

Svaveldioxidhantering vid Korsnäs AB, Gävle

**-riskanalys av transport, lossning, lagring
och distribution**

*Karl-Gunnar Alvekrans
Michael Haeffner*

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

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5044, Lund 1999

Svaveldioxidhantering vid Korsnäs AB, Gävle

**-riskanalys av transport, lossning,
lagring och distribution**

**Karl-Gunnar Alvekrans
Michael Haeffner**

Lund 1999

Svaveldioxidhantering vid Korsnäs AB, Gävle
- riskanalys av transport, lossning, lagring och transport

Karl-Gunnar Alvekrans
Michael Haeffner

Report 5044
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB—5044--SE

Number of pages: 69

Keywords

risk analysis, sulphur dioxide, CPQRA, @Risk, regression analysis, societal risk, risk criteria, stability class, FN-curves

Abstract

A quantitative deterministic risk analysis of the handling of sulphur dioxide. Calculations of consequence and safety distance have been carried out through regression analysis and simulations in CHEMS-PLUS and @Risk. Results are presented as FN-curves.

© 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

Korsnäs AB som ingår i Kinnevik-koncernen är en av landets största skogsindustrier. Huvudkontoret och den största industrianläggningen är belägen i Gävle. Vid denna anläggning sker tillverkning av massa, kartong och papper. Fabriken använder årligen ca 4800 ton svaveldioxid som råvara för framställning av kloridioxid som används vid blekning av pappersmassa.

Denna riskanalys avser att på ett systematiskt sätt analysera de risker som föreligger i samband med svaveldioxidhanteringen. Den har genomförts som en kvantitativ deterministisk riskanalys och baseras på den metodik som anges i CPQRA./1/

Hanteringen delas i fyra steg; transport, lossning, lagring samt distribution, som utgör naturliga gränsdragningar mellan de olika momenten i hanteringen. På så sätt erhålls en överblick över momentens bidrag till den sammanlagda risken för hanteringen. För varje hanteringssteg har tänkbara skadescenarios analyserats närmare. Varje skadescenario har därefter delats upp i skadehändelserna stort och litet läckage.

Framtagning av felfrekvenser för de olika skadehändelserna har utförts genom beräkningsmodeller och statistiska data från litteratur.

Konsekvensberäkningar och riskavstånd för de olika skadehändelserna har skett genom framtagning av regressionsuttryck och simuleringar i dataprogrammen CHEMS-PLUS /12/ och @Risk /15/. I regressionsuttrycken har vindhastighet, hålstorlek, kontraktionsfaktor, ytråhet och temperatur valts som variabler. Atmosfärens stabilitetsklass har visat sig ha stor inverkan på riskavståndet och därför har separata uttryck tagits fram för varje stabilitetsklass. Den dimensionerande koncentrationen har satts till 100 ppm vilket vid en exponering ger skador som kräver sjukhusvård.

Utifrån de erhållna riskavstånden, statistik över vindriktning och befolkningsunderlag för området kring anläggningen har en bedömning av antalet drabbade gjorts. Genom att kombinera detta med frekvenserna för ett de olika skadehändelserna har en samhällsrisik beräknats.

Resultaten presenteras i form av FN-kurvor, dels för varje hanteringssteg var för sig och dels för hela svaveldioxidhanteringen bidrag till den totala samhällsrisiken. Svaveldioxidhanteringen vid Korsnäs AB ger ett bidrag till den totala samhällsrisiken på 0,1 pers/år som drabbas av en koncentration på 100 ppm. Av de olika hanteringsstegen ger lagringen det klart största bidraget följt av distributionen.

Av det totala antalet drabbade antas att 10% av dessa avlider för att kunna jämföra risken med existerande riskkriterier vilka mäter konsekvenserna i antal döda. Vid denna jämförelse visar det sig att den totala samhällsrisiken för svaveldioxidhanteringen hamnar klart över den acceptabla nivån som används i Holland respektive de som framtagits av Det Norske Veritas.

Avslutningsvis lämnas förslag på riskreducerande åtgärder varav en åtgärd som ger stora positiva effekter för samhällsrisiken är att placera lagringstankarna inomhus. Denna åtgärd innebär att konsekvensen av ett eventuellt utsläpp begränsas. Andra

åtgärder kan vara en kontroll av rutiner för underhåll, personal mm. En noggrann insatsplanering samt regelbunden övningsverksamhet är av stor betydelse för det skadeförebyggande och skadebegränsande arbetet. Viktigt vid planering är samverkan med andra instanser i samhället som polis, sjukvård, krisgrupper, länsstyrelse, miljö&hälsa med flera.

SUMMARY

Korsnäs Ltd., a company within the Kinnevik group, is one of the largest forest industries in Sweden. The company's headquarters and largest industrial estate are located in Gävle. The plant in Gävle manufactures pulp, cardboard and paper. The factory uses approximately 4800 tons of sulphur dioxide every year, as raw material for the production of chloride dioxide, which is used in the bleaching process of pulp.

This is a systematic risk analysis of the handling of sulphur dioxide. It has been carried out as a quantitative, deterministic risk analysis based upon the method described in CPQRA /1/.

Handling involves four phases: transport, unloading, storage and distribution because there are distinct border between these phases. This makes it possible to establish the contribution of each phase to the total risk of handling. For each phase, possible accident scenarios have been analysed closely. Each accident scenario takes into account large and small leakage.

Failure frequency of different accident scenarios has been calculated, based on calculation methods and statistical data from literature.

Calculations of consequence and safety distance for the different phases have been carried out through regression expressions and simulations in the computer programs, CHEMS-PLUS /12/ and @Risk /15/. Wind velocity, leakage size, discharge coefficient, surface roughness and temperature are variables that have been selected as variables in the regression expressions.

It has been found that the atmospheric stability class has a great influence on the safety distance. Separate expressions have, therefore, been developed for each stability class. The proportionate concentration has been set to 100 ppm. Exposure to this concentration causes injuries that require hospital care.

Based on the calculated safety distance, wind direction and population statistics over the area around the plant, an estimation of the number of people exposed has been made. The risk to society has been calculated by combining this estimation with the failure frequencies of the different phases.

Results are presented as FN-curves for each phase of handling, as well as for the entire sulphur dioxide handling process and its danger to society. The handling of sulphur dioxide at Korsnäs Ltd. presents a total risk of 0.1 people/year, who are exposed to a concentration of 100 ppm. Of the four phases of handling, storage presents the largest risk, followed by distribution.

It is assumed that 10% of people exposed die. This assumption has been made to allow comparison with available risk criteria that measure consequences in number of fatalities. This comparison shows that risk the handling of sulphur presents clearly exceeds both the acceptable levels in the Netherlands and those established by "Det Norske Veritas".

To conclude, we would like to recommend measures to reduce the risk. Place storage tanks indoors. This will limit the consequence of a possible discharge. Go through action plans, procedures and routines that concern maintenance, staff etc regularly. Prepare and practise for emergency situations. This reduces the probability of discharge and the consequences of it. Also co-operate with other authorities such as police, healthcare, crisis groups, municipal services, environment & health etc.

SAMMANFATTNING

SUMMARY

1 INLEDNING.....	1
1.1 Mål och syfte.....	1
1.2 Metodik	1
1.3 Begränsningar.....	1
1.4 Erkännanden.....	2
2 FÖRETAGSPRESENTATION.....	3
2.1 Korsnäs industrirörelse	3
2.2 Svaveldioxidanvändningen på Korsnäs AB.....	4
3 RISKANALYS	7
3.1 Tillvägagångssätt.....	7
3.2 Riskanalysens omfattning.....	8
3.3 Transport.....	9
3.4 Lossning.....	9
3.5 Lagring	10
3.6 Distribution	10
3.7 Analyserade skadehändelser.....	10
4 FELFREKVENSER.....	13
4.1 Transport.....	13
4.2 Övrig hantering	13
5 KONSEKVENSBERÄKNINGAR.....	17
5.1 Dimensionerande koncentration	17
5.2 Simulering av svaveldioxidutsläpp	17
5.3 Riskavstånd	19
5.4 Bedömning av antal drabbade.....	19
6 RISK.....	21
6.1 Samhällsrisk.....	21
6.2 Acceptabel risk och riskvärdering	21
6.3 Riskreducerande åtgärder.....	23
7 RESULTAT.....	25
7.1 Transport.....	25
7.2 Lossning.....	26
7.3 Lagring	26
7.4 Distribution	28
7.5 Total samhällsrisk.....	28
8 DISKUSSION	29
8.1 Jämförelse med riskkriterier.....	29
8.2 Förslag till åtgärder.....	30
9 REFERENSER.....	33

BILAGA A FREKVENSBERÄKNINGAR.....	35
A.1 Frekvenser för olycka under transport på järnväg.....	37
A.2 Frekvenser för olycka under lossningen.....	39
A.3 Frekvenser för olycka under lagring.....	40
A.4 Frekvenser för olycka under distribution.....	41
A.5 Sammanfattning av beräknade frekvenser.....	41
BILAGA B VIND OCH STABILITETSKLASS.....	43
B.1 Vindriktning.....	45
B.2 Stabilitetsklasser.....	45
BILAGA C FÖRDELNINGAR.....	47
C.1 Vind.....	49
C.2 Temperatur.....	51
C.3 Kontraktionsfaktor.....	51
C.4 Ytråhet.....	51
C.5 Håldiameter.....	51
BILAGA D KONSEKVENSBERÄKNINGAR.....	53
D.1 Variabelanalys.....	55
D.2 Spridningsberäkningar.....	55
D.3 Regressionsuttryck.....	55
D.4 Framtagning av riskavstånd.....	55
D.5 Beräkning av samhällsrisk.....	55
BILAGA E RISKAVSTÅND.....	57
E.1 Lagringstank.....	59
E.2 Rör.....	60
E.3 Järnvägsvagn.....	61
BILAGA F BEFOLKNINGSUNDERLAG.....	63
BILAGA G FAKTA SVAVELDIOXID.....	67

1 Inledning

1.1 Mål och syfte

Målet med denna riskanalys är att på ett systematiskt sätt analysera svaveldioxidhanteringen vid Korsnäs AB och beräkna ett mått på den risk som föreligger för allmänhet och personal i form av samhällsrisk i samband med hanteringen. Denna samhällsrisk skall kunna värderas gentemot relevanta riskkriterier. Mot bakgrund av analysen och riskvärderingen skall förslag på riskreducerande åtgärder lämnas. Analysen ingår som ett projektarbete i kursen problembaserad brandteknisk riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola. Rapporten är främst avsedd som ett stöd för Korsnäs AB:s verksamhet men vänder sig även till räddningstjänster och övriga intresserade.

1.2 Metodik

Inledningsvis har en omfattande litteraturstudie i ämnet utförts och dessutom har två besök gjorts under vintern 1998-99 vid Korsnäs AB i Gävle för att studera anläggningen på plats.

Riskanalysen har utarbetats främst enligt den metodik för riskanalyser som anges i CPQRA /1/. Metodiken följer ett schema som består av ett flertal olika delsteg vilka beskrivs utförligare i rapporten. Dessutom har en osäkerhetsanalys utförts för att belysa de ingående variabelernas betydelse för det slutliga resultatet.

1.3 Begränsningar

Den del av processen som studeras omfattar hantering av flytande svaveldioxid från transport till distribution fram till dess att svaveldioxiden går in i reaktorbyggnaden. Ett eventuellt utsläpp i byggnaden kommer inte att ge några stora konsekvenser för de boende i omgivningen, utan utsläppet drabbar främst de personer som finns inne i byggnaden.

Enbart risk för tredje man beaktas vilket innebär att ingen hänsyn tas till skada på egendom och miljö. Personer som befinner sig inom riskområdet antas befinna sig utomhus. De skadeverkningar som drabbar personer inom riskområdet antas uppkomma direkt av svaveldioxidens toxicitet och inte av de ämnen som kan uppstå i samband med kemiska reaktioner där svaveldioxid ingår.

De utsläppsscenarios som analyseras i rapporten sker i vätskefas vilka generellt ger ett betydligt större riskavstånd än om motsvarande utsläpp sker i gasfas. I simuleringarna antas att all svaveldioxid förångas vid utsläppet, d v s det bildas inga vätskepooler som förångas.

I frekvensberäkningar har vissa uppskattningar gjort avseende antal komponenter och rörlängder i delsystemen. De felfrekvenser som används gäller generellt för vissa

typer av komponenter vilket innebär att begränsad hänsyn har tagits till material och utformning. Ingen hänsyn har tagits till företagets underhållsrutiner, personalens utbildning, hanteringsrutiner mm.

Vid framtagandet av regressionsuttryck har endast de variabler som tros ha störst påverkan vid ett utsläpp tagits med vilket innebär att vissa verkliga variabler ansetts som konstanter. Intervallen för de ingående variablerna har valts utifrån ingenjörsmässiga bedömningar samt från data som erhållits från företaget.

Befolkningsunderlaget redovisar enbart de personer som är skrivna på fastigheter inom en cirkel med radien 6 km och med mittpunkt i fabriksområdet. Inom varje cirkelsektor har en persontäthet beräknats och därmed har ingen hänsyn tagits till den faktiska befolkningsfördelningen inom sektorn.

1.4 Erkännanden

Tack till vår handledare Berit Andersson vid Institutionen för brandteknik, Sven Bengtsson, räddningschef vid Räddningstjänsten vid Korsnäs AB, driftingenjör Mats Persson, Korsnäs AB för hjälp med framtagande av material samt visning av anläggningen, samt Peter Söder, Korsnäs AB för hjälp med väderdata. Tack även till Kaj Waldenby, Gävle Kommun för framtagning av befolkningsunderlag och Bo Koch på FOA.

2 Företagspresentation

År 1855 etablerades ett sågverk i Korsnäs utanför Falun. Denna enhet, som var ett av Sveriges största sågverk på den tiden, fick namnet Korsnäs Sågverks AB och blev grunden till den industrikoncern som idag heter Korsnäs AB. Vid sekelskiftet flyttades tillverkningen till kusten strax öster om Gävle. 1910 anlades en sulfatfabrik och 1915 en sulfatfabrik med biproduktanläggningar. Papperstillverkningen startade 1925 och sedan dess har industrierna expanderat och förädlingsgraden ökat. Anläggningen i Gävle är idag en av landets största skogsindustrier med sågverk och produktion av massa, kartong och papper.

Koncernen är uppdelad i fyra verksamhetsområden: Korsnäs skog, Korsnäs trävaru-rörelse, Korsnäs industrirörelse och Korsnäs förpackningsrörelse. Korsnäs AB ingår i Kinnevik-koncernen och dess huvudkontor med koncernledning samt största industrienhet är beläget i Gävle. Koncernens målsättning är att alla produkter skall vara särarter inom respektive område med hög förädlingsgrad. Verksamhet finns förutom i Sverige även i Danmark, Tyskland, England, Jugoslavien, Kroatien, Polen och Italien. Antalet anställda är totalt cirka 3 800 personer./2/



Bild 2.1: Modell över Korsnäs AB:s fabriksområde i Gävle

2.1 Korsnäs industrirörelse

Industrirörelsen är den största enheten i Korsnäskoncernen. All tillverkning av massa, kartong och papper sker vid anläggningen i Gävle som består av sulfatfabrik, pappersbruk, förädlingsavdelning, utvecklingsavdelning, försäljning och administration.

