrav vid all kemikaliehantering. Det innebär att uppfylla aktuella säkerhetsbestämmelser och att tillämpa i sammanhanget beprövad teknik och metodik.

Enformigt arbete med upprepningar leder ofta till att förenklingar i procedurer uppkommer. Till exempel går det mycket snabbare att dela ut varor om vaktmästaren åker med hissen istället för att skicka upp hissen och själv gå i trappan, och om vaktmästaren tar med några paket extra så behöver han inte gå två gånger. Denna typ av förenklingar innebär att det tummas på säkerheten, se kapitel 5.3.5. För att detta inte skall inträffa måste hela tiden berörda parter informeras om hur viktigt det är att säkerhetstänkandet upprätthålls.

Enformigt arbete medför också att koncentrationen brister [6.4]. Det kan innebära att fokus inte finns på säkerheten och hanteringen av paketen. Detta innebär en ökad risk i sig.

Motivation och medvetande om att hela tiden ha säkerheten med i de dagliga rutinerna fås genom att ha en hög nivå på säkerhetskunskaper hos samtlig personal. Detta eftersträvas i en skrift framtagen av Kemacentrum [6.5] som belyser de generella säkerhetsföreskrifter som skall uppfyllas i det dagliga arbetet vid Kemacentrum.

Det finns krav i lagstiftningen på skyltning av gasflaskor och för att undvika rökning och annat som kan orsaka öppen eld eller gnistor. Skyltningen skall ge personalen medvetenhet om riskerna som deras handlingar kan åstadkomma.

6.5 Kognition

6.5.1 Definition

Med kognition menas olika processer i en människans medvetande, exempelvis uppmärksamhet, minne, inläring, kategorisering, resonering och beslutsfattande [6.6]. I detta kapitel förs en diskussion om kognition i samband med logistik och framför allt vaktmästarnas distribution av farligt gods.

6.5.2 Mental modell

Vaktmästarna delar mer eller mindre rutinmässigt ut paketen med farligt gods och behandlar dem oftast som vilket paket som helst, utan någon närmare tanke på de speciella risker som är förknippade med dem. Detta kan sammanbindas med en teori inom kognitionsvetenskapen. Vaktmästarna har delat ut farligt gods under en längre tid och inga olyckor har hänt. Då skapas undermedvetet en hypotes; en mental modell; att det kanske inte är så farligt egentligen. Istället för att hålla fast vid säkerhetstänkandet läggs stor vikt vid den information som stödjer hypotesen, det vill säga att det fortfarande inte händer några olyckor. Den yttre informationen tas in och anpassas till den mentala modell som redan finns. Man är spekulativ i överkant när risken för det specifika paketet undermedvetet värderas och håller fast vid hur det brukar vara. Alla dessa egenskaper är typiska för människan [6.6].

Vad som i och för sig är positivt med att personalen inte går och har fokus på riskerna är att de inte spänner sig och är nervösa. De kan istället i lugn och ro utföra sitt arbete. Att veta riskerna med olika paket i kombination med känslan att vara för dåligt utbildad hade kunnat skapa stress i arbetet. Om utbildningsnivån emellertid höjs och personalen får lära sig vad som skall göras vid en eventuell olycka hade förmodligen stressnivån minskat, även om konsekvenserna är svåra.

6.5.3 Kognitiv lättja

Även uttrycket kognitiv lättja används, med vilket det menas att människan i största möjliga mån försöker undvika kognitiv ansträngning [6.6]. Detta kan innebära att vaktmästarna och avfallsansvarige inte riktigt till fullo uppfattar riskerna med paketen med farligt gods; att inte konsekvenserna fullständigt är klara för dem. Istället väljer de ”den lätta vägen” och tänker ”Det ordnar sig, för att det har ju inte hänt något tidigare.”

6.5.4 Informationsbehandling

Ovanstående vittnar om att personalens informationsbehandling är automatisk. Om den istället hade varit icke-automatisk skulle den ha varit medveten och reflekterande. Detta innebär i och för sig att tänkandet tar längre tid och är mer ansträngande. Men bedömningen av till exempel farligheten av paketens innehåll blir exaktare och informationen behandlas mer logiskt och analytiskt. Slutledningsförmågan aktiveras. Svårigheten häri ligger i att det eventuellt inte finns tillräcklig information på paketen eller kunskap hos personalen för att aktivt kunna bedöma farligheten och risken med paketen. Detta tillsammans med att det inte händer så många olyckor torde medföra att informationsbehandlingen blir automatisk. Paketen behandlas som vilket annat paket som helst.

6.5.5 Typer av fel

Det finns olika typer av fel. Det kan dels vara produktfel, dels handhavandefel [6.6]. Med produktfel menas att trots att utförandet är korrekt fungerar inte produkten som den ska. Paketen med farligt gods kanske hanteras korrekt men ändå blir det något fel på den. Det borde i så fall vara leverantören som skall se över sin leverans och verksamhet. Handhavandefelen däremot skulle kunna ligga närmare Kemikentrum.

Vid laborationer kan till exempel laboranten utföra något av laborationsmomenten på ett felaktigt sätt. Under laborationen hanteras kemikalierna öppet (i och för sig i dragskåp), vilket innebär speciella risker. Laboranten kan göra handhavandefel under sitt experiment. Dessa kan till exempel direkt leda till spill eller till att något händer som kan leda till ett utsläpp.

Innan laborationen skall den ansvariga för experimentet ha genomfört en riskbedömning. Denna skall hjälpa laboranten att bli medveten om riskerna och höja säkerhetstänkandet.

Vaktmästaren kan kanske också tro att paketen inte innehåller något farligt ämne och därför inte är tillräckligt försiktig.

Det skiljs mellan missar och misstag [6.4]. Misstag är tankefel eller resonemangsfel, som leder till något fel. Missar är då till exempel trötthet, stress eller bristande koncentration gör att fel begås. Ofta är tanken rätt men det blir fel ändå.

Anledningen till missar ligger ofta i sambandet människa-teknik-organisation och bör, som tidigare nämnts, analyseras närmare. Misstag däremot kan avhjälpas till viss del genom

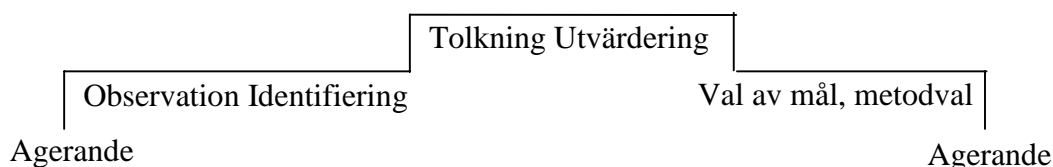
utbildning, men också här bör bakomliggande orsaker analyseras och sambandet till organisationen undersökas.

6.6 Användargränssnitt

För att undvika att människan gör fel är det viktigt att utforma instruktioner på tydligt sätt. Exempelvis gäller det att märka ut avfallskärnen tydligt med vad som skall kastas var. Användargränssnitten skall vara väl utformade för att undvika fel.

6.7 Utbildning

Vaktmästarnas beslutsfattande vid en eventuell olycka kan enligt Ramussen [6.4] ses som en process bestående av åtta steg, se figur 6.2. De första och sista stegen, det vill säga agerande, är färdighetsbaserade. Eventuella fel som kan uppstå beror på för litet handlingsutrymme samt tidsbrist. De två yttersta stegen i trappan är regelbaserade. Det som kan framkalla fel på denna nivå är missbedömning av situationen och därmed tillämpning av fel regler eller handlande. Det översta steget (tolkning och utvärdering) är kunskapsbaserat. Tidigare kunskap och erfarenhet påverkar utfallet. Felen som kan uppstå här härstammar från bristfällig kunskap eller till och med felaktig kunskap.



Figur 6.2 Rasmussens åtta steg i beslutsfattande [6.4].

För att belysa Rasmussens teori ges ett exempel som följer: En person från en avdelning på väg ner till avfallsstationen tappar en flaska med brandfarlig vätska, vilket leder till ett utsläpp (agerande). Personen observerar och identifierar händelsen. Han tolkar situationen som en riskkälla och utvärderar riskkällan som en uppenbar personrisk. Därför vill han skydda människor i närheten. Det blir hans val av mål. För att uppnå det målet väljer han metoden att få övrig personals uppmärksamhet genom upplysa dem om vad som hänt (agerande).

Personalen skall vara utbildad för att kunna hantera kemikalierna rätt och för att kunna agera riktigt vid olyckor, vilket innebär att förbättra förutsättningarna för att utföra stegen i beslutsfattandet i figur 6.2 så bra som möjligt. För att upprätthålla denna säkerhetsnivå finns framtagna säkerhetsföreskrifter. Dessutom bör regelbunden utbildning i rutiner vid en olycka övas. Även utbildning i handhavande av handbrandsläckare och övrig brand- och säkerhetsutrustning bör hållas regelbundet.

Vaktmästarna har ingen utbildning gällande vilka ämnen som transporteras eller hur farliga de är. Inte heller om vad som skall göras om något paket skulle gå sönder har de utbildning för. Utbildning av vaktmästarna bör prioriteras, även om det kan vara svårt att ge dem en heltäckande kunskap om farligt gods. Eftersom de hanterar paketen med de farliga kemikalierna, vilket innebär en risk, är det synnerligen på sin plats att också ge dem möjlighet och kunskap att ingripa om något skulle gå snett.

6.8 Förslag till förbättringar

I lagstiftningen, som redovisas i kapitel 2, ställs krav på att hanteringen sker på ett betryggande sätt. Med stöd av den föreslås följande åtgärder:

- Krav skall ställas på den som hämtar och lämnar kemikalierna. Det innebär att risker och lämpliga åtgärder vid en eventuell olycka skall vara kända för den som hanterar kemikalierna. Det betyder dels att utbildning av vaktmästarna måste ske, dels att tillräckligt kompetent personal bör stå för eventuell hämtning och lämning från avdelningarna själva. Det rekommenderas att avdelningspersonalen står för hämtning och lämning.
- Fallolyckor som till exempel halkning och snubbling skall förebyggas. Exempelvis kan halkskydd läggas ut på känsliga platser eller golv kan målas i skrovligare material. Trösklar bör märkas ut.
- Endast de på avdelningarna, som har skydds- och brandutbildning, bör hämta och lämna kemikalier. De skall transportera kemikalierna på ett säkert sätt med vagnar och annat skydd.
- Det skall eftersträvas att personalen hinner utföra sitt arbete utan stress. Orsaken bakom tillbud/olyckor skall utredas och skall ses i sammanhang av människa-teknik-organisation.
- Gällande säkerhetsföreskrifter framtagna av Kemicentrum skall följas [6.5].
- Verksamheten skall präglas av högt säkerhetstänkande. En säkerhetspolicy bör tas fram av berörda parter, till exempel arbetsmiljöansvariga, skyddsombuden och samordningsansvariga. Denna säkerhetsgrupp skall kontinuerligt arbeta för ökad säkerhet och ökat riskmedvetande.
- Riskbedömningar i samband med experimenten skall genomföras. Laboranterna skall vara medvetna om riskerna.
- Användargränssnitten skall vara väl utformade för att undvika fel. Till exempel skall avfallskärnen vara tydligt utmärkta, så att förväxling inte sker. Likaså uppnås bättre säkerhet om dörrars slagriktning märks ut.
- Utbildning i handhavande av handbrandsläckare och övrig brand- och säkerhetsutrustning skall hållas regelbundet.

6.9 Referenser

- [6.1] ”Arbete-Människa-Teknik”. Arbetarskyddsnämnden, Stockholm, 1997.
- [6.2] Blomé M. ”Arbetsorganisation introduktionskompendium”. Institutionen för Designvetenskaper, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2000.
- [6.3] ”Tekniska riskanalysmetoder 3”. Kemikontoret, Stockholm, 2001.
- [6.4] Reason J. ”Human error”. Cambridge University Press, Cambridge, 1990. ISBN 0-521-31419-4.
- [6.5] ”Generella Säkerhetsföreskrifter 2000”. Kemicentrum, Lunds Universitet, Lund, 2000.

- [6.6] *Stenciler utdelade vid kursen MAM-041*, Institutionen för Designvetenskaper, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2000.

7 Incidenter

Ett par incidenter har inträffat de senaste åren:

- Någon har kastat ett okänt föremål/ämne i en papperskorg som tömts av lokalvårdaren och sedan ut i containern. När sedan sopbilen kom för att hämta den så fattade sopsäcken eld. Chauffören fick syn på branden och stannade sopbilen och lyckades slänga ut den brinnande sopsäcken.
- Någon har tömt förorenad slask i avfallsstationen så att en kemisk reaktion och brand uppstod.
- Någon tappade en flaska innehållande en brandfarlig vätska i golvet så att en mindre brand uppstod.
- Vaktmästarna har under en leverans tappat en flaska innehållande sprit.

Dessa incidenter har uppdagats under intervjuer med personal vid Kemicentrum. Värt att anteckna är att många små incidenter inne på laboratorierna har inträffat men aldrig rapporterats. Huvudsakligen är det bränder i lösningsmedel och i apparater.

Nedanstående är hämtat från Lunds Brandförsvars insatsrapporter.

1999-02-11 Brand i labb-rum, studerande skulle fylla på heptan i en glaskolv. Vid påfyllningen spillde hon på värmemanteln, som fortfarande var varm. Vätskan antändes. Branden släcktes med CO₂ av personal. Mkt sotskador

1999-08-28 Brand i provrörsställning, släckt

2000-04-28 Vid hantering av en mindre flaska med ca 0,5 liter kemikalier i ett mindre kylrum tappade man flaskan i golvet varvid den krossades och vätskan spreds ut på golvet. Flaskan innehöll en blandning av:
Tetrahydrofuran
Boran BH₃ eller (B₂H₆)
Dimetylsulfid (CH₃)₂S

Man utrymde genast närliggande lokaler och tillkallade brandförsvaret via telefon och larmknapp. Man hällde även vatten på den utrunna vätskan för att bryta ned kemikalierna.

Då vi anlände beslöts att utrymma hela byggnaden. Rökdykare genomsökte den drabbade avdelningen. Torbjörn Frej från avdelningen tjänstgjorde som vägvisare iklädd tryckluftapparat och splash-dräkt. Senare gick även kemdykare genom lokalerna. De ställde även i explosimetrar. Dessa gjorde inte några anmärkningsvärda utslag.

Efter utvädring och väntan på att de farliga ämnena avdunstat spärrades avdelningen av och personalen kunde återvända till den övriga byggnaden. Vid 13.30-tiden tog personalen från Kemicentrum bort även dessa sista avspärningar.

2000-06-17 Larm inkom via SOS 112 om att det läckte argon eller kvävgas från gasflaska. Vid kontroll visade det sig vara en tryckluftskran i ett dragskåp som ej stängts.

2000-08-28 Etylenoxid förvarades på fel ställe. Burken uppsvälld. Punkterades av Sven utomhus.

För fullständig sammanställning av brandförsvarets insatsrapporter 1996-2001 på Kemicentrum se bilaga D.

8 Grovanalys

8.1 Syfte och metod

En första uppfattning fås om nivån på säkerheten genom grovanalysen. En grovanalys är en metod, som är vanlig i ett tidigt skede i ett projekt. Med denna kan risknivån avgöras och vilka delar som är aktuella för vidare analys kan tas fram. Grovanalysen ger endast en fingervisning om hur stor risken är. De detaljerade analyserna preciserar ytterligare händelseförloppet.

Grovanalysen genomförs med två metoder; sannolikhet-konsekvensmatris [8.1] samt en alternativ bedömning, som redogörs för i följande kapitel.

8.2 Teori

Grovanalysen består av bedömning av dels sannolikhet, dels konsekvens för en olycka.

Bedömningen av sannolikheten bygger på volym, antal hanteringsplatser och i den alternativa bedömningen även logistik. Förvaring och hantering innebär i sig en risk. Om ämnet hanteras på många platser är sannolikheten stor att en olycka skall inträffa.

Konsekvensnivån utgörs här endast av påverkan på människors liv och hälsa. Det finns även andra sätt att bedöma konsekvensen. Påverkan på yttre miljö eller på egendom kan också utgöra grunder för bedömning.

Sannolikhetsbedömningen utgörs av frekvenser. Frekvensen för att en olycka med ett visst ämne skall inträffa ansågs i sannolikhets-konsekvensmatrisen vara direkt och enbart beroende av hur stor mängd som finns av ämnet och speciellt på hur många ställen det förvaras på de olika avdelningarna.

För förtydligande av sannolikhets- och konsekvensparametrar, se tabell 8.1.

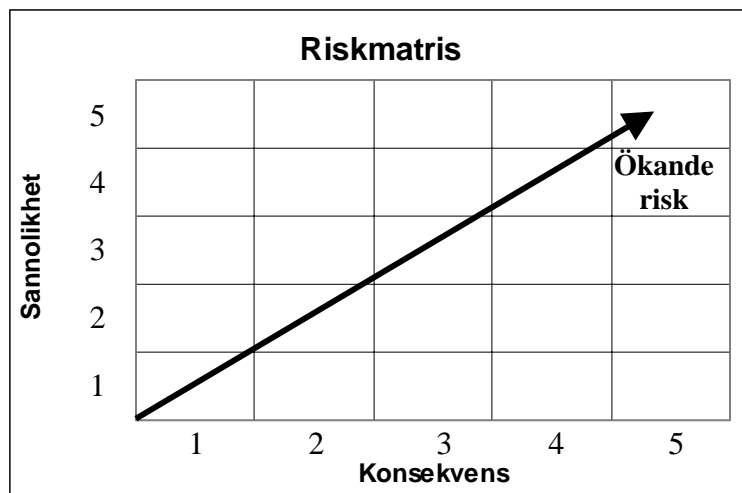
Tabell 8.1 Bedömningsunderlag för sannolikhet-konsekvensmatris [8.1].

Gradering	Sannolikhet		Konsekvens	
	1	Liten sannolikhet	<1 gång på 1000 år	Små
2		1 gång per 100-1000 år	Lindriga	Enstaka skadade, varaktiga obehag
3	Sannolik	1 gång per 10-100 år	Stora	Enstaka svårt skadade, svåra obehag
4		1 gång per 1-10 år	Mycket stora	Enstaka dödsfall, flera svårt skadade
5	Mycket sannolik	>1 gång per år	Katastrofala	Flera dödsfall, 10-tals svårt skadade

I den alternativa bedömningen modifieras parametrarna till att i stället utgöras av konsekvens, förekomst och logistik, för att lyfta fram logistikens inverkan. Förekomst och logistik ersätter i princip sannolikhet och en alternativ bedömning görs. Den grundar sig på följande tre parametrar:

Konsekvens	Påverkan på person vid eventuell olycka
Logistik	Hur transport, hantering och emballering sker
Förekomst	Sammanvägning av volym och frekvens av leveranser

Resultatet fås i form av en matris, där sannolikheten och konsekvensen åskådliggörs med en koordinat. Figur 8.1 läses som att risken ökar desto längre upp till höger koordinaterna ligger. Beroende på var i matrisen riskerna finns kan de sägas vara acceptabla eller inte. Beroende på var koordinaterna hamnar i matrisen kan en jämförelse mellan de olika riskerna göras och därmed kan sortering och val göras av intressanta ämnen att studera vidare.



Figur 8.1 Tolkning av riskmatris.

Vanligen sker indelningen i högrisk, mellanrisk och lågrisk. Var gränserna går och vilken risk som accepteras bestäms av de företag/den verksamhet, som bär ansvaret för riskkällan, till exempel den som äger anläggningen där det brandfarliga ämnet finns. I denna analys används Kemacentrums acceptanskriterier. Riskkällorna som innebär högrisker anses utgöra en så pass stor risk, att risken är icke-tolerabel och måste reduceras omgående. Verksamheten bör inte fortskrida förrän högriskerna är reducerade. En detaljerad riskanalys bör utföras, både för att finna anledningar till och konsekvenser av olyckor. Mellanriskerna bör åtgärdas så snart som möjligt, men innebär inte en sådan stor risk att verksamheten bör stoppas. Krav på riskutredning ställs för att hitta riskreducerande åtgärder. Lågrisk innebär att riskerna inte är så omfattande att ytterligare analys behövs.

8.3 Förenklningar

Olyckan antas ske i en "typbrandcell"; ett rum där olyckan sker och en anslutande korridor. I dessa utrymmen antas en del av personalen vid en avdelning befinna sig.

För vätskor bedöms konsekvensen av en rumsbrand vid omedelbar antändning av de brännbara ångorna ovanför vätskeytan och för gas konsekvensen av en explosion av ämnet i fråga. Detta anses vara de mest sannolika händelserna och är dem som behandlas i grovanalysen.

8.4 Sannolikhet-konsekvensmatris

8.4.1 Resultat brandfarliga vätskor

Tabell 8.2 resulterar i en riskmatris, som återfinns i figur 8.2, där punkterna till koordinaterna enligt tabellen i vissa fall representerar mer än ett ämne. Samtliga vätskor är klass 1-vätskor [8.2, 8.3].

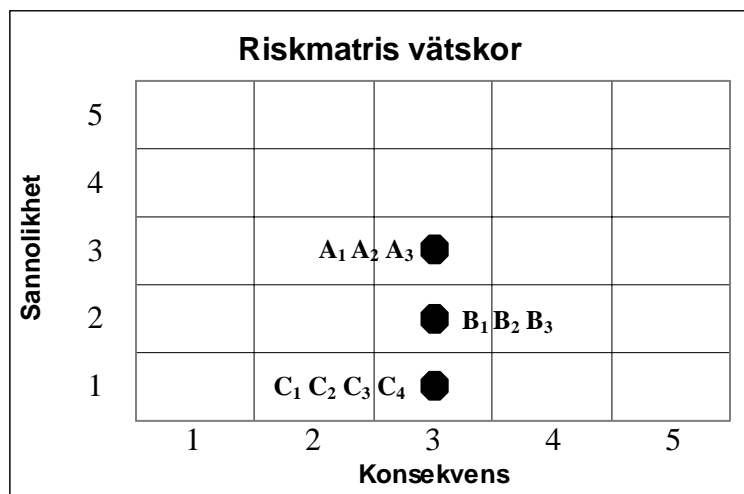
Tabell 8.2 Bedömning av de vanligaste brandfarliga vätskorna.

Ämne	Konsekvens	Sannolikhet	Koordinat
Aceton	3	3	A ₁
Etanol	3	3	A ₂
Metanol	3	3	A ₃
Toluen	3	2	B ₁
Hexan	3	2	B ₂
Acetonitril	3	2	B ₃
Etylacetat	3	1	C ₁
Propanol	3	1	C ₂
Petroleumeter	3	1	C ₃
Dietyleter	3	1	C ₄

Ovan givna sannolikheter och konsekvenser är uppskattade och motiveras enligt nedan.

Konsekvensen av en rumsbrand antas vara att enstaka blir svårt skadade. Brandförloppet antas gå snabbt och i ett värsta, troligt scenario kan till exempel tänkas att ett flertal elever i en laborationssal eller liknade blir svårt skadade och många får svåra obehag av branden.

Sannolikheten antas vara 1 gång på 10-100 år för aceton, etanol och metanol för vart och ett, vilket inte känns orimligt, eftersom det hanteras stora mängder av ämnena på många olika hanteringsplatser. Sannolikheten för en olycka med toluen, hexan och acetonitril antas vara 1 gång på 100-1000 år för vart och ett. Dessa ämnen är inte lika vanliga som de just nämnda. Dock finns de i relativt stor mängd ändå och hanteras på många ställen. Sannolikheten torde vara något mindre än för aceton, etanol och metanol. Etylacetat, propanol, petroleumeter och dietyleter har respektive givits sannolikheten 1, vilket innebär att det förväntas hända en olycka med dessa ämnen mindre än 1 gång på 1000 år. Sannolikheten antas mindre än för de andra, eftersom det finns mindre mängd och de hanteras på färre ställen.



Figur 8.2 Riskmatris för brandfarliga vätskor.

8.4.2 Resultat brandfarliga gaser

Tabell 8.3 resulterar i en riskmatris som återfinns i figur 8.3, där punkterna till koordinaterna enligt tabellen representerar mer än ett ämne. Scenariot är en explosion i en typbrandcell, till följd av antändning av en brännbar blandning av gas/luft.

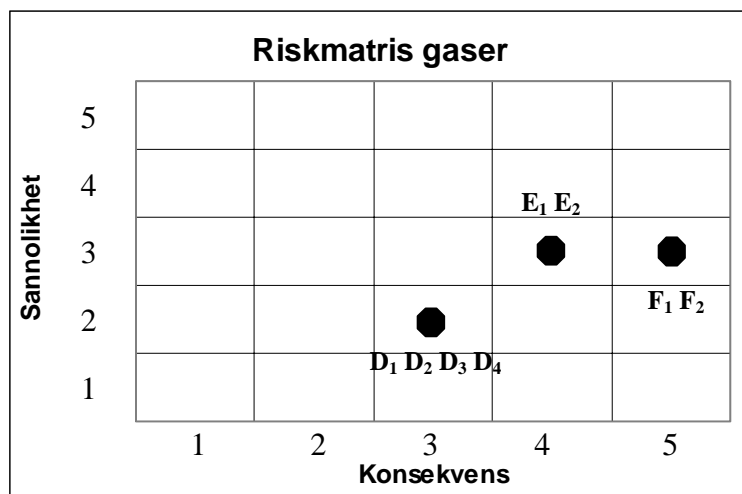
Tabell 8.3 Bedömning av de vanligaste brandfarliga gaserna.

Ämne	Konsekvens	Sannolikhet	Koordinat
Vätgas	5	3	F ₁
Acetylen	5	3	F ₂
Metan	4	3	E ₁
Propan	4	3	E ₂
Kolmonoxid	3	2	D ₁
Butan	3	2	D ₂
Eten	3	2	D ₃
Etenoxid	3	2	D ₄

En olycka med vätgas förväntas få så allvarliga konsekvenser att flera omkommer av explosionen och flera, förmodligen ett 10-tal, blir svårt skadade. Detsamma gäller för acetylen. För metan och propan antas dock att endast enstaka omkommer och att flera blir svårt skadade. För kolmonoxid, butan, eten och etenoxid antas att enstaka blir svårt skadade och att svåra obehag uppkommer. Det beror på att det är små enheter, med mindre konsekvenser.

Även om gaserna med värdet 3 som konsekvens skulle kunna bedömas motsvara värdet 4, ger vätgas och acetylen allvarligare konsekvenser och är intressantast att studera vidare.

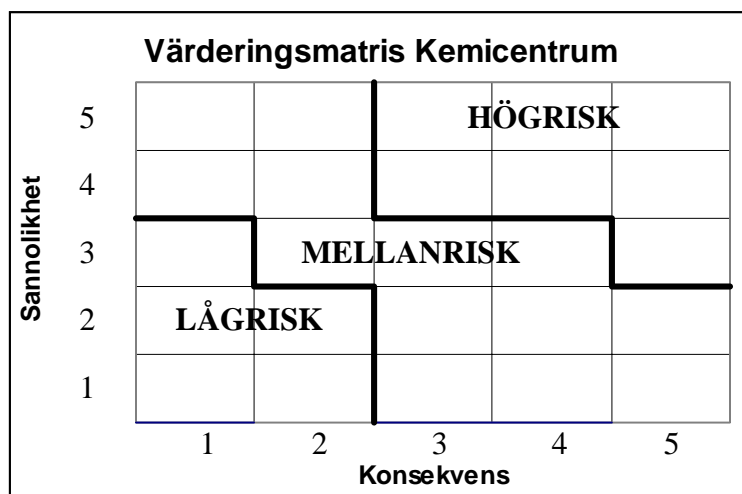
Vissa gaser får betydligt allvarligare konsekvenser om de betraktas ur en annan synvinkel än brand, till exempel giftighet. Detta görs inte i denna rapport.



Figur 8.3 Riskmatris för brandfarliga gaser.

