

# Risikanalys av Stora Gruvöns pappers- och massabruk

- Probabilistisk kvantitativ riskanalys av  
svaveldioxid- och klordioxidhantering

*Ola Slettenmark*

---

Department of Fire Safety Engineering  
Lund University, Sweden

Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet

Report 5035, Lund 1999

# **Risicanalys av Stora Gruvöns pappers- och massabruk**

**- Probabilistisk kvantitativ risicanalys av svaveldioxid- och  
klordioxidhantering**

**Ola Slettenmark**

**Lund 1999**

Risicanalys av Stora Gruvöns pappers- och massabruk

Ola Slettenmark

**Report 5035**

**ISSN: 1402-3504**

**ISRN: LUTVDG/TVBB--5035--SE**

Number of pages: 58 + Appendixes

Illustrations: Ola Slettenmark

**Keywords**

Risk analysis, pulp and paper plant, sulphur dioxide, chlorodioixide, gas discharge, uncertainty analysis, @Risk,

**Abstract**

By using qualitative risk analysis in order to identify large accidents a probabilistic quantitative risk analysis regarding the handling of sulphur dioxide and chlorodioixide have been carried out at Stora Gruvön pulp and paper plant, Grums. The results, individual risk and societal risk, have been compared to risk criterias.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 1999.

---

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

1990 utfördes en riskanalys vid Stora Gruvöns pappers- och massabruk i Grums. Resultatet innehöll en del med grovanalyser av processer samt en detaljerad analys av svaveldioxidhanteringen. Då bl.a. processer ändrats och ämnen bytts ut har beslut tagits om att utföra en ny riskanalys. Uppdraget anförtroddes åt Riskkonsulterna Mellansverige.

Denna rapport är resultatet av detta beslut och är ett arbete i 15 poängs kursen ”problembaserad brandteknisk riskvärdering” vid brandingenjörslinjen, Lunds tekniska högskola, Lunds Universitet. Arbetet har bedrivits som ett projektarbete åt Riskkonsulterna Mellansverige och har skett i samarbete med Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola samt Stora Gruvöns pappers- och massabruk i Grums.

Syftet med arbetet har varit att utföra en riskanalys av den storskaliga kemikaliehanteringen vid Stora Gruvöns pappers- och massabruk i Grums. Då rapporten är en produkt utförd åt Stora Gruvön är syftet även att rapporten ska kunna användas till internutbildning, bl.a. inom områdena myndighetskrav, riskhantering samt utsläpp och spridning av tunga gaser.

Metoden som använts går ut på att utifrån grovanalyser identifiera möjliga storolyckor. En probabilistisk kvantitativ riskanalys har sedan utförts för de hanteringsformer som ansetts behövas utredas ytterligare. Vidare har en enkätundersökning gjorts för att utreda hur de som arbetar med kemikaliehanteringen upplever säkerhetsarbetet vid Gruvön.

Vid granskning av det befintliga grovanalysmaterialet framkom att det innehöll ett flertal brister var vid beslut fattades att de skulle revideras. Denna uppgift föll på Stora Gruvön, men då det är ett tidskrävande arbete har det inte hunnit slutföras innan denna rapport färdigställdes. Detta resulterade i att identifieringen av möjliga storolyckor fick göras utifrån det icke reviderade analysmaterialet. Med de förutsättningarna valdes att utföra en detaljerad analys av svaveldioxid- och klordioxidhanteringen.

Den detaljerade analysen består av att fastställa utsläppsfrekvenser för utvalda skadehändelser och beräkna konsekvensen för dessa. Frekvenserna har fastställts med hjälp av beräkningar, statistisk data samt ingenjörsmässiga bedömningar. Utifrån en jämförelse mellan olika gasspridningsmodeller valdes ett handberäkningsuttryck som använder sig av Gaussisk spridning för att beräkna avståndet till dödliga koncentrationer. Valet baserades på att modellen har god överensstämmelse med de vedertagna modellerna GREAT och Chemsplus vid sökta koncentrationer samt att den är lämpad för utförandet av en osäkerhetsanalys.

Osäkerhetsanalysen utfördes för att ta hänsyn till de osäkerheter som föreligger i indata, t.ex. storlek på massflöde, vindhastighet och meteorologisk stabilitetsklass. Genom att uttrycka variablerna i spridningsuttrycket i form av sannolikhetsfördelningar framkommer även resultatet, riskavståndet, som en sannolikhetsfördelning givet ett utsläpp. På detta sätt erhålls ett mer realistiskt resultat än om man endast låtit variablerna anta enstaka punktvärden. Osäkerhetsanalyserna utfördes i den statistiska beräkningsmodellen @Risk. Genom att multiplicera sannolikhetsfördelningarna av riskavståndet med utsläppsfrekvenserna samt en yt- och vindfaktor kunde individrisken beräknas som funktion av avståndet.

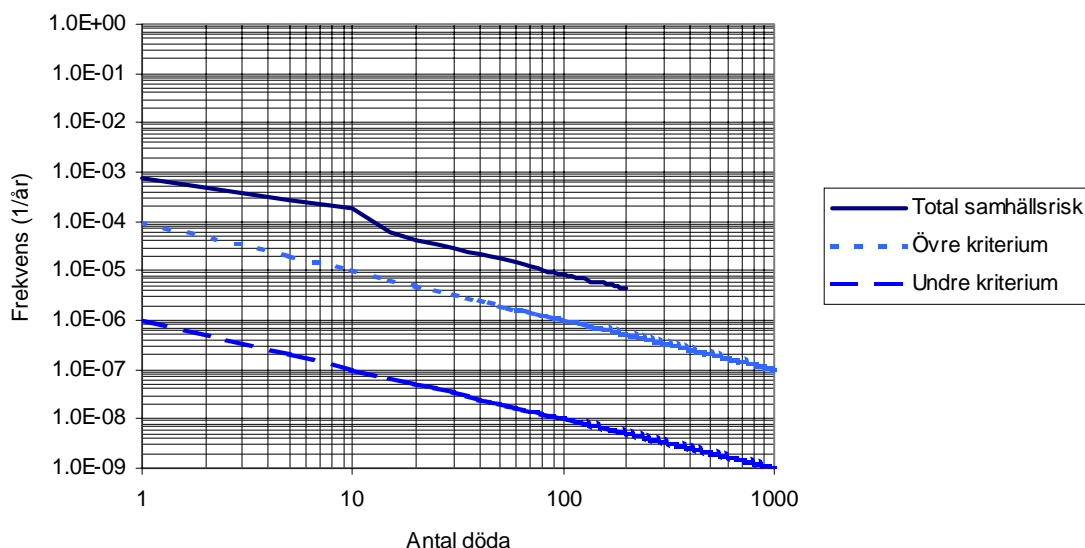
Persondensiteten i den omkringliggande bebyggelsen och inom industriområdet tillsammans med antagandet att 20 % av exponerade personer förolyckas gjorde att riskavstånden kunde översättas i antal förolyckade personer. Även i dessa beräkningar utfördes en

osäkerhetsanalys. Genom att multiplicera dessa värden med utsläppsfrekvenserna kunde samhällsriskerna framtas i form av F/N-kurvor.

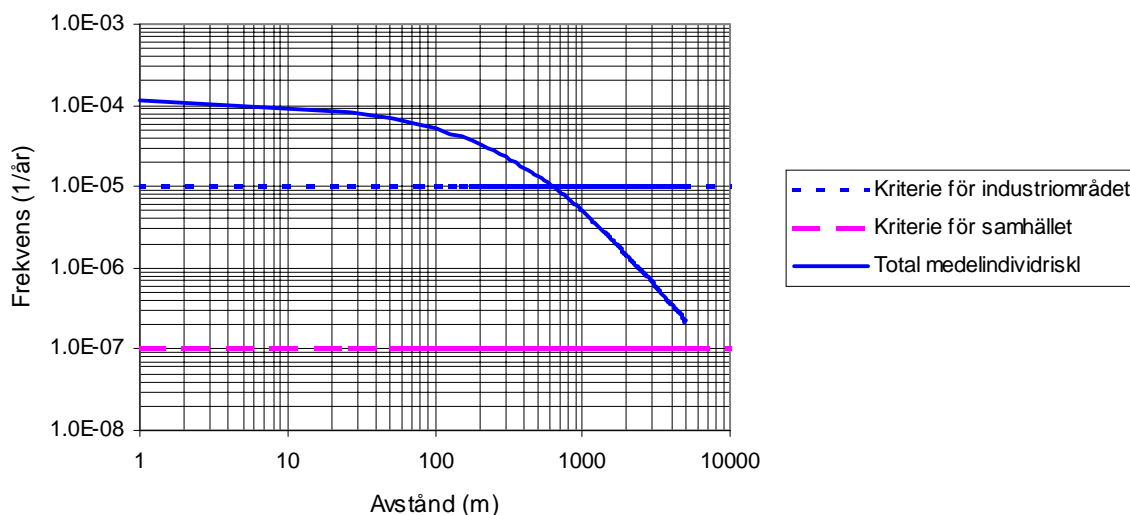
Vidare jämfördes de framtagna riskkurvorna med riskkriterier framtagna av Det Norske Veritas (DNV).

## RESULTAT

Total samhällsrisk svaveldioxid och klordioxid



Total medelindividrisk som funktion av avståndet



Resultatet visar att svaveldioxid- och klordioxidhanteringen ger ett riskbidrag som överstiger de valda kriterierna. Svaveldioxidhanteringen (lagring och distribution) dominerar kurvans utseende, hanteringen av klordioxid ger dock försumbart bidrag till kurvorna.

Frekvenser för olyckor inom sådan här hantering är starkt beroende av hur säkerhetsarbetet sköts på anläggningen, åldern på utrustningen samt material och kvalitet på ingående komponenter. De modeller som använts har ingen korrigeringsfaktor för dessa parametrar

utan bygger enbart på statistik från ett visst antal olyckor/tillbud. Med denna diskussion kan man dra slutsatsen att det finns osäkerheter i de frekvensberäkningar som gjorts, uppskattningsvis ligger den på faktor 10-100. I vidare utredningar vore det därför intressant att även göra en osäkerhetsanalys av frekvenserna för att på så sätt erhålla en tvådimensionell osäkerhetsanalys.

Resultaten för Gruvön visar, med hänsyn till osäkerheterna, dock att risknivån bör åtgärdas. Man bör även ha i åtanke att resultaten i nuläget endast avser hantering av svaveldioxid och kloridioxid, kriterierna gäller hela verksamheten.

De åtgärder som föreslås i rapporten är:

- Utbildning av personal
- Se över rutiner för underhåll och inspektioner
- Inventera behov av tekniska lösningar för riskreducering
- Uppdatera och revidera grovanalysmaterial



# SUMMARY

In 1990 a risk analysis was performed at Stora Gruvön's pulp and paper plant, Grums. The analysis contained a qualitative risk analysis of the industrial process and a quantitative risk analysis of the sulphur dioxide handling. Since manufacturing processes have been changed and chemical substances have been substituted a decision was taken to update the risk analysis. The assignment was given to Riskkonsulterna Mellansverige.

This report is the result of the update and it is also a part of the compulsory course "Fire Safety Engineering design and risk evaluation", given at the Fire Safety Engineer Program, Lund Polytechnic University. The work has been pursued in co-operation with Riskkonsulterna Mellansverige, Department of Fire Safety Engineering, Lund Polytechnic University and Stora Gruvön's pulp and paper plant.

The main purpose of this report has been to perform a risk analysis of the large-scale handling of chemicals at Stora Gruvön's pulp and paper plant, Grums. Hopefully the report will be used as in-service training, in the areas of authority requirements, risk management and discharge and distribution of condensed heavy gases.

The method that has been used is identification of possible large accidents by studying qualitative risk analyses. Then probabilistic quantitative risk analyses have been carried out for the scenarios requiring further investigation. A survey among the employees has been carried out in order to see the opinion regarding the company safety work.

When examining the previous qualitative risk analysis some significant imperfections were discovered and a decision was taken to revise that part of the analysis. The assignment was given to Stora Gruvön. This is a very time demanding task and Stora Gruvön thus has not been able to finish the revision before this version of the report was completed. As a result the identification of large accidents had to be carried out on the bases of earlier qualitative risk analysis which was not revised. Based on these limiting conditions probabilistic quantitative risk analyses of the handling of sulphur dioxide and chlorodioxide were performed.

The method of the probabilistic risk analysis consists of determination of discharge frequencies and calculation of the consequences for the chosen scenarios. The frequencies have been established from calculations, statistical data and by engineering based assumptions. After comparing different gas distribution models an expression, which uses Gaussian distribution, was chosen to calculate the distance to fatal gas concentration. The choice was based on the agreement of the models (at low gas concentrations) with the generally acknowledged computer models GREAT and Chemsplus. The choice was also based on the fact that the Gaussian expression is appropriate for uncertainty analysis.

The uncertainty analysis is carried out in order to take account of the uncertainties in inputs such as gas mass flow, wind speed, hole size, etc. By expressing the uncertain variables as probability density functions (pdf) the distance to a fixed gas concentration also will appear as a pdf. Using this method the result will be much more realistic compared to just using fixed values. The uncertainty analyses were performed using the statistical computer model @RISK. By multiplying pdfs representing the distance by the discharge frequencies and by a factor representing area and wind parameters the individual risk is given as a function of the distance.

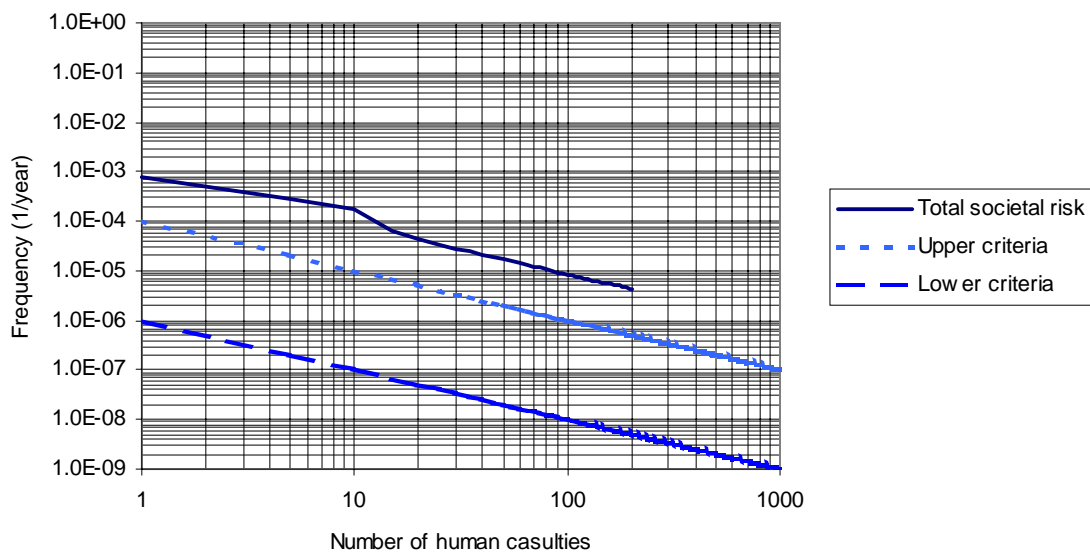


By knowing the population density in the surrounding area and in the industrial area the distribution distance could be translated into numbers of human casualties. These calculations were based on the assumption that 20% of the population will die in areas of fatal gas concentration. Also in these calculations an uncertainty analysis was accomplished. By multiplying the number of human casualties by the discharge frequencies the societal risk could be drawn as F/N curves.

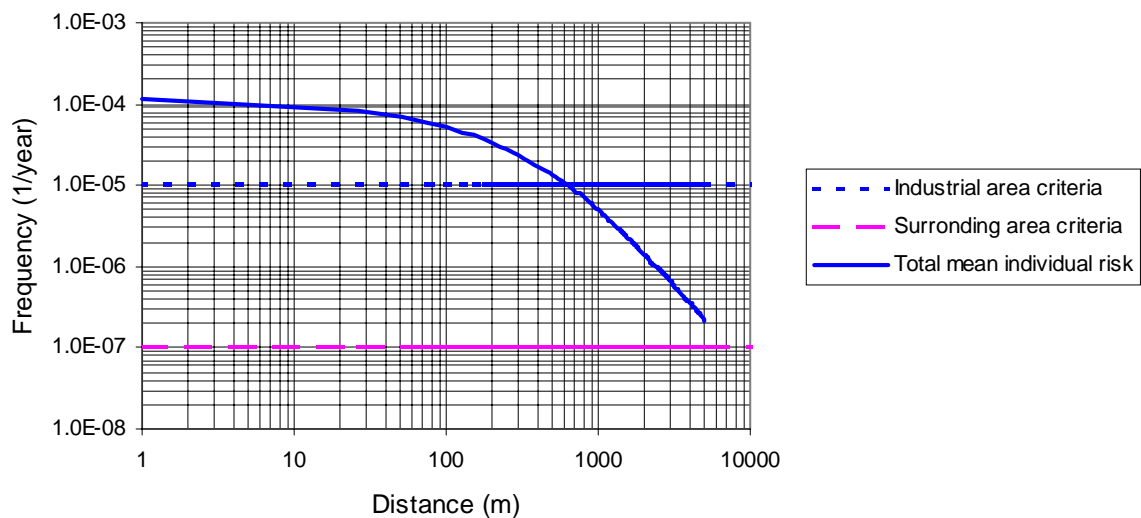
Both the individual risk and the societal risk were compared with risk criteria developed especially for Swedish conditions by Det Norske Veritas. Below the results are shown as a risk profile and an F/N curve.

## Results

Total societal risk "sulphur dioxide and chloro dioxide"



Total mean individual risk as function of the distance



The results show that the handling of sulphur dioxide and chlorodioxide contributes to a risk exceeding the chosen criteria.

Gas discharges in this type of plants strongly depend on the way safety work is carried out, the age of the equipment and the material and quality of the components being used. The models, which have been used to calculate discharge frequencies, do not consider these affecting parameters. From this it is possible to draw the conclusion that there are uncertainties in the calculated frequencies. Approximately the uncertainty falls between a factor 10 - 100. In further investigations it would therefore be interesting to perform an uncertainty analysis also of the discharge frequencies, which would lead to a two-dimensional uncertainty analysis.

Even considering the lowest risk level, obtained by the performed uncertainty analysis and the estimated uncertainty of the frequencies, the results indicates that level of risks exceeds acceptable criteria. One should also have in mind that the results only regard the handling of sulphur dioxide and chlorodioxide, the risk criterias regard all handlings within the plant.

In order to decrease the level of risk following actions are proposed:

- Education of the personnel
- Look over the routines of maintenance and inspections
- Make an inventory of the needs of risk decreasing technical solutions
- Update and revise the qualitative risk analysis



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1. INLEDNING.....</b>	<b>1</b>
BAKGRUND.....	1
SYFTE OCH MÅLSÄTTNING.....	1
METODIK.....	1
AVGRÄNSNINGAR OCH BEGRÄNSNINGAR .....	1
OLYCKSHISTORIK.....	2
<b>2. OBJEKTSBESKRIVNING .....</b>	<b>3</b>
ALLMÄNT.....	3
PRODUKTION.....	3
ANDRA VERKSAMHETER .....	4
TRANSPORTER.....	4
KEMIKALIER.....	4
FÖRETAGETS ORGANISATION.....	4
KONTROLLÅTGÄRDER.....	5
INDUSTRIBRANDKÅR .....	5
SKYDDSPLAN.....	5
<b>3. RISKANALYSERNA PÅ STORA GRUVÖN.....</b>	<b>7</b>
KVALITATIV RISKANALYS .....	7
KVANTITATIV RISKANALYS MED OSÄKERHETSANALYS.....	8
<b>4. IDENTIFIERADE MÖJLIGA STOROLYCKOR.....</b>	<b>11</b>
RESULTAT/SLUTSATS.....	12
<b>5. BERÄKNINGSMODELL .....</b>	<b>13</b>
SPRIDNINGSMODELL.....	13
KONSEKVENSBERÄKNINGAR .....	14
FREKVENSBERÄKNINGAR .....	14
<b>6. DETALJERAD ANALYS AV SVAVELDIOXID.....</b>	<b>15</b>
SVAVELDIOXIDHANTERING VID STORA GRUVÖN .....	15
FAKTA OM SVAVELDIOXID.....	16
KVALITATIV BESKRIVNING AV UTSLÄPP.....	16
BESKRIVNING OCH VAL AV SKADEHÄNDELSER.....	17
FREKVENSUPPSKATTNINGAR.....	18
INDIVIDRISK .....	19
SAMHÄLLSRISK .....	19
KOMMENTAR.....	19
<b>7. DETALJERAD ANALYS AV KLORDIOXID .....</b>	<b>21</b>
KLORDIOXIDHANTERING VID STORA GRUVÖN .....	21
FAKTA OM KLORDIOXID .....	21
KVALITATIV BESKRIVNING AV UTSLÄPP.....	22
BESKRIVNING OCH VAL AV SKADEHÄNDELSER.....	22
FREKVENSUPPSKATTNINGAR.....	23
INDIVIDRISK .....	23
SAMHÄLLSRISK .....	24
KOMMENTAR.....	24
<b>8. RESULTAT.....</b>	<b>25</b>
SAMHÄLLSRISK .....	25
INDIVIDRISK .....	26

<b>9. DISKUSSION OCH ÅTGÄRDSFÖRSLAG.....</b>	<b>29</b>
DISKUSSION.....	29
ÅTGÄRDSFÖRSLAG.....	31
<b>REFERENSER .....</b>	<b>33</b>
ÖVRIG LITTERATUR.....	35

## FÖRDJUPNINGSKAPITEL

<b>I. MYNDIGHETSKRAV.....</b>	<b>39</b>
ALLMÄNT.....	39
SEVESO DIREKTIVET (SEVESO I).....	39
SEVESO II.....	40
INDUSTRIOLYCKSKONVENTIONEN.....	41
SEVESO II OCH INDUSTRIOLYCKSKONVENTIONENS INVERKAN PÅ SVENSK LAGSTIFTNING.....	41
ARBETARSKYDDSVERKET (AV).....	42
SPRÄNGÄMNESINSPEKTIONEN (SÄI).....	42
STATENS RÄDDNINGSVÄRK (SRV).....	42
NATURVÅRDSVERKET (NVV).....	43
KRAV PÅ RISKANALYS.....	43
<b>II. ALLMÄNT OM RISKHANTERING .....</b>	<b>45</b>
RISK.....	45
RISKHANTERING.....	45
RISKANALYS.....	46
RISKVÄRDERING.....	49
RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER.....	51
<b>III. UTSLÄPP OCH SPRIDNING AV TUNGA GASER.....</b>	<b>53</b>
UTSLÄPP AV KONDENSERADE GASER.....	53
SPRIDNING.....	54
MOMENTANA RESPEKTIVE KONTINUERLIGA UTSLÄPP.....	55
PÅVERKANDE FAKTORER.....	56

## BILAGOR

<b>BILAGA A. METEOROLOGI.....</b>	<b>61</b>
STABILITETSKLASSER.....	61
METEOROLOGISK DATA.....	62
SANNOLIKHETSFÖRDELNINGAR.....	64
<b>BILAGA B. SPRIDNINGSMODELL OCH OSÄKERHETSANALYS.....</b>	<b>69</b>
MODELLJÄMFÖRELSE.....	69
SPRIDNINGSBERÄKNINGAR.....	71
OSÄKERHETSANALYS.....	74
<b>BILAGA C. FREKVENSBERÄKNINGAR.....</b>	<b>85</b>
BERÄKNINGAR.....	85
SVAVELDIOXID.....	85
KLORDIOXID.....	90

<b>BILAGA D. RISKBERÄKNINGAR SO<sub>2</sub></b> .....	<b>91</b>
VAL AV GRÄNSKONCENTRATION.....	91
MASSFLÖDE .....	91
TRANSPORT .....	92
LOSSNING.....	96
LAGRING .....	101
DISTRIBUTION .....	106
<b>BILAGA E. RISKBERÄKNINGAR ClO<sub>2</sub></b> .....	<b>111</b>
VAL AV GRÄNSKONCENTRATION.....	111
MASSFLÖDE .....	111
LAGRING .....	112
DISTRIBUTION .....	114
<b>BILAGA F. PROCESSBESKRIVNING .....</b>	<b>117</b>
<b>BILAGA G. ENKÄT KEMIKALIEHANTERING .....</b>	<b>123</b>
<b>BILAGA H. UTVÄRDERING AV ENKÄT .....</b>	<b>129</b>
<b>BILAGA I. REVIDERINGSUNDERLAG.....</b>	<b>135</b>
<b>BILAGA J. PROGRAMBESKRIVNING.....</b>	<b>137</b>
<b>BILAGA K. KARTOR.....</b>	<b>139</b>
<b>BILAGA L. KEMIKALIEINVENTERING .....</b>	<b>141</b>
<b>BILAGA M. MÖJLIGA STOROLYCKOR.....</b>	<b>145</b>



# 1. INLEDNING

## BAKGRUND

1990 utfördes en riskanalys vid Stora Gruvön. Resultatet innehöll en del med grovanalyser av processer, utförd av analysgrupper vid Gruvön, samt en mer detaljerad analys av svaveldioxidhanteringen, utförd av konsult Anders Jacobsson, AJ Risk Engineering. Då bl.a. processer ändrats och ämnen bytts ut har företaget beslutat att en ny riskanalys ska utföras. Uppdraget har anförtrotts Riskkonsulterna Mellansverige.

Denna rapport är resultatet av ett arbete i 15 poängs kursen ”problembaserad brandteknisk riskvärdering” vid brandingenjörslinjen, Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har utförts som ett projektarbete hos Riskkonsulterna Mellansverige och i samarbete med STORA Gruvön samt Institutionen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola. Handledare har varit professor Sven-Erik Magnusson, Institutionen för brandteknik, Lunds Tekniska Högskola samt Johan Hallencreutz och Jonas Røjås, Riskkonsulterna Mellansverige.

## SYFTE OCH MÅLSÄTTNING

Syftet med arbetet har varit att, i överensstämmelse med myndighetskrav, utföra en riskanalys av den storskaliga kemikaliehanteringen vid Gruvöns pappers- och massabruk i Grums.

Då detta även är en produkt åt Stora Gruvön är målsättningen att arbetet ska vara utbildande inom riskhantering och lagstiftning samt ge en god förståelse av utsläpps- och spridningsförloppet vid utsläpp av kondenserade tunga gaser. Vidare är målet att rapporten ska kunna användas som underlag till underhålls- och åtgärdsplaner samt för internutbildning.

## METODIK

Den information/data som är nödvändig för att genomföra analysen har erhållits genom platsbesök, intervjuer, enkätundersökningar samt referenslitteratur.

Arbetet följer i stor utsträckning CPQRA-metodiken (Chemical Process Quantitative Risk Assessment) /1/. Detta innebär att arbetet inleds med en olycksinventering åtföljd av frekvensskattningar, konsekvensberäkningar samt sammanvägande bedömningar.

Utifrån en grovanalys har en riskmatris upprättats, vilken tillsammans med ett antal kvalitativa riskanalysmodeller har utgjort underlag för identifiering av möjliga storolyckor. Spridningsberäkningar bygger på simuleringar av handberäkningsmodeller i datorprogrammet @RISK, vidare har en jämförelse av olika spridningsmodeller utförts. Frekvensskattningar har utförts med hjälp av statistiskt referensmaterial samt ingenjörsmässiga bedömningar.

Rapporten är uppdelad i tre delar; rapportdel, fördjupningskapitel samt bilagor. Rapportdelen är skriven som en teknisk rapport med tyngdpunkt på metoder, resultat samt åtgärdsförslag. För att även personer med mindre fackkunskaper skall kunna dra nytta av rapporten återfinns tre fördjupningskapitel placerade efter den tekniska rapporten. I slutet återfinns bilagor där bl.a. mer teoretiskt förklarande material, statistik, beräkningar och programbeskrivningar redovisas.

## AVGRÄNSNINGAR OCH BEGRÄNSNINGAR

Nedan presenteras generella avgränsningar och begränsningar som gäller för detta arbete. I övrigt redovisas mindre och beräkningsspecifika antaganden och begränsningar i rapportens kapitel eller bilagor.



Seveso II-direktivet anger att en säkerhetsrapport skall insändas vart femte år till berörda myndigheter. Denna säkerhetsrapport får bestå av skilda rapporter för att underlätta utförandet och undvika dubbelarbete. Stora Gruvön insänder årligen miljörapporter och kontrolleras av berörda myndigheter. Med anledning av detta redovisar inte den utförda riskanalysen risken för miljöskador utan endast personrisk.

För att identifiera möjliga storolyckor har de kvalitativa analyserna studerats. Analyserna anses dock innehålla brister varför det har tagits beslut om att revidera dessa. Då revideringen är en tidskrävande uppgift som Stora ej hunnit med innan denna rapport gick till tryckning har de icke reviderade analyserna tvingats användas som underlag till denna rapportversion.

I analysen berörs endast den hantering som sker från och med då ämnena finns inom Gruvöns verksamråde till dess de slutar distribueras, d.v.s. transport av farligt gods utanför verksamrådet samt läckage/utsläpp vid förångare mm. berörs ej. Vidare behandlas inte skador som uppkommer p.g.a. sabotage eller liknade handlingar.

Samhällsrisk är beräknad som den risk de analyserade hanteringarna tillför samhället. För att erhålla absolut samhällsrisk ska således den beräknade risken adderas till den risk som andra riskkällor, t.ex. naturkatastrofer och farligtgodstransporter, står för.

Samhällsrisk beror starkt av frekvenserna för utsläppen. Frekvenserna är i detta arbete främst framtagna genom beräkningar och jämförelser med statistisk data. Några av frekvenserna är i brist på underlag dock uppskattade genom ingenjörsmässiga bedömningar. Med de nämnda metoderna får man räkna med en osäkerhet på faktor 10-100 för slutfrekvenserna.

### **Kommentarer**

Kemikaliehanteringen vid Gruvöns bruk faller under §3 i AFS 1989:6 "Storskalig kemikaliehantering", vilken ställer krav på bl.a. utförandet av riskanalys, förebyggande arbete och information, utbildning och övning av personal. Då de samtidiga hanterade mängderna ej överstiger tröskelvärden i "bilaga II" berörs ej §8 i samma föreskrift. Med andra ord slipper Gruvön i dagsläget de hårdare kraven på redovisning enligt föreskrifterna. Med de kommande skärpta myndighetskraven i åtanke beslutades, trots att hanteringen omfattas endast av de lägre kraven, att detaljerade kvantitativa analyser av svaveldioxid- och kloridioxidhanteringen skulle utföras.

### **OLYCKSHISTORIK**

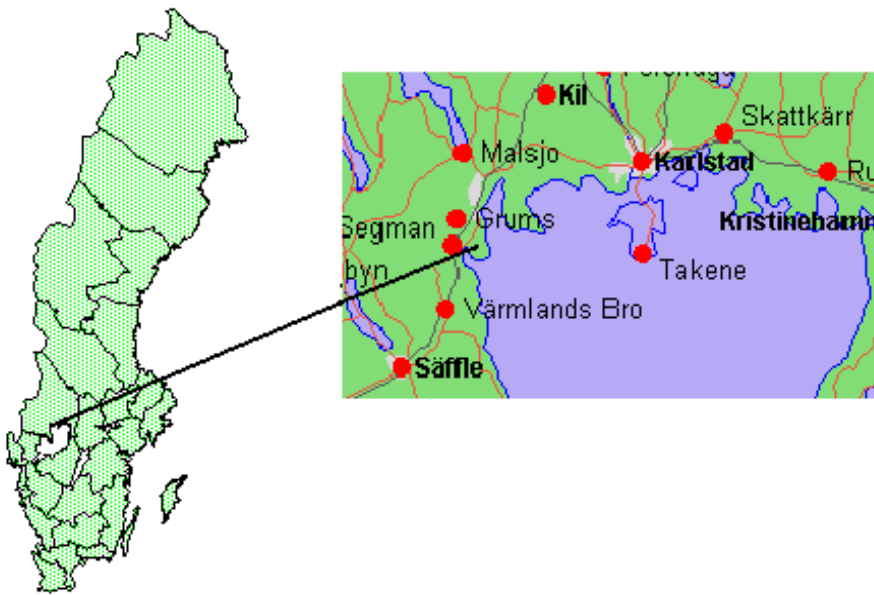
Det Schweiziska försäkringsbolaget Swiss Reinsurance har för åren 1971-1985 registrerat alla olyckor och katastrofer i världen som inneburit konsekvenser i form av fler än 20 dödsoffer eller egendomsskador för mer än 50 miljoner. Bolaget fann att 2300 sådana olyckor hade inträffat samt att konsekvenserna av dessa var 1,5 miljoner döda samt egendomsskador för 4000 miljarder kronor. /2/ Av ovan nämnda olyckor stod natur- och miljökatastrofer för 95 % av dödsoffren och antalet omkomna till följd av industriolyckor angavs vara ca. 5000 personer./2/

## 2. OBJEKTSBESKRIVNING

### ALLMÄNT

Stora Gruvön är ett massa- och pappersbruk som tillhör Stora Paperboard vilket ingår i Stora-koncernen. Bruket, som byggdes 1931, ligger i Grums kommun på en udde i Vänern mellan Slottsbroundet och Åsfjorden, öster om Europaväg 18, se figur 2.1. Den totala produktionen uppgår till 600.000 ton/år fördelat på 500.000 ton papper och 100.000 ton salumassa.

Tillverkningen sker endast med färskfiber då produktionen huvudsakligen går till livsmedelsförpackningar. I dagsläget har bruket ungefär 1250 anställda, varav ca. hälften är tjänstemän och den andra hälften arbetar inom produktionen och är indelad i fem skift. Detta medför att ca 750 personer vistas inom området under dagtid och ca. 150 personer under kvällar/nätter samt helger. /3/



Figur 2.1. Lokalisering av Gruvön

### PRODUKTION

Inom Gruvöns bruk produceras blekt sulfatmassa i två produktionslinjer, en för lövmassa och en för barrmassa, dessutom tillverkas neutralsulfitmassa i en tredjelinje. Papperstillverkning sker på sex maskiner. Nedan presenteras schematiskt de delar produktionsledet omfattar. /4/

- Renseri: Ved- och flishantering för barrved respektive lövved
- Fiberlinje 1 (lövvedsflis): kokeri, tvätt, sileri och blekeri
- Fiberlinje 2 (barrvedsflis): kokeri, sileri, oxygenblekeri, tvätt, blekeri och flingtork
- Neutralsulfitmassaframställning:
- Kraftpappersbruk: totalt sex stycken maskiner
- Kemikalieberedning/hantering: i anslutning till blekeriet tillverkas och hanteras blekkemikalierna

Fullständig processbeskrivning återfinns i bilaga F



Bild 2.1. Vy över Gruvöns anläggning.

## ANDRA VERKSAMHETER

Inom verksamhetsområdet finns även en såg. Aktiviteten rörande sågen omfattar förutom produktionen huvudsakligen transporter till och från anläggningen av råmaterial samt slutprodukt.

## TRANSPORTER

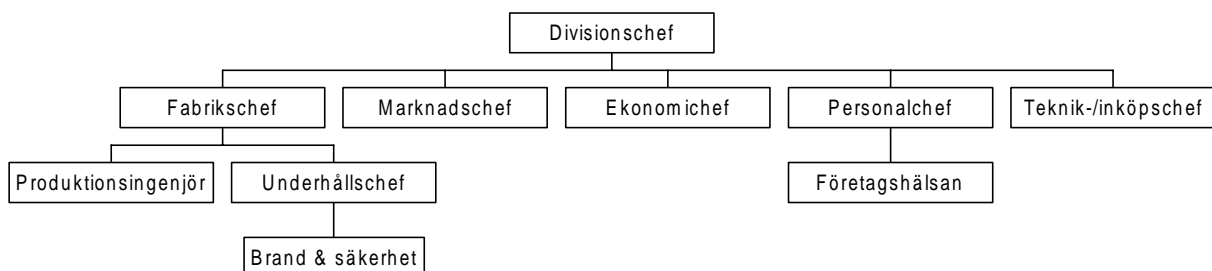
Transporter av råvaror, timmer och kemikalier, sker huvudsakligen med tåg, den resterande delen av transporterna sker med lastbil/tankbil. Eldningsolja till fabriken transporteras med båt. Interna transporter sker med transportband, rörledningar samt trucktransporter. Produkter transporteras huvudsakligen med tåg.

## KEMIKALIER

De kemikalier som används för produktion är bl.a. svaveldioxid, svavel, klordioxid, svavelsyra, metanol, väteperoxid, natriumklorat och lut. För fullständig kemikalieinventering samt årsförbrukning se kemikalielista, bilaga L.

## FÖRETAGETS ORGANISATION

Stora Gruvön ingår i Stora Paperboard som är en division inom Stora-koncernen. Divisionschefen som är direkt underställd VD har det yttersta ansvaret för arbetsmiljö, skydds- och säkerhetsarbetet. Divisionschefen är även ordförande i skyddskommittén. Under fabrikschef och personalchef organiseras verksamheter som direkt arbetar med skydds- och säkerhetsfrågor. I figur 2.2 nedan presenteras Gruvöns organisationsschema, vissa av grenarna är dock ej fullständiga.



Figur 2.2. Organisationsschema för Gruvön

Produktionsingenjörerna, som är skiftgående, har ett övergripande ansvar för produktionen direkt under fabrikssamordnaren. I händelse av en olycka skall den skiftgående produktionsingenjören fungera som företagets katastrofledare/räddningsledare. Personal inom företagshälsan arbetar huvudsakligen med frågor som berör arbetsmiljölagstiftningen med tillhörande avtal.

Inom sektionen brand & säkerhet tas frågor upp avseende industribrandskydd, bevakning, trafiksäkerhet och verkskydd. Inom sektionen finns även en industribrandkår med ca 40 man. Inom Stora Paperboard har respektive avdelningschef eller motsvarande ett direkt ansvar för arbetsmiljön. Frågor som berör arbetsmiljö, skydd och säkerhet tas alltid upp i avdelningens arbetsutskott (AU). Detta AU är ett lokalt skyddsråd och direkt underställt Stora Paperboards skyddskommitté.

För entreprenörer finns särskilda föreskrifter i ”Skyddsföreskrifter för entreprenadarbeten”. Dessa föreskrifter innehåller lokala villkor för entreprenörer och beställare när det gäller ordning, säkerhet och brandskydd.

### **KONTROLLÅTGÄRDER**

Vid nyinstallation inom Stora Paperboards anläggningar gäller SSG-standard (skogsindustriella standardiseringsgruppen). All utrustning vad beträffar tryckkärl, farliga media, hissar och lyftanordningar är underställd noggranna kontroller.

Ett flertal myndigheter med anknytning till storskalig kemikaliehantering genomför regelbundna inspektioner. Länsstyrelsens Naturvårdsenhet, Miljö- och hälsoskyddsnämnden och Räddningsnämnden är exempel på sådana. /4/

### **INDUSTRIBRANDKÅR**

För räddningsinsatser finns inom företaget en industribrandkår. Denna styrka består i huvudsak av personal ur skiftreparatörsgruppen som fått utbildning för denna verksamhet, totalt sju man/skift. Styrkan är avsedd för förstahandsinsatser i samband med olyckor samt att bistå den kommunala räddningstjänsten. Personalen i industribrandstyrkan övas regelbundet. För dem som ingår i styrkan anordnas åtta övningar per år. Varje övning omfattar två timmar. /4/

### **SKYDDSPLAN**

För Stora Paperboard finns en skyddsplan. Skyddsplanen innehåller bl.a. larmorganisation, åtgärdskalendrar samt företagets policy vid olika typer av olyckor/incidenter. Skyddsplanen innehåller även hur information till anställda, och omkringboende skall nå ut vid behov. I övrigt innehåller skyddsplanen information om ansvarsfördelning, debriefing/krishantering, kemikalieegenskaper, samt exempel på radiomeddelanden.

För arbetsplatsolyckor finns en debriefinggrupp samt en samaritorganisation. Organisationen består av ca. 70 personer varav minst två samariter skall finnas per skift. I arbetet ingår även företagets skyddsombud.



### 3. RISKANALYSERNA PÅ STORA GRUVÖN

1990 utfördes en riskanalys vid Stora Gruvön. Resultatet innehöll en del med kvalitativa analyser av processer, utförd av analysgrupper vid Gruvön, samt en mer detaljerad (kvantitativ) analys av svaveldioxidhanteringen, utförd av konsult Anders Jacobsson, AJ Risk Engineering. Anders Jacobsson fungerade även i egenskap av rådgivande i arbetet med den kvalitativa analysen.

Risikanalyserna vid Stora Gruvön som utförts i och med denna rapport kan grovt indelas i följande två huvudarbeten:

- att granska och ta fram revideringsunderlag för de tidigare utförda kvalitativa analyserna.
- utförandet av en kvantitativ analys av hanteringar och ämnen som enligt de kvalitativa analyserna anses kräva detta.

I detta kapitel redovisas de analysmetoder som valts för att genomföra det nämnda riskanalyserna. För förklaring av analysmetoder se fördjupningskapitel ”Allmänt om riskhantering”.

#### KVALITATIV RISKANALYS

De tidigare utförda analysmaterialet består av preliminär analys, ”vad händer om” analys (what if), HazOp samt en operatörsanalys (HRA). Det befintliga analysmaterialet är omfattande och innehåller många analyspunkter. Vid granskning av analysmaterialet upptäcktes dock ett flertal brister och i samförstånd beslutades att analysmaterialet skulle revideras för att bli mer systematisk och konsekvent, se bilaga I ”Revideringsunderlag”.

I det befintliga preliminära analysen graderades bl.a. sannolikheten på en femgradig skala och konsekvensen på en tregradig skala. I samband med revidering beslutades därför även att den tregradiga konsekvensskalan skulle omtolkas till en femgradig skala. Detta för att analysen skulle bli mer konsekvent samt för att erhålla en noggrannare gradering av konsekvensen. I och med detta överensstämmer även skalan med de allmänt vedertagna riskmatriserna som Kemikontoret framtagit.

Då det krävs stor erfarenhet av de specifika processerna för att kunna utföra arbetet med omtolkning och revideringen har det i samförstånd beslutats att STORA själva ska utföra dessa moment, dock med stöd från Riskkonsulterna. Då dessa moment är mycket tidskrävande hinner dock inte arbetet bli färdigt till denna rapportens tryckning. Med anledning av detta kommer det ursprungliga analysarbetet behöva användas som arbetsgrund i denna rapport.

Det kvalitativa analysmaterialet har använts för att lokalisera och identifiera riskkällor. Resultaten från den preliminära analysen, sannolikhet och konsekvens för skadehändelser, har ritats in i s.k. riskmatriser. På detta sätt kan resultaten lätt jämföras och överblickas samt ställas mot acceptanskriterier. Metoden åskådliggör på ett bra sätt de skadehändelser som kan resultera i en storolycka. Man kan benämna grovanalysen som en kvalitativ riskanalysmetod med storleksuppskattningar av sannolikhet och konsekvens.

### **Riskkriterier gällande grovanalysen**

De ovan nämnda riskmatriserna från Kemikontoret ligger till grund för acceptanskriterier i denna rapport, dock kommer dessa omtolkas till matriser passande det icke reviderade materialet. Kriterierna för acceptabel risknivå blir i denna modell grova till följd av osäkerheten i bedömningarna av sannolikhet och konsekvens. Genom att kriterierna ofta består av en flytande skala med stora gråzoner bör man analysera gränfallen vidare innan en slutgiltig bedömning av säkerhetsnivån görs, detta för att ta hänsyn till de förekommande osäkerheterna. Kriterierna för grovanalysen väljs i denna rapport till konsekvensgrad 3, ”allvarlig/katastrof, betydande person- och egendomsskador”, se kapitel ”identifierade möjliga storolyckor”.

### **KVANTITATIV RISKANALYS MED OSÄKERHETSANALYS**

För de identifierade riskkällor som i de kvalitativa analyserna bedömts vara allvarliga har en kvantitativ riskanalys utförts. Metoden kan även kallas kvantitativ probabilistisk riskanalys eftersom stor vikt ligger i sammanvägningen av sannolikhetsbedömningar och konsekvensberäkningar.

Utifrån grovanalyserna har händelseträd skapats som på ett enkelt sätt åskådliggör de analyserade skadehändelserna. För varje delhändelse har en frekvens beräknats/uppskattats samt konsekvensberäkningar utförts.

Utifrån den kvantitativa analysen har en osäkerhetsanalys utförts. Detta innebär att man tar hänsyn till de osäkerheter som finns i ingående parametrar. För gasspridning kan det t.ex. innebära variationer i massflöde och vindhastighet. Detta ger att resultatet, individ- och samhällsrisk, också har en osäkerhet och utfaller som en sannolikhetsfördelning. Resultaten har slutligen jämförts med riskkriterier.

### **Riskkriterier gällande kvantitativ analys**

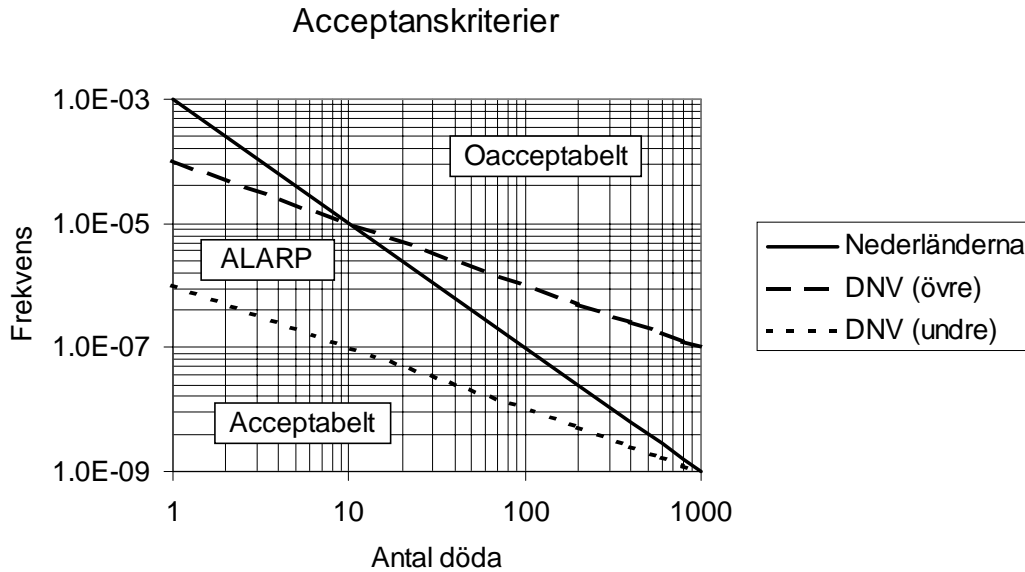
Kriterierna gällande de kvantitativa riskanalyserna anger hur stor frekvensen får vara för att X-antal personer dör (samhällsrisk) eller hur stor frekvensen får vara att dödliga förhållanden uppstår kring anläggningen (individrisk). Detta blir en till synes absolut gräns, men osäkerheter i beräkning av risken leder till att då man befinner sig mycket nära kriteriet bör situationen åtgärdas.

I många länder t.ex. Nederländerna och Storbritannien finns lagstiftande acceptanskriterier för individ- och samhällsrisk. I Sverige existerar i dagsläget inga sådana krav för acceptanskriterier utan än så länge bara rekommendationer. I ”Värdering av risk” /5/ har en inventering av olika länders acceptanskriterier utförts samt ett förslag till acceptanskriterier i Sverige framtagits. Inventeringen visar på stora likheter ifråga om individrisk, dock skiljer det en del mellan olika länders kriterier för samhällsrisk. Nedan redovisas de kriterier som används i Nederländerna samt det förslag till kriterier i Sverige som Det Norske Veritas (DNV) framtagit /5/.

### ***Samhällsrisk***

Som man kan se i figur 3.1 nedan består kriteriet i Nederländerna av en nivå, acceptabel/oacceptabel. I DNV:s förslag består däremot kriteriet av två nivåer, en undre och en övre. Området över den övre linjen anses som oacceptabelt och området under den undre linjen anses som acceptabelt. I ytan mellan dessa linjer anses ALARP (As Low As Reasonable Practicable) råda, d.v.s. om risknivån hamnar i detta område bör man försöka sänka risken så lågt som det är praktiskt genomförbart.





Figur 3.1. Jämförelser av riskkriterier för samhällsrisk.

### Individerisk

Kriterierna gällande individrisk i Nederländerna anges i /5/ vara:

- För befintlig anläggning  $10^{-5}$  (år<sup>-1</sup>) (100.000 år mellan dödlig olycka)
- Vid nyetablering av verksamhet  $10^{-6}$  (år<sup>-1</sup>) (1.000.000 år mellan dödlig olycka).