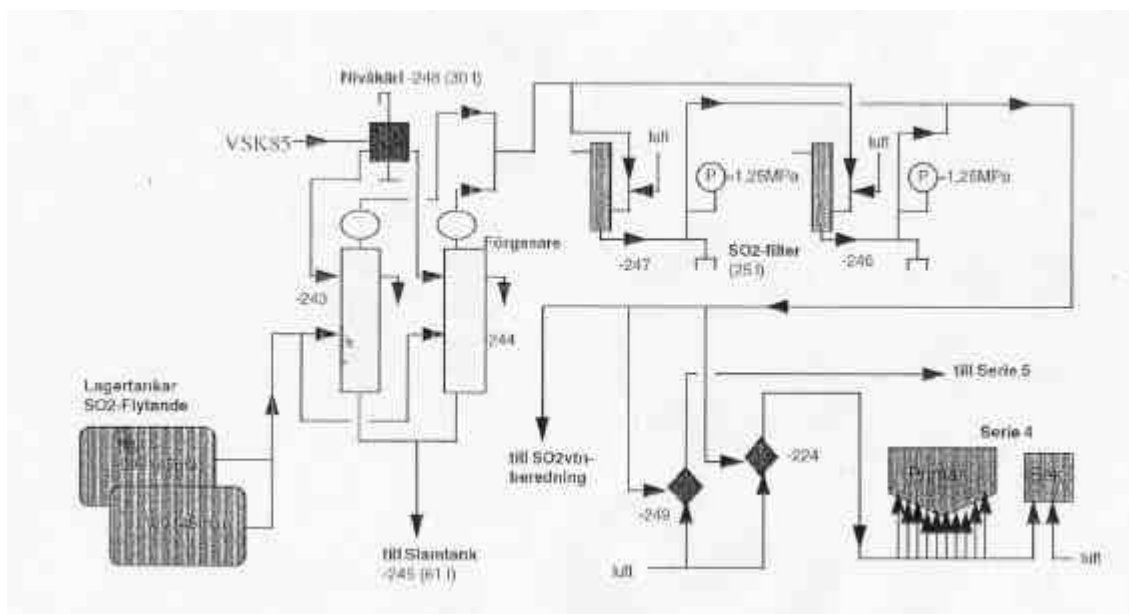
Huvudprodukterna för Korsnäs industrirörelse som till 75 % går på export, är vit kraftkartong, vätskekartong, säck- och kraftpapper samt fluffmassa som används som absorptionsmaterial i bl a hygienprodukter. Tillverkningskapaciteten för sulfatmassa är ca 660 000 ton och av denna förädlas 80-85 % till kartong och papper och

resterande till fluffmassa. Sedan slutet av 1970-talet har produktionen av vätskekartong och vit kraftkartong för livsmedelsindustrin växt till det volymmässigt största produktområdet. Försäljningsbolag finns i Wiesbaden, London, Paris och Milano. Inom divisionen finns dessutom en vidareförädlingsenhet, Korsnäs Converting, som trycker och plastbelägger företagets pappers- och kartongkvaliteter.

2.2 Svaveldioxidanvändningen på Korsnäs AB

På fabriken används den allra största delen av svaveldioxiden som råvara för framställning av klordioxid (ClO_2). Klordioxiden används sedan i blekeriet för att bleka pappersmassan.

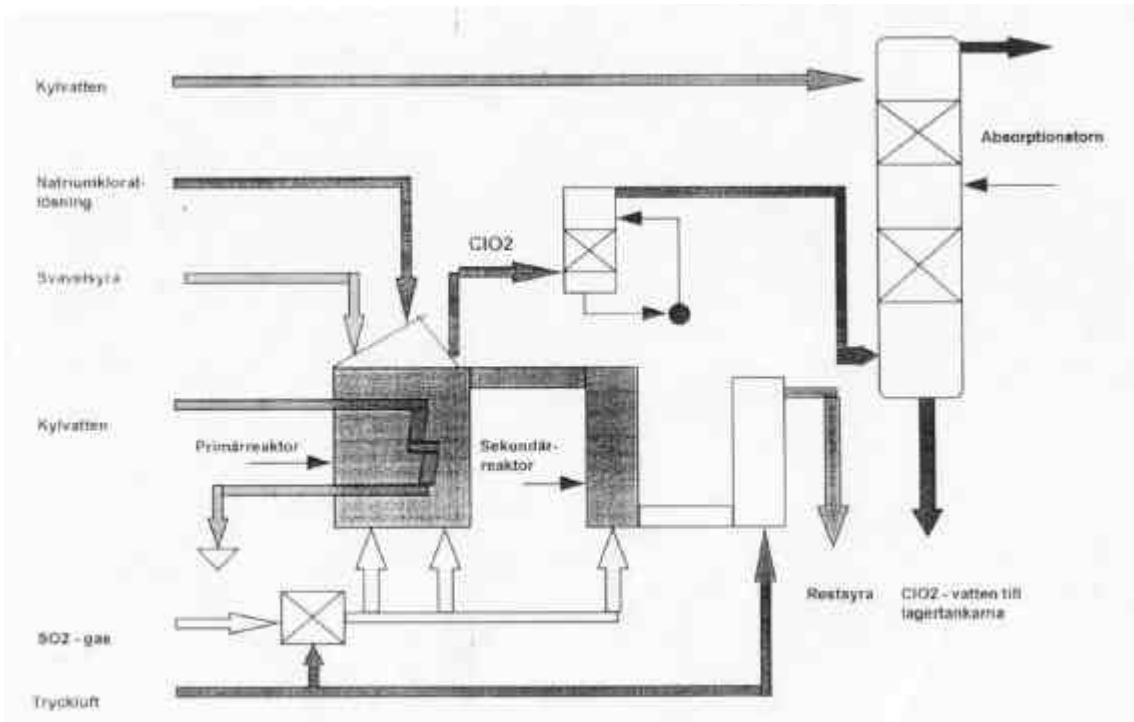
Processen inleds med att den flytande svaveldioxiden transporteras från lagringstankarna till två stycken förgasare. På rörledningen för flytande SO_2 är ett expansionskärl anslutet. Detta är elektriskt uppvärmt och skall förhindra uppkomst av allt för höga tryck om ventilerna i båda ändarna stängs och kall flytande SO_2 värms upp i en stumfylld ledning. I förgasarna värms och förgasas SO_2 med hjälp av varmvatten (ca 80 C). Förgasarna är avsäkrade med säkerhetsventiler och har höglarm och är förreglade vid högnivå. Ett par liter SO_2 töms regelbundet manuellt från förgasarna till en slamtänk. Detta görs dels för att undvika att smuts anrikas i förgasarna vilket reducerar dess kapacitet, samt dels förhindra att föroreningar kommer in i reaktorerna där de kan förorsaka sk puffar. Den gasformiga svaveldioxiden leds därefter vidare till keramiska filter där gasen filtreras och blandas med luft till rätt koncentration.



Figur 2.1: Schematisk bild över svaveldioxidberedningen./3/

Gasen delas sedan upp där huvuddelen (>95 %) leds in i reaktorn och resterande mängd transporteras till SO_2 -vattenberedningen.

I reaktorn framställs kloridioxid (ClO_2) och reaktionen består av två steg, dels i primärreaktorn och dels i sekundärreaktorn. En reaktionslösning bestående av natriumklorat (NaClO_3) och svavelsyra (H_2SO_4) matas in från toppen av reaktorn medan SO_2 -gasen tillförs underifrån från munstycken i reaktorns botten. Reaktionen är exoterm varför reaktorn är försedd med ett kylsystem. Från primärreaktorn slussas den reaktionslösningen vidare till en sekundärreaktor där ytterligare SO_2 tillförs för att utvinna mer ClO_2 .



Figur 2.2: Schematisk bild över kloridioxidprocessen./3/

I toppen av reaktorn ansamlas ClO_2 och leds till en gastvätt där gasen tvättas ren från främst SO_2 och medstänk från reaktorlösningen. Den reade gasen förs sedan vidare till absorptionstornet och matas in i tornets bottendel. Tornet matas med kallt, kemiskt reat vatten från toppen i vilket ClO_2 -gasen absorberas och blandningen samlas i botten av tornet för vidare transport till speciella lagringstankar för ClO_2 -vatten.

En liten del av SO_2 -gasen, ett fåtal procent, leds till SO_2 -vattenberedningen där den leds in i en disperser och löses i vatten i en mixer. SO_2 -vattnet lagras i tankar och används i blekeriet för att "döda" kloridoxidrester.

Förutom kloridoxid erhålls ur reaktorn också en restsyra, natriumvätesulfat. Denna restprodukt används bl a i pappersmaskinerna för att lösa upp våtbeständigt papper. Den används också som spjälksyra i hartsokeriet vid framställning av tallolja men kan också brännas i sodapannan.

3 Riskanalys

En riskanalys av ett system är en metod för identifiering och kartläggning av olika riskkällor som finns i systemet samt vilka haverityper dessa kan leda till /4/. Analysen skall även utgöra ett underlag för värdering av riskerna samt eventuella beslut om riskreducerande åtgärder.

Definition på en riskanalys enligt standard (IEC 300-3-9) lyder:

Systematisk användning av tillgänglig information för att identifiera riskkällor och för att bedöma risken för individer eller en grupp, egendom eller yttre miljön. Risken används här i en kvantitativ bemärkelse för ett sammanvägt mått på sannolikhet och konsekvens./5/

Det finns ett antal olika analysmetoder att använda beroende på vad som skall analyseras, vilken omfattning analysen har och syfte med analysen mm. Denna riskanalys har genomförts som en kvantitativ deterministisk riskanalys, vilket innebär att sannolikheten för ett haveri eller felfunktion som leder till ett utsläpp beräknas eller uppskattas, och vilka konsekvenser detta kan ge för de personer som utsätts för utsläppet.

3.1 Tillvägagångssätt

Denna riskanalys följer i stort den metodik som anges i CPQRA. Analysens steg kan beskrivas enligt följande:

Definiera och avgränsa systemet: Här ges en beskrivning av anläggningen med geografiskt läge, omgivningar, väderdata mm. Även olika typer av diagram, flödesschema och annan teknisk information som är av betydelse för riskanalysen skall finnas med.

Identifiera riskkällorna i systemet: För att identifiera riskkällorna i en anläggning finns en mängd olika metoder att tillgå som t ex checklistor, What if-analyser, Hazop-studier, processkänedom.

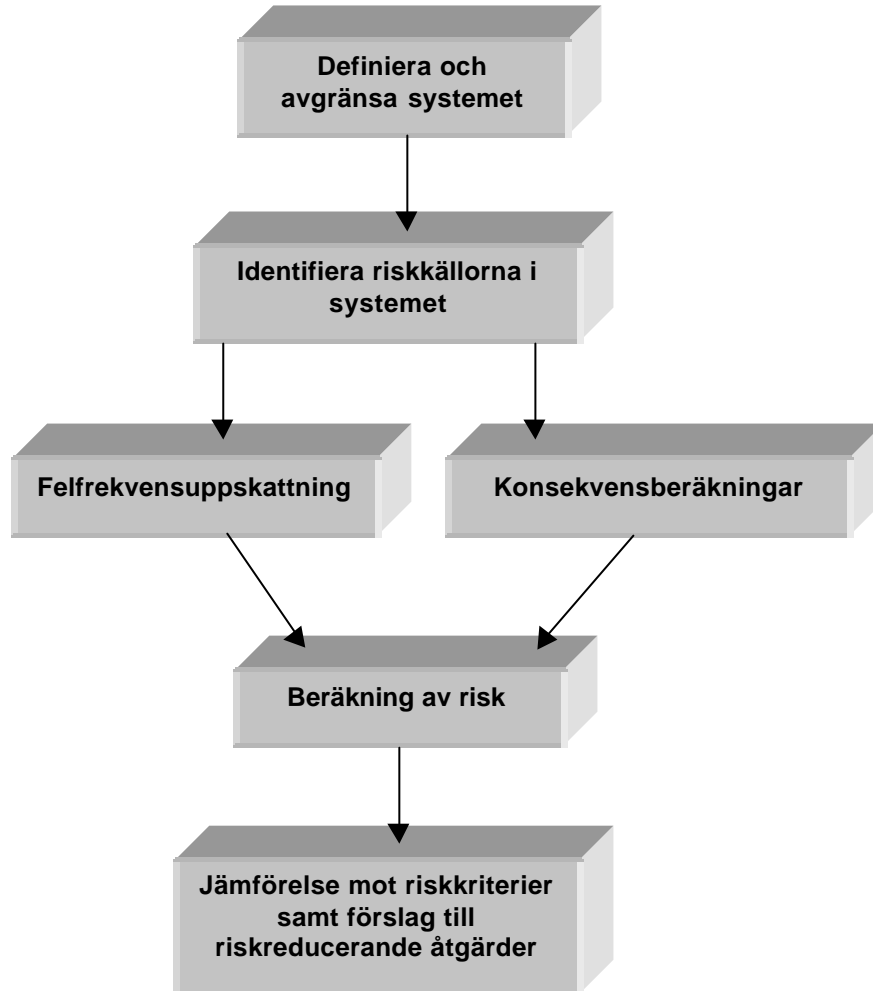
Felfrekvensuppskattning: Vid uppskattning av felfrekvenser eller sannolikheten för att en incident skall inträffa kan historiska data användas som finns i olika litteratur. En annan möjlighet är felträdsanalys eller händelseträdsanalys som på ett systematiskt sätt beskriver ett händelseförlopp och de ingående delhändelsernas sannolikheter.

Konsekvensberäkningar: För att kunna bedöma de konsekvenser ett utsläpp kan medföra i form av riskavstånd mm, används någon typ av spridningsmodell. Det finns ett flertal datorprogram och handberäkningsuttryck. för olika situationer och spridningar

Beräkning av risk: Riskberäkningen kombinerar felfrekvens och konsekvens till ett riskmått. Samhällsrisk och individrisk är två mått på risk.

Jämförelse mot riskkriterier samt förslag till riskreducerande åtgärder:

Resultaten från riskanalysen används som underlag för att inbördes värdera de åtgärder som ger högst reduktion av risken eller för jämförelse mot fastställda acceptanskriterier.



Figur 3.1: Schematisk beskrivning av CPQRA-metodiken

3.2 Riskanalysens omfattning

Riskanalysen omfattar endast svaveldioxidhanteringen vid Korsnäs AB från det att lastade järnvägsvagnar kommer inom bolagets geografiska ansvarsområde till dess att svaveldioxiden distribuerats in i reaktorbyggnaden. Hanteringen har i analysen delats upp i fyra steg som omfattar

- Transport
- Lossning
- Lagring
- Distribution

Anledningen till denna uppdelning är att de respektive stegen utgör naturliga gränsdragningar mellan olika moment i hanteringen och på så sätt erhålls en god

överblick över de olika stegens bidrag till den sammanlagda risken för hela svaveldioxidhanteringen. Nedan följer en kort beskrivning av hanteringsens olika delar.

3.3 Transport

Företaget köper svaveldioxid i tryckkondenserad form från Kemira AB i Rönnskärsverken och den transporteras till Gävle med tåg för att därefter fortsätta till fabriksområdet. I undantagsfall används ibland tankbilar för transport, men enligt uppgift från företaget så sker detta mycket sällan och därför har inga beräkningar på detta transportsätt gjorts i rapporten. Strax utanför området tar Korsnäs AB över ansvaret för transporten och svaveldioxiden transporteras till lossningsstationen med företagets egna lok. På fabriksområdet finns ett antal plankorsningar och enligt företaget rangeras vagnarna om ett par gånger innan de når fram till lossningsstationen.

3.4 Lossning

Vid lossningsstationen pumpas flytande svaveldioxid från järnvägsvagnar till två stycken lagringstankar. Lossningen sker genom att en utgående tömningsslang kopplas till vagnen och en ingående slang används för att trycksätta järnvägsvagnen med hjälp av svaveldioxid i gasfas. Hela processen som övervakas från ett kontrollrum i reaktorbyggnaden tar ca tre timmar. Dessutom är både lossningsstationen och lagringstankarna TV-bevakade. Lossningen omfattar ett system där svaveldioxid finns i både vätskefas och gasfas. Systemet består av rör, ventiler, flänsar samt en lossningsslang.