8.4.3 Värdering

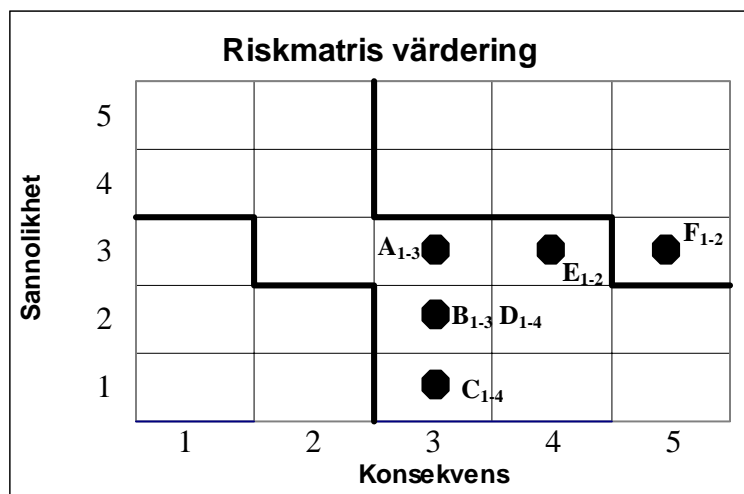
I samråd med Kemacentrum har en riskmatris (figur 8.4) framtagits där områden för högrisk, mellanrisk och lågrisk definierats. Denna matris används som värderingsunderlag.



Figur 8.4 Värderingsmatris Kemacentrum.

När de brandfarliga vätskorna och gaserna placeras i värderingsmatrisen (figur 8.5) visas att inga av de studerade ämnena kan lämnas utan vidare analys och åtgärder. De flesta ämnen hamnar inom ramen för mellanrisk utom vätgas (F₁) och acetylen (F₂), som befinner sig i högriskområdet.

Urval av representativa scenarier för ämnena sker i kapitel 9; Val av scenarier för detaljerad riskanalys.



Figur 8.5 Riskvärdering.

8.5 Alternativ bedömning

8.5.1 Resultat brandfarlig vätska

Bedömningen resulterar i tabell 8.4. Se vidare figur 8.6.

Tabell 8.4 Alternativ bedömning av de vanligaste brandfarliga vätskorna.

Ämne	Konsekvens	Logistik	Förekomst
Aceton	3	3	5
Etanol	3	3	5
Metanol	3	3	5
Toluen	3	3	4
Hexan	3	3	4
Acetonitril	3	3	4
Etylacetat	3	3	3
Propanol	3	3	3
Petroleometer	3	3	3
Dietyleter	3	3	2

Konsekvenserna är samma som i sannolikhet-konsekvensmatrisen, se kapitel 8.4. Bedömningen av logistiken blir här densamma för samtliga ämnen. Detta grundar sig på att vaktmästarna bär ut förpackningarna med ämnena på samma sätt och att förpackningarna är relativt bra utformade. På grund av de faktorer som redovisas i tidigare kapitel, till exempel ojämna, hårda golv, stängda dörrar utan dörröppnare, en inte helt tillfredsställande nedtransport till avfallsstationen och så vidare, erhåller samtliga ämnen en trea för logistikparametern. I detta vägs även MTO-faktorer in.

8.5.2 Resultat brandfarlig gas

Bedömningen resulterar i tabell 8.5. Se vidare figur 8.6.

Tabell 8.5 Alternativ bedömning av de vanligaste brandfarliga gaserna.

Ämne	Konsekvens	Logistik	Förekomst
Vätgas	5	3	5
Acetylen	5	3	4
Metan	4	3	3
Propan	4	3	3
Kolmonoxid	3	3	3
Butan	3	3	2
Eten	3	3	2
Etenoxid	3	3	2
Etylen	3	3	2

8.5.3 Värdering

För att kunna åskådliggöra resultaten grafiskt i en tvådimensionell matris måste logistik och förekomst räknas samman. Detta görs genom att lägga ihop värdena från vardera delen och sedan dela med två. Att logistikdelen anses vara av lika stor betydelse som förekomsten motiveras genom resultat som framkommit under kapitel 5 och 6 (kemikalielogistik och MTO-begreppet). Resultatet redovisas i tabell 8.6 och 8.7.

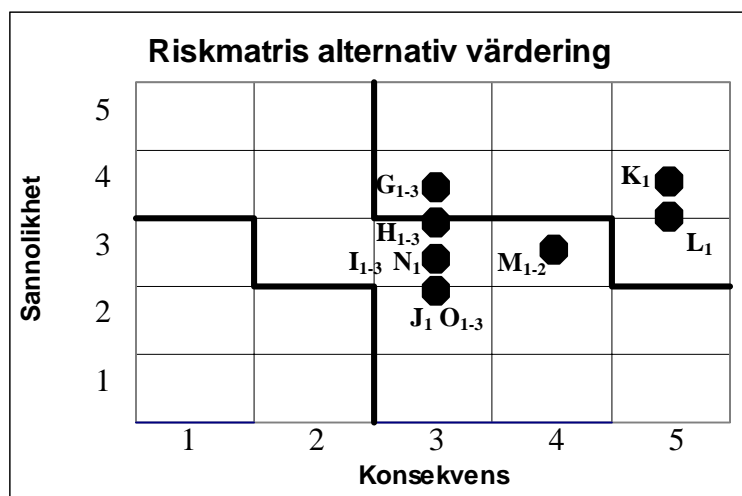
Tabell 8.6 Alternativ bedömning av de brandfarliga vätskorna, sammanvägd till två parametrar.

Ämne	Konsekvens	Alternativ sannolikhet	Koordinat
Aceton	3	4	G ₁
Etanol	3	4	G ₂
Metanol	3	4	G ₃
Toluen	3	3,5	H ₁
Hexan	3	3,5	H ₂
Acetonitril	3	3,5	H ₃
Etylacetat	3	3	I ₁
Propanol	3	3	I ₂
Petroleumeter	3	3	I ₃
Dietyleter	3	2,5	J ₁

Tabell 8.7 Alternativ bedömning av de brandfarliga gaserna, sammanvägd till två parametrar.

Ämne	Konsekvens	Alternativ sannolikhet	Koordinat
Vätgas	5	4	K ₁
Acetylen	5	3,5	L ₁
Metan	4	3	M ₁
Propan	4	3	M ₂
Kolmonoxid	3	3	N ₁
Butan	3	2,5	O ₁
Eten	3	2,5	O ₂
Etenoxid	3	2,5	O ₃

Samma värderingsunderlag som i kapitel 8.4.3 används. En olycka med aceton (G_1), etanol (G_2), metanol (G_3), toluen (H_1) hexan (H_2), acetonitril (H_3), vätgas (K_1) eller acetylen (L_1) utgör en högrisk. Övriga ämnen hamnar i mellanriskområdet. Det betyder att inget av ämnena kan lämnas utan vidare analys.



Figur 8.6 Riskvärdering av alternativ bedömning.

8.6 Diskussion

Vid jämförelse med den första matrisen visar det sig att sannolikheten överlag har blivit högre. I sannolikheten har i den alternativa matrisen logistik- och MTO-aspekter lyfts fram. När dessa aspekter lyfts fram och får en roll i riskbedömningen, påverkas risken. I detta fall bedöms risken som större. Om rutinerna för logistik- och MTO-aspekterna varit bättre utformade, skulle den alternativa bedömningen medfört en mindre risk.

Oavsett bedömningssätt visar matriserna att de för grovanalysen valda ämnena kräver en fortsatt analys.

Sannolikheten/den alternativa sannolikheten grundar sig i olika utsträckning på faktorerna antal hanteringsplatser, volym och logistik/MTO-aspekter. Valda för grovanalysen är just de ämnena som har störst antal hanteringsplatser och finns i störst volym. Logistik/MTO-aspekter skiljer sig inte nämnvärt mellan de olika ämnena. Således kan inte den parametern bidra till en större risk bland de ämnen som inte valts för grovanalys.

Inte heller konsekvenserna anses kunna vara värre bland de icke-utvalda ämnena. De analyserade vätskorna är samtliga klass 1-vätskor, som genererar den högsta risken. De valda gaserna anses också vara de som ger värst konsekvens.

Med detta som grund anses grovanalysen ha studerat och analyserat de ämnen som innebär störst risk vid en olycka. De ämnen som inte har tagits upp i grovanalysen, men som finns på Kemacentrum, anses inte kunna medföra större risker än de här studerade.

8.7 Referenser

- [8.1] ”Tekniska riskanalysmetoder 3”. Kemikontoret, Stockholm, 2001.
- [8.2] ”Sprängämnesinspektionens föreskrifter om klassificering av brandfarliga gaser och vätskor”. SÄIFS 1998:3. Stockholm, 1998.
- [8.3] ”Sprängämnesinspektionens vägledande förteckning över brandfarliga gaser och vätskor”. SÄIFS 1998:6. Stockholm, 1998.

9 Val av scenarier för detaljerad riskanalys

9.1 Syfte och metod

Syftet med detta kapitel var att finna scenarion, som är representativa för riskbilden och speglar de händelser som skulle innebära de största riskerna för Kemicentrum. Scenarierna studeras i den detaljerade analysen i efterföljande kapitel.

Mot bakgrund av kunskap inhämtade i tidigare moment, som redovisats i tidigare kapitel, väljs scenario som är tänkta att representera riskbilden på Kemicentrum. Det innebär inte bara att representativa ämnen och volymer väljs, utan också lämpliga platser för scenarierna. Olika platserna väljs för att få en uppfattning om hur platsen påverkar konsekvenserna.

De kapitel, som ligger till grund för val av scenarier, redogörs för i det följande. Grovanalysen och inventeringen ligger till grund för val av ämnen som studeras närmare i scenarierna. Objektsbeskrivningen, inventeringen, kemikalielogistiken och MTO-begreppet låg till grund för placeringen av scenarierna. Den djupare analysen, som startar i detta kapitel och fortsätter i de efterföljande, utförs som en nivå 2-analys enligt Paté-Cornell [9.1]. Därför väljs scenarierna som uppfyller kraven på värsta, troliga scenarier. För kortfattad beskrivning av en nivå 2-analys, se kapitel 1.4.1 Steg 1.

9.2 Objektsbeskrivning

Kunskapen om lokalerna visar att det finns studenttäta områden och områden med i allmänhet färre personer. Scenarierna bör placeras där det vanligen vistas en större mängd personer för att erhålla värsta, troliga scenario. Eftersom undervisningen sker på högskolan, som har ledigt under sommaren, är persontätheten mindre då, i alla fall i de annars studenttäta områdena. Under sommaren kan också semesterledighet minska persontätheten. Efter klockan fem på eftermiddagen och fram till nästföljande vardag klockan åtta är persontätheten mindre och under en viss tid i det närmaste obefintlig.

Det finns olika sorters rum; laborationssalar, kontor, korridorer och lektionssalar. Där vistas skilda typer av människor och det bedrivs varierande verksamheter.

Lämpliga förutsättningar för de detaljerade scenarierna blir följande:

- Mellan klockan åtta och fem på dagen
- Under terminstid
- På persontäta områden, till exempel lektionssal, korridor och laborationssal

9.3 Inventering

De ämnen som hanteras i störst mängd och på flest ställen är följande:

- etanol (vätska)
- aceton (vätska)
- metanol (vätska)
- vätgas (gas)
- acetylen (gas)

Stora mängder kemikalier hanteras och förvaras vid lösningsmedelsförrådet vid godsmottagningen.

9.4 Kemikalielogistik

Störst risk för en olycka inom området kemikalielogistik bedöms vara vid trösklar, på ojämna och hårda golv samt vid icke-uppställda dörrar och dörrar utan dörröppnare.

Av de vagnar som finns på godsmottagningen idag är det de med hjul av plast och utan sidoräcken är de vagnar av dem, som är mest sannolika att ge upphov till en olycka.

Logistikstudien ger vidare att hissen kan vara en känslig punkt, liksom när de använda kemikalierna transporteras ned av avdelningarnas personal till avfallsstationen vid godsmottagningen.

Lämpliga situationer/platser för val av scenarier blir följande:

- Vid trösklar
- På ojämna och hårda golv
- Vid ej uppställda dörrar eller dörrar utan dörröppnare
- Med vagnar med plasthjul utan sidoräcken
- Vid hissen
- Vid nedtransport till avfallsstation

9.5 Människa-teknik-organisation

Där tunga lyft sker kan personal tappa godset och en olycka kan ske. Likaså kan varor tappas vid fallolyckor. Vaktmästarnas hantering sker ofta med emballerade varor till skillnad från hanteringen inom och från avdelningarna, där varorna är mer oskyddade.

MTO-kunskapen visar att en olycka skulle kunna inträffa vid laboriearbetet, där kemikalierna hanteras öppet. Arbetstempot på avdelningarna bidrar också till att risken för olycka ökar, på grund av stress. Även vägen till och från laborationssalarna och andra tillfällen när kemikalierna inte är säkert emballerade innebär en större risk. Exempelvis är återtransporten av använda kemikalier en olyckspotential.

De anställda forskarna och lärarna kan antas ha bättre förutsättningar än studenterna att agera korrekt vid en olycka för att begränsa konsekvenserna.

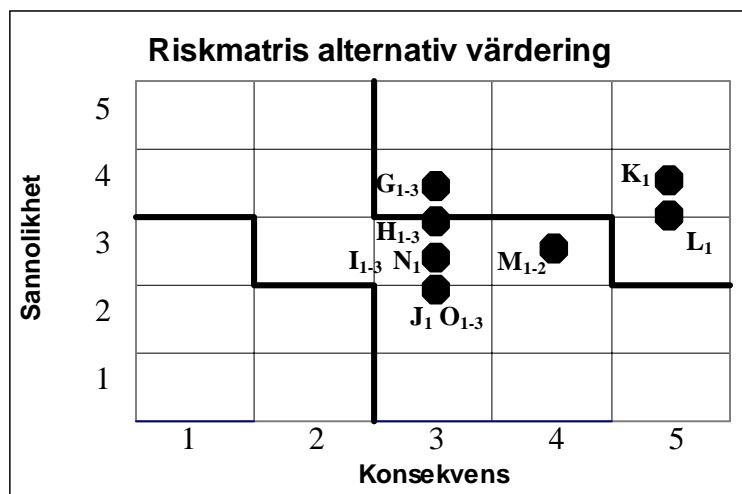
Stora mängder hanteras vid avfallsstationen, när avdelningarna fördelar sina förbrukade lösningsmedel i detta förråd. Även på de mindre kemikalieförråden ute på avdelningarna finns större mängder brandfarliga vara.

Lämpliga förutsättningar för scenarierna blir följande:

- Där tunga lyft sker
- Där fallolyckor kan ske
- På laboratorier
- Till och från laboratorier
- Där studenter hanterar kemikalier
- Vid avfallsstationen
- Vid kemikalieförråd

9.6 Grovanalys

Två sorters bedömningar av riskerna görs av de valda ämnena. Den alternativa bedömningen som redovisas i kapitel 8.5 väger bättre in logistik och MTO-aspekter och det är denna metod som tas hänsyn till här. De gav relativt lika resultat. Bedömningen redovisas i figur 9.1 och är identisk med figur 8.6. För detaljerad tolkning av denna, se kapitel 8.5.3.



Figur 9.1 Riskvärdering av alternativ bedömning.

De ämnen som finns med i grovanalysen kan antas representera riskbilden på Kemicentrum. Som ses i figur 9.1 krävs en fortsatt analys av samtliga ämnen som valts att ingå i grovanalysen. De fem koordinaterna G₁₋₃, H₁₋₃, K₁, L₁ och M₁₋₂ som innebär de största riskerna enligt figur 8.1 motsvarar följande:

G ₁₋₃	Aceton, etanol, metanol.
H ₁₋₃	Toluen, hexan, acetonitril
K ₁	Vätgas
L ₁	Acetylen
M ₁₋₂	Metan, propan

9.7 Scenarier

Med hänsyn till så mycket som möjligt av det som tidigare har nämnts i detta kapitel väljs följande scenarier. Aceton anses som representativt för de brandfarliga vätskorna. Studierna av effekterna vid olyckan begränsas till att omfatta den brandcell, där olyckan inträffar.

Mängder lämpliga för scenarier är 10 liter (mängd som får förvaras öppet i laborationssalar enligt PM från Srängämnesinspektionen [9.2] samt en mängd som kan tänkas transporteras). För att undersöka konsekvenserna med scenarier med 10 liter startar analysen med att studera dessa. Först studeras aceton och därefter etanol. Beroende på utgången av dessa, väljs att studera antingen större eller mindre mängder, enligt följande resonemang:

1. Om icke acceptabla konsekvenser fås för 10 liter, väljs mindre mängder, tills en acceptabel konsekvens fås. Detta görs för att ringa in den mängd, som kan tillåtas användas på laboratorierna, om inte 10 liter är rimligt.

2. Om acceptabla konsekvenser fås för 10 liter, studeras konsekvensen av scenarier med olycka med större mängder, tills att den största mängd kan ringas in, som maximalt bör få hanteras på laboratorier.

Flaskorna med den brandfarliga vätskan antas vid olyckstillfället vara oemballerade, vilket innebär att de går sönder när de tappas. Flaskorna är ofta oemballerade vid nedtransport till avfallsstationen. Vätskan läcker ut och antänds omedelbart. Dock skulle antändningen kunna vara fördröjd och resultera i en explosion. Konsekvensen av en fördröjd explosion antas vara identisk med konsekvenserna av ett scenario med brandfarlig gas.

Mängden gas är taget från inventeringen. Ett scenario med vätgas antas representativt för de brandfarliga gaser, som hanteras. Även om det finns stora volymer acetylen, har vätgas valts för vidare analys. Vätgasen är mer reaktionsbenägen än acetylen och i övrigt bedöms de båda gaserna vara likvärdiga med avseende på konsekvenserna vid brand. Förvaringsvolymen 50 liter väljs. Denna volym är en vanlig förvaringsvolym enligt inventeringen.

Scenarierna är följande:

- 1A. Aceton 10 liter, plan 0 hus 1 (omedelbar antändning)
- 2A. Etanol 10 liter, plan 0 hus 1 (omedelbar antändning)

- 1B. Aceton 10 liter, plan 2 hus 4 (omedelbar antändning)
- 2B. Etanol 10 liter, plan 2 hus 4 (omedelbar antändning)

- 3. Aceton vidare analys enligt ovan beroende på resultat från 1A och 1B

- 4. Vätgas 50 liter, lagringstryck 200 bar

Scenarierna beskrivs utförligare i efterföljande kapitel, som utgör den detaljerade riskanalysen. Först genomförs en konsekvensanalys och sedan en sannolikhetsanalys. Dessa båda vägs därefter samman till ett riskmått som diskuteras och värderas.

9.8 Referenser

- [9.1] Paté-Cornell E. "Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment", Department of industrial engineering and engineering management, Stanford university, 1994. Vol 54, 996, pp 95-111.
- [9.2] "Brandfarliga varor på laboratorium". PM från Sprängämnesinspektionen, Stockholm, 2000.

10 Detaljerad konsekvensanalys - Vätska

10.1 Syfte och metod

Syftet med den detaljerade konsekvensanalysen är att studera riskbilden genom att analysera konsekvenserna som kan uppkomma vid valda scenarier.

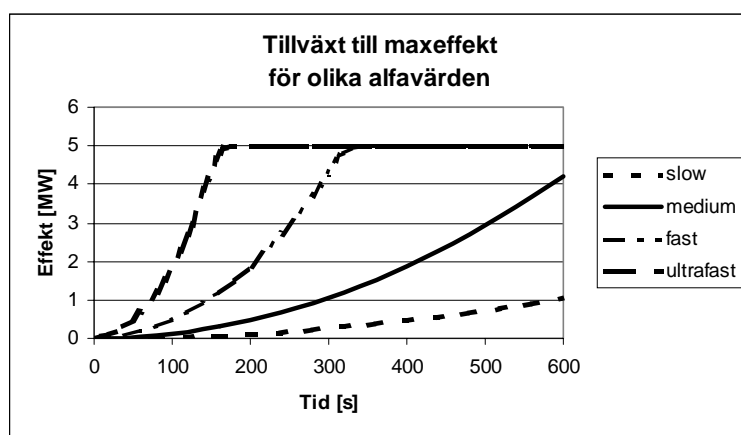
Scenariernas konsekvens bedöms genom att studera dels brand genom datorsimuleringar i FAST 3.1.6, dels evakuering i datorprogrammet Simulex. Explosionsförlopp studeras med handberäkningar. Samtliga indata kan fås i elektroniskt format på begäran, men lämpliga delar redovisas här och i bilaga E och F.

Först simuleras brandförloppet i FAST och en tid till kritiska förhållande erhålls. Sedan simuleras evakueringen i Simulex och en tid för denna erhålls. Därefter tas skillnaden mellan dessa båda tider. Den tid fås, som varseblivning samt reaktion och beslut får ta, för att samtliga skall hinna utrymma säkert. Därefter förs en diskussion om denna tid är tillräcklig eller ej, mot bakgrund av de tider, som antas för varseblivning samt reaktion och beslut. Om inte tiden anses tillräcklig, blir konsekvensen av scenariot att minst 1 person är kvar vid kritiska förhållanden. Det anses här ointressant hur många som är kvar eftersom det inte accepteras att någon finns kvar, enligt diskussion med Kemicentrum.

De värden, som fås från simuleringarna, är inte att anse som sanning eller som exakta värden. De fungerar som riktvärden och ligger till grund för diskussioner i den fortsatta analysen.

10.2 Brandförlopp

Bränder utvecklas inledningsvis accelererande. Ett sätt att beskriva den accelererande utvecklingen är att anta att effekten ökar med tiden i kvadrat. Detta är en vanlig approximation. Genom att multiplicera tiden i kvadrat med en varierande faktor alfa, kan olika tillväxthastigheter simuleras, se figur 10.1. För scenarierna med aceton och etanol väljs en tillväxt med alfavärdet ultrafast [10.1]. Det anses vara rimligt för aceton och etanol, som inte producerar särskilt stora mängder sot. Små mängder sot medför mindre återstrålning till brandhärden (vätskepoelen) än för ämnen som sotar mer (till exempel bensin). Därmed tar det längre för en aceton- eller etanolbrand att nå maxeffekt än för till exempel bensin.



Figur 10.1 Tillväxtkurvor vid olika alfavärden.

De matematiska formlerna bakom FAST förutsätter att brandgaser sprids momentant över hela rummet, där branden simuleras. I verkligheten sprids brandgaserna i takhöjd med en hastighet av 1-2 m/s [10.1]. För att få en mer korrekt simulering av ett brandförlopp delas långa rum (korridorer) upp i mindre rum med stora öppningar emellan.

FAST är en tvåzonsmodell, vilket betyder att ett brandrum delas in i två delar; en övre del med varma brandgaser och en undre del med luft. För ytterligare beskrivning av beräkningsprogrammet och tvåzonsmodellen hänvisas till användarmanual till FAST [10.2].

I varje scenario med brandfarlig vätska väljs för simuleringarna i FAST ett brandförlopp, som kan anses rimligt. För underlag för dessa dimensionerande bränder, se bilaga F.

10.3 Kritiska förhållanden

Simuleringarna i FAST ger tid till kritiska förhållanden. Med kritiska förhållande menas det av följande förhållanden som uppkommer tidigast efter det att branden har startat:

10.3.1 Kritisk strålningsnivå

Kritisk strålningsnivå är den kortvariga värmestrålning på 10 kW/m^2 [10.3] som personerna vid branden utsätts för. Långvarig strålning är inte aktuell här, då tiderna är för korta.

10.3.2 Kritisk temperatur

Den temperatur i undre volymslagret som personer under utrymning maximalt får utsättas för, vanligen 80°C [10.3] kallas kritisk temperatur.

10.3.3 Kritisk höjd

Med kritisk höjd menas den höjd i rummet mätt från golvet, som brandgaslagret inte får sjunka under, för att utrymning skall kunna anses ske säkert. Den kritiska höjden brukar vanligen sättas till $1,6 + 0,1 \cdot \text{rumshöjden}$ [10.3]. Tiden för kritisk höjd brukar vara intressant att studera, eftersom siktförhållandena i "huvudhöjd" då anses vara för dåliga för att utrymning ska kunna ske betryggande.

I fallet med alkohol- och lösningsmedelsbränder produceras initialt inga stora mängder sot. Detta betyder att den kritiska höjden på brandgaslagret inte i sig behöver innebära en fara. Brandgaslagret kan befinna sig i huvudhöjd, utan att sikten är otillräcklig. Det anses farligt om sikten överstiger värdet 1 ob, det vill säga 10 meters sikt [10.3] eller om temperaturen är över 80°C i övre brandgaslagret, enligt kriterier för kritisk temperatur i undre brandgaslagret.

10.3.4 Övergripande förenklingar

I scenarierna studeras platsen där olyckan inträffar och dess närmaste omgivning, det vill säga förhållandena i eventuellt händelserum och i korridor fram till närmaste utrymningsvägar. Detta motsvarar framtida brandcellsindelning. Det är korridoren som är den känsliga punkten i utrymningen, eftersom det är här som samtliga måste passera på väg ut och där personer är kvar längst. Därför är det tid för kritiska förhållanden i korridoren, som blir dimensionerande. Om kritiska förhållanden uppstår tidigare i ett annat rum där personantalet är relativt litet, antas personerna ha hunnit utrymma från rummet.

För att ta hänsyn till övriga rum i brandcellen ersätts dessa med ett enda stort rum som benämns rökmagasin med motsvarande storlek på öppning mot korridor. Detta anses ta emot så mycket rök som övriga rum förväntas göra tillsammans. Resultat från rökmagasinet redovisas inte, men finns att få på begäran.

10.4 Utrymning

Utrymningen antas bestå av följande tre delar [10.3]:

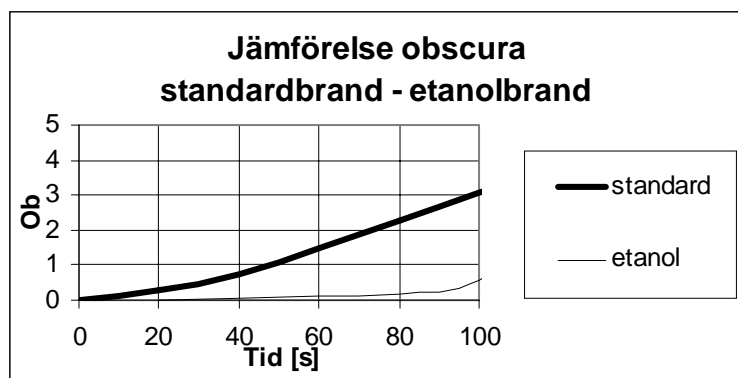
- Varseblivning
- Reaktion och beslut
- Evakuering

När tider för respektive delar antas är det viktigt att veta att dessa är ungefärliga tider. Det tar olika lång tid för personer att utrymma och de tider som används nedan representerar de som är långsammast, men inom en rimlig tid.

10.4.1 Varseblivningstid samt tid för reaktion och beslut

Kem centrum är idag utrustat med brandlarm med optiska rökdetektorer i korridorer och trapphus. I framtiden kommer larmet att utökas till att även gälla laborationssalar och andra utrymmen, där verksamhet med brandfarlig vara finns. Varseblivningstiden är bland annat beroende av hur nära branden detektorn är placerad. För byggnader med automatiskt brandlarm varierar schablonvärden för varseblivning mellan 90-120 s [10.3].

Vid alkohol- och lösningsmedelsbränder är förbränningseffektiviteten mycket hög och väldigt lite sot produceras [10.1]. För att de typerna av rökdetektorer som finns på Kem centrum skall detektera krävs att branden producerar en viss mängd sot. Det betyder att det måste börja brinna i annat material, som avger sot, innan en rökdetektor kan larma. En analys visar att sotproduktionen för en etanolbrand inte kan anses tillräcklig i initialläget för att utlösa en rökdetektor, se bilaga G. I figur 10.2 visas resultatet från simuleringarna i FAST, där sikttnedsättningen till följd av en "standardbrand" respektive till följd av en etanolbrand jämförs. Med standardbrand menas här en brand med förvalda värden i FAST, se användarmanualen [10.2]. Geometrin för brandrummet och andra förutsättningar har valts representativt och är identiskt med scenario 1A nedan.



Figur 10.2 Jämförelse mellan sikttnedsättning på grund av sotproduktion från två sorters bränder.

Således antas i scenarierna med aceton och etanol att personerna kommer att bli varse branden genom att någon person varnar tidigare än att rökdetektorn löser och aktiverar utrymningslarmet.