DNV:s förslag till kriterium för individrisken är enligt /5/:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras  $10^{-5}$  (år<sup>-1</sup>)
- Övre gräns för område där risker kan anses som små  $10^{-7}$  (år<sup>-1</sup>)

### Val av riskkriterier

De två redovisade riskkriterierna skiljer sig bl.a. åt när det gäller lutningen på kurvorna. Det Nederländska kriteriet har en kraftigare lutning vilket markerar att man hellre vill att olyckor realiseras som många små olyckor än stora katastrofer. DNV:s kurva har istället en lägre ingående tolerans, men å andra sidan en mindre lutning. Allt som allt är dock kriterierna hyfsat lika varandra, både avseende samhällsrisk och individrisk. DNV:s förslag anses dock ha den fördelen att den i samhällsriskkriteriet använder sig av ALARP-område. Då riskberäkningar är förknippade med osäkerheter känns det betydligt mer naturligt att ha denna "gråzon" än att bara se riskerna i "svart eller vitt". DNV:s individriskkriterium ger också möjlighet att tillämpa något lägre krav på områden där man kan tolerera vissa risker (industriområden) och strängare krav för t.ex. omkringliggande bostadsområden. I de kvantitativa analyserna i denna rapport väljs därför DNV:s förslag som riskkriterium gällande samhällsrisk och individrisk.





## 4. IDENTIFIERADE MÖJLIGA STOROLYCKOR

En storolycka definieras i denna rapport som en sådan olycka som resulterar i ett flertal dödsfall eller ett stort antal svårt skadade. Definitionen för ekonomiska skador samt miljöskador utelämnas med hänvisning till rapportens avgränsningar.

I lagstiftningen för storskalig kemikaliehantering står att anläggningsägaren skall identifiera och åtgärda källor till möjliga storolyckor. Med detta som bakgrund redovisas i denna rapport endast de skadehändelser vid Gruvön som i de kvalitativa analyserna ansetts kunna leda till storolyckor, dessa presenteras utförligt i bilaga M. Övriga möjliga skadehändelser skall givetvis i möjligaste mån också redovisas och åtgärdas, dessa utelämnas dock med hänvisning till syftet för rapporten.

Bedömningen av möjliga storolyckor är helt och hållet baserad på de kvalitativa analyser som tidigare utförts. Utifrån dessa har skadehändelser som kan leda till storolyckor identifierats och ritats in i en riskmatris. I figur 4.1 nedan redovisas hur de i grovanalysen analyserade händelserna fördelas i en riskmatris. Varje punkt motsvarar en analyserad händelse och händelserna inom det markerade området, d.v.s. konsekvens 3, bedöms vara möjliga storolyckor.

Risk Matris		Försumbar: Ingen eller ringa personskador	Farlig: mindre person- och egendoms- skador	Allvarlig/ Katastrof: betydande person- och egendoms- skador
		1	2	3
En gång per år (mycket sannolikt)	5		* * * * * * * * * * * *	* * * * * * * * * *
En gång på 1-10 år	4	* *	* * * * * * * *	* * * * *
En gång på 10-100 (sannolik)	3		* *	* * * * * * * * * * * * *
En gång på 100-1000 år	2		* * * * * * * * * *	
En gång på mindre än 1000 år (osannolik)	1			* *

Figur 4.1. Fördelningen av de i grovanalyserna analyserade händelserna

## RESULTAT/SLUTSATS

Fördelningen av skadehändelser i figur 4.1 visar tydligt att något måste göras åt grovanalysen. Det är naturligtvis varken rimligt eller troligt att de verkliga förhållandena vid Gruvön överensstämmer med den bild som den tidigare kvalitativa analysen ger. Som tidigare nämnts (kapitel 3) har det därför beslutats om en revidering av grovanalysmaterialet. Då denna revidering ej hunnit bli färdig är det dock tvunget att använda det befintliga materialet tills vidare.

Hantering av svaveldioxid och klordioxid bedöms vara de riskkällor som säkert kan innebära mycket stora konsekvenser för anställda inom verksamheten samt för tredje person utanför området vid en olycka. Detta då dessa gaser är mycket toxiska (se bilaga D och E) samt att utströmning av stora gasmängder svaveldioxid eller klordioxid kan transporteras och spridas långt. Detta faktum leder till att en detaljerad analys görs för hanteringen av dessa gaser och de konsekvenser hanteringen kan leda till granskas mer ingående och behandlas var för sig i kommande kapitel.

Övriga möjliga storolyckor som redovisas i bilaga M anses inte direkt kunna beröra tredje person utan enbart vissa delar av verksamheten. Då det som tidigare nämnts är tveksamt vilka av dessa skadehändelser som ska klassas som storolyckor kan dessa skadehändelser ej granskas ytterligare förrän revideringen av grovanalysen är genomförd.

## 5. BERÄKNINGSMODELL

Detta kapitel är en kort sammanfattning av den beräkningsmodell som använts för att beräkna risken vid hantering av svaveldioxid och klordioxid vid Gruvön. Redovisningen behandlar bl.a. bakgrund, beräkning av riskavstånd, antalet drabbade, frekvensuppskattningar, osäkerhetsanalys samt riskberäkning. För en mer utförlig beskrivning av beräkningsmodell samt beräkningsexempel se bilaga B.

### SPRIDNINGSMODELL

Det finns många modeller för att förutsäga avståndet till en sökt koncentration vid gasutsläpp. Resultatet mellan dessa modeller skiljer sig dock ofta åt, vilket bl.a. beror på vilka antaganden modellen bygger på samt användarens möjlighet att själv bestämma ingående parametervärden.

Efter en jämförelse mellan olika spridningsmodeller föll valet av spridningsmodell på en handberäkningsmodell som använder Gaussisk spridning, vilken bygger på antagandet att koncentrationen varierar enligt en Gaussfördelning. Valet av modell baserades på att den har god överensstämmelse med de allmänt erkända datormodellerna GREAT och Chemsplus vid sökta koncentrationer, se diagram 5.1 nedan, samt att spridningsuttrycket även är mycket lämpat för utförande av en osäkerhetsanalys.

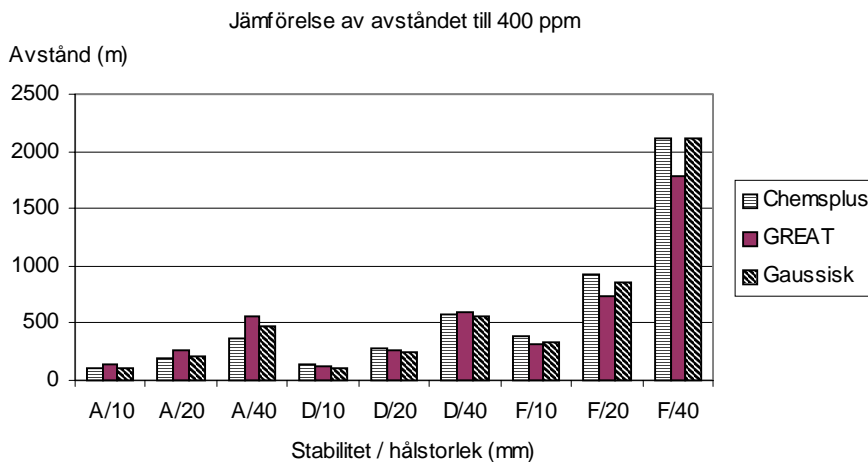
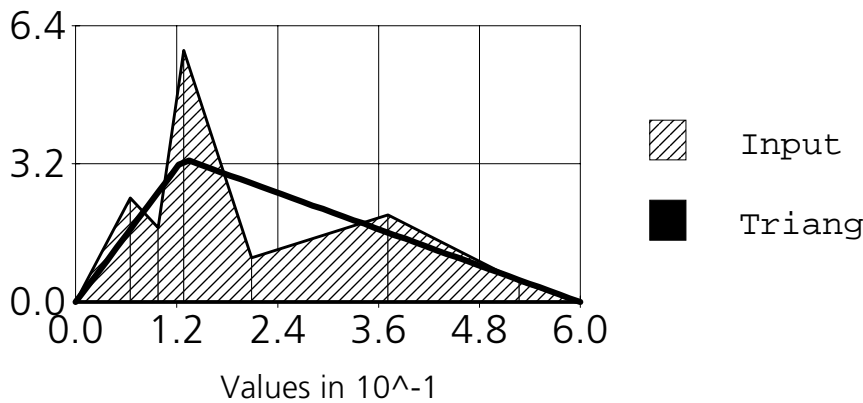


Diagram 5.1. Jämförelse av avståndet till 400 ppm svaveldioxid

En osäkerhetsanalys utförs för att kunna ta hänsyn till de osäkerheter i indata som föreligger. Osäkerhetsanalysen bygger på att de variabler som ingår i spridningsuttrycket, t.ex. massflöde, vindhastighet samt stabilitetsklass, tilldelas en sannolikhetsfördelning istället för ett antaget fixt värde. På detta sätt kommer även resultatet (riskavståndet) att erhållas i form av en sannolikhetsfördelning. Detta ger en betydligt mer realistisk bild av det förväntade riskavståndet än då man endast räknar på fixa punktvärden.

Variablernas sannolikhetsfördelningar har framtagits genom att låta datorprogrammet BestFit anpassa statistisk data till existerande fördelningskurvor, se figur 5.1 nedan.

Comparison of Input Distribution and Triang(0.00e+0,0.13,0.60)



Figur 5.1. Exempel på hur BestFit anpassar fördelningar efter indata.

### KONSEKVENSBERÄKNINGAR

De ovan nämnda osäkerhetsanalyserna/konsekvensberäkningarna har utförts i den statistiska datormodellen @RISK, se programbeskrivning i bilaga J. Simuleringarna i @RISK har utförts för respektive ämne och hanteringsform och presenteras utförligt i bilaga D och E. De koncentrationer som antagits som dimensionerande för riskavstånden är för svaveldioxid 860 ppm och för kloridioxid 500 ppm. Dessa koncentrationer har valts som dimensionerande då de leder till stor sannolikhet för dödsfall vid korta exponeringstider, se bilaga D och E.

Genom att veta befolkningsdensiteten inom och utanför området samt den yta som täcks av ett utsläpp kan antalet personer som påverkas av ett utsläpp beräknas. Persondensiteten har beräknats/uppskattats för varje vindriktning och område med hjälp av befolkningsdata från Grums kommun gällande en radie av tre kilometer från Gruvön. Med hjälp av dessa har en fördelning av befolkningsdensiteten skapats. Vid konsekvensberäkningarna har antagandet gjorts att inom det område som berörs av utsläppet förolyckas 20% av de berörda personerna dock max 200 personer. Även antalet förolyckade kommer erhållas som en sannolikhetsfördelning då den yta utsläppet täcker beror av det tidigare beräknade riskavståndet samt att även vindriktningen ingår som en sannolikhetsfördelning, se bilaga B.

### FREKVENSBERÄKNINGAR

Frekvensen för de olika utsläppen bygger bl.a. på beräkningar och statistik ur referenslitteratur. För de fall statistik saknas bygger frekvenserna på ingenjörsmässiga bedömningar. Frekvensberäkningar redovisas i bilaga C.

Med ovan nämnda frekvenser och konsekvenser kan risken beräknas för de studerade utsläppen. Den framräknade risken uttrycks i form av samhällsrisk och individrisk. Dessa rikmått redovisas oftast i form av en FN-kurva respektive riskprofiler. För förtydligande av dessa begrepp samt beräkningsexempel se fördjupningskapitel "Allmänt om riskhantering" respektive bilaga B. Riskberäkningarna för svaveldioxid- och kloridioxidhanteringen redovisas i bilaga D och bilaga E.

## 6. DETALJERAD ANALYS AV SVAVELDIOXID

I detta kapitel beskrivs svaveldioxidhanteringen vid Gruvöns bruk och de konsekvenser denna kan leda till vid en olycka. Vidare redovisas val av skadehändelser, en kvalitativ beskrivning av utsläpp samt till sist resultat i form av individ- och samhällsrisk. För att kunna följa beräkningsgången se bilaga B. I bilaga C och D redovisas frekvens och riskberäkningar.

### SVAVELDIOXIDHANTERING VID STORA GRUVÖN

Vid Gruvöns pappersbruk används svaveldioxid till blekning samt till framställning av NSSC-kokvätska, se bilaga F "Processbeskrivning". Svaveldioxidanläggningen är placerad öster om järnvägsspåren för f.d. klorlossningen, se karta i bilaga K. Den totala svaveldioxidhanteringen vid Gruvön är i dagsläget ca 460 ton/år. Nedan redovisas de olika moment som hanteringen innefattar.

#### Transport

Svaveldioxiden levereras från Kemira i tryckkondenserat tillstånd i järnvägsvagnar. Det finns även möjlighet att ta emot tankbilstransporter, men i dagsläget sker leverans ca 8 gånger om året och då endast med järnvägsvagn. Stora Gruvön har egna spår och egen rangerbangård, spårdelen innehåller bl.a. två stycken järnvägsövergångar varav en är med ljus och en obebakad. Transporterna sker med egna lok och egen personal och hastigheten är 20 km/h. Järnvägsvagnarna innehåller ca. 58 ton och tankbil utan släp respektive med släp ca. 11-12 ton och 30-35 ton./7/

#### Lossning

När järnvägsvagnen transporterats till lossningsanläggningen fixeras den med spårklackar för att undvika rörelser som kan äventyra lossningsarbetet. Lossning sker med slang som kopplas mellan lagringstankar och lastande fordon, vagnarna står kopplade 5-7 dagar. Slangar kopplas både mellan de respektive gasfaserna samt mellan vätskefaserna, svaveldioxiden pumpas sedan över till lagringstankarna. Ett säkerhetssystem ser till att slangar måste vara korrekt anslutna och järnvägsbommar nedfällda innan lossning kan påbörjas. Vid avluftning av järnvägsvagn respektive lagertankar leds utluftningarna till lagercisternerna för NSSC-kokvätska. Medföljande svaveldioxidgas absorberas medan inertgaserna ventileras ut./7/ I bild 6.1 visas lagrings- och lossningsplatsen för svaveldioxid.



Bild 6.1. Lagrings- och lossningsplats för svaveldioxid.

### Lagring

I dagsläget kan sammanlagt drygt 220 ton svaveldioxid finnas samtidigt vid anläggningen, två stycken tankar à 82 ton, 70 m<sup>3</sup> och 84% fyllnadsgrad, samt järnvägsvagn innehållande 58 ton. Detta är mindre än AFS 1989:6 krav på redovisning (8 § bil. 2) vid förvaring av mängder över 250 ton svaveldioxid. För att erhålla ett jämnt distributionstryck i tankarna håller en kompressor ett konstant arbetstryck av 8 bar med hjälp av inertgas, tankarna är provtryckta till 14 bar. Cisternerna är dimensionerade så att inga säkerhetsventiler eller sprängbleck behövs, istället finns på varje cistern två av varandra oberoende säkerhetssystem. Vidare är ledningarna ut till distributionsnätet försedda med rörbrottsventiler som stänger vid onormalt högt flöde.

### Distribution

Svaveldioxiden distribueras kontinuerligt i vätskefas till förångningsstationer vid respektive blekeri samt till kokvätskeberedningen för neutralsulfittillverkning. Distributionen till användare sker i 50 mm ledningar förlagda i rörgator. Ledningarna är försedda med rörbrottsventiler.

### FAKTA OM SVAVELDIOXID

Svaveldioxid (Cas-nr.7446-09-05) är en färglös gas med stickande lukt, kokpunkt -10°C. Svaveldioxid hanteras tryck- eller kylkondenserad och användningsområdet är främst som blekmedel inom livsmedels- och cellulosaindustrin. Svaveldioxid befinner sig i gasfas vid normala tryck och temperatur och har 2,3 gånger högre densitet än luft. Flytande svaveldioxid är i sig inte brandfarlig eller explosiv, men kan under vissa förhållanden i kontakt med vatten angripa metaller med vätgasutveckling som följd. Svaveldioxid är en mycket toxisk gas med tydlig påverkan på människor redan vid låga koncentrationer. I tabell 6.1 nedan följer en kort beskrivning av de konsekvenser som erhålls vid angivna koncentrationer /8/.

Koncentration	Konsekvens
1-3 ppm	Förnibarhetsgräns
4 ppm	Hostretning
5 ppm	Ökat andningsmotstånd, irritation i näsa och svalg
860 ppm	Dödligt redan vid korta exponeringstider

Tabell 6.1. Konsekvens av svaveldioxidexponering vid olika koncentrationer.

### KVALITATIV BESKRIVNING AV UTSLÄPP

Då svaveldioxiden transporteras, lossas, lagras och distribueras i tryckkondenserad form kommer ett läckage i vätskefasen att resultera i stora utsläppshastigheter. Skillnaden mellan vätske- och gasfasens densitet leder till att den utsläppta vätskevolymen expanderar ca 500 ggr med stora gasmolnsvolymer som resultat. Det höga trycket (8 bar) leder till höga utsläppshastigheter som tillsammans med vätskans densitet medverkar till att stort rörelsemängdsmoment erhålls. Detta rörelsemängdsmoment leder till att gasvolymerna sprider sig längre än vid avgasning från en pöl.

När läckage från vätskefasen erhålls, vid 15°C, kan teoretiskt 90 % av vätskan regna ut ur molnet och bilda pölar på marken (ca. 10 % "flashar" direkt, d.v.s. övergår till gasfas)/9/. Detta leder till att den totala avgasningen ej är lika med massflödet beroende av att avgasningen från pölar reduceras med tiden. Detta då avgasning kräver värme, vilket tas från pölen, och avgasningen avtar därmed nästan helt då kokpunkten nås.

Verkliga utsläppsförsök visar dock att verkligheten ej överensstämmer med teorin. 1986 utfördes ett antal verkliga försök under ledning av FOA. Resultaten visade att all

utströmmande svaveldioxid förgasades och ingen svaveldioxid regnade ut (omgivningens temperatur 10-15 °C). Detta fenomen antas bero på att svaveldioxiden p.g.a. jetutströmning splittras upp i små droppar, aerosol, som hinner förgasas innan de når marken. För utförligare beskrivning av detta förlopp se fördjupningskapitel ”Utsläpp och spridning av tunga gaser”.

### **Olyckor med svaveldioxid**

1978 skadades 100 personer i en svaveldioxidolycka i Baltimore, Maryland, USA /10/. I litteraturen har det ej gått att finna att det inträffat något större utsläpp i Sverige.

### **BESKRIVNING OCH VAL AV SKADEHÄNDELSE**

I denna del beskrivs de skadehändelser som identifierats och analyserats. Beskrivningen har indelats för respektive del av hanteringen vid Gruvön. Skadehändelserna presenteras även som händelseträdi i figur 6.1 nedan tillsammans med de beräknade slutfrekvenserna.

#### **Transport**

- Ursparning av tågset inom Gruvöns spårområde/rangeringsbangård
- Kollision mellan järnvägstankvagn och tungt fordon vid någon av de obevakade järnvägsövergångarna.

#### **Lossning**

- Slangbrott till följd av utmattning/slitage, mänskligt felhandlande (järnvägsvagn blir påkördd eller kommer i rullning, spårklackar bortglömda)
- Ventil- och flänsläckage

#### **Lagring**

- Större hål i tank till följd av påkörning av någon av de många fordon som passerar
- Rörinfästning brister. Orsak till detta kan vara korrosion, för högt tryck, mekanisk påverkan eller utmattning
- Läckage beroende på stumfyllning av tank

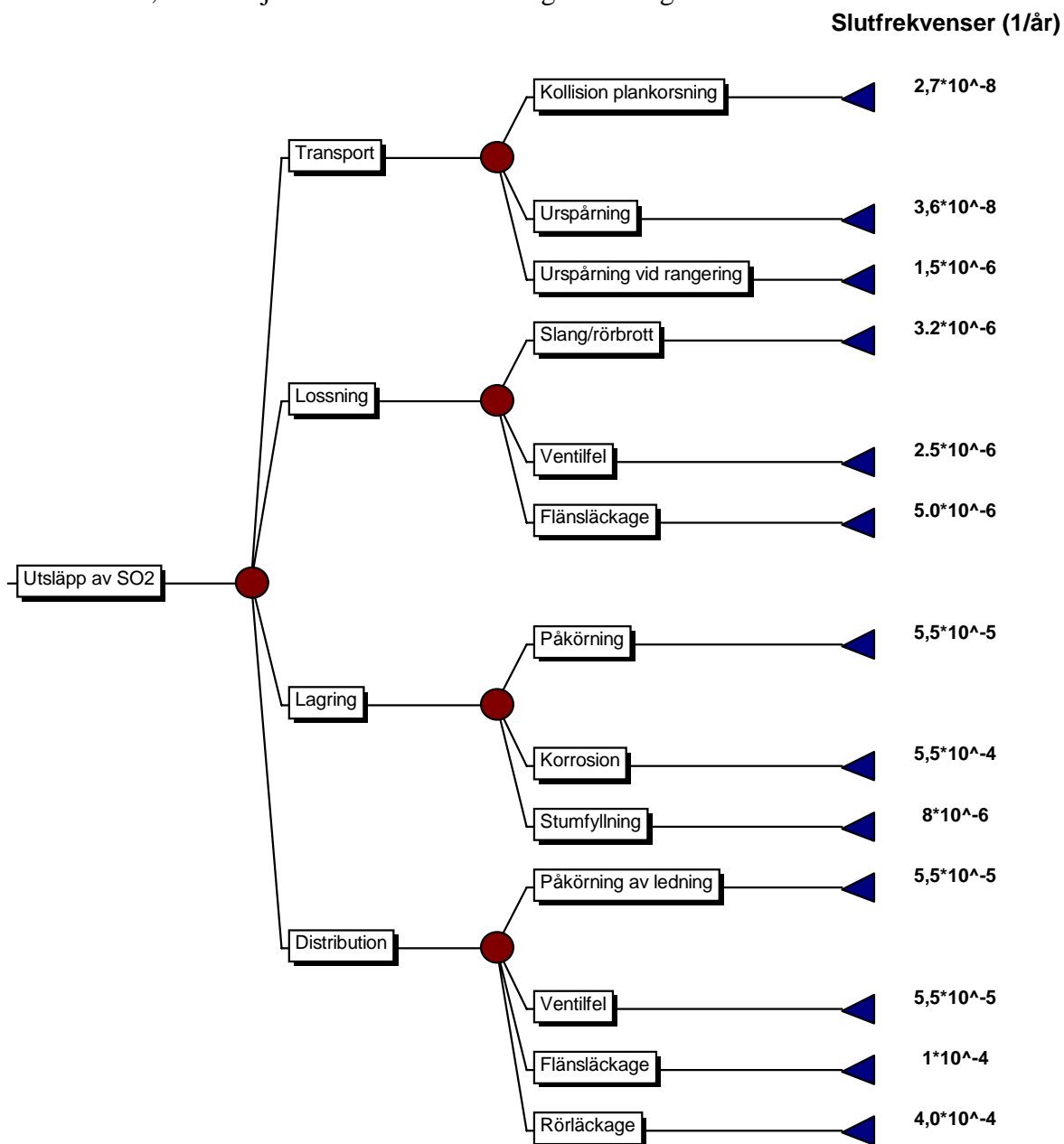
#### **Distribution**

- Rörbrott/läckage till följd av påkörning av rörgata
- Rörbrott/läckage orsakat av slitage/korrosion
- Fläns- och ventilläckage



**FREKVENSUPPSKATTNINGAR**

Nedan redovisas de slutfrekvenser som beräknats/uppskattas för ovan nämnda skadehändelser, för detaljerade frekvensberäkningar se bilaga C.



Figur. 6.1 Händelseträd över svaveldioxidhantering med införda slutfrekvenser.

## INDIVIDRISK

Svaveldioxidhanteringen är egentligen utspridd över delar av fabriksområdet, för att erhålla den totala medelindividrisken har därför en approximativ gemensam hanteringspunkt antagits. I diagram 6.1 nedan visas den totala medelindividrisken för svaveldioxidhanteringen.

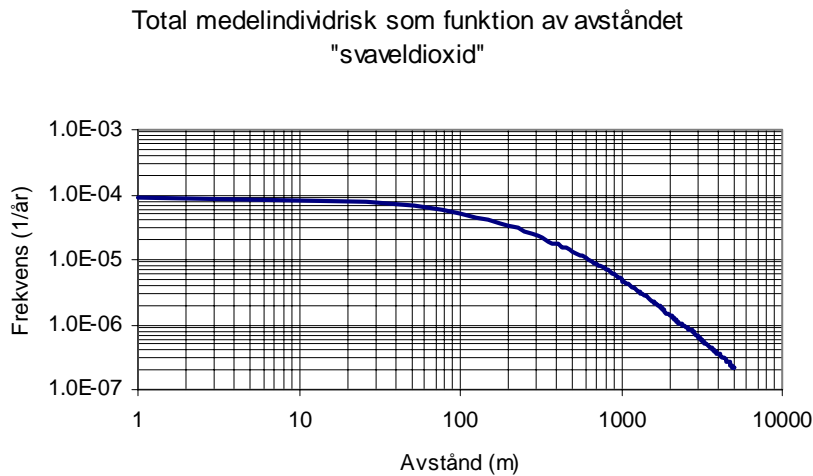


Diagram 6.1. Medelindividrisk gällande svaveldioxidhantering vid Gruvön.

## SAMHÄLLSRISK

I diagram 6.2 nedan redovisas den totala samhällsrisk som svaveldioxidhanteringen skapar.

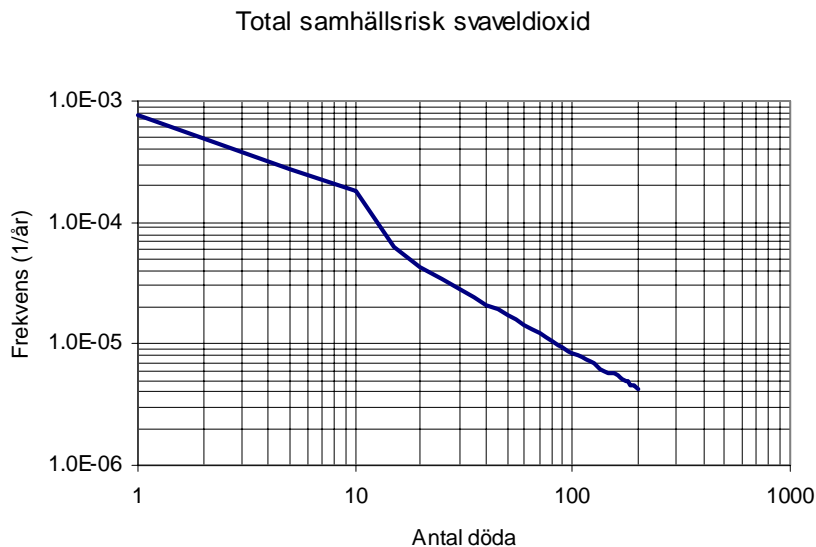


Diagram 6.2. Samhällsrisk gällande svaveldioxidhanteringen vid Gruvön.

## KOMMENTAR

I bilaga D redovisas riskavstånd, individrisk och samhällsrisk för samtliga beräknade skadehändelser. Vidare diskuteras resultat och modell i kapitel 8 och 9.



## 7. DETALJERAD ANALYS AV KLORDIOXID

I detta kapitel beskrivs klordioxidhanteringen vid Gruvöns bruk och de konsekvenser denna kan leda till vid en olycka. Vidare redovisas val av skadehändelser, en kvalitativ beskrivning av utsläpp samt till sist resultat i form av individ- och samhällsrisk. För att följa beräkningsgången, se bilaga B, för frekvens- och riskberäkningar se bilaga C och E.

### KLORDIOXIDHANTERING VID STORA GRUVÖN

#### Klordioxidframställning och lagring

Klordioxid tillverkas på plats och används till blekning. Klordioxid framställs genom SVP processen (Singel Vessel Process), vilken baseras på en reaktion mellan natriumklorat och metanol i starkt svavelsur lösning. Reaktionslösningen cirkuleras genom en återkokare och tillbaka till reaktorn. Återkokaren tillförs ånga av 4 bars övertryck. Mängden avpassas så att tillförd vattenmängd avdunstar. Klordioxidgasen, som bildas, kyls direkt i kondensor innan den absorberas i vatten i ett absorptionstorn. Klordioxidlösningen överförs till tre st. lagertankar om totalt 740 m<sup>3</sup> (1· 180 m<sup>3</sup>+ 2· 280 m<sup>3</sup>) vilka ej är invallade. Halten klordioxid i lösningen är normalt 9 - 10 g/l ClO<sub>2</sub>. Anläggningen konverterades till att använda metanol i stället för salt som reduktionsmedel under våren 1990. Under hösten 1990 utökades kapaciteten i anläggningen från 15 till 25 ton klordioxid/dygn.

#### Distribution

Slutanvändarna av klordioxiden är blekeri 1 och blekeri 2. Rörledningarna har 100 mm respektive 150 mm diameter och saknar rörbrottsventiler.

#### FAKTA OM KLORDIOXID

Klordioxid är en syntetisk gul-grön gas med klorliknande doft, kokpunkt +11°C. Klordioxid är en instabil gas som bryts ned till klorgas och syrgas. Sönderdelningen initieras av UV-ljus, föroreningar, hög temperatur eller högt tryck och sker under stark utveckling av värme. Klordioxid är gas vid normal temperatur och tryck, men används oftast i vattenlösning. Detta då lösningar av klordioxid är stabila om de förvaras skyddade från UV-ljus och kyls kontinuerligt. Förutom kylning krävs även att förvaringskärlen är ventilerade för att förhindra att för höga koncentrationer av klordioxidgas erhålls. Det krävs även att förvaringskärlen är försedda med tryckavlastningsluckor för att förhindra kärlsprängning vid sönderfall. Klordioxidens instabilitet medför att den inte kan transporteras utan måste tillverkas och användas på samma ställe.

Klordioxid sönderfaller spontant vid 120 mm Hg partialtryck (ca. 15 vol%) i form av små explosioner s.k. puffar, vid högre partialtryck blir explosionerna våldsammare. Vid partialtryck om 190 mm Hg kan sprängbleck och nödutlösningssystem vara otillräckliga vilket kan medföra kärlsprängning. Klordioxid är ett starkt oxidationsmedel och skall därför ej komma i kontakt med brännbart material, oxiderbara organiska ångor, vätesulfid eller metalledam. /11/

Klordioxidlösningar är kraftigt irriterande vid kontakt med hud. Inhalering vid relativt låga koncentrationer kan ge lungödem samt vara livsfarligt. Det hygieniska gränsvärdena är 0,1 ppm (NGV) och 0,3 ppm (TGV).

I tabell 7.1 nedan ges en kort beskrivning av konsekvenser vid angiven koncentration.

Koncentration	Konsekvens
1-17 ppm	förnimbarhetsgräns.
45 ppm	ögon- och näsirritation
500 ppm	dödligt vid kortvarig exponering (dödsfall har inträffat vid betydligt lägre koncentrationer, men då vid lång exponering).

Tabell 7.1. Konsekvens av klordioxidexponering vid olika koncentrationer.

### KVALITATIV BESKRIVNING AV UTSLÄPP

Klordioxidvatten som kommer ut p.g.a. läckage kommer att avge klordioxidgas. Mängden avgasad klordioxid kommer bero på utsläppt mängd lösning, koncentrationen av klordioxid i lösningen och markens/omgivningens temperatur. Klordioxids ångtryck ovanför en klordioxidlösningen avtar ju lägre koncentrationen i lösningen blir. Detta innebär att avgasningen kommer avta efterhand som klordioxid lämnar lösningen samt att avgasning minskar vid utspädning, t.ex. vid nedrinning i avloppsbrunnar.

För att uppskatta storleken på det gasmoln som bildas vid ett läckage måste man ta hänsyn till att inte all klordioxid avgasas momentant. I /12/ görs uppskattningen att 20-30 % avgår momentant. Som tidigare nämnts innehåller lösningen 8-10 g klordioxid/liter lösning. Detta betyder att om en 280 m<sup>3</sup> tankarna springer läck kommer totalt ca. 2800 kg klordioxid ha möjlighet att avgasa varav ca 600-800 kg avgas momentant. Avgasningen leder till bildning av gasmoln som sprider sig som tunggas då klordioxid är tyngre än luft (molekylvikt 67,5 g/mol). Vid utsläpp kommer koncentrationen av klordioxid vara 5-10% (volym) direkt i närheten av spillet /12/.

Med tanke på de låga koncentrationerna klordioxid i lösningen kommer dock mycket stora massflöden av lösningen krävas för ge något större utsläpp av klordioxid. Som exempel kan nämnas att ett massflöde av 100 kg/s (lösning) ger maximalt en momentan avgasning av 0,2-0,3 kg/s klordioxid.

### Olyckor med klordioxid

Olyckor eller haverier med klordioxidlager är mycket ovanliga. Det finns inga fall rapporterade där en puff varit orsaken till haveri. Det finns dock fall rapporterade där mekanisk påverkan har lett till att tanken dränerats.

1983 inträffade ett unikt haveri vid Mönsterås bruk. En helt full 350 m<sup>3</sup> lagercistern rämnade. Efter en omfattande utredning konstaterades att tanken havererat p.g.a. felaktig konstruktion och tillverkning. Cisternen sammanfogades på plats från mindre mantelsektioner. Det som slutligen orsakat haveriet var sprickbildning och korrosion. I samband med haveriet uppstod det dock varken någon puff eller några personskador./12/

### BESKRIVNING OCH VAL AV SKADEHÄNDELSE

Nedan ges de skadehändelser som kan orsaka utsläpp av klordioxid och klordioxidlösning, enligt Hazop-analys.

- Pump stannar. Tempstigning i återkokare (max 145-150 grader). Risk för snabbt sönderfall av klordioxid tryckökning kan få tryckavlastningslucka att lyfta vilket medför att klordioxid kan tränga ut i kemeredningen plan tre. (Finns med i åtgärdsprogram 1990).
- Fel i spädningsutrustning (högre metanol konc) risk för kraftig puff i reaktor

(åtgärdsprogram).

- Felleverans av metanol/förorenad risk för kraftig puff i reaktor
- Backflöde av klorat. Möjlighet för reaktion i lagertank (åtgärdsprogram).
- Rörbrott/flänsläckage mellan ABS-torn och klordioxidtank uppstår. Stora mängder klordioxid och vatten kan komma ut.
- Rörbrott eller cisternhaveri i klordioxidlager. Större mängd rinner ut och hamnar i blekeriavlopp, pumpgrop, fiberdamm och luftad damm. Stora gasvolymmer frigörs, max 750 m<sup>3</sup> lösning
- Förhöjt tryck eller temperatur i återkokare kan leda till spontant sönderfall av klordioxid.

Av dessa har händelserna ”rörbrott/flänsläckage mellan ABS-torn och klordioxidtank” samt ”rörbrott eller cisternhaveri i klordioxidlager” valts att studeras närmare.

### FREKVENSUPPSKATTNINGAR

Nedan redovisas utsläppsfrekvenserna för de två studerade fallen, se även bilaga C.

Tankhaveri:  $1 \cdot 10^{-6}$  (år<sup>-1</sup>)

Rörbrott:  $4 \cdot 10^{-4}$  (år<sup>-1</sup>)

### INDIVIDRISK

Klordioxidhanteringen är egentligen utspridd över delar av fabriksområdet, men för att erhålla den totala medelindividrisken har en approximativ gemensam hanteringspunkt antagits. I diagram 7.1 nedan visas den totala medelindividrisken för klordioxidhanteringen.

Medelindividrisk som funktion av avståndet "klordioxid"

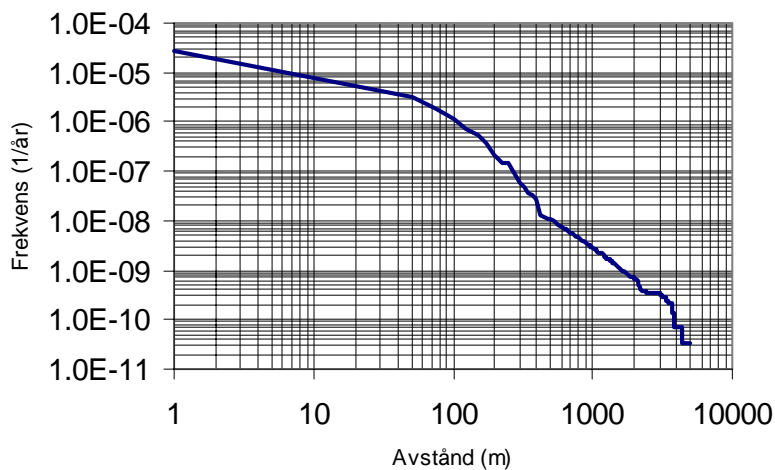


Diagram 7.1. Medelindividrisk gällande hantering av klordioxid.

**SAMHÄLLSRISK**

Nedan presenteras den totala samhällsrisk som klordioxiden bidrar med.

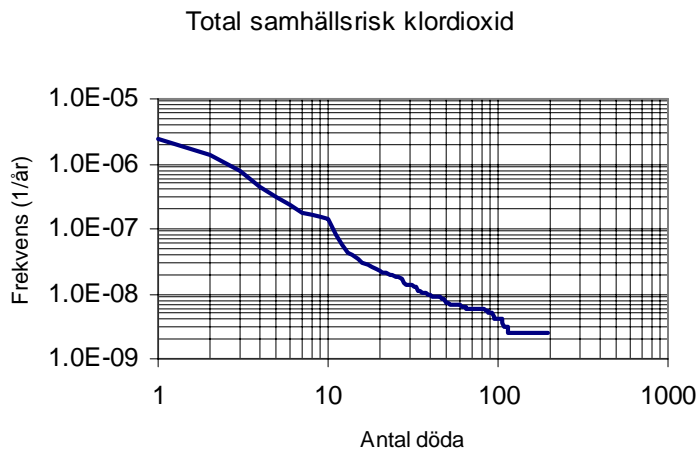


Diagram 7.2. Samhällsrisk för hantering av klordioxid.

**KOMMENTAR**

I bilaga E redovisas riskavstånd, individrisk och samhällsrisk för samtliga beräknade skadehändelser. Vidare diskuteras resultat och modell i kapitel 8 och 9.

## 8. RESULTAT

I detta kapitel redovisas de slutresultat som erhållits vid riskanalysen av svaveldioxid- och klordioxidhanteringen vid Stora Gruvön. Resultaten presenteras i form av samhällsrisk och medelindividrisk och jämförs med valda riskkriterier. För att se riskbidraget för varje ingående delhantering se bilaga D och E. För diskussion kring resultaten se även kapitel 9 ”Diskussion och åtgärdsförslag”.

### SAMHÄLLSRISK

I diagram 8.1 nedan visas varje hantering var för sig. I diagram 8.2 redovisas den totala samhällsrisk i förhållande till de riskkriterier som använts i denna rapport.

Samhällsrisk för varje hantering

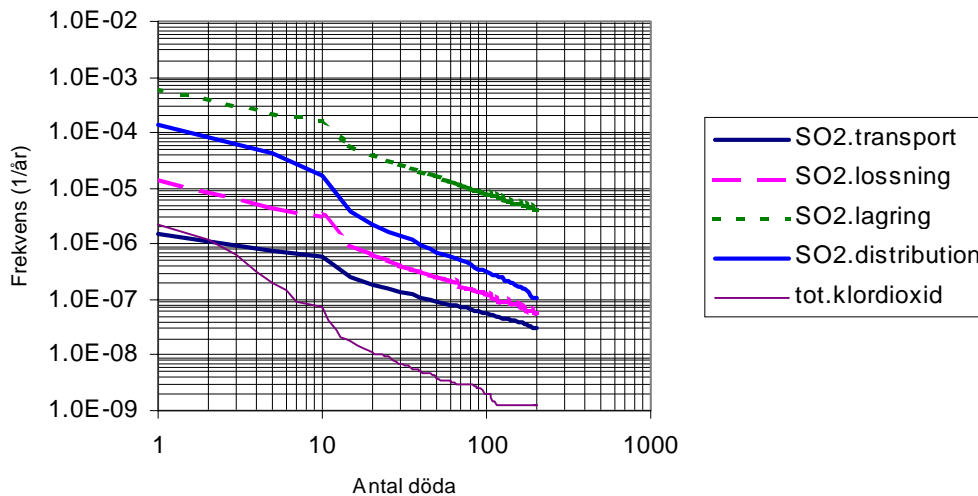


Diagram 8.1. Samhällsrisk för varje analyserad hantering

Total samhällsrisk svaveldioxid och klordioxid

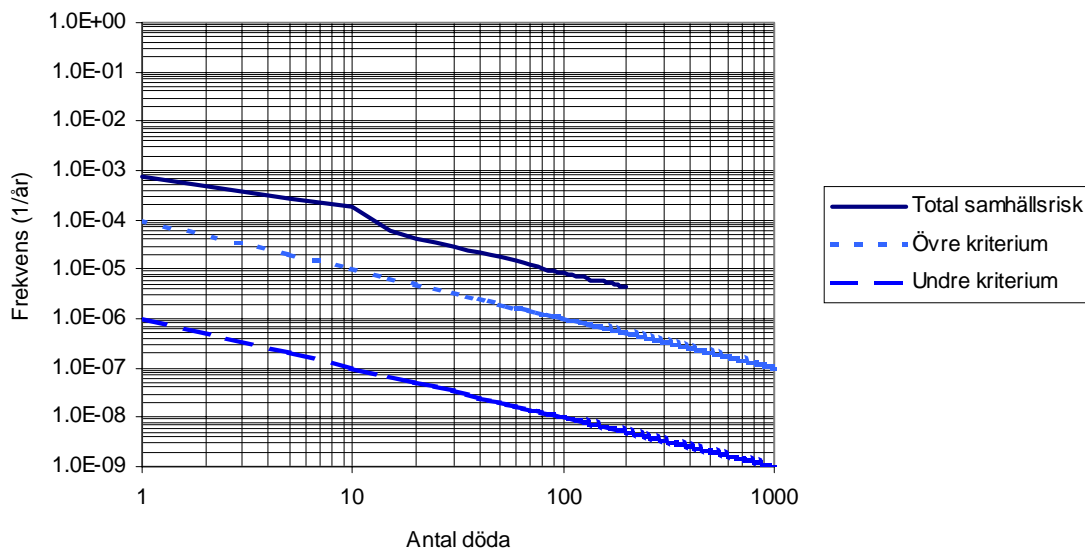


Diagram 8.2. Jämförelse av total samhällsrisk med valda riskkriterier.



## Kommentar

Den totala samhällsriskén ligger drygt faktor 10 över den övre gränsen för det valda acceptanskriteriet. Då den totala samhällsriskén är summan av delriskerna kommer den hantering med högst samhällsrisk slå igenom och dominera den totala samhällsriskén. I detta fall är det riskkurvan för lagring av svaveldioxid som slår igenom och därmed lyfter hela kurvan. I diagram 8.1 syns även att klordioxidhanteringsens riskbidrag till den totala samhällsriskén är försumbar.

## INDIVIDRISK

I diagram 8.3 och 8.4 nedan visas medelindividriskén för varje hantering respektive den totala medelindividriskén tillsammans med de valda riskkriterierna.

Medelindividrisk som funktion av avståndet för varje hantering

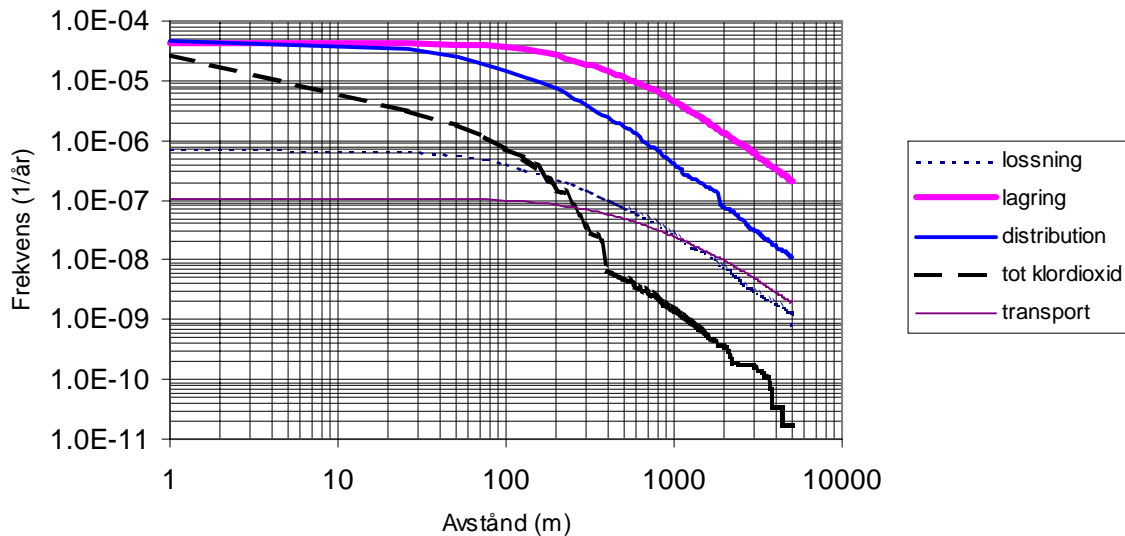


Diagram 8.3. Medelindividriskén som funktion av avståndet för respektive hantering.

Total medelindividrisk som funktion av avståndet

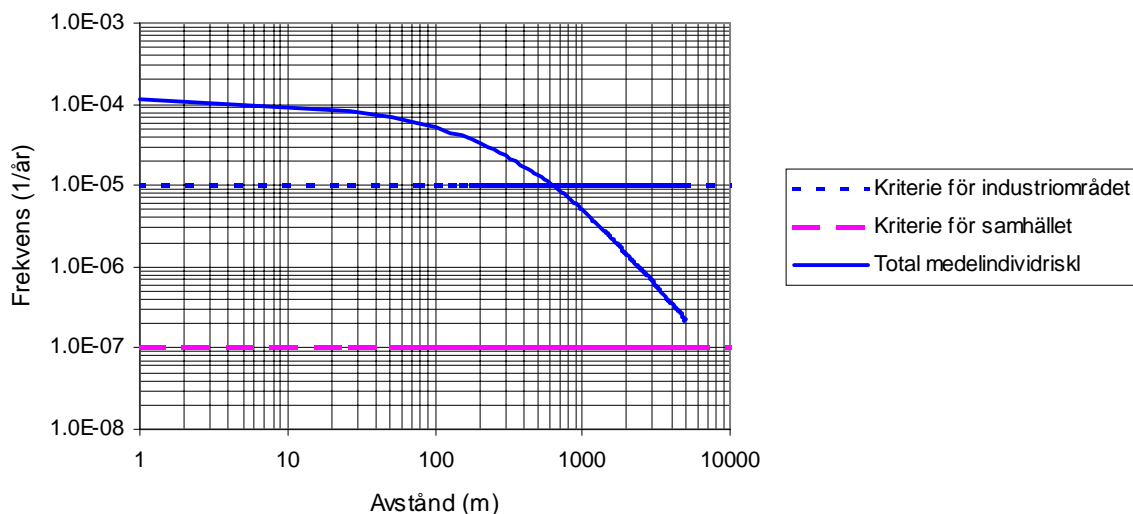
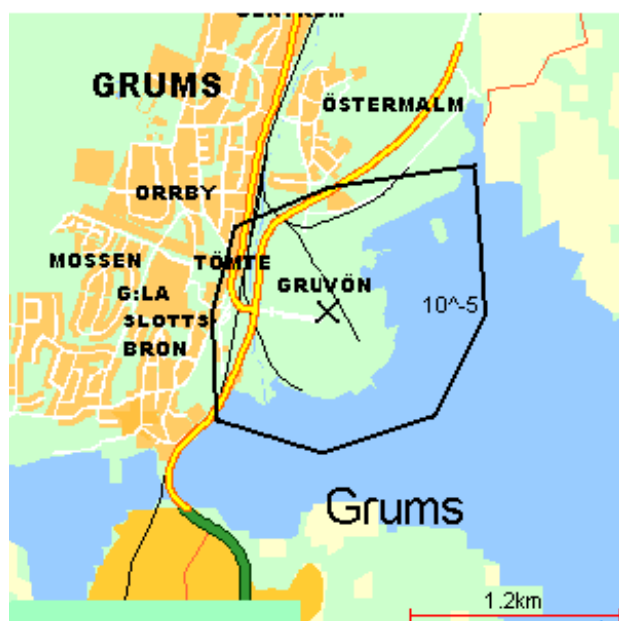


Diagram 8.4. Total medelindividrisk som funktion av avståndet jämförd med riskkriterier.

### Kommentar

Med samma resonemang som ovan så kan en viss hantering dominera hela den totala kurvan och medverka till att avståndet blir väldigt stort innan medelindividrisken kommer under det valda kriteriet. Kurvan domineras av medelindividrisken från lagringen av svaveldioxid. Klordioxidhanteringen bidrar till att höja medelindividrisken vid mycket korta avstånd men blir mycket snabbt försumbar vid större avstånd (>10 m).

Medelindividrisken beräknas utifrån en tänkt medelpunkt inom hanteringsområdet. Avståndet till omkringliggande bebyggelse är för de närmaste områdena i medeltal ca. 300 meter. Beräkningarna visar att risknivån inom verksamhetsområdet ligger ca. faktor 10 över kriteriet och för samhället ca. faktor 100. I figur 8.1 nedan visas avståndet till att individrisken understiger kriteriet gällande industriområdet.