Bild 3.1: Lossningsstation för svaveldioxid

3.5 Lagring

Efter överpumpning lagras svaveldioxiden i två stora stålcisterner på vardera 45 m³ med en fyllnadsgrad på 85%. Trycket i tankarna hålls runt 0.5 MPa med hjälp av torkad oljefri tryckluft. De är placerade utomhus ett 10-tal meter från lossningsstationen. Tankarna saknar invallning och tak men skyddas från påkörning med hjälp av ett kraftigt stålräcke. Detta steg omfattar ett system bestående av rör, flänsar, ventiler samt lagringscisternerna. Dessutom ingår ett fåtal mätare och givare men dessa anses ha ett försumbart bidrag till den sammanlagda felfrekvensen.



Bild 3.2: Lagringstankar för svaveldioxid

3.6 Distribution

Distributionen omfattar ett rörsystem som transporterar svaveldioxid i vätskefas till förgasarna. Detta är till största delen beläget inomhus men en del av systemet ligger i anslutning till lagringstankarna.

3.7 Analyserade skadehändelser

I följande avsnitt redovisas de skadehändelser som antas kunna uppkomma under hanteringen av svaveldioxiden.

3.7.1 Skadehändelser under transport

Vid transport på järnväg kan ett läckage uppkomma genom att tanken med tillhörande ventiler skadas till följd av urspårning eller kollision med ett tungt vägfordon. Detta kan orsaka antingen ett stort eller litet läckage och båda dessa fall har analyserats.

3.7.2 Skadehändelser under lossning

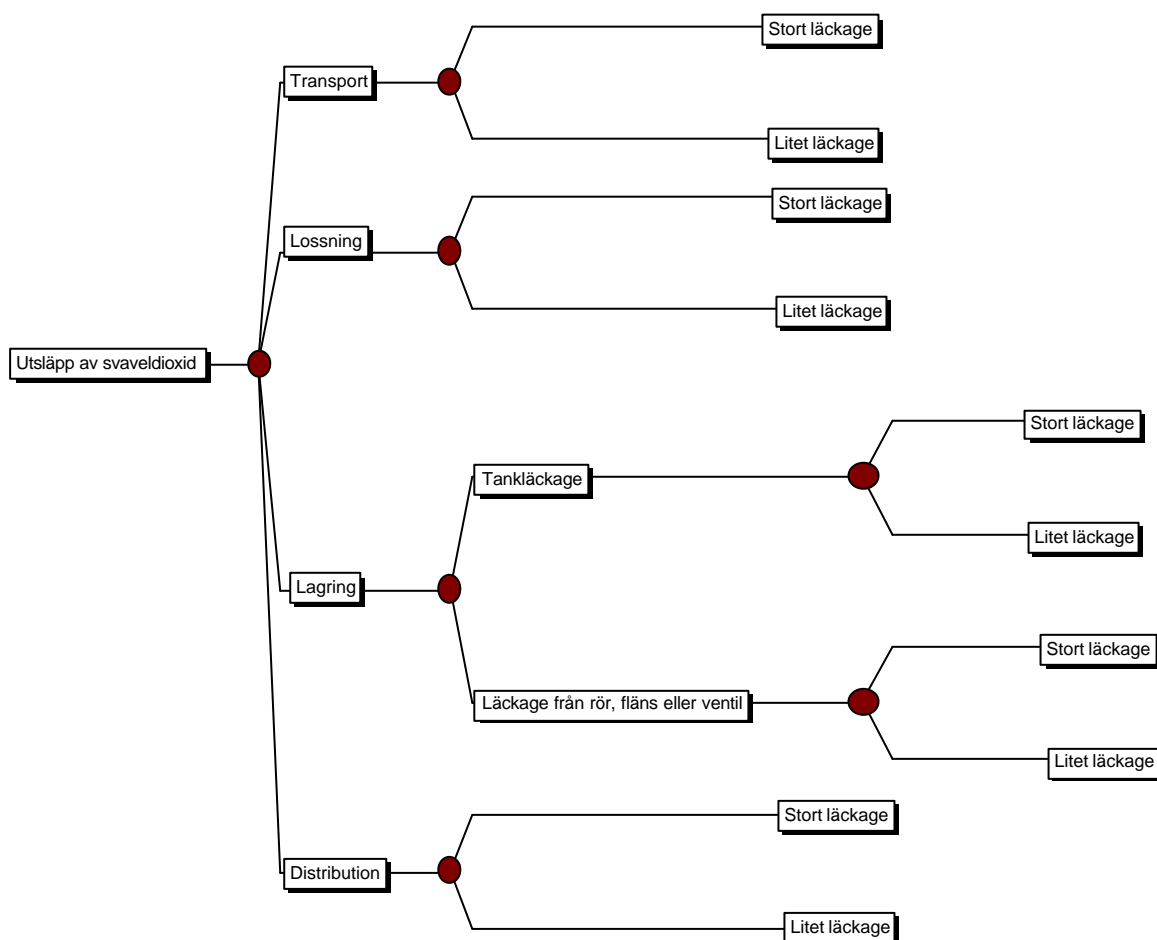
Lossningen är ett kritiskt moment under hanteringen, risken för ett mänskligt felhandlande är här stor relativt de andra hanteringsstegen. Utförliga instruktioner angående hur lossningen skall utföras finns både från leverantören och Korsnäs AB. Tänkbara skadehändelser är läckage ur ventiler, flänsar samt slang och rör i det fasta systemet vid lossningsstationen. I analysen har dessa delats upp i ett stort och ett litet läckage.

3.7.3 Skadehändelser under lagring

Under lagring kan ett läckage dels uppstå genom brister i rörsystemet med tillhörande ventiler och flänsar dels genom yttre påverkan direkt mot lagringstankarna. En yttre påverkan kan orsakas av påkörning av ett tyngre fordon t.ex. en gaffeltruck. Dessa båda möjliga skadehändelser kan vardera orsaka antingen ett stort eller litet läckage.

3.7.4 Skadehändelser under distribution

De skadehändelser som behandlats under distributionsdelen är stort respektive litet läckage från rör eller fläns. Möjliga orsaker till läckage kan vara bristande underhåll eller materialfel på de ingående komponenterna.



Figur 3.2: Schematisk bild över analyserade skadehändelser

4 Felfrekvenser

I en riskanalys är ett av stegen i analysen att uppskatta eller bestämma felfrekvensen för de olika komponenter som ingår i ett större system. Detta sker endera genom att använda historiska data på felfrekvenser direkt från litteratur, alternativt att genomföra en felträdsanalys eller en händelseträdsanalys. För att få praktiskt användbara värden på felfrekvenser har historiska data sammanställts från ett stort antal anläggningar från olika typer av industrier med varierande processer, och från dessa har ett genomsnitt erhållits på felfrekvens för de ingående komponenter som finns i en anläggning. I boken "Att skydda och rädda liv, egendom och miljö" /6/ ges exempel på händelser som kan orsaka ett skadeförlopp, så kallade utlösande händelser. Dessa är:

- Felfunktion i utrustningsdelar såsom pumpar, kompressorer, ventiler, instrument, sensorer och omrörare.
- Läckage i behållare, ledningar, kopplingar, axeltätningar, system för tömning och fyllning.
- Mänskliga felhandlingar i samband med design, konstruktion/tillverkning, drift, underhåll, kontroll och test.
- Bortfall av stödfunktioner som el, vatten, tryckluft och ånga.
- Yttre händelser i form av brand, ras, skred och översvämningar
- Sabotage

Det finns en mängd olika faktorer som påverkar hur ofta ett fel uppstår. Variation i underhåll av en komponent, olika material, typ av medium som komponenten kommer i kontakt med mm påverkar alla felfrekvensen. Ca 80 % av alla de olyckor som uppkommer anses bero direkt eller indirekt på ett mänskligt felhandlande /7/. Frekvenser bör därför ej ses som ett absolut mått på hur ofta en komponent ger ett läckage i någon form utan mer som en fingervisning.

För att bestämma hur stor läckageyta en komponent kan ha används på samma sätt som vid bestämning av felfrekvens ett genomsnitt på läckagearea. Uppdelning sker då oftast i intervall av två eller tre steg som till exempel litet eller stort läckage från en fläns. Slutligen kombineras felfrekvenser för olika dimensioner.

4.1 Transport

För bedömning av sannolikheten för ett utsläpp av svaveldioxid under transport har den beräkningsmodell som presenteras i "Farligt gods - riskbedömning vid transport" /8/ använts vilken grundar sig på en rapport från VTI /9/. Beräkningsgången redovisas utförligt i bilaga A.

4.2 Övrig hantering

I den övriga hanteringen lossning, lagring och distribution ingår samma typer av komponenter där någon felfunktion kan uppstå. Nedan ges en sammanställning av felfrekvensdata för respektive komponent. Frekvensdata för rör, ventiler och flänsar är hämtade ur "Hazardous Locations"/10/, frekvensdata för slang ur "Safety Cases" /11/.

Korrigeringar har gjorts utifrån våra tolkningar av frekvensdata från Hazardous Locations.

Rörledningar

För de rördimensioner, 25 och 40 mm, som används i systemet är felfrekvensen:

Rörbrott (Areal)	10^{-6} läckage/meter och år
Stort läckage (0.10A-Areal)	10^{-5} läckage/meter och år
Litet läckage (0-0.10A)	10^{-4} läckage/meter och år

I analysen har endast två typer av skadehändelser behandlats, ett stort läckage som innefattar frekvenserna för både rörbrott och stort läckage från tabellen ovan (0.10A-Areal) samt ett litet läckage (0-0.10A). De frekvenser som används för dessa båda skadehändelserna blir:

Stort läckage (0.10A-Areal)	$1.1 \cdot 10^{-5}$ läckage/meter och år
Litet läckage (0-0.10A)	10^{-4} läckage/meter och år

Slang

Vid lossningsstationen används en slang med felfrekvensen:

Stort läckage/slangbrott (0.10-Areal)	$1.5 \cdot 10^{-6}$ /år och 50 operationer
Litet läckage (0-0.10A)	$1.5 \cdot 10^{-4}$ /år och 50 operationer

Ventiler

I systemet används ett flertal 40 mm ventiler med felfrekvensen:

Haveri (Areal)	10^{-5} läckage/år
Stort läckage (0.10-Areal)	10^{-4} läckage/år
Litet läckage (0-0.10A)	10^{-3} läckage/år

I analysen har endast två typer av skadehändelser behandlats, ett stort läckage som innefattar frekvenserna för både haveri och stort läckage från tabellen ovan (0.10A-Areal) samt ett litet läckage (0-0.10A). De frekvenser som används för dessa båda skadehändelserna blir:

Stort läckage (0.10A-Areal)	$1.1 \cdot 10^{-4}$ läckage/år
Litet läckage (0-0.10A)	10^{-3} läckage/år

Flänsar

I systemet används ett stort antal flänsar vars felfrekvens är:

Sektionsläckage (Areal)	10^{-4} läckage/år
Litet läckage (0-Areal)	10^{-3} läckage/år

Ett sektionsläckage är den area som motsvaras av packningens tjocklek och längden av cirkelbågen mellan två bultar på flänsen. I analysen har antagits att flänsen är 12 cm i diameter med en packningstjocklek på 0.5 cm och har 4 bultar. Detta ger en area på ca 47 mm². I analysen har endast två typer av läckage behandlats, ett stort läckage som innefattar frekvenserna för sektionsläckage från tabellen ovan (Areal) samt ett litet läckage (O-Areal).

Beräkningar för den sammanlagda felfrekvensen för respektive delsystem finns utförligt redovisade i bilaga A.

5 Konsekvensberäkningar

Syftet med en konsekvensberäkning är att få en uppfattning om hur ett utsläpp påverkar omgivningen. Beräkningarna ger ett mått på hur stort område som påverkas vilket i sin tur utgör ett underlag för hur många människor som drabbas av utsläppet. Som underlag för beräkning av antal drabbade används befolkningsunderlag för olika sektorer av det område som påverkas.

Vid ett utsläpp av svaveldioxid i vätske- eller gasfas kommer ett gasmoln i form av en plym att bildas vars spridningsbild beror på ett flertal faktorer. Utsläppets källstyrka beror främst på hålets diameter och utformning där utsläppet sker, samt på trycket i rörledningen eller tanken. Gasmolnets utbredning beror på en mängd faktorer som vindhastighet, markytans skrovlighet, atmosfärens stabilitet, lufttemperatur, utsläppets höjd mm. För att kunna avgöra utbredningen av ett utsläpp måste någon typ av spridningsmodell användas. I denna analys används dataprogrammet CHEMS-PLUS /12/.

De resultat som erhålls från simuleringarna ger en uppskattning av hur stor gasplym som bildas och hur långt denna breder ut sig från utsläppskällan. Avståndet från utsläppskällan till den gräns där gasplymen har en förutbestämd koncentration kallas riskavstånd./13/

5.1 Dimensionerande koncentration

Den koncentration som valts som dimensionerande i simuleringarna är 100 ppm. Denna koncentration innebär att en person som utsätts för gasen under en viss tid kommer att behöva vård på sjukhus. Nedan visas de medicinska skadeverkningar som 15 minuters exponering vid olika koncentrationer ger/14/.

Tabell 5.1: Medicinska skadeverkningar orsakade av svaveldioxid vid olika koncentrationer och 15 minuters exponering.

Koncentration [ppm]	Medicinsk skadeverkning
0.8	Luktröskel
3	Uttalad lukt
9	Ofarligt, måttligt och starkt irriterande för övre luftvägar och ögon, övergående besvär
15	Lindrig skada. Mycket kraftig irritation, akuta andningsbesvär med kvävningsskänslor. Utsatta personer förväntas söka sjukvård
230	Svåra skador. Svåra andningsbesvär, andnöd. Risk för bestående lung- och ögonskador. Lungödem kan uppkomma lång tid efter exponering. Kräver akut sjukvårdsinsats.
900	Snabbt dödligt.

5.2 Simulering av svaveldioxidutsläpp

Vid simulering av utsläpp från svaveldioxidanläggningen vid Korsnäs AB har tre scenarios använts, utsläpp från tank, järnvägsvagn samt rör, fläns eller ventil. Vid

simuleringarna för tank respektive rör, fläns eller ventil har trycket varit konstant 0.5 MPa och utsläppstiden 20 minuter. För järnvägsvagnen har trycket varit mättnadstrycket som beror av temperaturen.

Variabler har varit följande:

- Vindhastighet 2-15 m/s
- Hålstorlek 2-40 mm
- Cd 0.5-0.95
- Ytråhet 0.1-1 m
- Temperatur 265-285 K

Eftersom de olika stabilitetsklasserna är vindberoende och dessutom har en stor inverkan på spridningsbilden vid ett utsläpp har separata uttryck tagits fram för de olika stabilitetsklasserna. Dessa uttryck vägs mot hur ofta de olika stabilitetsklasserna uppträder. Stabilitetsklass A och F har ej tagits med i simuleringarna då A nästan aldrig förekommer i Sverige och F främst förekommer vid mycket låga vindhastigheter (< 2 m/s). Efter ett stort antal simuleringar med CHEMS-PLUS för varje stabilitetsklass erhålls grunddata och en regressionsanalys kan utföras vilken ger ett uttryck som kan användas direkt för att beräkna ett riskavstånd x (se bilaga E).