Det är osäkert hur lång tid det tar innan samtliga personer har blivit varse att det brinner. Hur lång tid det tar innan en person blir medveten om branden, beror på hur nära personerna är branden och hur den som först upptäcker branden beter sig. Olyckorna antas ske i samband med hantering eller transport, vilket betyder att minst en person är i direkt kontakt med utsläppet och branden, som således upptäcks med detsamma. Denna person förväntas göra resterande personer i brandcellen uppmärksamma på branden. Om denna person skulle omkomma eller omedelbart utrymma antas detta medföra att någon annan person uppfattar vad som händer och tar över rollen att varna andra personer i brandcellen.

Varseblivningstiden är 0 s för den person/de personer, som är på plats vid olyckan. Antagandet görs att resterande personer i brandcellen är varnade efter cirka 45 s, vilket blir den dimensionerande tiden för varseblivningen. Till grund för detta ligger en bedömning av hur lång tid det kan ta att gå runt och varna samtliga personer.

Vissa personer i brandcellen kommer att se och känna värme, brandgaser eller flammor från branden. Detta medför en tid för reaktion och beslut på 50 s, enligt en undersökning som redovisas av Frantzich [10.4]. Personerna, som blir varnade av andra men inte själva ser branden, har en reaktions- och beslutstid på cirka 100 s [10.4]. Detta låter som en väldigt lång tid. Antagandet görs att det tar cirka 30 s att bestämma sig för att evakuera, från det att någon person kommer in och meddelar att det brinner alternativt att personerna känner eller ser värme, brandgaser eller flammor. Förmodligen är personalen på Kemicentrum väl medvetna om riskerna med kemikalierna och förväntas ta ett sådant besked på större allvar än personal på ett annat objekt utan kemikaliehantering. Dessutom är brandförloppet i vätskescenarierna mycket snabbt.

Sammanlagd tid för varseblivning samt reaktion och beslut blir således $45 + 30 \text{ s} = 75 \text{ s}$. Detta är att betrakta som en representativ tid för samtliga scenarier.

Val av tider och tidernas påverkan på konsekvenserna diskuteras i samband med varje scenario.

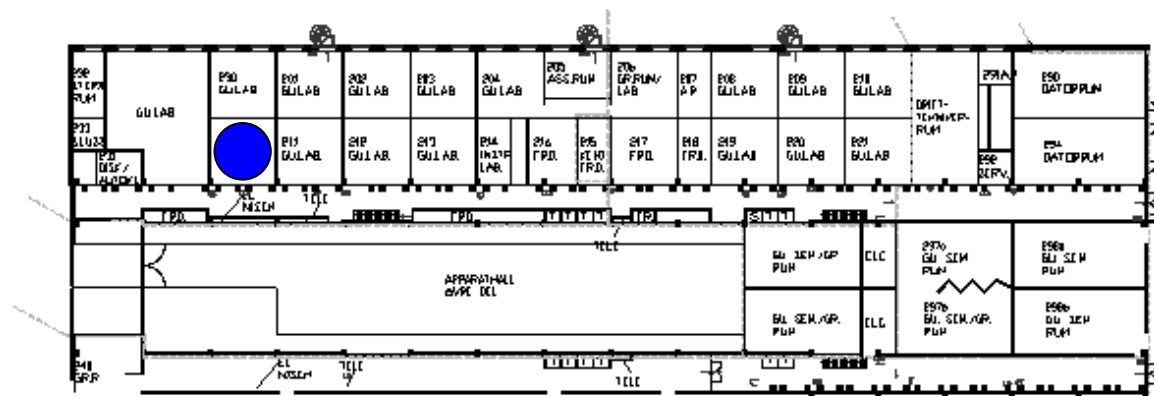
10.4.2 Tid för evakuering

Denna tid skiljer sig åt för de olika scenarierna. Tider för evakuering simuleras i datorprogrammet Simulex. Med evakuering menas endast själva förflyttningen av personerna.

10.5 Scenario 1A: Aceton 10 liter, plan 0 hus 1 (omedelbar antändning)

10.5.1 Förutsättningar

Scenario 1A placeras i en laborationssal, som tillhör grundutbildningen inom LTH på plan 0 i hus 1. Här handhas kemikalierna i laboratoriemiljö i vissa fall dagligen. Många studenter finns här och gör laborationerna i undervisningssyfte. Se figur 10.3 för detaljerad placering. Antändningen av ångorna ovanför vätskeytan antas ske omedelbart då blandningen blivit brännbar.



Figur 10.3 Placering av scenario 1A i laborationssal på plan 0 hus 1 (omedelbar antändning).

10.5.2 Resultat

Kritiska förhållanden uppstår efter 96 s. Tiden för utrymning är 105 s. Således kommer personer att finnas kvar i lokalerna, då kritiska förhållanden uppstår och kan inte utrymma betryggande. För beräkningar se bilaga F.

Från grovanalysen hämtas sannolikheten 1 gång på 1-10 år.

10.6 Scenario 2A: Etanol 10 liter, plan 0 hus 1 (omedelbar antändning)

10.6.1 Förutsättningar

Scenario 2A placeras på samma ställe som scenario 1A. Samtliga förutsättningar är samma förutom att en 10 liters etanolbrand används istället för aceton för att studera inverkan av bränslet.

10.6.2 Resultat

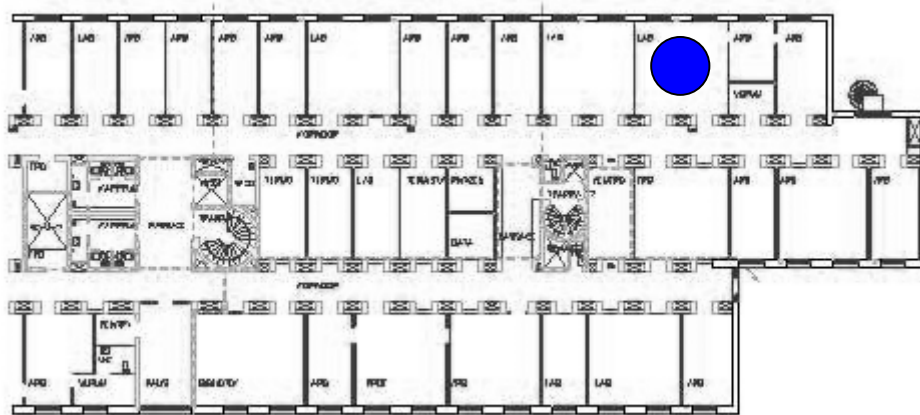
Kritiska förhållanden uppstår efter 168 s. Tiden för utrymning är 105 s. Således kan personer enligt gjorda antagande utföra en säker utrymning. För beräkningar se bilaga F.

Från grovanalysen hämtas sannolikheten 1 gång på 1-10 år.

10.7 Scenario 1B: Aceton 10 liter, plan 2 hus 4 (omedelbar antändning)

10.7.1 Förutsättningar

Scenariot placeras på avdelningen för Fysikalisk kemi 1 och finns i hus 4 på plan 2. Öppen hantering av ämnet sker i samband med laborativ verksamhet, där forskare antas befinna sig. För placering, se figur 10.4.



Figur 10.4 Placering av scenario 1B i laborationssal på plan 2 hus 4 (omedelbar antändning).

10.7.2 Resultat

Kritiska förhållanden uppstår efter 70 s. Tiden för utrymning är 92 s. Således kommer personer att finnas kvar i lokalerna, då kritiska förhållanden uppstår och kan inte utrymma betryggande. För beräkningar se bilaga F.

Från grovanalysen hämtas sannolikheten 1 gång på 1-10 år.

10.8 Scenario 2B: Etanol 10 liter, plan 2 hus 4 (omedelbar antändning)

10.8.1 Förutsättningar

Scenario 2B placeras på samma ställe som scenario 1B. Samtliga förutsättningar är samma förutom att en 10 liters etanolbrand används istället för aceton för att studera inverkan av bränslet.

10.8.2 Resultat

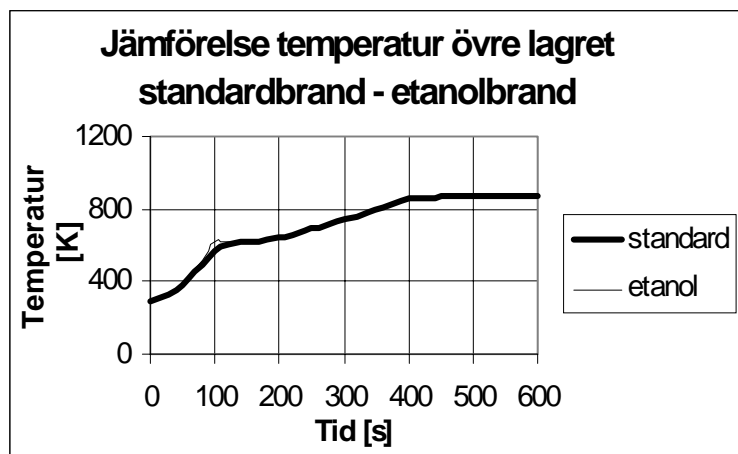
Kritiska förhållanden uppstår tidigast i rum 1 (brandrummet) efter 20 s. Personerna i detta rum antas påbörja evakueringen direkt och antas ha hunnit ut i korridoren vid denna tid. Korridoren är det dimensionerande rummet och kritiska förhållanden uppstår efter 70 s. Tiden för utrymning är 92 s. Detta är samma resultat som för acetonbranden i scenario 1B. Därför är även känslighetsanalysen och slutsatsen densamma. Personer kommer att finnas kvar i lokalerna, då kritiska förhållanden uppstår och kan inte utrymma betryggande. För beräkningar se bilaga F.

Från grovanalysen hämtas sannolikheten 1 gång på 1-10 år.

10.9 Diskussion

10.9.1 Scenario 1A och 2A

Skillnaden mellan scenario 1A och 2A är endast vilket ämne som brinner. Det visar sig att det har betydelse för resultatet. Upp till maxeffekten följer bränderna en ultrafast tillväxt och efter att maxeffekt har uppnåtts följer en tillväxt med alfavärdet fast. Etanolbränder övergår således tidigare till att följa en tillväxt enligt alfavärdet fast än acetonbränder.



Figur 10.5. Jämförelse mellan tidigt brandförlopp för de valda dimensionerande bränderna i scenario 1A och 2A.

Detta betyder att acetonbränder initialt utvecklas snabbare och således är det därför personer inte har lika lång tid på sig att utrymma. Utrymningen tar 105 s och hur brandförloppen ser ut fram till denna tid redovisas i figur 10.5. I scenario 2A hinner personerna utrymma, medan i scenario 1A är tiden otillräcklig och personer finns kvar vid kritiska förhållanden.

Om maxeffekterna hade varit samma för både aceton och etanol, skulle skillnaden ändå ha visat sig i form av att sikten fortare blir sämre i övre brandgaslagret för aceton. Aceton avger mer sot än etanol.

10.9.2 Scenario 1B och 2B

Skillnaden mellan scenario 1B och 2B är endast vilket ämne som brinner. Geometrin för dessa två scenarier är tillräckligt liten och tid till kritiska förhållanden tillräckligt kort för att bränslet inte skall hinna påverka resultatet.

10.9.3 Maxeffekt

Det som påverkar tiden till kritiska förhållanden för scenarierna är inte maxeffekten, utan tillväxthastigheten i början av brandförloppet. De 100 första sekunderna är viktigast, då utrymningen sker. Kritiska förhållanden uppnås runt denna tid, vilket bidrar till anse att hur effektutvecklingen är efter denna tid är av mindre betydelse för personsäkerheten.

Därför görs ingen känslighetsanalys av vilken effekt branden växer upp till innan den håller sig på en konstant nivå. Konsekvenserna på personsäkerheten för ett scenario med 50 liter aceton får mot bakgrund av ovanstående resonemang samma följder. Därför studeras inte detta scenario i detalj.

Att minska eller öka alfavärdet, som är ett mått på tillväxthastigheten, är inte motiverat. Brandfarliga vätskor i klass 1 kan anses följa en utveckling, som svarar mot ett ultrafast alfavärde [10.1].

10.9.4 Korridorsbrand

Om branden istället inträffar i korridoren utanför kontors- och laborationsrummen på avdelningarna kommer kritiska förhållanden att uppstå tidigare. Dessutom kommer branden med sin placering att hindra vissa personer från att kunna utrymma eller åtminstone försvåra en utrymning. Vid en acetonbrand i ett rum, vilket redovisas i scenario 1A och 1B, finns personer kvar vid kritisk tid. Således kommer resultatet att bli att personer finns kvar, även vid en korridorsbrand.

10.9.5 Värdering

Tre av fyra valda, representativa scenarier visar att hantering av 10 liter brandfarlig vätska kan resultera i en brand som medför icke acceptabla konsekvenser. Denna mängd anses inte vara lämplig att regelbundet hantera öppet.

10.10 Lämplig mängd

Den mängd som kan hanteras utan att icke acceptabla konsekvenser kan uppstå söks. Av de scenarier ovan är geometrin i scenario 1B och 2B den geometri, som ger kortast kritisk tid. Därför väljs denna som underlag för de simuleringar som görs för att finna lämplig mängd. Analysen visar maximal mängd aceton som öppet får förvaras är 2 liter, om personer skall hinna utrymma säkert.

10.11 Diskussion och förslag till förbättringar

Analysen visar att maximal mängd brandfarlig vätska som får hanteras är 2 liter, om personer skall hinna utrymma säkert. Enligt Kemikentrum hanteras deras lösningsmedel och alkoholer ofta i förpackningar med 1 liter eller 2,5 liter. Således rekommenderas användning av 1 litersförpackningarna.

Med tanke på vilka konsekvenser som kan uppstå är det viktigt att minimera sannolikheten för att en brand ska uppstå. Ventilationen från kemikalieförråden skall därför mynna utomhus. Då leds inte den brännbara blandningen runt i byggnaden. Dessutom blir också sannolikheten mindre för en fördröjd antändning av ångor från vätskan med gasexplosion som följd.

Ett annat system med detektorer i brandlarmet skulle kunna installeras, för att minska tiderna för utrymning. Framst är det varseblivningstiden som kan minskas. Förslagsvis kan ett system med multidetektorer användas. Multidetektorer reagerar på både värme och rök. Fördelen med detta system är att en tidig detektion fås av alkohol- och lösningsmedelsbränder, men också ”vanliga” bränder såsom brand i papperskorg.

Tiden för reaktion och beslut kan också förkortas genom att ett informativt, talat meddelande väljs som utrymningslarm istället för dagens larm med ringklocka. Utrymningsövningar och en väl fungerande utrymningsorganisation bidrar också till att minska denna fas.

Själva evakueringstiden kan vara svårare att minska. Det är viktigt att korridorerna och utrymningsvägarna är fria från hinder, inte bara ur utrymnings synpunkt, utan även ur brandsynpunkt. Eventuellt skulle fönsterutrymning kunna ske på markplan. I dagsläget är inte huvuddelen av fönsterna på markplan lämpliga för detta. För att öka möjligheterna att ta sig ut vid incidenter såsom brand, bör fönsterna i markplan utformas så att personer kan använda dessa för utrymning.

Förslagen sammanfattas i följande punklista:

- Hantering av lösningsmedel och alkoholer sker i 1 litersförpackningar
- Ventilationen från kemikalieförråden skall mynna utomhus
- Installation av multidetektorer installeras i delar av byggnaderna där brandfarlig verksamhet sker
- Informativt talat meddelande används som utrymningslarm
- Utrymningsövningar genomförs
- Väl fungerande brandskydds- och utrymningsorganisation utformas
- Korridorerna och utrymningsvägarna hålls fria från hinder
- Fönster i markplan utformas så att utrymning kan ske

10.12 Referenser

- [10.1] Karlsson B., Quintiere J. ”*Enclosure fire dynamics*”. Brandteknik, Lunds tekniska högskola, 1997.
- [10.2] Peacock R. et al, ”*User’s guide for FAST: Engineering tools for estimating fire growth and smoke transport*”. National institute of standards and technology, Gaithersburg, 2000.
- [10.3] ”*Brandskydd, Boverkets byggregler, teori & praktik*”. Brandskyddslaget, LTH-Brandteknik, Lund, 1994. ISBN 91-630-2875-1.
- [10.4] Frantzich H. ”*Tid för utrymning vid brand*”. Brandteknik, Lunds tekniska högskola, 2001. P21-365/01.

11 Detaljerad konsekvensanalys – Gas

11.1 Syfte och metod

Syftet med den detaljerade konsekvensanalysen är att studera riskbilden genom att analysera konsekvenserna som kan uppkomma vid olyckor med gas. Vätgas väljs att representera gaserna.

Först presenteras vätgas i korthet och de risker som finns i samband med hantering. Därefter analyseras händelser, som kan inträffa vid ett utsläpp av vätgas, för att få en bild av eventuella konsekvenser. Fokus sker på möjliga händelser och konsekvenser av dessa, inte på att detaljstudera speciella olyckor med handberäkningar.

De metoder och beräkningsformler som finns idag är framtagna för spridning från stora behållare utomhus. Därmed är dessa inte helt tillförlitliga och innebär stora osäkerheter. Istället för att använda dessa förs ett resonemang.

11.2 Vätgas

Vätgas är mycket lätt och kommer vid ett utsläpp inomhus att samlas i rummets övre del. Ett utsläpp sprider sig fort. Vätgasen innebär en stor brandfara, eftersom den har mycket lätt för att antändas. Antändningsenergin i luft är 0,02 mJ [11.1]. På grund av detta antänds ofta utsläpp direkt vid läckaget, eftersom friktionsenergin kan vara tillräcklig för antändning.

En blandning med luft och vätgas är brännbar om vätgasen utgör 4-75%, vilket kan jämföras med till exempel 2-9% för propan [11.2]. Detta innebär att ett utsläpp med vätgas har stor benägenhet att börja brinna oavsett blandningsförhållanden.

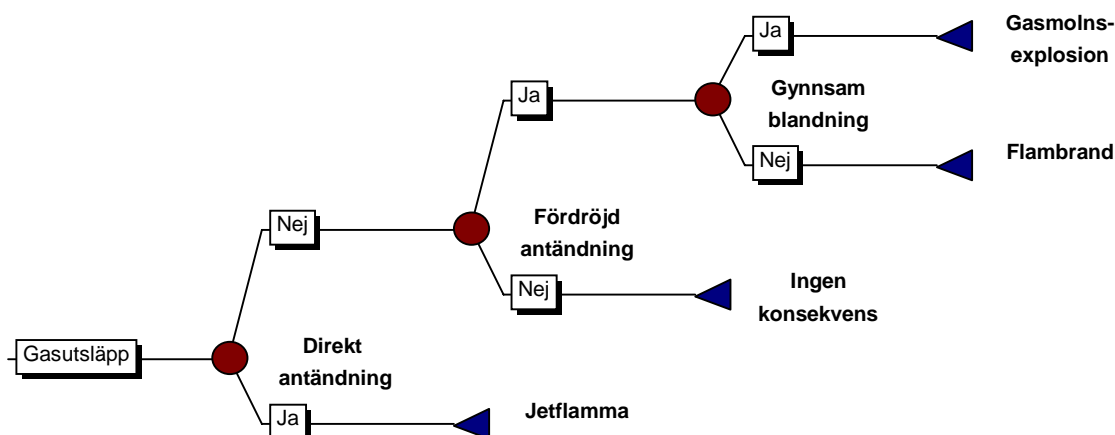
På grund av låg viskositet har vätgas en särskild förmåga att läcka, vilket innebär att det ställs högre krav på det material som gasen förvaras i.

Vätgas förvaras oftast i behållare under ett tryck av 200 bar. En övertrycksventil hindrar en sprängning av behållaren, genom att öppnas vid för stort övertryck.

Vätgas i sig är inte giftig, men däremot kan höga koncentrationer innebära att syret i luften trängs undan. Gasen kan på så sätt ge upphov till kvävning. Eftersom vätgas är både osynlig och luktfri är det omöjligt för en människa att upptäcka ett utsläpp utan hjälpmedel.

11.3 Händelseträd

En händelseträd visar möjliga händelser vid ett utsläpp av vätgas, se figur 11.1.



Figur 11.1 Händelseträd för olycka med vätgas.

Om utsläppet antänds direkt efter utströmning av gasen bildas en jetflamma, vilket innebär en eldstråle ut från läckageytan. Om inte utsläppet antänds direkt bildas ett moln, som snabbt kan uppnå brännbar blandning med luft. Om blandningen antänds i ett senare skede kan koncentrationen mellan luft och vätgas vara så gynnsam att en explosion sker. Detta kallas gasmolns-explosion. Om blandningen däremot inte är gynnsam, men dock brännbar, fås en flambrand. Förbränningen av gasen är då långsammare än vid en gasmolns-explosion. Antänds inte molnet alls, kommer vätgasen att blanda sig med luften i så stor utsträckning att den inte längre utgör en riskkälla.

Att yttre brandpåverkan värmer upp vätgasbehållaren och därmed gasen anses inte kunna resultera i en sprängning av behållaren, utan antagandet görs att övertrycksventilen på behållaren fungerar och avlastar trycket. Därvid fås ett utsläpp av gasen som bidrar till att branden ökar.

Sannolikheten för en olycka med vätgas bedöms 1 gång på 1-10 år, från grovanalysen.

11.4 Konsekvenser

Vid en jetflamma blir längden på flaman cirka 9 m. För beräkningar se bilaga H. Personer som direkt träffas av jetflaman får allvarliga brännskador. Det anses inte acceptabelt.

Enligt beräkningar angående brännbar koncentration se bilaga I, kan brännbara koncentrationer uppstå i korridorer vid vätgasutsläpp. Om koncentrationen som byggs upp är gynnsam så kan trycket som uppstår vid gasmolns-explosionen döda personer som är i omedelbar närhet till utsläppet och ge personer som befinner sig i korridoren trumhinneskador. Om koncentrationen är sådan att en flambrand uppstår är inte tryckupbyggnaden lika kraftig och konsekvenserna mindre.

11.5 Diskussion och förslag till åtgärder

Många andra brandfarliga gaser som till exempel acetylen har andra egenskaper vid en olycka men konsekvenserna av dessa egenskaper anses inte vara olika de för vätgas och studeras således inte specifikt.

För att minska konsekvenserna vid en olycka, då behållaren är placerad i en nisch i korridorväggen, kan en dörr stänga in denna nisch. Dörren kan uppta en del av trycket och hindra en jetflamma från att utbreda sig. Nischerna skall avskiljas i lägst brandteknisk klass EI 30.

Gaslarm skall installeras i nischer och där gasen ofta hanteras, för att upptäcka eventuella utsläpp så tidigt som möjligt.

Ventilering av gasförråden skall mynna utomhus för att minimera risken att en brännbar koncentration byggs upp.

Det är viktigt med underhåll och att se till att funktionsduglig utrustning används, för att undvika mindre utsläpp från till exempel slangar och kopplingar.

Förslagen kan sammanfattas i följande punktlista:

- Brandfarlig gas skall placeras i nischer i korridoren
- Nischerna skall avskiljas i brandteknisk klass EI 30
- Gaslarm skall installeras i nischerna
- Ventilering av nischerna skall mynna utomhus

11.6 Referenser

- [11.1] ”*The SFPE handbook of fire protection engineering*”. Society of fire protection engineers, National fire protection association, Massachusetts. Second edition, ISBN 0-87765-354-2.
- [11.2] Drysdale, D. ”*An introduction to fire dynamics*”. John Wiley & Sons Ltd, 1987.

12 Värdering av risk

12.1 Risk

Risikbegreppet utgörs av dels konsekvens, dels sannolikhet för en olycka.

12.1.1 Konsekvens

De detaljerade konsekvensanalyserna för vätska och gas visar att enligt gjorda antaganden finns personer kvar i lokalerna när kritiska förhållanden uppstår. De som är kvar vid kritisk tid anses inte kunna utrymma betryggande. Detta innebär inte att alla som är kvar omkommer. Vissa kanske lyckas ta sig ut i alla fall. Andra får allvarliga skador, även om de lyckas utrymma. Några kommer inte ut alls.

12.1.2 Sannolikhet

Från grovanalysen hämtas sannolikheten 1 gång på 1-10 år, som är samma i alla scenarier. Sannolikheten kan även uppskattas genom att använda tillgänglig statistik och på så sätt utföra beräkningar.

Branschstatistik för hur ofta det brinner finns bland annat för kemiska industrier och skolor. Om antagandet görs att Kemicentrums 49 000 m² klassas som ett mellanting av dessa båda kategorier, fås enligt beräkningar att sannolikheten för en allvarlig brand (spridning till annat utrymme än startutrymme) med brandfarlig vara inblandad är 0,02 gånger per år, det vill säga 1 gång på 50 år. Den beräknade sannolikheten visar sig vara lägre än den i grovanalysen uppskattade. En rimlig bedömning kan vara att sannolikheten ligger någonstans i intervallet 10-50 år. För beräkningar, se bilaga J.

12.2 Kriterier

Vad som är en "acceptabel" risk kan diskuteras bland annat med hjälp av acceptanskriterier. I dagsläget tillämpas av vissa konsultfirmor och länder kriterier som gäller antal döda per år uttryckt med individ- och samhällsrisk. I denna analys har konsekvensen uttryckts i form av tid till kritiska förhållanden jämfört med tid för utrymning. Det går inte att på ett rimligt sätt omvandla antal personer kvar till antal döda.

Vidare är individ- och samhällsriskskriterierna framtagna i samband med studier av industrier med stora mängder av samma ämnen på en och samma plats. På Kemicentrum finns visserligen stora mängder, men utspjutt på väldigt många ställen.

De ovan nämnda förslagen till kriterier bygger på att anläggningens riskkällor som studeras ses som punktkällor. Påverkan på samhället utanför, det vill säga skador på tredje man, omfattas av riskbedömningen. På Kemicentrum är det området i direkt anslutning till olyckan inomhus som är intressant och tredje man anses inte bli påverkad. Riskerna inomhus studeras.

Därför går det inte att använda de acceptanskriterierna för individ- och samhällsrisk som jämförelse. Således är det upp till verksamheten att besluta om risken är acceptabel eller om åtgärder måste göras för att minska risken. Dessutom är det viktigt att verksamheten följer kraven som återfinns i lagstiftningen.

12.3 Värdering

Vid diskussion med Kemicentrum fastställdes att det inte accepteras att några personer finns kvar vid kritiska förhållandena. Således accepterades inte den risk, som en olycka med brandfarlig vätska eller gas innebär.

Dessutom visar utredningen att säkerheten inte kan anses som betryggande, vilket den ska vara enligt lagstiftningen. Vissa av resterande krav i lagstiftningen anses inte heller som uppfyllda, se bilaga A Lagtext.

Risken värderas som för stor för att vara acceptabel. I följande kapitel ges förslag till förbättringar för att uppnå en tillfredsställande risknivå. Om åtgärderna genomförs anses nivån vara acceptabel och även att kraven i lagstiftningen är uppfyllda.

12.4 Slutdiskussion

Verksamheten anses innebära en alltför stor risk för att accepteras som den ser ut i dagslaget. I utredningen har det redovisats vilka moment som det finns möjlighet att förbättra. Förslagen till förbättringar redovisas i nästföljande kapitel. Om förbättringarna genomförs anses risknivån vara acceptabel och säkerheten betryggande.

Den avgörande faktorn för hur allvarliga konsekvenserna blir vid en brand är att brandförloppet är mycket snabbt. Kritiska förhållanden uppstår mycket fort och tiden som utrymningen maximalt får ta blir därför mycket kort. För att undvika detta händelseförlopp kan antingen åtgärder göras för att minska att olyckorna överhuvudtaget inträffar (det vill säga minska sannolikheten) eller så kan åtgärder sättas in för att öka möjligheterna att, givet en brand, ändå säkerställa personsäkerheten (det vill säga minska konsekvensen).

Utbildning och övning, till exempel av utrymning, är mycket viktigt. Det förebyggande arbetet bör även inriktas på att skapa en medvetenhet hos personerna som vistas på Kemicentrum, även hos dem som endast är där temporärt.

Frågor som handlar om logistik samt om människan i kombination med organisation och tekniska lösningar, så kallade MTO-aspekter, måste lyftas fram. Det är framför allt inom detta område, som det finns åtgärder att vidta. Här finns det möjligheter, inte bara att minska sannolikheten för att en olycka skall uppstå, utan också att minska konsekvenserna då en olycka redan har inträffat.

Åtgärder som sätts in inom kemikalielogistiken och MTO-området kan vara billiga och kostnadseffektiva att genomföra. Inte bara personsäkerheten blir bättre, utan egendomsskyddet förbättras också.