Figur 8.1. Riskprofil avseende avståndet till individrisk  $10^{-5}$  (år<sup>-1</sup>) för varje väderstreck.



## 9. DISKUSSION OCH ÅTGÄRDSFÖRSLAG

I detta kapitel förs en spontan diskussion kring den analys som utförts och de resultat som framkommit. Vidare ges förslag till åtgärder för att eliminera vissa riskkällor.

### DISKUSSION

#### Modell och resultat

Resultatet visar att svaveldioxid- och klordioxidhanteringen vid Gruvön tillsammans bidrar med en risk som är större än de valda riskkriterierna. Beräkningarna visar även att klordioxidens bidrag till resultatet är försumbart då dess sammanlagda individ- och samhällsrisk ligger flera potenser under svaveldioxidens kurvor. Som tidigare diskuterats existerar det dock osäkerheter i utsläppsfrekvenserna, vilka direkt styr riskkurvornas nivåer. Osäkerheterna i frekvenserna uppskattas till faktor 10-100, vilket betyder att resultatet skulle kunna hamna under (eller ännu mer över) det övre kriteriet för samhällsrisk samt även under kriteriet för individrisk. Då det gäller samhällsrisk kommer dock riskprofilen fortfarande befinna sig inom ALARP-området, vilket leder till att riskerna ändå skall åtgärdas i möjligaste mån.

Då de totala riskprofilernas utseende är summan av delriskerna kan en viss hantering styra utseendet på den totala riskprofilen. I dessa sammanhang domineras den totala kurvans utseende av scenariot lagring av svaveldioxid.

Utsläppsfrekvenserna bygger på statistiska medelvärden, således beror de starkt av underhållet av de ingående komponenterna samt även dess ålder/slitage. Handhavandet av utrustningen är självklart också en viktig faktor. Detta betyder att förutsättningarna för frekvensberäkningarna kan skilja stort mellan olika företag. Med den modellen som används i dagsläget kan dock en välfungerande organisation med kvalitets- och säkerhetsmedvetande och med fastställda underhållsrutiner erhålla samma utsläppsfrekvenser som en organisation med de motsatta förhållandet.

En annan faktor som spelar stor roll i resultaten för samhällsrisk är den andel av befolkningen som antas förolyckas vid ett tillbud. Den faktor som valts i detta arbete (20% inom utsläppsområdet antas förolyckas) är självklart approximativ men troligen inte för låg. Svårigheterna är ju att förutsäga var, när och hur befolkningen befinner sig vid ett eventuellt utsläpp. I diagram 9.1 nedan visas som jämförelse hur riskprofilen skulle ha sett ut om 10% av befolkningen antas förolyckas vid ett utsläpp.

Total samhällsrisk svaveldioxid och kloridioxid

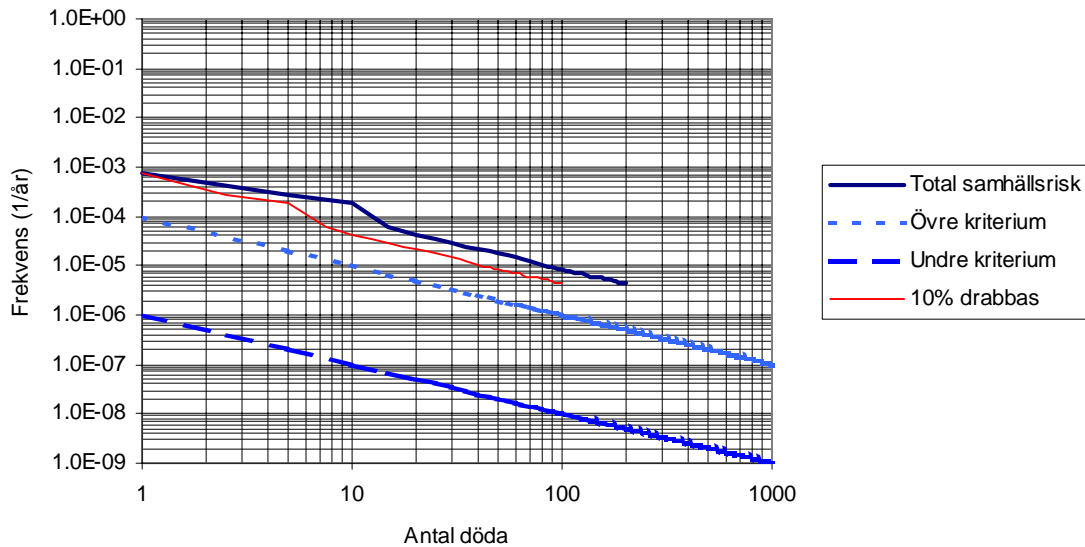


Diagram 9.1. Jämförelse mellan antagandena ”10% drabbas” och ”20% drabbas”.

Som man kan se i diagram 9.1 förskjuts riskprofilen något. Slutsatsen blir ändå att osäkerheten i hur många som förolyckas påverkar riskprofilen i väldigt liten grad jämfört osäkerheterna i utsläppsfrekvens.

### Organisationen

Hur ser de som arbetar med kemikaliehantering vid Gruvön på den befintliga organisationen? För att få en bild av detta har en enkätundersökning gällande Gruvöns säkerhetsarbete inom kemikaliehantering utförts, se bilaga G och H. Några viktiga frågor är t.ex. om personalen anser att de har tillräcklig utbildning för de arbetsuppgifter de har samt att identifiera andra omständigheter som gör anläggningen mer riskfylld.

Drygt hälften av personerna uppgav att de hade varit med om kemikalietillbud. Oftast rörde det sig om isolerade arbetsplatsolyckor t.ex. frätande ämnen i ögonen, dock har några upplevt större utsläpp och olyckor. Hälften av personerna uppgav att de har uppgifter vid ett kemikalietillbud, allt från eget personskydd till begränsning av utsläpp. Drygt hälften anser att de har otillräcklig utbildning inom kemikaliehantering

Ungefär hälften tror att avkall görs på säkerheten på grund av tidsbrist, slentrian samt att säkerhetsbestämmelser anses göra arbetet omständigt.

Vidare kommenteras att anläggningen och utrustningen är gammal och sliten och att det inte ges resurser för nödvändiga reparationer. Ytterligare en åsikt var att arbetsgivaren inte tar krav på åtgärder på allvar.

Medelbetyget de tillfrågade ger anläggningen (5,43) är dock godkänt (skala 1-10 där 1=mycket dålig, 5=godkänd, 10=mycket bra).

**Kommentar**

Denna undersökning ger inga säkra svar på hur Gruvöns säkerhetsarbete förhåller sig gentemot andra företag, dock ger den information om att vissa av de anställda upplever problem som måste tas upp till diskussion och åtgärdas.

**ÅTGÄRDSFÖRSLAG**

När det gäller att vidta åtgärder är det av stor vikt att den person som är ansvarig för detta ges resurser, både personella och ekonomiska, för att genomföra åtgärderna. Det är en stor fördel om denna person sitter långt upp i organisationen så att det underlättar att frågorna lyfts upp till beslutande nivå. Nedan presenteras förslag till åtgärder.

**Utbildning och organisation**

Generellt sätt orsakas flertalet olyckor på grund av mänskligt felhandlande. Det är därför mycket viktigt att de anställda känner att de får den utbildning de vill ha för att kunna genomföra sina arbetsuppgifter på ett säkert sätt. Utbildningen skall inte enbart ges till de som direkt arbetar med en viss hantering utan även t.ex. till de som genom sitt yrke kan orsaka tillbud (t.ex. truck- och lastbilsförare). Det är viktigt att konsekvenserna av felaktigt handlande lyfts fram och diskuteras så att förståelsen för säkerhetskraven ökar och att säkerhetskraven respekteras.

Utbildning av lämpliga personer inom området riskhantering är också en viktig punkt, detta då riskhantering är en kontinuerlig process som kräver kunnig personal. En del av den kompetens som funnits inom området har försvunnit i och med att personal slutat.

Revideringen av grovanalyserna (bilaga I) är ett måste för att uppdatera riskhanteringsarbetet. Som de ser ut idag finns det bl.a. tio skadehändelser med allvarliga/katastrofala konsekvenser som enligt frekvensuppskattningarna skulle inträffa i storleksordningen en gång per år för varje skadehändelse. Detta är naturligtvis varken rimligt eller troligt.

I övrigt krävs underhåll och täta inspektioner av de befintliga installationerna. Det är därför viktigt att man ser över rutinerna för hur detta görs i dagsläget.

**Tekniska lösningar**

Exempel på tekniska lösningar som är riskreducerande är t.ex. inklädnad av tankar och ledningar vilket minskar riskavstånden stort vid ett eventuellt utsläpp. Dock är det viktigt att sådana anordningar uppförs så att de ej hindrar inspektion och underhåll. Andra lösningar är rörbrottsventiler, påkörningsskydd, invallningar och larmanordningar. De sistnämnda typerna av skydd existerar redan, dock bör man utreda om det finns ytterligare behov.



## REFERENSER

- /1/ *Guidelines for Chemical Process Quantative Risk Analysis (CPQRA)*, American Institute of chemical Engineers, USA 1989
- /2/ Å. Holmgren, *Att hantera och förutsäga risker för stora olyckor*, Räddningsverket, Karlstad 1997
- /3/ Samtal med brandingenjör Tomas Barret, Brand- och skyddschef vid Stora Gruvöns pappers- och massabruk
- /4/ A. Jacobsson m.fl., *Risikanalyis av svaveldioxidhantering vid Stora Gruvöns pappers- och massabruk*, Grums 1990
- /5/ G. Davidsson m.fl., *Värdering av risk*, Det Norske Veritas/Räddningsverket, 1997
- /6/ Statens Väg- och transportforskningsinstitut (VTI), *Farligt gods – Riskbedömning vid transport*, Räddningsverket, Karlstad 1996
- /7/ Stora Gruvöns interna dokument gällande svaveldioxidanläggning
- /8/ S. Fischer m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, metoder för riskbedömning*, FOA, Stockholm 1995
- /9/ K. Nyrén m.fl., *Discharge of condensed sulfur dioxide*, FOA, Umeå 1986
- /10/ *Major Hazard Control – a practical manual*, International Labour Office, Geneva, Schweiz 1988
- /11/ Informationshemsida på Internet, [www.clo2.com](http://www.clo2.com),
- /12/ Informationsblad från Cellchem
- /13/ J. Wettig m.fl., *Seveso II-direktivet – en beskrivning*, SRV, Karlstad 1998
- /14/ SOU 1998:13, *Säkrare kemikaliehantering – Slutbetänkandet av Utredningen om kemikalieolyckor m.m.*, Förvarsdepartementet, Stockholm 1998
- /15/ Arbetarskyddsstyrelsen, *Kemiska risker*, 1997
- /16/ H. Hultquist m.fl., *Risikhänsyn i samhällsplaneringen –Tretornsområdet, elevrapport, brandingenjörslinjen*, Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds Universitet, Lund 1998
- /17/ ASS, NVV, SÄI, SRV, *Paragrafer mot stora kemikalieolyckor –en vägledning för tillämpning*, Stockholm och Karlstad 1995



- /18/ L. Thaning m.fl., *Uppkomst och utbredning av explosiva och giftiga gasmoln - Inventering av kunskapsläge och forskningsbehov*, FOA, Umeå 1988
- /19/ K. Nyrén m.fl., *Uppkomst och utbredning av explosiva och giftiga gasmoln*, FOA, Umeå 1981
- /20/ S. Bengtsson m.fl., *Kondenserade gaser under vinterförhållanden – En förstudie för räddningstjänsten*, FOA, Umeå, 1992
- /21/ Committee for the Prevention of Disaster, *Methods for the calculation of the physical effects of the escape of dangerous material*, Directorate-General of Labour, Nederländerna 1979
- /22/ R. Taessler, SMHI, *Klimatdata för Sverige*, KL Beckmans Tryckerier AB, 1972
- /23/ B. Andersson, *Introduktion till konsekvensberäkningar – Några förenklade typfall*, Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds Universitet, Lund 1992
- /24/ Hanna et al, *Evaluation of hazardous gas models with ammonia and hydrogen fluoride field data*, Journal of Hazardous Materials nr. 26 sid. 127-153, 1991
- /25/ H. Frantzich, *Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering*, Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds Universitet, Lund 1998
- /26/ A. Bengtsson m.fl., *Svaveldioxidutsläpp vid STORA CELL AB, Skutskär, Brandingenjörslinjen*, Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds Universitet, Lund 1998
- /27/ A.W. Cox, *Hazardous Locations*, Institution of Chemical Engineers, England 1990
- /28/ M.L. Ang, *Safety Cases within the Control of Industrial Major Accident Hazards (CIMAHA) –Regulations*, England 1984

---

## ÖVRIG LITTERATUR

S. Winter, *Forskning om kontinuerliga och momentan tunga gasmoln*, FOA, Umeå 1992

R. Anjemo m.fl., *Giftiga gasmoln*, FOA, Umeå 1994

M. Könberg, *Forskningsbehov inom området skydd mot kemikalieolyckor*, FOA, Umeå 1991

B. Birgersson m.fl., *Kemiska hälsorisker*, Liber-Hermods 1995

J. Trost, *Enkätboken*, Studentlitteratur, 1998

H.T.Karlsson, *Risikanalysmetoder*, Avdelningen för Kemisk teknologi, Lunds Universitet, Lund 1997

Arbetskyddsstyrelsens Författningssamling, *Storskalig kemikaliehantering*, 1989

Dr. R.E. Britter, *The evaluation of technical models used for major-accident hazard installations*, Commission of the European Communities Directorate-General XII Science, Research and Development



# FÖRDJUPNINGSS- KAPITEL



# I. MYNDIGHETSKRAV

I detta kapitel redovisas den lagstiftning som rör storskalig kemikaliehantering samt de myndigheter som är ansvariga för kontrollen av detta. Kapitlet är framtaget för att ge en bakgrund till de krav som ställs och det kan ses som ett fördjupningskapitel.

## ALLMÄNT

1976 skedde en svår olycka i Seveso, Italien. Två kg av det mycket giftiga ämnet dioxin spreds ut från en fabrik och stora arealer kontaminerades. Efter olyckan framkom att det fanns stora brister både i säkerheten på företaget och i de ansvariga myndigheternas organisation. Olyckan ledde till att man inom EU började arbeta med att ta fram gemensam lagstiftning avseende s.k. storolyckor. Arbetet utmynnade i det som allmänt kallas för ”Sevesodirektivet”.

## SEVESO DIREKTIVET (SEVESO I)

I Seveso I-direktivet regleras säkerhetshanteringen vid viss industriell verksamhet där farliga ämnen ingår. Syftet med direktivet är att förhindra och begränsa följderna av storolyckor vid sådana anläggningar.

Sevesodirektivet är ett minimidirektiv, d.v.s. länderna inom EU ska upprätta regler som minst når upp till det direktivet kräver, det står dock varje EU-anslutet land fritt att utforma genomförandet. Sverige har relativt sett högt ställda krav vilket avspeglas i den nationella lagstiftningen. Direktivets tillämpningsområde omfattar kemikalier som motsvarar det som i Sverige klassas som livsfarliga eller mycket farliga produkter.

Direktivet innehåller bl.a. bestämmelser för hur säkerhetsåtgärder skall vidtas för berörda verksamheter. Kraven på verksamhetsutövarna indelas i två nivåer som beror av vilka farliga ämnen som hanteras och i vilken mängd. En riskanalys skall utföras vid alla verksamheter som berörs av direktivet, vidare skall även erforderliga åtgärder vidtas för att eliminera de identifierade riskerna.

De verksamheter som omfattas av den högre kravnivån ska inlämna en särskild säkerhetsredovisning till behörig myndighet innan verksamheten påbörjas och därefter ska redovisningen uppdateras regelbundet. I Sverige ska detta ske senast vart tredje år eller vid förändringar som påverkar anläggningens risknivå. Säkerhetsredovisningen ska innehålla uppgifter om anläggningen, tillverkningsprocessen och farliga ämnen som hanteras i verksamheten. Vidare ska den innehålla uppgifter om identifierade möjliga storolyckor. För övriga verksamheter som omfattas av direktivet behöver inte någon särskild redovisning inlämnas.

## Genomförandet av Seveso I-direktivet i Sverige

I Sverige ansågs den gällande lagstiftningen vara tillräcklig och några övergripande förändringar med anledning av direktivet, förutom en viss anpassning, genomfördes inte. Vid genomförandet gjordes inte någon speciell begränsning till vissa industriella anläggningar, vilket leder till att de svenska reglerna har ett något vidare tillämpningsområde än direktivet.

## SEVESO II

EU:s råd antog den 9 december 1996 direktiv 96/82/EG om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga olyckshändelser, även kallat Seveso II direktivet. Direktivet trädde officiellt i kraft den 3 februari 1997 och medlemsstaterna ska inom två år efter detta datum anta de lagar och författningar som är nödvändiga för att följa detta direktiv. I Sverige har framtagandet av den nya lagstiftningen dock blivit något försenad, den beräknas vara klar i månadsskiftet juni/juli 1999. Så fort som lagförslaget är taget blir direktivet tvingande för industrin samt de myndigheter som ska ansvara för direktivets genomförande och verkställighet. Befintliga anläggningar som omfattas av Seveso I skall inom fyra år efter det nya direktivet trädde i kraft ha inlämnat redovisning (en s.k. säkerhetsrapport) enligt de nya reglerna. /13/

Seveso II är en vidareutveckling av Seveso I och har till stor del framkommit genom OECD:s arbete med säkerhetsfrågor inom industrin. Generellt kan sägas att kraven på såväl företag som myndigheter har blivit högre och mer omfattande.

De största förändringarna och skillnaderna mellan direktiven redovisas nedan./14/

- Seveso II har ett vidare tillämpningsområde, detta då dess tillämplighet inte är begränsad till vissa typer av industriell verksamhet utan kan tillämpas på all verksamhet där farliga ämnen hanteras i viss omfattning. Seveso I är endast inriktat på personsäkerhet, även om många hälsofarliga ämnen även är miljöfarliga. I Seveso II är dock även verksamheters miljöfara en viktig aspekt. Detta har medfört att kategorin ”miljöfarliga ämnen” tillkommit i Seveso II.
- I Seveso II har tröskelvärden införts för samtliga farliga ämnen som omfattas av direktivet. Detta innebär att vissa verksamheter som hanterar ringa mängder farliga ämnen och som formellt omfattas av Seveso I inte kommer att omfattas av Seveso II. Det blir med andra ord en klarare avgränsning.
- Informationsskyldighet medför att samtliga verksamhetsutövare som omfattas av Seveso II kommer att i någon form bli skyldiga att informera behöriga myndigheter om sin verksamhet. De verksamheter som omfattas av den högre kravnivån kommer dessutom granskas av behörig myndighet.
- Seveso II är mera fokuserat på företagets organisation och säkerhetsmedvetande än Seveso I. Alla verksamheter som omfattas av det senare direktivet skall utarbeta en säkerhetspolicy.
- Kraven på räddningstjänstplanering har ökat, dels genom krav på interna planer för räddningsinsatser dels genom krav på behörig myndighet att utarbeta externa insatsplaner.
- Allmänhetens insyn och möjlighet att lämna synpunkter på företagets säkerhetsarrangemang har utökats.
- Lokalisering av verksamheter samt s.k. dominoeffekter till följd av samlokalisering har fått betydande uppmärksamhet i Seveso II.

- Till skillnad från Seveso I innehåller Seveso II bestämmelser som medför att behöriga myndigheter kan förbjuda/stänga verksamheter. Detta gäller i fall då verksamhetens säkerhetsarrangemang anses bristfälliga eller då den redovisningskyldighet som åligger utövaren inte uppfylls i tid.

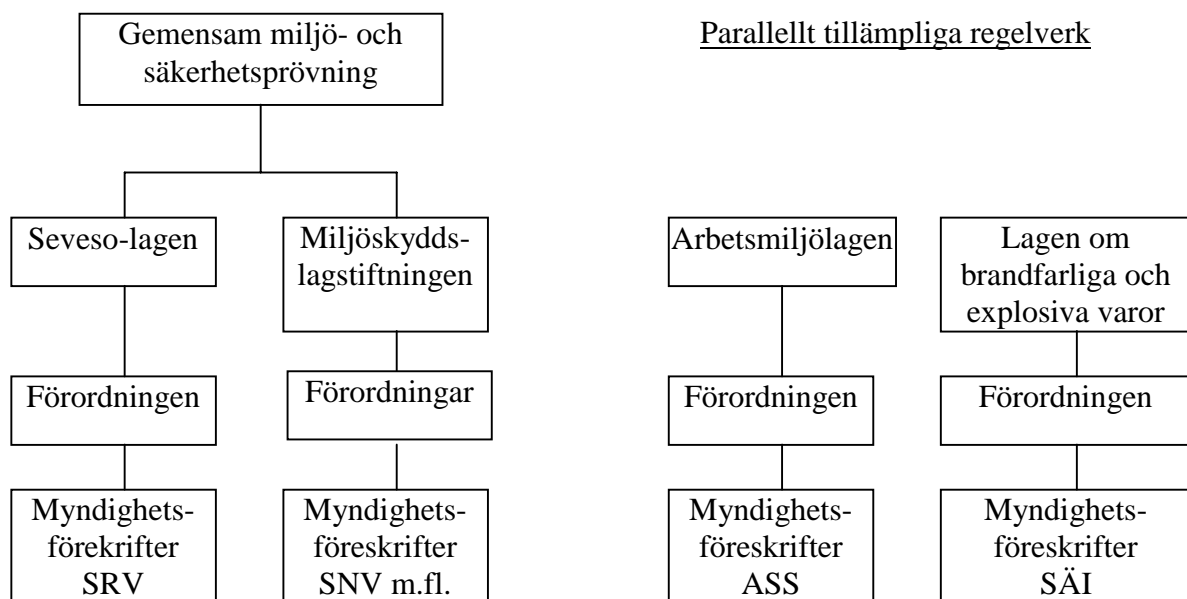
### INDUSTRIOLYCKSKONVENTIONEN

Industriolyckskonventionen är en del av ett folkrättsligt miljöskyddssystem med konventioner som utarbetats inom FN:s ekonomiska kommission för Europa. Industriolyckskonventionen omfattar regler för att förhindra och förebygga gränsöverskridande effekter av industriolyckor. Konventionens krav på verksamhetsutövare och behöriga myndigheter avseende förebyggande åtgärder, lokalisering, räddningstjänstberedskap och information sammanfaller i huvudsak med Seveso II. Generellt kan dock sägas att kraven i Seveso II som regel är mer omfattande och mer precis än i konventionen.

### SEVESO II OCH INDUSTRIOLYCKSKONVENTIONENS INVERKAN PÅ SVENSK LAGSTIFTNING

I slutbetänkandet av ”Utredningen om kemikalieolyckor m.m. SOU 1998:13” ges förslag på ny lagstiftning för att uppnå reglerna i det nya direktivet och konventionen.

Lagförslaget är en utökning av de föreskrifter som tillkom utefter Seveso I direktivet, vilket ligger till grund för kraven på riskanalyser i ASS, SRV, SNV och SÄI:s föreskrifter. I huvudsak innebär detta en skärpning och ett förtydligande av de tidigare föreskrifterna i form av en ny lag här kallad ”Seveso-lagen” samt även vissa omformuleringar och tillägg i gällande lagstiftning. Vidare föreslås konventionens regler gälla även nationellt då man i utredningen inte finner skäl till att tillämpa lägre krav på säkerhet inom det egna landet än i förhållande till angränsade stater. I slutbetänkandet behandlas dessutom samordningen mellan ovan nämnda tillsynsmyndigheter samt en integration mellan miljökonsekvensbeskrivningar (MKB) och Räddningstjänstlagen, där miljö- och säkerhetsfrågor redovisas i ett gemensamt dokument. Samordningen (regelstrukturen) blir dock ej heltäckande utan beskrivs i utredningen enligt figur I.1 nedan. Syftet med detta är bland annat att centralt samla den kompetens som krävs för att kunna granska företagets säkerhetsrapporter och riskanalyser.



Figur I.1. Regelstrukturen föreslagen i SOU 1998:13



I Sverige spänner som synes frågor om olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder över flera lagstiftningsområden och därmed även över flera myndigheters ansvarsområden. Detta innebär att ansvaret för de frågor som regleras i direktivet delas mellan berörda myndigheter, de har således ett tillsynsansvar var för sig men samtidigt ett gemensamt intresse inom området. /15/ Nedan presenteras myndigheterna och deras ansvarsområden mer genomgående.

### **ARBETARSKYDDSVERKET (AV)**

Arbetskyddsverket består av Arbetskyddsstyrelsen och Yrkesinspektionen. Grundläggande lagstiftning hittas i arbetsmiljölagen (1977:1160), arbetsmiljöförordningen (1977:1166), lagen om kemiska produkter (1985:426) och Storskalig kemikaliehantering (AFS 1989:6).

#### **Lagstiftning med stöd av Sevesodirektivet:**

Storskalig kemikaliehantering AFS 1989:6

Transport av farligt gods är undantaget. Storskalig kemikaliehantering betyder hantering i sådan mängd att en storolycka är möjlig.

Föreskrifterna gäller:

Farliga ämnen enligt SFS 1985:835

Brandfarliga och explosiva varor enligt SFS 1988:868

Övriga ämnen enligt AFS 1989:6 bilaga II och III.

3 § fastställer krav på:

- Riskanalys
- Förebyggande åtgärder
- Utbildning av personal

### **SPRÄNGÄMNESINSPEKTIONEN (SÄI)**

Sprängämnesinspektionens uppgift är att med hjälp av råd, föreskrifter och tillsyn minimera olyckor och skador vid hantering av explosiva och brandfarliga varor.

#### **Lagstiftning med stöd av Sevesodirektivet:**

Lagen om brandfarliga och explosiva varor (1988:868)

Anläggningar där brandfarliga och explosiva varor hanteras skall ligga på betryggande avstånd ifrån omgivningen enligt 6 §. Krav på tillfredsställande utredning av riskerna fastslås i 9 §.

### **STATENS RÄDDNINGSVÄRK (SRV)**

SRV reglerar bl.a. räddningstjänstens verksamhet samt landtransporter av farligt gods

#### **Lagstiftning med stöd av Sevesodirektivet:**

Räddningstjänstlagen (1986:1102)

Räddningstjänstlagen anger i 7 § kommunens ansvar gällande främjande av skade- och olycksförebyggande verksamhet.

41 § och 43 § reglerar anläggningsinnehavarens ansvar gällande riskanalys och förebyggande arbete.

Räddningstjänstförordningen (SRVFS 1994:1)

Krav på riskanalys regleras i räddningstjänstförordningen. § 68 ålägger anläggningsägaren till § 43 anläggning att analysera riskerna gentemot människor och miljö.

### **NATURVÅRDSVERKET (NVV)**

Naturvårdsverket är en central tillsynsmyndighet vad gäller miljöskyddslagen. Tillsynen sköts lokalt av länsstyrelsen eller av kommunalnämnd. Det finns flera lagar som reglerar hanteringen inom verksamhetsområdet.

### **Lagstiftning med stöd av Seveso direktivet**

Miljöskyddslagen (1969:387)

43 § anger att innehavaren av anläggning som befaras vara miljöfarlig är skyldig att lämna ut uppgifter på begäran av tillsynsmyndigheten. Innehavaren är också skyldig att bekosta och utföra behövliga undersökningar. 43 § anger dessutom tillsynsmyndigheten rätt att i beslut om föreläggande ålägga vite.

Lagen om kemiska produkter (1985:42). SNFS 1994:1 MS:71

NVV:s föreskrifter kräver miljöhänsyn enligt 1 § SNFS 1994:1 MS:71 ”skydd av den yttre miljön vid industriell kemikaliehantering” samt krav på riskanalys enligt 3 § i samma lag.

Om en verksamhet enligt miljöskyddslagen är klassad som miljöfarlig krävs tillstånd av koncessionsnämnden för miljöskydd samt länsstyrelsen för att få bedriva verksamheten.

Miljöskyddslagens § 38 b föreskriver att Stora Gruvön för varje verksamhetsår skall inge en särskild miljörapport till tillsynsmyndigheten.

### **KRAV PÅ RISKANALYS**

Sammanfattningsvis finns krav på riskanalys i:

- Storskalig kemikaliehantering (AFS1989:6, § 3-4)
- Naturvårdsverkets föreskrifter (SNFS 1994:1 MS:71, § 3)
- Räddningstjänstförordningen (1989:1107, § 68)
- Lagen om explosiva och brandfarliga varor (1988:868, § 9)



## II. ALLMÄNT OM RISKHANTERING

Kapitlet kan ses som ett fördjupningsmaterial och som en introduktion till de resonemang och resultat som förekommer i rapporten.

I detta kapitel förklaras begreppet riskhantering och några av de metoder och begrepp som används inom arbete med riskanalyser. Vidare förs ett allmänt resonemang om riskhantering och i slutet diskuteras olika riskkriterier.

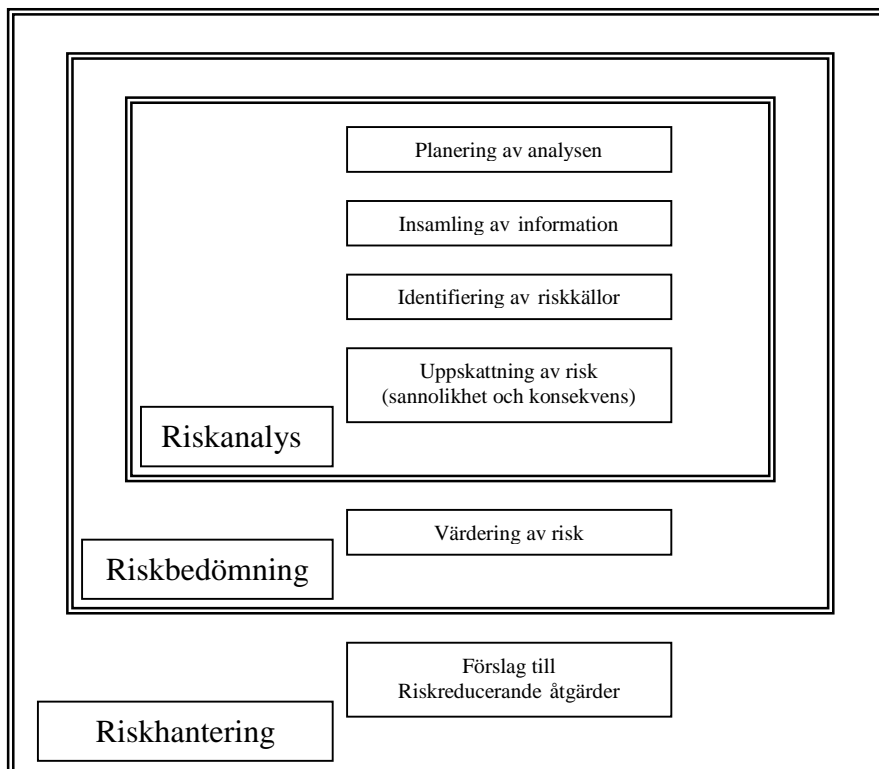
### RISK

Begreppet ”risk” har många olika definitioner beroende på hur och var det används. Den definition som kommer användas i detta arbete är att risk är en sammanvägning av konsekvensen av en företeelse och sannolikheten för denna. Sammanvägning uttrycks vanligen som produkten av sannolikhet och konsekvens, denna kan dock inte alltid beräknas numeriskt.

Sannolikhet är en dimensionslös storhet och kan anta värden mellan 0 och 1. Frekvens är en storhet som talar om hur många gånger något har inträffat eller förväntas inträffa per tidsenhet eller utförande. Vanlig enhet är per år eller per utförande.

### RISKHANTERING

Riskhantering är det sammanfattande ordet för den arbetsprocess som identifierar, analyserar, värderar samt eliminerar/reducerar befintliga risker. I figur II.1 nedan visas vilka moment riskhantering innefattar.



Figur II.1. Schematisk bild av de moment som ingår i riskhantering /14/

## RISKANALYS

Grunden i riskhantering är en riskanalys. Det finns ett stort antal benämningar på och varianter av riskanalysmetoder och ofta behöver flera varianter kombineras för att på ett tillfredsställande sätt analysera riskerna. Olika begrepp och metoder redovisas nedan.

### Kvalitativ riskanalys

Med en kvalitativ riskanalys avses i denna rapport en analys där riskerna uppskattas och klassas utifrån erfarenheter och enligt aktuell metods rekommendationer. Den här typen av analyser identifierar riskkällor och ger ofta en god första uppfattning om storleksordningen på frekvens och konsekvens.

Med dessa metoder kan en anläggning/process t.ex. erhålla en risknivå motsvarande en bokstav eller siffra. Detta resultatet är då värdefullt för den som är insatt i metoden men det kan bli svårigheter att jämföra med andra metoder. Om samma metod utförs på flera likartade objekt duger de dock utmärkt som jämförelse mellan de olika objekten och resultatet kan lätt ställas mot metodens acceptanskriterier. Dessa analyser används ofta som ett urvalsinstrument för fortsatta detaljerade (kvantitativa) analyser.

### Semikvantitativ riskanalys

Med en semikvantitativ riskanalys avses en sådan analys som kan beräkna risker kvantitativt, men där resultatet bara kan jämföras för inom modellen analyserade objekt, s.k. relativ ranking. Detta innebär att man kan beräkna hur riskfylld en process är gentemot en annan, men ej beräkna den absoluta risken.

### Kvantitativ riskanalys

Med en kvantitativ riskanalys avses i denna rapport en analys som ger ett resultat i form av kvantitativa värden t.ex. förväntat antal döda vid en olycka, eller om sannolikheter vägs in, förväntat antal döda per år. Dessa resultat har fördelen att de är enkla att tolka och enkelt kan jämföras med riskkriterier och andra verksamheter som beräknats med metoden. En kvantitativ riskanalys är ett omfattande arbete som ofta kräver tillgång till mycket information och statistik, vilket dock inte alltid finns tillgängligt.

Kvantitativa riskanalyser kan delas in i deterministiska och probabilistiska riskanalyser, vilka beskrivs nedan.

### *Deterministisk riskanalys*

En deterministisk riskanalys är en sådan där tyngdpunkten av analysen ligger i konsekvensbedömningar, sannolikheten är här av underordnad betydelse om den alls beaktas. Nedan presenteras två vanliga kvantitativa deterministiska modeller.

”Värsta tänkbara händelse” (worst case) är en metod där man beräknar den teoretiskt mest omfattande konsekvensen som kan inträffa vid en viss hantering och dimensionerar efter denna, på detta vis kan man säga att man befinner sig på den säkra sidan. Detta synsätt kan dock resultera i att allt för stora resurser läggs ned för att förhindra en typ av skadehändelse som kanske ofta kan bortses från p.g.a. mycket låg sannolikhet.

I metoden ”Dimensionerande skadehändelse” försöker man istället uppskatta det troligaste värsta fallet som i praktiken kan inträffa och utifrån detta dimensionera insatser och skadebegränsande åtgärder. Genom att man försöker uppskatta det troligaste fallet samt tar hänsyn till riskreducerande åtgärder har man även vägt en viss sannolikhet i modellen. Ofta ger denna metod mindre konsekvenser än den ovan nämnda ”worst case”-modellen.

### Probabilistisk riskanalys

I rapporten avses med probabilistisk riskanalys en riskanalys där tyngdpunkten ligger på sammanvägningen av sannolikheten för en skadehändelse och konsekvensen av denna. Noggranna litteraturstudier samt statistik över olycksfrekvenser ligger till grund för val av sannolikheter, konsekvenser beräknas med valda modeller.

Exempel på probabilistisk kvantitativ riskanalys är händelseträdsanalysen. I den modellen kan varje sluthändelse i sig utgöra en deterministisk analys, men sammantaget är hela trädet en probabilistisk analys då man tar hänsyn till sannolikheten för varje sluthändelse.

Probabilistiska riskanalyser kan med stor fördel kompletteras med osäkerhetsanalys. Denna metod tar hänsyn till de osäkerheter som finns i ingående variabler. Hänsyn tas även till osäkerheter i beräkningar och använda modeller för att ge en uppfattning av säkerheten i resultaten. Metoden ger resultat i form av en sannolikhetsfördelning av konsekvensen.

### Riskanalysmetoder

Nedan listas några förekommande analysmetoder i ovan nämnda uppdelning. Det som allmänt kan nämnas är att samtliga kräver stor erfarenhet och processkunskaper för att genomföras och att arbetsinsatsen ökar drastiskt desto mer kvantitativa analyserna blir.

### HazOp (Hazards and Operability Studies)

Metoden är mycket systematisk och klarlägger avvikelser i processer samt ger förslag till åtgärder. Principen för HazOp bygger på att man härleder avvikelser i processen genom att utnyttja ledord. Om man t.ex. utgår från att en process har ett visst flöde av en komponent, kan ledorden med avseende på flödet vara: mer, mindre, inget, annat, motsatt, dessutom mm. Om det upptäcks att kritiska avvikelser uppstår till följd av ledordet, antecknas detta och åtgärdsförslag ges för att förhindra att ledordet inträffar. Se figur II.2 nedan.

Variabel	Nyckelord	Möjliga orsaker	Konsekvens	Åtgärd
Metanol flöde	Mer	Instrumentfel, flödesmätare felaktig	Snabbare reaktion inledningsvis, vilket ger mer kloridoxid.	Systemet klarar denna förändring
	Mindre	Instrumentfel, flödesmätare felaktig	Reaktionen upphör, ingen risk.	-----

Figur II.2. Exempel på HazOp /4/

### ”Vad händer om”- analys (what if)

Frågan ”vad händer om...?”, ställs för olika delar i anläggningen/processen, se figur II.3 nedan. Frågan resulterar i ett svar som identifierar kritiska skadehändelser. Utifrån detta kan sannolikheter och konsekvenser skattas samt åtgärder föreslås.

Vad händer om	Sannolikhet	Konsekvens	Åtgärd
Man kör på gasledning sodahusets entré, östra.	3	Gasutsläpp i lokaler.	Skydd av ledning bör installeras, plåtskydd och avvisare. Medtas i åtgärdsprogram.

Figur II.3. Exempel på ”Vad händer om”-analys /4/

### HRA (Human Reliability Analysis) Mänsklig tillförlitlighetsanalys

Att bedöma den mänskliga tillförlitligheten är ett av de svårare momenten i riskanalyser. Den enklaste formen av HRA är en operatörsanalys. Den går ut på att identifiera beslut eller åtgärder av en operatör som kan leda till skadehändelser eller öka sannolikheten för dessa. Viktiga moment i analysen är att se över erfarenheten hos operatören, kvaliteten på

instruktioner och utbildning, stressnivån i momentet samt underhållsarbetet. Intervjuer med operatörer samt realistiska simuleringar/övningar är också viktiga moment. Utifrån den systematiska genomgången kan insatser göras för att minska sannolikheten för mänskliga fel. I figur II.4 nedan ges ett exempel på aktuell analysmetod.

Steg/operatörs-åtgärd	Indikering/Verifiering	Möjligt fel	Konsekvens	Anmärkning/Åtgärd
Öppnar ventil för att erhålla manöverluft vid vagn.	Nej	Glöms bort	Inga	

Figur II.4. Exempel på operatörsanalys. /4/

### **Preliminär riskanalys/grovanalys**

En preliminär riskanalys är en grovanalys för identifiering och eventuellt eliminering av uppenbara riskkällor på ett tidigt projektstadium, se exempel i figur II.5 nedan. Metoden går ut på att anläggningen/processer gås igenom och riskkällor identifieras. Utifrån detta skattas konsekvens och sannolikhet, ofta i en femgradig skala, varvid åtgärder föreslås. Denna analysmodell är en av de vanligast förekommande.

Skadehändelse	Orsak	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
Gasutsläpp, huvudsakligen svavelväte, från basningskärl.	Felgrepp eller materialfel.	Utsläpp av Ånga 10 bar innehållande svavelväte. Förgiftning.	2	2	Särskilda inspektioner.

Figur II.5. Exempel på preliminär riskanalys /4/

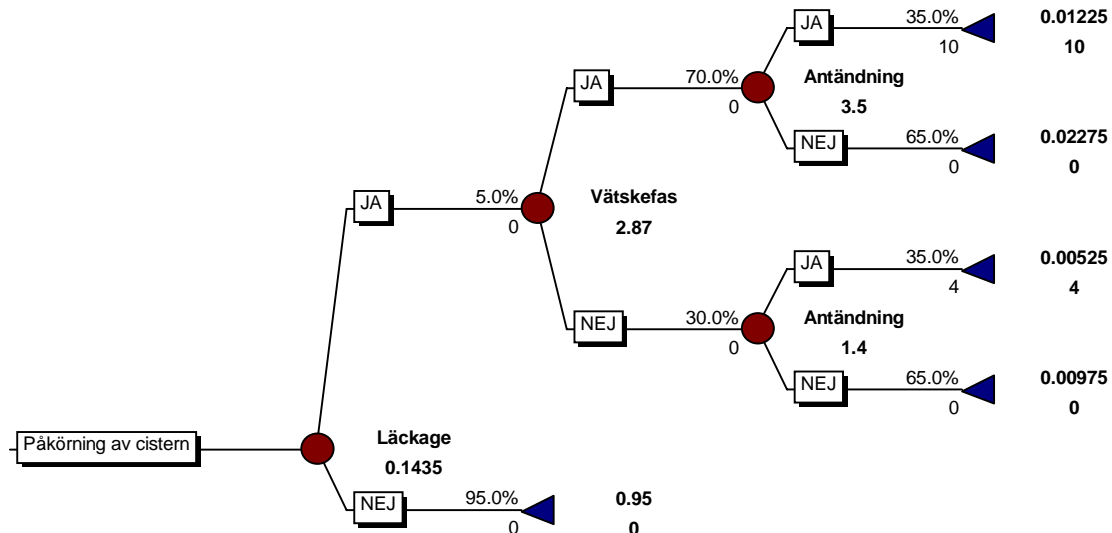
### **Indexmetoder**

Indexmetoder är en form av semikvantitativ riskanalys. Metoden går ut på att processer och industrier klassas enligt en skala som beror av bl.a. fysikaliska egenskaper hos ämnen som ingår samt processbetingelser i form tryck, temperatur och utformning. Analysen ger inget absolut värde på risken i form av döda per år eller liknande, men resultatet ger den relativa risken gentemot andra processer/anläggningar. Metoden är, för insatta personer, relativt enkel att använda och ger förhållandevis mycket information. Exempel på indexmetoder är Dow Fire and Explosion Index samt Mond Index.

### **Händelseträdsanalys**

En skadehändelse kan resultera i många olika utfall. Med hjälp av händelseträdsanalys kan man på ett enkelt sätt strukturera och redovisa de möjliga utfall en skadehändelse kan leda till. Det bör dock tilläggas att denna typ av analys ofta först kräver omfattande förberedelser i form av olika grovanalysmetoder för att identifiera de möjliga kombinationerna.

Genom att multiplicera sannolikheten för varje delhändelse erhålls sluthändelsernas sannolikheter (givet skadehändelse). Om man beräknar/uppskattar konsekvensen för varje sluthändelse kan man med hjälp av sannolikheten räkna sig bakåt i trädet och på så sätt erhålla den förväntade konsekvensen (medelkonsekvens) för skadehändelsen. I figur II.6 nedan ges ett exempel på hur en händelseträdsanalys kan se ut. I figuren redovisas del- och slutsannolikheter ovanför varje trädgren respektive bakom varje sluthändelse. Delkonsekvenserna visas under varje trädgren medan den förväntade konsekvensen visas längst fram i trädet.



Figur II.6. Exempel på händelseträdsanalys

### Felträdsanalys

En felträdsanalys startar med att man fastställer ett antal bashändelser som ensamt eller tillsammans leder till en sluthändelse. Jämför detta med ett händelsetråd som börjar med en skadehändelse och slutar med flera sluthändelser.

### RISKVÄRDERING

För att kunna värdera risker och få en uppfattning om storleken på dessa används olika typer av riskmått. Risknivån som erhålls utifrån kvalitativa analyser jämförs med de för modellen uppställda kriterier. Risken kan här inte jämföras med några generella kriterier utan den värderade risken leder till vidare granskning eller direkta slutsatser om åtgärder ska vidtas eller ej.

Resultatet från kvantitativa analyser kan jämföras med kvantitativa acceptanskriterier. Vid värdering och jämförelse av personrisker är de två vanligaste riskmåten "samhällsrisk" och "individrisk", vilka förklaras nedan.

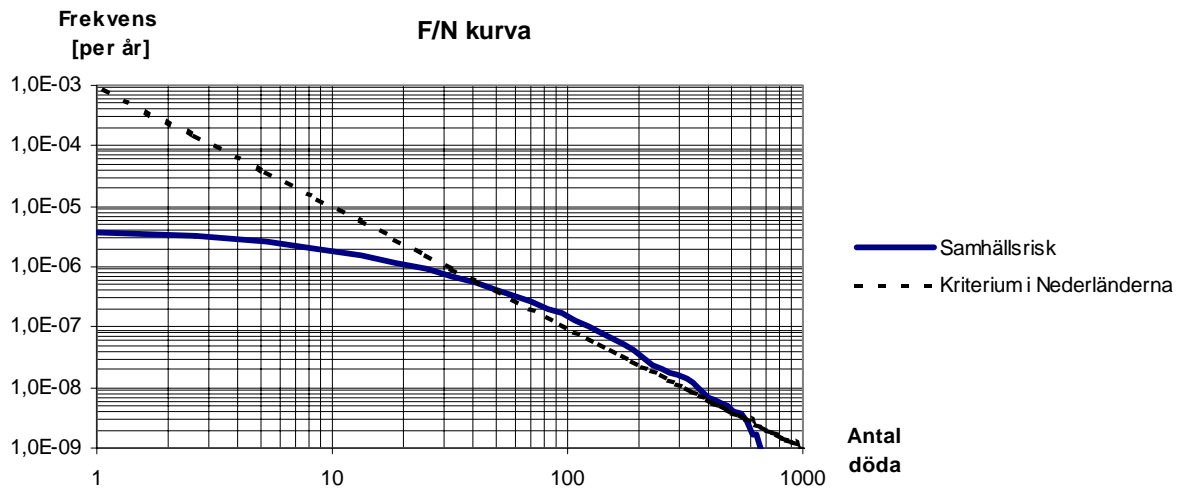
### Samhällsrisk

Samhällsrisk, även kallad kollektivrisk, är sannolikheten att ett visst antal personer utsätts för en viss konsekvens, givet en skadehändelse. Detta mått talar inte om risken för specifika individer utan avser att ge en bild av risken för en population, t.ex. boende kring en industrianläggning eller transportväg. Den samhällsrisk som beräknas utifrån t.ex. skadehändelser på en industri ska adderas till den samhällsrisk som "alltid" finns i samhället då avseende naturkatastrofer, flygplansolyckor, farligt godsolyckor mm.

Samhällsrisk brukar presenteras antingen i form av s.k. F/N-kurvor eller som "förväntat antal omkomna per år". I F/N-kurvorna kan sannolikheten utläsas för att minst X antal människor förolyckas per år till följd av given skadehändelse.

Fördelen med FN-kurvorna är de ger information om fördelningen av olycksstorleken. En flack kurva innebär en relativt sett stor andel olyckor med många omkomna, medan en brant kurva innebär motsatsen. Detta framgår inte av den andra metoden som endast ger ett medelvärde av dödligheten. I figur II.7 nedan ges ett exempel på en F/N-kurva där även acceptanskriteriet i Nederländerna är inlagt.





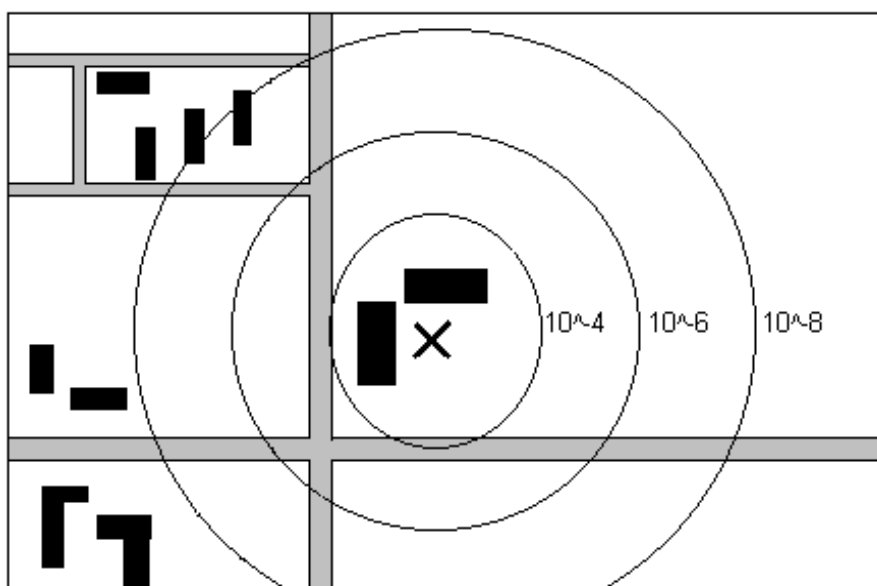
Figur II.7. Exempel på F/N-kurva med irriterat acceptanskriterium. /16/

Generellt kan sägas att det i samhället finns aversion mot stora olyckor, d.v.s. allmänheten tycker att det är mer acceptabelt att få människor omkommer i många olyckor än att många människor omkommer till följd av en katastrof även om det totala antalet omkomna är lika stor. /5/

### Individrisk

Det finns flera definitioner för individrisk, den vanligaste är den som även kallas för platsspecifik individrisk. Denna definition innebär att individrisken är sannolikheten per år att en hypotetisk person förolyckas då han/hon vistas kontinuerligt på en plats vid ett fixt avstånd från en riskkälla.