De uttryck som gäller för ett utsläpp från lagringstankarna är:

Stabilitetsklass B	$x = 40.7 \cdot \phi^{1.058} \cdot Cd^{0.531} \cdot Z^{-0.083} \cdot u^{-0.540}$
Stabilitetsklass C	$x = 55.6 \cdot \phi^{1.093} \cdot Cd^{0.549} \cdot Z^{-0.081} \cdot u^{-0.587}$
Stabilitetsklass D	$x = 96.8 \cdot \phi^{1.341} \cdot Cd^{0.554} \cdot Z^{-0.115} \cdot u^{-1.206}$
Stabilitetsklass E	$x = 108.2 \cdot \phi^{1.186} \cdot Cd^{0.580} \cdot Z^{-0.077} \cdot u^{-0.604}$

De uttryck som gäller för ett utsläpp från rör är:

Stabilitetsklass B	$x = 36.6 \cdot \phi^{1.088} \cdot Cd^{0.531} \cdot Z^{-0.081} \cdot u^{-0.548}$
Stabilitetsklass C	$x = 50 \cdot \phi^{1.123} \cdot Cd^{0.554} \cdot Z^{-0.08} \cdot u^{-0.595}$
Stabilitetsklass D	$x = 74.3 \cdot \phi^{1.17} \cdot Cd^{0.581} \cdot Z^{-0.079} \cdot u^{-0.657}$
Stabilitetsklass E	$x = 109.6 \cdot \phi^{1.182} \cdot Cd^{0.59} \cdot Z^{-0.074} \cdot u^{-0.615}$

Vid bestämning av de uttryck som gäller för utsläpp från järnvägsvagn måste hänsyn tas till temperaturen då denna påverkar trycket i vagnen. Variabeln ytråhet har satts konstant och istället ersatts av variabeln temperatur. De uttryck som gäller för ett utsläpp från järnvägsvagn är:

Stabilitetsklass B	$x = 2.1 \cdot 10^{-10} \cdot \phi^{1.036} \cdot Cd^{0.379} \cdot u^{-0.362} \cdot T^{4.524}$
Stabilitetsklass C	$x = 7.9 \cdot 10^{-20} \cdot \phi^{1.172} \cdot Cd^{0.597} \cdot u^{-0.846} \cdot T^{8.478}$
Stabilitetsklass D	$x = 1 \cdot 10^{-19} \cdot \phi^{1.252} \cdot Cd^{0.694} \cdot u^{-0.829} \cdot T^{8.48}$
Stabilitetsklass E	$x = 3.5 \cdot 10^{-15} \cdot \phi^{1.188} \cdot Cd^{0.606} \cdot u^{-0.636} \cdot T^{6.685}$

x = riskavstånd

T = temperatur

Cd = kontraktionsfaktor

u = vindhastighet

ϕ = håldiameter

z = ytråhet

5.3 Riskavstånd

För att avgöra hur stora riskavstånd som uppstår vid ett utsläpp utnyttjas de uttryck som tagits fram ovan. Dessa uttryck används i simuleringsprogrammet @Risk /15/. @Risk är en tilläggsmodul till dataprogrammet Excel som används vid utförandet av riskanalyser. De olika ingående variablerna tilldelas en statistisk fördelning (triangulär, lognormal etc) och definieras i programmet. Programmet beräknar därefter riskavstånd genom att slumpmässigt välja olika värden på variablerna. Genom att simulera ett utsläpp t ex 25 000 ggr erhålls ett stort antal resultat som medelvärde, min- och maxvärde, olika percentiltal mm. Dessa resultat kan sedan överföras till diagramform. En utförlig beskrivning över variablernas fördelning finns i bilaga C.

5.4 Bedömning av antal drabbade

För att kunna bedöma hur många människor som berörs av ett svaveldioxidutsläpp vid Korsnäs AB måste en grov uppskattning göras på persontätheten i omgivningen. Ett befolkningsunderlag har erhållits från Bygg & Miljö, Gävle Kommun som visar hur många personer som bor i en cirkel med 6 km radie från Korsnäs. Cirkeln är uppdelad i två delcirkel med radierna 0-3 km och 3-6 km. Dessutom är en uppdelning gjord i 8 sektorer som vardera representerar väderstrecken (se bilaga F).

Från befolkningsunderlaget framgår hur många människor som är skrivna inom varje sektor. Två typer av befolkningsunderlag finns, skrivna på fastigheter samt skrivna på nyckelområden inom de olika sektorerna. I analysen har antalet personer skrivna på fastigheter använts utom för två sektorer som är belägna över hav och där inga personer finns bosatta. I de fallen har befolkningsunderlaget för nyckelområden använts. /16/

6 Risk

Begreppet risk har olika betydelse beroende på i vilket sammanhang man använder begreppet. I riskanalyser uttrycks risk oftast som en sammanvägd värdering av sannolikhet och konsekvens för en viss skadehändelse.

6.1 Samhällsrisk

I denna analys beräknas en samhällsrisk vilket innebär ett riskmått för alla de människor som vistas inom ett område och därigenom kan bli utsatta för t ex ett utsläpp. Detta riskmått används ofta vid analyser av t ex stora industrikomplex som exponerar många människor över stora områden, vid oavsiktliga utsläpp av toxiska gaser, riskbetonade verksamheter som ligger i närheten av skolor, sjukhus, bostadsområden etc samt vid transportaktiviteter som fördelar risker utefter transportleden.

För att beskriva samhällsrisk används oftast FN-kurvor vilka visar sambandet mellan den ackumulerade frekvensen (F) och antal omkomna eller alternativt antal drabbade (N). Ett annat sätt att beskriva samhällsrisk är att beskriva den som ett tal som uttrycker förväntat antal omkomna per år.

6.2 Acceptabel risk och riskvärdering

När risken har kvantifierats är nästa steg att värdera densamma och komma fram till om risken kan anses acceptabel eller inte. För att en risk ska kunna bestämmas vara acceptabel eller ej måste det ske någon sorts riskvärdering. Syftet med riskkriterier är i första hand att underlätta denna värdering och därmed ett politiskt beslut om riskens acceptans. I Sverige finns idag inga fastslagna officiella kriterier över storleken på risken men i /4/ föreslås riskkriterier som Det Norske Veritas har utarbetat. Kriterierna för samhällsrisk redovisas i tabell 6.1 nedan samt tabell 8.1.

Tabell 6. 1: Kriterier för samhällsrisk utarbetade av Det Norske Veritas./4/

Samhällsrisk	N = 1	N = 10	N = 100
Övre gräns för "gråzon"	10^{-4} [år ⁻¹]	10^{-5} [år ⁻¹]	10^{-6} [år ⁻¹]
Undre gräns för "gråzon"	10^{-6} [år ⁻¹]	10^{-7} [år ⁻¹]	10^{-8} [år ⁻¹]

Den s k "gråzonen" som benämns i tabell 6.1 motsvarar området mellan den övre och undre gränsen, risker inom detta område är acceptabla om rimliga åtgärder har vidtagits medan risker under denna zon ej anses vara acceptabla. Den engelska beteckningen på "gråzonen" är ALARP (As Low As Reasonable Practical).

Huruvida en risk kan anses acceptabel eller inte är svårt att avgöra och flera olika faktorer måste beaktas vid tagandet av ett beslut. I /17/ anges ett flertal faktorer som påverkar den acceptabla risknivån:

- **Nyttan av den aktuella risken**
De flesta människor är beredda att acceptera högre risker om de har någon nytta av den verksamhet som risken utgörs av.

- **Riskenivån**
Vilka åtgärder och kostnader som krävs för att reducera riskenivån påverkar också acceptansen, ju större åtgärder som krävs för att reducera risken desto högre riskenivå accepteras oftast.
- **Rishtagandets frivillighet**
Graden av frivillighet att utsätta sig för en risk har stor betydelse för acceptansen, ju mindre påtvingad en risk är desto större tolerans finns det för den risken.
- **Egenskaper hos dem som utsätter sig för en risk**
Ska egenskaper hos de människor som risken angår vara avgörande för samhällets beslut, är vissa människor mer värda än andra på grund av ålder, familjesituation och nytta för samhället.
- **De eventuella dödsfallens tidsfördelning**
Om en risk orsakar omedelbara konsekvenser anses den ofta som allvarligare än den risk som har en mer fördröjd skadeverkan.
- **Katastrofer och stora olyckor**
Människor uppfattar ofta risker som kan kopplas ihop med stora olyckor och katastrofer som större än de risker som orsakar mindre olyckor lite då och då (jmf. kärnkraft och bilkörning).
- **Risakupplevelsen**
Hur folk upplever risker är väldigt individuellt varierande, risker som gäller folk i allmänhet överskattas oftast gentemot risker som gäller den enskilda individen. Vissa risker framkallar dessutom en naturlig oro hos de människor som de riktar sig emot.

Hur en risk ska värderas är föremål för en mängd diskussioner världen över. Länder som t.ex. Holland och Storbritannien har fastslagna riskkriterier för både nya och befintliga anläggningar för att precisera toleransen mot stora olyckor inom industri-anläggningar. I diagram 6.1 nedan visas de kriterier för samhällsrisk som används i Holland. Risker som hamnar över linjen i diagrammet är oacceptabla.

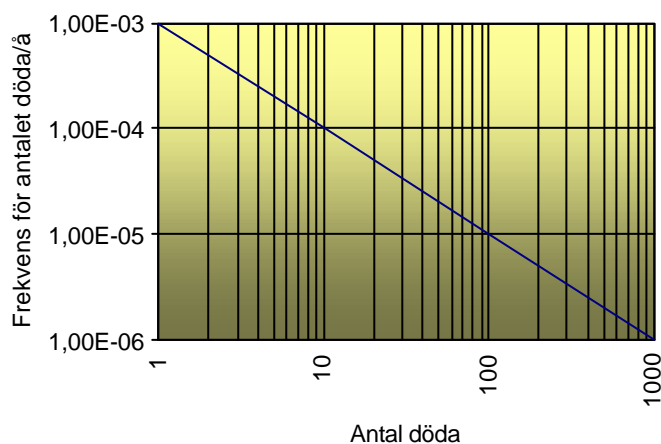


Diagram 6.1: Holländska kriterier för samhällsrisk

De förslag på riskkriterier för samhällsrisk som presenteras i /4/ uttrycks i risken att omkomma medan denna analys istället uttrycker samhällsrisk som den risk för att bli utsatt för en koncentration på 100 ppm. Direkta jämförelser mellan diagrammen är därför svåra att göra vilket läsaren bör vara observant på.

6.3 Riskreducerande åtgärder

För att kunna minska risken, d v s den samlade bedömningen av sannolikheten för en olycka och dess konsekvens, måste någon typ av riskreducerande åtgärder sättas in. I /4/ ges fyra huvudprinciper på åtgärder.

- **Inbyggd säkerhet**

Innebär att risken reduceras genom att potentiella riskkällor tas bort eller reduceras. Detta kan t ex innebära att farliga kemikalier byts ut till mindre farliga, minskning av volymer, nyttjande av lägre tryck, temperatur eller koncentration samt minskning av tekniska eller mänskliga fel.

- **Olycksförebyggande åtgärder**

Avser att minska sannolikheten för att en skadehändelse skall uppstå. Detta kan åstadkommas genom bättre tillförlitlighet hos komponenter, införande av övervakande/ingripande system, bättre instruktioner, utbildning av personal mm.

- **Preventiva skadebegränsande åtgärder**

Åtgärder som vidtas innan en olycka har inträffat och vars syfte är att minska en olyckas konsekvens. Åtgärderna kan vara införande av passiva eller aktiva brandskyddssystem, invallningar, längre avstånd.

- **Akuta skadebegränsande åtgärder**

Syftet är också här att begränsa konsekvensen av en olycka men skillnaden mot de preventiva åtgärderna är att de sätts in då en olycka redan inträffat. Åtgärderna kan vara larmrutiner, utrymning av förutbestämda områden samt andra räddnings- och bekämpningsinsatser.

7 Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten från riskanalysen i form av diagram över samhällsriskerna för de olika delarna av svaveldioxidhanteringen och de redovisas som FN-kurvor. Kurvorna har framtagits för de olika hanteringsstegen var för sig samt för den totala hanteringen. Fördelningar av de beräknade riskavstånden och tabeller över olika nyckelvärden finns presenterade i bilaga E.

7.1 Transport

Diagrammet nedan visar samhällsriskerna för transportdelen av hanteringen. Den flacka lutningen i början av kurvan innebär att en relativt sett stor andel olyckor kommer att drabba upp mot 100 personer.

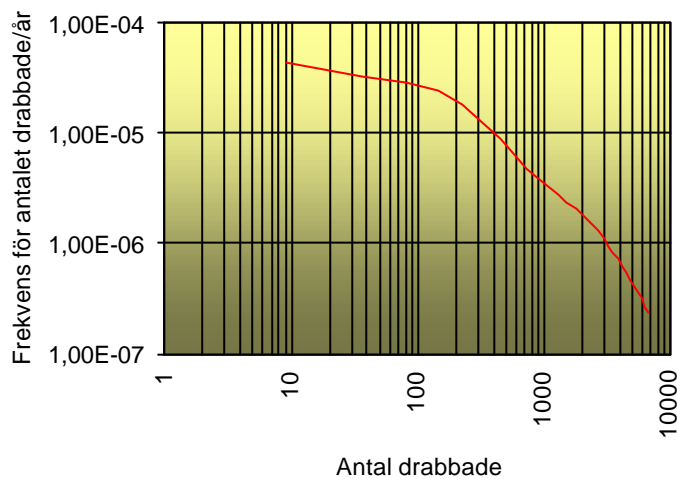


Diagram 7. 1: Samhällsriskerna för transportdelen av hanteringen.

7.2 Lossning

Diagrammet nedan visar samhällsriskerna för lossningsdelen av hanteringen.

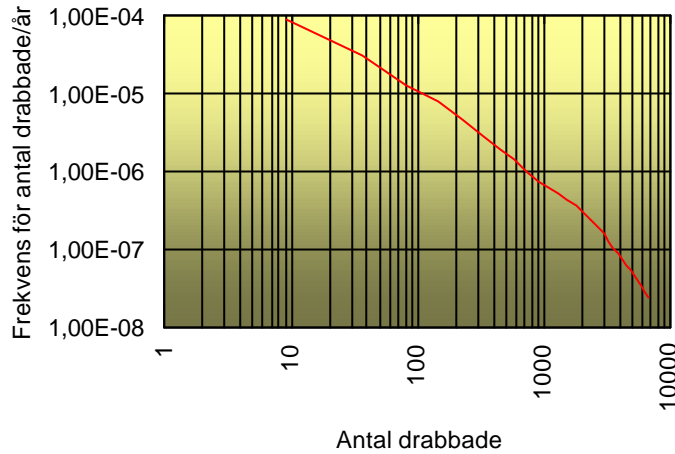


Diagram 7. 2: Samhällsriskerna för lossningsdelen av hanteringen.

7.3 Lagring

Diagrammen nedan visar samhällsriskerna för lagringsdelen av hanteringen. En uppdelning är gjord dels för läckage på grund av påkörning och dels för läckage från rör, fläns eller ventil samt för den totala samhällsriskerna för lagring.

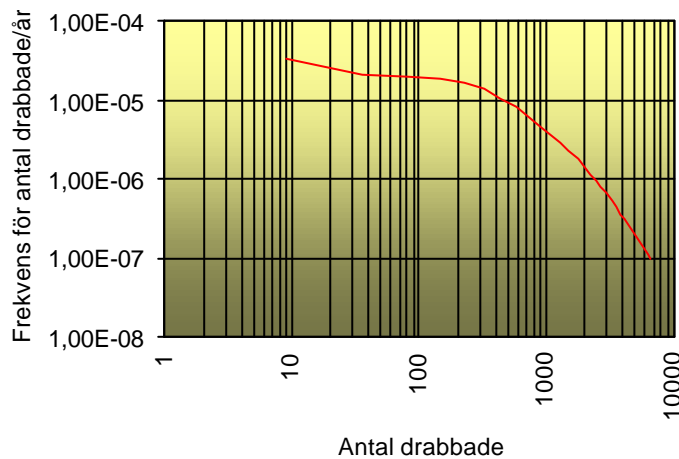


Diagram 7. 3: Samhällsriskerna för lagring: påkörning.