13 Förslag till förbättringar

Följande åtgärder åtgärdas för att kraven i lagstiftningen skall anses uppfyllda och för att risken skall anses vara acceptabel.

För motivering och bakgrund, se respektive kapitel.

13.1 Inventering

- En gemensam mall för inventering av brandfarlig vara ska användas. Inventeringen ligger till grund för framtida tillståndsansökan.
- Tillstånden för brandfarlig vara skall stämma överens med verksamheten.

13.2 Kemikalielogistik

- En särskild hiss för enbart kemikalier är att föredra för att minska exponeringsrisken för personal och studenter. I den hissen skall inte människor transporteras. Istället placeras godset i hissen och transporteras ensamt i hissen till rätt våningsplan där transportören möter upp och tar hand om godset.
- När lösningsmedelsförrådet försvinner är tätare transporter från godsmottagningen till avdelningarna att föredra istället för större förvaringsmängder ute i kemikalieförråden. Transport ska ske emballerat och skyddat.
- Det är viktigt att vikarie från SYSAV blir insatt i rutiner, organisation och byggnader för avfallshämtning.
- Transportvägarna bör inte gå genom persontäta (studenttäta) lokaler.
- Vagnar skall användas som har luftfyllda gummihjul för att få en stabilare och mjukare och därmed säkrare transport.
- Vagnarna skall utformas så att den ergonomiska belastningen blir så liten som möjligt. Överbelastning av kroppsdelar kan generera skador som i sin tur kan leda till att olyckor med farligt gods uppkommer.
- Stötdämpare på vagnarna ger en jämnare och säkrare transport på hårda och ojämna golv.
- Vagnarna skall ha sidoräcken, som används för transport av farligt gods, för att förhindra att paket/flaskor faller av vagnarna.
- Dörröppnare skall installeras på de dörrar som av olika anledningar inte kan stå uppställda. Så många dörrar som möjligt bör kunna ställs upp. Branddörrar skall kunna utförs med magnetuppställning.
- För att minska risken för olycka rekommenderas att slagriktningen utmärks till exempel genom markering i golvet av dörrens rörelseyta i slagriktningen.
- Trösklar skall tas bort. Dock skall uppfylls kraven på den avskiljande funktionen vid brand [5.1]

- Golvbeläggningen skall utföras så att en så jämn och mjuk transport som möjligt kan uppnås. Dock skall kraven på ytskikten i utrymningsvägarna uppfyllas. Detta bör eftersträvas vid nyläggning av golv.

13.3 Människa-teknik-organisation

- Krav ställs på den som hämtar och lämnar kemikalierna. Det innebär att riskerna och lämpliga åtgärder vid en eventuell olycka skall vara kända för den som hanterar kemikalierna. Det betyder dels att utbildning av vaktmästarna måste ske, dels att tillräckligt kompetent personal bör stå för eventuell hämtning och lämning från avdelningarna själva. Det rekommenderas att personalen står för hämtning och lämning.
- Fallolyckor som till exempel halkning och snubbling förebyggs
- Endast de på avdelningarna, som har skydds och brandutbildning, får hämta och lämna kemikalier. De måste transportera kemikalierna på ett säkert sätt med vagnar och annat skydd.
- Det skall eftersträvas att personalen hinner utföra sitt arbete utan stress. Orsaken bakom tillbud/olyckor utreds och ses i sammanhang av Människa-Teknik-Organisation.
- Gällande säkerhetsföreskrifter framtagna av Kemicentrum skall följas.
- Verksamheten skall präglas av högt säkerhetstänkande. En säkerhetspolicy tas fram av berörda parter, till exempel skyddsombuden och samordningsansvarig. Denna säkerhetsgrupp skall kontinuerligt arbeta för ökad säkerhet och ökat riskmedvetande.
- Riskbedömningar i samband med experimenten skall genomföras. Laboranterna skall vara medvetna om riskerna.
- Användargränssnitten skall vara väl utformade för att undvika fel. Till exempel skall avfallskärl vara tydligt utmärkta, så att förväxling inte sker.
- Utbildning i handhavande av handbrandsläckare och övrig brand- och säkerhetsutrustning hålls regelbundet.

13.4 Detaljerad konsekvensanalys – vätska

- Hantering av lösningsmedel och alkoholer skall ske i 1 litersförpackningar.
- Ventilationen från kemikalieförråden skall mynna utomhus.
- Installation av multidetektorer skall installeras i delar av byggnaderna där brandfarlig verksamhet sker.
- Informativt talat meddelande skall användas som utrymningslarm.
- Utrymningsövningar genomförs.
- Väl fungerande brandskydds- och utrymningsorganisation skall utformas.

- Korridorerna och utrymningsvägarna skall hållas fria från hinder.
- Fönster i markplan skall utformas så att utrymning kan ske genom dessa.

13.5 Detaljerad konsekvensanalys - gas

- Brandfarlig gas skall placeras i nischer i korridoren.
- Nischerna skall avskiljs i brandteknisk klass EI 30.
- Gaslarm skall installeras i nischerna.
- Ventilering av nischerna skall mynna utomhus.

13.6 Ytterligare utredningar

Det är att rekommendera att införa samma inventeringssystem för farliga ämnen som föreslås för brandfarlig vara. Denna inventering kan ligga till grund för detaljerad utredning om farliga ämnen och deras risker.

BILAGOR

till tillämpningen

14 Bilaga A Lagtext

Följande förkortningar används i nedanstående text:

SFS	Svensk författningssamling
AFS	Arbetsmiljöverket författningssamling
SÄIFS	Sprängämnesinspektionens författningssamling
LBE	Lagen om brandfarliga och explosiva varor

I textstyckena nedan så tas först kravet upp och sedan kommenteras om Kemicentrum uppfyller detta.

14.1 Lagar och förordningar

14.1.1 Lagen om brandfarliga och explosiva varor, SFS 1988:868 [A.1]

3§

Med hantering avses bland annat förvaring, transport, användning och omhändertagande.

7§

De som hanterar varor av detta slag skall vidta de åtgärder och försiktighetsmått som behövs för att begränsa skador på liv, hälsa, miljö eller egendom.

Säkerhetsrutiner finns framtagna för hur arbetet skall genomföras för att minimera riskerna. Tyvärr följs dessa inte alltid utan många riskmoment uppkommer till följd av detta.

8§

Krav ställs på kompetens för den som hanterar varorna eller att denna har tillgång till kompetens med hänsyn till hanteringen omfattning och varornas egenskaper.

Vaktmästarna har inte den utbildning som behövs för att agera vid en olycka.

9§

En riskutredning skall utföras som redogör för riskerna avseende brand samt konsekvenserna. Detta åligger den som bedriver verksamheten

Denna rapport utgör riskutredning.

11§

Tillstånd för hantering av brandfarlig vara krävs.

Tillstånd för verksamheten finns. Dock stämmer inte verksamhetens mängder helt överens med tillstånden. Det saknas ett övergripande, sammanlänkat inventeringssystem för brandfarlig vara.

14.1.2 Förordningen om brandfarliga och explosiva varor, SFS 1988:1145 [A.2]

13-14 §§

Det skall finnas anslag om brand- och explosionsrisker, samt om förbud mot rökning eller andra åtgärder som kan orsaka öppen eld eller gnistor.

Skytningen är bristfällig avseende var brand- och explosionsrisker finns.

15§

Det finns begränsningar för hur stora mängder som får förvaras på grund av brand- och explosionsrisk. Det finns också krav som styr samförvaring av brandfarliga och explosiva varor.

Tillsynsmyndigheten kontrollerar att rätt mängder förvaras och att samförvaring sker enligt kraven.

17§

De som hanterar varorna skall se till att det finns skydd mot att obehöriga kommer åt varorna.

Kemikalieförråden är tillgängliga för personal på dagtid. Kortlåssystem hindrar att obehöriga kommer in på avdelningarna.

14.1.3 Hantering av brandfarliga vätskor, SÄIFS 2000:2 [A.3]

Kapitel 1

Föreskrifterna gäller hantering av brandfarliga vätskor, såvida de är tillståndspliktiga.

Kapitel 3

Krav på utförande av en riskutredning ställs för att säkerställa att hanteringen sker på ett säkert sätt. Detta är aktuellt för den som yrkesmässigt hanterar brandfarliga vätskor. Kravet återfinns ursprungligen i 9§ i LBE.

Utredningen skall genomföras tillsammans med de inblandade och skall finnas tillgänglig för tillsynsmyndighet och personal.

Denna rapport utgör riskutredning.

Kapitel 3.2

Skadorna på liv, hälsa och miljö samt egendom skall begränsas och förhindras genom att vidta lämpliga tekniska och organisatoriska åtgärder.

Detta uppfylls om de förslag till åtgärder som rekommenderas i denna rapport görs.

Kapitel 3.3

Riskutredningen skall dokumenteras och innehålla följande:

- Brand- och explosionsrisker som har identifierats och bedömts
- Planerade och genomförda åtgärder för att nå tillräcklig säkerhet
- Klassningsplan enligt SÄI:s föreskrifter (SÄIFS 1996:6)
- Övriga uppgifter som är relevanta

Riskutredningen skall uppdateras inför väsentlig ändring av verksamheten.

Denna rapport säkerställer ovanstående, förutom klassningsplan som görs av elkonsulten i samband med ombyggnaden.

Kapitel 4

Hanteringen skall ske på ett säkert sätt och i en lämplig miljö. Det skall finnas ett handlingsprogram för att förebygga allvarliga olyckor i verksamheten. Handlingsprogrammet skall bland annat innehålla beskrivning av rutiner, hantering av ändringar, planering och rutiner för resultatuppföljning. Förmodligen är det lämpligt att riskutredningen ligger till grund för handlingsprogrammet.

Denna rapport föreslår lämpliga åtgärder som Kemicentrum kan använda för att förebygga allvarliga olyckor.

Kapitel 5

Här ställs detaljerade krav på lösa behållare för brandfarlig vätska, exempelvis att behållarna skall vara utformade så att ämnet inte kan läcka ut. De skall tåla normal påfrestning under hantering.

Lämpliga behållare används.

Kapitel 6

Platsen där förvaringen sker skall förhindra och begränsa konsekvenserna vid eventuella utsläpp samt underlätta släckning av eventuell brand. Utrymmet skall vara ventilerat, och om riskutredningen visar så, mynna ut utomhus. Det finns krav på att avskilja förvaringsplatsen brandtekniskt från intilliggande lokaler för att hindra spridning. Förvaringsplatsen skall hållas låst, om förvaringen sker i publika utrymmen.

Kemikalieförråden uppfyller delvis dessa krav. Ventilationen mynnar inte utomhus överallt.

Kapitel 7

Avståndet till intilliggande anläggningar för brandfarlig vätska måste vara betryggande. Likaså skall vätskorna separeras beroende på klassning. Det betyder att klass 1 och 2a får lov att förvaras tillsammans, men inte ihop med klass 2b och 3.

Inga anläggningar finns i närheten av Kemicentrum. Tillsynsmyndigheten kontrollerar att vätskorna inte förvaras ihop. Idag är inte detta uppfyllt.

Kapitel 8

Spill av brandfarlig vätska skall tas om hand på ett säkert sätt.

Rutiner finns för omhändertagande.

Kapitel 9

Behållare skall fyllas och tömmas på ett betryggande sätt. Om det finns många olika cisterner på samma ställe skall det ses till att de inte går att förväxla. Den som utför tömning eller fyllning skall snabbt kunna avbryta denna.

Avfallsstationen är väl utmärkt. Vissa avdelningar har bristfällig utmärkning av sina slaskbehållare.

14.1.4 Brandfarlig gas i lös behållare, SÄIFS 1998:7 [A.4]

Med lös behållare menas ett icke stationärt tryckkärl avsett att fyllas på annat ställe än på förbrukningsstället.

Kapitel 4

Vid hantering av lösa behållare krävs att den som hanterar dem skall ha tillräckliga kunskaper om gasen och riskerna, så att hanteringen kan ske på ett säkert sätt. Vid hanteringen får inte heller antändbart material finnas i farlig mängd nära hantering av brandfarlig gas. Gasflaskorna får inte placeras för nära andra brandfarliga varor, öppen eld eller gnistor. De skall också vara skyddade mot påkörning.

De som hanterar gasbehållare anses ha goda kunskaper om riskerna. Gasflaskor förvaras i korridorer och där finns endast en begränsad mängd antändbart material och heller inga antändningskällor. Gasflaskorna står i nischer och säkras därmed mot påkörning.

Behållarna skall också förvaras på ett lämpligt, säkert sätt. De skall vara väl fastsatta och kunna fästas utan verktyg.

Gasflaskor förvaras väl fastsatta.

Det finns krav på att de områden där hantering av lös behållare sker skall ha klassningsplan enligt SÄI:s föreskrifter om klassning av riskområden.

Klassningsplaner finns för nuvarande utformning och kommer att revideras under ombyggnaden.

Erforderlig skyltning skall ske om yrkesmässig hantering sker inomhus av mer än 30 liter brandfarlig gas. Behållare får inte fyllas i A-byggnad. A-byggnad är en byggnad där människor bor eller där människor vistas som saknar anledning att känna till förekommande hantering av brandfarliga gaser och vätskor. Kemicentrum är klassad som en A-byggnad.

Skyltning av gasflaskor är bristfällig. Fyllning sker inte.

För A-byggnad gäller följande: Högst 60 liter får hanteras i varje brandcell, övriga behållare skall hanteras antingen utomhus eller i särskilt utrymme avskilt i lägst klass EI 30 och väl ventilerat direkt till det fria.

Detta uppfylls ej i dagsläget då större volymer än 60 liter förvaras oskyddat.

För publika lokaler gäller följande. Högst fem liter brandfarlig gas får hanteras i varje brandcell. Resten måste vara utomhus eller i särskilt utrymme avskilt i lägst brandteknisk klass EI 30, som är väl ventilerat direkt till det fria. När gasflaskor med mindre än fem liter inte används skall de förvaras på samma sätt som de större.

Detta är osäkert om det är uppfyllt! Måste uppfyllas.

14.1.5 Klassning av riskområden vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor, SÄIFS 1996:6 [A.5]

Enligt SÄIFS 2000:2 (se kapitel 2.3.3) skall en riskutredning göras med bland annat en klassningsplan. Klassningsplanen skall utföras enligt SÄIFS 1996:6.

Kapitel 3

Den som är ansvarig för verksamheten skall svara för en bedömning av var explosiv gasblandning kan uppstå. Bedömningen skall dokumenteras och innehålla indelningen i zoner beroende på risken. Zonerna är som följer:

- Zon 0 explosiv gasblandning förekommer ständigt eller långvarigt.
- Zon 1 explosiv gasblandning förväntas förekomma vid normal hantering.
- Zon 2 explosiv gasblandning förväntas inte förekomma vid normal hantering och om den skulle förekomma, i så fall sällan och kortvarigt.

Zonernas områden skall redovisas, såväl horisontellt som vertikalt. Vidare skall temperaturklass och explosionsgrupp redovisas för respektive område.

Klassningsplan finns och kommer att revideras under ombyggnaden.

14.1.6 Kemiska arbetsmiljörisker, AFS 2000:4 [A.6]

11-14§§

Rutiner skall finnas som innebär att hanteringen av kemikalierna sker på ett betryggande sätt. Det gäller arbetsmetoder, utrustning, städning och ordning på arbetsplatsen.

Säkerhetsrutiner finns. Om förslag till förbättringar som framförs i denna riskutredning genomförs ökas säkerheten.

22§

Ämnena skall förvaras i behållare eller förpackningar så att inte förväxling kan ge upphov till olyckor eller ohälsa.

Behållare är väl märkta när de anländer från tillverkaren, däremot finns brister i utmärkning av slaskbehållare på avdelningarna.

24§

Behållare med farligt kemiskt ämne skall vara utmärkt med tillräckliga uppgifter så att riskerna med ämnet skall kunna undvikas.

Innehållsdeklarationer finns på behållare.

32§

Rutiner för åtgärder vid nödsituationer och olyckor skall finnas för att skydda personalen. Övningar skall genomföras i lämplig omfattning så att rutinerna kan följas.

Rutiner för brandskyddsutbildningar och utrymningsövningar håller på att planeras.

33§

Brandsläcknings- och livräddningsutrustning skall finnas tillgänglig.

Utrustning finns placerad på lämpliga platser.

34§

Utrymningsplaner skall finnas.

Reviderade utrymningsplaner uppförs i samband med ombyggnaden.

38§

Det ställs krav på att en förteckning är upprättad. Förteckningen skall informera om vilka hälsofarliga och brandfarliga kemiska ämnen som hanteras och dess farlighet. Det är mycket viktigt att den uppdateras och att datumen för uppdateringen förs in. Förteckningen skall vara lätt tillgänglig för personalen som kommer i kontakt med ämnena.

Det finns ingen väl fungerande system för förteckning av brandfarliga varor.

14.1.7 Laboratoriearbete med kemikalier, AFS 1997:10 [A.7]

2§

Vid planering av laboratoriearbete där ett eller flera farliga ämnen används eller bildas skall en riskbedömning göras. Därvid skall de risker för olycksfall och ohälsa, som kan uppkomma i arbetet, identifieras och uppskattas. Vid riskbedömningen skall de aktuella ämnenas inneboende farlighet vägas samman med riskerna vid utförandet av de olika arbetsmomenten.

Detta skall genomföras innan en laboration utförs, men så är inte alltid fallet. Detta måste uppfyllas.

12§

Mängden farligt ämne på varje arbetsplats skall begränsas till vad som är nödvändigt för arbetet.

Det arbetas ständigt med att minska mängderna ute på arbetsplatserna.

17§

Gasflaskor skall hanteras så att de inte utsätts för värme, stötar eller slag som kan påverka gasflaskorna och orsaka läckage eller annan skada som medför hälso- och olycksfallsrisker. Gasflaskor skall säkras mot fall.

Detta uppfylls.

21§

Rutiner för hantering av flytande och fast avfall skall finnas. Dessa rutiner skall hållas aktuella.

Rutiner finns.

14.1.8 Allmänna råd till AFS 1997:10 [A.8]

Bakgrund

Det är av stor betydelse att arbetsmiljön inte kommer i andra hand på grund av till exempel ekonomi, tidspress eller personligt intresse av de egna arbetsresultaten.

Till 12§

Det är ofta lämpligt att mängden farligt ämne begränsas så att långa förvaringstider undviks.

Det arbetas ständigt med att minska mängderna ute på arbetsplatserna.

14.1.9 Gaser, AFS 1997:7 [A.9]

3§

I all verksamhet där gas hanteras skall en riskbedömning göras. När process, utrustning eller driftsförhållanden i övrigt ändras skall en ny riskbedömning göras. Med utgångspunkt i gjorda riskbedömningar skall de åtgärder vidtas som behövs för att säkerheten skall bli betryggande.

Denna rapport utgör riskbedömning.

5§

Rutiner skall finnas för åtgärder som skall vidtas när risk finns att gasflaskor kan explodera.

Rutiner finns.

14.1.10 Arbetsmiljölagen, SFS 1977:1160 [A.10]

Kapitel 1, 1§

Lagens ändamål är att förebygga ohälsa och olyckstillbud i arbetet samt även i övrigt uppnå en god arbetsmiljö.

Kapitel 2, 1§

Teknik, arbetsorganisation och arbetsinnehåll skall utformas så att arbetstagaren inte utsätts för fysiska eller psykiska belastningar som kan medföra ohälsa eller olycksfall. Starkt styrt eller bundet arbete skall undvikas eller begränsas.

Om förslagen till förbättringar som ges i denna rapport görs så uppfylls detta.

2§

Arbete skall planläggas och anordnas på ett sådant sätt att det kan utföras i en sund och säker miljö.

Det arbetas för en ständig förbättring av detta.

4§

Betryggande skyddsåtgärder skall vidtagas mot skada genom brand, explosion eller liknande.

Detta uppfylls med brandtekniska system.

5§

Maskiner, redskap och andra tekniska anordningar skall vara så beskaffade och placerade samt brukas på sådant sätt, att betryggande säkerhet ges mot ohälsa och olycksfall.

Vagnar för transport av brandfarlig vara bör förbättras.

Kapitel 3, 2a§

Arbetsgivaren skall systematiskt planera, leda och kontrollera verksamheten på ett sätt som leder till att arbetsmiljön uppfyller kraven i denna lag och i föreskrifter som har meddelats med stöd av lagen. Han skall utreda arbetsskador, fortlöpande undersöka riskerna i verksamheten och vidta de åtgärder som föranleds av detta. Åtgärder som inte kan vidtas omedelbart skall tidsplaneras. Arbetsgivaren skall i den utsträckning verksamheten kräver dokumentera arbetsmiljön och arbetet med denna.

Detta görs kontinuerligt av skyddsombuden. Arbetsgivaren är ansvarig.

3§

Arbetsgivaren skall se till att arbetstagaren får god kännedom om de förhållanden, under vilka arbetet bedrivs, och att arbetstagaren upplyses om de risker som kan vara förbundna med arbetet. Arbetsgivaren skall förvissa sig om att arbetstagaren har den utbildning som behövs och vet vad han har att iaktta för att undgå riskerna i arbetet.

Ny personal utbildas för att vara medveten om de risker som verksamheten medför.

Kapitel 6, 2§

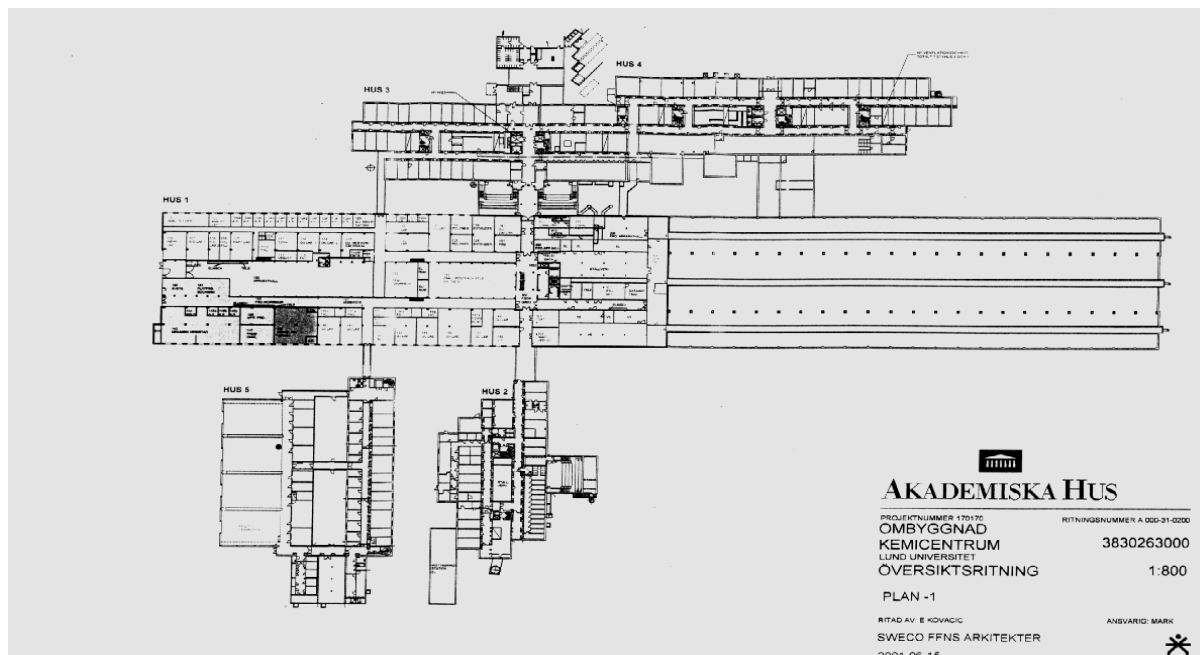
Skyddsombud skall finnas, som regelbundet arbetar för en säkrare miljö.

Skyddsombud finns.

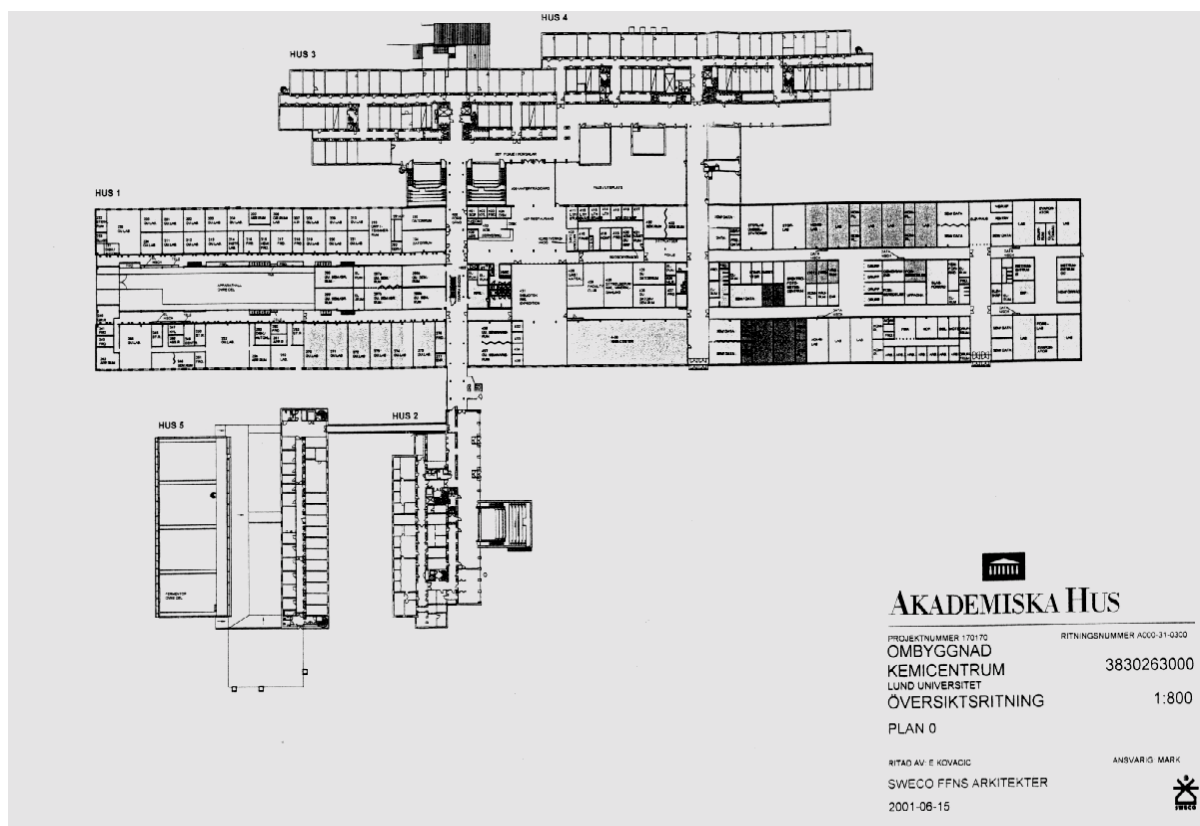
14.2 Referenser

- [A.1] ”Lagen om brandfarliga och explosiva varor”. SFS 1988:868, Stockholm, 1988.
- [A.2] ”Förordningen om brandfarliga och explosiva varor”. SFS 1988:1145, Stockholm, 1988.
- [A.3] ”Sprängämnesinspektionens föreskrifter om hantering av brandfarliga vätskor”. SÄIFS 2000:2, Stockholm, 2000.
- [A.4] ”Sprängämnesinspektionens föreskrifter om brandfarlig gas i lös behållare”. SÄIFS 1998:7, Stockholm, 1998.
- [A.5] ”Sprängämnesinspektionens föreskrifter om klassning av riskområden vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor”. SÄIFS 1996:6, Stockholm, 1996.
- [A.6] ”Kemiska arbetsmiljörisker”. AFS 2000:4, Stockholm, 2000.
- [A.7] ”Laboratoriearbete med kemikalier”. AFS 1997:10, Stockholm, 1997.
- [A.8] ”Allmänna råd till AFS 1997:10”. Stockholm, 1997.
- [A.9] ”Gaser”. AFS 1997:7, Stockholm, 1997.
- [A.10] ”Arbetsmiljölagen”. SFS 1977:1160, Stockholm 1977