Vanliga sätt att åskådliggöra individrisken är att på en karta rita upp s.k. riskkonturer kring riskkällan. Riskkonturer kan liknas vid en kartas höjdkurvor, där varje kurva anger frekvensen för att den nämnda personen förolyckas vid den bestämda platsen, se figur II.8 nedan.



Figur II.8. Exempel på riskkonturer

### **Riskkriterier**

I många länder, t.ex. Nederländerna och Storbritannien, finns lagstiftande acceptanskriterier för individ- och samhällsrisk. I Sverige existerar i dagsläget inga lagstiftade krav på acceptanskriterier utan än så länge bara rekommendationer. I /5/ har en inventering av olika länders acceptanskriterier utförts. Inventeringen visar på stora likheter ifråga om individrisk, dock skiljer det en del mellan olika länders kriterier för samhällsrisk.

I samma rapport /5/ rekommenderas även ett antal utgångsprinciper för fastställandet av de riskkriterier som bör ligga till grund för riskvärdering. Meningen med dessa principer är bl.a. att man inte ska ”stirra sig blind” på att endast hamna under någon speciell acceptansnivå. Även mindre risker bör åtgärdas om det kan anses rimligt utifrån de nämnda principerna, vilka nedan citeras.

#### ***Rimlighetsprincipen***

”En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas. Detta innebär att risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltså skall åtgärdas (oavsett risknivå).”

#### ***Proportionalitetsprincipen***

”De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar (intäkter, produkter, tjänster, etc.) som verksamheter medför.”

#### ***Fördelningsprincipen***

”Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför. Detta medför att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.”

#### ***Principen om undvikande av katastrofer***

”Riskerna bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser än i katastrofer.”

### **RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER**

Arbetet med riskreducerande åtgärder börjar hos företagsledningen. Det är mycket viktigt att dessa har en utvecklad strategi/policy för hur den enskilda verksamheten skall hantera dessa frågor och hur detta befordras nedåt i organisationen, d.v.s. delegering och implementering. En öppenhet och en objektivitet för det egna arbetsstället måste finnas, ”det händer inte oss”-attityder är mycket viktigt att motarbeta.

Det är viktigt att den som bär ansvaret för säkerhetsarbetet har kunskap om organisation, processer, utrustning samt vilka inspektions- och underhållssystem som finns inom företaget. Dessutom förutsätts att den som bär ansvaret har ekonomiska befogenheter att driva säkerhetsarbetet samt befogenhet att vid nödsituationer snabbt kunna fatta beslut.

När riskanalysen och riskvärderingen väl är genomförd är det mycket viktigt att åtgärder vidtas för att förebygga identifierade möjliga olyckor och begränsa dess konsekvenser. Det första steget för att minska riskerna är att reducera/eliminera möjligheten (sannolikheten) för att en skadehändelse uppstår. Nedan ges exempel på olycksförebyggande åtgärder. /17/

- Utbildning av personalen i den egna processen
- Underhållsplaner
- Tillsyn
- Förändring av riskfyllda processdelar
- Utbyte av farliga kemikalier till mindre farliga

Utbildning och kunskap är mycket viktigt för att uppnå ett gott säkerhetsmedvetande, då generellt sätt en övervägande andel av tillbud och olyckor orsakas av mänskligt felhandlande.

Den andra viktiga biten är att kunna minimera konsekvenserna av en olycka om den trots allt uppstår. Nedan ges exempel på sådana skadebegränsande åtgärder. /17/

- Företagens och Räddningstjänstens planering, genomförande samt övning av räddningsinsatser
- Invallningar
- Sprinklersystem
- Avskiljningar
- Byggnadstekniska åtgärder
- Företagens planering och genomförande av saneringsåtgärder

Med riskanalysens hjälp kan en prioritering av de riskreducerande åtgärderna ske. Om en sådan prioritering sker kan de största riskerna åtgärdas först och riskreduktionen blir då både tids- och kostnadseffektiv.

### III. UTSLÄPP OCH SPRIDNING AV TUNGA GASER

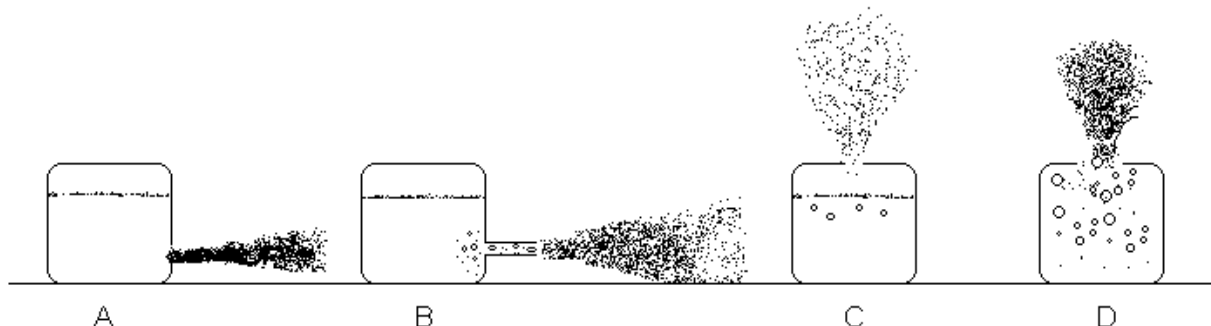
Utsläpp av tunga gaser, d.v.s. gaser med större densitet än luft ( $1,2 \text{ kg/m}^3$  vid  $20^\circ\text{C}$ ), utbreder och beter sig annorlunda än lätta och neutrala gaser. Exempel på tunga gaser är svaveldioxid, klor och gasol. I detta avsnitt ges en översiktlig bild av hur utsläpps- och spridningsförloppet går till och vilka faktorer som har en avgörande inverkan på detta förlopp. Kapitlet kan ses som ett utbildningsmaterial och introduktion till de beräkningsmodeller och resonemang som förekommer i den kvantitativa analysen av svaveldioxid- och klordioxidhanteringen vid Gruvöns bruk.

#### UTSLÄPP AV KONDENSERADE GASER

Kondenserade gaser förvaras ofta under flera atmosfärers övertryck. Detta höga tryck medför att vid hål i lagringscisterner eller distributionsledningar kan stora mängder gas/kondenserad gas strömma ut.

Utsläpp av kondenserade gaser brukar delas in i fyra olika klasser (A-D), vilka presenteras nedan samt åskådliggörs i figur III.1. /8/

- A. Utsläpp i vätskefasen genom kort kanal (hål i tank). Detta fall ger maximalt flöde per hålarea.
- B. Utsläpp i vätskefasen genom lång kanal. Trycksänkning i kanalen medför att den underkylda vätskan delvis förgasas ("flashar"), vilket leder till tvåfasutsläpp. Massflödet per hålarea är betydligt mindre än i fall A.
- C. Utsläpp genom litet hål i gasfas. Endast gasfas strömmar ut och processen avtar efter hand då förångningsvärme tas från vätskan som därmed kyls till kokpunkten p.g.a. adiabatisk förångning. Detta fenomen leder till att endast en mindre andel av tankinnehållet förgasas. För svaveldioxid är denna andel ca. 10 % av ursprungsmassan vid  $10^\circ\text{C}$ . Detta fall ger minimalt massflöde per hålarea.
- D. Utsläpp genom större öppning i gasfasen. Här blir trycksänkningen så stor att vätskan bulkkokar. Detta medför att vätskan skummar upp och rivs med i utsläppet, vilket leder till ett tvåfasutsläpp (jämför med ett öppnande av en Champagneflaska). Massflödet per hålarea är större än i C och ofta i samma storleksordning som i fall B.



Figur III.1. Schematisk bild av de olika utsläppstyperna

Massflödet ur hålet beror förutom av hålets placering även av lagringstryck/arbetstryck, hålarea, kontraktionsfaktor ( $C_d$ ), kanalens längd och ämnets densitet för respektive fas.

När tryckkondenserade gaser förvaras i slutna kärl beror lagringstrycket av vilket ämne som lagras och vid vilken temperatur, med andra ord följer lagringstrycket ämnets ångtryckskurva. Detta faktum medför att vid ett läckage en varm dag blir massflödet märkbart större än för motsvarande läckage en kall dag. Detta fenomen har bl.a. observerats vid fältförsök med svaveldioxid./9/

Vid många anläggningar önskas ett arbetstryck som är konstant och högre än gasens mättnadstryck vid normala temperaturintervall. Av denna anledning trycksätts lagringscisternerna ofta med en inertgas, t.ex. kvävgas, och trycket regleras med tryckregulator. Detta medför konstant massflöde vid läckage oberoende av temperatur.

## SPRIDNING

### Jetspridning

Vid utsläpp av typen A, B och D bildas en s.k. tvåfasjet och vid typ C en s.k. gasjet. Jetstadiet kan beskrivas som en spridning som domineras av det utströmmande mediets rörelsemängdsmoment. Hastigheten i den initiala jetfasen kan för B, C och D uppgå till 100-200 m/s beroende på trycket i behållaren samt hur stor del av utsläppet som är gas respektive vätska. För rena vätskeutsläpp är dock hastigheten en aning lägre. /18/

Vid utströmningen av tryckkondenserade gaser splittras vätskan upp i mycket små vätskedroppar, aerosol, till följd av den höga utströmningshastigheten. Teoretiskt sätt skulle en betydande mängd vätska på detta vis kunna regna ut ur molnet och ansamlas på marken. Detta överensstämmer dock inte med verkligheten. Experiment och olyckor visar att för en ohindrad jet kan aerosolbildningen vara så omfattande att all utströmmad media förgasas och ingen/mycket små mängder markdeposition uppträder /9/.

Om däremot luftinblandningen hindras så att den bildade aerosolen inte kan förgasas eller om jeten slår i fasta ytor i form av mark eller väggar kan betydande markdepositioner avsättas /19/. Detta medför att ett effektivt sätt att minska konsekvenserna av utsläpp är att bygga in lagertankar i skjul med invallning för att på så sätt minska avgasningen och därmed hindra att delar av utsläppet sprids.

Efter jetutsläppet övergår vätskan till gasfas med en kraftig expansion som följd, expansionen för svaveldioxid är ca. 500 gånger p.g.a. densitetsskillnaderna för vätske- respektive gasfas. Detta leder till en initial luftinblandning, varvid luften kyls. Gasblandningen, som är tyngre än omgivande luft då den både är kallare samt innehåller molekyler med hög densitet, sjunker och breder ut sig p.g.a. gravitationens inverkan.

Ju längre bort från utsläppskällan gasen sprids desto mer luft blandas in i gasplymen. Detta beror på turbulens orsakad av den initiala omrörning som uppstår i och med jetens höga rörelsemängdsmoment. Turbulens som skapas då gaspaketet sjunker ihop och breder ut sig är också en bidragande faktor. Luftinblandning i jetstadiet kan vara så kraftig att för brännbara gaser kan det brännbara området helt och hållet ligga inom jetens verkningsområde /18/.

Luftinblandningen leder till ökad massa i jetplymen vilket i sin tur leder till en hastighetsminskning. Jetstadiet brukar definitionsmässigt fortgå tills det att jetplymens centrumhastighet är dubbelt så stor som den omgivande lufthastigheten d.v.s. vindhastigheten. /18/ Som exempel kan anges ett fältförsök med svaveldioxid. Försöket skedde i 3 m/s medvind och massflödet var ca. 10 kg/s. Ett tydligt jetbeteende kunde då observeras upp till

ungefär 50 meter från utsläppskällan. Vid större försök har dock betydligt längre avstånd iakttagits. /18/

### Tunggasspridning

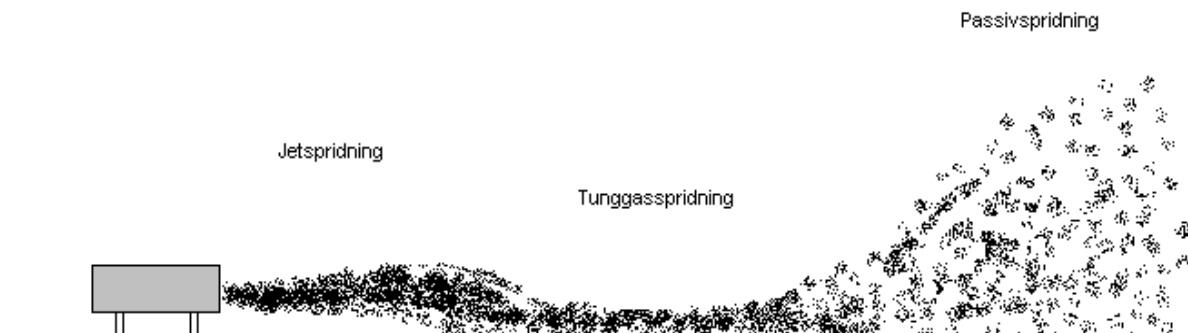
När jetstadiet slutat verka övergår den till s.k. tunggasspridning, även kallad gravitationsutbredning. Övergången sker gradvis och är ingen skarp gräns. Spridningen sker då genom tyngdkraftens inverkan samt genom vindens rörelser. Gravitationsutbredning kännetecknas av stor horisontell utbredning och liten vertikal spridning, initialt sker en nedsjunkning. Under spridningsförloppet fortsätter luftinblandningen och gasen värms upp av mark och omgivning.

### Passiv spridning

När tillräckligt mycket luft blandats in i plymen kommer slutligen tunggasegenskaperna att avta, vilket leder till att gasen övergår till att bete sig som neutral och plymen har då möjlighet att stiga upp från marken. Detta tredje stadium i spridningen brukar benämnas Gaussisk spridning eller passiv spridning. I detta stadium sker spridning uteslutande genom vindens rörelser samt diffusion.

Det ovan beskrivna händelseförloppen kan sammanfattande indelas i följande utvecklingsfaser (under stigande grad av utspädning/luftinblandning), se även figur III.2 nedan. /19/:

- Jetutsläpp
- Gravitationsutbredning (tunggasspridning)
- Neutral eller passiv atmosfärisk diffusion.



Figur III.2. Schematisk bild över de olika stegen i spridningsförloppet

## MOMENTANA RESPEKTIVE KONTINUERLIGA UTSLÄPP

Utöver de ovan nämnda utsläppstyperna (A-D) delar man in utsläppen i momentana och kontinuerliga utsläpp.

### Momentana utsläpp

Det momentana utsläppet är resultatet av en kortvarig öppning i lagringssystemet, t.ex. en övertrycksventil som öppnas och stängs. Detta skapar en ”puff” med hög hastighet vilken övergår till ett drivande moln. Definitionen för momentant utsläpp är att molnet inte ska ha hunnit övergå till passiv spridning innan utsläppet avstannats, d.v.s. det befinner sig hela tiden i jetstadiet.

Under den initiala fasen sprids de tunga gaserna horisontellt. I denna fas utbreder sig gaserna även mot vindriktningen och man måste, beroende på vindstyrka, räkna med mycket höga koncentrationer ett tiotal meter mot vindens riktning. /19/

Experiment och olyckor visar att ett tungt gasmoln tenderar att "rinna" iväg längs markytan och sjunka ner i sänkor som en vätska på ett ojämnt underlag. Vid ett mindre fältförsök började molnet lätta efter ca 100 meter p.g.a. luftinblandning och gasmolnet följde tydligt markens lutning vid vindstilla. /19/

### **Kontinuerliga utsläpp**

Kontinuerliga utsläpp bildas då utsläppet fortgår en längre tid. Ett sådant utsläpp kan samtidigt befinna sig i alla de olika faserna av spridningsskedet. Denna typ av utsläpp är oftast dimensionerande.

### **PÅVERKANDE FAKTORER**

Faktorer som påverkar spridningsförloppet kan indelas i de som initialt påverkar massflödet och de som påverkar graden av spridning. Av dessa är de initiala förhållandena som hålstorlek, lagringstryck, kontraktionsfaktor och hållplacering, redan nämnda. De faktorer som påverkar spridningen är utsläppets riktning, temperatur, meteorologisk stabilitetsklass, markens skrovlighet, topografi samt byggnader och hinder. Nedan förklaras de nämnda faktorernas påverkan mer ingående.

#### **Utsläppets riktning**

Jetens riktning påverkar spridningen. Undersökningar har gjorts för följande fyra olika riktningar; parallellt med vinden, rakt mot vinden, rakt ner i marken och rakt upp i luften. Av dessa fyra anges jeten parallellt med vinden vara dimensionerande, d.v.s. det värsta fallet. När jeten är riktad rakt upp uppnås det fördelaktigaste fallet ur spridningssynpunkt. De andra två fallen ligger någonstans mellan de två extremfallen och är ungefär likvärdiga ur spridningssynpunkt. /18/

#### **Meteorologiska stabilitetsklasser**

Klassindelningen för stabilitetsklasserna består av en skala A-F och benämns "Pasquillskalan" efter sin skapare. Stabilitetsklassen beror bl.a. av vindhastighet, solinstrålning/molnighet samt mark- och lufttemperatur.

Vid låga vindhastigheter och klart väder vinter- och nattetid kan stabil skiktning (F) inträffa. Denna skiktning är den mest ogynnsamma ur spridningssynpunkt, d.v.s. ger högst koncentration vid angivet avstånd. Den stabila skiktningen uppkommer p.g.a. att marken är kallare än luften. Detta medför att lufttemperaturen kommer att stiga ju högre upp från marken man kommer, s.k. inversion. Inversionen medför att ett gaspaket som hävs (förflyttas uppåt) från sin ursprungliga höjd kommer att erhålla en högre densitet än den omgivande varmare luften och kommer därmed sjunka tillbaka till ursprungsnivån. Inversionsskiktet stänger på detta sätt in det aktuella utsläppet mot marken.

Den mest gynnsamma stabilitetsklassen är den instabila (A), vilken inträffar vid låg vindhastighet, klart väder och när marken är varmare än luften. Luftens temperatur avtar då med höjden, vilket resulterar i att ett gaspaket som hävs fortsätter stiga tills det träffar på ett inversionsskikt på hög höjd. Detta medför stor utspädning och låga koncentrationer.

De två extremvärdena på skalan har ovan redovisats. Den vanligaste stabilitetsklassen är dock neutral skiktning (D), vilken uppträder vid molnigt väder och högre vindhastigheter oavsett



mark- och lufttemperatur. Spridningen, d.v.s. koncentrationen vid ett angivet avstånd, ligger i detta fall mellan A och F.

Då turbulens och omblandning inverkar positivt på spridningen kan man fråga sig varför klass D är värre än klass A ur spridningssynpunkt. Detta beror på att även om spridningen är större per tidsenhet för D så är den mindre per längdenhet p.g.a. en snabbare transport (högre vindhastighet). Detta medför högre koncentration vid lika avstånd jämfört med klass A. /8/

Mellan de ovan nämnda klasserna finns även andra klasser som skalan antyder. Dessa har uppkommit för att göra skalan finare och de uppträder vid meteorologiska värden mellan de som angivits. Generellt kan nämnas att stabiliteten ofta är flytande mellan de nämnda klasserna och att neutral skiktning i praktiken aldrig uppstår utan är en blandning av lätt instabil och lätt stabil skiktning. /8/

### Temperatur

Om ett utsläpp sker i lufttemperaturer under vätskans kokpunkt regnar all vätska ut och ansamlas på marken där den bildar pölar. Avgasningen från pölar beror av utbredning, kokpunkt och marktemperatur. Om marken har samma temperatur blir avgasningen obefintlig, dock kan det uppstå problem vid sanering då vätskeutsläppet rinner ned i marken.

Många av de tryckkondenserade gaserna har en kokpunkt runt -20 till -40 °C, vilket medför att dessa förångas kraftigt (kokar) vid alla normala temperaturer i Sverige. Svaveldioxid har dock relativt hög kokpunkt, -10°C. Detta kan få avgörande betydelse vid utsläpp av svaveldioxid vintertid, då det inte är osannolikt med temperaturer under -10 °C, varvid avgasningen blir mycket liten. /20/

### Markens skrovlighet

Terrängen har ett kraftigt inflytande på spridningsbilden av tunga gaser. När luft eller gas strömmar över marken genereras turbulens. Storleken på turbulensen beror förutom på hastigheten även på markens skrovlighet. Skrovligheten, d.v.s. gräs, buskar, träd och hus, kallas även för ytråhet och betecknas  $Z_0$  (m). Koncentrationsreduktionen vid spridning inom områden med stor ytråhet ( $Z_0$ ) är betydligt större än motsvarande spridning med lågt  $Z_0$ -värde. I /21/ ges  $Z_0$ -värden för några vanliga landskapstyper, vilka presenteras i tabell 1 nedan.

Landskapstyp	$Z_0$ -värde (m)
Platt landskap med enstaka träd	0,03
Jordbruksområde, flygplats, platt landskap med flertalet träd	0,10
Odlat landskap, växthusområde, yta med stor växtlighet och enstaka hus	0,30
Bostadsområde, skog, yta med många men låga hus, mindre industriområde	1,00
Stad, större industriområde med höga byggnader	3,00

Tabell III.1. Ytråheten beroende av landskapstyp /21/.

### Topografi

Dalgångar och åsar kan styra gasen, vilket medför att höga koncentrationer kan erhållas på vissa platser medan andra platser erhåller betydligt lägre koncentrationer. Gasen kan även ansamlas och ligga kvar i sänkor. /19/

### Byggnader och hinder

Hinder i form av hus och murar skapar turbulens vilken ökar spridningen varvid koncentrationen sänks. På detta sätt fungerar de koncentrationsreducerande för platser en bit bortom hindrets läsida. Direkt bakom hindret kan dock koncentrationen vara relativt stor



eftersom det undertryck som turbulensen bildar har tendens att suga ner gasvolymen. Även på vindsidan kan gaskoncentrationen öka genom att hindret ger gasvolymen möjlighet att ansamlas där. Vid utsläpp under längre tid är denna effekt dock endast tidsfördröjande då hindrens möjlighet att ackumulera gasvolymerna är begränsad.

# BILAGOR



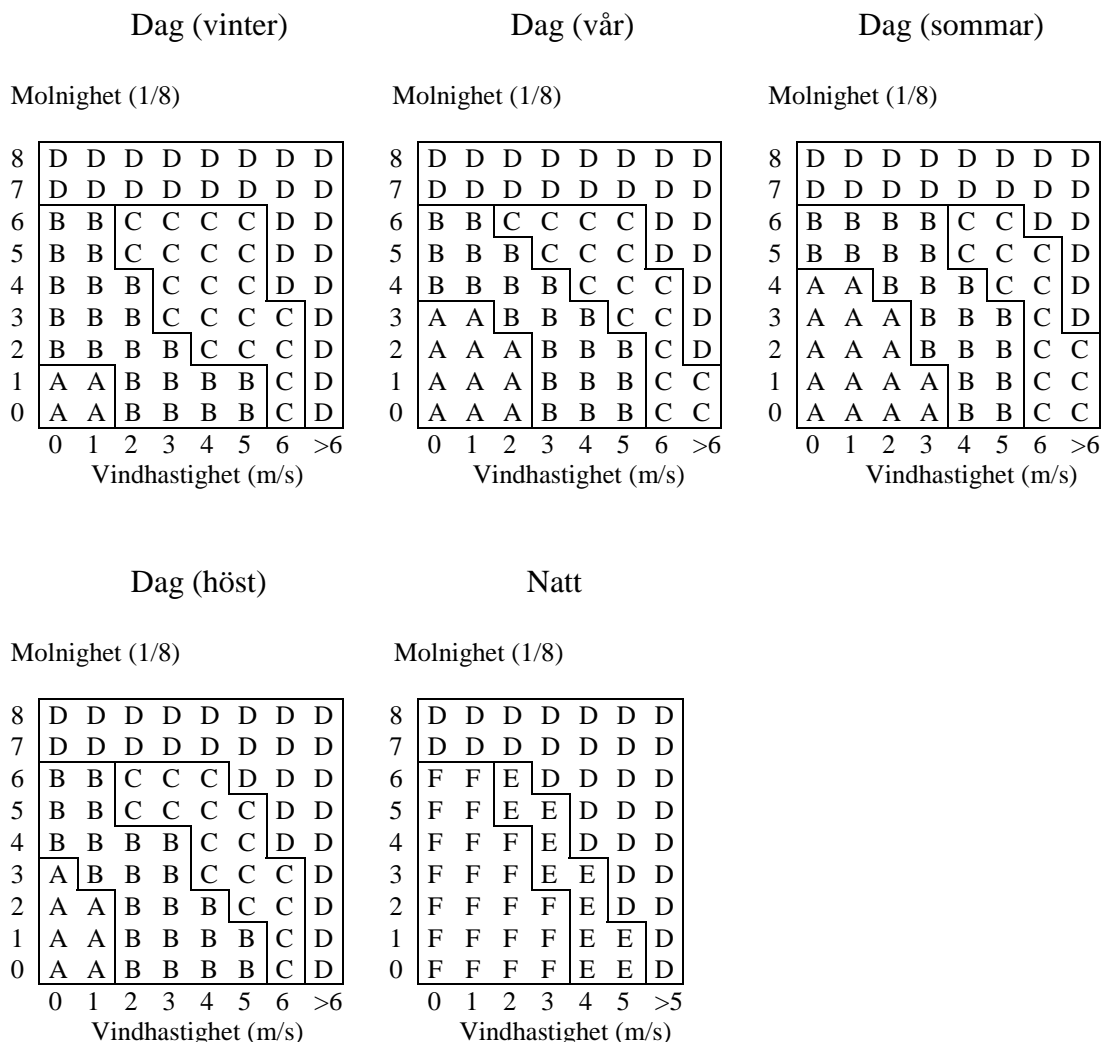
## BILAGA A. METEOROLOGI

I denna bilaga redovisas de data, antaganden samt beräkningar som legat till grund för framtagandet av sannolikhetsfördelningar gällande stabilitetsklasser och vindhastighet. Statistiken är hämtad från /4/, /8/, /21/ och /22/. För förklaring till begreppet stabilitetsklasser se fördjupningskapitel "Utsläpp och spridning av tunga gaser".

### STABILITETSKLASSER

I figur A.1 nedan visas matriser över hur stabilitetsklasserna förekommer till följd av vindstyrka och molnighet /21/. Molnigheten bestäms i 1/8-delar av hur mycket av himlen som täcks av moln. 1-2 1/8-delar räknas som "klart väder" och 7-8 1/8-delar räknas som "mulet väder", mellan dessa kategorier råder halvklart väder av varierande grad. Stabilitetsklasserna graderas A-F, nedan ges en förklaring för vilken skiktningstyp varje klass (bokstav) står för.

A: Extremt instabil                      D: Neutral  
 B: Måttligt instabil                    E: Svagt stabil  
 C: Svagt instabil                        F: Måttligt-extremt stabil



Figur A.1. Stabilitetsklassernas förekomst till följd av vindstyrka, molnighet och årstid.

*Kommentar*

De ovanstående matriserna är framtagna i Nederländerna. Man bör vara medveten om att klassernas förekomst i Sverige kan skilja sig något från dessa, bl.a. då vi har en lägre maximal solhöjd. Solhöjden i Sverige är som mest 58° (sydligaste Skåne) och kravet för att klass A ska kunna uppstå är en solhöjd > 60°. Det bör rimligen således vara mycket sällsynt att klass A förekommer i Sverige. /8/

Då stabilitetsklasserna har en sådan avgörande betydelse för gasspridningen bedöms dock nyttan att kunna göra en rimlig uppskattning av klassernas förekomst vara så stor att eventuella avvikelser kan accepteras.

**METEOROLOGISK DATA**

Nedan presenteras meteorologisk data från Karlstad flyplats 1931-1960 /22/ samt Gruvön 1981-1986 /8/. Dessa utgör underlag för framtagandet av sannolikhetsfördelningar av stabilitetsklasser och vindhastighet.

**Meteorologisk data från Karlstad flyplats 1931-1960**

Året	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	
	5,9	-4,3	-4,1	-1,1	4,2	10,1	14,4	17,1	15,9	11,5	6,4	2,2	-0,9

Tabell A.1. Års- och månadsmedelvärde av normaltemperatur (°C) /22/

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
-0,8	-0,5	3,4	9,3	15,7	19,7	22,2	20,3	15,9	9,9	4,5	1,5

Tabell A.2. Månadsmedelvärde av dygnets maximitemperatur (°C) /22/

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
-7,5	-7,8	-5,5	0,2	5,0	10,0	12,9	11,8	8,1	3,4	-0,8	-3,4

Tabell A.3. Månadsmedelvärde av dygnets minimitemperatur (°C) /22/

Tabell "Lufttemperatur kopplad till vindhastighet" i /22/ (redovisas ej), ger att 3,7% av året är lufttemperaturen i Karlstad i genomsnitt mindre eller lika med -10°C, d.v.s. ett utsläpp ger mycket liten avgasning (svaveldioxids kokpunkt = -10°C)

Vindstyrka (Beaufort)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
Vindhastighet (m/s)	0-0,2	0,3-1,5	1,6-3,3	3,4-5,4	5,5-7,9	8-10,7	10,8-13,8	13,9-17,1	17,2-20,7	20,8-24,4
Del av året (%)	8	18	30	25	13,6	4,3	0,97	0,1	0,03	0,00
Kumulativt (%)	8	26	56	81	94,6	98,9	99,87	99,97	100	100

Tabell A.4. Procentuell frekvens av olika vindstyrkor under året i Karlstad /22/

Tabell A.5 ger att 81% av året är vindhastigheten lägre än 5,5 m/s, d.v.s. att minst 19 % av året råder stabilitetsklass D (enligt stabilitetsmatriser).

Vindriktning	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV	Lugnt*
Fördelning (%)	12,4	11,0	10,7	8,5	14,2	16,2	8,6	8,6	9,8

Tabell A.6. Procentuell frekvens av olika vindriktningar (1931-1960) /22/

\*Så låg vindhastighet att vindriktningen fluktuerar.

Tid	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
St.	3,6	3,3	5,1	4,3	6,3	4,3	3,7	4,6	4,2	3,1	2,4	2,9

Tabell A.7. Medelantal klara dagar per månad /22/

Tid	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
St.	17,5	14,8	13,0	12,2	10,6	9,0	9,6	10,9	11,5	15,6	20,2	20,0

Tabell A.8. Medelantal mulna dagar per månad /22/

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Upp	8.47	8.02	6.49	6.18	4.53	3.47	3.39	4.34	5.45	6.53	7.08	8.19
Ned	14.55	16.02	17.13	19.27	20.38	21.45	22.03	21.13	19.49	18.21	15.54	14.54

Tabell A.9. Solens upp- och nedgång under året i Stockholm\*

\*Grums och Stockholm ligger ungefär på samma breddgrad, vilket ger att dagens längd är lika dock kan det skilja någon minut på klockslagen för solens upp- och nedgång.

**Statistik från tidigare analys, gällande Grums 1981-1986**

I den tidigare riskanalysen /8/ av Gruvöns bruk ingår följande meteorologiska statistik.

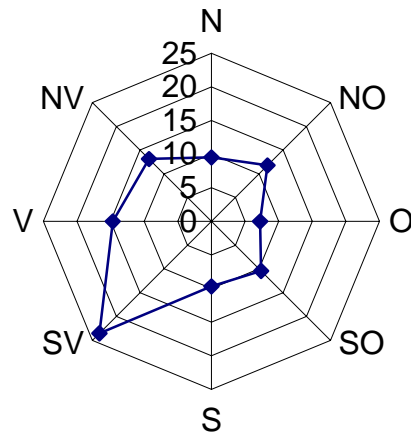
Vindhastighet		Stabilitet		
<i>m/s</i>	<i>Tid (%)</i>	<i>Klass</i>	<i>Relativ Tid (%)</i>	<i>Total tid (%)</i>
0,5-2,5	30	B	15	0,05
		D	45	0,13
		F	40	0,12
2,5-6	40	B	10	0,04
		D	70	0,28
		F	20	0,08
>6	30	D	100	0,3
	Σ= 100			Σ(B)=0,09
				Σ(D)=0,71
				Σ(F)=0,20
				Σ=100

Tabell A.10. Relativ frekvens av vindhastighet och stabilitetsklass i Grums. /8/

Vindriktning	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV
Fördelning (%)	9,5	11,8	7,2	10,4	9,7	23,6	14,7	13,1

Tabell A.11. Procentuell frekvens av olika vindriktningar i Grums (1981-1986) /8/

Tabell A.11 åskådliggörs även i figur 2 nedan.



Figur A.2. Vindriktningens fördelning (%), Grums 1981-1986 /8/

### Kommentarer

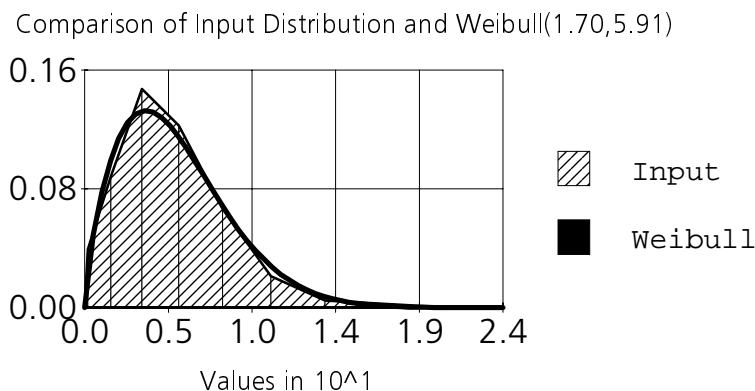
Då det gäller statistiken över vindriktningens fördelning så väljs statistiken gällande för Grums före statistiken gällande Karlstad. Då omgivning mm. kan inverka så att närliggande platser erhåller olika vindriktningar, ger statistiken för Grums de för analysen mest korrekta värdena.

### SANNOLIKHETSFÖRDELNINGAR

Utifrån ovanstående data har sannolikhetsfördelningar för stabilitetsfaktorn "a" samt vindhastigheten framtagits, se bilaga B "beräkningsmodell". Nedan presenteras dessa sannolikhetsfördelningar.

### Vindhastighet

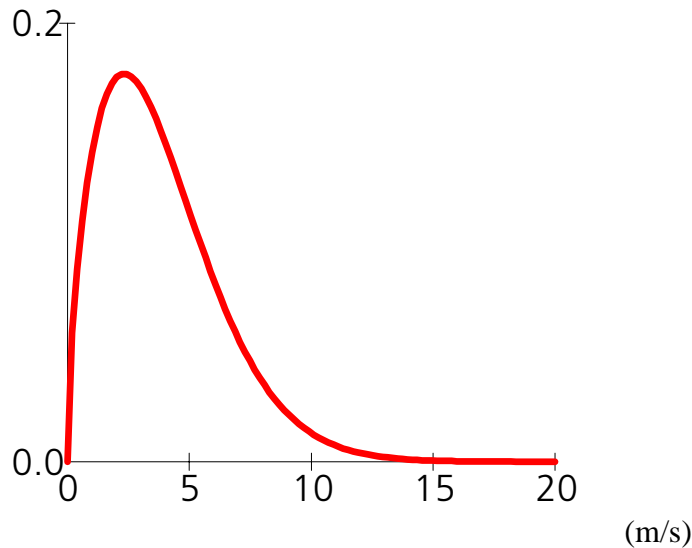
Utifrån vinddata ur /22/ (tabell A.4 ovan) kunde datorprogrammet BestFit med god överensstämmelse anpassa en statistisk fördelning. I figur A.3 nedan åskådliggörs fördelningarnas utseende samt överensstämmelse, där "Input" står för de uppmätta värdena och "Weibull" står för den fördelning BestFit fann mest lik, x-axel = vindhastighet m/s. Observera att x-axelns värden skall multipliceras med 10.



Figur A.3. Jämförelse av naturlig vindhastighetsfördelning med Weibull (1.70, 5.91)

Den framtagna fördelningen korrelerar inte fullt med de statistiska värdena. Fördelningen har därför manipulerats till bättre överensstämmelse, vilket resulterar i fördelningen i figur A.4

nedan. Denna sannolikhetsfördelning är något spetsigare samt lite mer hoptryckt än den som BestFit tog fram.



Figur A.4. Vindhastighetens fördelning Weibull(1,6; 4,3)

### Stabilitetsklass

Då det inte finns tillgänglig data på hur (och om) vindhastighet och molnighet är kopplade till varandra är möjligheten att exakt fastslå frekvensen för stabilitetsklasserna mycket begränsad. Vindfrekvensen och förekomsten av respektive molnighetsgrad är dock var för sig kända och antagandet görs då att de är oberoende av varandra. Med hjälp av meteorologisk data samt de i kapitlet tidigare redovisade matriserna för stabilitetsklasser kan närmevärden för stabilitetsklassernas relativa frekvens framtas.

Denna metod ger approximativa värden, metoden får dock ses som acceptabel då även här nyttan av resultaten överstiger de eventuella avvikelser från verkligheten som existerar.

Utifrån stabilitetsmatriserna framstår tre variabler som är avgörande för vilken stabilitetsklass som råder.

- Vindhastighet
- Molnighetsgrad
- Tid på dygnet (natt eller dag)

Värdena i tabellerna A.4,A.7,A.8 och A9 ger möjlighet att beräkna parametrarnas värden för respektive klass

Tabell A.9 ger att dagens medellängd under året är 12,28 timmar, vilket ger att 51 % av dygnet är ”dag”

Tabell A.4 ger de relativa frekvenserna för vindhastigheten, t.ex. att 19% av tiden är vindhastigheten större än 6 m/s (d.v.s. stabilitetsklass D råder)

Tabell A.7 och A.8 ger att 45% av året råder ”mulet” väder, 13% ”klart” väder samt 42% ”halvklart”

Utifrån dessa tabellvärden samt matriserna över stabilitetsklasserna kan nedanstående värden beräknas.



Stabilitetsklass A

Matris ger att stabilitetsklass A råder vid:

Dagtid (51%), klart väder (13%), vindhastighet <3 m/s (45%).

Detta ger relativa frekvensen för A =  $0,51*0,13*0,45 = 3\%$

Stabilitetsklass B

Matris ger att stabilitetsklass A och B råder vid:

Dagtid (51%), klart + mellanklart väder (55%), vindhastighet <4 m/s (56%).

Detta ger relativa frekvensen för B =  $0,51*0,55*0,56 - "A" = 15,7\% - 3\% = 12,7\%$

Stabilitetsklass C

Matris ger att stabilitetsklass C råder vid:

Dagtid (51%), mellanklart väder (42%), 3 m/s < vindhastighet < 6 m/s (30%).

Detta ger relativa frekvensen för C =  $0,51*0,42*0,30 = 6,4\%$

Stabilitetsklass D

Matris ger att stabilitetsklass D råder vid:

Dagtid och natttid (100%), mullet väder (45%), vindhastighet >0 m/s (100%), >6 m/s (19%).

Detta ger relativa frekvensen för D =  $1*0,45 + 0,19 - 0,19*0,45 = 55,5\%$

Stabilitetsklass E

Matris ger att stabilitetsklass E råder vid:

Natttid (49%), klart + mellanklart väder (55%), 2 m/s < vindhastighet <5 m/s (40%).

Detta ger relativa frekvensen för E =  $0,49*0,55*0,40 = 10,8\%$

Stabilitetsklass F

Matris ger att stabilitetsklass F råder vid:

Natttid (49%), klart + mellanklart väder (55%), vindhastighet < 4m/s (56%).

Detta ger relativa frekvensen för F =  $0,49*0,55*0,56 = 15,1\%$

I diagram A.1 nedan sammanfattas ovanstående relativa frekvenser i form av ett stapeldiagram.

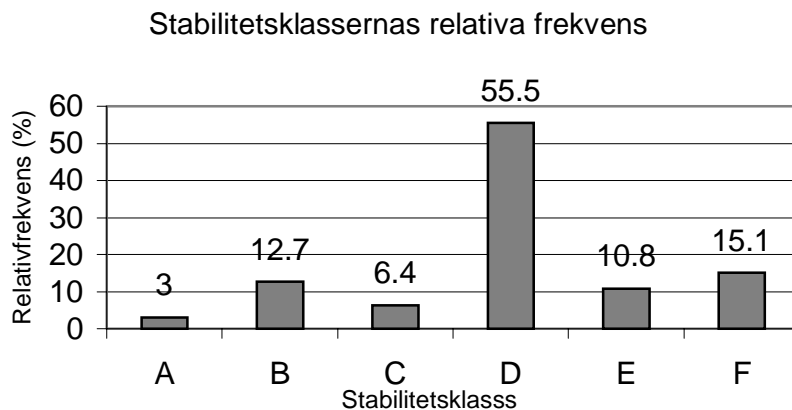


Diagram A.1. Stabilitetsklassernas relativa frekvens.

OBS! Då värdena på de tre parametrarna är approximativt framräknade blir den totala frekvensen ej 100 % utan 103%, detta anses dock vara försumbart.

Då stabilitetsklass "D" råder för alla vindhastigheter större än 6 m/s har i osäkerhetsanalysen med @Risk dock stabilitetsklassernas relativa frekvens indelats i två intervall, ett för vindhastigheten 0-6 m/s samt ett för vindhastigheten >6 m/s. Detta för att @Risk i beräkningarna inte skall skapa kombinationer som inte kan existera, t.ex. vindhastighet 15 m/s och stabilitetsklass "A", se bilaga B "Beräkningsmodell"

Den nya frekvenserna (för vindhastigheter gällande 0-6 m/s) bygger på de tidigare beräkningarna med skillnaden att de 19% av tiden som vindhastigheten är större än 6 m/s ( se tabell A.4) har borttagits. De kvarvarande relativa frekvenserna blir nu "nya" relativa frekvenser gällande intervallet 0-6 m/s. I tabell A.12 nedan visas de nya frekvenserna tillsammans med de gamla.

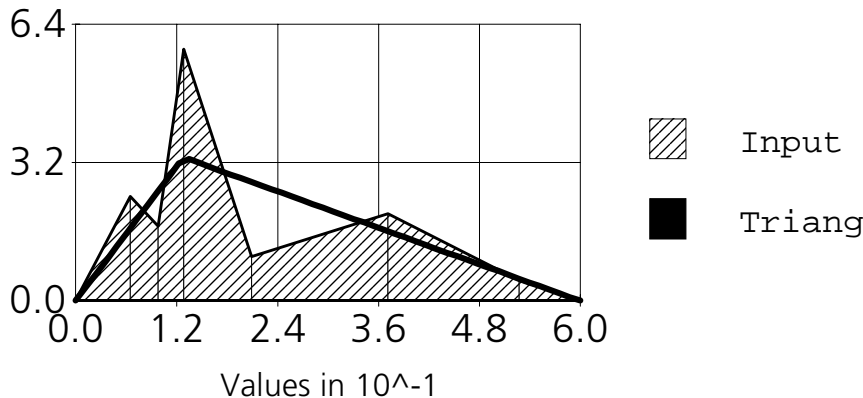
Stabilitetsklass	A	B	C	D	E	F
Relativ frekvens 0-∞ m/s (%)	3	12,7	6,4	55,5	10,8	15,1
Relativ frekvens 0-6 m/s (%)	3,5	15	7,6	43,2	12,8	17,9

Tabell A.12. Relativ frekvens för stabilitetsklasserna i det "gamla" resp. "nya" intervallen.

För att kunna skapa en statistisk sannolikhetsfördelning av dessa frekvenser behöver varje stabilitetsklass representeras av ett numeriskt värde. I bilaga B "Beräkningsmodell" redovisas ett sätt att göra detta på.

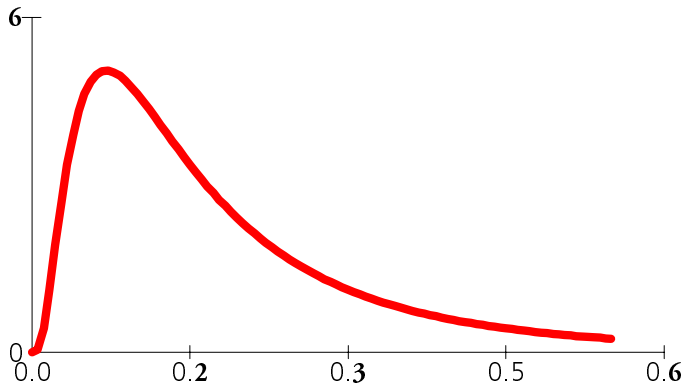
I figur A.5 nedan visas den statistiska fördelning som BestFit fann mest lik de "nya" relativa frekvenserna, x-axeln = stabilitetsfaktorn "a". Observera att x-axelns värden skall multipliceras med  $10^{-1}$ .

Comparison of Input Distribution and Triang(0.00e+0,0.13,0.60)



Figur A.5. Jämförelse av stabilitetsfördelning med Triang(0, 0.13, 0.60), intervall 0-6 m/s.

Denna fördelning stämmer bäst överens sett över hela fördelningen, dock anses att nedanstående fördelning, figur A.6, i stort beskriver fördelningens utseende bättre och har även ett medelvärde som är betydligt bättre överensstämmande med de statistiska data som använts. På grund av detta väljs fördelningen i figur A.6 som stabilitetsfaktorns sannolikhetsfördelning. Observera dock att endast medelvärdet ensamt ej ger någon grund för val av fördelning. Detta då fördelningar med vitt skilda utseenden kan ha samma medelvärde.



Figur A.6. Sannolikhetsfördelning över stabilitetsfaktorn "a", intervall 0-6 m/s

***Kommentar***

I tabell A.10 ges de relativa frekvensen för de rådande stabilitetsklasserna vid Gruvön, det kan därmed verka onödigt att genomföra ovanstående beräkningar. I den tidigare analysen ges dock ingen källa till de angivna värdena varför beslutet att genomföra nya beräkningar togs. Om man jämför de nya beräkningarna med värdena i tabell A.10 kan man dock se att de ganska väl stämmer överens (antag att de nya beräkningarna också anpassas till att endast innehålla de tre klasserna B, D och F).

## BILAGA B. SPRIDNINGSMODELL OCH OSÄKERHETSANALYS

Avsikten med denna bilaga är att ge en inblick i hur den platsspecifika spridningsmodellen framtagits, hur den använts i detta arbete samt vilka antaganden som gjorts. Bilagan visar även hur en osäkerhetsanalys har använts för att erhålla sannolikhetsfördelningar av riskavståndet samt hur detta i sin tur har använts för framtagandet av individ- och samhällsrisk.

Vidare redovisas ingångsvariablernas sannolikhetsfördelningar som använts i osäkerhetsanalysen av spridningsmodellen, för framtagandet av dessa se bilaga A ”Meteorologi”. Bilagan innehåller även ett schematiskt beräkningsexempel. För händelsetråd samt konsekvens- och riskberäkningar av de specifika scenarierna hänvisas till bilaga D ”Konsekvensberäkningar svaveldioxid” och bilaga E ”Konsekvensberäkningar klordioxid”.

### MODELLJÄMFÖRELSE

För att välja spridningsmodell har en jämförelse över några av de modeller som finns tillgängliga för spridningsberäkningar av gasutsläpp utförts.

Testet genomfördes med två olika datormodeller, Chemsplus och GREAT, samt en handberäkningsmodell, Gaussisk spridning. För programbeskrivning se bilaga J.

Beräkningarna avser avståndet till 400 ppm för utsläpp av svaveldioxid med tre olika hålstorlekar, 10, 20 och 40 mm samt för tre olika meteorologiska stabilitetsklasser, A, D och F. Tanktrycket valdes till 400 kPa absoluttryck, vilket gav massflödena 1,46 kg/s, 5,85 kg/s och 23,4 kg/s för respektive hålstorlek. Ytråheten ( $Z_0$ ) sattes till 1,0 meter och vindhastigheten till 5 m/s för stabilitetsklass D och 2 m/s för A och F. Temperaturen för tankinnehåll, luft och mark sattes till 17°C. I tabell B.1, nedan, presenteras resultaten från jämförelsen.

Hålstorlek (mm)	Stabilitetsklass	Avstånd (m) till 400 ppm för resp. spridningsmodell		
		Chemsplus	GREAT	Gaussisk
10 (1,46 kg/s)	A	105	140	97
20 (5,85 kg/s)	A	195	254	214
40 (23,4 kg/s)	A	360	565	473
10	D	140	125	100
20	D	282	270	238
40	D	583	600	565
10	F	381	307	339
20	F	919	733	848
40	F	2110	1776	2117

Tabell B.1. Jämförelse mellan avståndet till 400 ppm för olika spridningsmodeller.

Tabell B.1 har även sammanställts i ett diagram för att åskådliggöra jämförelsen tydligare, se diagram B.1 nedan.