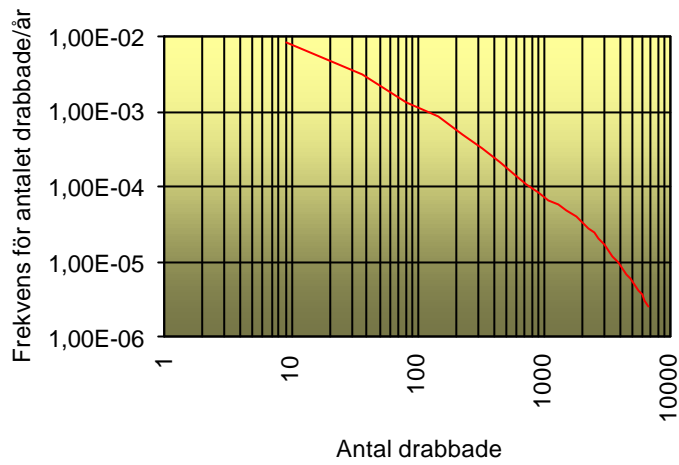


Diagram 7.4 Samhällsrisker för lagring: rör, fläns och ventil.

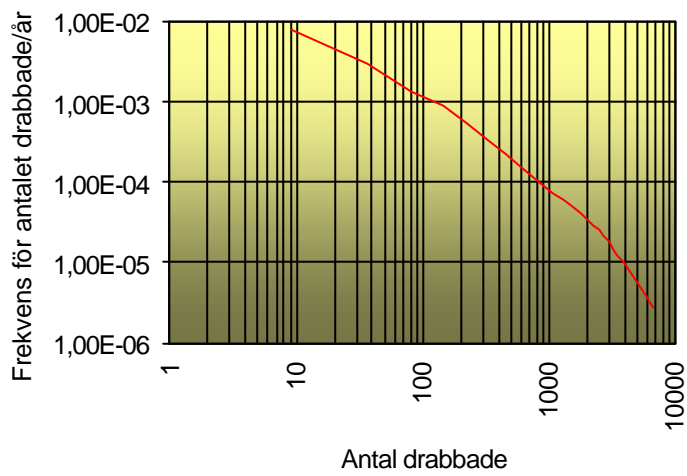


Diagram 7.5: Samhällsrisker för lagringsdelen av hanteringen.

7.4 Distribution

Diagrammet nedan visar samhällsriskerna för distributionsdelen av hanteringen.

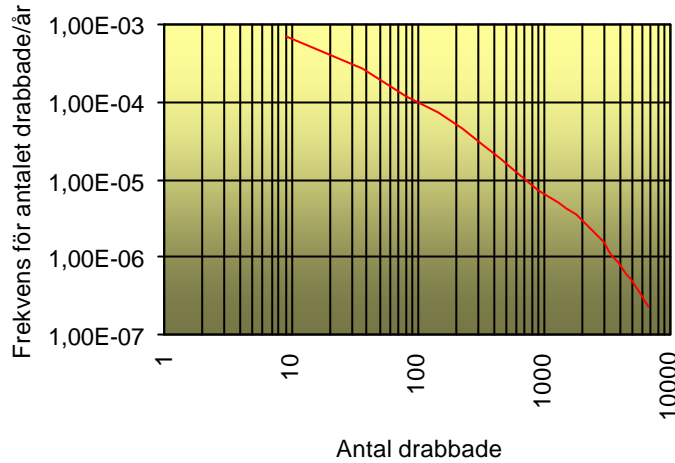


Diagram 7.6: Samhällsriskerna för distributionsdelen av hanteringen.

7.5 Total samhällsrisk

Diagrammet nedan visar den totala samhällsriskerna för svaveldioxidhanteringen. Ur detta kan tolkas som att under en hundraårs period kommer 10 personer att utsättas för en koncentration motsvarande 100 ppm.

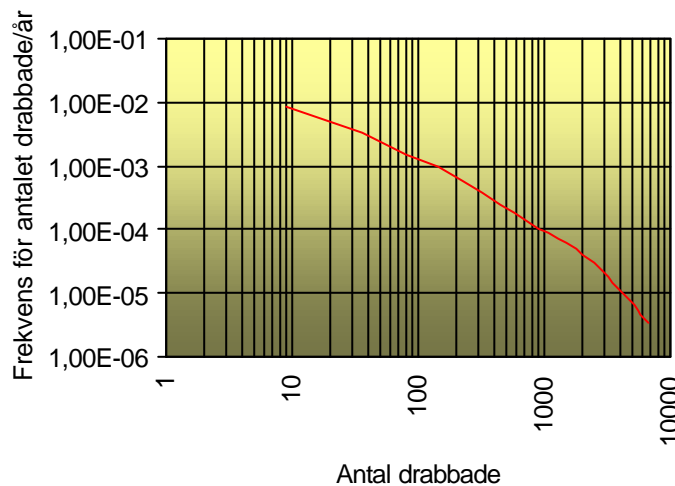


Diagram 7.7: Den totala samhällsriskerna för svaveldioxidhanteringen

8 Diskussion

Detta kapitel innehåller en sammanfattande diskussion och försök till att jämföra olika vedertagna riskkriterier med de resultat som erhållits i denna analys. Vid en jämförelse med dessa riskkriterier måste observeras att de mäter antalet döda som konsekvens. Avslutningsvis lämnas förslag på riskreducerande åtgärder för svaveldioxidhanteringen vid Korsnäs AB.

Resultatet av denna riskanalys i form av samhällsrisker för de olika skadehändelserna samt en total samhällsrisk för hela hanteringen skall inte ses som något absolut och exakt mått på den risk som svaveldioxidhanteringen vid Korsnäs AB medför. Den skall främst användas för att kunna jämföra de olika momenten i hanteringen och avgöra i vilka moment som eventuella riskreducerande åtgärder främst skall sättas in. Resultaten skall även användas som en jämförelse med de riskkriterier som kan anses vara acceptabla i dagens samhälle.

8.1 Jämförelse med riskkriterier

En direkt jämförelse av samhällsrisker mot de riskkriterier som tillämpas i t ex Holland (se kap 6.2) är svår att göra. Dessa riskkriterier gäller visserligen för befintliga anläggningar men konsekvensen mäts i antalet döda. I denna riskanalys mäts konsekvensen i antalet drabbade av ett utsläpp. Den dimensionerande koncentrationen 100 ppm innebär sjukhusvård för flertalet av de drabbade men hur många av dessa som avlider är mycket svårt att säga. Flera faktorer inverkar vid en verklig händelse. Människor kan befinna sig inomhus eller ha möjlighet att snabbt sätta sig i säkerhet inomhus, de kan ha möjlighet att snabbt komma ur ett gasmoln etc. Om man antar att 10% av de drabbade avlider innebär detta vid en jämförelse med de Holländska riskkriterierna att samhällsrisker för lagring ligger över acceptabel risk och distributionens bidrag till samhällsrisker ligger ungefär i nivå med acceptabel risk.

Vid en jämförelse med de riskkriterier som framtagits av Det Norske Veritas och med antagandet att 10% av de drabbade avlider, framgår att den totala samhällsrisker för svaveldioxidhanteringen ligger över den acceptabla risknivån.

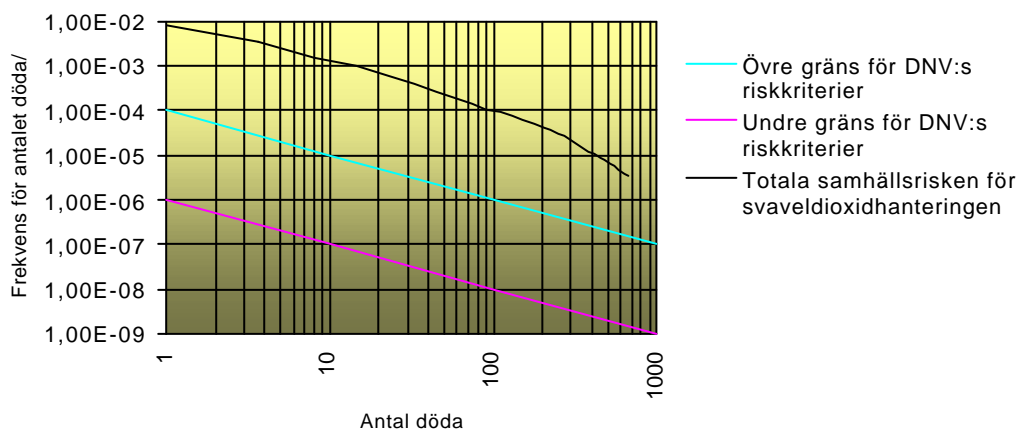


Diagram 8.1: Jämförelse med DNV:s riskkriterier

8.2 Förslag till åtgärder

Vid avgörandet av vilka riskreducerande åtgärder som skall vidtas i första hand bör man främst inrikta dessa mot den del av hanteringen som innebär störst risk för samhället. Man måste givetvis även beakta de kostnader som åtgärderna innebär kontra nyttan av åtgärderna. Är åtgärderna mycket kostsamma och riskreduceringen liten finns kanske andra åtgärder inom andra delar av hanteringen som är mer kostnadseffektiva.

Vid en jämförelse av samhällsriskerna för de olika delarna av hanteringen ses att lagringen innebär störst risk följd av distributionen (se diagram 8.2).

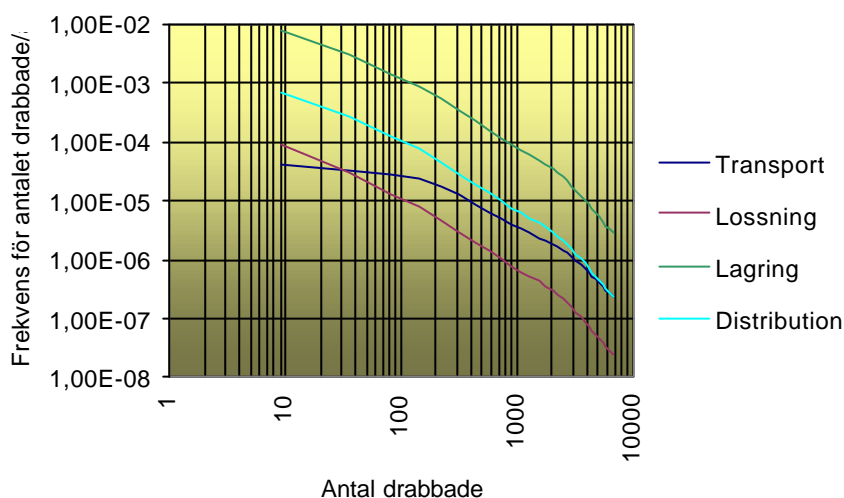


Diagram 8.2: Jämförelse av samhällsriskerna för de olika hanteringsstegen

Eftersom lagring och distribution av svaveldioxiden är den del av hanteringen som innebär störst risk bör åtgärder sättas in mot dessa delar. En åtgärd som skulle ge mycket stora positiva effekter är en inbyggnad av lagringstankarna. Denna åtgärd utreds för närvarande vid Korsnäsfabriken, nämligen att utnyttja två stycken tankar som finns i reaktorbyggnaden i anslutning till lossningsstationen. Dessa har tidigare använts för lagring av klor men står nu tomma och skulle utan större justeringar kunna användas för lagring av svaveldioxid istället. Denna åtgärd skulle innebära att ett utsläpp främst skulle begränsas till byggnaden och dess närområde.

Olycksförebyggande åtgärder avser att minska sannolikheten för att en skadehändelse skall uppstå. Dessa åtgärder kan vara en kontroll av dagens rutiner för personal, underhåll mm. Täta inspektioner av ingående komponenter är viktiga för att upptäcka eventuella brister i systemet.

En noggrann insatsplanering för en eventuell olycka är av mycket stor betydelse för att kunna förbereda räddningspersonalen, få en kortare insatstid och begränsa konsekvenserna för människor. Den kan även fungera som ett utmärkt beslutsstöd för räddningsledaren så att viktiga åtgärder inte förbises. Vid en större kemikalieolycka där tredje man riskerar att drabbas är samverkan med andra aktörer i samhället viktig. Bland dessa kan nämnas sjukvård, polis, krisgrupper, länsstyrelse, miljö & hälsa.

Insatsplaneringen kan även ligga som en grund för övnings- och utbildningsverksamheten både för företagets personal och räddningstjänsten.

9 Referenser

- /1/ *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis.* (1989). New York, NY: Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers.
- /2/ *Korsnäs Årsredovisning 1997.* Gävle: Korsnäs AB
- /3/ OH-bilder från driftsingenjör Mats Persson
- /4/ Davisson, G., Lindgren, M., & Mett, L. (1997). *Värdering av risk.* Karlstad: Räddningsverket, Risk- och miljöavdelningen.
- /5/ Harms Ringdahl, L. (1995). *Riskhantering och ledningssystem för säkerhet, hälsa och miljö.* Stockholm: Institutet för riskhantering och säkerhetsanalys.
- /6/ *Att skydda och rädda liv, egendom och miljö. Handbok i kommunal riskanalys inom räddningstjänsten.* (1989). Karlstad: Räddningsverket.
- /7/ Hamilton, G. (1996). *Risk management 2000.* Lund: Studentlitteratur.
- /8/ *Farligt gods – riskbedömning vid transport.* (1996). Karlstad: Räddningsverket.
- /9/ Fredén, S. (1994). *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods. VTI rapport, nr 387:2.* Linköping. Väg- och transportforskningsinstitutet.
- /10/ Cox, A. W. et al. (1990). *Hazardous Locations.* England: Institution of Chemical Engineers.
- /11/ Lee, F.P. & Ang, M.L. (1994). *Safety Cases within the Control of Industrial Major Accident Hazards (CIMAHA-regulations).* England, Sevenoaks: Butterworths.
- /12/ *CHEMS-PLUS, Chemical Hazard Evaluation MethodS,* (1991), Cambridge, MA: Arthur D. Little, Inc.
- /13/ Fisher, S. et al. (1995). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker.* Stockholm: Försvarets Forskningsanstalt.
- /14/ Personlig konsultation med Bo Koch, FOA.
- /15/ *@Risk, Windows Version,* (1995), Newfield, NY: Palisade Corporation.
- /16/ Befolkningsdata från Kaj Waldenby, Bygg & Miljö, Gävle kommun.

- /17/ Holmgren, Å. (1997). *Att hantera och förutsäga risker för stora olyckor - en idéstudie med tillämpning på kemikaliehantering*. Karlstad: Räddningsverket, Risk- och miljöavdelningen.
- /18/ *Farligt godskort nr 27*, Stockholm: Svenska Brandförsvarsföreningen.

Bilaga A

Frekvensberäkningar

I denna bilaga redovisas de frekvensberäkningar som gjorts i analysen för varje undersökt delsteg av svaveldioxidhanteringen.

A.1 Frekvenser för olycka under transport på järnväg

Frekvenserna för en olycka med en tankvagn innehållande SO₂ under transport på fabriksområdet beräknas enligt den modell som utvecklats av Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI) och beskrivs närmare i /8/. Modellen baseras på statistik över olyckshändelser på svenska järnvägar.