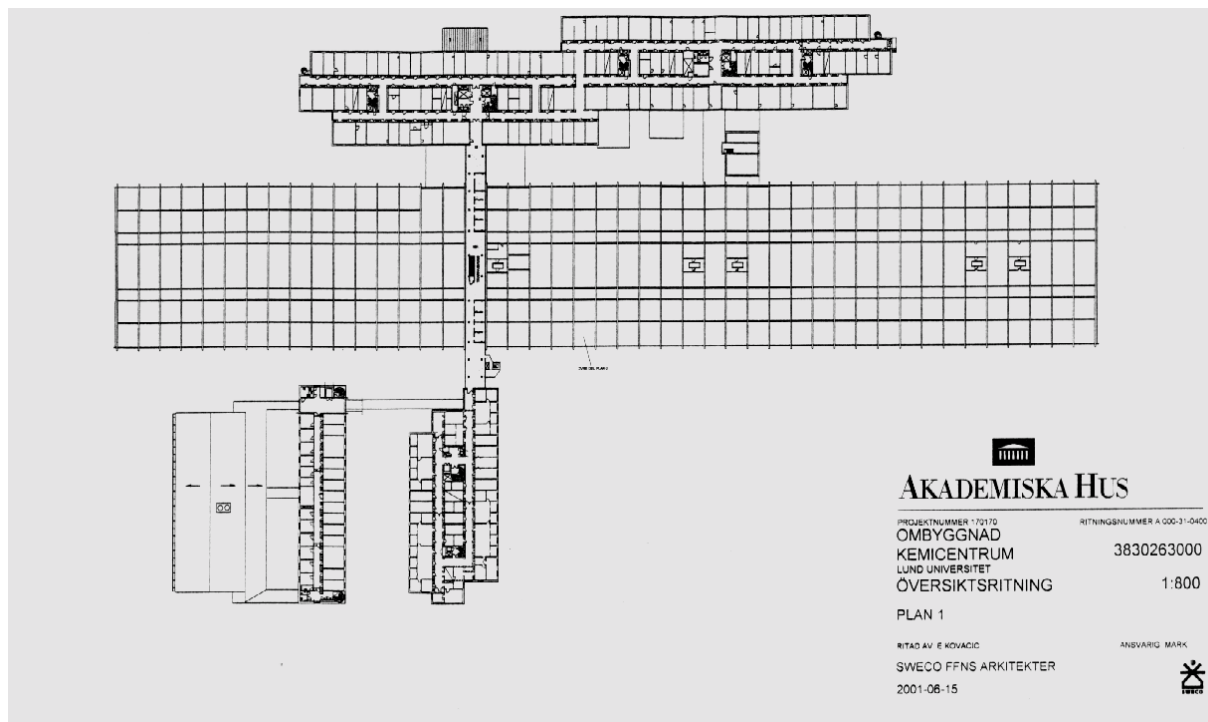
15 Bilaga B Planritningar



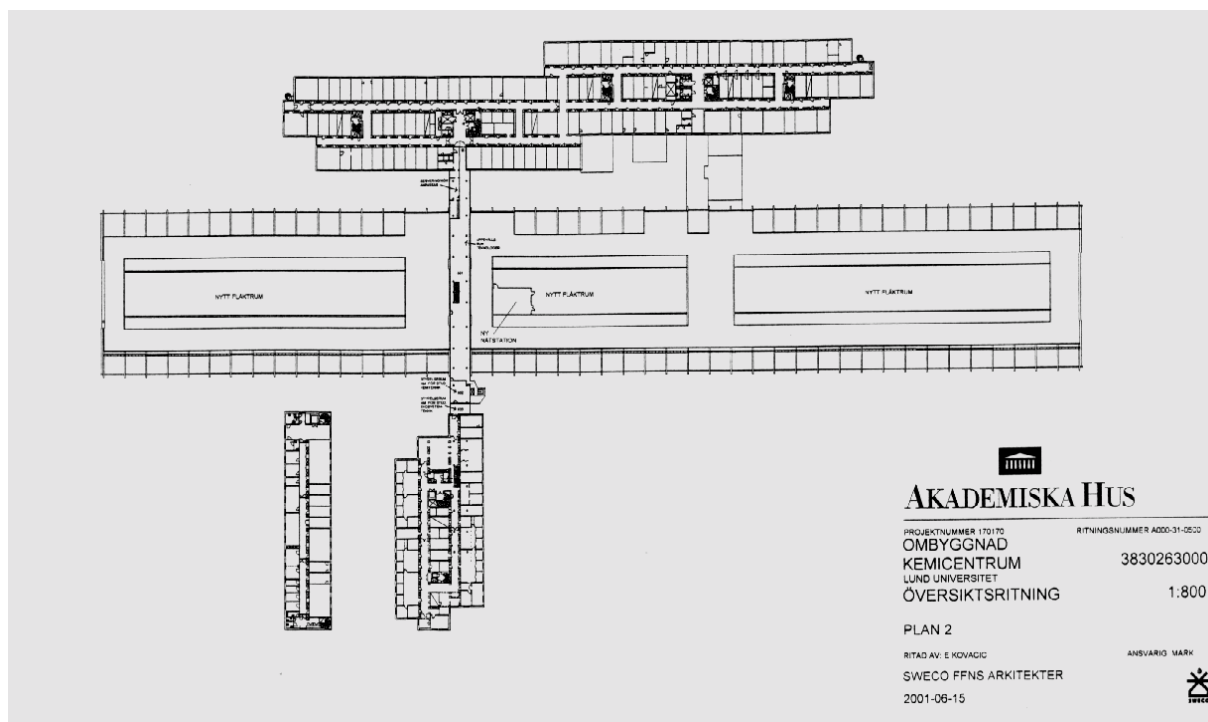
Figur B.1 Plan -1 på Kemicentrum från ritningar 2001-06-16.



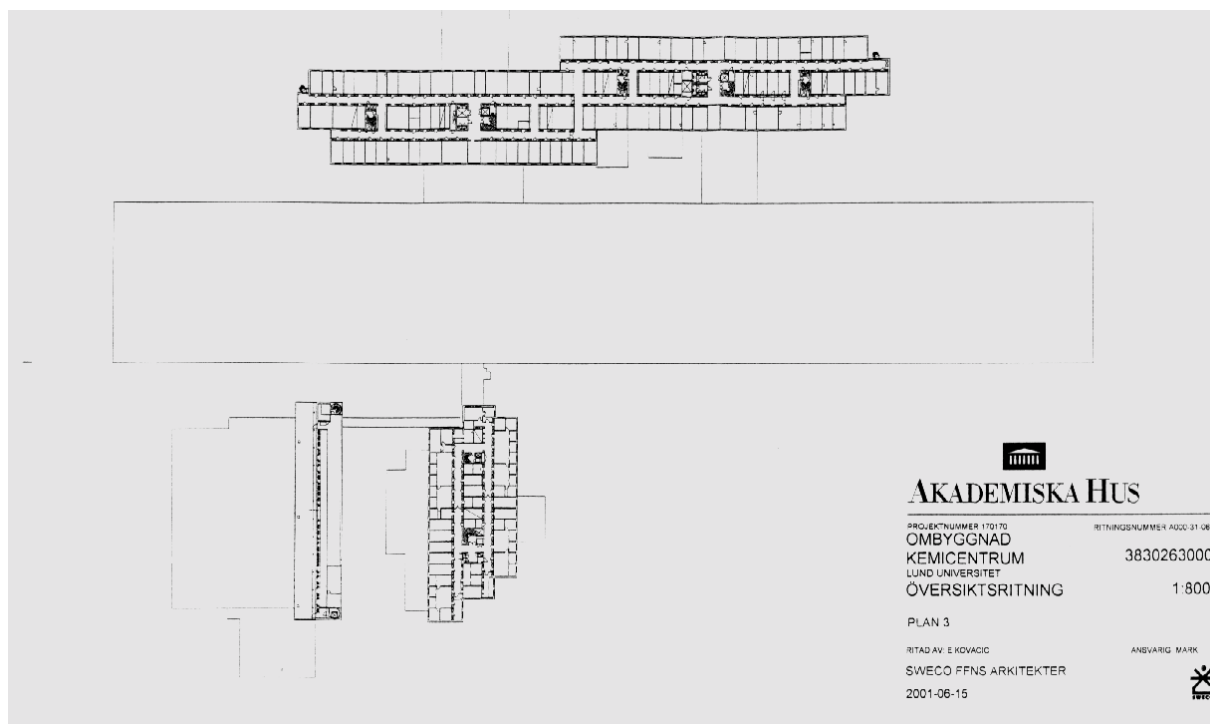
Figur B.2 Plan 0 på Kemicentrum från ritningar 2001-06-16.



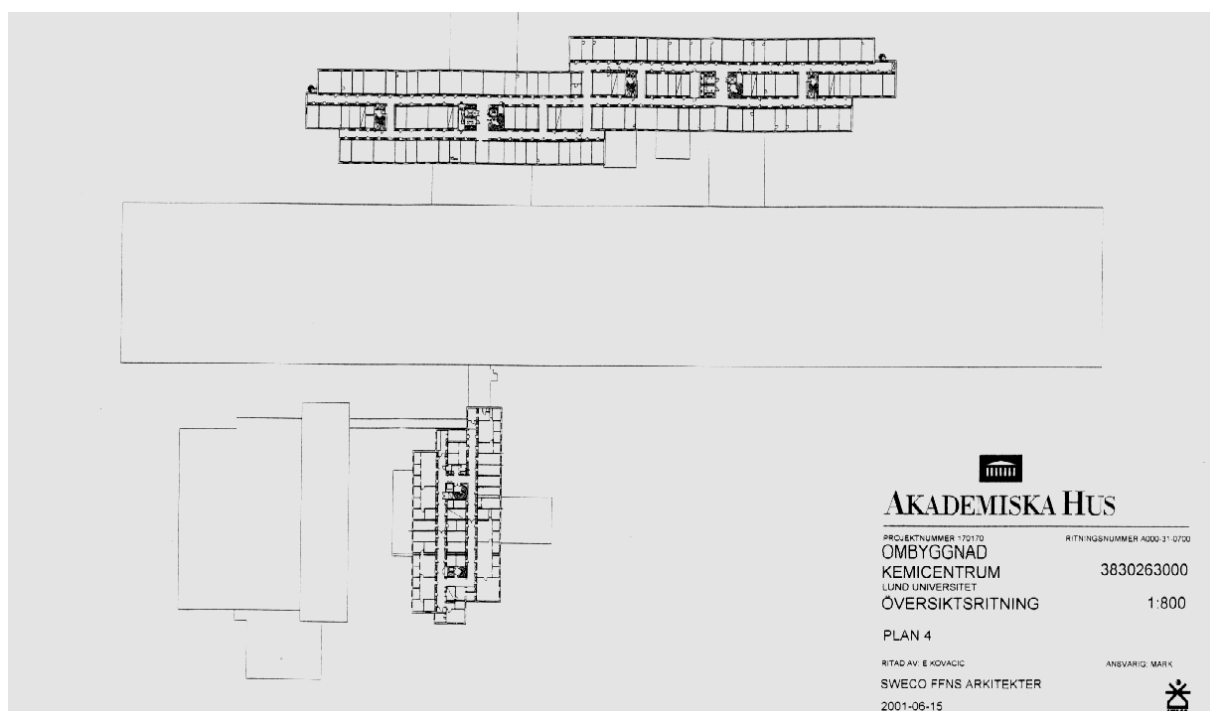
Figur B.3 Plan 1 på Kemicentrum från ritningar 2001-06-16.



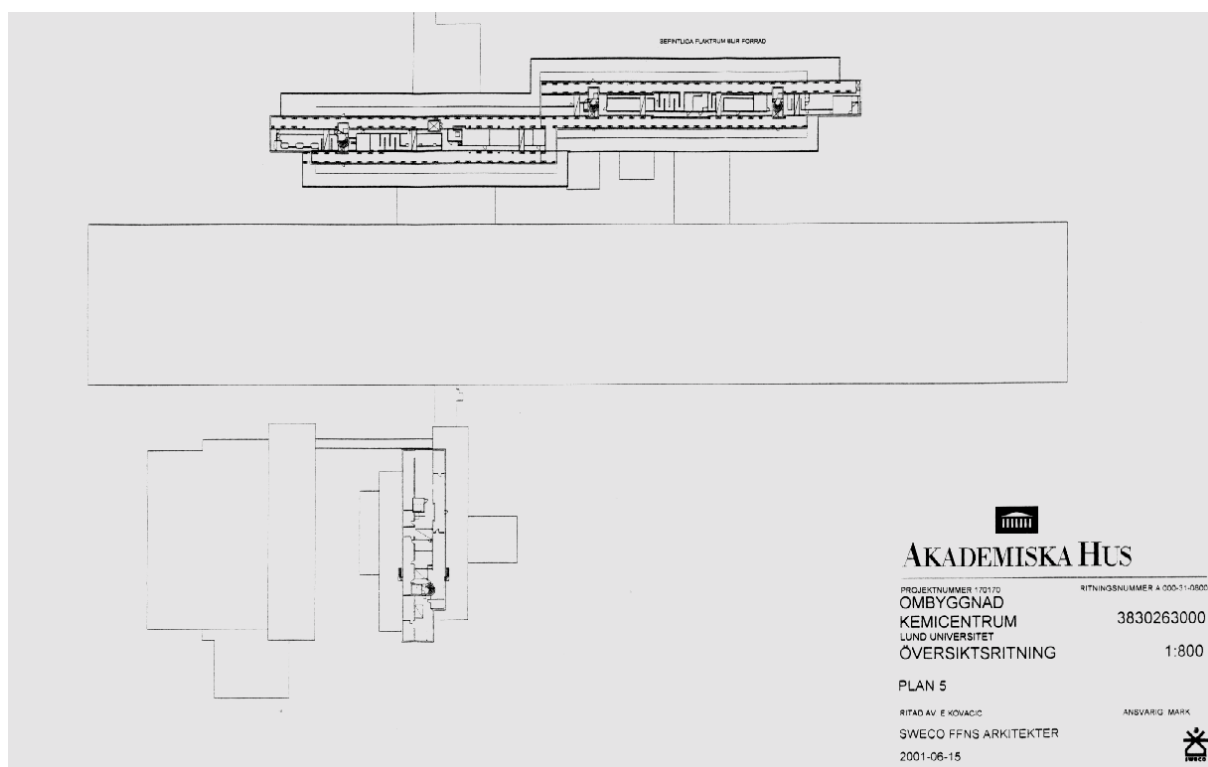
Figur B.4 Plan 2 på Kemicentrum från ritningar 2001-06-16.



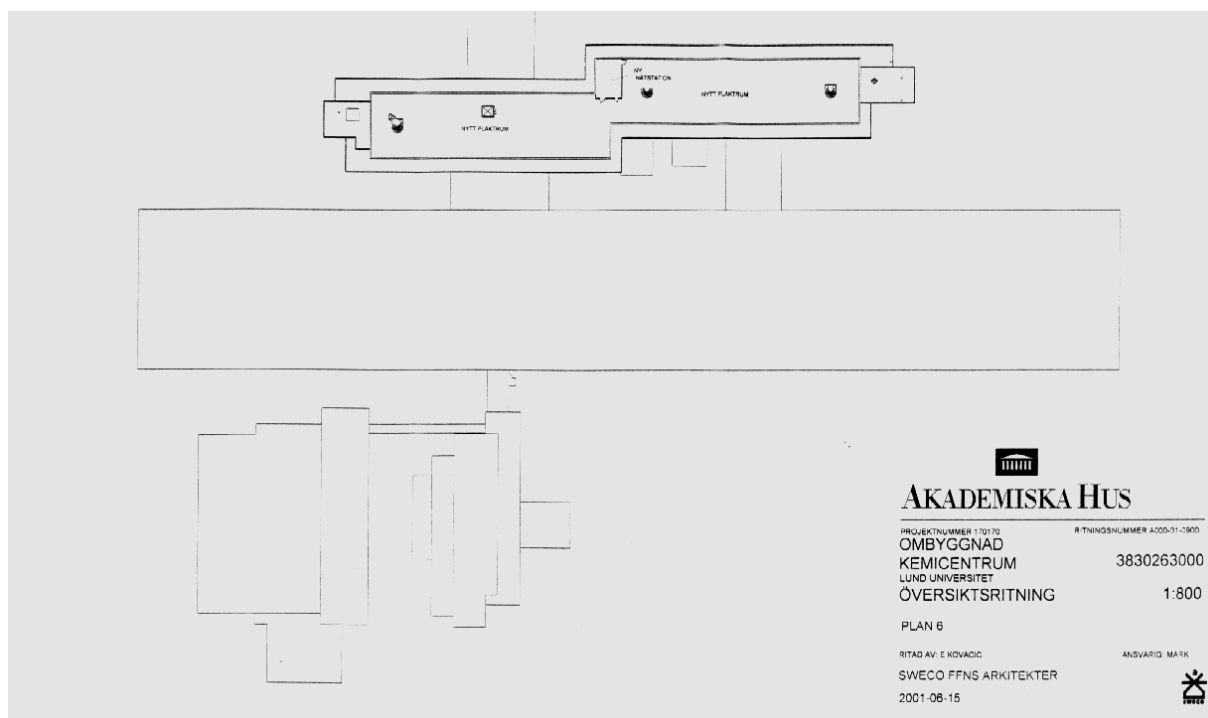
Figur B.5 Plan 3 på Kemicentrum från ritningar 2001-06-16.



Figur B.6 Plan 4 på Kemicentrum från ritningar 2001-06-16.



Figur B.7 Plan 5 på Kemicentrum från ritningar 2001-06-16.



Figur B.8 Plan 6 på Kemicentrum från ritningar 2001-06-16.

16 Bilaga C: Formulär för inventering av brandfarliga vätskor

Nedan följer ett förslag på inventeringsunderlag för brandfarliga vätskor.

INVENTERING BRANDFARLIGA VÄTSKOR

Blanketten är tänkt att fyllas i enligt följande:

- Avdelning: Avdelning vid Kemicentrum
Kontaktperson: Person att kontakta angående frågor gällande de brandfarliga ämnena
Telefonnummer: Telefonnummer till kontaktpersonen
Email adress: Email adress till kontaktpersonen
- Rum: Rumsbeteckning där kemikalien finns
Verksamhet: Laborationslokal, förråd, undervisningssal, ...
Ämne: Kemikaliens namn
Mängd: Mängd kemikalie
Enhet: SI-enheter, dvs liter eller kg
Klassning: Klass 1, 2a, 2b eller 3
Anmärkning: Annan relevant information

17 Bilaga D Insatser på Kemicentrum

2000

01-30 Fläktmotor i dragskåp bränt.

04-28 Vid hantering av en mindre flaska med ca 0,5 liter kemikalier i ett mindre kylrum tappade man flaskan i golvet varvid den krossades och vätskan spreds ut på golvet. Flaskan innehöll en blandning av:

Tetrahydrofuran

Boran BH₃ eller (B₂H₆)

Dimetylsulfid (CH₃)₂S

Man utrymde genast närliggande lokaler och tillkallade brandförsvaret via telefon och larmknapp. Man hällde även vatten på den utrunna vätskan för att bryta ned kemikalierna.

Då vi anlände beslöts att utrymma hela byggnaden. Rökdykare genomsökte den drabbade avdelningen. Torbjörn Frej från avdelningen tjänstgjorde som vägvisare iklädd tryckluftapparat och splash-dräkt.

Senare gick även kemdykare igenom lokalerna. De ställde även i explosimetrar. Dessa gjorde inte några anmärkningsvärda utslag.

Efter utvädring och väntan på att de farliga ämnena avdunstat spärrades avdelningen av och personalen kunde återvända till den övriga byggnaden. Vid 13.30-tiden tog personalen från Kemicentrum bort även dessa sista avspärningar.

PRESSMEDDELANDE

Vid 11.40 -tiden på fredagen larmades Lunds Brandförsvaret till Kemicentrum i Lund. En mindre flaska med olika kemikalier hade slagits sönder. Flaskan innehöll bl a ämnet buran vilket är både giftigt och mycket brandfarligt. Personalen utrymde omedelbart avdelningen där olyckan inträffade. Brandförsvaret beslöt att även utrymma resten av byggnaden varefter man väntade tills ångorna vädrats ut. Avdelningen närmast kylrummet hölls avspärrad ett par timmar medan man i resten av byggnaden ganska snart kunde återvända till sina rum.

Vid 13.30-tiden hävdades även den sista avspärningen. Ingen människa har så vitt man vet kommit till skada.

Största risken var att ångorna skulle antändas. Bränder i den här typen av lokaler är mycket besvärliga då det finns ett stort antal olika kemikalier i lokalerna. Under insatsen fick Lunds Brandförsvaret assistans av personal från Malmö Brandkår.

Under tiden insatsen pågick fick man även rycka ut till två olika automatiska brandlarm. Inget av dessa visade sig dock bero på en riktig brand.

Kontaktman på Kemicentrum är Torbjörn Frej 046 - 222 81 25 eller 046-222 81 21

Göran Bertilsson
Vakthavande Brandingenjör
046-35 80 08

- 05-14 Vattenskada. Påbörjat uppsugning av vatten tills restvärde anlände.
- 06-09 Säkringsfel orsakade fellarmet.
- 06-09 Ellarm beroende på säkringsfel.
- 06-15 Fellarm på grund av säkringsfel.
- 06-17 Larm inkom via SOS 112 om att det läckte argon eller kvävgas från gasflaska. Vid kontroll visade det sig vara en trycklufts-kran i ett dragskåp som ej stängts.
- 07-04 Fellarm
- 08-28 Etylenoxid förvarades på fel ställe. Burken uppsvälld. Punkterades av Sven utomhus.
- 08-28 Brand i provrörsställning, släckt
- 1999**
- 01-16 Bi brandskåp intryckt. Där var en fest på kemicenter.
- 01-18 Återställning av fellarm
- 01-20 Intryckt larmknapp. Nya studenter kollade hur hårt man behövde trycka
Återställning
- 01-28 Detektor utlöst. Ingen synbar anledning.
- 02-11 Brand i labb-rum, studerande skulle fylla på heptan i en glaskolv.vd påfyllningen spillde hon värmemanteln, som fortfarande var varm. Vätskan antändes. Branden släcktes med co2 av personal. Mkt sotskador
- 02-24 Återställt fellarm
- 03-15 Festbloss i tårta utlöste brandlarmet.
- 05-12 Fellarm

-
- 09-06 elmontör kapat ledning
- 09-14 återställt fellarm
- 10-28 intryckt bibrandskåp underpågående skyddsron
- 11-10 Utlöst detektor, orsak : hantverkare.
kopplat bort sektionen.
Kontaktman på plats.

1998

- 02-06 Värmepistol utlöst en detektor
- 02-14 fellarm pga strömavbrott kunde inte återställas Akademiska Hus återställer larmet tidigast måndag
- 02-18 STRÖMAVBROTT.NÄTFEL.ÅTERSTÄLLT FELLARMET.
- 06-05 GRILLNING UTOMHUS UTLÖSTE EN RÖKDETEKTOR.
- 07-09 Återställt fellarm
- 08-27 återställt fellarm
- 09-15 Rökluckor
- 10-02 Fel på överföring, återställt fellarmet
- 10-04 Endast larmsändaren utlöst.Återställning
- 10-04 Återställt fellarm.
- 11-20 Intryckt bibrandskåp.

1997

- 02-01 INTRYCKT LARMKNAPP.FEST I ANLÄGGNINGEN.
- 06-10 fellarm
- 11-13 DÖRREN TILL LARMSKÅPET VAR INTE STÄNGD SÅ DET HADE INTE KOMMIT FRAM NÅGRA LARM
- 11-13 UNDERSÖKNING AV FELLARM

1996

- 01-04 Vattenskada
- 03-16 UPPRINGARE: ANNA-LENA GUSTAFSSON 222 81 36 SÖNDERFRUSET
VATTENRÖR I KYLRUM.STÄNGT LEDNING MED KRAN
- 04-18 Automatiskt brandlarm, ej brand
- 05-20 Automatiskt brandlarm, ej brand
- 12-06 TOMTEBLOSS FRÅN FESTDELTAGARE UTLÖSTE LARMET.
- 12-13 AUTOMATLARM MED LUCIA SOM ORSAK. ÄVEN RINGT./JB
- 12-19 HANTVERKARE SOM SLIPAT.

18 Bilaga E Simuleringar

18.1 Scenario 1A: Aceton 10 liter, plan 0 hus 0

18.1.1 FAST

(0,5) = halvöppen förbindelse

(1) = öppen förbindelse

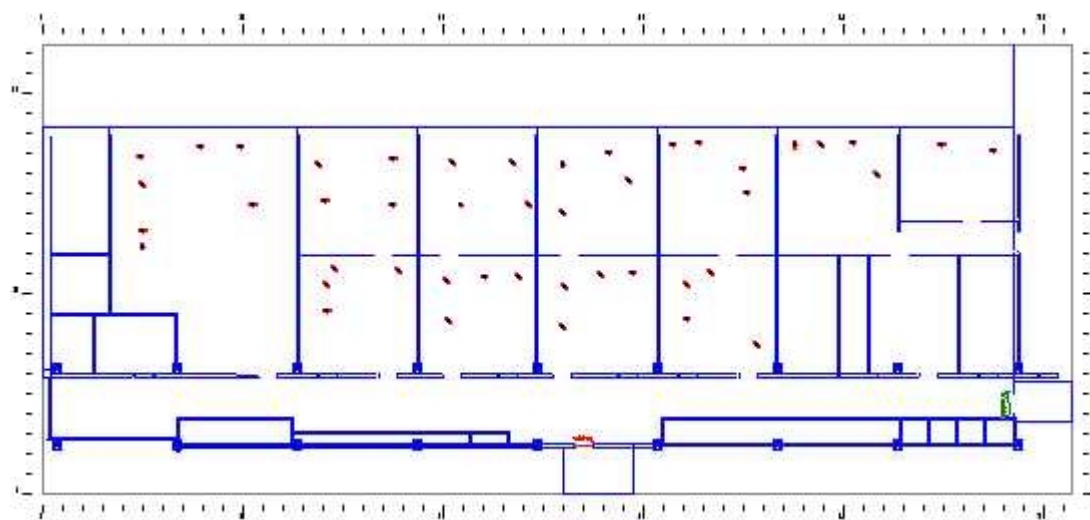
Tabell E.1 Indata till FAST för scenario 1A.

Aceton 10 liter	Brandrum				Rökmagasin
Compartment	Rum 1	Rum 2	Rum 3	Rum 4	Rum 5
Depth	6	3	3	6	44
Width	6	25	25	6	6
Interior Height	3	3	3	3	3
Elevation	0	0	0	0	0
Ceiling	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Floor	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Walls	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Model as shaft	nej	nej	nej	nej	nej
Horisontal Flow					
<i>Outside (läckage)</i>					
Width	0,1 (1)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,1 (1)
Sill	0	0	0	0	0
Soffit	3	3	3	3	3
Wind	0	0	0	0	0
<i>Outside</i>					
Width			0,9 (0,5)		
Sill			0		
Soffit			2		
Wind			0		
<i>Outside</i>					
Width			1,2 (0,5)		
Sill			0		
Soffit			2		
Wind			0		
<i>Compartment 1</i>					
Width		0,9 (1)		0,9 (1)	
Sill		0		0	
Soffit		2		2	
Wind		0		0	
<i>Compartment 2</i>					
Width			3 (1)		
Sill			0		
Soffit			2,9		
Wind			0		
Main fire specification					
Type	Constrained				

x	3				
y	3				
z	0				
Lower oxygen limit	10				
Heat of Combustion	2,58E+07				
Initial fuel temperature	20				
Gaseous ignition temp	200				
Radiative fraction	0,3				
Target					
Type	Other				
Material	Plywood				
x	5				
y	5				
z	1,8				
Heat release rate	se dim brand 1A				
Open/Close vents	se Horizontal Flow				
Hydrogen to carbon ratio	0,168 (i)				
Carbon to carbon dioxide ratio	0,0065 (i)				
Model input/output					
Simulation	640				
Display	20				
Print	20				
History	20				
File name	Dimsc1A				
Restart	0				

(i) Speciellt värde för aceton de första 100 s, därefter standardvärden. Se bilaga G Sotproduktion

18.1.2 Simulex



Figur E.2 Personplacering i Simulex för scenario 1A.

Personerna antas vara av typen "office staff". Prickarna motsvarar vardera 1 person.