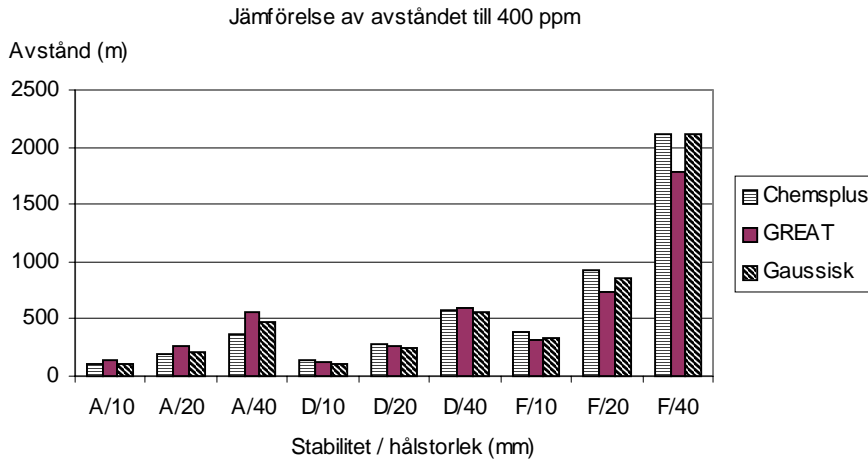


Diagram B.1. Jämförelse av avståndet till 400 ppm för olika spridningsmodeller.

I diagram B.1 syns att resultaten från Chemsplus, GREAT och handberäkningsmodellen visar stora likheter.

Generellt kan nämnas att det finns väldigt många mer eller mindre avancerade modeller för spridningsberäkningar. I /23/ görs jämförelser mellan ett flertal av dessa och resultaten visar stora skillnader mellan respektive modell. Många av modellerna är ”svarta lådor” då det gäller redovisning av de fysikaliska modeller, beräkningsmetoder samt antaganden som använts för framtagandet av modellen, vilket gör det svårt att förklara skillnaderna i resultat.

Ytterligare en undersökning har studerats. I /24/ har 14 olika modeller jämförts med riktiga försök. Även denna undersökning visar på stora variationer mellan modellerna inbördes samt mellan modell och försök. Denna undersökning inkluderar dock inte de program som undersökts i detta arbete.

### Val av spridningsmodell

Den Gaussiska handberäkningsmodellen är egentligen inte framtagen för tunga gaser och det avråds i /21/ att använda modellen för detta ändamål. Resultaten ovan visar dock att modellen går utmärkt att använda för att förutsäga avståndet till låga koncentrationer, t.ex. 400 ppm.

Den goda överensstämmelsen beror troligen på att man beräknar plymens centrumkoncentration samt att de låga koncentrationer som eftersöks oftast uppträder efter det att tunggasen övergått till passiv spridning och den uppträder då som lätt/neutralgas, d.v.s. i det sökta området är modellen giltig. Vid spridningsberäkningar med svaveldioxid sker övergången ungefär vid koncentrationen 3000 ppm. Om samma beräkning istället hade utförts för höga koncentrationer samt ej i centrum av plymen hade större skillnader erhållits. Detta till följd av att koncentrationsnivån då hade varit inom tunggasspridningens verkningsområde, vilken har en annorlunda spridningsprofil än den Gaussiska modellen.

Spridningsberäkningarna i detta arbete behandlar avståndet till låga koncentrationer eftersom svaveldioxid och kloridioxid är mycket toxiska redan vid dessa. Då den nämnda handberäkningsmodellen överensstämmer så pass bra med datormodellerna Chemsplus och GREAT vid de förhållanden som eftersöks väljs den som spridningsmodell i detta arbete.

Förutom att det är viktigt att använda en modell som ger korrekta resultat är det av stor vikt att kunna genomföra en osäkerhetsanalys för att se hur osäkerheter i indata påverkar

resultatet. Handberäkningsmodellen är mycket lämpad för osäkerhetsanalyser då den existerar i form av ett analytiskt uttryck. Detta medför att valet av modell även baseras på denna egenskap.

### SPRIDNINGSBERÄKNINGAR

Den koncentration svaveldioxid som valts som dimensionerande är 860 ppm och för klordioxid 500 ppm, eftersom dessa koncentrationer kan leda till döden redan vid korta exponeringstider, se bilaga D och bilaga E. Nedan presenteras framtagande av slutliga uttryck för de två olika spridningsfallen kontinuerliga och momentana utsläpp.

#### Kontinuerliga utsläpp

Kontinuerliga utsläpp uppträder vid längre utsläppstider t.ex. hål i cistern, trasiga ventiler mm. Den valda spridningsmodellen har hämtats från /21/ och ger koncentrationen som funktion av avstånd från utsläppskällan, källstyrka, vindhastighet samt meteorologisk stabilitet. Uttrycket presenteras nedan, ekvation B.1.

$$\chi(x, y, z) = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u_{vind}} \left( e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \right) \cdot \left( e^{-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}} \right) \quad [\text{Ekvation B.1}]$$

Där

Q= massflödet (kg/s)

$u_{vind}$  = vindhastigheten (m/s)

x = avstånd i x-led (m)

y = avstånd i y-led (m)

z = avstånd i z-led (m)

h = utsläppshöjd (m)

$\sigma_{(y,z)}$  = dispersionskoefficienter

Uttrycket ger koncentrationen i en viss punkt i plymen och kan approximeras med ekvation B.2 nedan om man söker koncentrationen i mitten av plymen ( $y=0$ ), vid huvudhöjd ( $z=2$ ) samt att utsläppet är vid markytan ( $h=0$ ).

$$\chi = \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u_{vind}} \quad [\text{Ekvation B.2}]$$

Dispersionskoefficienterna  $\sigma_y$  och  $\sigma_z$  beror av markens ytråhet, meteorologisk stabilitet samt avståndet från utsläppspunkten. I /21/ ges följande uttryck för dessa koefficienter:

$$\sigma_y = a \cdot x^b \quad \sigma_z = c \cdot x^d$$

Då det i detta arbete är mer intressant att se hur långt avståndet blir till en bestämd koncentration löses avståndet ut ur ekvation B.2 med hjälp av de ovan givna uttrycken för dispersionskoefficienterna. Denna manipulering leder till ekvation B.3 nedan.

$$x = \left( \frac{Q}{\pi \cdot a \cdot c \cdot u_{vind} \cdot \chi(x, y, z)} \right)^{\frac{1}{b+d}} \quad [\text{Ekvation B.3}]$$

Värdena på a,b,c och d ges i tabell B.2, nedan, som funktion av ytråhet och stabilitetsklass. Nedanstående parametrar gäller för avstånd mellan 100 och 10.000 meter. Om man vill beräkna koncentrationer för avstånd lägre än 100 meter kan  $\sigma$ -värdet linjärt interpoleras mellan 0 och  $\sigma_{100}$ . /21/

Stabilitets klass	a	b	c ( $Z_0=0,3$ m)	d ( $Z_0=0,3$ m)	c ( $Z_0=1,0$ m)	d ( $Z_0=1,0$ m)
A	0,527	0,865	0,383	0,873	0,550	0,842
B	0,371	0,866	0,317	0,822	0,455	0,792
C	0,209	0,897	0,308	0,771	0,441	0,740
D	0,128	0,905	0,276	0,732	0,395	0,701
E	0,098	0,902	0,207	0,702	0,296	0,671
F	0,065	0,902	0,164	0,642	0,236	0,611

Tabell B.2 Koefficienter för att bestämma sigma y och sigma z /21/.

Ytråheten varierar med landskapsbilden och i tabell B.3 nedan visas schematiskt hur värdet på ytråheten kan väljas /21/.

Landskapstyp	$Z_0$ -värde (m)
Platt landskap med enstaka träd	0,03
Jordbruksområde, flygplats, platt landskap med flertalet träd	0,10
Odlat landskap, växthus område, yta med stor växtlighet och enstaka hus	0,30
Bostadsområde, skog, yta med många men låga hus, mindre industriområde	1,00
Stad, större industriområde med höga byggnader	3,00

Tabell B.3. Ytråheten beroende av landskapstyp /21/.

Den landskapsbild som omger Gruvöns bruk är varierad. I SV finns vatten och väster, norr och öster ut domineras landskapet av öppet landskap/skog och enstaka bostäder. Lite längre bort NV ligger samhället Grums, se bilaga K "Karta över Grums". Valet av ytråhet baseras på landskapsbilden över land, detta då beräkningarna är intressantast där eftersom det är där människor bor. Med detta som bakgrund har ytråheten i beräkningarna valts till 1,00 meter, vilket påverkar valet av parametervärdena på a,b,c och d.

### Momentana utsläpp

Momentana utsläpp brukar definieras som kortvariga utsläpp som ej skall ha hunnit övergå till passiv spridning innan det "avslutas". Utsläppen skapar ett drivande moln som till en början kan ha hög rörelseenergi till följd av ett jetutsläpp, men efter övergång till passivspridning transporteras med hjälp av vindens rörelser. Exempel på momentana utsläpp är bl.a. utsläpp genom tryckavlastningsventiler.

I /21/ redovisas en spridningsmodell för momentana utsläpp, ekvation B.4. Modellen bygger på den ovan nämnda Gaussiska spridningsmodellen som gäller för kontinuerliga utsläpp.

[Ekvation B.4]

$$\chi(x, y, z, t) = \frac{m}{(2 \cdot \pi)^{\frac{3}{2}} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \cdot \text{Exp}\left(-\frac{(x - u_w \cdot t)^2}{2 \cdot \sigma_x^2}\right) \cdot \text{Exp}\left(-\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2}\right) \cdot \left(\text{Exp}\left(-\frac{(z - h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right) + \text{Exp}\left(-\frac{(z + h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right)\right)$$

där

m= utsläppt massa (kg)

$u_w$ = vindhastigheten (m/s)

t= tiden (s)

x= avstånd i x-led

y= avstånd i y-led

z= avstånd i z-led

$\sigma_{(x,y,z)}$ = dispersionskoefficienter

Genom att söka avståndet mitt i molnet kan ekvation B.4 förenklas till ekvation B.5 nedan (jämför förenkling i steget ekvation 1-2).

$$\chi(x, y, z, t) = \frac{2 \cdot m}{(2 \cdot \pi)^{\frac{3}{2}} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \quad \text{[Ekvation B.5]}$$

I /21/ anges dispersionskoefficienterna som:

$$\sigma_x = 0,13 \cdot x \quad \sigma_y = \frac{a}{2} \cdot x^b \quad \sigma_z = c \cdot x^d$$

Värdena på a, b, c och d är de samma som för kontinuerligt utsläpp och beror således av samma parametrar, se tabell B.2 och tabell B.3.

Detta leder till att avståndet, x, kan lösas ut, vilket visas i ekvation B.6 nedan.

$$X = \left( \frac{2 \cdot m}{(2 \cdot \pi)^{\frac{3}{2}} \cdot C \cdot \left(0,13 \cdot \frac{a}{2} \cdot c\right)} \right)^{\left(\frac{1}{1+b+d}\right)} \quad \text{[Ekvation B.6]}$$

På liknade sätt som med den kontinuerliga spridningen kan man med den momentana spridningsmodellen genomföra beräkningar med hjälp av variabler i form av sannolikhetsfördelningar (osäkerhetsanalys). Detta leder till att även dessa resultat kan erhållas som sannolikhetsfördelning av riskavstånd, individrisk som funktion av avståndet samt samhällsrisk (F/N-kurva).

#### *Kommentar*

Då det i denna rapport ej studerats något fall där momentana utsläpp anses ge mätbara konsekvenser har endast kontinuerliga utsläpp beräknats.



## OSÄKERHETSANALYS

En osäkerhetsanalys utförs för att kunna se hur utdata varierar p.g.a. osäkerheter/variationer i indata. En osäkerhetsanalys kan även fungera som en första känslighetsanalys för modellen genom att man lätt identifierar vilka parametrar som är känsliga för variation. Genom denna procedur erhålls väldigt mycket mer information än om enbart ett fåtal beräkningar av riskavståndet utförts.

Allmänt kan nämnas att det finns två sorters osäkerheter, stokastisk och kunskapsrelaterad. Den stokastiska osäkerheten föreligger på grund av naturliga variationer, t.ex. variationer i vindhastighet och temperatur. Kunskapsrelaterad osäkerhet kännetecknas t.ex. av osäkerheter i hur väl modellen överensstämmer med verkligheten, nivå för kritiska koncentrationer mm.  
/25/

För att kunna genomföra simuleringar av riskavståndet krävs att ett analytiskt uttryck för detta ställs upp. Variablerna i uttrycket, t.ex. stabilitetsklass, massflöde och vindstyrka kan i det statistiska simuleringsprogrammet @RISK beskrivas som sannolikhetsfördelningar, se programförklaring bilaga J. Programmet drar för varje iteration ett värde ur varje sannolikhetsfördelning och beräknar därefter värdet för uttrycket. Denna procedur upprepas så många gånger man angivit, vanliga värden är tiotusen och hundratusen iterationer.

Programmet ger som utdata sannolikhetsfördelningen av riskavståndet för given koncentration samt mängder av annan statistisk data. I fördelningen kan sannolikheten utläsas för att den kritiska koncentrationen når en viss sträcka. På detta sätt erhålls en realistisk bild av riskavståndets variation, vilket är en stor hjälp då dimensionerande riskavstånd ska väljas.

Det finns inga praxis hur man väljer dimensionerande riskavstånd, ett vanligt sätt är dock att välja avståndet vid t.ex. 80 eller 90%-percentilen, d.v.s. vid 80% respektive 90% av utsläppsfällen understiger utsläppslängden det dimensionerande riskavståndet. Genom detta förfaringssätt undviker man att dimensionera efter värsta fallet vilket ofta ger orimligt långa riskavstånd.

### Sannolikhetsfördelningar och konstanter

För att en osäkerhetsanalys/sannolikhetssimulering av riskavståndet ska ge några användbara resultat är det mycket viktigt att realistiska fördelningar används för att spegla osäkerheten i variablerna. I denna rapport har litteraturstudier, statistisk data, beräkningar samt ingenjörsmässiga bedömningar utgjort underlag för framtagandet av sannolikhetsfördelningar.

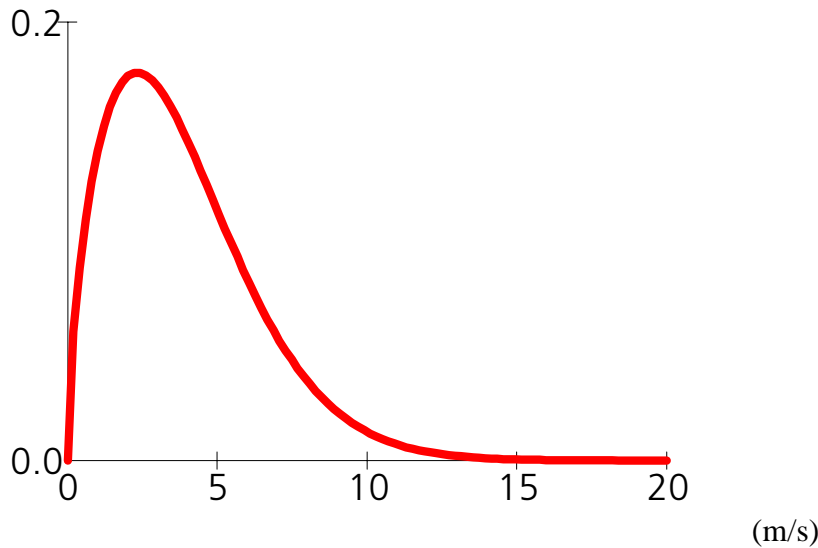
I programmet BestFit, vilket ingår i programpaketet Decision Tools, kan man utifrån inskriven data låta programmet anpassa den fördelningskurva som det finner mest likt den verkliga fördelningen. På detta sätt erhålls naturliga fördelningar anpassade efter verkligheten som sedan mycket lätt kan appliceras i @RISK. För programförklaring se bilaga J.

Nedan redovisas framtagandet av sannolikhetsfördelningar för de variabler som är platsspecifika, t.ex. vindstyrka och stabilitetsklass, samt hur dessa sedan använts i osäkerhetssimuleringarna i @RISK. De variabler som är händelserelaterade, t.ex. massflöde samt grad av momentanavgasning, redovisas för varje händelse i bilagorna D och E.

### Vindhastighet

Fördelningen för vindhastigheten i området bygger på statistisk vinddata från Karlstad flygplats, se bilaga B. Utifrån denna data har en diskret fördelning skapats, vilken sedan BestFit har låtit anpassa en sannolikhetsfördelning efter. I figur B.1 nedan visas den

fördelning BestFit fann mest lik, Weibull (1,6; 4,3) med ett medelvärde av 3.8 m/s. För förklaring av framtagande se bilaga A "Meteorologi". I figur B.1 representerar x-axeln vindhastigheten i m/s.



Figur B.1. Vindhastighetens fördelning (m/s), Weibull (1,6; 4,3)

#### ***Källstyrka svaveldioxid***

Källstyrkan beror av tanktryck (temperatur) samt av hålets placering, storlek och kontraktionsfaktor (fördjupningskapitel "Utsläpp och spridning av tunga gaser"). För alla fall utom under transport är dock tanktrycket konstant eftersom företaget använder sig av ett konstant arbetstryck i svaveldioxidsystemet. Variationerna för de aktuella parametrarna har slagits samman till en fördelning av källstyrkan för varje scenario. Bakom konstruktionen ligger litteraturstudier, statistisk data samt beräkningar och ingenjörsmässiga bedömningar. Då sannolikhetsfördelning av källstyrkan för varje skadehändelse är scenariospecifik redovisas dessa i bilaga D.

#### ***Källstyrka klordioxid***

Klordinoxiden förvaras i vattenlösning, de parametrar som styr källstyrkan är för dessa fall hålstorleken, lösningens koncentration samt graden av momentan klordioxidavgasning från vattenlösningen. Då även dessa sannolikhetsfördelningar är scenariospecifika presenteras de i bilaga E.

#### ***Stabilitetsklass***

Tidigare i kapitlet redovisades att dispersionskoefficienterna,  $\sigma_y$  och  $\sigma_z$ , beror av stabilitetsfaktorerna a, b, c och d. Genom en linjär regressionsanalys har b, c, och d (ytråhet = 1,0 meter) uttryckts i "a" för att på så sätt endast erhålla en enda variabel och därmed på ett enkelt sätt kunna simulera osäkerheten/variationen i meteorologisk stabilitet.

Regressionsanalysen har utförts i kalkylprogrammet Excel och baseras på värden ur tabell B.2, resultatet presenteras nedan samt i diagram B.2.

$$b = 0,0981 \cdot a + 0,9124$$

$$c = 0,6089 \cdot a + 0,2453$$

$$d = 0,4418 \cdot a + 0,6232$$

b, c och d som funktion av a

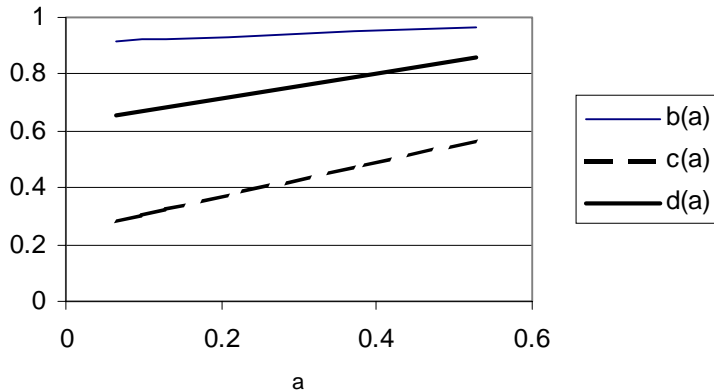


Diagram B.2. a,b och c som funktion av a.

Med dessa uttryck kan ekvation B.3 (kontinuerligt utsläpp) uttryckas som:

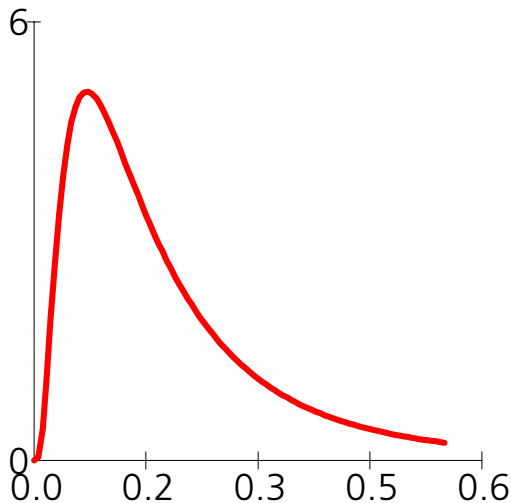
$$x = \left( \frac{Q}{\pi \cdot 0,6089 \cdot a^2 + 0,2453 \cdot a \cdot u_{\text{vind}} \cdot \chi(x, y, z)} \right)^{\frac{1}{0,3437 \cdot a + 1,5356}} \quad [\text{Ekvation B.7}]$$

och ekvation B.6 (momentant utsläpp) kan på samma sätt uttryckas som

$$X = \left( \frac{2 \cdot m}{(2 \cdot \pi)^{\frac{3}{2}} \cdot C \cdot (0,0189 \cdot a^2 + 0,0042 \cdot a)} \right)^{\frac{1}{0,341 \cdot a + 2,601}} \quad [\text{Ekvation B.8}]$$

Värdet på stabilitetsfaktorn "a" har fördelats efter meteorologisk statistik för området, se bilaga A. Det framkom där att den mest förekommande stabilitetsklassen var neutralskiktning, "D" /4/ och /22/. Stabilitetsklassen beror starkt av vindhastigheten och vid vindhastigheter över 6 m/s förekommer enbart neutralskiktning, se bilaga A "meteorologi".

Detta medför att man måste tilldela "a" ett konstant värde (0,128) vid vindhastigheter över 6 m/s. För lägre vindhastigheter varierar dock stabiliteten varför "a" för dessa fall ges i form av en fördelningen. Framtagandet av fördelningen bygger på samma princip som vid framtagandet av vindhastighetens fördelning, d.v.s. statistik ger diskreta sannolikhetsvärden varvid BestFit finner den sannolikhetsfördelning som passar bäst, se bilaga A "Meteorologi". Resultatet blev en, enligt figur B.2 nedan, TLognormal(0,20; 0,20; 0; 0,55) fördelning med ett medelvärde av 0.166 (x-axeln = stabilitetsfaktor "a").



Figur B.2. Fördelning av stabilitetsfaktor "a" TLognormal(0,20; 0,20; 0; 0,55)

### **Konstanter**

Övriga variabler i spridningsuttrycken, koncentration och ytråhet, hålls för dessa beräkningar konstanta

Man skulle kunna tänka sig att uttrycka även koncentrationen som en sannolikhetsfördelning. Detta för att kunna simulera människors olika tålighet mot exponering av svaveldioxid samt osäkerheten i exponeringstid och andningsfrekvens. I avsaknad av statistiskt underlag för att konstruera en sannolikhetsfördelning har dock koncentrationen valts att hållas konstant i detta arbete. Enligt tidigare har de dimensionerande gränskoncentrationerna valts till 860 ppm och 500 ppm för svaveldioxid respektive kloridioxid.

Ytråheten valdes som tidigare redovisats till 1,0 meter beroende på den terräng som omger Gruvön.

### **Simuleringar**

Nedan redovisas ett exempel för metoden vid användandet av @RISK. Exemplet som redovisas gäller kontinuerlig spridning av svaveldioxid, dimensionerande koncentration 860 ppm. Metoden som generell gäller dock även vid momentan spridning, fast då med de variabler samt spridningsuttryck som är aktuellt (ekvation B.8).

I simuleringarna av riskavståndet drar @RISK ett värde ur varje fördelning för vindhastighet (U), källstyrka (Q) och stabilitet (a), och beräknar sedan uttrycket för riskavståndet, detta upprepas angivet antal gånger (i detta fall 10 000 iterationer). För att kunna simulera kopplingen mellan stabilitet och vindhastighet görs även, för varje iteration, ett logiskt test om vindhastigheten är större eller mindre än 6m/s. I figur B.3 nedan ser man det inskrivna logiska uttrycket på rad 14 och uttrycket för att beräkna riskavståndet på rad 16.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
5	<b>Variabel</b>	<b>Väntevärde</b>		<b>Fördelning/Formel</b>							
6											
7	U (vindhastighet)	3.855269404		Riskweibull(1,6,4,6)							
8	Q (massflöde)	4.979390306		RiskTexpon(4,1,30)							
9	a (stabilitetsfaktor)	0.166084292		RiskTLognorm(0,2,0,2,0,0,55)							
10	c (koncentration)	0.0023									
11											
12											
13											
14	Villkor	0.166084292		OM(C7>=6,RiskUniform(0.128,0.1281),RiskTLognorm(0,2,0,2,0,0,55))							
15											
16	Riskavstånd	155.9027931		(C8/(3.14*C7*(0.6089*C14^2+0.2453*C14)*C10))^*(1/(0.3437*C14+1.5356))							
17											
18	Persondensitet										
19	Inom område	75		RiskDiscrete({75;375},{0.5;0.5})							
20	Utanför område	32		RiskDiscrete({0;4;6;32;86;108},{0.131;0.265;0.095;0.236;0.097;0.176})							
21											
22	Antal personer	0.397499156		OM(C16<=360;3.14*(C16^2/10^6)*(25/360)*C19;3.14*(C16^2/10^6)*(25/360)*C20+							
23				+3.14*(360^2/10^6)*(25/360)*C19-3.14*(360^2/10^6)*(25/360)*C20)							

Figur B.3. Tillämpning av @Risk, Excelblad med formler och sannolikhetsfördelningar

Som man kan se i tabell B.4 nedan fungerar det att simulera kopplingen mellan stabilitetsklassen och vindhastigheten. Den logiska “OM”-satsen, i figur B.3 (rad 14), gör att @RISK för vindhastigheter >6m/s väljer att hålla stabiliteten konstant (klass D), och för vindhastigheter <6m/s väljer programmet att fördela stabiliteten enligt en TLognormal(0,20; 0,20; 0; 0,55) fördelning

Att detta verkligen sker kan man se på raden “Errors calculated” där villkoret för den övre vindhastigheten innehåller 8180 fel av 10.000 simuleringar, d.v.s. att av 10.000 simuleringar av vindhastigheten har endast 1820 (18,2 %) varit över 6m/s. Detta kan även kontrolleras genom att studera 80%-percentilen för vindhastighetsfördelningen som ligger strax under 6 m/s, se värden med fet text.

Name	Riskavstånd	U (vindhastighet)	Q (massflöde)	a (stabilitetsfaktor)	Villkor	Villkor
Description	Output	Weibull	Texpon	Tlognorm	Uniform	Tlognorm
		(1.6;4.3)	(4;1;30)	(0.2;0.2;0;0.55)	(0.128;0.1281)	(0.2;0.2;0;0.55)
Cell	C16	C7	C8	C9	C14	C14
Minimum =	15.76836	5.312469E-03	1.000128	5.427397E-03	0.128	2.811344E-03
Maximum =	24857.3	17.73034	29.6085	0.549884	0.1280999	0.5496569
Mean =	301.3781	3.855184	4.979416	0.1660913	0.1280504	0.1670227
Std Deviation =	510.7896	2.466501	3.924605	0.1159358	2.872229E-05	0.1162188
Variance =	260906	6.083626	15.40253	0.0134411	8.249699E-10	1.350681E-02
Skewness =	17.80562	0.9589943	1.830266	1.123076	-1.093509E-02	1.105193
Kurtosis =	653.7972	4.018164	7.344532	3.720971	1.771424	3.664329
Errors Calculated =	0	0	0	0	<b>8180</b>	<b>1820</b>
Mode =	76.40102	2.285809	1.020041	6.902234E-02	0.1280001	6.517443E-02
5% Perc =	47.66686	0.6714996	1.205011	3.519234E-02	0.1280053	3.561837E-02
10% Perc =	60.75299	1.053124	1.421084	4.745954E-02	0.1280115	4.783522E-02
15% Perc =	72.85037	1.38122	1.649249	5.800721E-02	0.1280166	5.839165E-02
20% Perc =	84.57227	1.683773	1.891376	0.0680235	0.1280207	6.804499E-02
25% Perc =	97.18245	1.973223	2.149556	7.794498E-02	0.1280257	7.802195E-02
30% Perc =	109.5818	2.257186	2.425176	8.802974E-02	0.1280298	8.849087E-02
35% Perc =	124.6718	2.539938	2.721484	9.849855E-02	0.128034	9.911395E-02
40% Perc =	139.2277	2.825747	3.0413	0.1095095	0.1280398	0.110456
45% Perc =	154.4143	3.11749	3.388466	0.1212745	0.1280453	0.1223336
50% Perc =	173.7688	3.419471	3.76974	0.1340035	0.1280503	0.1351319
55% Perc =	197.3927	3.73571	4.190525	0.1479668	0.1280554	0.1491254
60% Perc =	223.1236	4.071013	4.660332	0.1634651	0.1280616	0.1645545
65% Perc =	254.3159	4.432056	5.193223	0.1810089	0.1280663	0.182019
70% Perc =	292.2355	4.828173	5.808803	0.2011668	0.128071	0.2021838
75% Perc =	343.4099	5.273468	6.535127	0.2249544	0.1280751	0.227588
80% Perc =	407.0251	<b>5.788748</b>	7.425214	0.2538047	0.12808	0.2570947
85% Perc =	497.4573	6.416026	8.570928	0.2903438	0.1280853	0.2928132
90% Perc =	636.1717	7.241734	10.18444	0.339675	0.12809	0.3401378
95% Perc =	909.0154	8.533516	12.92814	0.4132135	0.1280947	0.4148664

Tabell B.4 Resultat från simulering i @RISK

Resultatet från simuleringarna av riskavståndet åskådliggörs i form av en komplementär kumulerad sannolikhetsfördelning (ccdf) i diagram B.3 nedan. Denna visar sannolikheten för att ett visst riskavstånd eller större skall inträffa givet ett utsläpp. Om den totala sannolikheten eftersöks skall diagrammets sannolikhetsvärden multipliceras med den initiala olycksfrekvensen.

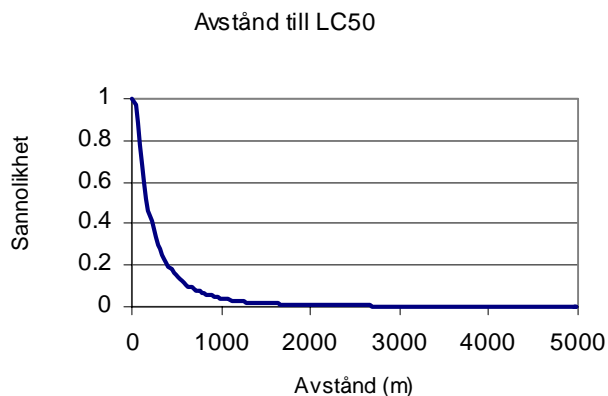


Diagram B.3. Sannolikhetsfördelning av riskavståndet givet utsläpp

Om man däremot söker frekvensen att i just en viss punkt drabbas av ett utsläpp (platspecifik individrisk) måste man multiplicera riskavståndets sannolikhetsfördelning med den initiala olycksfrekvensen samt med vindriktningens sannolikhet. Dessutom måste man multiplicera med kvoten mellan gasmolnets utbredning och vindsektorns gradtal.

Då Vindriktningen inte har en homogen sannolikhetsfördelning skulle denna metod ge åtta sannolikhetsfördelningar av individrisken, en för varje vindriktning. För enkelhets skull

används så länge en homogen vindfördelning, med åtta vindriktningar ger detta att sannolikheten för en viss vindriktning är  $1/8$ . Gasmolnets utbredning antas vara  $25^\circ$  och vindsektorn har ett gradtal av  $45^\circ$  ( $360/8$ ). Detta leder till att den initiala frekvensen skall multipliceras med:

$$\frac{1}{8} \cdot \frac{25^\circ}{45^\circ} = 0,069$$

I diagram B.4 nedan åskådliggörs individrisken som funktion av avståndet från utsläppskällan. I exemplet är den initiala ingångsfrekvensen  $10^{-3}$  ( $\text{år}^{-1}$ ).

Medelindividrisk som funktion av avstånd

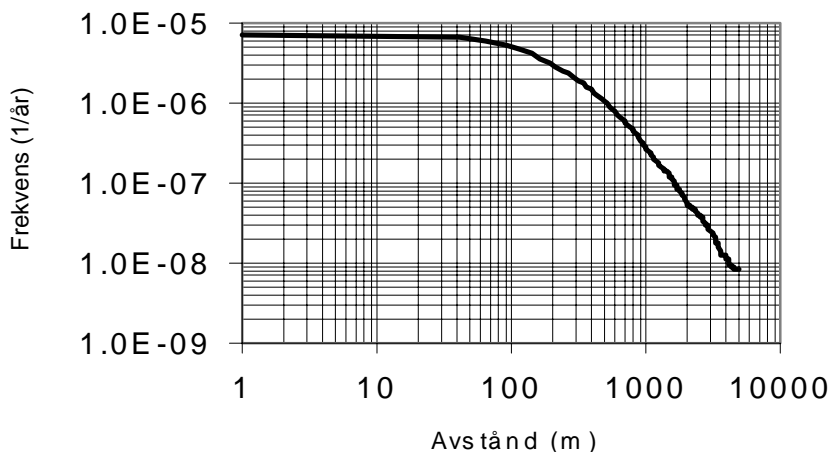


Diagram B.4. Individrisk som funktion av avstånd

Om områden/platser täcks in av olika scenarion adderas individrisken från varje scenario till en slutlig individrisk. Därefter jämförs risken med de acceptanskriterier för individrisk som föreligger i denna rapport.

### ***Kommentar***

I bilaga D används för enkelhets skull också den förenklade metoden med antagandet om homogen vindfördelning. I det slutgiltiga uttrycket har dock samtliga scenariers individrisk adderats till en individrisk gällande specifikt för vars ett väderstreck.

### **Antalet utsatta personer**

Med hjälp av uppgifter om persontätheten på olika platser, sannolikhetsfördelning av vindriktningen och utsläppets utbredning kan man "översätta" riskavstånden till antal påverkade personer. Då persondensiteten varierar inom och utanför området har dessa områden skiljts åt.

### ***Befolkningstäthet utanför området***

Befolkningstätheten utanför verksamhetsområdet varierar stort i de olika väderstrecken bl.a. beroende av att Gruvöns bruk ligger precis vid kanten av Väneren, vilken man kan räkna ha en faktisk befolkningstäthet av  $0 \text{ pers/km}^2$ .

Vid förfrågan hos Grums kommun framkom att det bor ca 6000 personer inom en radie av tre kilometer från Gruvön. Man kan anta följande tre typområden med olika persondensitet /26/:

- Bostadsområde (B) = 1200 pers/km<sup>2</sup>
- Glesbygd/skog inkl. enstaka friluftsanläggningar (G) = 100 pers/km<sup>2</sup>
- Vattenområde (V) = 0 pers/km<sup>2</sup>

I tabell B.5 nedan anges den ungefärliga sammansättningen av typområdena för de olika väderstrecken (inom en radie av tre kilometer från Gruvön). Med dessa värden har även den genomsnittliga persondensiteten beräknats för varje väderstreck. Observera att i tabell B.5 anges vindriktningens frekvens i det väderstreck vinden blåser mot, till skillnad mot normala fall där vindriktningen anges vara från det håll vinden blåser.

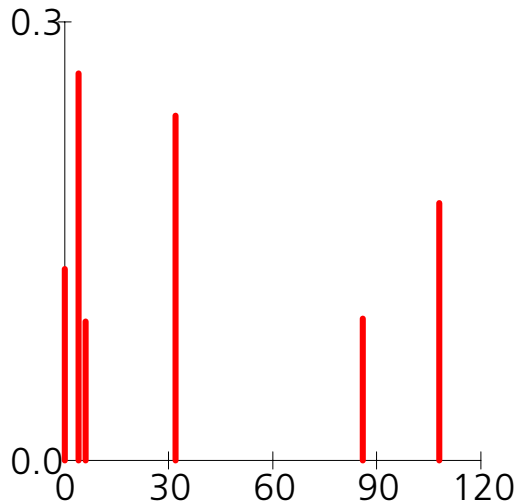
För att kunna beräkna antalet drabbade av ett utsläpp krävs att man vet antalet personer som är hemma samt vilka av dessa som kan tänkas förolyckas. Då man arbetar skift på Gruvöns bruk så skall beräkningarna täcka in dygnet runt hela veckan. Det kan således skilja mycket mellan dag och natt samt mellan vardag och helg. I denna rapport görs antagandet att 20% av persondensiteten i utsläppssektorn befinner sig på sådant ställe att de förolyckas vid ett utsläpp, se tabell B.5.

Väderstreck	Områdesindelning (%)			Persondensitet (pers/km <sup>2</sup> )	Vindriktningens frekvens (%)	Persondensitet som antas drabbas (pers/km <sup>2</sup> )
	B	G	V			
N	30	70	0	430	9,7	86
NO	10	40	50	160	23,6	32
O	0	20	80	20	14,7	4
SO	0	0	100	0	13,1	0
S	0	30	70	30	9,5	6
SV	0	20	80	20	11,8	4
V	40	60	0	540	7,2	108
NV	40	60	0	540	10,4	108

Tabell B.5. Persondensitet och vindens relativa frekvens i de olika väderstrecken

Utifrån tabellen kan en sannolikhetsfördelning skapas över persondensitetens variation utanför industriområdet beroende av väderstreck och vindriktning. Då variationerna i persondensiteten är mycket stora beroende på väderstreck så är det inte möjligt att ta fram en ytfördelning med acceptabel överensstämmelse med indata. På grund av detta har istället en diskret fördelning skapats överensstämmande med de i tabell B.5 redovisade värdena, se figur B.4 nedan.





Figur B.4. Diskret fördelning av persondensiteten utanför industriområdet, medelvärde 36,5 pers/km<sup>2</sup>.

### ***Persondensitet inom industriområdet***

Industriområdet antas ha cirkulärform med en radie av 360 meter. Dagtid vistas ca. 750 personer inom industriområdet och kvälls- och nattetid samt helger vistas ca. 150 personer där. Personerna är inte riktigt jämnt fördelade över ytan, men då inte alla utsläppsscenarioerna är geografiskt fixt placerade antas personerna vara jämt fördelade över ytan.

Detta leder till att persondensiteten för fallen ”dagtid” och ”kvällstid” och sannolikheterna för dessa blir:

#### Dagtid

$$\text{Persondensitet: } \frac{750}{\pi \cdot 0,36^2} = 1875 \text{ pers/km}^2$$

$$\text{Sannolikhet: } 8 \text{ timmar per dygn, } 5 \text{ dagar i veckan} \rightarrow \frac{8 \cdot 5}{24 \cdot 7} = 0,24 \text{ (0,50*)}$$

#### Kvällstid + helger

$$\text{Persondensitet: } \frac{150}{\pi \cdot 0,36^2} = 375 \text{ pers/km}^2$$

Sannolikhet: 16 timmar per dygn, 5 dagar i veckan + 24 timmar per dygn, 2 dagar i veckan

$$\rightarrow \frac{16 \cdot 5 + 24 \cdot 2}{24 \cdot 7} = 0,76 \text{ (0,50*)}$$

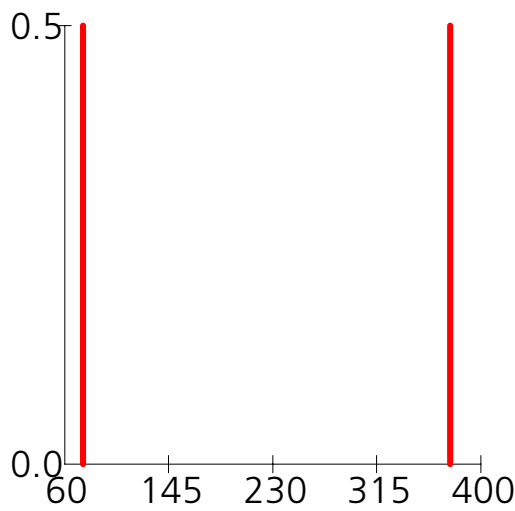
\*)Med faktum att det är mer ”liv och rörelse” dagtid än på natten antas dock skadefrekvensen vara högre dagtid vilket leder till att sannolikheterna ovan korrigeras till 0,5 för de båda fallen.

Av de personer som befinner sig inom utsläppsområdet befinner sig en stor del inomhus, vilket oftast mildrar utsläppskonsekvenserna. Detta medför att endast ca 20% inom utsläppsområdet antas vara så placerade att de förolyckas. Resonemanget leder till att persondensiteten ovan multipliceras med 0,2 vilket leder till följande persondensitet:

$$\text{Dagtid: } 1875 \cdot 0,2 = 375 \text{ pers/km}^2$$

$$\text{Kvällstid: } 375 \cdot 0,2 = 75 \text{ pers/km}^2$$

Detta ger en diskretfördelning av persondensiteten enligt figur B.5 nedan



Figur B.5. Diskret fördelning av den persondensitet inom området som antas förolyckas.

### **Beräkning**

De två olika persontätheterna inom och utanför området medför att i beräkningarna kommer för utsläppsavstånd kortare än 360 meter fördelningen i figur B.5 användas. För utsläppsavstånd längre än 360 meter kommer samma persondensitet att användas för de första 360 metrarna och för den överstigande sträckan används persontätheten som redovisas i figur B.4.

För att erhålla antalet personer som drabbas av utsläppet multipliceras den framtagna fördelningen av befolkningstätheten med arean av utsläppet, d.v.s. en cirkelsektor med längden lika med riskavståndet. Utbredningen, d.v.s. cirkelsektorns vinkel, brukar antas vara ca. 15° för lätt/neutral gas /1/. I denna rapport har istället vinkeln antagits vara 25° beroende på att spridningen avser tunggas, vilken har en lägre men bredare spridning jämfört med lätt/neutral gas. Nedan ges uttrycket för antalet (N) utsatta personer vid ett utsläpp, ekvation B.9.

$$N = \rho \cdot \pi \cdot x^2 \cdot \left( \frac{25^\circ}{360^\circ} \right) \quad [\text{Ekvation B.9}]$$

Där

$\rho$  = persontäthet (pers/km<sup>2</sup>)

x = avståndet till gränskoncentration (riskavstånd) (km)

För att se det uttryck som används i simuleringarna se figur B.3 rad 22 ”antal människor”.

Då riskavståndet och persondensiteten erhålls i form av en sannolikhetsfördelning kommer även antalet utsatta personer beskrivas som en sannolikhetsfördelning, vilket möjliggör beräkning av en FN-kurva

Eftersom man i /1/ antar spridning i form av ett cirkelsegment kommer längden av ett utsläpp ha stor betydelse för antalet personer som påverkas. Som exempel kan man tänka sig två olika utsläppsfall, det ena dubbelt så långt som det andra, i ett område med homogen befolkningsdensitet. Detta kommer medföra att antalet personer som påverkas blir fyra gånger så stort vid det utsläpp som når dubbelt så långt som det andra. Detta beror på att det kvadratiske förhållande som råder mellan längder och dess ytor.

Nedan, diagram B.5, ges ett exempel på hur F/N-kurvan ser ut, kurvan är baserad på de tidigare visade sannolikhetsfördelningarna, diagram B.3 och B.4, med skillnaden att ekvation B.9 tillämpats för att översätta riskavstånden till antal drabbade personer. Persontätheten är fördelad enligt figur B.4 och figur B.5.

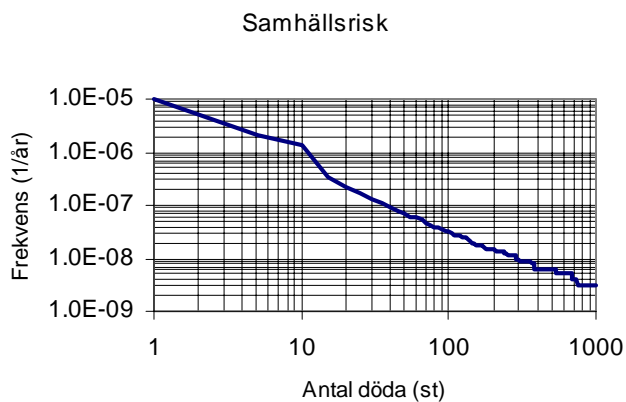


Diagram B.5. Samhällsrisk redovisad som F/N-kurva

Risken, de kurvor som erhålls, från varje scenario (beräkning) adderas och kan sedan jämföras med de acceptanskriterier för samhällsrisk som föreligger i denna rapport.

## BILAGA C. FREKVENSBERÄKNINGAR

I denna bilaga redovisas hur frekvenserna till de valda scenarierna framtagits. Resultatet (slutfrekvenserna) används i bilaga D och E där de tillsammans med konsekvensberäkningarna vägs ihop till en individ och samhällsrisk. De utförda frekvensberäkningarna redovisas nedan under respektive ämne och hanteringsform. Beräkningarna har utförts för en viss storlek på utsläppen, hänsyn till att större utsläpp är mindre frekventa tas i de sannolikhetsfördelningar av massflödena som framtagits i bilaga D och E. För ett flertal frekvenser finns varken statistik eller beräkningsformler. I avsaknad av dessa har frekvenserna uppskattats utifrån ingenjörsmässiga bedömningar.

### BERÄKNINGAR

De modeller som använts för att framta frekvenserna för utsläpp är framtagna genom beräkningar, statistisk data samt ingenjörsmässiga bedömningar. För transports scenarierna har den s.k. VTI-modellen använts, för de scenarier som bygger på komponentfel har frekvensen beräknats utifrån statistiska data ur /27/. I /27/ anges den årliga haverifrekvensen för bl.a. rör, ventiler och flänsar. Frekvenserna varierar med storleken på det bildade hålet, med lägre frekvens desto större hålet är (i jämförelse med totalarean). Nedan redovisas de ur /27/ erhållna haverifrekvenserna. Där ”mindre läckage” = 1% av arean, ”större läckage” = 10% av arean, ”brott” = 100% av arean.

#### Ventiler

Mindre läckage	$1,0 \cdot 10^{-3}$ (år <sup>-1</sup> )
Större läckage	$1,0 \cdot 10^{-4}$ (år <sup>-1</sup> )
Brott	$1,0 \cdot 10^{-5}$ (år <sup>-1</sup> )

#### Flänsar

Mindre läckage	$1,0 \cdot 10^{-3}$ (år <sup>-1</sup> )
Större läckage	$1,0 \cdot 10^{-4}$ (år <sup>-1</sup> )

#### Rör

Mindre läckage	$1,0 \cdot 10^{-4}$ (år <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> )
Större läckage	$1,0 \cdot 10^{-5}$ (år <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> )
Brott	$1,0 \cdot 10^{-6}$ (år <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> )

I /28/ finns motsvarande frekvenser för slang, se nedan.

#### Slangar

Mindre läckage	$1,5 \cdot 10^{-4}$ (per år och 50 operationer)
Större läckage	$1,5 \cdot 10^{-6}$ (per år och 50 operationer)

### SVAVELDIOXID

#### Transport

Som tidigare nämnts transporteras svaveldioxid till Gruvön i järnvägsvagnar och tankbilar. Leverans sker 8 gånger per år med tåg, men för nuvarande sker ingen transport med tankbil. Frekvensberäkningarna för dessa skadehändelser följer beräkningsgången i /6/.

Den i /6/ redovisade beräkningsgången samt tillhörande värden bygger på statistik från Väg och transportforskningsinstitutet, metoden ger därför trovärdiga utdata om de används på normala spår- och vägavsnitt med rimliga längder. Då Gruvöns spår- och vägavsnitt, i dessa sammanhang, är mycket korta samt då det handlar om trafik inom ett enskilt område, måste man var medveten om att metoden inte ger lika säkra utdata som om man studerat ett längre avsnitt. Nyttan av att erhålla ett resultat, om än approximativt, anses dock överstiga de osäkerheter användandet av modellen ger.

### Järnvägstransport

I de angivna uttryck för att kunna beräkna frekvensen för olika transportskadehändelser ingår ett flertal variabler. Dessa variabler och dess värden redovisas i tabell C.1 nedan. /6/ /8/

Beskrivning	Värde	Beteckningar
Spårlängd (km)	1	S
Antal tåg/år med svaveldioxid (st)	8	AT
Tågets totala antal vagnaxlar FG inkl. skyddsvagnar (st)	16	TAF
Antal plankorsningar med ljud och ljus (st)	1	PK2
Antal plankorsningar utan skydd (st)	1	PK3
Urspårningstal för spårfel	$7,3 \cdot 10^{-9}$	UTif
Urspårningstal ej spårfel i aktuell spårklass	$4,0 \cdot 10^{-9}$	UTOF
Förväntat antal sammanstötningar med tungt vägfordon (per övergång och tåg)	$15 \cdot 10^{-8}$	FKV2
Förväntat antal sammanstötningar med tungt vägfordon (per övergång och tåg)	$2 \cdot 10^{-8}$	FKV3

Tabell C.1. Indata för frekvensberäkningar.

Den slutliga förväntade frekvensen  $F$  för en transportolycka med farligt gods på järnväg är summan av delfrekvenserna för respektive skadehändelse och beräknas enligt ekvation 1 nedan.