Frekvensen för en olycka med farligtgods vagnar (F) beräknas enligt:

$$F = F1 + F2 + F3 + FR \quad (\text{ekv. A.1})$$

där: F1 = olycksfrekvens för urspårningar
 F2 = olycksfrekvens för kollision tåg-tåg
 F3 = olycksfrekvens för kollision vid plankorsning
 FR = olycksfrekvens vid rangering

Nedan följer beräkningsgången för varje delkomponent:

Olycksfrekvens för urspårning (F1)

$$F1 = AT \cdot S \cdot TAF \cdot 2.5 (Utif + UTof) \quad (\text{ekv. A.2})$$

Järnvägssträckan på fabriksområdet uppgår till 2 kilometer och dess spårkvalité är svår att avgöra och har därför antagits vara av ospecificerad kvalité.

Enligt uppgift från företaget anlände under 1997, 85 stycken vagnar med svaveldioxid till företaget. Vagnarna kommer en åt gången och följaktligen har 85 stycken tågsätt anlänt till området.

Genomsnittligt antal vagnar per tågsätt har valts till 10 stycken varav en lastad med svaveldioxid och en med klorat. De resterande åtta vagnarna utgörs av tomma godsfinor. De båda farligtgods vagnarna är av boggietyper medan de övriga vagnarna har enkla vagnaxlar.

Förklaring av beteckningar och använda värden redovisas nedan i tabell A.1.

Tabell A. 1: Beteckningar och använda värden för uträkning av olycksfrekvens för urspårning.

Beteckning	Beskrivning	Värde
AT	Antal tåg med farligt gods per år [st]	85
S	Spåravsnittets längd [km]	2
TAF	Tågets medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, farligtgods vagnar [st]	4
UTif	Urspårningstal, spårfel, boggiévagnar	$7.3 \cdot 10^{-9}$
UTof	Urspårningstal, ej spårfel, normalgodsvagnar	$4.0 \cdot 10^{-9}$

Med värden hämtade ur tabell A.1 ger ekvation (A.2):

$$F1 = 1.9 \times 10^{-5} \text{ år}^{-1}$$

Olycksfrekvens för kollision tåg-tåg (F2)

Denna term sätts lika med noll p g a antagandet att inga andra tågrörelses förekommer samtidigt på spåret.

$$F2 = 0$$

Olycksfrekvens för kollision vid plankorsning (F3)

$$F3 = AT \cdot 2 \cdot (PK1 \cdot FKV1 + PK2 \cdot FKV2 + PK3 \cdot FKV3) \quad (\text{ekv. A.3})$$

På fabriksområdet finns fem stycken plankorsningar med varierande skydds nivå. Förklaring av beteckningar och använda värden redovisas nedan i tabell A.2.

Tabell A. 2: Betäckningar och använda värden för beräkning av olycksfrekvens för kollision vid plankorsning

Beteckning	Beskrivning	Värde
AT	Antal tåg med farligt gods per år [st]	85
PK1	Antal plankorsningar med bommar [st]	2
FKV1	Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon per plankorsning med bommar	$5 \cdot 10^{-8}$
PK2	Antal plankorsningar med ljus och ljud [st]	2
FKV2	Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon per plankorsning med ljus o ljud	$15 \cdot 10^{-8}$
PK3	Antal plankorsningar utan skydd [st]	1
FKV3	Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon per plankorsning utan skydd	$2 \cdot 10^{-8}$

Ekvation (A.3) ger:

$$F3 = 7.14 \times 10^{-5} \text{ år}^{-1}$$

Olycksfrekvens vid rangering (FR)

$$FR = TAF \cdot 1.2 \cdot 10^{-6} \quad (\text{ekv. A.4})$$

Värdet på TAF är här samma som i tabell A.1. Ekvationen anger förväntat antal urspårningar och kollisioner vid rangering per rangeringstillfälle. Enligt uppgifter från företaget rangeras vagnarna om 2 gånger innan de når lossningsstationen. För att få ett korrekt värde på olycksfrekvensen krävs alltså att ekv. A.4 multipliceras med en faktor 2.

$$FR = 2 \cdot 4 \cdot 1.2 \cdot 10^{-6} = 0.96 \times 10^{-5} \text{ år}^{-1}$$

Förväntad frekvens av olyckor med farligtgoods vagnar

Ekvation A.1 ger nu:

$$F = 1.9 \cdot 10^{-5} + 7.14 \cdot 10^{-5} + 0.96 \cdot 10^{-5} = \mathbf{1 \cdot 10^{-4}} \text{ år}^{-1}$$

I /8/ behandlas hur ofta ett läckage uppstår vid en olycka på järnväg enligt ovanstående tillbud. För tjockväggiga tankar, godkända för transport av kondenserade gaser, anges sannolikheten för att ett utsläpp ska ske givet en olycka till 0.01.

Alltså blir frekvensen för en farligtgoodsolycka med ett utsläpp som sluthändelse:

$$F = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 0.01 = \mathbf{1 \cdot 10^{-6}} \text{ år}^{-1}$$

I /8/ anges också sannolikheten för olika stora utsläpp enligt följande:

Tabell A. 3: Sannolikheten för olika utsläppsfall givet en olycka. /8/

Utsläppsfall	Sannolikhet
Litet	0.625
Medelstort	0.207
Stort	0.167

I denna analys behandlas dock bara två olika utsläppsfall nämligen ett stort och ett litet. Sannolikheten att dessa olika fall ska uppstå har därför antagits utifrån värdena i tabell A.3 och redovisas nedan i tabell A.4.

Tabell A. 4: I denna analys använda sannolikheter för olika utsläppsfall givet en olycka modifierade från värdena i tabell A.3.

Utsläppsfall	Sannolikhet
Litet	0.729
Stort	0.271

Resulterande frekvenser för ett stort respektive litet utsläpp av svaveldioxid givet en transportolycka på järnväg blir alltså enligt tabell A.5.

Tabell A.5: Frekvenser för utsläpp orsakat av en transportolycka på järnväg.

Skadehändelse	Frekvens för utsläpp [år^{-1}]
Litet utsläpp	$7.3 \cdot 10^{-5}$
Stort utsläpp	$2.7 \cdot 10^{-5}$

A.2 Frekvenser för olycka under lossningen

Vid beräkning av den totala felfrekvensen för lossningssystemet måste de ingående komponenternas (ventiler, flänsar etc) sammanlagda bidrag beräknas. Denna kallas vidare delfrekvens (F_d) och beräknas enligt $F_d = \text{antal komponenter} \cdot \text{komponentens felfrekvens} \cdot \text{operationstid/år}^{(1)}$. Orsaken till att operationstiden måste beaktas är att lossningsstationen inte används kontinuerligt utan endast under pågående lossning av svaveldioxid.

Tabell A. 6: Frekvenser för olika komponenter och utsläppsfall för lossningen.

Komponent	Antal	Stort läckage		Litet läckage	
		Felfrekvens för enskild komponent/år (F)	Delfrekvens/år (F _d)	Felfrekvens för enskild komponent/år (F)	Delfrekvens/år (F _d)
Slang	1	1.5·10 ⁻⁶ /år och 50 operationer	2.55·10 ⁻⁶	1.5·10 ⁻⁴ /år och 50 operationer	2.55·10 ⁻⁴
Rör	50 m	1.1·10 ⁻⁵ /m	1.6·10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	1.45·10 ⁻⁴
Ventil	3	1.1·10 ⁻⁴	9.57·10 ⁻⁶	10 ⁻³	8.7·10 ⁻⁵
Fläns	5	10 ⁻⁴	1.45·10 ⁻⁵	10 ⁻³	1.45·10 ⁻⁴
			S 4.3·10⁻⁵		
					S 6.3·10⁻⁴

$$1) \text{ operationstiden} = \frac{85 \text{ ggr} / \text{år} \cdot 3 \text{ tim} / \text{ggr}}{365 \cdot 24} = 0.029 \text{ år}$$

A.3 Frekvenser för olycka under lagring.

Vid beräkning av den totala felfrekvensen för lagringsdelen måste de ingående komponenternas (ventiler, flänsar etc) sammanlagda bidrag beräknas. Denna kallas vidare delfrekvens (F_d) och beräknas enligt F_d = antal komponenter · komponentens felfrekvens. I tabellen nedan redovisas beräkningen av felfrekvensen av de olika enskilda komponenterna.

Tabell A.7: Frekvenser för olika komponenter och utsläppsfall för lossningen.

Komponent	Antal	Stort läckage		Litet läckage	
		Felfrekvens för enskild komponent/år (F)	Delfrekvens/år (F _d)	Felfrekvens för enskild komponent/år (F)	Delfrekvens/år (F _d)
Rör	15 m	1.1·10 ⁻⁵	1.65·10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	1.5·10 ⁻³
Ventil	14	1.1·10 ⁻⁴	1.54·10 ⁻³	10 ⁻³	1.4·10 ⁻²
Fläns	30	10 ⁻⁴	3·10 ⁻³	10 ⁻³	3·10 ⁻²
			S 4.7·10⁻³		
					S 4.6·10⁻²

Sannolikheten för att en lagringstank skall skadas av en påkörningsolycka är mycket svår att uppskatta. För att erhålla en rimlig storleksordning på sannolikheten har en jämförelse gjorts med resultatvärdet från frekvensberäkningen gällande kollision vid plankorsning mellan tåg och tungt fordon (F2) (se bilaga A.1).

Reduceras denna frekvens sedan med en faktor 100 för att erhålla frekvensen att ett utsläpp sker p g a kollisionen och sedan med sannolikheterna för att erhålla ett stort respektive ett litet utsläpp (se bilaga A.1) fås följande frekvenser:

$$\text{Litet utsläpp: } 7.14 \cdot 10^{-5} \cdot 0.01 \cdot 0.729 = \mathbf{5.2 \cdot 10^{-5} \text{ år}^{-1}}$$

$$\text{Stort utsläpp: } 7.14 \cdot 10^{-5} \cdot 0.01 \cdot 0.271 = \mathbf{1.9 \cdot 10^{-5} \text{ år}^{-1}}$$

A.4 Frekvenser för olycka under distribution.

Beräkningen av frekvenser för distributionsdelens komponenter sker analogt med beräkningen för lagringsdelen och redovisas i tabell A.8 nedan.

Tabell A.8: Frekvenser för olika komponenter och utsläppsfall för distributionsdelen.

Komponent	Antal	Stort läckage		Litet läckage	
		Felfrekvens för enskild komponent/år (F)	Delfrekvens/år (F _d)	Felfrekvens för enskild komponent/år (F)	Delfrekvens/år (F _d)
Rör	20 m	$1.1 \cdot 10^{-5}$	$2.2 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}	$2.0 \cdot 10^{-3}$
Fläns	2	10^{-4}	$2 \cdot 10^{-4}$	10^{-3}	$2.0 \cdot 10^{-3}$
			S $4.2 \cdot 10^{-4}$		S $4.0 \cdot 10^{-3}$

A.5 Sammanfattning av beräknade frekvenser

Tabell A.9: Beräknade frekvenser för samtliga analyserade skadehändelser och utsläppsfall.

Analyserad del	Skadehändelse	Frekvens för utsläpp [år^{-1}]
Transport	Stort utsläpp	$2.7 \cdot 10^{-5}$
	Litet utsläpp	$7.3 \cdot 10^{-5}$
Lossning	Stort utsläpp	$4.3 \cdot 10^{-5}$
	Litet utsläpp	$6.3 \cdot 10^{-4}$
Lagring	Påkörning, stort utsläpp	$1.9 \cdot 10^{-5}$
	Påkörning, litet utsläpp	$5.2 \cdot 10^{-5}$
	Stort utsläpp	$4.7 \cdot 10^{-3}$
	Litet utsläpp	$4.6 \cdot 10^{-2}$
Distribution	Stort utsläpp	$4.2 \cdot 10^{-4}$
	Litet utsläpp	$4.0 \cdot 10^{-3}$

Bilaga B

Vind och stabilitetsklass

B.1 Vindriktning

Vindriktningen är av stor betydelse vid ett utsläpp av kondenserad gas då den avgör åt vilket håll gasmolnet kommer att driva och vilka områden som kommer att beröras. Nedanstående diagram visar en fördelning av vindriktningar från de tre senaste årens mätningar som gjorts kontinuerligt vid Korsnäs AB:s fabriksområde.

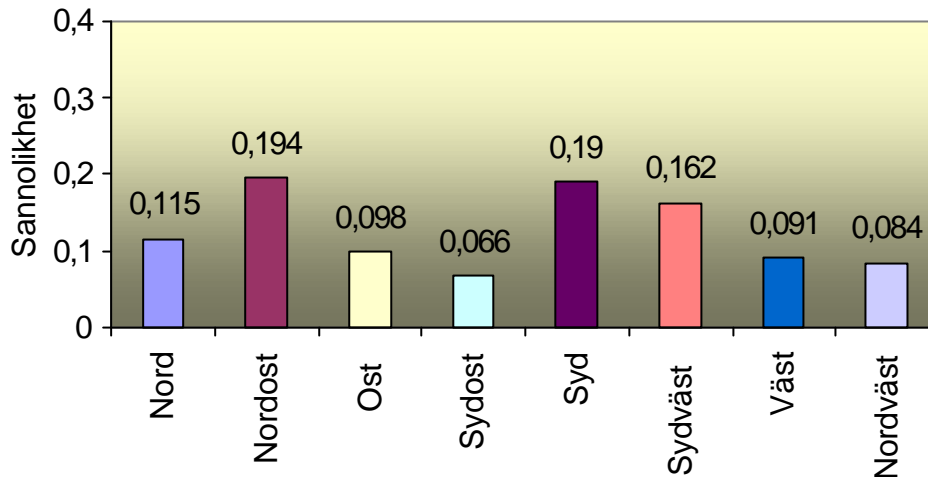


Diagram A.1: Sannolikhetsfördelning av vindriktning.

B.2 Stabilitetsklasser

I atmosfären rör sig ständigt luft med olika temperatur. Dessa temperaturskillnader ger upphov till vertikala accelerationer eller lyftkrafter (buoyancykrafter) i luften vilket innebär att turbulens bildas. Denna acceleration är riktad uppåt om luftpaketet är varmare än omgivningen och nedåt om den är kallare än omgivningen. Beroende på vädertyp, mark- och lufttemperatur mm uppstår olika mer eller mindre stabila skiktningar i atmosfären. Är det en stabil skiktning motverkas vertikala rörelser vilket leder till mindre turbulens och mindre spridning uppåt i atmosfären. Det motsatta förhållandet råder vid instabil skiktning. Det finns ett flertal sätt att klassificera en atmosfärs stabilitet. I /11/ används s k Pasquill-klasser som innebär en indelning i klasser, från A-F. Dessa benämns enligt:

- A: Extremt instabilt
- B: Måttligt instabilt
- C: Svagt instabilt
- D: Neutralt
- E: Svagt stabilt
- F: Måttligt-extremt stabilt

Från de väderdata som erhållits från Korsnäs AB finns inte någon stabilitetsklassificering enligt ovan. Från vinddata, tid på året samt beaktande av vindriktning och temperatur har därför en uppskattning gjorts av hur ofta de olika stabilitetsklasserna förekommer. Nedanstående diagram visar en uppskattad fördelning av hur

ofta olika stabilitetsklasser förekommer vid Korsnäs AB. Data kommer från mätningar som kontinuerligt gjorts under de tre senaste åren vid fabriksområdet.