18.2 Scenario 2A: Etanol 10 liter, hus 0 hus 1**18.2.1 FAST**

(0,5) = halvöppen förbindelse

(1) = öppen förbindelse

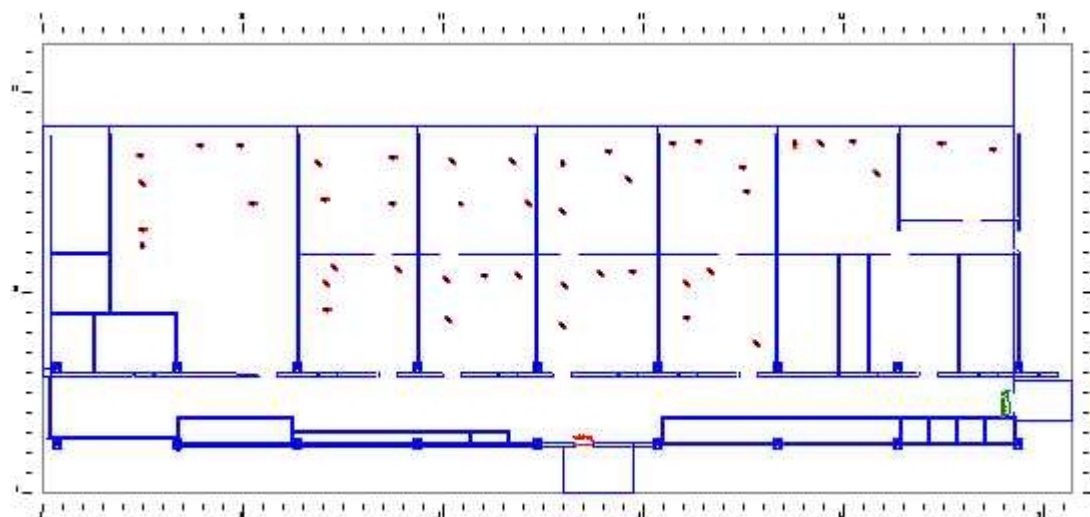
Tabell E.5 Indata till FAST för scenario 2A.

Etanol 10 liter	Brandrum				Rökmagasin
Compartment	Rum 1	Rum 2	Rum 3	Rum 4	Rum 5
Depth	6	3	3	6	44
Width	6	25	25	6	6
Interior Height	3	3	3	3	3
Elevation	0	0	0	0	0
Ceiling	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Floor	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Walls	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Model as shaft	nej	nej	nej	nej	nej
Horizontal Flow					
<i>Outside (läckage)</i>					
Width	0,1 (1)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,1 (1)
Sill	0	0	0	0	0
Soffit	3	3	3	3	3
Wind	0	0	0	0	0
<i>Outside</i>					
Width			0,9 (0,5)		
Sill			0		
Soffit			2		
Wind			0		
<i>Outside</i>					
Width			1,2 (0,5)		
Sill			0		
Soffit			2		
Wind			0		
<i>Compartment 1</i>					
Width		0,9 (1)		0,9 (1)	
Sill		0		0	
Soffit		2		2	
Wind		0		0	
<i>Compartment 2</i>					
Width			3 (1)		
Sill			0		
Soffit			2,9		
Wind			0		
Main fire specification					
Type	Constrained				
x	3				
y	3				
z	0				

Lower oxygen limit	10				
Heat of Combustion	2,68E+07				
Initial fuel temperature	20				
Gaseous ignition temp	200				
Radiative fraction	0,3				
Target					
Type	Other				
Material	Plywood				
x	5				
y	5				
z	1,8				
Heat release rate	se dim brand 2A				
Open/Close vents	se Horizontal Flow				
Hydrogen to carbon ratio	0,252 (i)				
Carbon to carbon dioxide ratio	0,0045 (i)				
Model input/output					
Simulation	640				
Display	20				
Print	20				
History	20				
File name	Dimsc2A				
Restart	0				

(i) Speciellt värde för etanol de första 70 s, därefter standardvärden. Se bilaga G Sotproduktion.

18.2.2 Simulex



Figur E.6 Personplacering i Simulex för scenario 2A.

Personerna antas vara av typen ”office staff”. Simulexindatan är identisk med scenario 1A. Prickarna motsvara vardera 1 person.

18.3 Scenario 1B: Aceton 10 liter, plan 2 hus 4**18.3.1 FAST**

(0,5) = halvöppen förbindelse

(1) = öppen förbindelse

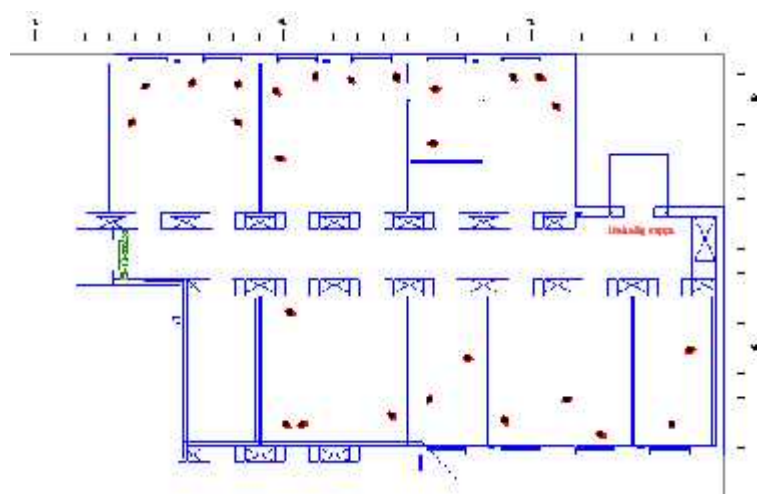
Tabell E.3 Indata till FAST för scenario 1B.

Aceton 10 liter	Brandrum		Rökmagasin
Compartment	Rum 1	Rum 2	Rum 3
Depth	6	2	30,5
Width	6	24	6
Interior Height	2,5	2,5	2,5
Elevation	0	0	0
Ceiling	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Floor	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Walls	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Model as shaft	nej	nej	nej
Horisontal Flow			
<i>Outside (läckage)</i>			
Width	0,1 (1)	0,1 (1)	0,1 (1)
Sill	0	0	0
Soffit	2,5	2,5	2,5
Wind	0	0	0
<i>Outside</i>			
Width		1,2 (0,5)	
Sill		0	
Soffit		2	
Wind		0	
<i>Outside</i>			
Width		1,2 (0,5)	
Sill		0	
Soffit		2	
Wind		0	
<i>Compartment 1</i>			
Width		0,9 (1)	
Sill		0	
Soffit		2	
Wind		0	
<i>Compartment 2</i>			
Width			6,3 (1)
Sill			0
Soffit			2
Wind			0
Main fire specification			
Type	Constrained		
x	3		
y	3		
z	0		
Lower oxygen limit	10		
Heat of Combustion	2,58E+07		
Initial fuel temperature	20		
Gaseous ignition temp	200		

Radiative fraction	0,3		
Target			
Type	Other		
Material	Plywood		
x	5		
y	5		
z	1,8		
Heat release rate	se dim brand 1B		
Open/Close vents	se Horisontal Flow		
Hydrogen to carbon ratio	0,168 (i)		
Carbon to carbon dioxide ratio	0,0065 (i)		
Model input/output			
Simulation	640		
Display	20		
Print	20		
History	20		
File name	Dimsc1B		
Restart	0		

(i) Speciellt värde för aceton de första 100 s, därefter standardvärden. Se bilaga G Sotproduktion

18.3.2 Simulex



Figur E.4 Personplacering i Simulex för scenario 1B.

Personerna antas vara av typen "office staff". Prickarna motsvarar vardera 1 person.

18.4 Scenario 2B: Etanol 10 liter, plan 2 hus 4

18.4.1 FAST

(0,5) = halvöppen förbindelse

(1) = öppen förbindelse

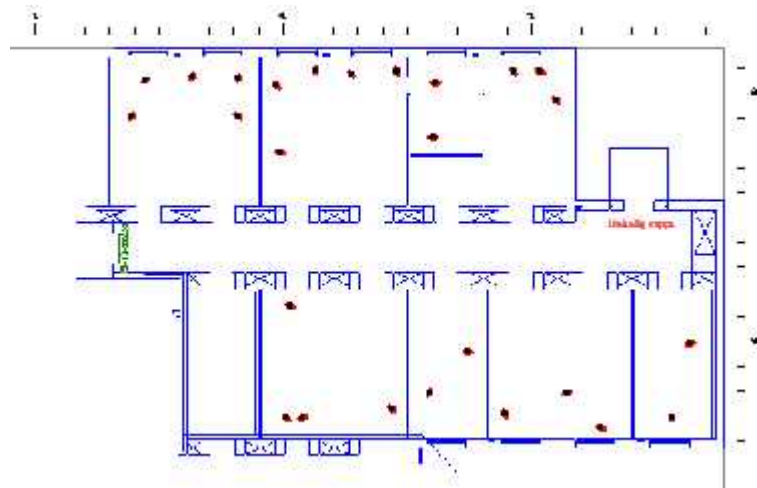
Tabell E.7 Indata till FAST för scenario 2B.

Etanol 10 liter	Brandrum		Rökmagasin
Compartment	Rum 1	Rum 2	Rum 3
Depth	6	2	30,5
Width	6	24	6
Interior Height	2,5	2,5	2,5
Elevation	0	0	0
Ceiling	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Floor	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Walls	concrete normal 6"	concrete normal 6"	concrete normal 6"
Model as shaft	nej	nej	nej
Horisontal Flow			
<i>Outside (läckage)</i>			
Width	0,1 (1)	0,1 (1)	0,1 (1)
Sill	0	0	0
Soffit	2,5	2,5	2,5
Wind	0	0	0
<i>Outside</i>			
Width		1,2 (0,5)	
Sill		0	
Soffit		2	
Wind		0	
<i>Outside</i>			
Width		1,2 (0,5)	
Sill		0	
Soffit		2	
Wind		0	
<i>Compartment 1</i>			
Width		0,9 (1)	
Sill		0	
Soffit		2	
Wind		0	
<i>Compartment 2</i>			
Width			6,3 (1)
Sill			0
Soffit			2
Wind			0
Main fire specification			
Type	Constrained		
x	3		
y	3		
z	0		
Lower oxygen limit	10		
Heat of Combustion	2,68E+07		
Initial fuel temperature	20		

Gaseous ignition temp	200		
Radiative fraction	0,3		
Target			
Type	Other		
Material	Plywood		
x	5		
y	5		
z	1,8		
Heat release rate	se dim brand 2B		
Open/Close vents	se Horizontal Flow		
Hydrogen to carbon ratio	0,252 (i)		
Carbon to carbon dioxide ratio	0,0045 (i)		
Model input/output			
Simulation	640		
Display	20		
Print	20		
History	20		
File name	Dimsc2B		
Restart	0		

(i) Speciellt värde för etanol de första 70 s, därefter standardvärden. Se bilaga G Sotproduktion

18.4.2 Simulex



Figur E.8 Personplacering i Simulex för scenario 2B.

Personerna antas vara av typen "office staff". Simulexindatan är identisk med scenario 1B. Prickarna motsvarar vardera 1 person.

19 Bilaga F Konsekvensberäkningar - Vätska

19.1 Underlag dimensionerande brand

19.1.1 Maxeffekt för acetonbrand 10 liter

$$Q=A_f \cdot x_i \cdot m'' \cdot \Delta H_c \quad [F.1]$$

x_i	1	
ΔH_c	25,8 MJ/kg	[F.1]
D	2 m	
V	0,01 m ³	
m''_{∞}	0,041 kg/m ² s	[F.1]
K β	1,9	[F.1]
m'' (D=2m)	0,040083 kg/m ² s	[F.1]

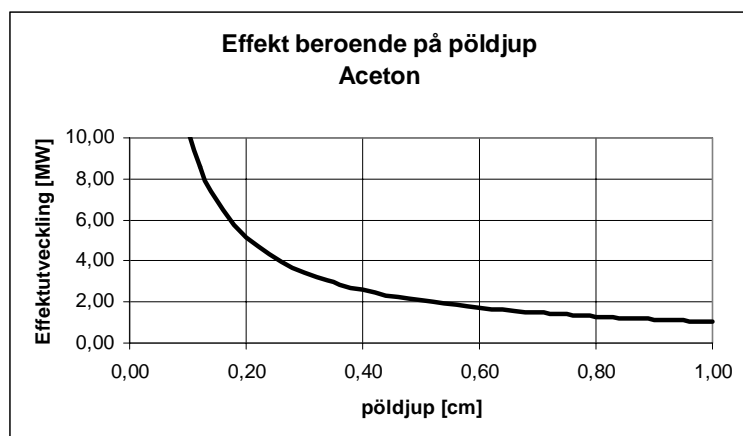
Ett rimligt djup är cirka 0,5 cm [F.1], vilket ger en maxeffekt på 2 MW för aceton.

19.1.2 Maxeffekt för etanolbrand 10 liter

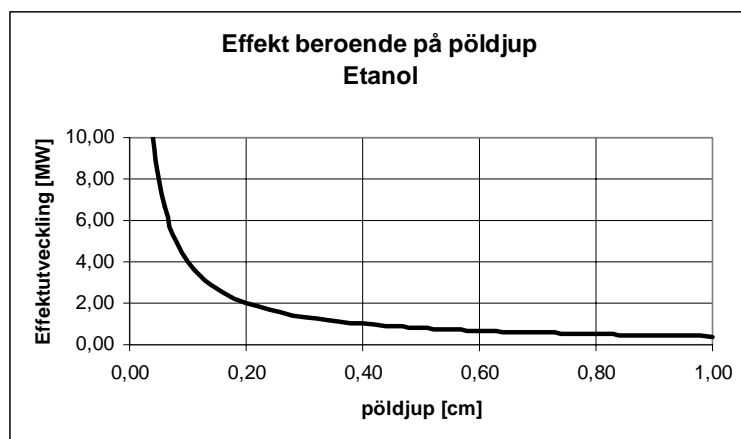
$$Q=A_f \cdot x_i \cdot m'' \cdot \Delta H_c \quad [F.1]$$

x_i	1	
ΔH_c	26,8 MJ/kg	[F.1]
D	2 m	
V	0,01 m ³	
m''	0,015 kg/m ² s	[F.1]

Ett rimligt djup är cirka 0,5 cm [F.1], vilket ger en maxeffekt på 1 MW för etanol.



Figur F.1 Effekt beroende på pöldjup för aceton.



Figur F.2 Effekt beroende på pöldjup för etanol.

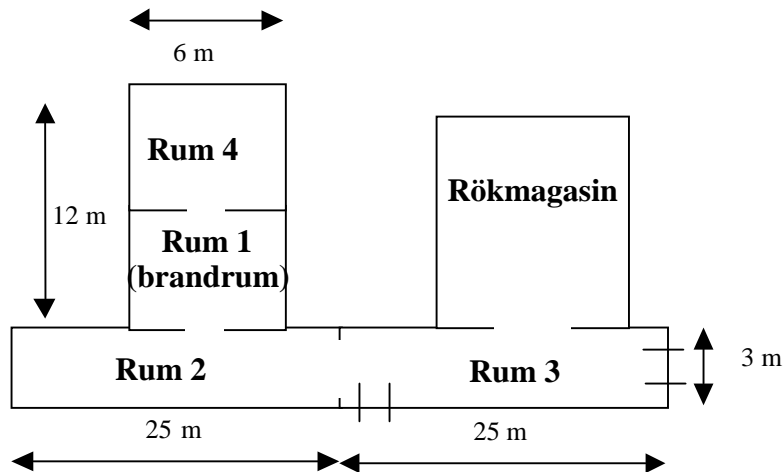
19.2 Referenser

- [F.1] Karlsson B., Quintiere J. "Enclosure fire dynamics". Brandteknik, Lunds tekniska högskola, 1997.

19.3 Scenario 1A: Aceton 10 liter, plan 0 hus 1 (omedelbar antändning)

19.3.1 Brandförlopp

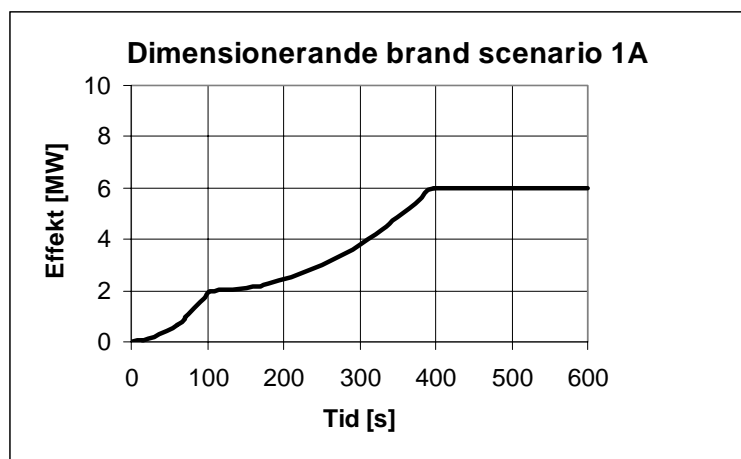
Brandrummet benämns här rum 1. Rum 2 och 3 utgör korridor utanför brandrummet. Rum 4 är det rum, som ligger innanför brandrummet och är förbundet med brandrummet genom en öppen dörr. Rumshöjden är 3,0 m i samtliga rum. Övriga mått framgår av figur F.3. Dörr mellan brandrum och korridor antas vara öppen under hela förloppet. Rökmagasinet är 44 * 6 m och 3 m högt och har en dörröppning på 4,5 m.



Figur F.3 Rumsgeometri i FAST för scenario 1A.

Dörren till vänster i rum 3 (se figur F.3), är en dörr till en trappa som leder nedåt. Den högra dörren är från början magnetuppställd. Under evakueringen antas dörrarna vara öppna när personer passerar. Därefter är de åter stängda. För att ta hänsyn till ovanstående antas i simuleringarna att båda dörrarna är halvöppna under hela förloppet.

Den brandeffekt, som 10 liter aceton kan ge upphov till, är cirka 2 MW, se figur F.1. Branden antas växa snabbt i styrka och följa en ultrafastkurva, vilket betyder att 2 MW är nått efter knappt 2 minuter. Branden antas snabbt spridas vidare till annat brännbart material (inredning och begränsad mängd brandfarlig vätska), och antas fortsätta enligt en fastkurva upp till en maximal effekt på 6 MW. Det gör att branden inte avtar då acetonen har förbränts. För dimensionerande brand, se figur F.4.



Figur F.4 Dimensionerande brand för scenario 1A.

19.3.2 Kritiska förhållanden

Simuleringarna i FAST ger tider till kritiska förhållanden, se tabell F.1.

Tabell F.1 Tider till kritiska förhållanden i scenario 1A. X motsvarar att kritiska förhållanden inte uppstår inom 600 s.

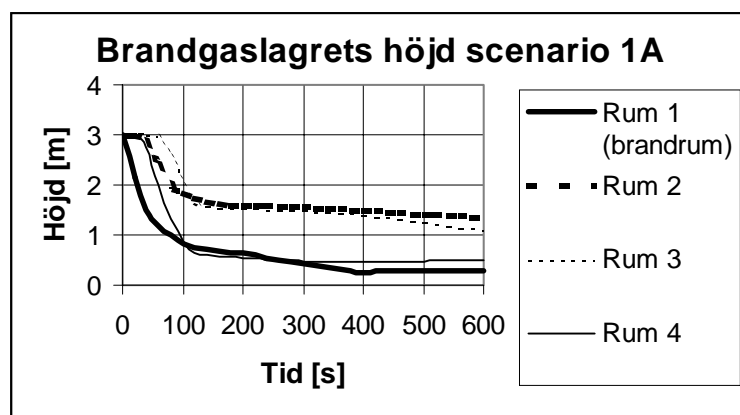
Kritiska förhållanden	Rum 1 (brandrum)	Rum 2	Rum 3	Rum 4
Temperatur undre lagret	129 s	X	X	232 s
Brandgaslagrets höjd	28 s	96 s	105 s	63 s
Kortvarig strålning	300 s	X	X	X

Kritiska förhållanden uppstår tidigast i rum 1 (brandrummet) efter 28 s och i rum 4 efter 63 s. Personerna i dessa två rum antas påbörja evakueringen direkt och antas ha hunnit ut i korridoren vid dessa tider. Korridoren är det dimensionerande rummet. Brandgaslagrets höjd i rum 2 är den parameter som först når kritiska förhållanden. Därför undersöks hur sikt- och temperaturförhållandena är i det övre brandgaslagret i rum 2. Resultatet från simuleringarna ger att brandgaslagret redan vid 92 s är 80°C, se tabell F.2. Således blir kritisk tid i detta scenario 96 s, då brandgaslagret befinner sig nere på kritisk höjd med för hög temperatur.

Tabell F.2 Tider till 1 obscura respektive till 80°C i det övre brandgaslagret i scenario 1A.

Förhållande	Rum 2
Sikttnedsättning	123 s
Temperatur övre lagret	92 s

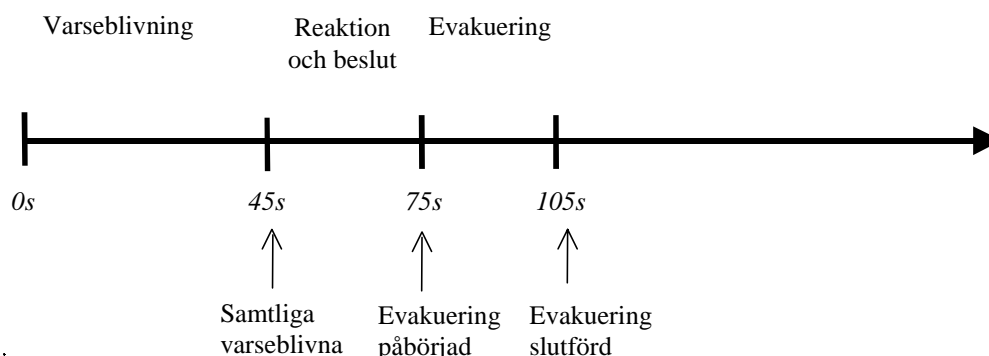
För resultat från simuleringarna för brandgaslagrets höjd, se figur F.5.



Figur F.5 Brandgaslagrets höjd i scenario 1A.

19.3.3 Utrymning

Från Simulex erhålls evakueringstiden 30 s. Tiderna för utrymningens olika faser åskådliggörs i figur F.6.



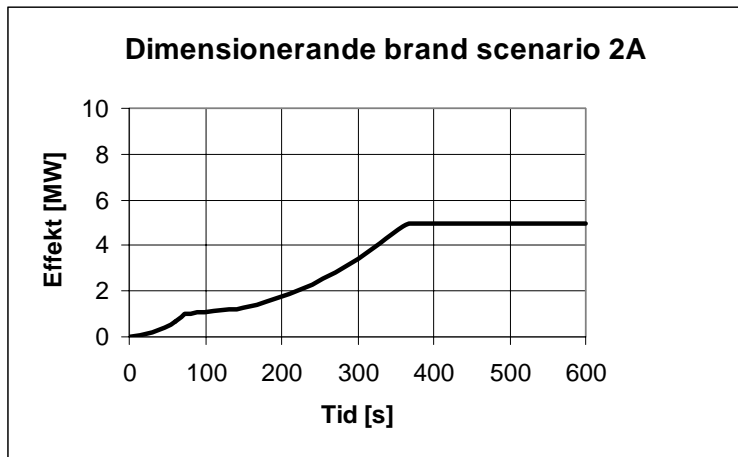
Figur F.6 Händelseförlopp scenario 1A.

19.3.4 Känslighetsanalys

Evakueringstiden är 30 s. Den bedöms som rimlig och anses inte behövas ifrågasättas. Däremot är det intressant att diskutera val av tid för varseblivning samt reaktion och beslut. För att utrymning skall kunna ske säkert måste tiden vara mindre än 65 s, vilket är skillnaden mellan tid till kritiska förhållanden och tid för evakuering. Det anses orimligt att samtliga personer skulle hinna bli varse branden, reagera och fatta beslut att evakuera inom 65 s. Om istället längre tider för varseblivning samt reaktion och beslut används, som bland annat rekommenderas i handböcker, används påverkas inte resultatet till det bättre.

19.4 Scenario 2A: Etanol 10 liter, plan 0 hus 1 (omedelbar antändning)**19.4.1 Brandförlopp**

Den brandeffekt, som 10 liter etanol kan ge upphov till, är cirka 1 MW, se figur F.2. Branden antas växa snabbt i styrka och följa en ultrafastkurva, vilket betyder att 1 MW är nått efter lite mer än 1 minut. Branden antas snabbt spridas vidare till annat brännbart material (inredning och begränsad mängd brandfarlig vätska), och antas fortsätta enligt en fastkurva upp till en maximal effekt på 5 MW. Det gör att branden inte avtar då etanolen har förbränts. För dimensionerande brand, se figur F.7.



Figur F.7 Dimensionerande brand för scenario 2A.

19.4.2 Kritiska förhållanden

Simuleringarna i FAST ger tider till kritiska förhållanden, se tabell F.3.

Tabell F.3 Tider till kritiska förhållanden i scenario 2A. X motsvarar att kritiska förhållanden inte uppstår inom 600 s.

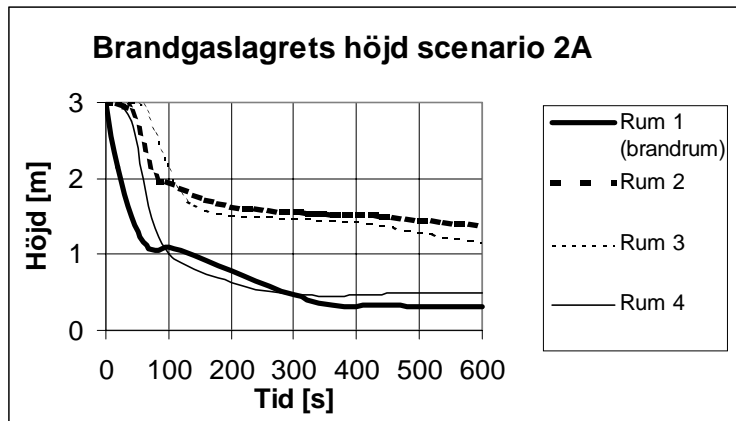
Kritiska förhållanden	Rum 1 (brandrum)	Rum 2	Rum 3	Rum 4
Temperatur undre lagret	202 s	X	X	286 s
Brandgaslagrets höjd	28 s	117 s	113 s	63 s
Kortvarig strålning	317 s	X	X	X

Kritiska förhållanden uppstår tidigast i rum 1 (brandrummet) efter 28 s och i rum 4 efter 63 s. Personerna i dessa två rum antas påbörja evakueringen direkt och antas ha hunnit ut i korridoren vid dessa tider. Korridoren är det dimensionerande rummet och därför undersöks den. I och med att det är brandgaslagrets höjd i rum 3 som först blir kritiskt undersöks hur sikt- och temperaturförhållandena är i det övre brandgaslagret i rum 3. Temperaturen blir kritisk efter 380 s och sikten når 1 ob efter 168 s, se tabell F.4. Innan 168 s anses inte brandgaslagret vara farligt, även om det är nere på kritisk höjd. Tiden 168 s blir dimensionerande, eftersom varken strålningen eller temperaturen i undre lagret når kritiska förhållanden innan dess.

Tabell F.4 Tider till 1 obscura respektive till 80°C i det övre brandgaslagret i scenario 2A.

Förhållande	Rum 3
Sikttnedsättning	168 s
Temperatur övre lagret	380 s

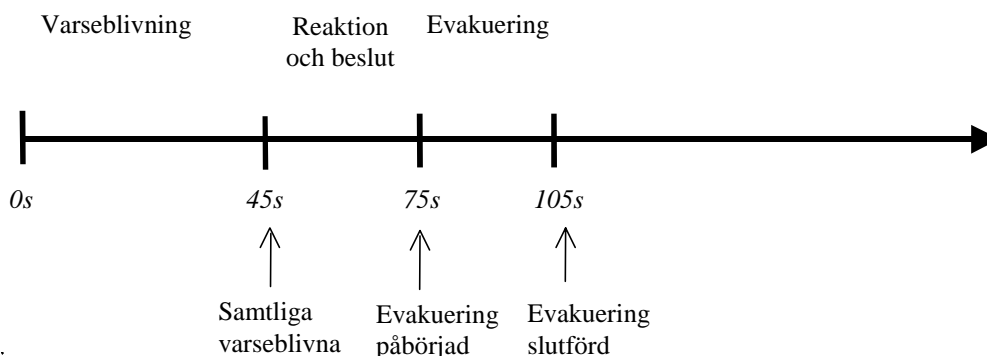
För resultat från simuleringarna för brandgaslagrets höjd, se figur F.8.