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_R \quad [\text{Ekvation C.1}]$$

Delfrekvenserna beräknas med följande uttryck:

$$\text{Urspårning: } F_1 = AT \cdot S \cdot TAF \cdot 2,5 \cdot (UTif + UTOF)$$

Tåg-tåg kollision:  $F_2$  (Detta fall utgår då hastigheten inom området är så låg att tågseten förväntas kunna stanna)

$$\text{Kollisioner vid plankorsning: } F_3 = AT \cdot 2 \cdot (PK1 \cdot FKV1 + PK2 \cdot FKV2 + PK3 \cdot FKV3)$$

$$\text{Rangering: } F_R = TAF \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ (per rangeringstillfälle)}$$

Då svaveldioxid transporteras som tryckkondenserad gas har transportkärlet kraftiga väggar. Detta medför att givet de ovan nämnda tillbuderna är det stor sannolikhet att de inte leder till hål på kärlet. I /6/ anges sannolikheten för hål på transportkärlet givet tillbud vara 0,01. Detta leder till att alla beräknade utsläppsfrekvenser skall multipliceras med 0,01

**Resultat**

$$F_1 = 8 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 2,5 \cdot (7,3 \cdot 10^{-9} + 4,0 \cdot 10^{-9}) \cdot 0,01 = 3,6 \cdot 10^{-8} \text{ (år}^{-1}\text{)}$$

$$F_3 = 8 \cdot 2 \cdot (0 + 1 \cdot 15 \cdot 10^{-8} + 1 \cdot 2 \cdot 10^{-8}) \cdot 0,01 = 2,7 \cdot 10^{-8} \text{ (år}^{-1}\text{)}$$

$$F_R = 8 \cdot 16 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,01 = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ (år}^{-1}\text{)}$$

Ekvation C.1 ger den totala tillbudsfrekvensen för järnvägstransport

$$F = 3,6 \cdot 10^{-8} + 2,7 \cdot 10^{-8} + 1,5 \cdot 10^{-6} = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ (år}^{-1}\text{)}$$

**Lossning**

Lossning kräver medverkan av personal, vilket resulterar i att det är en känslig punkt med avseende på tillbud och olyckor. Enligt /2/ är den mänskliga faktorn orsak till så mycket som 80% av alla tillbud.

I /27/ finns statistisk data för hur ofta en komponent fallerar under ett års drifttid. Genom att multiplicera dessa värden med antal komponenter samt drifttid erhåller man den årliga felfrekvensen för komponenten. Om man summerar komponenternas felfrekvenser erhålls den totala årliga felfrekvensen vid lossning. I beräkningarna har endast frekvenserna för en utsläppsvariant använts, skillnaderna för storleken på utsläppet regleras sedan i respektive sannolikhetsfördelningen av massflödet, bilaga D och E.

I tabell C.2 nedan redovisas de beräknade frekvenserna.

Operationstiden är den totala tid som lossning pågår per år och beräknas enligt nedan.

$$\text{Operationstid} = \frac{8 \text{ ggr} \cdot 5 \text{ h}}{365 \cdot 24 \text{ h}} = 0,005 \text{ år}$$

Komponent	Antal	Läckage, felfrekvens (år <sup>-1</sup> )	
		Komponentfrekvens (år <sup>-1</sup> )	Årlig felfrekvens (år <sup>-1</sup> )
Ventil	5 st	$1,0 \cdot 10^{-4}/\text{st}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Fläns	10 st	$1,0 \cdot 10^{-4}/\text{st}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$
Slang/koppl.	1 st	$1,5 \cdot 10^{-5}/50 \text{ op}$	$2,4 \cdot 10^{-6}$
Rör	15 m	$1,0 \cdot 10^{-5}/\text{m}$	$7,5 \cdot 10^{-7}$
			<b><math>\Sigma 1,0 \cdot 10^{-5}</math></b>

Tabell C.2. Komponentfrekvens, delfrekvens samt slutfrekvens för scenario "lossning".

Den totala slutfrekvensen för scenario "lossning" blir således  $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ (år}^{-1}\text{)}$ .

### Lagring

Svaveldioxiden lagras i två tankar innehållande maximalt vardera 82 ton. Tankarna saknar nödventiler och är istället kopplade till två stycken oberoende larmsystem. Vid nedanstående uppskattningar/beräkningar har hänsyn till dessa tagits.

Vid lagring har följande händelser studerats:

- Läckage till följd av påkörning (truck, lastbil)
- Läckage till följd av för högt tryck (stumfyllning)
- Läckage till följd av korrosion vid rörinfästning

Då det gäller påkörning av någon av tankarna uppskattas frekvensen vara i storleksordningen  $10^{-2} - 10^{-3}$  (år<sup>-1</sup>) i detta fall används medelvärdet, vilket resulterar i att frekvensen blir  $5,5 \cdot 10^{-3}$  (år<sup>-1</sup>). Analogt med transportfallen antas sannolikheten 0,01 att det även går håll på tanken. Detta leder till att frekvensen blir:

$$F_{\text{Påkörning}} = 5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ (år}^{-1}\text{)}$$

Stumfyllning kräver att de två larmsystemen på något sätt skall falla i samband med fyllning. Att detta skall inträffa bedöms vara en sannolikhet på 0,01 per system, vilket leder till att sannolikheten för att båda systemen är ur funktion är  $10^{-4}$ . För att tankarna ska kunna stumfyllas krävs även att den lastade volymen är större än lagringstankens gasvolym. Detta kan inträffa ifall fel tank fylls eller att ej någon av tankarna rymmer den påfyllda vätskan. Detta scenario kräver samtidigt att lastningspersonalen ej manuellt upptäcker misstaget och åtgärdar situationen. Denna sannolikhet uppskattas vara ca 0,01. Då fyllning av tankarna sker 8 ggr per år blir frekvensen:  $8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01$  (år<sup>-1</sup>)

$$F_{\text{Stumfyllning}} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ (år}^{-1}\text{)}$$

Vid korrosion antas röranslutningar brista/läcka på grund av bristande hållfasthet mot det höga trycket. Frekvensen för detta antas ligga i storleksordningen  $10^{-3} - 10^{-4}$  (år<sup>-1</sup>). Detta leder till att frekvensen antas vara  $5,5 \cdot 10^{-4}$  (år<sup>-1</sup>).

$$F_{\text{Korrosion}} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ (år}^{-1}\text{)}$$

### Distribution

Distributionen av svaveldioxid sker genom en 400 meter lång rörledning. Följande två scenarier har valt att studeras:

- Rörbrott/läckage till följd av korrosion på rör, fläns- och ventilfe
- Rörbrott/läckage till följd av påkörning av rörgata

I tabell C.3 nedan presenteras frekvensvärdena för det första fallet

Komponent	Antal	Läckage, haverifrekvens (år <sup>-1</sup> )	
		Komponentfrekvens (år <sup>-1</sup> )	Delfrekvens (år <sup>-1</sup> )
Ventil	5 st	$1,0 \cdot 10^{-4}/\text{st}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$
Fläns	10 st	$1,0 \cdot 10^{-4}/\text{st}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Rör	400 m	$1,0 \cdot 10^{-5}/\text{m}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$
		<b><math>\Sigma 5,5 \cdot 10^{-3}</math></b>	

Tabell C.3. Frekvenser för komponentfel på rörledning med tillbehör

För att kontinuerligt utsläpp skall kunna uppträda krävs även att rörbrottsventilerna fallerar, sannolikheten för detta antas vara 0,1. Detta leder till att frekvensen blir:

$$5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 = \mathbf{5,5 \cdot 10^{-4} \text{ (år}^{-1}\text{)}}$$

Då det gäller frekvensen för att rörgatan skall bli påkörd uppskattas denna vara av storleksordningen  $10^{-3} - 10^{-4}$  (år<sup>-1</sup>). Valet görs av medelvärdet av dessa värden. Detta leder till att frekvensen blir  $5,5 \cdot 10^{-4}$  (år<sup>-1</sup>). För att ett kontinuerligt utsläpp skall uppträda krävs även att rörbrottsventilerna fallerar, sannolikheten för detta antas vara 0,1. Detta ger att utsläppsfrekvensen för påkörning av rörledning blir

$$5,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 = \mathbf{5,5 \cdot 10^{-5} \text{ (år}^{-1}\text{)}}$$

Den totala frekvensen för scenario "distribution" blir således:

$$\mathbf{F_{\text{Distribution}} = 5,5 \cdot 10^{-4} + 5,5 \cdot 10^{-5} = 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ (år}^{-1}\text{)}}$$



**KLORDIOXID****Lagring**

Scenariot som valts är ett mycket stort läckage motsvarande ett tankhaveri. För denna händelse finns inga statistiska data, varför ett värde har uppskattats. Händelsen kan anses väldigt osannolik och är troligen det också, men då en liknade händelse ändå har inträffat valdes att ta med scenariot. Frekvensen antas vara  $10^{-6} - 10^{-8}$  (år<sup>-1</sup>) och väljs därför som medelvärdet av dessa. Detta resulterar i att frekvensen blir:

$$5,1 \cdot 10^{-7} \text{ (år}^{-1}\text{)}$$

**Distribution**

Läckage vid fläns och ventil ger försumbar konsekvens varför endast frekvensen för läckage/brott på rör redovisas, se tabell C.4 nedan.

Komponent	Antal	Läckage, haverifrekvens (år <sup>-1</sup> )	
		Komponentfrekvens (år <sup>-1</sup> )	Delfrekvens (år <sup>-1</sup> )
Rör	400 m	$1,0 \cdot 10^{-6}/\text{m}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$

Tabell C.4. Frekvens för läckage/brott på klordioxidledning

Detta ger att haverifrekvensen för distributionsledningen är  $4,0 \cdot 10^{-4}$  (år<sup>-1</sup>)

## BILAGA D. RISKBERÄKNINGAR SO<sub>2</sub>

Denna bilaga redovisar de beräkningar som utförts för att erhålla konsekvensen vid utsläpp av svaveldioxid. Med hjälp av frekvensberäkningarna i bilaga C har även risken beräknats för de aktuella scenarierna. Beräkningsgången följer den i bilaga B redovisade beräkningsmodellen. Under respektive scenario redovisas även framtagandet av den scenariospecifika sannolikhetsfördelningen av massflödet.

### VAL AV GRÄNSKONCENTRATION

I /8/ anges s.k. probitfunktioner för att beräkna andelen personer som drabbas av en viss konsekvens vid en viss gaskoncentration. Probitvärdet beräknas enligt ekvation D.1 nedan.

$$Pr = \alpha + \beta \cdot \ln(C^n \cdot t) \quad [\text{Ekvation D.1}]$$

Där  $\alpha, \beta$  och  $n$  är ämnesspecifika parametrar

I tabell D.1 nedan anges skadeverkningar och hur stor andel som blir drabbade vid olika koncentrationer av svaveldioxid. Antagen exponeringstid är 15 minuter och antagen minutvolym hos skadeobjekt är 15 liter/min (avslappnat arbete). Vid kraftig ansträngning är minutvolymen betydligt högre vilket medför att skadehändelserna inträffar vid lägre koncentrationer eller kortare exponeringstid.

Konc (ppm)	Konc (mg/m <sup>3</sup> )	Skadehändelse	n	$\alpha$	$\beta$	Probit	% drabbade
400	1144	Akut vårdbehov	4	-23,16	0,75	0	50
863	2383	Död	4	-25,36	0,75	0	50

Tabell D.1. Skadehändelser till följd av exponering för svaveldioxid, 15 min 15 l/min.

De riskkriterier som existerar gäller risken för att personer förolyckas. Detta leder till att denna riskanalys använder koncentrationen 860 ppm som gränskoncentration vid beräkningar av svaveldioxidutsläpp. Man bör dock tänka på att för varje förolyckad person går det uppskattningsvis 10 stycken svårt skadade personer, för vilka det inte finns några riskkriterier.

### MASSFLÖDE

Källstyrkan beror av tanktryck (temperatur) samt av hålets placering, storlek och kontraktionsfaktor. För alla fall utom under transport är dock tanktrycket konstant eftersom företaget använder sig av ett konstant arbetsstryck i svaveldioxidsystemet. Massflödet ( $Q$ ) vid utströmning från vätskefasen beräknas enligt ekvation D.2 nedan. /8/

$$Q = C_d \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \sqrt{2(P_T - P_a)} \cdot \rho_l \quad [\text{Ekvation D.2}]$$

Där

$C_d$  = hålets kontraktionsfaktor,  $C_d$  beror av håltyp. Vanliga värden är:

0,5 (utifrån intryckt hål), 0,6 (skarpkantat hål), 0,95 (hål med rundade inloppskanter)

$r$  = hålradius [m]

$P_T$  = absoluttryck i tank/cistern [Pa]

$P_a$  = atmosfärstrycket [Pa]

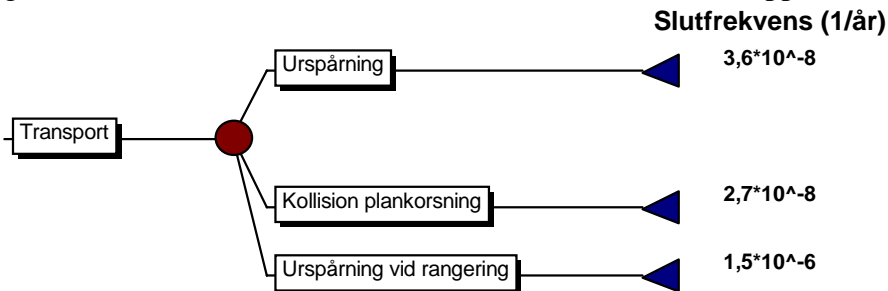
$\rho_l$  = densitet för utströmmande ämne [kg/s]

Variationerna för de aktuella parametrarna har slagits samman till en fördelning av källstyrkan för varje scenario och redovisas under respektive händelse. Bakom konstruktionen

av sannolikhetsfördelningar av massflödet ligger litteraturstudier, statistisk data samt beräkningar och ingenjörsmässiga bedömningar.

## TRANSPORT

I figur D.1 nedan redovisas de scenarier som kan leda till utsläpp vid transport



Figur D.1. Händelsetråd som redovisar scenarier vid transport.

Nedan presenteras beräkningar och beräkningsresultat för de olycksscenarier rörande transport av svaveldioxid inom Gruvöns verksamråde. Alla de scenarier som rör transport av svaveldioxid bedöms ha likartade konsekvensfördelningar varför det nedan endast presenteras en typ av beräkningsgång. Dock är ju de ingående initiala frekvenserna av olika storlek, vilket leder till att individrisk och samhällsrisk redovisas för respektive scenario.

### Massflöde

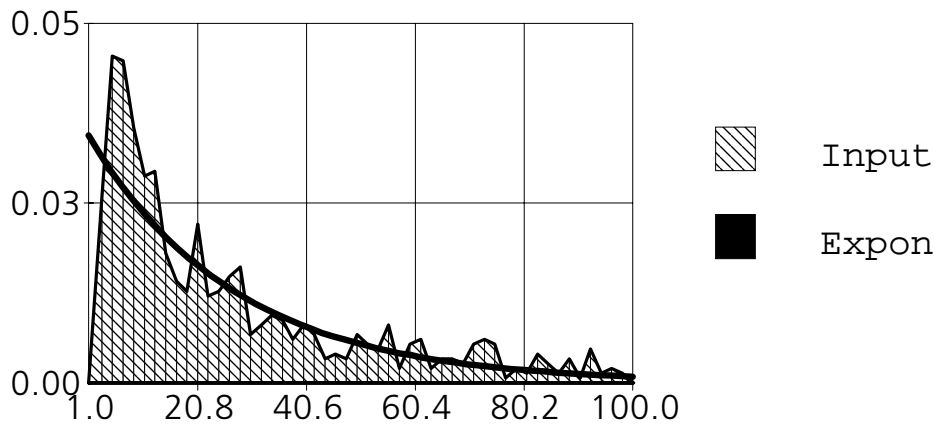
Under transport transporteras svaveldioxiden i tankar där lagringstrycket är lika med ångtrycket vid den rådande temperaturen. Detta medför att tanktrycket kommer variera med utomhustemperaturen. I tabell D.2 nedan presenteras värdena på de i ekvation D.2 ingående parametrarna. Tanktryckets fördelning bygger på temperaturförhållandena vid Karlstads flygplats enligt bilaga A. Kontraktionsfaktorn triangelfördelas med troligaste värde 0,8, hålradien fördelas 1-20 cm enligt en trunkerad lognormal fördelning.

Konstanta parametrar	Värden
Atmosfärstryck	$1 \cdot 10^5$ Pa
Vätskedensitet	1450 kg
Fördelade parametrar	Fördelning
Kontraktionsfaktor	Triang(0,5; 0,8; 0,95)
Hålradie	Tlognorm(3; 6; 1; 20) cm
Tanktryck	Triang((150000; 230000; 400000) Pa

Tabell D.2. Värden på ingående parametrar vid beräkning av massflödets fördelning

Dessa parametrar ger vid simulering i @Risk en fördelning av massflödet, för detta scenario, enligt figur D.2 nedan.

Comparison of Input Distribution and Expon(26.61)



Figur D.2. Massflödets fördelning Expon(26,61) medelvärde 26,61 kg/s

### Spridningsberäkningar

Med massflödets sannolikhetsfördelning som indata kan beräkningsgången i bilaga B ”Beräkningsmodell” följas. I tabell D.3 nedan redovisas de parametervärden som ingår i spridningsuttrycket

Konstanta parametrar	Värden
Koncentration	860 ppm = $2380 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$
Fördelade parametrar	Fördelning
Massflöde	Expon (26,61) kg/s
Stabilitetsfaktor ”a”	TLognorm(0,2; 0,2; 0; 0,55)
Vindhastighet	Weibull(1,6; 4,3) m/s

Tabell D.3. Värden på de i spridningsuttrycket ingående parametrar.

Simuleringar med i tabell D.3 angivna värden ger en sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm enligt diagram D.1 nedan.

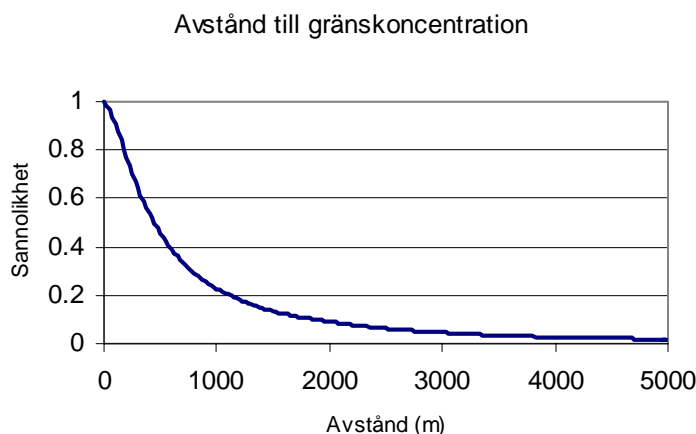


Diagram D.1. Sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm

Genom att multiplicera fördelningen i diagram D.1 med den i bilaga C beräknade initiala utsläppsfrekvensen samt den i bilaga D framtagna faktorn 0,069 erhålls sannolikhetsfördelningen av medelindividrisken, se diagram D.2, D.3 och D.4 nedan.

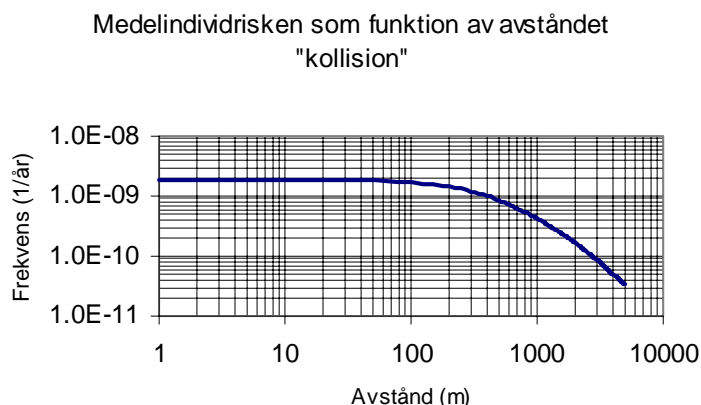


Diagram D.2. Individrisk "Transport". Kollision tankvagn-bil/lastbil

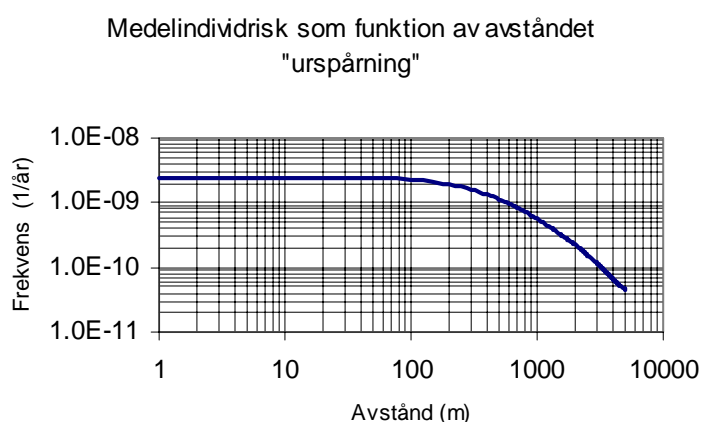


Diagram D.3. Individrisk "Transport". Urspårning

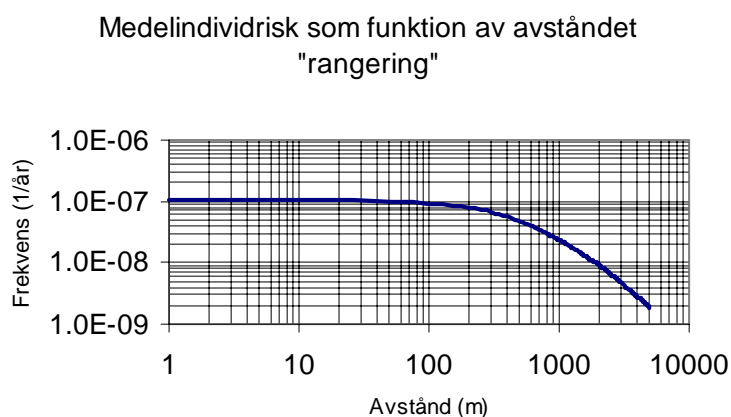


Diagram D.4. Individrisk "Transport". Rangering

Persondensiteten i de olika vädersträcken tillsammans med den relativa frekvensen för vindens riktning ger att avståndet kan översättas till antal utsatta personer. Detta görs enligt ekvation B.9 (bilaga B) och resultatet presenteras i form av en F/N-kurva i diagram D.5, D.6 och D.7 nedan.

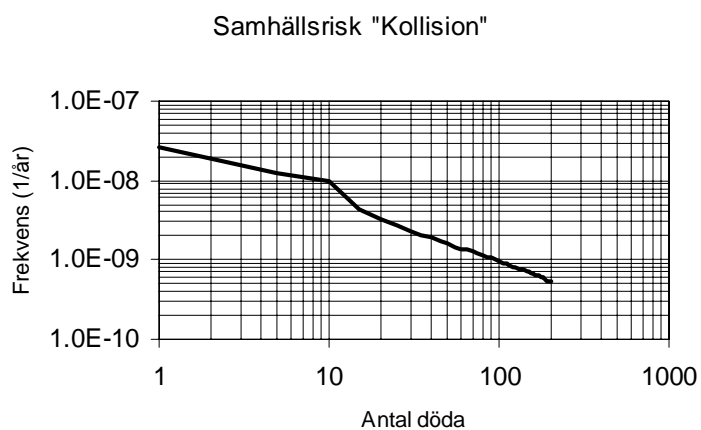


Diagram D.5. F/N-kurva "Transport". Kollision tankvagn-bil/lastbil

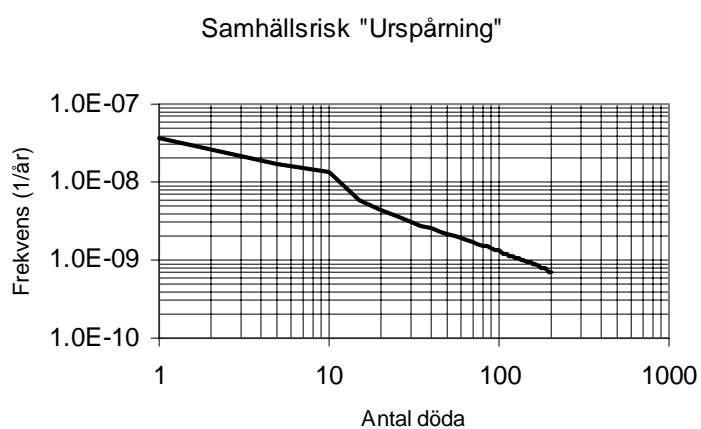


Diagram D.6. F/N-kurva "Transport". Urspårning

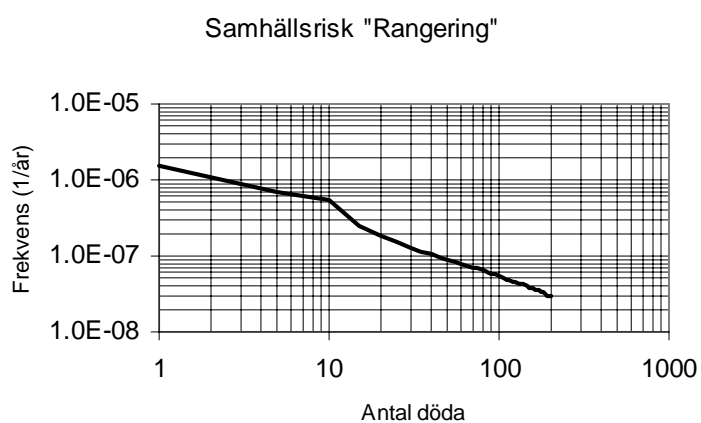
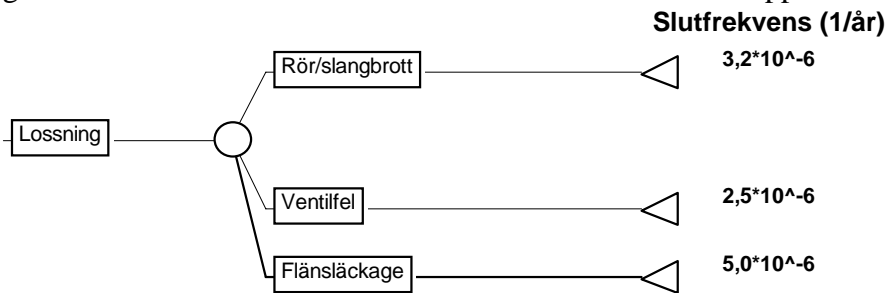


Diagram D.7. F/N-kurva "Transport". Rangering

## LOSSNING

I figur D.3 nedan redovisas de scenarier som kan leda till utsläpp vid lossning



Figur D.3. Händelseträd som redovisar scenarier vid lossning

Vid lossning är tanktrycket konstant då kompressorstyrd tryckluft/inertgas används vid tömning av transportkärlet. Detta medför att i framtagandet av massflödets sannolikhetsfördelning är tanktrycket ej längre en fördelning. Nedan redovisas beräkningarna för de respektive scenarierna, indata se tabell D.4.

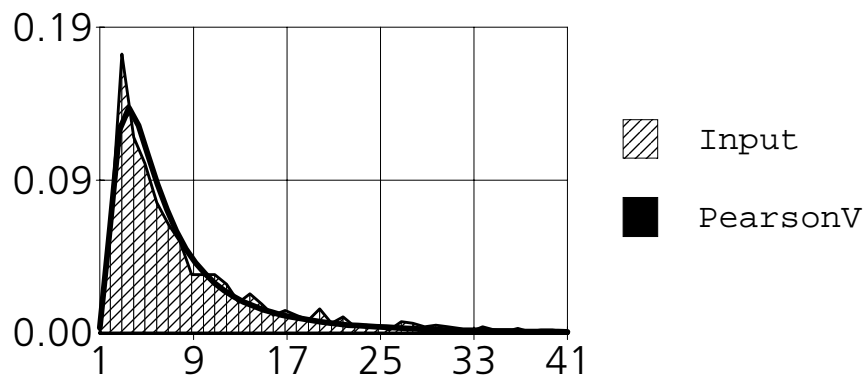
### ”Slangbrott/rörbrott”

Konstanta parametrar	Värden
Atmosfärstryck	$1 \cdot 10^5$ Pa
Vätskedensitet	1450 kg
Tanktryck	$8 \cdot 10^5$ Pa
Fördelade parametrar	Fördelning
Kontraktionsfaktor	Triang(0,5; 0,8; 0,95)
Hålradi	Texpon(0,4; 0,5; 2) cm

Tabell D.4. Värden på ingående parametrar vid beräkning av massflödets fördelning

Dessa parametrar ger vid simulering i @Risk en fördelning av massflödet, för detta scenario, enligt figur D.4 nedan.

Comparison of Input Distribution and PearsonV(2.16,10.65)



Figur D.4. Massflödets fördelning PearsonV(2,16; 10,65) medelvärde 9,18 kg/s

### Spridningsberäkningar

Med massflödets sannolikhetsfördelning som indata kan beräkningsgången i bilaga B ”Beräkningsmodell” följas. I tabell D.5 nedan redovisas de parametervärden som ingår i spridningsuttrycket

Konstanta parametrar	Värden
Koncentration	860 ppm = 0,0023 kg/m <sup>3</sup>
<b>Fördelade parametrar</b>	
Massflöde	PearsonV(2,16; 10,65 kg/s
Stabilitetsfaktor ”a”	TLognorm(0,2; 0,2; 0; 0,55)
Vindhastighet	Weibull(1,6; 4,3) m/s

Tabell D.5. Värden på de i spridningsuttrycket ingående parametrar.

Simuleringar med i tabell D.5 angivna värden ger en sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm enligt diagram D.8 nedan.

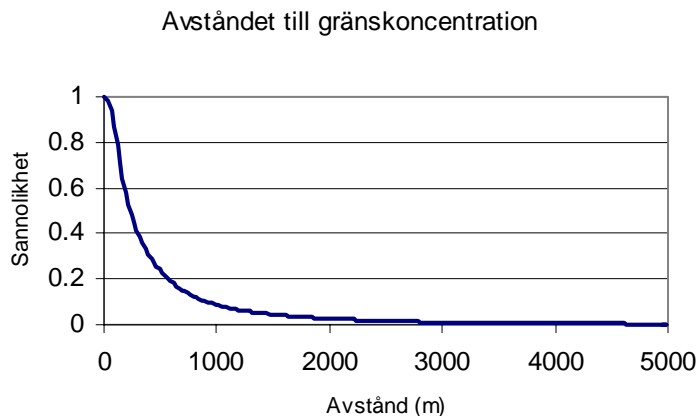


Diagram D.8. Sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm, scenario ”slangbrott”

Genom att multiplicera fördelningen i diagram D.8 med den i bilaga C beräknade initiala utsläppsfrekvensen samt den i bilaga B framtagna faktorn 0,069 erhålls individrisken, se diagram D.9 nedan.

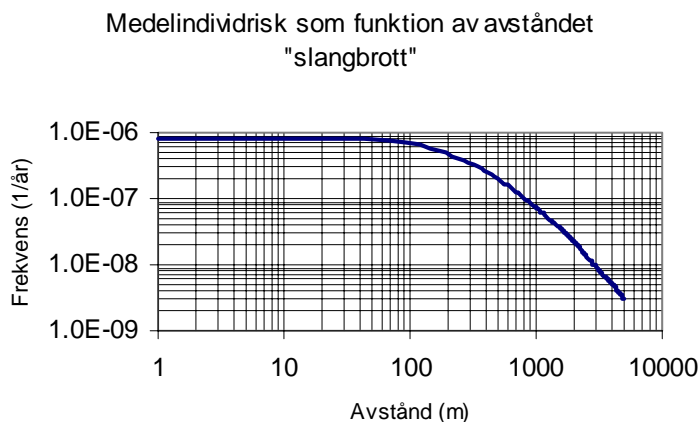


Diagram D.9. Individrisk ”slangbrott”



Persondensiteten i de olika vädersträcken tillsammans med den relativa frekvensen för vindens riktning ger att avståndet kan översättas till antal utsatta personer. Detta görs enligt ekvation B.9 (bilaga B) och resultatet presenteras i form av en F/N-kurva i diagram D.10 nedan.

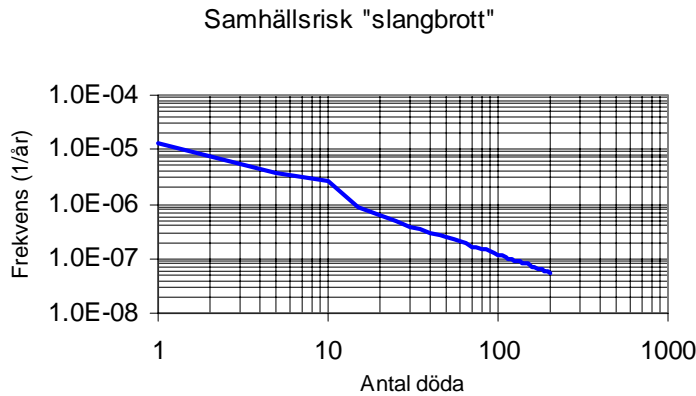


Diagram D.10. F/N-kurva "slangbrott"

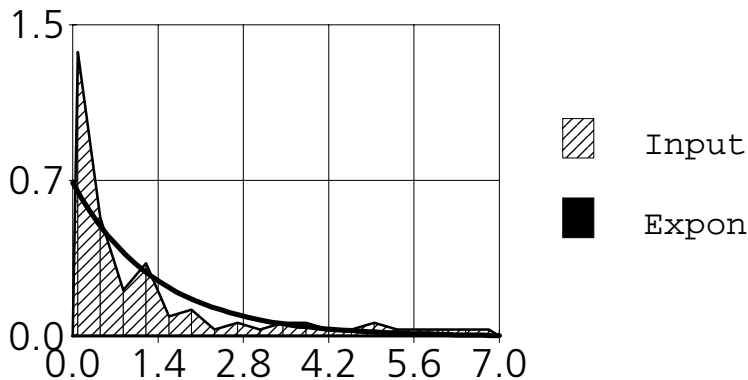
### "Ventil och fläns"

Konstanta parametrar	Värden
Atmosfärstryck	$1 \cdot 10^5$ Pa
Vätskedensitet	1450 kg
Tanktryck	$8 \cdot 10^5$ Pa
Fördelade parametrar	Fördelning
Kontraktionsfaktor	Triang(0,5; 0,8; 0,95)
Hålradi	Triang(0,1; 0,3; 1,5) cm

Tabell D.6. Värden på ingående parametrar vid beräkning av massflödets fördelning

Dessa parametrar ger vid simulering i @Risk en fördelning av massflödet, för detta scenario, enligt figur D.5 nedan.

Comparison of Input Distribution and Expon(1.37)



Figur D.5. Massflödets fördelning Expon(1,37) medelvärde 1,37 kg/s

Denna fördelning har dock anpassats till en s.k. trunkerad fördelning för att bli av med extremvärden. Detta innebär att fördelningen endast kan anta värden mellan 0,01 kg/s och 7 kg/s. Fördelningen heter därmed Texpon(1,37; 0,01; 7)

### Spridningsberäkningar

Med massflödets sannolikhetsfördelning som indata kan beräkningsgången i bilaga B ”Beräkningsmodell” följas. I tabell D.7 nedan redovisas de parametervärden som ingår i spridningsuttrycket

Konstanta parametrar	Värden
Koncentration	860 ppm = 0,0023 kg/m <sup>3</sup>
Fördelade parametrar	Fördelning
Massflöde	Texpon(1,37; 0,01; 7) kg/s
Stabilitetsfaktor ”a”	TLognorm(0,2; 0,2; 0; 0,55)
Vindhastighet	Weibull(1,6; 4,3) m/s

Tabell D.7. Värden på de i spridningsuttrycket ingående parametrar.

Simuleringar med i tabell D.7 angivna värden ger en sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm enligt diagram D.11 nedan.

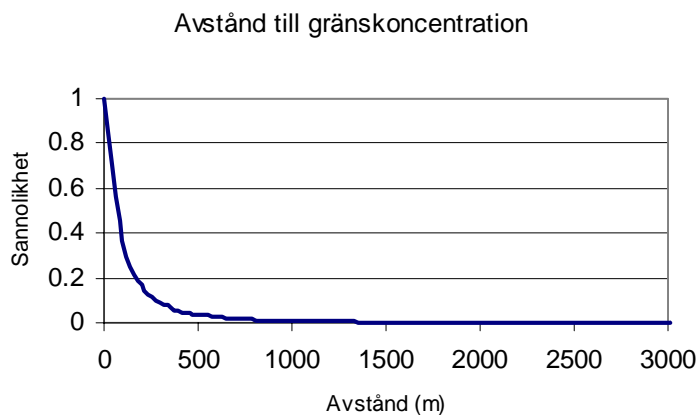


Diagram D.11. Sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm

Genom att multiplicera fördelningen i diagram 11 med den i bilaga C beräknade initiala utsläppsfrekvensen samt den i bilaga B framtagna faktorn 0,069 erhålls individrisken, se diagram D.12 nedan.

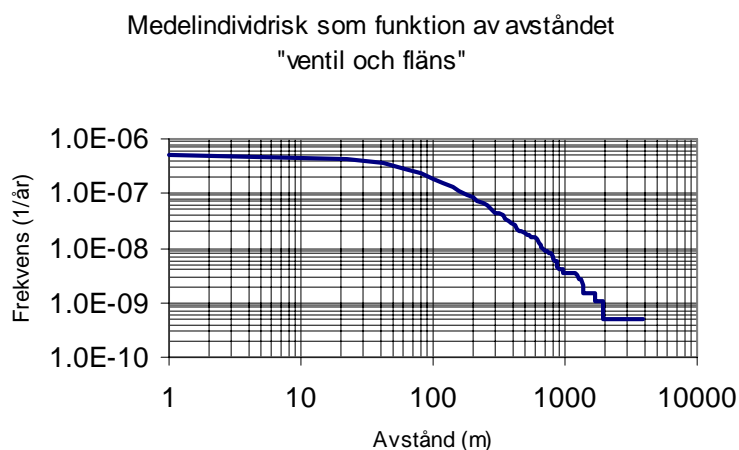


Diagram D.12. Individrisk "ventil och fläns"

Persondensiteten i de olika vädersträcken tillsammans med den relativa frekvensen för vindens riktning ger att avståndet kan översättas till antal utsatta personer. Detta görs enligt ekvation B.9 (bilaga B) och resultatet presenteras i form av en F/N-kurva i diagram D.13 nedan.

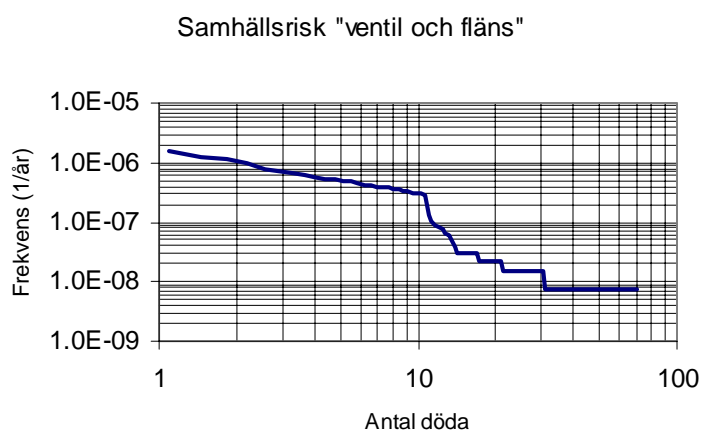
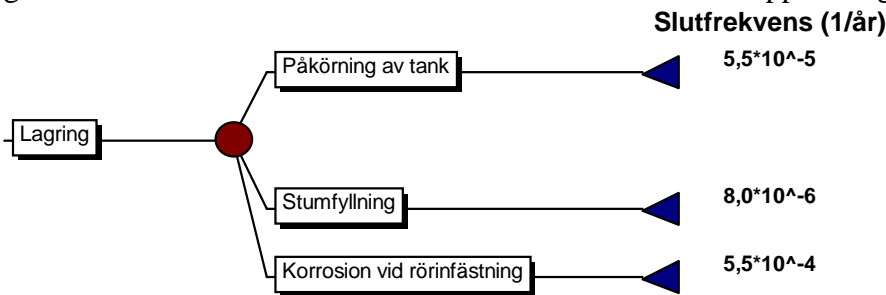


Diagram D.13. F/N-kurva "ventil och fläns"

## LAGRING

I figur D.6 nedan redovisas de scenarier som kan leda till utsläpp vid lagring



Figur D.6. Händelseträd som redovisar scenarier vid lagring

Vid lagring är tanktrycket konstant då man har ett konstant distributionstryck. Detta medför att i framtagandet av massflödets sannolikhetsfördelning är tanktrycket ej en fördelning. Nedan redovisas beräkningarna för de respektive scenarierna

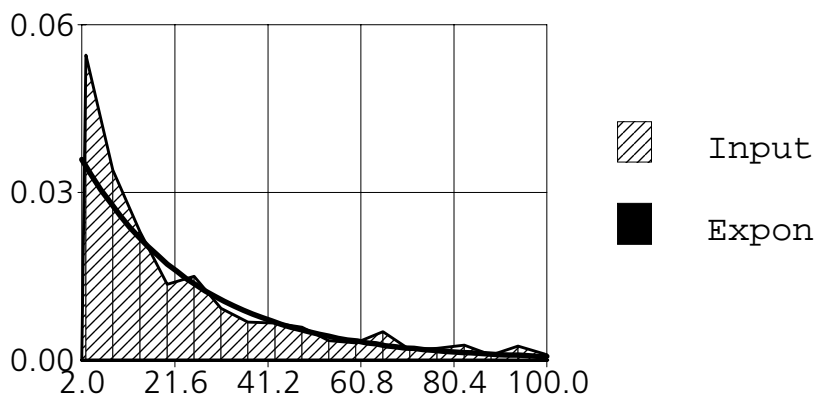
### ”Påkörning av tank”, ”Stumfyllning”

Konstanta parametrar	Värden
Atmosfärstryck	$1 \cdot 10^5$ Pa
Vätskedensitet	1450 kg
Tanktryck	$8 \cdot 10^5$ Pa
Fördelade parametrar	Fördelning
Kontraktionsfaktor	Triang(0,5; 0,8; 0,95)
Hålradie	Texpon(1; 0,6; 5) cm

Tabell D.8. Värden på ingående parametrar vid beräkning av massflödets fördelning

Dessa parametrar ger vid simulering i @Risk en fördelning av massflödet, för detta scenario, enligt figur D.7 nedan.

### Comparison of Input Distribution and Expon(24.43)



Figur D.7. Massflödets fördelning Expon(24,43) medelvärde 24,4 kg/s

Denna fördelning har dock anpassats till en s.k. trunkerad fördelning för att bli av med extremvärden. Detta innebär att fördelningen endast kan anta värden mellan 2 kg/s och 100 kg/s. Fördelningen heter därmed Texpon(24,43; 2; 100).

### Spridningsberäkningar

Med massflödets sannolikhetsfördelning som indata kan beräkningsgången i bilaga B "Beräkningsmodell" följas. I tabell D.9 nedan redovisas de parametervärden som ingår i spridningsuttrycket

Konstanta parametrar	Värden
Koncentration	860 ppm = 0,0023 kg/m <sup>3</sup>
<b>Fördelade parametrar</b>	
Massflöde	Texpon(24,43; 2; 100) kg/s
Stabilitetsfaktor "a"	TLognorm(0,2; 0,2; 0; 0,55)
Vindhastighet	Weibull(1,6; 4,3) m/s

Tabell D.9. Värden på de i spridningsuttrycket ingående parametrar.

Simuleringar med i tabell D.9 angivna värden ger en sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm enligt diagram D.14 nedan, gällande för båda scenarierna.

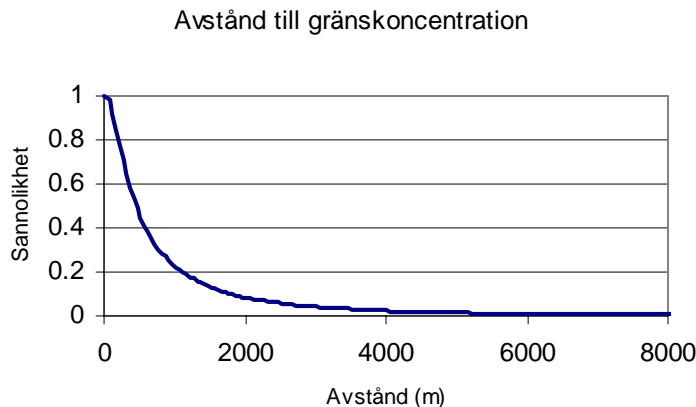


Diagram D.14. Sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm

Genom att multiplicera fördelningen i diagram D.14 med den i bilaga C beräknade initiala utsläppsfrekvensen samt den i bilaga B framtagna faktorn 0,069 erhålls individrisken, se diagram D.15 och D.16 nedan.

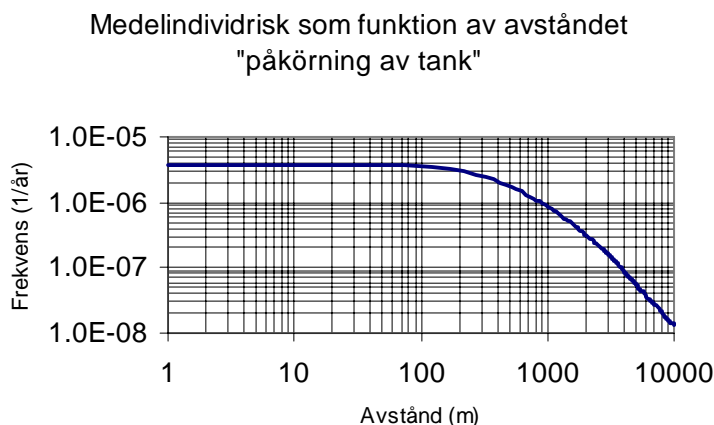


Diagram D.15. Individrisk "påkörning av tank"

Medelindividrisk som funktion av avståndet  
"stumfyllning"

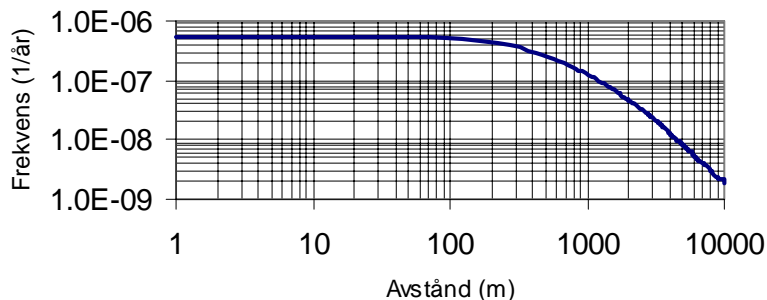


Diagram D.16. Individrisk "stumfyllning av tank"

Persondensiteten i de olika vädersträcken tillsammans med den relativa frekvensen för vindens riktning ger att avståndet kan översättas till antal utsatta personer. Detta görs enligt ekvation B.9 (bilaga B) och resultatet presenteras i form av en F/N-kurva i diagram D.17 och D.18 nedan.

Samhällsrisk "påkörning av tank"

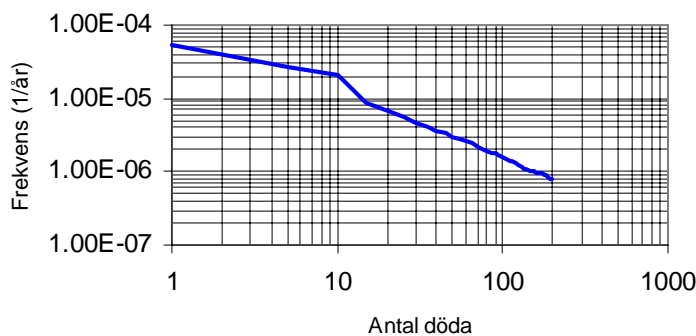


Diagram D.17. F/N-kurva "påkörning av tank"

Samhällsrisk "stumfyllning av tank"

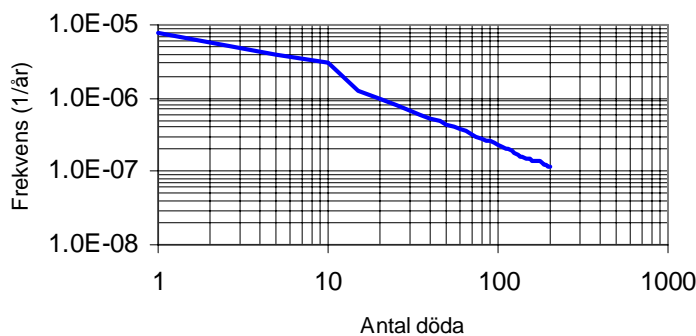


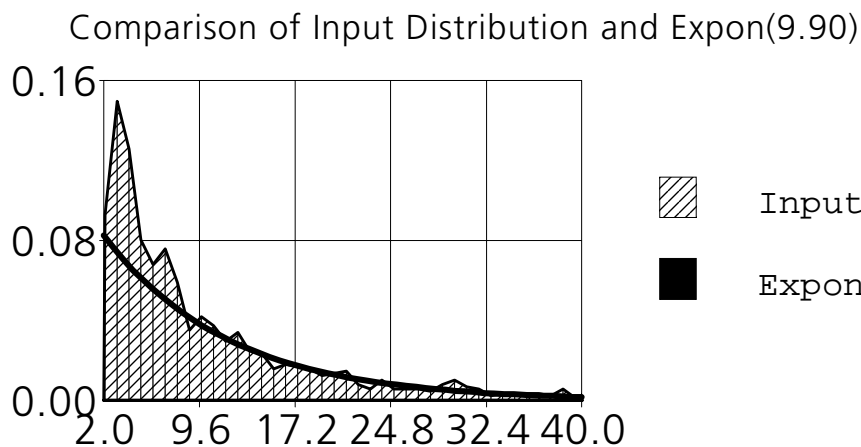
Diagram D.18. F/N-kurva "Stumfyllning av tank"

## ”korrosion vid rörinfästning”

Konstanta parametrar	Värden
Atmosfärstryck	$1 \cdot 10^5$ Pa
Vätskedensitet	1450 kg
Tanktryck	$8 \cdot 10^5$ Pa
Fördelade parametrar	Fördelning
Kontraktionsfaktor	Triang(0,5; 0,8; 0,95)
Hålradie	Texpon(0,5; 0,5; 2,5) cm

Tabell D.10. Värden på ingående parametrar vid beräkning av massflödets fördelning

Dessa parametrar ger vid simulering i @Risk en fördelning av massflödet, för detta scenario, enligt figur D.8 nedan.