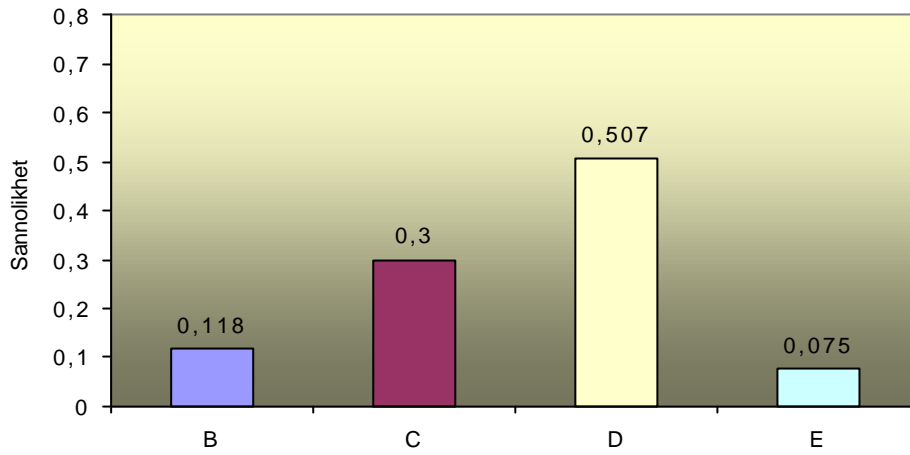


Diagram A.2: Sannolikhetsfördelning av stabilitetsklasser.

Bilaga C

Fördelningar

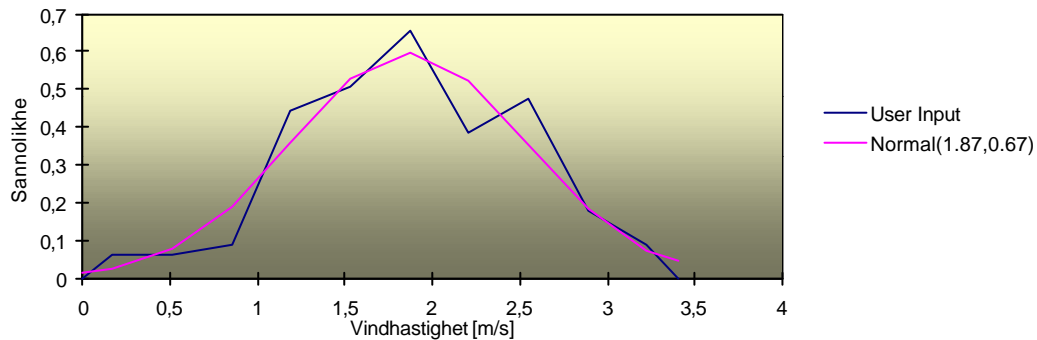
För simulering av ett svaveldioxidutsläpp vid Korsnäs AB har programmet @Risk använts för beräkning av riskavstånd. Som indata till programmet används en konstant tillsammans med ett antal variabler, i detta fall håldiameter, kontraktionsfaktor, ytråhet och vindstyrka. Dessa variabler ges en fördelning vilket innebär att man utifrån observerade värden anpassar en viss typ av kurva som överensstämmer så bra som möjligt till dessa observerade värdena. Saknas observationer måste en ingenjörsmässig bedömning göras och den fördelning man tror överensstämmer så bra som möjligt med verkligheten väljs. Nedan ges en genomgång av alla de fördelningar som används i analysen.

C.1 Vind

Från de väderdata som erhållits från Korsnäs AB har en bedömning gjorts av vilken stabilitetsklass som rått under olika dagar. För alla dagar med stabilitetsklass B har vindstyrkan den dagen använts som indata i ett hjälpprogram till @Risk, BestFit som automatiskt anpassar värdena till den fördelningskurva som bäst överensstämmer med observationerna. I vissa fall kan högre och lägre vindstyrkor förekomma i respektive stabilitetsklass, då sätts dessa som yttervärden i fördelningen. Analogt har detta gjorts för stabilitetsklass C, D och E.

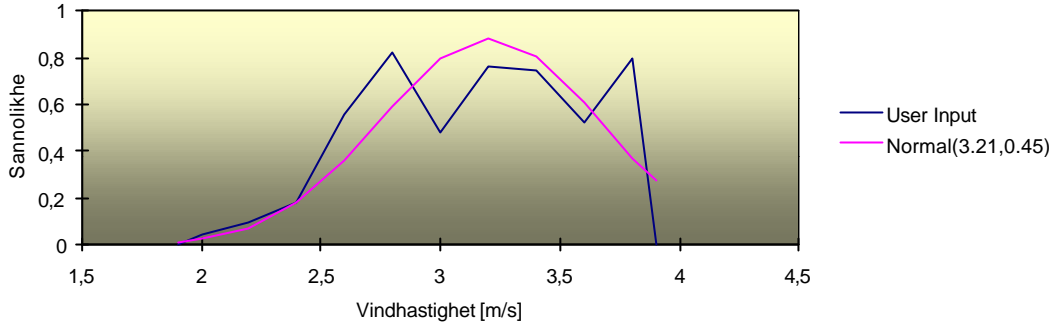
Stabilitetsklass B: 99 st observationer, max 3.4 m/s, min 0 m/s

Fördelningskurva: TNormal(1.87,0.67,0,4)



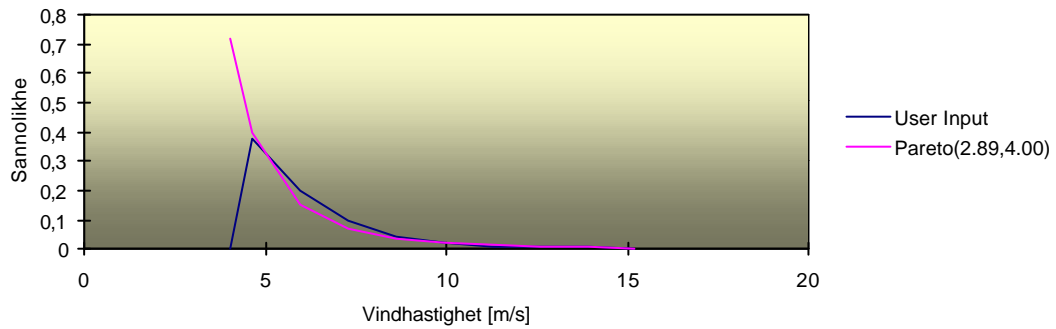
Stabilitetsklass C: 250 st observationer, max 3.9 m/s, min 1.9 m/s

Fördelningskurva: TNormal(3.21,0.45,2,5)



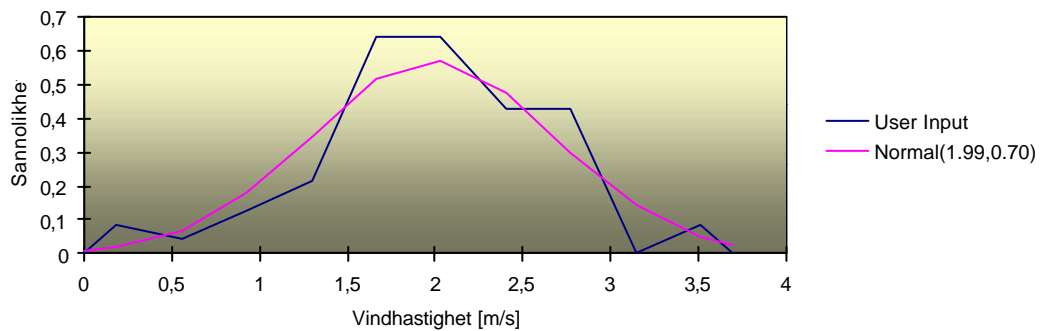
Stabilitetsklass D: 424 st observationer, max 17.2 m/s, min 4 m/s

Fördelningskurva: Pareto(2.89,4)



Stabilitetsklass E: 63 st observationer, max 3.7 m/s, min 0 m/s

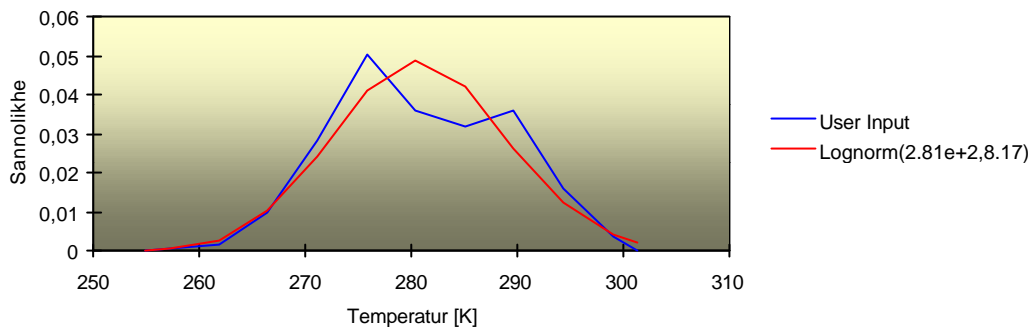
Fördelningskurva: TNormal(1.99,0.7,0,4)



C.2 Temperatur

Omgivningens temperatur påverkar trycket i en lagringstank om detta inte hålls konstant med extern trycksättning. Eftersom källflödet vid ett utsläpp beror av trycket har temperaturen betydelse för de riskavstånd som uppkommer. Nedanstående diagram visar en fördelning av hur temperaturen varierat under de tre senaste åren. Data kommer från mätningar som kontinuerligt gjorts under vid fabriksområdet.

Fördelningskurva: $T\text{Lognormal}(281,8.17,243,303)$



C.3 Kontraktionsfaktor

Kontraktionsfaktorn (C_d) är en variabel som beror på utsläppshålets utseende. Maximalt värde för C_d är 1.0. Enligt /11/ är C_d för utifrån intryckt hål 0.5, skarpkantat hål 0.6 och hål med rundade kanter 0.95. I analysen har valts en triangulär fördelning (0.5,0.6,0.95) utifrån en ingenjörsmässig bedömning.

C.4 Ytråhet

Ytråheten beror av underlagets skrovlighet, d v s hur mycket hinder som finns på marken. Ju högre hinder desto mer turbulens bildas. En generell tumregel är att ytråheten kan uppskattas till ca 10 % av de enskilda hindrens höjd vilket innebär att ytråheten för stor skog är ca 1 m och för jordbruksområde ca 0.1 m /11/. I analysen har valts en triangulär fördelning (0.01,0.5,1) utifrån en bedömning av närliggande områden vid Korsnäs AB.

C.5 Håldiameter

I analysen har ett stort och ett litet läckage antagits som tänkbara skadehändelser för lagringstank, rör och järnvägsvagn.. För respektive skadehändelse har en fördelning av håldiameter antagits genom en ingenjörsmässig bedömning. Följande fördelningar gäller för de olika skadehändelserna

Tabell C.1: Valda fördelningar för håldiameter.

Skadehändelse	Komponent	Fördelning
Stort läckage	Lagringstank, järnvägsvagn	Tlognormal(34,10,12,120)
Litet läckage	Lagringstank, järnvägsvagn	Tlognormal (5,3,0.01,12)
Stort läckage	Rör	Tlognormal (10,10,4,40)
Litet läckage	Rör	Tlognormal (10,10,0.01,4)

Bilaga D

Konsekvensberäkningar

Nedan följer en utförlig beskrivning av den beräkningsgång som använts för att beräkna den totala samhällsrisk som hanteringen av svaveldioxid vid Korsnäs AB utgör. De olika stegen redovisas nedan.

D.1 Variabelanalys

För att rangordna de faktorer som har störst betydelse för riskavståndets storlek givet ett utsläpp har en variabelanalys utförts med dataprogrammet CHEMS-PLUS. Utifrån denna analys har de fyra faktorer som visat sig ha störst påverkan på riskavstånden bestämts, och dessa används sedan som variabler i framtagningen av regressionsuttryck.

D.2 Spridningsberäkningar

För att bestämma de riskavstånd som uppstår vid olika utsläpp har inledningsvis ett stort antal simuleringar utförts med CHEMS-PLUS. Med indata av bl a de variabler som bestämts i variabelanalysen, utför programmet spridningsberäkningar som bl a ger avstånd till en förutbestämd koncentration. Dessa avstånd används som grunddata i regressionsuttrycken.

D.3 Regressionsuttryck

Ett regressionsuttryck är ett matematiskt uttryck som är anpassat till sambandet mellan de undersökta variablerna. Vid framtagning av ett regressionsuttryck används riskavstånd samt de olika variablerna som indata i dataprogrammet Excel. Regressionsuttryck har framtagits för tre scenarios kombinerat med fyra stabilitetsklasser.

D.4 Framtagning av riskavstånd

För framtagning av riskavstånd används dataprogrammet @Risk som simulerar olika utsläppsscenarios. Regressionsuttrycken som erhållits används i @Risk som beräkningsformel. Som indata i simuleringarna används statistiska fördelningar av de variabler som analyseras. Ett valfritt antal simuleringar utförs och programmet väljer slumpmässigt värden för variablerna vid varje simulering. Simuleringarna resulterar i en mängd statistiska data som t ex sannolikheten för att ett utsläpp skall ge ett visst riskavstånd, sannolikhetsfördelning av riskavstånd, förväntat riskavstånd, minsta och största riskavstånd mm. Sannolikheterna kan fås både i tabellform och som diagram.

D.5 Beräkning av samhällsrisk

Från de kumulerade sannolikheterna för riskavstånden har värden valts för intervall på 200 m. Dessa värden multipliceras med sannolikheterna för vindriktning och stabilitetsklass och som resultat fås sannolikheten för att riskavståndet blir 200 m, 400 m etc vid ett utsläpp oberoende av vindriktning och stabilitetsklass. Dessa sannolikheter multipliceras med utsläppsfrekvenserna för de olika skadehändelserna vilket ger sannolikheten för att ett utsläpp skall ge ett riskavstånd givet en bestämd skadehändelse.

Ur befolkningsunderlaget beräknas ett genomsnitt på hur många personer som är skrivna i varje sektor. En beräkning görs därefter på antal personer som antas befinna sig inom cirklar med 200 m intervall.