Figur F.8 Brandgaslagrets höjd i scenario 2A.

19.4.3 Utrymning

Från Simulex erhålls evakueringstiden 30 s, se scenario 1A. Utrymningen är avslutad efter 105 s. Tiderna för utrymningens olika faser åskådliggörs i figur F.9.



Figur F.9 Händelseförlopp scenario 2A.

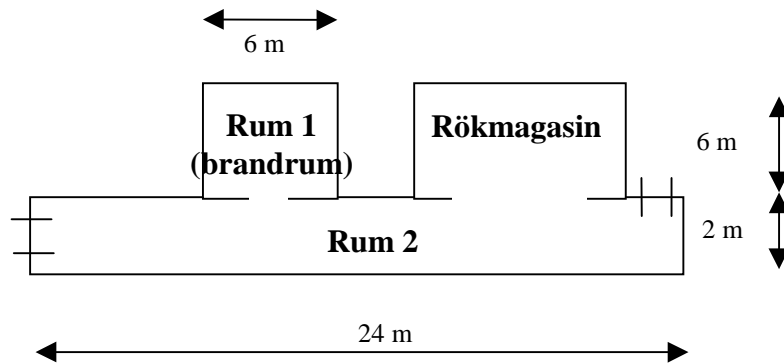
19.4.4 Känslighetsanalys

Evakueringstiden är 30 s. Den bedöms som rimlig och anses inte behövas ifrågasättas. Däremot är det intressant att diskutera val av tid för varseblivning samt reaktion och beslut. Om tid för kritiska förhållanden är 168 s och evakueringstiden 30 s, betyder det att den tid, som varseblivning samt reaktion och beslut maximalt får ta för att säker utrymning skall kunna anses ske, är 138 s. Det är inte orimligt att samtliga personer kan hinna gå igenom de två faserna på denna tid. Antag att tid för varseblivning är 60 s. Då återstår närmare 80 s för reaktion och beslut, vilket inte är en orimlig tid.

Antagandet skulle kunna göras att det är tillräckligt att brandgaslagret är nere på kritisk höjd, oavsett hur sikten och temperaturen i övre lagret är. Det får till följd att tid för kritiska förhållanden är 168 s. Utrymningen är avslutad efter 105 s. I detta fall kommer utrymning enligt gjorda antagande att kunna ske säkert.

19.5 Scenario 1B: Aceton 10 liter, plan 2 hus 4 (omedelbar antändning)**19.5.1 Brandförlopp**

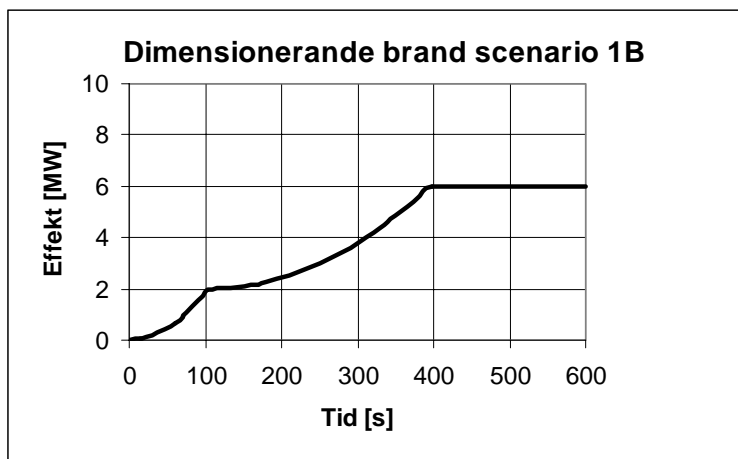
Brandrummet benämns här rum 1. Rum 2 utgör korridor utanför brandrummet. Rumshöjden är 2,5 m i samtliga rum. Övriga mått framgår av figur F.10. Dörr mellan brandrum och korridor antas vara öppen under hela förloppet. Rökmagasinet är 30 * 6 m och 2,5 m högt och har en dörröppning på 6,3 m.



Figur F.10 Rumsgeometri i FAST för scenario 1B.

Korridoren fortsätter på andra sidan dörren till vänster i rum 2 (se figur F.10). Dörren är från början magnetuppställd. Den högra dörren leder till en utvändigt utrymningstrappa. Under evakueringen antas dörrarna vara öppna när personer passerar. Därefter är de åter stängda. För att ta hänsyn till ovanstående antas i simuleringarna att båda dörrarna är halvöppna under hela förloppet.

Samma brandförlopp som i scenario 1A används. För dimensionerande brand, se figur F.11 (identisk med figur F.4).



Figur F.11 Dimensionerande brand för scenario 1B.

19.5.2 Kritiska förhållanden

Simuleringarna i FAST ger tider till kritiska förhållanden, se tabell F.5.

Tabell F.5 Tider till kritiska förhållanden i scenario 1B. X motsvarar att kritiska förhållanden inte uppstår inom 600 s.

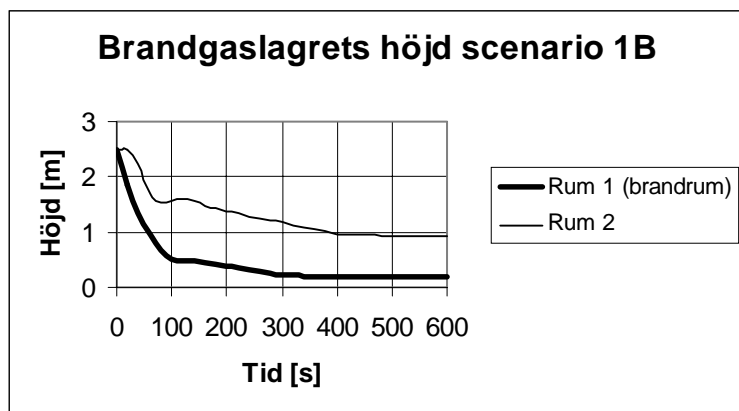
Kritiska förhållanden	Rum 1 (brandrum)	Rum 2
Temperatur undre lagret	100 s	X
Brandgaslagrets höjd	20 s	54 s
Kortvarig strålning	260 s	X

Kritiska förhållanden uppstår tidigast i rum 1 (brandrummet) efter 20 s. Personerna i detta rum antas påbörja evakueringen direkt och antas ha hunnit ut i korridoren vid denna tid. I och med att det är brandgaslagrets höjd i rum 2 som först blir kritiskt undersöks hur sikt- och temperaturförhållandena är i det övre brandgaslagret i detta rum. Se tabell F.6.

Tabell F.6 Tider till 1 obscura respektive till 80°C i det övre brandgaslagret i scenario 1B.

Förhållande	Rum 2
Siktredsättning	129 s
Temperatur övre lagret	70 s

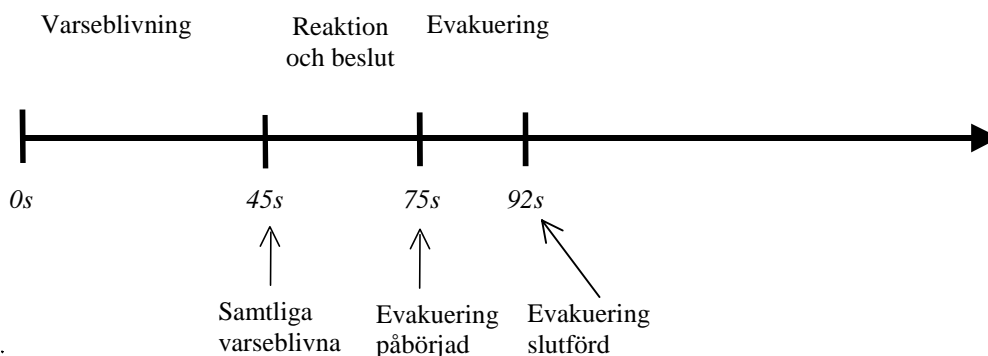
Den faktor som blir dimensionerande i detta scenario är brandgaslagrets höjd och temperaturen i det övre brandgaslagret, se figur F.12. Efter 70 s uppstår kritiska förhållanden i korridoren.



Figur F.12 Brandgaslagrets höjd i scenario 1B.

19.5.3 Utrymning

Från Simulex erhålls evakueringstiden 17 s. Tiderna för utrymningens olika faser åskådliggörs i figur F.13.



Figur F.13 Händelseförlopp scenario 1B.

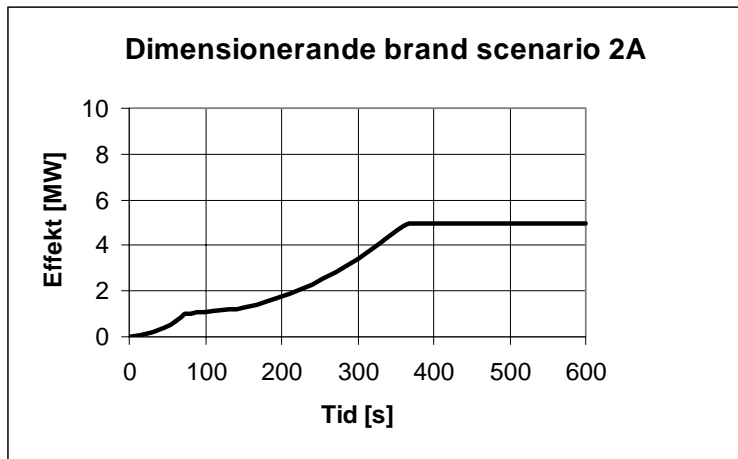
19.5.4 Känslighetsanalys

Evakueringstiden är 17 s. Den bedöms som rimlig och anses inte behövas ifrågasättas. Däremot är det intressant att diskutera val av tid för varseblivning samt reaktion och beslut. För att utrymning skall kunna ske säkert måste tiden vara mindre än 53 s, vilket är skillnaden mellan tid till kritiska förhållanden och tid för evakuering. Det anses orimligt att samtliga personer skulle hinna bli varse branden, reagera och fatta beslut att evakuera inom 53 s. Om istället längre tider för varseblivning samt reaktion och beslut används, som bland annat rekommenderas i handböcker, används påverkas inte resultatet till det bättre.

Antagandet skulle kunna göras att det är tillräckligt att brandgaslagret är nere på kritisk höjd, oavsett hur sikten och temperaturen i övre lagret är. Det får till följd att tid för kritiska förhållanden är 54 s. Utrymningen är avslutad efter 92 s. Även i detta fall kommer utrymning enligt gjorda antagande inte att kunna ske säkert.

19.6 Scenario 2B: Etanol 10 liter, plan 2 hus 4 (omedelbar antändning)**19.6.1 Brandförlopp**

Samma brandförlopp för etanol som i scenario 2A används. För dimensionerande brand, se figur F.14 (identisk med figur F.7).



Figur F.14 Dimensionerande brand i scenario 2B.

19.6.2 Kritiska förhållanden

Simuleringarna i FAST ger tider till kritiska förhållanden, se tabell F.7.

Tabell F.7 Tider till kritiska förhållanden i scenario 2B. X motsvarar att kritiska förhållanden inte uppstår inom 600 s.

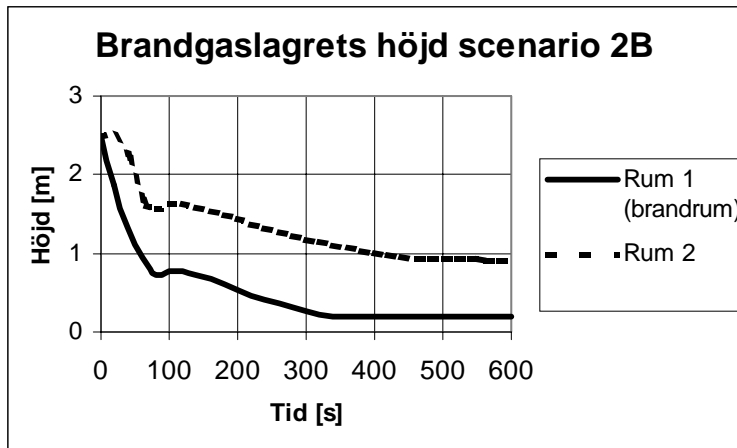
Kritiska förhållanden	Rum 1 (brandrum)	Rum 2
Temperatur undre lagret	160 s	X
Brandgaslagrets höjd	20 s	54 s
Kortvarig strålning	291 s	X

I och med att det är brandgaslagrets höjd som först blir kritiskt undersöks hur sikt- och temperaturförhållandena är i det övre brandgaslagret i rum 2. Se tabell F.8.

Tabell F.8 Tider till 1 obscura respektive till 80°C i det övre brandgaslagret i scenario 1B.

Förhållande	Rum 2
Siktnefsättning	107 s
Temperatur övre lagret	70 s

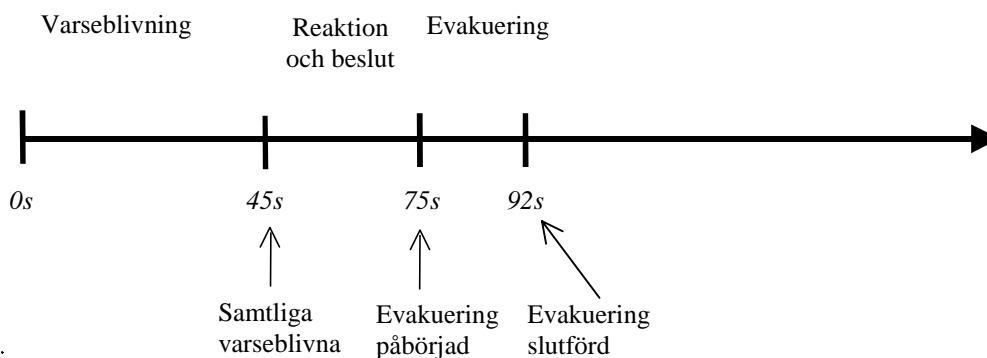
Den faktor som blir dimensionerande i detta scenario är brandgaslagrets höjd och temperaturen i det övre brandgaslagret, se figur F.15. Efter 70 s uppstår kritiska förhållanden i korridoren. Innan dess har varken strålning eller temperaturen i undre lagret nått kritiska förhållanden och därför blir tiden 70 s tiden för kritiska förhållanden.



Figur F.15 Brandgaslagrets höjd i scenario 2B.

19.6.3 Utrymning

Från Simulex erhålls evakueringstiden 17 s, se scenario 1B. Utrymningen är avslutad efter 92 s. Tiderna för utrymningens olika faser åskådliggörs i figur F.16.



Figur F.16 Händelseförlopp scenario 2B.

19.6.4 Känslighetsanalys

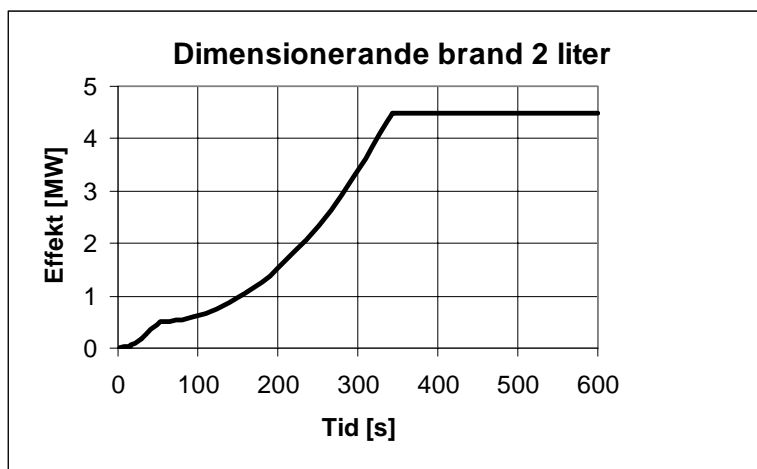
Evakueringstiden är 17 s. Den bedöms som rimlig och anses inte behövas ifrågasättas. Däremot är det intressant att diskutera val av tid för varseblivning samt reaktion och beslut. För att utrymning skall kunna ske säkert måste tiden vara mindre än 53 s, vilket är skillnaden mellan tid till kritiska förhållanden och tid för evakuering. Det anses orimligt att samtliga personer skulle hinna bli varse branden, reagera och fatta beslut att evakuera inom 53 s. Om istället längre tider för varseblivning samt reaktion och beslut används, som bland annat rekommenderas i handböcker, används påverkas inte resultatet.

Antagandet skulle kunna göras att det är tillräckligt att brandgaslagret är nere på kritisk höjd, oavsett hur sikten och temperaturen i övre lagret är. Det får till följd att tid för kritiska förhållanden är 54 s. Utrymningen är avslutad efter 92 s. I detta fall kommer utrymning enligt gjorda antagande inte att kunna ske säkert.

19.7 Lämplig mängd

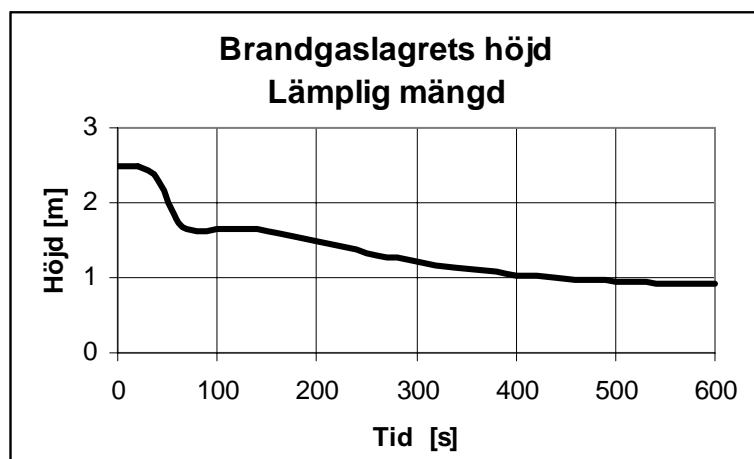
10 liter aceton och etanol gav icke acceptabla förhållande. Mängden minskades ner tills en acceptabel nivå erhöles. Den geometri som snabbast gav kritiska förhållanden i de tidigare

scenarier användes. Brandförloppet som redovisas i figur F.17 svarar mot den mängd aceton, som visade sig ge acceptabla förhållande.



Figur F.17 Dimensionerande brand för aceton 2 liter.

Brandförloppet i figur F.17 gav resultatet avseende brandgaslagrets höjd som redovisas i figur F.18.



Figur F.18. Brandgaslagrets höjd vid brand i 2 liter aceton.

20 Bilaga G Sotproduktion

20.1 Analys

Ju mer fullständig en förbränning är, desto mindre sot produceras. Beroende på vilket ämne som brinner, produceras olika stora mängder sot. Hur mycket ett ämne sotar kan uttryckas med hjälp av olika kvoter. Kvoterna används som indata i FAST, se bilaga E. Följande kvoter används:

H/C massa väte dividerat med massa kol [g/g].

C/CO₂ massa kol dividerat med massa CO₂ för förbränningsprodukterna [g/g]

För aceton C₃H₆O blir kvoterna följande:

$$\frac{H}{C} = \frac{6 \times 1,008}{3 \times 12,01} = 0,168 \text{ g/g}$$

$$\frac{C}{CO_2} = \frac{0,014}{2,14} = 0,0065 \text{ g/g}$$

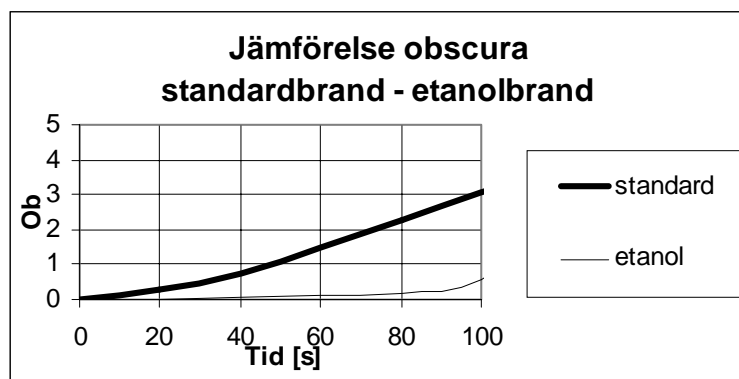
Värdena hämtas från tabell 3-4.11 i SFPE Handbook [G.1].

Resultatet av beräkningar för kvoterna finns i tabell G.1. Med standard menas den brand som ligger till grund för standardvärdena i FAST.

Tabell G.1. Kvoter för sotproduktion.

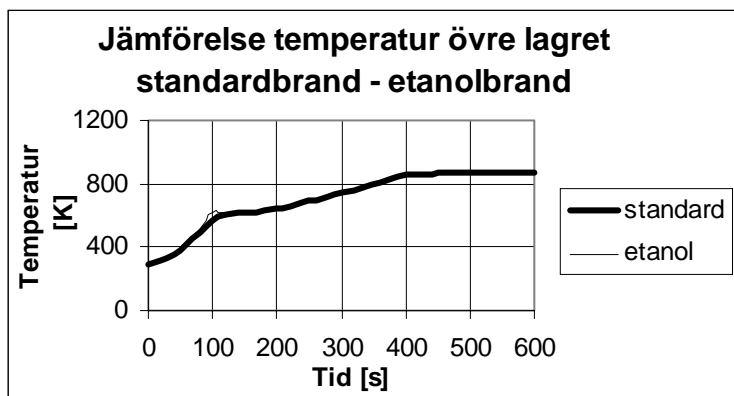
Ämne	H/C	C/CO ₂
Aceton	0,168	0,0065
Etanol	0,252	0,0045
Standard	0,08	0,03

Genom att använda värden för sotproduktion vid en alkohol- och lösningsmedelsbrand studeras siktnedsättningen i FAST. Siktnedsättning är förutsättning för att utlösa en rökdetektor. Resultatet redovisas i figur G.1. Sotproduktionen har betydelse för siktnedsättningen och det är ytterst viktigt att ta hänsyn till vad som brinner. Resonemang angående resultatet förs i 10.4.1 Utrymning.

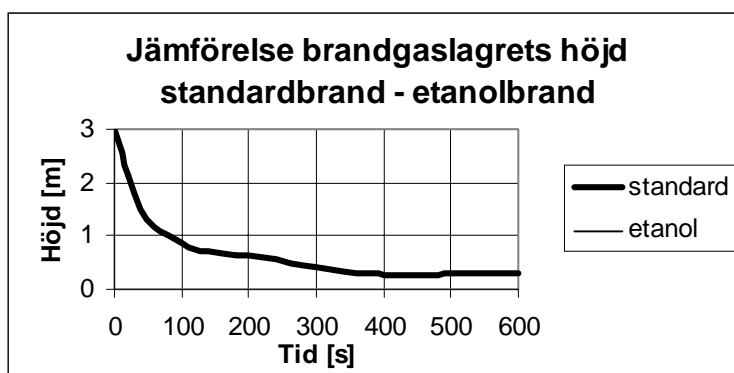


Figur G.1 Jämförelse av obscura mellan standardbrand och etanolbrand.

Vidare studerades om olika sotproduktion påverkar annat än siktförhållandena. Det visade sig att brandgaslagrets höjd och temperaturen i övre brandgaslagret påverkades försumbart, se figur G.2 och G.3.



Figur G.2 Jämförelse av temperatur i övre brandgaslagret vid standardbrand och etanolbrand.



Figur G.3 Jämförelse av brandgaslagrets höjd vid standardbrand och etanolbrand.

20.2 Referenser

- [G.1] ”The SFPE handbook of fire protection engineering”. Society of fire protection engineers, National fire protection association, Massachusetts. Second edition, ISBN 0-87765-354-2.

21 Bilaga H Jetflamma

LÄNGD JETFLAMMA

Beräkningarna följer FOA:s bok "Våda utsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor", Stockholm 1995

$$L_f = x_s \quad [11.8]$$

$$x_s = (5,95 \cdot Q) / ((\rho_a \cdot F)^{0,5} \cdot Y_s) \quad [6.12]$$

$$Q = (0,667 \cdot C_d \cdot A \cdot P_0) / (R \cdot T_0)^{0,5} \quad [4.18]$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$F = C_d \cdot A \cdot (1,26 \cdot P_0 - P_a) \quad [4.19]$$

$$R = R' / m \quad [4.9]$$

$$U_e = (\gamma \cdot R \cdot T_e)^{0,5} \quad [4.15]$$

$$T_e = 0,87 \cdot T_0 \quad [4.16]$$

$$P_e = 0,55 \cdot P_0 \quad [4.20]$$

$$\gamma = c_p / c_v \text{ egentligen, fast här schablon} \quad [4.6]$$

T_0	T behållare	293,15	K		Y_s	viktsandel bränsle i luften	0,00277	
γ	poissons kvot	1,30			T_e	T utloppet	255,04	K
R'	universella gaskonstanten	8,314	J/(mol*K)		R	gaskonstant för vätgas	4157,00	
M	massan hos vätgas	0,002	kg/mol		u_e	utloppshastighet	1174,00	m/s
R	radien läckageytan	0,00125	m		$A = A_e$	läckagearea	0,0000049	m ²
P_0	tryck behållare	20260000	Pa		Q	massflöde vätgas	0,04507	kg/s
P_e	tryck utloppet	11143000	Pa		F	dragkraften hos jetstrålen	93,608	N
P_a	atmosfärstryck	101300	Pa		x_s	sträcka till UBG	9,134	m
C_d	kontraktionsfaktor	0,75						
ρ_a	densitet luft	1,20	kg/m ³					
Y_s'	volymandel bränsle i luften	0,04						
ρ_{h2}	densitet vätgas	0,08	kg/m ³					

22 Bilaga I Volymsberäkningar

22.1 Beräkningar

Beräkningar utförs för att ta reda på om en gasutströmning från en behållare av brandfarlig gas kan leda till att brännbar blandning bildas i ett rum. Rummet som studeras är dels en 25-meterskorridor, dels en 50-meterskorridor. I korridorerna finns ingen ventilation. Gasen som studeras är den som analyseras i kapitel 11, det vill säga vätgas. Vätgas har är brännbar i blandningar med luft, där vätgasen utgör mellan 4-75 vol% av den totala bränsle/luftblandningen [I.1].

Vätgasen som studeras förvaras i 50-litersbehållare (taget från inventeringen) under ett tryck av 200 bar (kontrollerat vid besök på Kemacentrum). Det betyder enligt allmänna gaslagen att volymen efter utströmning av hela mängden gas i atmosfärstryck 1 bar blir

$$V_2 = \frac{p_1 * V_1}{p_2} = \frac{200 * 50}{1} = 10000 \text{ liter}$$

om index 1 representerar förhållandena i behållaren under 200 bars tryck och index 2 förhållandena i atmosfärstryck utanför behållaren, samt om behållaren innehåller 50 liter tryckkomprimerad vätgas.

Om denna volym (10 m^3) blandas homogent med luften, utan någon ventilation, innan någon antändningskälla är närvarande blir volymprocent bränsle följande:

25-meterskorridor

$$V_{25\text{mkorridor}} = b * l * h = 3 * 25 * 2,5 \text{ m} = 187,5 \text{ m}^3$$

$$\text{vol\% bränsle} = \frac{10}{187,5} * 100 = 5,3$$

50-meterskorridor

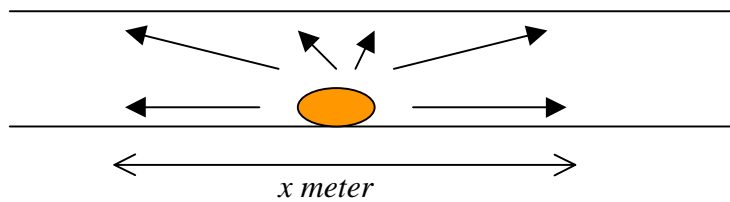
$$V_{50\text{mkorridor}} = b * l * h = 3 * 50 * 2,5 \text{ m} = 375 \text{ m}^3$$

$$\text{vol\% bränsle} = \frac{10}{375} * 100 = 3$$

För en 25-meterskorridor hamnar blandningen inom brännbarhetsområdet. För en 50-meterskorridor hamnar koncentrationen under undre brännbarhetsgränsen 4%. Dock kan här inte uteslutas att brännbar blandning trots allt kan uppstå.