Figur D.8. Massflödets fördelning Expon(9,90) medelvärde 9,90 kg/s

Denna fördelning har dock anpassats till en s.k. trunkerad fördelning för att bli av med extremvärden. Detta innebär att fördelningen endast kan anta värden mellan 2 kg/s och 40 kg/s. Fördelningen heter därmed TExpon(9,90; 2; 40).

**Spridningsberäkningar**

Med massflödets sannolikhetsfördelning som indata kan beräkningsgången i bilaga B ”Beräkningsmodell” följas. I tabell D.11 nedan redovisas de parametervärden som ingår i spridningsuttrycket

Konstanta parametrar	Värden
Koncentration	860 ppm = $0,0023 \text{ kg/m}^3$
Fördelade parametrar	Fördelning
Massflöde	TExpon(9,90; 2; 40) kg/s
Stabilitetsfaktor ”a”	TLognorm(0,2; 0,2; 0; 0,55)
Vindhastighet	Weibull(1,6; 4,3) m/s

Tabell D.11. Värden på de i spridningsuttrycket ingående parametrar.

Simuleringar med i tabell D.11 angivna värden ger en sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm enligt diagram D.19 nedan.

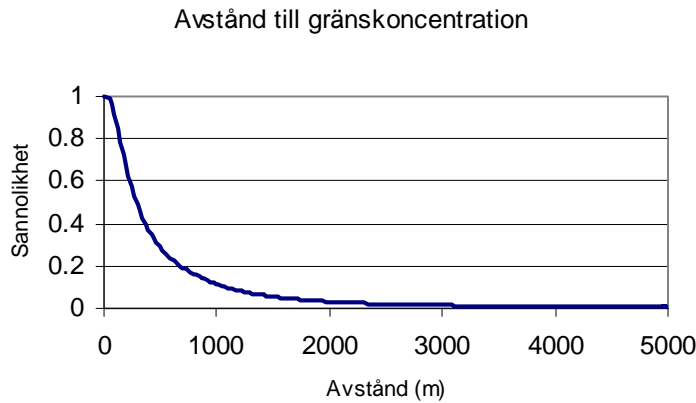


Diagram D.19. Sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm

Genom att multiplicera fördelningen i diagram D.19 med den i bilaga C beräknade initiala utsläppsfrekvensen samt den i bilaga B framtagna faktorn 0,069 erhålls individrisken, se diagram D.20 nedan.

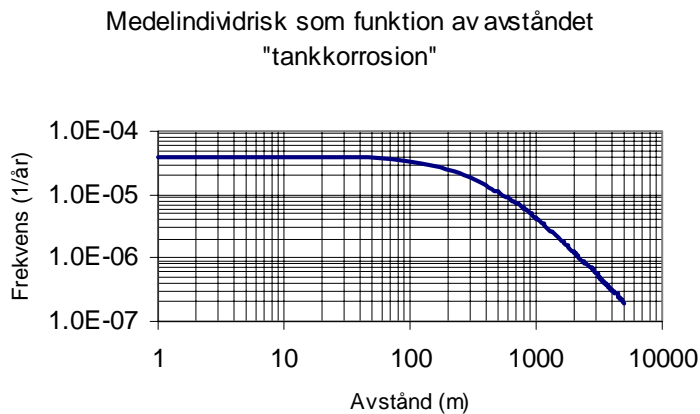


Diagram D.20. Individrisk "korrosion"

Persondensiteten i de olika vädersträcken tillsammans med den relativa frekvensen för vindens riktning ger att avståndet kan översättas till antal utsatta personer. Detta görs enligt ekvation B.9 (bilaga B) och resultatet presenteras i form av en F/N-kurva i diagram D.21 nedan.

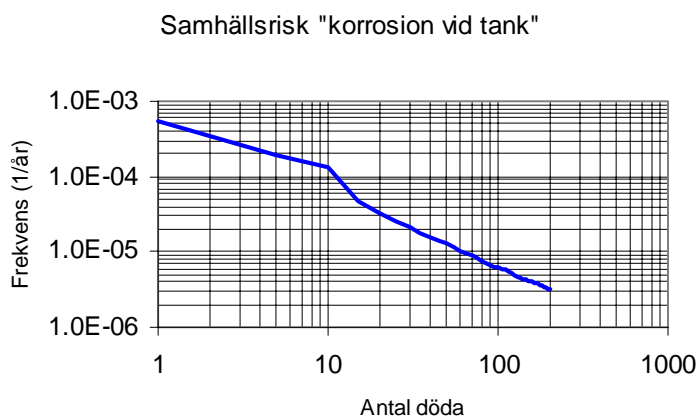
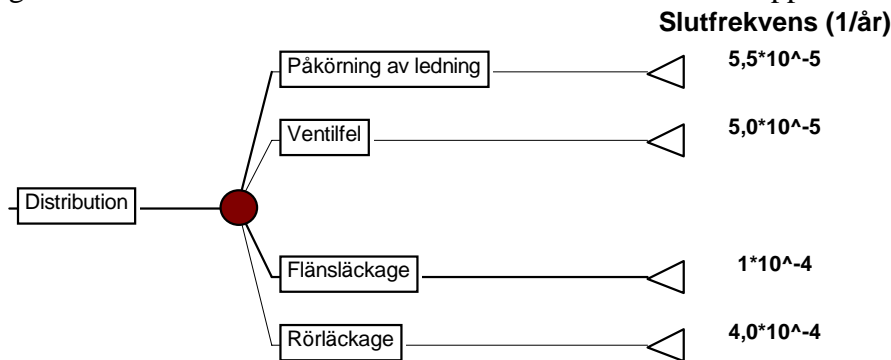


Diagram D.21. F/N-kurva "korrosion vid tank"



## DISTRIBUTION

I figur D.9 nedan redovisas de scenarier som kan leda till utsläpp vid distribution



Figur D.9. Händelse-träd som redovisar scenarier vid distribution

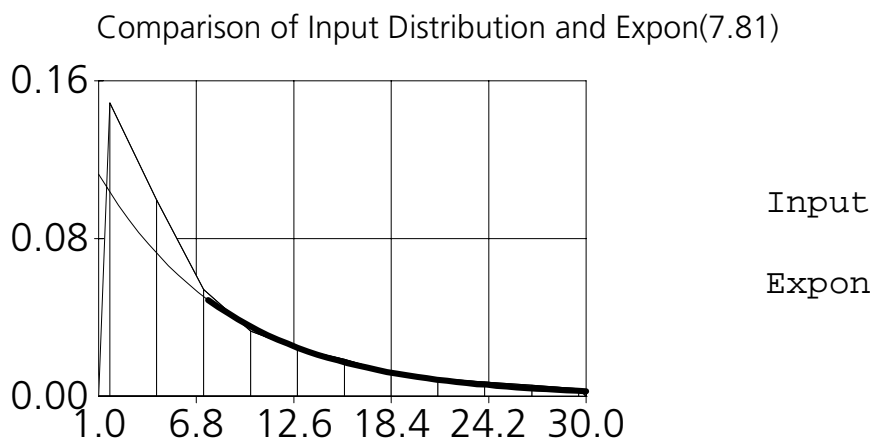
Vid distribution varierar trycket med avståndet från lagringscisternerna p.g.a. tryckförlusterna i ledningarna. I dessa scenarier har ett konstant tryck antagits,  $6 \cdot 10^5$  Pa, det är dock reducerat i jämförelse med det initiala trycket. Detta medför att i framtagandet av massflödets sannolikhetsfördelning är "tanktrycket" ej en fördelning. Nedan redovisas beräkningarna för de respektive scenarierna

### "Påkörning av rörgata"

Konstanta parametrar	Värden
Atmosfärstryck	$1 \cdot 10^5$ Pa
Vätskedensitet	1450 kg
Tanktryck	$6 \cdot 10^5$ Pa
Fördelade parametrar	Fördelning
Kontraktionsfaktor	Triang(0,5; 0,8; 0,95)
Hålradi	TExpon(0,5; 0,5; 2,5) cm

Tabell D.12. Värden på ingående parametrar vid beräkning av massflödets fördelning

Dessa parametrar ger vid simulering i @Risk en fördelning av massflödet, för detta scenario, enligt figur D.10 nedan.



Figur D.10. Massflödets fördelning Expon(7,81) medelvärde 7,81 kg/s

Denna fördelning har dock anpassats till en s.k. trunkerad fördelning för att bli av med extremvärden. Detta innebär att fördelningen endast kan anta värden mellan 1 kg/s och 30 kg/s. Fördelningen heter därmed TExpon(7,81; 1; 30).

### Spridningsberäkningar

Med massflödets sannolikhetsfördelning som indata kan beräkningsgången i bilaga B ”Beräkningsmodell” följas. I tabell D.13 nedan redovisas de parametervärden som ingår i spridningsuttrycket

Konstanta parametrar	Värden
Koncentration	860 ppm = 0,0023 kg/m <sup>3</sup>
Fördelade parametrar	Fördelning
Massflöde	TExpon(7,81; 1; 30) kg/s
Stabilitetsfaktor ”a”	TLognorm(0,2; 0,2; 0; 0,55)
Vindhastighet	Weibull(1,6; 4,3) m/s

Tabell D.13. Värden på de i spridningsuttrycket ingående parametrar.

Simuleringar med i tabell D.13 angivna värden ger en sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm enligt diagram D.22 nedan.

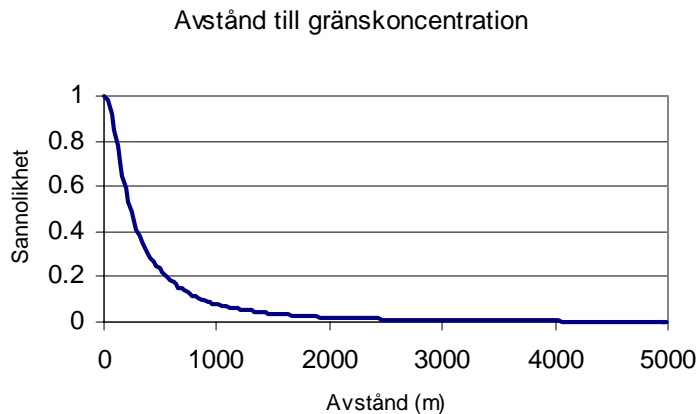


Diagram D.22. Sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm

Genom att multiplicera fördelningen i diagram D.22 med den i bilaga C beräknade initiala utsläppsfrekvensen samt den i bilaga B framtagna faktorn 0,069 erhålls individrisken, se diagram D.23 nedan.

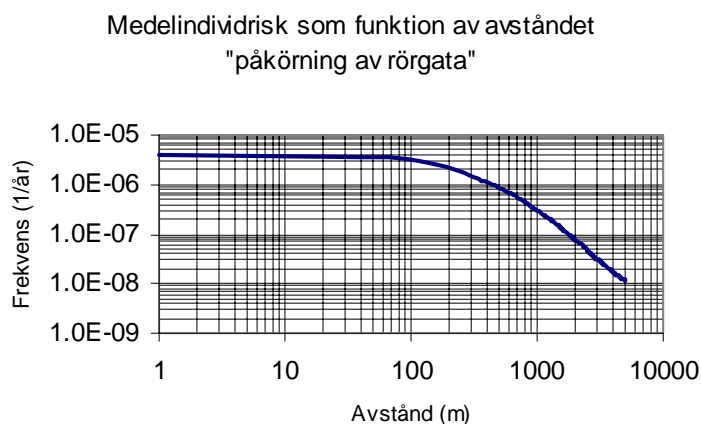


Diagram D.23. Individrisk "påkörning av rörgata"

Persondensiteten i de olika vädersträcken tillsammans med den relativa frekvensen för vindens riktning ger att avståndet kan översättas till antal utsatta personer. Detta görs enligt ekvation B.9 (bilaga B) och resultatet presenteras i form av en F/N-kurva i diagram D.24 nedan.

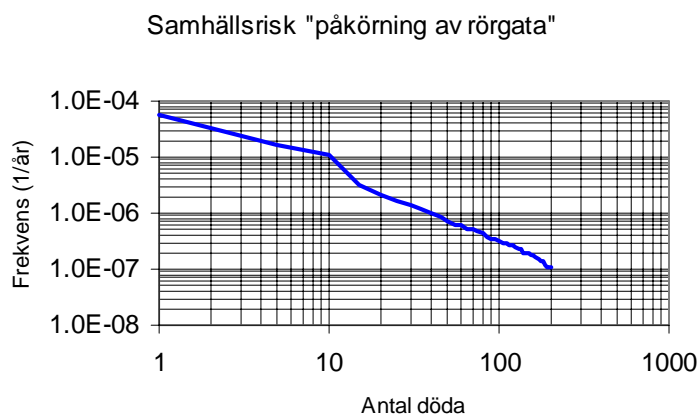


Diagram D.24. F/N-kurva "påkörning av rörgata"

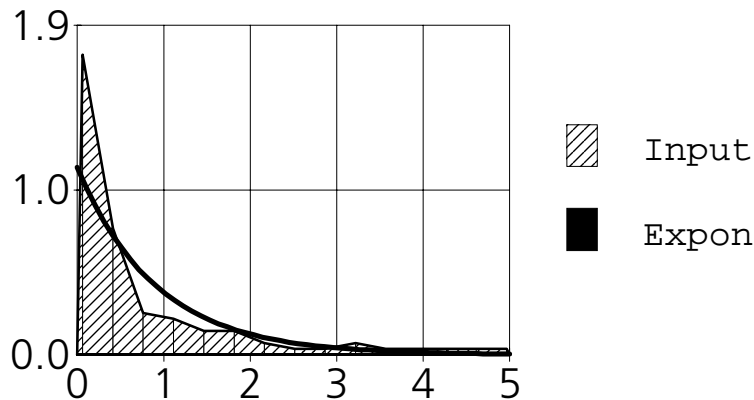
### "Ventil, fläns, rör"

Konstanta parametrar	Värden
Atmosfärstryck	$1 \cdot 10^5$ Pa
Vätskedensitet	1450 kg
Tanktryck	$6 \cdot 10^5$ Pa
Fördelade parametrar	Fördelning
Kontraktionsfaktor	Triang(0,5; 0,8; 0,95)
Hålradi	Triang(0,1; 0,3; 1,5) cm

Tabell D.14. Värden på ingående parametrar vid beräkning av massflödets fördelning

Dessa parametrar ger vid simulering i @Risk en fördelning av massflödet, för detta scenario, enligt figur D.11 nedan.

## Comparison of Input Distribution and Expon(0.91)



Figur D.11. Massflödets fördelning Expon(0.91), medelvärde kg/s

Denna fördelning har dock anpassats till en s.k. trunkerad fördelning för att bli av med extremvärden. Detta innebär att fördelningen endast kan anta värden mellan 0,01 kg/s och 5 kg/s. Fördelningen heter därmed TExpon(0.91; 0,01; 5), medelvärde 0.91 kg/s.

**Spridningsberäkningar**

Med massflödets sannolikhetsfördelning som indata kan beräkningsgången i bilaga B "Beräkningsmodell" följas. I tabell D.15 nedan redovisas de parametervärden som ingår i spridningsuttrycket

Konstanta parametrar	Värden
Koncentration	860 ppm = 0,0023 kg/m <sup>3</sup>
Fördelade parametrar	Fördelning
Massflöde	TExpon(0.91; 0,01; 5) kg/s
Stabilitetsfaktor "a"	TLognorm(0,2; 0,2; 0; 0,55)
Vindhastighet	Weibull(1,6; 4,3) m/s

Tabell D.15. Värden på de i spridningsuttrycket ingående parametrar.

Simuleringar med i tabell D.15 angivna värden ger en sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm enligt diagram D.25 nedan.

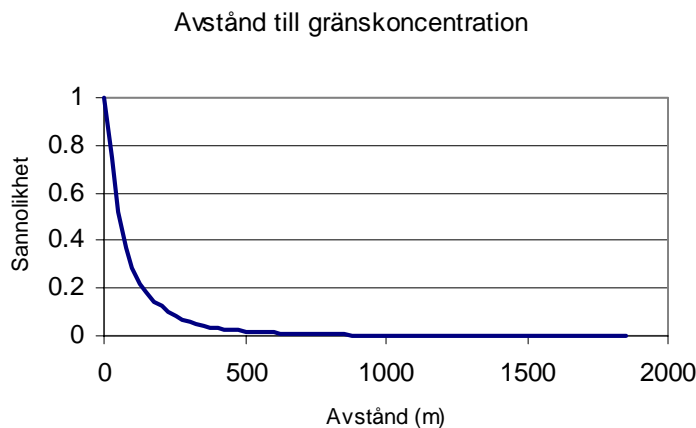


Diagram D.25. Sannolikhetsfördelning av avståndet till 860 ppm

Genom att multiplicera fördelningen i diagram D.25 med den i bilaga C beräknade initiala utsläppsfrekvensen samt den i bilaga B framtagna faktorn 0,069 erhålls individrisken, se diagram D.26 nedan.

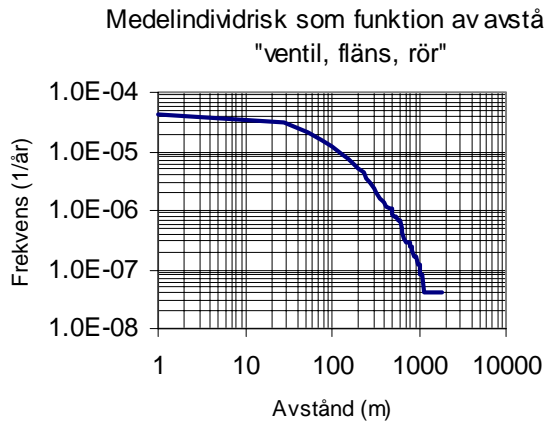


Diagram D.26. Individrisk "ventil, fläns, rör"

Persondensiteten i de olika vädersträcken tillsammans med den relativa frekvensen för vindens riktning ger att avståndet kan översättas till antal utsatta personer. Detta görs enligt ekvation B.9 (bilaga B) och resultatet presenteras i form av en F/N-kurva i diagram D.27 nedan.

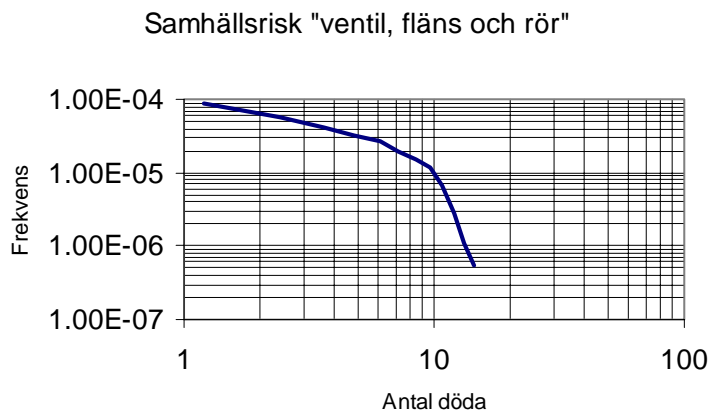


Diagram D.27. F/N-kurva "fläns, ventil, rör"

## BILAGA E. RISKBERÄKNINGAR CLO<sub>2</sub>

Då det gäller utsläpp av klordioxid så krävs mycket stora utsläpp av klordioxidlösningen för att några längre avstånd skall uppstå. Med detta i åtanke har därför små utsläpp t.ex. fläns och ventiler uteslutits från beräkningarna då de ej kräver konsekvenser i form av döda.

### VAL AV GRÄNSKONCENTRATION

I /11/ presenteras följande tabell (tabell E.1) över klordioxids verkningar beroende på koncentration

Koncentration	Konsekvens
1-17 ppm	förmimbarhetsgräns.
45 ppm	ögon- och näsirritation
500 ppm	dödligt vid kortvarig exponering (dödsfall har inträffat vid betydligt lägre koncentrationer, men då vid lång exponering).

Tabell E.1. Klordioxids verkningar beroende på koncentration

Med hänvisning till denna rapports syfte väljs 500 ppm som gränskoncentration.

### MASSFLÖDE

Vid lagring av klordioxid används inget externt lagringstryck, vid utströmning beror således massflödet av det statiska trycket från den lagrade lösningen. I ekvation E.1 nedan visas uttrycket för att beräkna massflödet (Q) från vätskefasen vid statiskt tryck./8/

$$Q = C_d \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \rho_l \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad [\text{Ekvation E.1}]$$

Där

C<sub>d</sub>= hålets kontraktionsfaktor, C<sub>d</sub> beror av håltyp. Vanliga värden är:

0,5 (utifrån intryckt hål), 0,6 (skarpkantat hål), 0,95 (hål med rundade inloppskanter)

r = hålradius [m]

ρ<sub>l</sub> = vätskans densitet [kg/m<sup>3</sup>]

g = 9,81[m/s<sup>2</sup>]

h = vätskepelarens höjd ovanför hålet [m]

### Massflöde klordioxid

Vid utströmning från klordioxidcistern bestäms massflödet av klordioxid av följande huvudparametrar, lösningens massflöde, graden av momentan avgasning från lösningen samt lösningens koncentration.

Klordioxidlösningen lagras i cisterner rymmande totalt 740 m<sup>3</sup> (1\*180 m<sup>3</sup> + 2\*280 m<sup>3</sup>), koncentrationen är 9-10 g ClO<sub>2</sub>/ liter lösning. Vid utsläpp anges den momentana avgasningen vara 20-30 % /12/.

För att beräkna den kontinuerligt avgasade mängden klordioxid får man först beräkna massflödet av klordioxidlösning (ekvation E.1) vilket sedan multipliceras med klordioxidkoncentrationen samt graden av avgasning. I ekvation E.2 nedan visas det slutgiltiga uttrycket för att beräkna massflödet av klordioxid.

$$Q = C_d \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \rho_l \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot C \cdot Y \quad [\text{Ekvation E.2}]$$

Där

C = klordioxidkoncentrationen [% vikt]

Y = andel klordioxid som avgasas momentant [% vikt]

## LAGRING

Vid lagring har scenariot ”tankhaveri” beräknats. Detta görs genom att anta en hålradi av 20-30 cm, vilket är mycket ett mycket stort hål som tömmer tanken på kort tid. I tabell E.2 nedan presenteras de indata som använts för att ta fram massflödets fördelning.

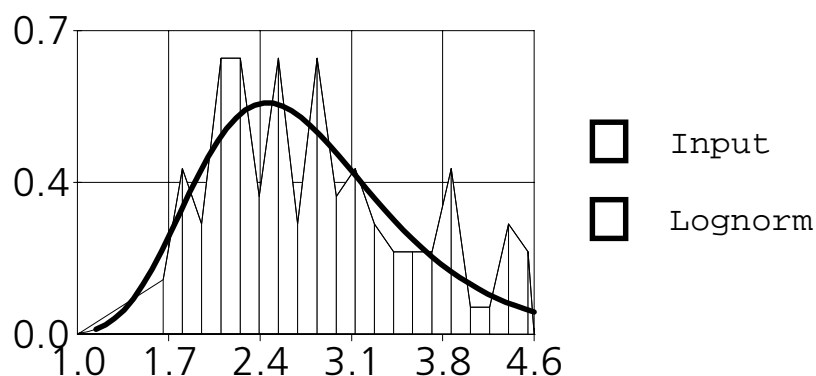
”tankhaveri”

Konstanta parametrar	Värden
Atmosfärstryck	$1 \cdot 10^5$ Pa
Vätskedensitet	$1000 \text{ kg/m}^3$
Tanktryck/vätsketryck	$40 \cdot 10^3$ Pa
Lösningens koncentration	10 g/l
Fördelade parametrar	Fördelning
Kontraktionsfaktor	Triang(0,5; 0,8; 0,95)
Grad av avgasning	Triang(20; 25; 30) %
Hålradi	Triang(20; 20; 30) m

Tabell E.2. Värden på ingående parametrar vid beräkning av massflödets fördelning

Dessa parametrar ger vid simulering i @Risk en fördelning av massflödet, för detta scenario, enligt figur E.1 nedan.

Comparison of Input Distribution and Lognorm(2.79,0.80)



Figur E.1. Massflödets fördelning medelvärde 2,8 kg/s

## Spridningsberäkningar

Med massflödets sannolikhetsfördelning som indata kan beräkningsgången i bilaga B ”Beräkningsmodell” följas. I tabell E.3 nedan redovisas de parameter värden som ingår i spridningsuttrycket

Konstanta parametrar	Värden
Koncentration	500 ppm = 0.0014 kg/m <sup>3</sup>
Fördelade parametrar	Fördelning
Massflöde	Tlognorm(2.79;0.8;1;4.5) kg/s
Stabilitetsfaktor "a"	TLognorm(0,2; 0,2; 0; 0,55)
Vindhastighet	Weibull(1,70; 5,91) m/s

Tabell E.3. Värden på de i spridningsuttrycket ingående parametrar.

Simuleringar med i tabell E.3 angivna värden ger en sannolikhetsfördelning av avståndet till 500 ppm enligt diagram E.1 nedan.

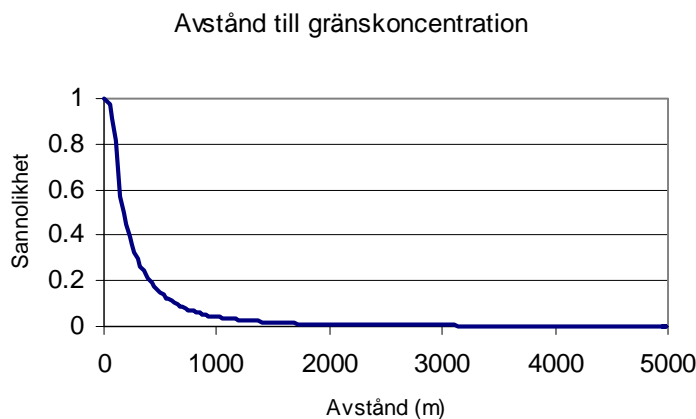


Diagram E.1. Sannolikhetsfördelning av avståndet till 500 ppm

Genom att multiplicera fördelningen i diagram E.1 med den i bilaga C beräknade initiala utsläppsfrekvensen erhålls individrisken, se diagram E.2 nedan.

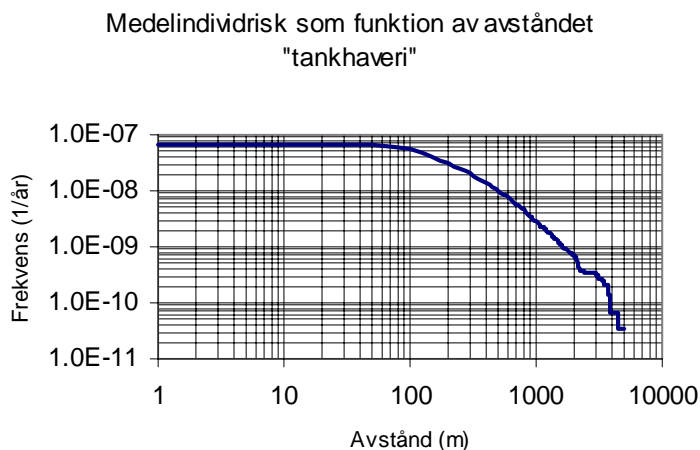


Diagram E.2. Individrisk "tankhaveri"

Persondensiteten i de olika vädersträcken tillsammans med den relativa frekvensen för vindens riktning ger att avståndet kan översättas till antal utsatta personer. Detta görs enligt ekvation B.9 (bilaga B) och resultatet presenteras i form av en F/N-kurva i diagram E.3 nedan.



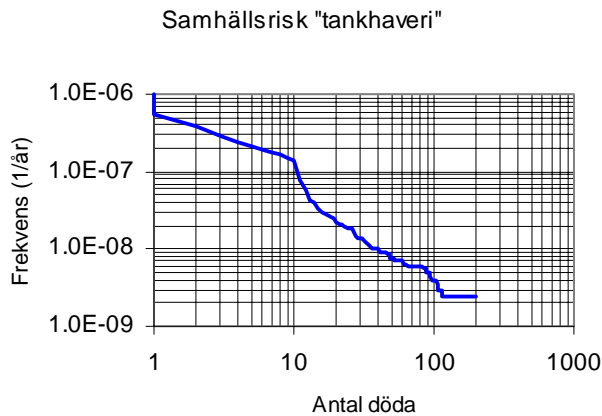


Diagram E.3. F/N-kurva "tankhaveri"

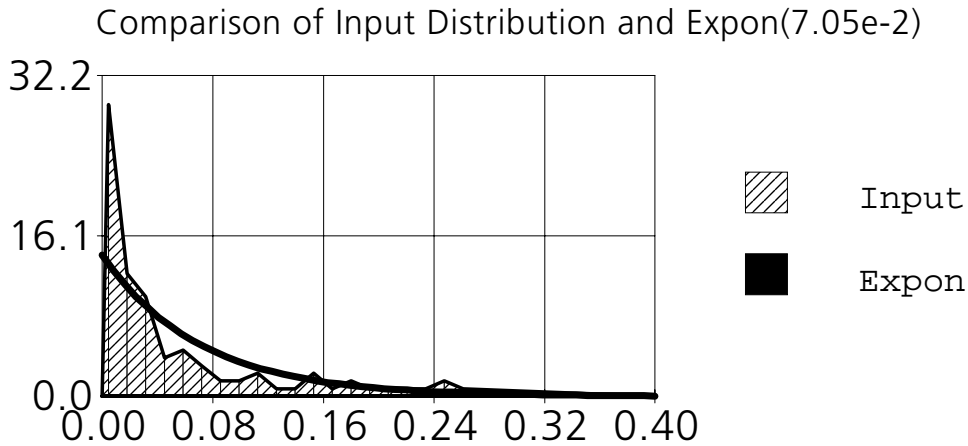
## DISTRIBUTION

Klordioxidlösningen distribueras med rörledningar till blekeri 1 och blekeri 2, ledningarnas diametrar är 100 mm respektive 150 mm. I följande beräkningar antas ett utsläpp på grund av hål/brott på någon av dessa ledningar. I tabell E.4 nedan presenteras de indata som använts för att ta fram massflödets fördelningen.

Konstanta parametrar	Värden
Atmosfärstryck	1·10 <sup>5</sup> Pa
Vätskedensitet	1000 kg/m <sup>3</sup>
Tanktryck/väsketryck	40·10 <sup>3</sup> Pa
Lösningens koncentration	10 g/l
Fördelade parametrar	Fördelning
Kontraktionsfaktor	Triang(0,5; 0,8; 0,95)
Grad av avgasning	Triang(20; 25; 30) %
Hålradi	Texpon(2; 1;7,5) cm

Tabell E.4. Värden på ingående parametrar vid beräkning av massflödets fördelning

Dessa parametrar ger vid simulering i @Risk en fördelning av massflödet, för detta scenario, enligt figur E.2 nedan.



Figur E.2. Massflödets fördelning Expon(0,0705), medelvärde 0,07 kg/s

### Spridningsberäkningar

Med massflödets sannolikhetsfördelning som indata kan beräkningsgången i bilaga B ”Beräkningsmodell” följas. I tabell E.5 nedan redovisas de parameter värden som ingår i spridningsuttrycket

Konstanta parametrar	Värden
Koncentration	500 ppm = 0.0014 kg/m <sup>3</sup>
<b>Fördelade parametrar</b>	<b>Fördelning</b>
Massflöde	Expon(0,0705) kg/s
Stabilitetsfaktor ”a”	TLognorm(0,2; 0,2; 0; 0,55)
Vindhastighet	Weibull(1,70; 5,91) m/s

Tabell E.5. Värden på de i spridningsuttrycket ingående parametrar.

Simuleringar med i tabell E.5 angivna värden ger en sannolikhetsfördelning av avståndet till 500 ppm enligt diagram E.4 nedan.

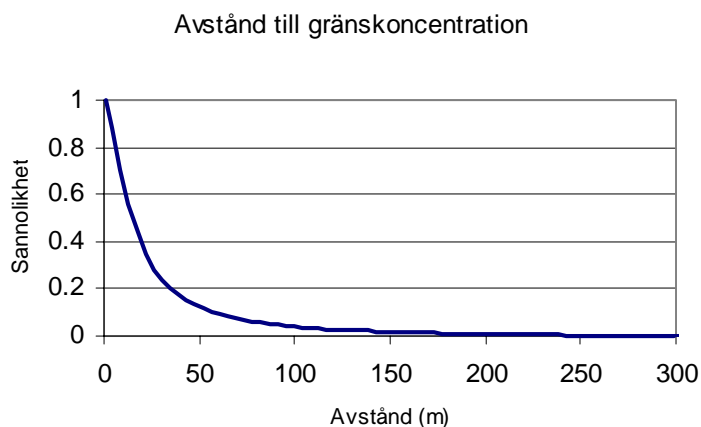


Diagram E.4. Sannolikhetsfördelning av avståndet till 500 ppm

Genom att multiplicera fördelningen i diagram E.4 med den i bilaga C beräknade initiala utsläppsfrekvensen erhålls individrisken, se diagram E.5 nedan.

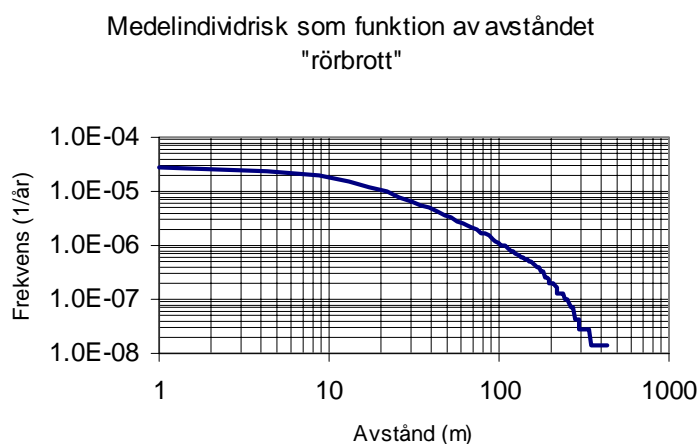


Diagram E.5. Individrisk "rörbrott"

Persondensiteten i de olika vädersträcken tillsammans med den relativa frekvensen för vindens riktning ger att avståndet kan översättas till antal utsatta personer. Detta görs enligt ekvation B.9 (bilaga B) och resultatet presenteras i form av en F/N-kurva i diagram E.6 nedan.

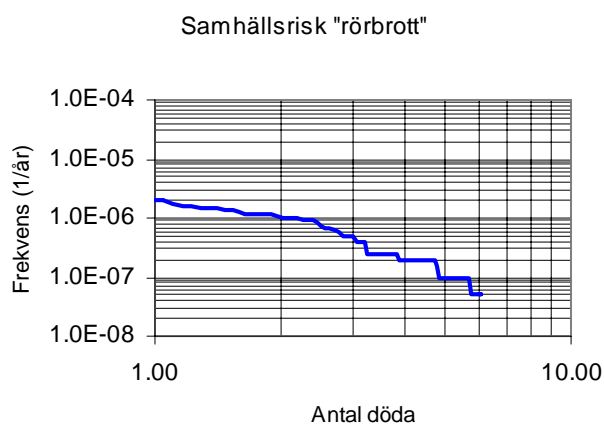


Diagram E.6. F/N-kurva "rörbrott"

## BILAGA F. PROCESSBESKRIVNING

Nedan ges en utförlig beskrivning av de processer och enheter som är aktuella vid Stora Gruvön. /4/

### RENSERI, VED-/FLISHANTERING

Vid Gruvöns Renseri hanteras dagligen ca 8 000 fm<sup>3</sup> ved per dygn. Huvuddelen utgörs av rundved av barr och löv. Ca 20 % utgörs av sågverksflis. Förutom dessa sortiment hanteras träddelar motsvarande 200 000 fm<sup>3</sup>/år.

Rundveden barkas, flisas, sållas och lagras därefter upp i flisstackar. Träddelarna behandlas i ett specialbyggt renseri. Kvist, klenved och bark avskiljs och går via stack för skogsbränsle till samma bränslelager. Lager av de olika sortimenten varierar, nedan angivs ungefärligen storlek och sammansättning av lagren.

Rundved	löv	10 000 m <sup>3</sup> fub
Rundved	barr	20 000 m <sup>3</sup> fub
Träddelar		1 000 m <sup>3</sup> fub
Flis	barr	10 000 m <sup>3</sup> fub
Flis	löv	2 000 m <sup>3</sup> fub
Sågverksflis		1 000 - 15 000 m <sup>3</sup> fub
Bränslelager		0 - 15 000 m <sup>3</sup> fub

### FIBERLINJE 1 - SK1

I SK1-linjen framställs kortfibermassa från lövvedsflis, huvudsakligen björkflis. Flisen förs med transportband till flisficka där den förbasas med flashånga och ånga av 3 bars övertryck. Flisen inmatas till kokaren via basningskäril och blandas med kokvätska och överförs med pumpning till kokartoppen. Värme tillförs med ånga av 10 bars övertryck. Färska kokkemikalier satsas som vitlut i kokartoppen. Under inverkan av kemikalierna löses större delen av vedens lignininnehåll ut när flisen transporteras genom kokarens kokzon. Utlöst substans tvättas delvis ut i kokarens tvättzon. Från kokarens botten blåses massan till en tryckdiffusör för ytterligare tvättning varefter den överförs till en blåstank. Massan för silas i två spaltsilos varefter den tvättas ytterligare på två tvättfilter och en tvättpress. Efter tvättning silas massan i centrisortersilar och virvelrenare. Den silade massan vattnas och tvättas på ett filter varefter den föres till ett lagringstorn. Från tornet förs massan till blekeri 1. Klordioxid används tillsammans med natronlut som blekkemikalier. Den blekta massan lagras i ett massatorn för att sedan användas i pappersbruket.

### FIBERLINJE 2 - SK2

I fiberlinje 2 ingår sulfatkokeri SK2, sileri S2, syrgasblekeri O<sub>2</sub>, blekeri 2 B2 och en flingtorksanläggning.

I denna linje produceras barrvedsmassa. Kokeriet har en kapacitet av ca 1 100 ton/dygn. Flisen förs med transportör till flisfickorna. Den går sedan via lågtryckskik, basningskäril, högtryckskik in i impregneringskärlet, där impregnering med kokvätska sker. Färska kokkemikalier tillförs med vitlut. Från impregneringssteget förs flisen vidare till toppen av kokaren. Den värms med ånga av 10 bars övertryck och passerar sedan ner genom kokzon och tvättzon.

Den bildade massan tvättas motströms med kyld lut som pumpas in i kokarens botten och tas ut genom silar på mitten av kokaren. Den uttagna luten går till flashtankar varifrån avskiljd ånga går bl.a. till förvärmning och basning av flis. Avskiljd lut går via förindunstning för vidare hantering i kemikalieåtervinningen. Från kokarens botten blåses massan till två diffusörer för tvätt.

Efter diffusörerna samlas massan i blåstankar. Från dessa tankar matas massan till sileri och oblekt tvätt. Den silade massan tvättas på tre tvättfilter. Efter dessa delas massan på två linjer, en för oblekt och en blekt massatillverkning. I den oblekta linjen tvättas massan i två tryckdiffusörer och därefter i skruvpressar.

Före användningen i pappersbruket mellanlagras massan i ett massatorn. I den blekta linjen går massan via lagringstorn till syrgasblekning. Massan behandlas med syrgas i en reaktor och tvättas därefter i en tryckdiffusör och tvättpress. Slutblekning görs i blekeri B2.

Blekningskemikalierna utgörs av klordioxid. Även väteperoxid används i de båda alkalistegen varav i det första även syrgas satsas i ett s k förstärkt alkalisteg. Den färdigblekta massan används delvis i pappersbruket, övrig del torkas i en flingtorkanläggning för avsalu.

### **Kemikalieberedning**

I anslutning till blekeriet tillverkas och hanteras blekkemikalierna.

### **KLORDIOXIDSYSTEM - SVP-MEOH-PROCESSEN**

Klordioxid framställs enligt SVP- (Single, Vessel Process) processen. Anläggningen konverterades till att använda metanol i stället för salt som reduktionsmedel under våren 1990. F o m hösten 1990 utökades kapaciteten i anläggningen från 15 till 25 ton klordioxid/dygn.

I SVP-MeOH-processen baseras klordioxidframställningen på en reaktion mellan natriumklorat och metanol i starkt svavelsur lösning. Reaktionslösningen cirkuleras genom en återkokare och tillbaka till reaktorn. Återkokaren tillförs ånga av 4 bars övertryck. Mängden avpassas så att tillförd vattenmängd avdunstar. Klordioxidgasen, som bildas, kyls direkt i kondensator innan den absorberas i vatten i ett absorptionstorn. Klordioxidlösningen överförs till tre stycken lagertankar om totalt 760 m<sup>3</sup>. Halten klordioxid i lösningen är normalt 9-10 g/l lösning.

### **KLORATSYSTEM**

Klorat kommer till anläggningen i tankbilar om 25 ton vardera. Kloratet löses i tank genom rundpumpning av varmt vatten via en upplösningstank. Från upplösningstanken (volym 50 m<sup>3</sup>) överföres lösningen till två lagertankar med en volym av 135 m<sup>3</sup> vardera. Halten klorat i lösningen är ca 650 g/l NaClO<sub>3</sub>.

### **METANOLSYSTEM**

Metanol CH<sub>3</sub>OH kommer i tankbilar och pumpas till en lagercistern om 75 m<sup>3</sup>. Cisternen har försetts med invallning och är placerad 12 m från närmaste byggnad. För att minimera utsläpp ventileras cisternen med tryck resp. vakuumventiler. Vid användning pumpas metanolen till en mixer där den spädes till 25 % innan den satsas i klordioxidanläggningen.

## SVAVELSYRASYSTEM

Svavelsyra anländer per järnväg. Tömning av järnvägsvagn sker med torkad tryckluft. Lagertankens volym är 75 m<sup>3</sup>. Syran filtreras innan den satsas i klordioxidreaktorn.

## SVAVELDIOXIDSYSTEM

Flytande svaveldioxid levereras i järnvägsvagnar. Dessa töms till två stycken lagertankar som rymmer vardera 82 ton flytande SO<sub>2</sub>. Vid respektive förbrukningsställe förgasas den flytande SO<sub>2</sub> i speciella förgasare. För tömning av järnvägsvagn respektive satsning av flytande SO<sub>2</sub> används flytande SO<sub>2</sub> för framställning av NSSC-kokvätska. Vid avluftning av järnvägsvagn respektive lagertankar leds utluftningarna till lagercisterner för NSSC-kokvätska. Medföljande SO<sub>2</sub>-gas absorberas medan inertgaserna ventileras ut.

Svaveldioxidgasen som erhålls i blekerierna används för surgörning och tillsätts skrubbeväska i gasskrubbar för blekeriavgaser. Genom förfarandet destrueras dessa gasers innehåll av klordioxid.

Vid användandet av flytande svaveldioxid i kokvätskeberedningen ersättes eller kompletteras den svaveldioxid som erhålles vid svavelförbränning och svaveldioxidframställning. Vid nuvarande förfarande satsas den flytande svaveldioxiden till kokvätskan där den reagerar med natriumhydroxid och/eller natriumkarbonat varvid natriumsulfit bildas.

## NEUTRALSULFITMASSATILLVERKNING

### Kokvätskeframställning

Erforderlig kokvätska framställs från oxiderad vitlut, sulfiterad lut från sodapannornas, rök-gasskrubbar och inköpt natronlut. Svaveldioxiden framställs genom förbränning av flytande svavel, som levereras till anläggningen med tankbil. Den bildade svaveldioxiden förs till ett absorptionstorn där den absorberas i tillfört alkali. Den färdiga kokvätskan överförs till en lagercistern med volym av 180 m<sup>3</sup>. Kokvätskans pH är 13 - 13,5, dess natriumsulfitinnehåll ca 105 g/l. Vid behov kan flytande svaveldioxid användas för att framställa kokvätska.

### Massaframställning

Neutralsulfitmassa framställs på Gruvön av lövved med Kamyrns koks-system. NSSC-kokeriet förses med lövvedsflis via en blåsledning från renseri till flisficka. Flisen basas i basningskärlet med flashånga och med ånga av 3 bars övertryck. Den matas via högtryckskik till kokartoppen där färsk kokvätska och ånga av 10 bars övertryck satsas. I kokaren mjukgörs flis i kokzon och passerar sedan en tvättzon innan den blåses till en buffertficka. Därefter friläggs fibrerna i defibrörer och lutrester tvättas ur med tvättpressar och skruvpressar. Massan lagras sedan i ett massatorn varifrån den sedan går för vidarebehandling och papperstillverkning.

## KEMIKALIEÅTERVINNING

Hantering av avlutarna från sulfatkokarna och NSSC-kokaren är gemensamma. I anläggningen behandlas lutarna så att utlöst organisk substans från veden omvandlas till energi och i stort förser fabriken med dess ångbehov. Lutarnas innehåll av oorganiskt material, de använda kokkemikalierna, omvandlas så att de kan återanvändas som nya kokkemikalier. Inom processavsnittet framställs även biprodukten tallolja.

## LUTHANTERING

För att kunna framställa tallolja av god kvalitet har ett luthanteringssystem byggts så att lövveds- och barrvedslutar behandlas i var sin linje för avskiljning av vedhartsen i form av

såpa. Separerad såpa behandlas i en anläggning för framställning av tallolja medan luten går till indunstning och förbränning.

### TALLOLJEANLÄGGNING

Talloljan framställs genom att erhållen såpa blandas med svavelsyra vilket värms tillförd direktång. Bildad olja avskiljs i en separator och överförs till lagringstank. Slam och spjälkvatten återförs för indunstning. Bildat svavelväte absorberas i vitlut.

### INDUNSTNING

Svartluten från sulfatkokare 2 (SK2) förindunstas i en multiflashindunstare en s.k. Lockmankolonn.

Tunnluten indunstas i två separata femstegsanläggningar och i en gemensam slutförtjockaranläggning. Den indunstade luten erhåller en torrsbstanshalt av ca 63 %.

#### Lutförbränning

Lutförbränning sker i två sodapannor, T3 och T4. Totala kapaciteten är ca 2 000 ton torrsbstans/dygn. Vid förbränningen erhålls en smälta i botten av sodapannan. Smältan löses i svaglut och grönlut bildas. Rökgaserna leds efter att ha passerat ekonomizer och elektrofilter för stoftavskiljning till rökgasskrubber. I denna utvinns varmvatten och dessutom absorberas gasens svaveldioxidinnehåll av utspädd natronlut. Bildad sulfitlösning används i NSSC-kokvätskeberedning.

### MIXERI- OCH MESAHANTERING - VITLUTBEREDNING

Grönluten klarnas i ett tryckluftsskivfilter och lagras i grönlutscisterner. I kausticeringen överförs grönlutens innehåll av natriumkarbonat till natriumhydroxid genom tillsats av bränd kalk. Bildad kalciumkarbonat, mesa avfiltreras och vitlut erhålls. Denna överförs till vitlutslager för att sedan användas i kokerierna. Erhållen mesa tvättas och bränns därefter i mesaugnen så att ny kalk erhålls. Mesaugnens rökgaser leds till stoftavskiljning i elektrofilter.