Beräkningar visar att om blandningen av luft och vätgas istället sprids mindre än 0,9 meter på vardera hållet från en behållaren intill väggen i korridoren, kommer blandningen vara för fet för att kunna antändas. Detta grundas på följande beräkning:

Låt x vara det spridningsavstånd enligt figur I.1. som resulterar i en bränsle/luftblandning på 75 vol% vätgas, om vätgas blandas homogent med luften.



Figur I.1 Schematisk bild över gasutströmning från vätskebehållare i korridor.

Volym luft/bränsle: $x * 3 * 2,5 = 7,5x$

$$\text{vol}\% = 0,75 = \frac{10}{7,5 * x}$$

$$\Rightarrow x = \frac{10}{7,5 * 0,75} = 1,8 \text{ meter}$$

Det anses dock rimligt att spridningen når längre än så. Således kommer det med största sannolikhet att kunna uppstå brännbar blandning i korridoren.

Dörrarna till angränsande kontorsrum står oftast öppna ut till korridoren, varför gasen skulle kunna sprida sig till en större volym. Emellertid kan det inte uteslutas att antändning sker någon gång innan att bränsle/luftblandningen blir för utspädd för att kunna antändas.

22.2 Resultat

Beräkningarna visar att det sannolikt kommer att uppstå brännbar blandning i korridorerna vid ett utsläpp av vätskegas.

22.3 Referenser

[I.1] Drysdale, D. "An introduction to fire dynamics". John Wiley & Sons Ltd, 1987.

23 Bilaga J Sannolikheter

23.1 Analys

Engelsk statistik, som bland annat redovisas i en svensk handbok, [J.1] anger sannolikhet för brand i en lokal fördelat på olika verksamheter. I tillgänglig statistik utgör verksamheterna kemisk industri och/eller skola de som närmast bedöms vara jämförbara med verksamheten på Kemicentrum. Sannolikhetsfunktionerna för dessa verksamheter anges i tabell J.1. I funktionen anger konstanten A berörd byggnadsarea i m².

Poängteras bör att sannolikhetsfunktionerna i tabellen nedan representerar en generell brand medan sökt sannolikhet skall representera brand och/eller antändning i anslutning till ett spill/läckage av en ansenlig mängd brandfarlig vara (rimligtvis en mera sällsynt företeelse).

Tabell J.1 Sannolikhetsfunktioner för olika verksamheter [J.1].

Verksamhet	Sannolikhetsfunktion [brand/år]
Kemisk Industri	$0,0069A^{0,46}$
Skolor	$0,0002A^{0,75}$

Således anges sannolikheten för brand som förhållandevis hög inom kemisk industri och väsentligt lägre inom ramen för skolverksamhet. Sannolikheten för brand på Kemicentrum bedöms vara lägre än motsvarande sannolikhet inom kemisk industri. På Kemicentrum finns jämfört med industrin inte likvärdigt stora enheter för kraftöverföring (t.ex. transportband som kan gå varma), generellt inte lika många och stora kontinuerligt aktiva processer (där kontinuerlig utnötning kan orsaka spill/brand). Det görs inte heller samma typ av ständigt pågående underhåll, inom ramen för vilket brandtillbud kan uppkomma. Dock bedöms sannolikheten för brand på Kemicentrum vara något större jämfört med motsvarande sannolikhet för vanlig skolverksamhet. Därför antas att ett rimligt grundvärde på sannolikheten för brand på Kemicentrum fås av medelvärdet av de båda funktionerna i tabell J.1.

Arean på Kemicentrum är 49 000 m² [J.2], vilket ger följande:

- Klassad som kemisk industri: $0,0069 \cdot 49\,000^{0,46} = 0,99$ bränder/år
- Klassad som skola: $0,0002 \cdot 49\,000^{0,75} = 0,66$ bränder/år
- Kemicentrums verksamhet: $(0,99 + 0,66) / 2 = 0,83$ bränder/år

Således uppkommer bränder ungefär 0,83 gånger per år i Kemicentrums lokaler. Av dessa antas enligt egen bedömning en tredjedel vara brand i brandfarlig vara, det vill säga 0,28 bränder/år.

Cirka 8 % av inträffade bränder sprider sig från antänt föremål och ut till angränsande rum [J.1]. Detta betyder att bränder i brandfarlig vara som sprider sig till angränsande rum inträffar 0,02 ggr/år (1 gång på 50 år).

23.2 Referenser

- [J.1] ”Brandskydd, Boverkets byggregler, teori & praktik”. Brandskyddslaget, LTH-Brandteknik, Lund, 1994. ISBN 91-630-2875-1.
- [J.2] <http://www.kc.lth.se> 2001-05-14

DEL 2

MALL

Mall till utförande av

Riskutredning av brandfarlig vätska

inom Forskning och Utvecklingsverksamhet

**Lund 2001
Christoffer Bonthron
Sandra Danielsson**

Förord

Enligt Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 2000:2) om hantering av brandfarliga vätskor skall en riskutredning utföras av den som yrkesmässigt hanterar brandfarliga och explosiva varor. Denna bestämmelse verkar inom ramen för 9§ i Lagen om brandfarliga och explosiva varor, där formuleringen lyder att det skall finnas en tillfredsställande utredning av riskerna för brand eller explosion i verksamheten.

Denna mall är tänkt att ligga till grund för en riskutredning som sker enligt SÄIFS 2000:2 inom Forskning och Utvecklingsverksamhet. Mallen skall användas som stöd i utredningsarbetet och har utformats flexibelt med antagandet att stommen för samtliga utredningar kan vara densamma. Beroende på verksamheten som är föremål för utredning är det upp till utredaren att ändra, lägga till eller ta bort moment i mallen.

En tillämpning av denna mall sker i riskutredningen av Kemicentrum vid Lunds universitet. Det är i samband med denna riskutredning som mallen har arbetats fram. Rapporten heter *"Riskutredning enligt SÄIFS 2000:2 - Förslag till tillämpning samt mall"* [Bonthron/Danielsson]. Den kan fås genom Avdelningen för Brandteknik vid Lunds tekniska högskola i elektronisk format. Mallen och rapporten är framtagna som ett examensarbete vid Avdelningen för Brandteknik och i samarbete med Fire Safety Design AB och Lunds universitet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	1
<i>Steg 1</i>	2
<i>Steg 2</i>	2
<i>Steg 3</i>	2
HÄNVISNING	2
SAMMANFATTNING	3
PLANERING AV ANALYSEN	7
INSAMLING AV INFORMATION, DEFINITION AV SYSTEM	7
OBJEKTSBESKRIVNING.....	7
<i>Verksamhet</i>	7
<i>Brandtekniska system</i>	7
IDENTIFIKATION AV RISKKÄLLOR	8
INVENTERING.....	8
KEMIKALIELOGISTIK.....	8
<i>Leveransmottagning</i>	8
<i>Distribution</i>	8
<i>Hantering</i>	8
<i>Moment</i>	9
HANDLINGSPROGRAM.....	9
MÄNNISKA-TEKNIK-ORGANISATION	9
INCIDENTER	10
UPPSKATTNING AV RISK	10
GROVANALYS	10
VAL AV SCENARIER.....	10
KONSEKVENSPANALYS	10
SANNOLIKHETSPANALYS	11
RISKBEGREPPET	11
VÄRDERING AV RISK	15
KRITERIER	15
VÄRDERING	15
FÖRSLAG TILL RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	19
LITTERATUR	23
RISK.....	23
BRAND.....	23
UTRYMNING.....	23
MÄNNISKA-TEKNIK-ORGANISATION	23

Inledning

Den som bedriver en yrkesmässig hantering av brandfarlig vätska, skall ta fram en tillfredsställande riskutredning, där verksamheten beskrivs och skador som kan uppkomma utreds.

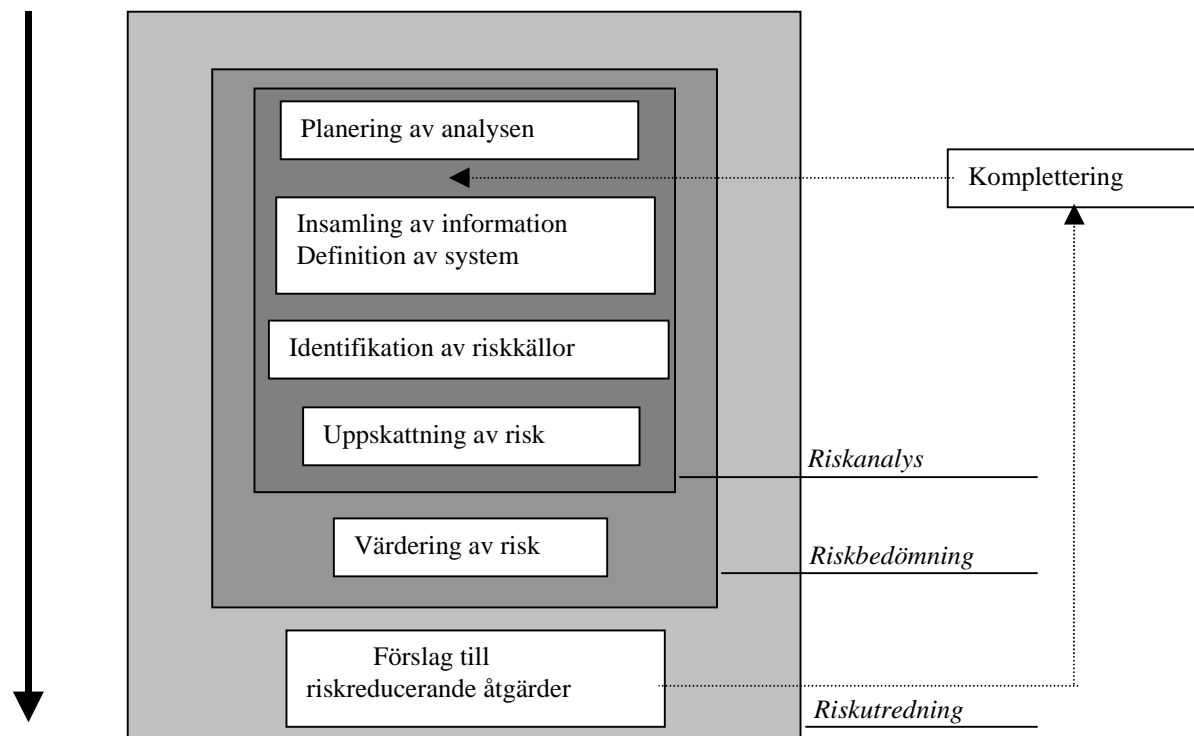
I SÄIFS 2000:2 finns i kapitel 3 hur riskutredningen ska dokumenteras. Det innebär följande:

- De brand- och explosionsriskerna som identifierats och bedömts
- De åtgärder som har vidtagits eller kommer att vidtas för att uppnå en betryggande hantering
- Klassningsplan enligt SÄI:s föreskrifter om klassning av riskområden vid hantering av brandfarliga gaser och vätskor
- Övriga för hanteringen relevanta uppgifter

Med en klassningsplan menas här en indelning av byggnaden i olika riskområden, som i sin tur styr bland annat vilka krav som ställs på den elektriska utrustningen som hanteras. Klassningen beskrivs i SÄIFS 1996:6.

Dessutom skall ett handlingsprogram upprättas, om verksamheten innebär hantering av mängder, som överstiger en viss storlek. Detta är dock inte aktuellt för de flesta Forsknings- och utvecklingsanläggningar.

Riskutredningen anses bestå av tre steg, som kan illustreras med hjälp av figur nedan.



Figur. Principschema för riskutredning.

Steg 1

Kärnan i riskutredningen utgörs av en riskanalys; steg 1. Den innefattar planering, faktainsamling, klargörande av riskkällor och bedömning av sannolikhet och konsekvens för olycksscenarierna. Sannolikhet och konsekvens för en olycka utgör tillsammans riskbegreppet.

Steg 2

Under steg 2 värderas risken. Det kan finnas kriterier, som avgör om risken är acceptabel eller inte. Det kan röra sig om myndigheter, kommuner eller företaget självt som har utformat dessa kriterier. Om det inte finns några kriterier kan det vara svårt att värdera risken. Lämpligt är då att även föra en diskussion runt problemet. Värderingen tillsammans med steg 1 kallas riskbedömning.

Steg 3

Tredje steget innebär att förslag till riskreducerande åtgärder eventuellt ges. Riskanalysen har belyst de delar där det finns behov för åtgärder. De områden som är mest akuta att åtgärda prioriteras. Kompletteringspilen i figur 1.1 innebär att riskutredningen måste uppdateras vid ändringar som påverkar säkerheten. De tre stegen tillsammans utgör en riskutredning, se figur 1.1. Det är denna typ av utredning som redovisas i rapporten. Således är det viktigt att inse att riskanalysen endast är en del av riskutredningen.

Hänvisning

I denna mall finns rekommenderat innehåll i riskutredningen framtaget. Icke desto mindre är det av yttersta vikt att även studera föreskriften SÄIFS 2000:2, för att ytterligare få en uppfattning om vilka krav som ställs och vilka allmänna råd som ges. Förslag på litteratur som kan vara av intresse ges allra sist i detta dokument.

Sammanfattning

I sammanfattningen lyfts de viktigaste sakerna fram, som framkommit under utredningen. Sammanfattningen skrivs i regel i slutet av arbetet, men placeras i början av rapporten. Läsaren får då en bra överblick av vad utredningen inneburit och också vad som är av vikt inför fortsatt läsning av utredningen.

Sammanfattningen bör täcka följande områden:

- Presentation av kravet på riskutredning och anledningen till att riskutredningen görs
- Kort beskrivning av objektet, där riskutredningen genomförs
- Sammanfattning av resultatet
- Status på anläggningens säkerhet
- Eventuella förslag till förbättringar för att uppnå en bättre säkerhet
- Redogörelse för hur utredningen utfördes i stort och hur slutsatserna togs fram, med beskrivning av scenarierna och resultatet av scenarierna

Sammanfattningen brukar skrivas så att den kan läsas fristående från övriga rapporten.

STEG 1

Risikanalyys

Planering av analysen

En lagstudie är lämplig att göra för den som utför riskutredningen. På så sätt blir han/hon medveten om vilka krav som ställs, om han/hon inte tidigare har utfört någon riskutredning.

Exempelvis kan lagen redogöras för genom att paragraf för paragraf belysa det viktigaste innehållet och därtill göra en kommentar om kraven är uppfyllda eller inte.

Eventuellt kan det vara av mindre intresse att just redovisa lagstudien om det råder tidsbrist eller ekonomiska hinder till detta. Det viktiga är att veta vilka krav som är anledningen till att genomföra utredningen, oavsett om de redovisas eller inte.

Det är lämpligt att belysa kraven tidigt i rapporten.

Kontentan av lagstudien är att en övergripande riskutredning skall utföras för att belysa riskerna med hantering och förvaring av brandfarliga varor.

Insamling av information, definition av system

Objektsbeskrivning

Verksamhet

Företaget kanske är utspritt på olika avdelningar eller byggnader med olika verksamhet. Följande är lämpligt att ha med:

- En objektsbeskrivning. Denna ger en överblick av arbetet inom företaget. Kanske är det bara intressant att studera enskilda byggnader och inte hela företagens verksamhet
- Organisation inom företaget
- Brandskydds- eller egen krishanteringsorganisation
- Kontakt med räddningstjänsten. Det kan finnas insatsplaner gjorda i samarbete med räddningstjänsten och eventuellt finns det något speciellt utbildningssamarbete
- Hur ofta personalen övar utrymning eller utbildas i första hjälpen med mera
- Om verksamheten kommer att ändras. Beskrivning av hur och i hur stor utsträckning det kommer att påverka utredningens giltighet

Brandtekniska system

Beskrivning av hur brandskyddet är ordnat i byggnaderna. Redogör för:

- Principer för brandcellsindelning
- Sprinkler
- Brandlarm
- Utrymningslarm
- Större förvaringsplatser för brandfarlig vätska
- Ventilation i lokaler för brandfarlig verksamhet eller förvaring
- Annat brandskydd

Identifikation av riskkällor

Inventering

En inventering av vilka brandfarliga vätskor som finns på företaget är viktig för utredningen. Vilka ämnen som finns i vilka mängder och var. Detta görs förmodligen enklast genom att presentera diagram som visar följande:

- Mängd brandfarlig vätska som tillstånd erhållits för
- Mängd brandfarlig vätska som inventerats
- Fördelning mellan vätskor klass 1, 2a, 2b och 3
- Antal förvaringsplatser
- Sammanlagd mängd av de vanligaste brandfarliga vätskorna

Slutsats av detta redovisas, till exempel att Ämne A är det som hanteras i störst mängd eller Ämne B som hanteras på flest ställen. Är den mängd att anse som farlig?

Förenklingar kanske har behövt göras när inventeringen genomförs. I så fall redovisas dessa lämpligen i ett eget stycke.

Kemikalielogistik

Hur kemikalierna transporteras inom företaget är viktigt att studera. Det är oftast vid hanteringen som risken är stor för att något ska hända. I kapitlet belyses hur logistiken ser ut. Det kan vara lämpligt att dela in det i följande underavsnitt.

Leveransmottagning

Här beskrivs hur de brandfarliga vätskorna tas emot på företaget; vem som handhar kvitteringen med mera.

Distribution

Distributionen ut till avdelningarna eller byggnaderna samt från avdelningarna kan innebära stora risker. Det är viktigt att försöka analysera de olika stegen i distributionen. I analysen bör följande finnas med.

- Behållarnas egenskaper, skyddsemballage
- Kemikalieförrådets placering
- Transportvägar i byggnaderna
- Transport efter användning av de brandfarliga vätskorna
- Rutiner för hantering
- Utbildning av dem som hanterar och transporterar de brandfarliga vätskorna

Hantering

Med rutiner för hantering i ovanstående punktlista menas inte bara hanteringen under transport, utan även den "aktiva" hanteringen på laboratorier. Då öppnas behållarna upp och ämnet är inte längre säkert emballerat.

- Kompetens för att handskas med kemikalierna
- Information om säkerhetsföreskrifter och rutiner i händelse av olycka/brand
- Utförande av riskanalys av experimentet innan det påbörjas

Moment

I logistiken kan olika moment innebära olika risker. Till exempel kan vagnar som inte är lämpliga för transporter användas. Dörrar som inte går att ställa upp eller som inte har dörröppnare kan utgöra svaga punkter i hanteringen och transporten. Redogör för olika svaga punkter som transporten innebär.

Handlingsprogram

Något av följande kriterier skall vara uppfyllda för att ett handlingsprogram skall utarbetas. Kriterierna är direkt hämtade ur SÄIFS 2000:2.

Brandfarlig vätska klass 1 (riskfras 11) eller klass 2 (riskfras 10) i mängder lika med eller större än 5000 ton.

Klass 1 eller klass 2 i mängder lika med eller större än 50 ton.

Klass 1 (riskfras R17) i mängder lika med eller större än 50 ton.

Klass 1 (riskfras R12) i mängder lika med eller större än 10 ton.

Vid temperaturer som är högre än kokpunkten i mängder lika med eller större än 10 ton.

Riskfraserna innebär:

R10	brandfarligt (till exempel pentanol)
R11	mycket brandfarligt (till exempel etanol)
R12	extremt brandfarligt (till exempel cyklopropan)
R17	självantänder i luft (till exempel magnesiumpulver)

Definitionen är hämtad från ”Del III - Klassificering och märkning av vissa farliga ämnen” (Kemikalieinspektionen 1995).

Innehållet, som preciseras i bilaga 2 i SÄIFS 2000:2, skall framförallt täcka nedanstående punkter:

- Mål och handlingsprinciper i förebyggandearbetet
- Verksamhetens organisation och personal
- Identifiering och bedömning av riskerna med brandfarlig vätska
- Planering inför nödsituationer
- Uppföljning

Människa-teknik-organisation

I SÄIFS 2000:2 ställs krav på att organisatoriska aspekter ska utredas och beaktas. Ofta skylls olyckor och tillbud på den mänskliga faktorn. Viktigt att veta är att det oftast är en bristande organisation, stressigt arbete eller dåliga rutiner som ligger bakom ett felhandlande. Om inte arbetssituationen är tillfredsställande är det svårt för den enskilda människan att göra ett bra arbete.

Belys människa-teknik-organisationsaspekterna (MTO-aspekterna) genom att analysera följande:

- Arbetsituationen för den enskilde anställde överlag: Handlingsutrymme och arbetskrav
- Företagets statistik jämfört med branschstatistiken för olyckor och tillbud
- Medvetenhet hos personalen angående säkerheten
- Säkerhetsrutiner

- Förhållningssätt till ny information om säkerheten
- Användargränssnitt. Olika källor till fel beskrivs. Svårigheter i utformning av till exempel datorprogram
- Utbildningsstatus hos de anställda och planer på utbildning i framtiden

Incidenter

Tillbud och olyckor belyses. Det är viktigt att veta vad som gått fel tidigare, för att lära av historien och inte upprepa händelseförloppet. Typer av fel när olyckor och tillbud inträffat redogörs för i korthet. Till grund kan här ligga brandkårens insatsrapporter och intern rapportering.

Uppskattning av risk

Grovanalys

Först görs en grovanalys. Det är vanligt att göra i ett tidigt skede i ett projekt. Med denna kan en uppfattning fås om risknivån på företaget och vilka delar som är intressanta för fortsatt, fördjupad analys. Det finns ett antal väl etablerade metoder för hur grovanalys kan tas fram. Till exempel kan grovanalysen presenteras i en matris, som visar sannolikhet och konsekvens på x- respektive y-axeln i ett diagram. Vid grovanalysen identifieras riskkällorna i verksamheten. Detta sker med hjälp av den kunskap om företaget som erhållits under analysens gång.

Val av scenarier

Vid val av scenarier för djupare analys används all information som framkommit i tidigare avsnitt i analysen. Grovanalysen ger viktigt information om vilka riskkällor som är lämpliga för djupare analys. Kunskap från logistikdelen och MTO-delen beaktas och även inventeringen ligger till grund. Olika scenarier väljs. Dessa scenarier är representativa för verksamheten och det är troligt att de kan uppstå.

Konsekvensanalys

Redovisa beräkningar och bedömningar av de konsekvenser som skulle kunna uppstå vid de olika scenarier som har valts. Datorprogram kan användas i denna analys och handberäkningar kan vara en alternativ metod. Följande kan vara lämpligt att redovisa:

- Teorin bakom använda metoder
- Eventuella avsteg gjorda från metoderna
- Antaganden och förenklingar gjorda under analysen
- Ifrågasättande av egna gjorda antaganden och förenklingar
- Referenser till använda metoder och värden i beräkningar med mera
- Svårigheter i bedömningarna och beräkningarna
- Tolkning av resultatet
- Slutsatser dragna av resultatet och diskussion av dessa

För att underlätta läsningen bör utförliga beräkningar läggas i bilaga och endast resultatet eller eventuellt övergripande beräkningsgång bör redovisas inne i rapporten.

Sannolikhetsanalys

I analysen ingår en sannolikhetsbedömning. Hur bedömningen är utförd redovisas. Olika källor och referenser tas upp och används för att beräkna sannolikheten för aktuell bedömning. Redovisa följande:

- Metod
- Eventuella avsteg gjorda från metoderna
- Antaganden och förenklingar gjorda under sannolikhetsbedömningen
- Ifrågasättande av egna gjorda antaganden och förenklingar
- Referenser till använda metoder och värden i beräkningar med mera
- Svårigheter i bedömningarna och beräkningarna
- Tolkning av resultatet
- Slutsatser dragna av resultatet och diskussion av dessa

Riskbegreppet

Sammanfatta resultaten och slutsatserna från konsekvens- och sannolikhetsanalysen till att uttryckas som en risk.

STEG 2

Värdering av risk

Värdering av risk

I steg 2 lyfts kriterier fram, som kan gälla för verksamheten och aktuell typ av anläggningen och företag. Värderingen av risken görs för att ta reda på om något bör göras åt existerande riskkällor eller om säkerheten är tillfredsställande som den är. Värderingen motiveras och underbyggs med lämpliga jämförelsekriterier eller resonemang.

Först redogörs för vilka kriterier som finns. Därefter ställs kriterierna mot resultatet från analysen i steg 1.

Kriterier

Följande punkter kan behandlas i detta avsnitt:

- Internationella kriterier
- Nationella kriterier
- Branschpraxis
- Lokala myndigheters beslut och regler
- Lokala riktlinjer från till exempel den egna företagsledningen

Ibland finns inte några lämpliga kriterier att följa. Då är det viktigt att beslutsfattarna på företaget och de som berörs kommer överens om vilka risker som kan accepteras. Till grund för detta viktiga beslut kan grovanalys och detaljerad analys ligga. Intressenter och verksamheten själv ska delta aktivt i värderingen av risken, oavsett om egna eller externa kriterier används.

Värdering

Värdering av risken sker. Ett resonemang förs om risken är acceptabel eller inte. Vad risken innebär lyfts fram och diskuteras.

STEG 3
Förslag till
riskreducerande
åtgärder

Förslag till riskreducerande åtgärder

Beroende på hur nivån är på säkerheten ur risksynpunkt behövs olika former av riskreducerande åtgärder. Om säkerheten är bristfällig; sannolikheten för hög eller konsekvensen av en olycka för stor; rekommenderas omfattande åtgärder för att nå en tillräcklig nivå på säkerheten. Om säkerheten däremot anses god behövs kanske inte så omfattande åtgärder. De åtgärder som kommer att vidtas ska redovisas.

De riskreducerande åtgärderna kan delas in i följande två block för att lättare identifiera dem:

- Åtgärder för att minska sannolikheten för olycka
- Åtgärder för att minska konsekvenserna i händelse av olycka

Åtgärder som kan vara aktuella kan vara förebyggande tekniska system, särskilt ventilationssystem vid brand eller gasdetektion. Det kan också vara aktiva system som sprinkler, som kan installeras. Alternativt kan det röra sig om förbättrad utrymningsorganisation i form av övningar eller utbildningar.

För att finna lämpliga riskreducerande åtgärder används kunskap från tidigare kapitel. Svagheter i hanteringen utgör källor för att finna lämpliga åtgärder. Där brister finns i verksamheten angående säkerheten finns ofta också mer eller mindre enkla åtgärder att ta vid för att reducera riskerna.

Kanske behövs ytterligare, detaljerade utredningar om något för att säkerställa vilka åtgärder som är lämpliga. Förslag på vad som i så fall ska utredas lyfts fram.

Litteratur- rekommendation

Litteratur

Nedan följer en lista med litteratur, som kan tjäna som stöd vid upprättandet av en riskutredning, förutom den lagstiftning som tidigare nämnts.

Risk

Paté-Cornell E. ”*Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment*”, Department of industrial engineering and engineering management, Stanford university, 1994. Vol 54, 996, pp 95-111.

”*Tekniska riskanalytiska metoder 3*”. Kemikontoret, Stockholm, 2001.

Brand

Drysdale, D. ”*An introduction to fire dynamics*”. John Wiley & Sons Ltd, 1987.

Karlsson B., Quintiere J. ”*Enclosure fire dynamics*”. Brandteknik, Lunds tekniska högskola, 1997.

”*Brandskydd, Boverkets byggregler, teori & praktik*”. Brandskyddslaget, LTH-Brandteknik, Lund, 1994. ISBN 91-630-2875-1.

Peacock R. et al, ”*User’s guide for FAST: Engineering tools for estimating fire growth and smoke transport*”. National institute of standards and technology, Gaithersburg, 2000.

”*The SFPE handbook of fire protection engineering*”. Society of fire protection engineers, National fire protection association, Massachusetts. Second edition, ISBN 0-87765-354-2.

Utrymning

Frantzich H. ”*Tid för utrymning vid brand*”. Brandteknik, Lunds tekniska högskola, 2001. P21-365/01.

”*Brandskydd, Boverkets byggregler, teori & praktik*”. Brandskyddslaget, LTH-Brandteknik, Lund, 1994. ISBN 91-630-2875-1.

Människa-teknik-organisation

”*Arbete-Människa-Teknik*”. Arbetarskyddsnämnden, Stockholm, 1997.

Blomé M. ”*Arbetsorganisation introduktionskompendium*”. Institutionen för Designvetenskaper, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2000.

Reason J. ”*Human error*”. Cambridge University Press, Cambridge, 1990. ISBN 0-521-31419-4.