### GAS- OCH KONDENSATSYSTEM

Den karakteristiska lukten från sulfatfabriken utgörs av flyktiga svavelföreningar, vilka bildas under massakokningen. Svavelväte, metylmerkaptan, dimetylsulfid samt dimetyldisulfid bildas. En viss mängd terpenier frigörs också vid kokningen. Luktämnen frigörs vid kontinuerlig kokningsprocess avgasning resp. utluftning från flashcykloner och terpentinkondensorer. Ämnen som följer med lukten frigörs i för- och lutindunstningen och fördelas där i lut- ångkondensat och utluftningsgaser. För att minska utsläpp till vatten av syreförbrukande ämnen behandlas de mest förorenande lut- ångkondensaten i en stropper varvid ytterligare luktämnen avdrivs och frigörs tillsammans med terpenier och metanol.

Okondenserbara gaser uppsamlas från slutindunstning, från kokeriernas terpentinkondensorer och från förindunstarens kondensattank. Dessa gaser leds till en separat förbränningsugn. Ur avgaserna från strippern för lut- och ångkondensat kondenseras och avskiljs metanol och terpentin innan luktämnesgasen avleds till förbränningsugnen. Förutom nämnd gaspanna finns i anläggningen en reservskrubber som automatiskt träder i funktion om driftstörning uppstår vid förbränningen. Kyld oxiderad vitlut används för att absorbera luktämnen ur avgaserna. Eftersom gaserna dels är explosiva i vissa blandningsförhållanden med luft och dels att de är giftiga har systemet byggts så explosions- och förgiftningsriskerna minimerats. Dessutom gäller särskilda regler för underhåll och övervakning.

## AVLOPPSSYSTEM

Fabrikens avloppssystem är uppdelat i ett flertal delsystem. Allt sanitärt avlopp leds till kommunens avloppssystem. Dagavlopp från byggnader planer avleds till recipient via särskild anläggning för uppsamling av oljespill. Processavloppen är i huvudsak uppdelade i fiberförande och ickefiberförande avlopp. Av de förra leds de med högsta andel syreförbrukande ämnen till biologisk behandling i luftad damm. Även sura och alkaliska avlopp har i görligaste mån separerats. De blandas dock tillsammans i en gemensam avloppstub och avloppet benämns industriavlopp.





## BILAGA G. ENKÄT KEMIKALIEHANTERING

Nedan presenteras originalet till den enkät som skickades till Gruvön för distribution.

### Enkät kemikaliehantering

I samband med arbetet att kartlägga riskerna med den storskaliga kemikaliehanteringen inom företaget har denna enkät framtagits. Syftet är att minska riskerna för samtliga som berörs av kemikaliehanteringen, inom och utanför företaget.

Var vänlig att besvara nedanstående frågor och vidarebefordra enkäten till Mats Engdahl (företagshälsovården).

Enkäten är utformad av Brand- och skyddsavdelningen och Riskkonsulterna Mellansverige. Vid frågor kontakta Mats Engdahl 411 83.

Vilka är dina arbetsuppgifter gällande kemikaliehantering?

.....  
.....  
.....

Vilken tid på dygnet utför du ovanstående arbetsuppgifter (försök att svara så noggrant som möjligt)?

.....  
.....  
.....

Hur länge har du arbetat i nuvarande befattning?

.....år

Har du någon speciell uppgift vid ett eventuellt kemikalietillbud?

- Ja  
 Nej

Om ”ja” vad?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Har du upplevt något tillbud?

- Ja
- Nej

Om ”ja” vad och när?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Vad anser du vara den största riskkällan vid anläggningen?

.....

.....

.....

.....

.....

Vad tror du är det värsta som kan inträffa vid anläggningen ur säkerhetssynpunkt?

.....

.....

.....

.....

.....

Hur bedömer du på en skala 1-10 den totala säkerheten vid anläggningen idag?

(1=mycket dålig, 5=godkänt, 10=mycket bra)

.....

Har du deltagit i någon utbildning avseende kemikaliehantering?

- Ja
- Nej

Om ”ja”

Vad omfattade utbildningen?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Vem stod för den (Räddningstjänsten, Företaget, annan)?

.....

.....

Gav utbildningen något och i så fall vad?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Anser du att du har tillräcklig utbildning gällande kemikaliehantering?

- Ja
- Nej

Om ”nej”

Vad skulle du vilja ha mer kunskap om?

.....

.....

.....

Har du deltagit i någon övning avseende övrig kemikaliesäkerhet?

- Ja
- Nej

Om ”ja”

Vad omfattade utbildningen?

.....

.....

.....

.....

.....

Vem stod för den (Räddningstjänsten, Företaget, annan)?

.....

.....

Gav utbildningen något och i så fall vad?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Har du deltagit i någon utbildning avseende övrig säkerhet?

- Ja
- Nej

Om ”ja” Vad omfattade övningen?

.....

.....

.....

.....

.....

Vem stod för den (Räddningstjänsten, Företaget, annan)?

.....  
.....

Gav utbildningen något och i så fall vad?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Tror du att det finns risk för att avkall görs på säkerheten p.g.a. ”slentrian”?

- Ja
- Nej

Tror du att det finns risk för att avkall görs på säkerheten p.g.a. att bestämmelser anses göra arbetet omständigt?

- Ja
- Nej

Tror du att det finns risk för att avkall görs på säkerheten p.g.a. tidsbrist?

- Ja
- Nej

Övrigt du vill tillägga (åsikter/förslag).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

TACK FÖR HJÄLPEN!

## BILAGA H. UTVÄRDERING AV ENKÄT

I riskanalys/riskhanteringsarbetet är det mycket viktigt att analysera hur de som arbetar på företaget upplever det säkerhetsarbete som företaget bedriver. Denna undersökning har bedrivits i form av en enkätundersökning, bilaga G, där de anställda på egen hand har fått svara på frågor rörande säkerhetsarbetet. Materialet bygger på de 16 svar som returnerats.

I denna bilaga redovisas en sammanställning av de svar som inkommit kring dessa. Sammanställningen är uppbyggd så att den redovisar svaren fråga för fråga. De svar som inkommit återges här som citat. I de fall svar kommenterats/diskuterats återges detta med *kursiverad text*.

### REDOVISNING AV SVAR

#### 1. Vilka är dina arbetsuppgifter gällande kemikaliehantering?

- ”Som operatör använder jag kemikalier i processen, vid blekning och tillverkning av blekkemikalierna  $\text{ClO}_2$ .”
- ”Visning av lossningsplatserna och lastning.”
- ”Hjälp vid lossning  $\text{NaOH}$ , vitlut, kalk, väteperoxid, metanol, natriumklorat, svavelsyra, skumdämpare mm. Hjälp vid lastning vitlut, tallolja mm. Sanering och avspärning vid spill och läckor.”
- ”Lossning av  $\text{H}_2\text{SO}_4$  och  $\text{SO}_2$ . Lastning av terpentin. Hjälpa till vid lossning av  $\text{NaClO}_3$  och metanol. Rengöring, eventuellt byte av filter till syra, klorat, metanol. Städning och rengörning.”
- ”Driftverkmästare. Förebyggande underhåll.”
- ”Hjälpa till vid hämtning av vitlut”
- ”Har varit med ett par gånger och hjälpt till vid hämtning av vitlut.”
- ”Dosering av Hexametrafosfat, påfyllning av svavelsyra samt eventuellt drän av tallolja och lossning.”
- ”Renar vatten till pannorna.”
- ”Matarvattenberedningen”
- ”Ta hand om bilar med kalk, natronlut, vitlut, grönlut vid lastning eller lossning.”
- ”Provtagning kalk, kokvätska, oxiderad vitlut. Övervakning i ett manöverrum av processen.”
- ”Provtagning av kaust-lut, övervakning av processen.”
- ”Mixer, Mesa, kokvätskeberedning.”
- ”Kan komma i kontakt med skumdämpningsmedel, väteperoxid,  $\text{ClO}_2$ , natronlut, svavelsyra och ecoflock.”
- ”Mixer, mesaugn, kokvätskeberedning.”

#### Vilken tid på dygnet utför du ovanstående arbetsuppgifter (försök att svara så noggrant som möjligt)?

- Dygnet runt
- Kan förekomma oregelbundet under dygnet
- Om möjligt på dagtid 07-16, men kan ske vid alla tider på dygnet.
- Dagtid + ö-tid vid behov
- 0700-1600
- Dagtid
- Dagtid



- Varierande eftersom jag går skift
- 7-15
- 7-16
- Bilarna kan komma när som helst på dygnet
- En gång i timmen
- En gång per timme
- Dygnet runt, tre skift
- Det kan vara vilken tid som helst på dygnet (treskift)
- Dygnet runt (treskift)

## 2. Hur länge har du arbetat i nuvarande befattning?

Befattningstid	<1år	1-5 år	6-10 år	11-15 år	16-20 år	>21 år
Antal personer	1	4	3	4	2	2
Antal personer %	6%	25%	19%	25%	12,5%	12,5%

## 3. Har du någon speciell uppgift vid ett eventuellt kemikalietillbud?

Ja 8 av 16 (50%)

Nej 8 av 16 (50%)

Uppgifter som de åtta personer som svarade ”ja” har angivit:

- ”Begränsa utsläpp och skador.”
- ”Larma södra porten och skiftbas.”
- ”Hjälpa den skadade och larma.”
- ”Gasmask.”
- ”Beror vad som hänt, handlar därefter.”
- ”Att ta hand om de eller den som skadas.”
- ”Sanering och avspärrning. Skriva tillbudsrapport och ge eventuella förslag till förbättringar.”
- ”Speciellt vet jag inte direkt om jag har. För jag sköter ju kemikaliehanteringen så då stänger jag ventiler stoppar pumpar beroende på tillbudet. Skulle någon få kemikalie på sig eller i öga så är det min uppgift att se till att vederbörande duchar och spolar ögonen till läkaren kommer.”

## 4. Har du upplevt något tillbud?

Ja 9 av 16 (56%)

Nej 7 av 16 (44%)

Tillbud som angivits av de nio som svarat ”ja”

- ”Ett klorutsläpp 1984. Men klorgas används inte längre.”
- ”Läckande svavelsyraledning på taket över flingtorken spärrade av och blåste rent ledning 980719.”
- ”Mindre läckage av div. kemikalier.”
- ”Under 25 år händer det mycket med kalk eller lut i t.ex. ögonen . Det går inte att räkna upp allt.”
- ”Två verkstadskillar som fick kaustiserad lut på sig. Det var sommaren 96.”
- ”Folk har fått NaOH i ögat, har fått det skälv.”
- ”Inget allvarligt.”

- ”Natronlut i ögonen.”

### 5. Vad anser du vara den största riskkällan vid anläggningen?

- ”Ett SO<sub>2</sub> utsläpp. Vid ”fel” vindriktning kan samhället drabbas.”
- ”Fel klädsel vid lossning. Ex. kemen.”
- ”Läckage av frätande och heta kemikalier.”
- ”Brand”
- ”Brand metanol el. terpentincistern.”
- ”Läckage vid lossning och lastning av Natron och vitlut.”
- ”Läckage vid lossning/lastning.”
- ”Svavelsyraledning + pumpen i H-kok.”
- ”Svavelsyra och Natronlut”
- ”Läckage av någon form.”
- ”Anläggningen är för gammal”
- ”Vid stopp när man ska dränera ledningar med starka Alkaliska vätskor som NaOH, ”stark” vitlut m.m.”
- ”Vid uppstart, vid uppstart efter vår och höst stopp extra försiktig”
- ”Slitna ledningar. Arbete i trånga utrymmen där det är svårt att ta sig undan vid en läcka.”
- ”Vid pumpar, ventiler och flänsar”
- ”Allting är gammalt. Ingen tid och inga pengar för nödvändiga rep!”

### 6. Vad tror du är det värsta som kan inträffa vid anläggningen ur säkerhetssynpunkt?

- ”Ett SO<sub>2</sub> utsläpp. Vid ”fel” vindriktning kan samhället drabbas.”
- ”Att någon kan bli översjöljd med svavelsyra vid kemen eller NaOH vid lossningsplatsen”
- ”En stor läcka på ledning med frätande kemikalier under dagtid när mycket folk finns i närheten”
- ”Brand”
- ”Brand metanol el. terpentincistern.”
- ”Slangbrott vid lossning och lastning av vit och Natronlut”
- ”Svavelsyra läckage i närheten av folk”
- ”Frätskador”
- ”Läckage av svavelsyra”
- ”Att en lutledning spricker. Det hände för inte länge sen. Som tur på natten.”
- ”Att kommunikationen mellan verkstadskillarna och mig som operatör brister. Och även oss operatörer i mellan + baserna”
- ”Om en vitlutsledning spricker”
- ”Läcka med personskador som följd.”
- ”Att någon blir indränkt i varm vitlut.”
- ”Att någon ”bränner” sig och mister synen.”

### 7. Hur bedömer du på en skala 1-10 den totala säkerheten vid anläggningen idag? (1=mycket dålig, 5=godkänt, 10=mycket bra)

Betyg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Antal personer	0	0	1	3	8	1	1	0	1	1

Snittbetyg= 5,43

## 8. Har du deltagit i någon utbildning avseende kemikaliehantering?

Ja 6 av 16 (37%)

Nej 10 av 16 (63%)

Om ”ja” vad omfattade utbildningen?

Vem stod för den (Räddningstjänsten, Företaget, annan)?

Gav utbildningen något och i så fall vad?

- ”Jag har fått utbildning och information om riskerna med samtliga kemikalier som vi använder

Företaget

Ja, kännedom om hur farliga kemikalierna är och säkerhetsutrustningen fungerar.”

- ”Information om klorathantering, information om väteperoxid (lossning mm.) extern firma (Eka chemicals).

Ja insikt i hur dessa kemikalier ska hanteras vid spill mm”

- ”---

Räddningstjänsten, företaget, leverantörer

---

- ”Kemikaliehantering vid vattenrening

Företaget

Ja processkunskap.”

- ”Kemikaliehantering som rör min avd.

Företaget

Ja man fick lite mera inblick i vad vissa kemikalier styrka och farlighet.”

- ”Om gaser, om brandfarliga kemikalier

---

---

## 9. Anser du att du har tillräcklig utbildning gällande kemikaliehantering?

Ja 7 av 15 (47%) (en person svarade inte)

Nej 8 av 15 (53%)

Vad skulle du vilja ha mer utbildning om?

- ”Jag tycker utbildningen skulle återkomma regelbundet efter vissa tidsintervaller (man glömmer).”
- ”Vad som gäller vid transporter av farligt gods från Gruvön. Transportkort och kemnummer på bilarna som vi tydligen är skyldiga att se till.”
- ”Man glömmer och kunskaperna måste förnyas.”
- ”Allt”
- ”Första hjälpen”
- ”Hantering av de kemikalier som användes i processen”
- ”Om risker vid kemikaliehantering”
- ”Allt”

## 10. Har du deltagit i någon övning avseende kemikaliesäkerhet?

Ja 4 av 16 (25%)

Nej 12 av 16 (75%)

Om ”ja” Vad omfattade övningen?

Vem stod för den (Räddningstjänsten, Företaget, annan)?

Gav utbildningen något och i så fall vad?

- Hur brandfarligt en overall blir om tyget dränks i Natriumklorat, hur Metanol brinner och hur den släcks, Räddningstjänsten, Ja, absolut. Man jobbar inte i en overall som dränkts i Natriumklorat.
- Brandövning, räddningstjänsten, ja, tex använda rätt teknik och brandutrustning.
- Brandövning, räddningstjänsten,-----
- Om att släcka oljebränder, räddningstjänsten,---

## 11. Har du deltagit i någon utbildning avseende övrig säkerhet?

Ja 8 av 15 (53%) (en person svarade inte)

Nej 7 av 15 (47%)

Om ”ja” vad omfattade utbildningen?

Vem stod för den (Räddningstjänsten, Företaget, annan)?

Gav utbildningen något och i så fall vad?

- ”Brand släckning (i samband med truckutbildning)  
Företaget  
Jag lärde mig att släcka eld.”
- ”H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>  
Leverantören  
---”
- ”Brandövning  
Räddningstjänsten företaget  
Utbildningen gav en hel del bland annat vad man skall tänka på när man släcker olika sorter av brännbara vätskor.”
- ”Skyddsamarit utbildning, skyddsombudskurser  
Företaget  
Ja, eftersom jag är skyddsombud har jag tillgodogjort mej en ganska bred utbildning som har varit varierande och bra.”
- ”Bryt + lås  
Företaget  
Sund förnuft måste råda”
- ”Brandövning  
Företaget  
Ja”
- ”Bryt lås  
Företaget  
Inget nytt.”
- ”Säkerhet i sodahus  
Skogsindustrins utbildningscenter Markaryd  
Certifikat för sodahusoperatör”

**12. Tror du att det finns risk för att avkall görs på säkerheten p.g.a. ”slentrian”?**

Ja 9 av 16 (56%)

Nej 7 av 16 (44%)

**Tror du att det finns risk för att avkall görs på säkerheten p.g.a. att bestämmelser anses göra arbetet omständigt?**

Ja 8 av 16 (50%)

Nej 8 av 16 (50%)

**Tror du att det finns risk för att avkall görs på säkerheten p.g.a. tidsbrist?**

Ja 9 av 16 (56%)

Nej 7 av 16 (44%)

**13. Övrigt du vill tillägga (åsikter/förslag).**

”Att inte stressa vid uppstart efter vår- och höststopp. Att alla bilars chaufförer tar kontakt med oss i manöverrum före lossning eller lastning av kemikalier av alla slag.”

”Vi har begärt ombyggnad och förbättring av olika skäl i många år. Det tas nästan aldrig på allvar.”

## BILAGA I. REVIDERINGSUNDERLAG

I denna bilaga redovisas punktvis de instruktioner och förslag som utgör underlag till den revidering av grovanalysmaterial som föreslagits. Revideringen avser även en omtolkning av dagens tregradiga klassningssystem av konsekvenser till det femgradiga system som används av bl.a. Kemikontoret.

- Börja med att skriva ner hur ni har gått/ska gå till väga vid analysarbetet och vid uppskattningar av sannolikheter och konsekvenser. Denna mall är mycket viktig både för er själva under analysens gång, de som i framtiden ska göra uppdateringen av analysen samt för de som ska granska arbetet (myndigheter). Analysarbetet ska således vara både kontrollerbart och repeterbart.
- I de fall då det är möjligt försök ange orsak till skadehändelse.
- Då det handlar om en kedja av skadehändelser, ange hela kedjan.
- Skilj på skadehändelse och konsekvens. Konsekvens är resultatet av en skadehändelse.
- Konsekvensen ska innehålla en uppskattning av hur många personer som utsätts och vad skadan för dessa blir.
- Koppla sannolikhet till konsekvens och ej till skadehändelse. Om skadehändelsen är betydligt mer frekvent kan detta antecknas i ”kommentarer”. När man väl har kopplat sannolikheten till konsekvensen ska man helt utesluta ord som ”risk för/sannolikhet för...” i konsekvensbeskrivningen.
- Försök att se till att skadehändelser med liknade konsekvenser hamnar i samma konsekvensgrad. Om de av någon anledning anses skilja sig från de andra fallen, anteckna varför. Oförklarliga inkonsekvenser förvirrar.
- Då en skada kan ge flera konsekvensnivåer ska man försöka lägga nivån där storolycka inträffar. Då värsta konsekvensen antas kan sannolikheten bli försumbar, på liknade sätt bör man undvika att lägga nivån vid den sannolikaste händelsen då konsekvensen kan vara försumbar.
- Om vissa ämnen/företeelser, t.ex. SO<sub>2</sub> anses behöva särskild analys anteckna det, men försök ändå så gott som möjligt att klargöra skadehändelser samt uppskatta sannolikhet och konsekvens.
- Om säkerhetssystem finns klargör tydligt om sannolikheten och konsekvensen bedöms utifrån dessa eller inte. Om man bedömt konsekvensen utifrån att säkerhetssystemet fungerar försök även uppskatta konsekvensen då detta fallerar.

**OBS!**

Grovanalys, what-if analys, HAZOP och operatörsanalys utgör en mycket viktig grund för en god riskanalys. Det är därför väldigt viktigt att revideringarna utförs korrekt. För att detta ska ske på ett tillfredställande och tidseffektivt sätt är det viktigt att revideringsgrupperna är av rätt sammansättning (rätt kompetens måste finnas representerad). Grupperna bör således bestå av personal/representanter från alla inblandade delar av hanteringen, skyddsombud samt personer/personal med kompetens inom riskhantering. På detta sätt undviker man onödiga missar och feltolkningar som leder till dubbelarbete i form av omrevederingar.

## BILAGA J. PROGRAMBESKRIVNING

I denna bilaga ges beskrivningar av de datorprogram som använts till beräkningar i denna rapport.

### **CHEMSPLUS**

Chemsplus är en datormodell i DOS-miljö som simulerar utsläpp och spridning av vätskor och gaser. Modellen är uppbyggd som ett händelsetråd där varje grenval representerar olika beräkningsgångar till det valda slutscenariot, d.v.s. man kan använda samma grundberäkningar även om man har olika sluthändelser. Programmet låter användaren ange ett stort antal parametrar som indata och är därmed känsligt för oerfarna användare. Modellen tar hänsyn till övergång mellan tunggasspridning och passiv spridning. Utförlig utdata presenteras efter varje beräkningssteg och resultatet, koncentration som funktion av avståndet, redovisas både i tabellform och som diagram.

### **GREAT (GAS RELEASE ANALYZING TOOL)**

GREAT är en datorbaserad spridningsmodell i DOS-miljö framtagen av Risö forskningsinstitut i Danmark och är speciellt framtagen för tunga gaser. Modellen tar hänsyn till övergången från jetspridning-tunggasspridning-passiv spridning samt innehåller ett stort antal parametrar som kan ändras av användaren. Utdata ges i tabellform.

### **DECISION TOOLS**

I programpaketet "Decision tools" ingår ett flertal statistiska beräkningsmodeller. Nedan redovisas de modeller som använts i denna rapport.

#### **@Risk**

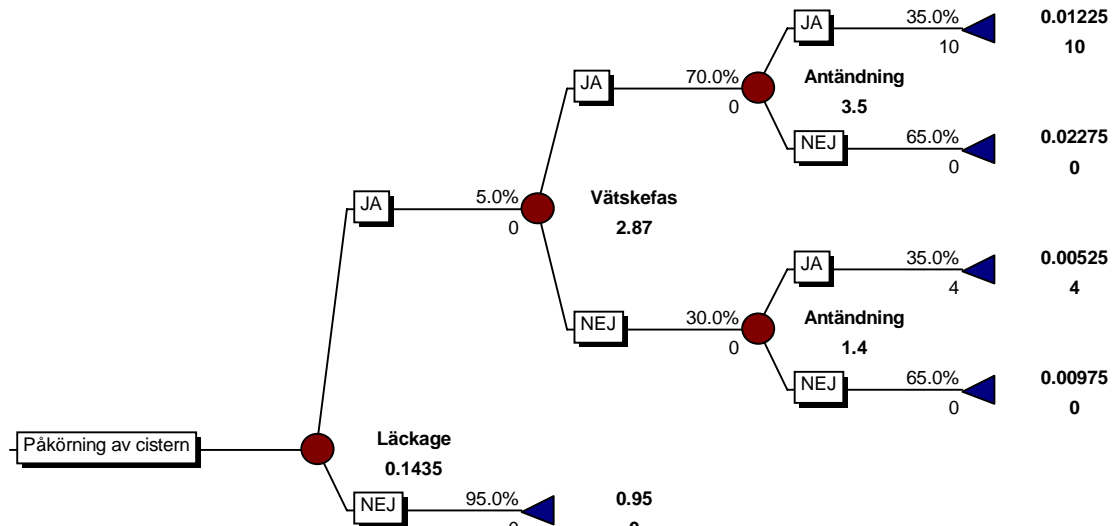
@Risk är ett statistiskt simuleringsprogram som använder kalkylprogram som användarmiljö, i detta fall MS Excel. I programmet kan ett trettiotal olika typer av statistiska fördelningar specificeras och ersätta variabler i uttryck. Uttrycket kan sedan simuleras genom att programmet "drar" ett värde ur varje fördelning och sedan beräknar uttrycket. Dessa operationer utförs så många gånger man angivit, vanligt antal iterationer är 10.000 eller 100.000. Resultatet blir att även uttrycket erhålls i form av en statistisk fördelning.

Utöver detta innehåller programmet mängder med möjligheter och statistiska funktioner

#### **Precision Tree**

Precision Tree är ett grafiskt beräkningsprogram av händelsetråd, se figur J.1. Utifrån angivna sannolikheter och konsekvenser kan programmet beräkna slutsannolikheter samt medelkonsekvens. Programmet beräknar bl.a. kumulerade sannolikhetsfördelningar utifrån träddata.





Figur J.1. Exempel på händelsetråd med del- och slutfrekvenser samt konsekvenser

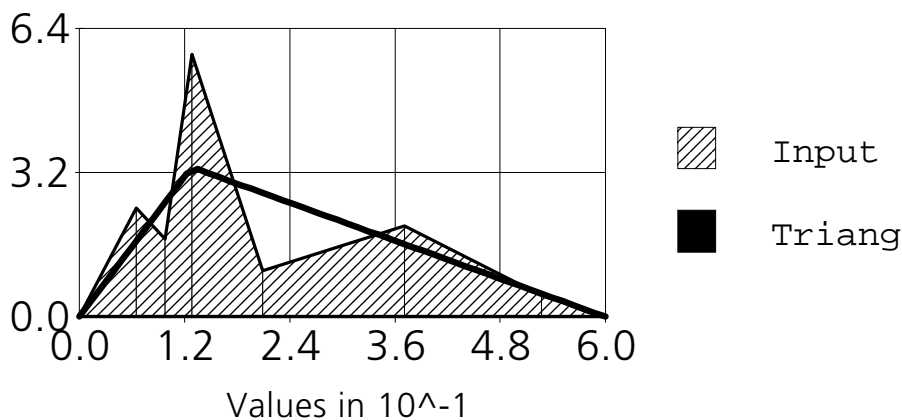
### Risk View

I Risk View kan man designa egna fördelningar utifrån existerande statistiska fördelningar. Programmet låter användaren ange parametervärden och ritar sedan upp fördelningen.

### BestFit

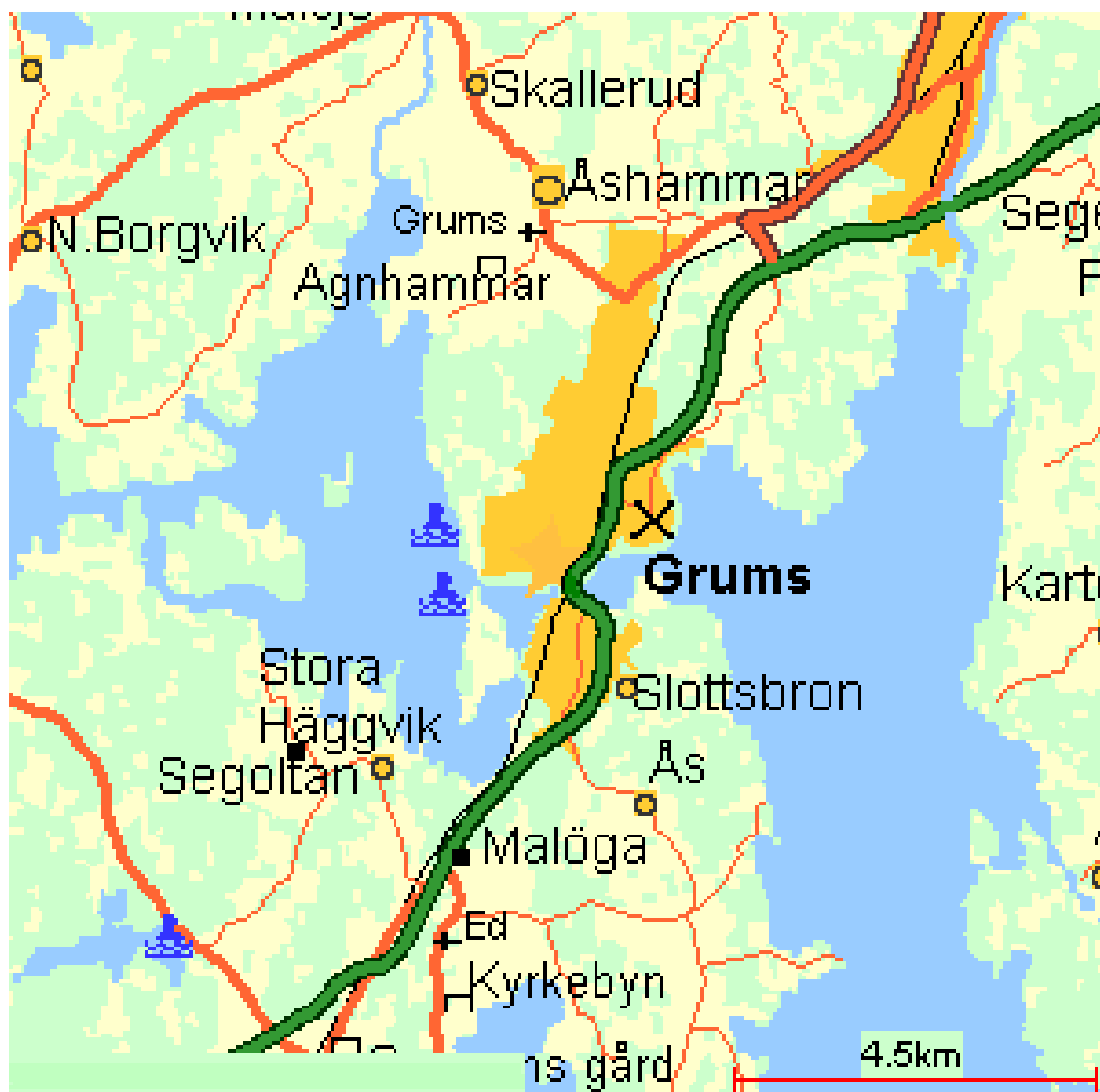
Experimentella data ger ofta diskreta värden vilket inte alltid är den rätta bilden av verkligheten. Genom att anpassa de experimentella värdena till kontinuerliga sannolikhetsfördelningar kan man även använda sig av de värden som ligger mellan "klasserna" och har därmed förhoppningsvis kommit en bit närmare sanningen. BestFit är ett program som kan låta anpassa t.ex. experimentdata eller statistisk data efter den fördelning den finner stämma bäst överens, se figur J.2 nedan där "input" är de experimentella datan och "Weibull" är den fördelning BestFit fann mest lik (utifrån egna specifikationer).

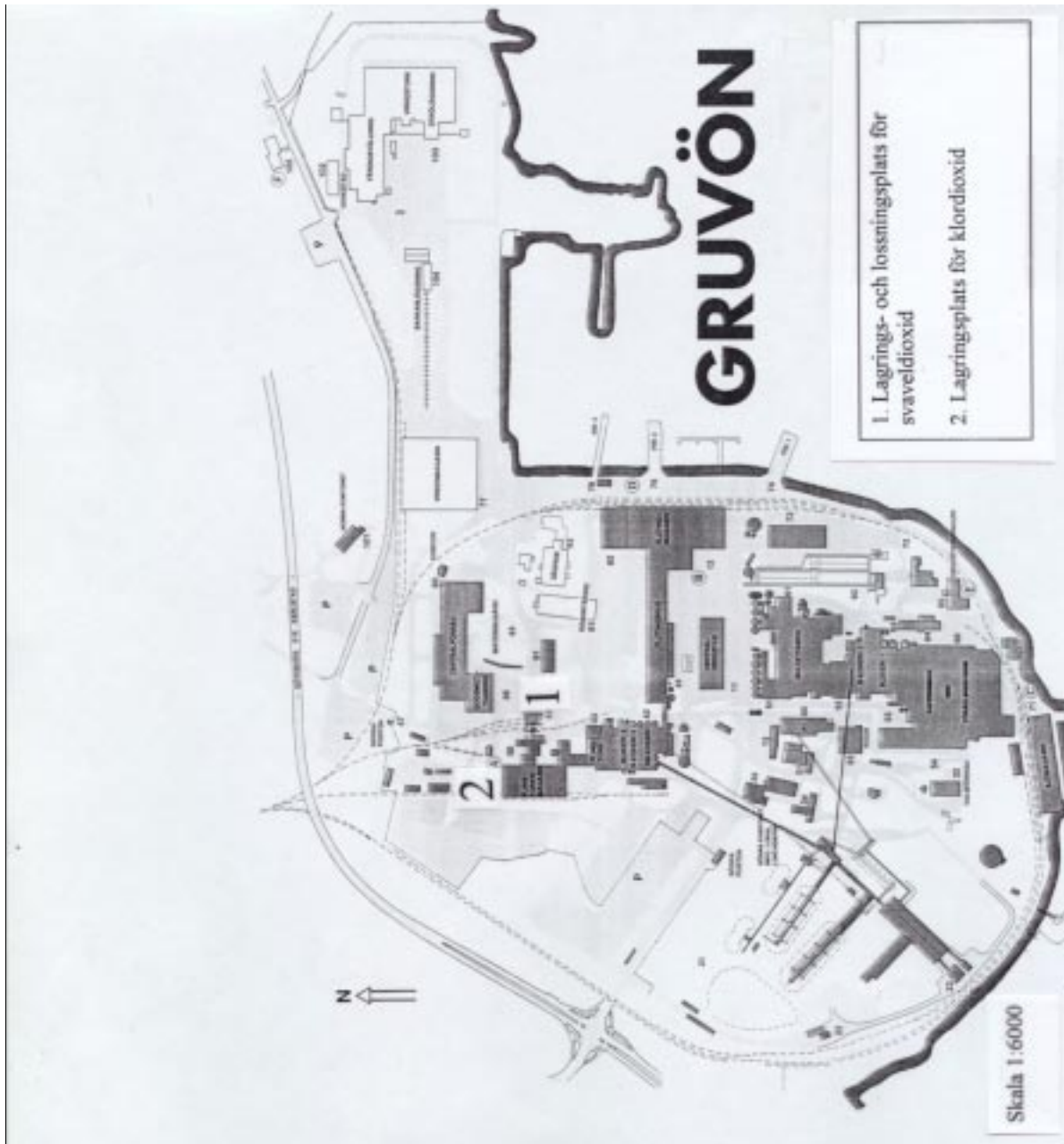
Comparison of Input Distribution and Triang(0.00e+0,0.13,0.6)



Figur J.2. Exempel på anpassning av fördelning efter statistisk data

## BILAGA K. KARTOR





## BILAGA L. KEMIKALIEINVENTERING

1(4)

Tabell 3. Gruvöns Bruk - Förbrukning av kemiska produkter år 1994

Användnings- område	Produktnamn	CAS- nr	Aktiv komponent	Kvantitet ton/år
<u>Bestrykning</u>	DOW Latex 950		Styrenbutadien latex	1 328
	Finnfix 5		Karboximetylcellulosa	42
	Ultra White		Kaolin	819
	Kaolin SPS		Kaolin	3 061
	Carbital 90	471-34-1	Kalciumkarbonat	362
	Ammoniak	7664-41-7	NH <sub>3</sub>	15
<u>Dispergerings- medel</u>	Finntalk PO 5		Talk	260
	Polysalz S		Na-salt av polyakrylsyra	20
<u>Filttvättmedel</u>	Feltmaster 215-D	527-07-1	Natriumglukonat	1
		1310-73-2	Natriumhydroxid	
		112-27-6	Trietylglykol	
<u>Fyllnadsmedel</u>	Filler GG	1317-65-3	Kalciumkarbonat	9 415
	Kaolin Grade C		Kaolin	2 271
	Carbital 60	471-34-1	Kalciumkarbonat	494
<u>Färgämnen</u>	Cartasol Blau 3 RF		Azofärgämnen, ftalocyaniner	4
	Cartasol Gelb KGL		- " -	13
	Cartasol Orange K3 GL		- " -	1
<u>Hydrofoberings- medel</u>	Aquapel 2315		Alkyletendimer	255
	Composize K 25		Katjoniskt hartslim	510
	Hydrores KD 115		Alkyletendimer	445
	Kenomic A 35		Tallhartslim	433
	Keydime C 222		Akyletendimer	315
	T lim 7635		Hartslim	476

Tabell 3. Gruvöns Bruk - Förbrukning av kemiska produkter år 1994

Användnings- område	Produktnamn	CAS- nr	Aktiv komponent	Kvantitet ton/år
<u>Komplexbildare</u>	Detarex P 488	140-01-2	Pentanatrium -Dietylen	20
	Dissolvine D 40	140-01-2	Pentanatrium-Dietylen- triaminpentaacetat	18
	Megaton S (Natrium- hexametafosfat )	1314-56-3 1313-59	Fosforpentoxid Natriumoxid	39
<u>Pann- och matar- vatten tillsatser</u>	Lifanol 61	124-68-5	Amino-2-metyl-1-propanol	15
		7664-41-7	Ammoniak	
		102-71-6	Trietanolamin	
<u>pH-reglering</u>	Bicarfein		Natriumbikarbonat	12
<u>Processkemikalier</u>	Kalk		CaO	3 816
	Koldioxid		CO <sub>2</sub>	100
	Magnesiumsulfat	7487-88-9	MgSO <sub>4</sub>	987
	Metanol	67-56-1	CH <sub>3</sub> OH	861
	Natriumhydroxid	1310-73-2	NaOH	21 060
	Natriumklorat	7775-09-9	NaClO <sub>3</sub>	8 234
	Natriumklorid	14762-51-7	NaCl	7
	Svavel	7704-34-9	S	3 650
	Svaveldioxid	7446-09-5	SO <sub>2</sub>	459
	Svavelsyra	7664-93-9	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10 587
	Syrgas	7782-44-7	O <sub>2</sub>	4 429
	Väteperoxid	7722-84-1	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1 769
	<u>Retentions- och styrkeförbättrings- medel</u>	Ashi G AG_530		Fluorpolymer
			Dipropylenglykol	
Alcofix 109			Poly ( diallyl dimetyl ammon- iumklorid )	15
	Alun 17/18	1628-11-8	Aluminiumsulfat	1 008

3(4)

Tabell 3. Gruvöns Bruk - Förbrukning av kemiska produkter år 1994

Användnings- område	Produktnamn	CAS- nr	Aktiv komponent	Kvantitet
<u>Retentions- och styrkeförbättrings- medel</u>	BMA - 9	7631-86-9	Kiseldioxid	349
	Ekoflock		Polyaluminiumhydroxiklorid	340
	Potatisstärkelse, Svenskt		Stärkelse	1 064
	Potatismjöl, Stadex		Stärkelse	481
	Potatismjöl, Emsland		Stärkelse	1 456
	Posamyl E		Katjonerad potatisstärkelse	10
	Vektor Lab 2036		- " -	180
	Raisa Cat HS		Katjoneringsmedel för stärkelse	143
	Servon XRK 65		- " -	88
	Kenores 1414		Urea, formaldehydharts	247
	Kenores 1445		- " -	103
<u>Skumdämpnings- medel</u>	Fomaster ENA-259		Kolväten, fettsyreamid, polyglykol	106
	Fomaster SJX 1		- " -	10
<u>Smörjmedel</u>	Smörjolja			175
	Smörjfett			10
<u>Systemrengörings- medel</u>	Daraclean GR 604	7664-38-2	Fosforsyra	7
	Daraplus GR 636	1964-02-08	Tetranatrium-EDTA	28
	Kalkex		HCl, H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , tensider	1
	OTW 103	8052-41-3	Lacknafta	1
	OTW 122-5	64742-96-7	Alifatiska kolväten	2
		67-63-0	Isopropanol	
	OTW 125-BIO		Fettsyrastrar	2
		7320-34-5	Terrakaliumpyrofosfat <1%	

4(4)

**Tabell 3. Gruvöns Bruk - Förbrukning av kemiska produkter år 1994**

Användnings- område	Produktnamn	CAS- nr	Aktiv komponent	Kvantitet ton/år
<u>Systemrengörings- medel</u>	Rapsody 1 Industri	57-55-6	Propylenglykol	1
	Sulfaminsyra		NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H	13
<u>Tensider</u>	Div rengöringsmedel vid lokalvård		Tensider, NaOH	5
<u>Övrigt</u>	Absol	1344-28-1	Aluminiumoxid	15
		1309-37-1	Järn (III) oxid	
		1305-78-8	Kalciumoxid	
		0-07-9	Kaliumoxid	
		7631-86-9	Kiselsyra, amorf	
		1309-48-4	Magnesiumoxid	
		1313-59-3	Natriumoxid	
		7446-09-5	Svaveldioxid	
	Glykol		Etylenglykol	11
	Glycerin		C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	16
Sulfitlösning från Skoghall			130	

1995-03-15

Kjell Olsson

## BILAGA M. MÖJLIGA STOROLYCKOR

De skadehändelser som i figur 4.1 (kapitel 4) hamnade inom området för möjliga storolyckor redovisas mer ingående nedan för respektive analyserad enhet.

### Kommentar

Observera att skadehändelserna är direkt tagna ur den befintliga icke reviderade grovanalysen. Detta betyder således att kommentarer i dessa t.ex. ”Studerars ytterligare i analysen” o.s.v. ej avser denna rapport. Numret på skadehändelserna avser det nummer händelsen erhållit i den specifika analyserade processen, således kan numreringen verka ologisk i denna redovisning

När revidering och omtolkning av de kvalitativa analyserna är genomförda kan det mycket väl visa sig att ett flertal av nedan redovisade storolyckor i själva verket inte skall klassas som möjliga storolyckor. I väntan på det omarbetade materialet faller dock i nuläget alla dessa skadehändelser under kategorin ”möjliga storolyckor”.

## RENSERI, VEDGÅRD

### Skadehändelse 1

Inom renseri finns ingen sådan storskalig kemikaliehantering som avses i AFS 1989:6. Inom renseri kan dock brand uppstå p.g.a. varmgång, självantändning eller anlagd brand.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
1	Brand.	Svåra personskador / dödsfall samt stora materiella förluster.	3	3	

### Skadehändelse 2

Inom renseri kan trädamm byggas upp i sådana koncentrationer att dammexplosioner är möjliga.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
2	Dammexplosion.	Svåra personskador / dödsfall samt stora materiella förluster.	3	3	

## MASSABRUK - FIBERLINJE 1

### SK 1, basning, kokning

### Skadehändelse 2

Korrosion, materialfel och felhantering kan orsaka utsläpp av lut

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
2	Lututsläpp.	Stora mängder lut strömmar ut. Stor risk för frätskador på personal samt utrustning.	3	3	Skärmväggar och flänskydd har satts upp.

### Blekeri 1

### Skadehändelse 5

Flänsläckage, felgrepp eller korrosion som leder till rörbrott kan orsaka utsläpp.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
5	Utsläpp av klordioxid från ledningar.	Förgiftning.	3	3	Studerars ytterligare i analysen.



## MASSABRUK – FIBERLINJE 2

### SK 2, flisfickor, förindunstning, basning och kokning

#### Skadehändelse 4

Korrosion, materialfel och felhantering kan orsaka utsläpp av lut

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
4	Lututsläpp.	Stora mängder lut strömmar ut. Stor risk för frätskador på personal samt utrustning.	3	3	Skärmväggar och flänskydd har satts upp.

#### Skadehändelse 5

Igensatta ventiler, instrumentfel förreglingsfel kan orsaka sprängning av kokare, flashkärl.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
5	Sprängning av kokare, flashkärl.	Ånga och lut i stora mängder kan strömma ut. Stora personella samt tekniska skador. Driftstopp, förgiftningsrisk samt frätskador.	1	3	Ett flertal säkerhetssystem är insatta för att minska sannolikheten samt konsekvens för händelsen. Befintliga säkerhetssystem ska kontrolleras och rutiner ses över.

#### Blekeri 2

#### Skadehändelse 9

Flänsläckage eller rörbrott orsakat av korrosion orsakar gasutsläpp.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
9	Utsläpp av klordioxid från CD- steg.	Förgiftning.	3	3	Studeras ytterligare i analysen.

#### Skadehändelse 12

Flänsläckage eller rörbrott orsakat av korrosion orsakar gasutsläpp.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
12	Gasutsläpp i klordioxidblekning steg 1 + steg 2	Förgiftning.	3	3	Studeras ytterligare i analysen.

## KEMIKALIEBEREDNING

### Blekkemikaliehantering – klordioxid

#### Skadehändelse 1

Spill eller liknande ger utsläpp av natriumklorat.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
1	Utsläpp av natriumklorat	Risk för brand och explosion. Förgiftning.	3	2/3	Studeras ytterligare i analysen.

#### Skadehändelse 2

Trafikolycka med t.ex. trucktransport ger utsläpp av (ej angivet)

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
2	Utsläpp p.g.a. trafikolycka t.ex. trucktransport	Risk för brand och explosion. Förgiftning.	3	2/3	Studeras ytterligare i analysen.

**Skadehändelse 5**

Flänsläckage eller rörbrott orsakat av korrosion orsakar gasutsläpp.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
5	Gasutsläpp i kloridoxidprocessen	Förgiftning, frätskador, samt risk för brand och explosion.	3	3	Studeras ytterligare i analysen.

**SO<sub>2</sub>-anläggning****Skadehändelse 6**

Utsläpp av svaveldioxid p.g.a. olika orsaker t.ex. rörbrott, slangbrott, lossning, lastning, transport mm.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
6	Utsläpp av svaveldioxid gas eller vätska	Förgiftning.	4	3	Studeras i separat analys.

**NSSC-LINJEN****Kokvätskeberedning, NS-kokare mm****Skadehändelse 1**

Flänsläckage eller rörbrott orsakat av korrosion orsakar gasutsläpp.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
1	Utsläpp av svaveldioxid vid förbränning	Förgiftning.	5	2/3	Se separat analys.

**Skadehändelse 2**

Flänsläckage eller rörbrott orsakat av korrosion orsakar utsläpp av flytande svaveldioxid.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
2	Utsläpp av flytande svaveldioxid	Förgiftning.	3	3	Studeras ytterligare i analysen.

**KEMIKALIEÅTERVINNING****Luthantering****Skadehändelse 1**

(ej angiven orsak)

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
1	Lutcisternhaveri	Förgiftning (svavelväte) Brännskador.	3	2/3	Återkommande SA-kontroll av cisterner och ledningar.

**Skadehändelse 2**

Mekanisk åverkan ger ledningsbrott/trasiga pumpar.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
2	Utsläpp av lut	Förgiftning (svavelväte) Brännskador	4	2/3	

**Talloljeanläggning****Skadehändelse 3**

Korrosion leder till cisternhaveri.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
3	Utsläpp av tallolja p.g.a. cisternhaveri.	Förgiftning. Frätskador.	4	3	Skall studeras ytterligare

**Skadehändelse 4**

Mekanisk åverkan ger ledningsbrott/trasiga pumpar.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
4	Utsläpp av tallolja	Förgiftning. Frätskador.	4	3	Skall studeras ytterligare

**Skadehändelse 5**

Inkörning av svartlut orsakar systemfel och driftstörning.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
5	Systemfel, driftstörning.	Förgiftning. Frätskador.	5	3	Skall studeras ytterligare

**Indunstning****Skadehändelse 6**

a) Ledningsbrott, b) elfel eller c) ingrepp i anläggning (reparationer och dylikt).

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
6	Gasutsläpp.	Förgiftning. risk för explosion.	a) 5 b) 5 c) 5	3 3 3	Skall studeras ytterligare (alla fallen).

**Skadehändelse 8**

Okontrollerad vattenspädning leder till överkokning i tjocklutcistern.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
8	Överkokning i tjocklutcistern	Förgiftning. Brännskador.	3	2/3	Skall studeras ytterligare

**Skadehändelse 9**

Rörbrott, felingrepp vid reparation eller liknande orsakar kondensatläckage.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
9	Kondensatläckage	Förgiftning. Brännskador.	5	3	Skall studeras ytterligare

**T3 + T4****Skadehändelse 10**

Vatteninblandning i smältan eller tubbrott orsakar smältexplosion.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
10	Smältexplosion.	Betydande person och egendomsskador.	3	3	Rutiner för nödnedläggning införes

**GAS- OCH KONDENSATSYSTEM****Skadehändelse 1**

Rörbrott, felgrepp, instrumentfel, korrosion eller flänsläckage.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
1	Läckage i gassystemet. Ger gasutsläpp. Svavelväte, metylmercaptan, organiska svavelföreningar, terpen.	Förgiftning.	5	3	Skall studeras ytterligare i riskanalysen.

**Skadehändelse 2**

Rörbrott, felgrepp, instrumentfel, korrosion eller flänsläckage.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
2	Läckage i kondensatsystemet	Förgiftning.	5	3	Skall studeras ytterligare i riskanalysen.

**ÖVRIGT****Avloppssystem – industriavlopp****Skadehändelse 1**

Samtidigt utsläpp av surt och alkaliskt (sulfidhaltigt) avlopp orsakar bildning av svavelväte.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
1	Gasutsläpp av svavelväte Fiberåtervinning (skruvpumpstn). Skruvpumpar	Förgiftning (akut).	5	3	Skall studeras ytterligare i riskanalysen.

**Skadehändelse 3**

Samtidigt utsläpp av surt och alkaliskt (sulfidhaltigt) avlopp ger gasutsläpp.

Nr	Skadehändelse	Konsekvens	Slh	Kkv	Kommentar
3	Gasutsläpp i fabrikslokaler från avloppssystemet.	Förgiftning.	5	3	Skall studeras ytterligare i riskanalysen.