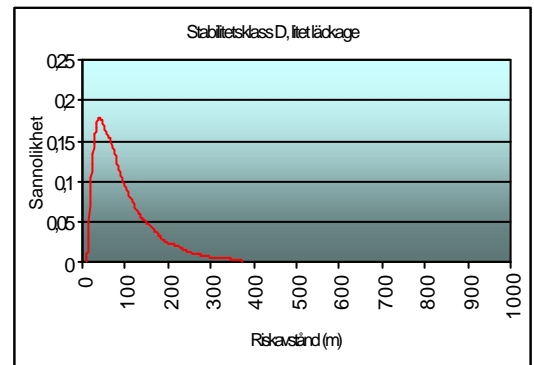
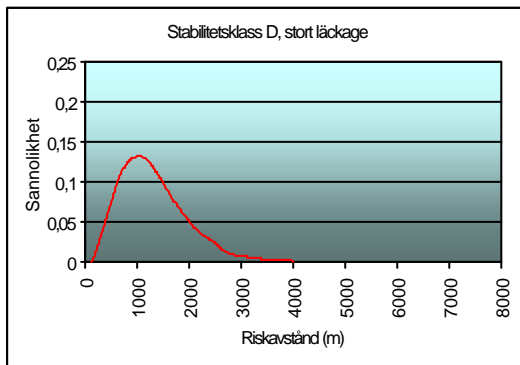
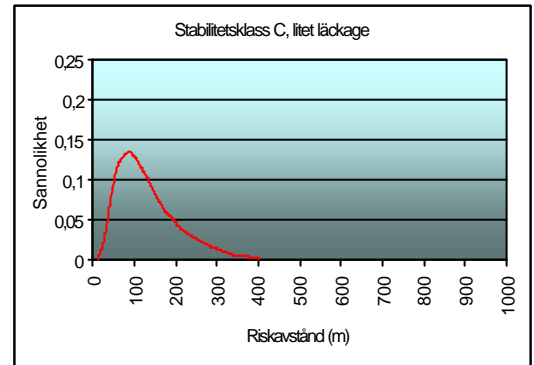
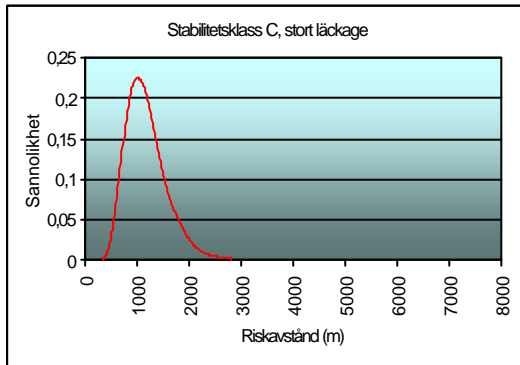
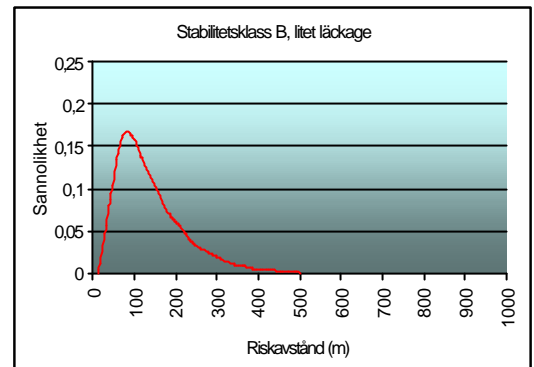
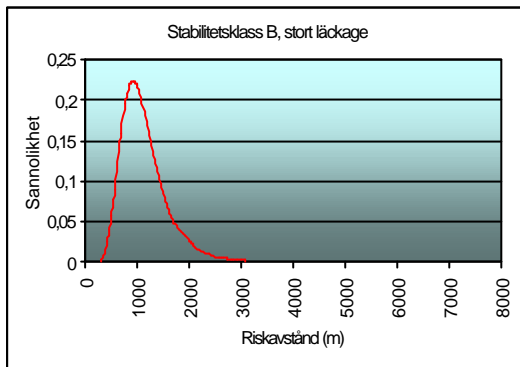
Slutligen kombineras sannolikheten för de olika riskavstånden med det antal personer som antas befinna sig inom dessa för de olika skadehändelserna. Som resultat fås samhällsrisker för varje skadehändelse och denna presenteras i diagramform som FN-kurvor.

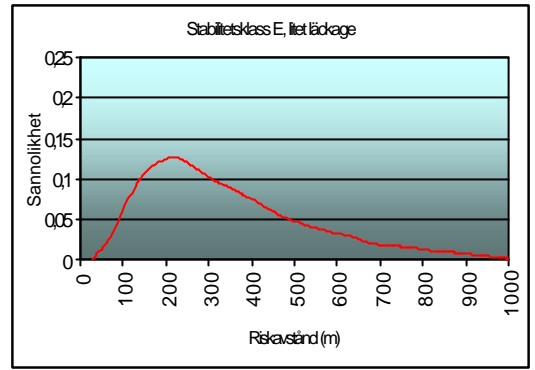
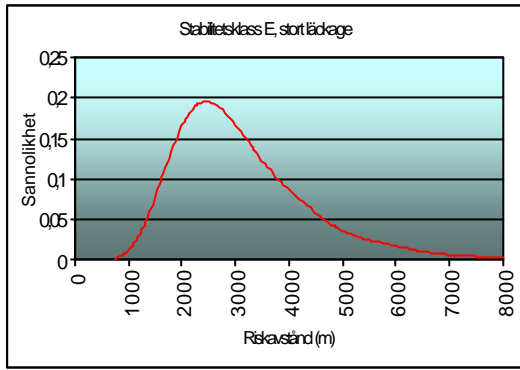
Bilaga E

Riskavstånd

E.1 Lagringstank

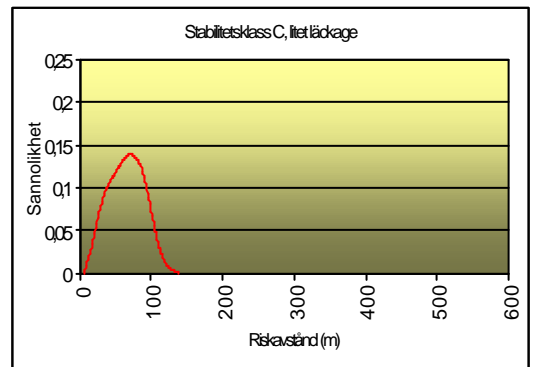
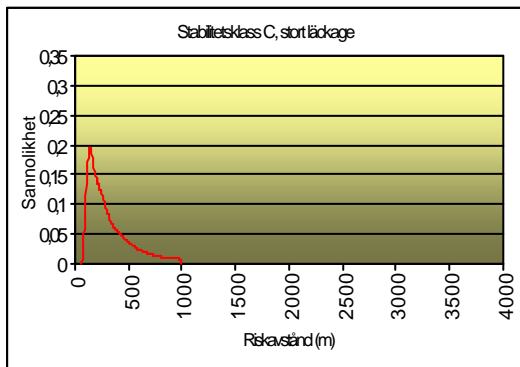
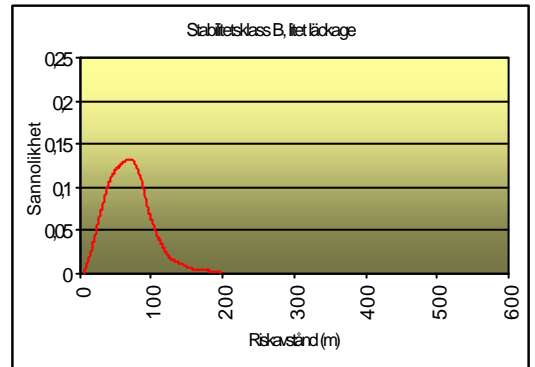
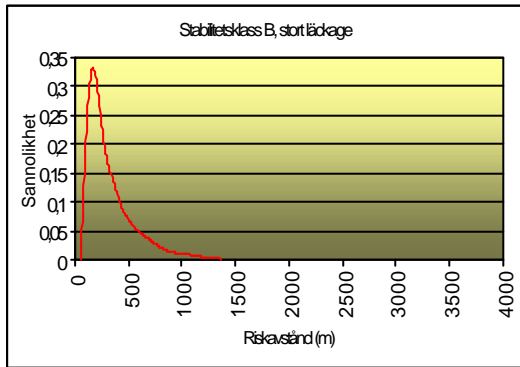
Läckagetyp	Stabilitetsklass	Medelvärde	95% percentil	Maxvärde	Minvärde
Stort	B	1 154 m	2 043 m	62 200 m	258 m
Litet	B	141 m	306 m	8 580 m	8 m
Stort	C	1 161 m	1 915 m	3 970 m	305 m
Litet	C	133 m	284 m	490 m	11 m
Stort	D	1 311 m	2 578 m	7 550 m	8 m
Litet	D	95 m	246 m	534 m	0.8 m
Stort	E	3 215 m	5 836 m	96 350 m	672 m
Litet	E	374 m	825 m	13 140 m	18 m

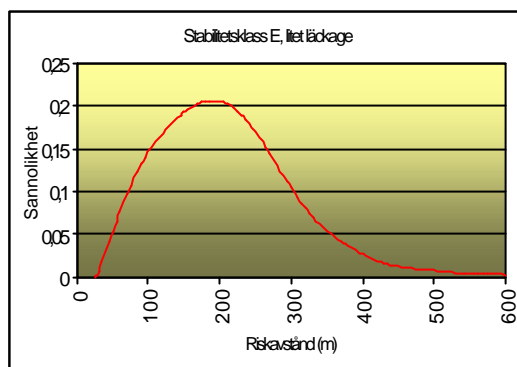
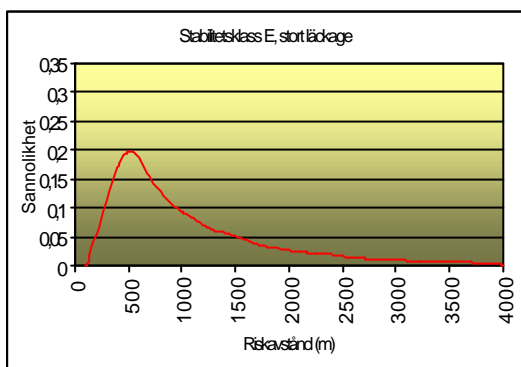
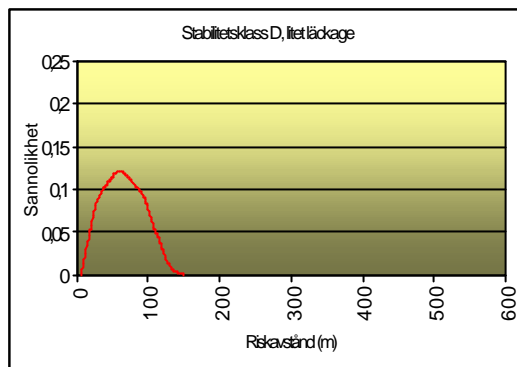
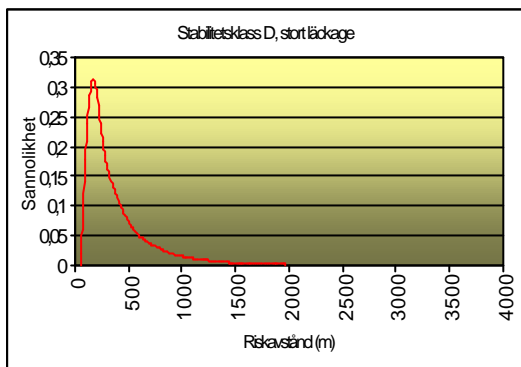




E.2 Rör

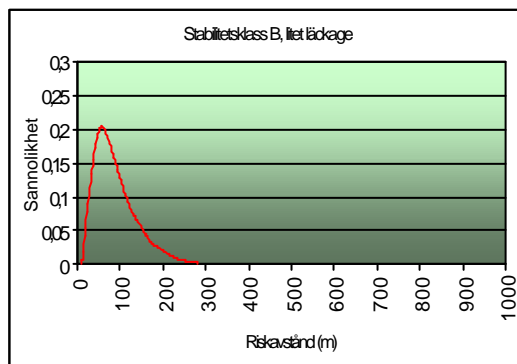
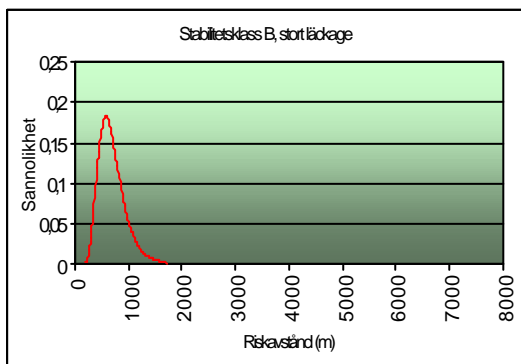
Läckagetyp	Stabilitetsklass	Medelvärde	95% percentil	Maxvärde	Minvärde
Stort	B	348 m	886 m	10 195 m	63 m
Litet	B	70 m	126 m	2 240 m	2 m
Stort	C	336 m	868 m	1 780 m	78 m
Litet	C	64 m	104 m	154 m	4 m
Stort	D	362 m	965 m	2 185 m	16 m
Litet	D	65 m	113 m	165 m	52m
Stort	E	1 211 m	3 318 m	50 700 m	200 m
Litet	E	211 m	393 m	4 300 m	10 m

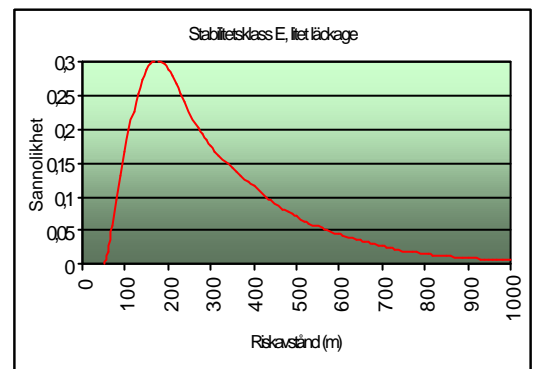
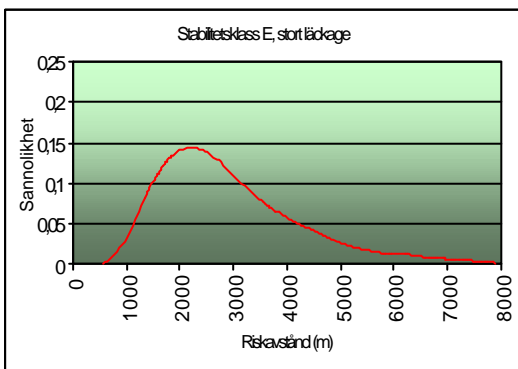
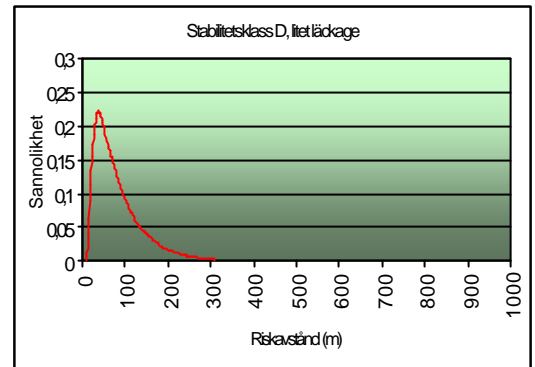
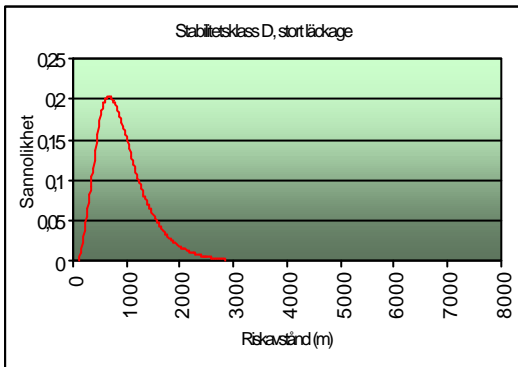
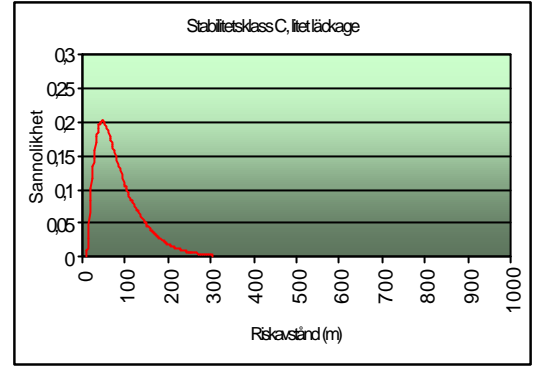
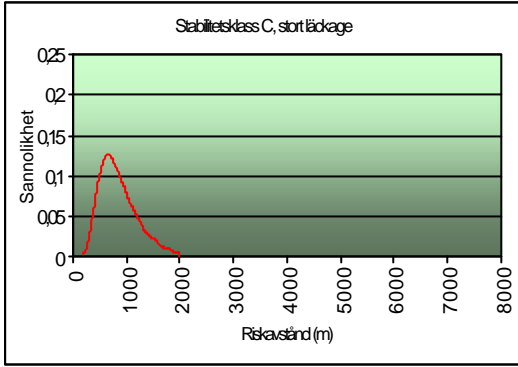




E.3 Järnvägsvagn

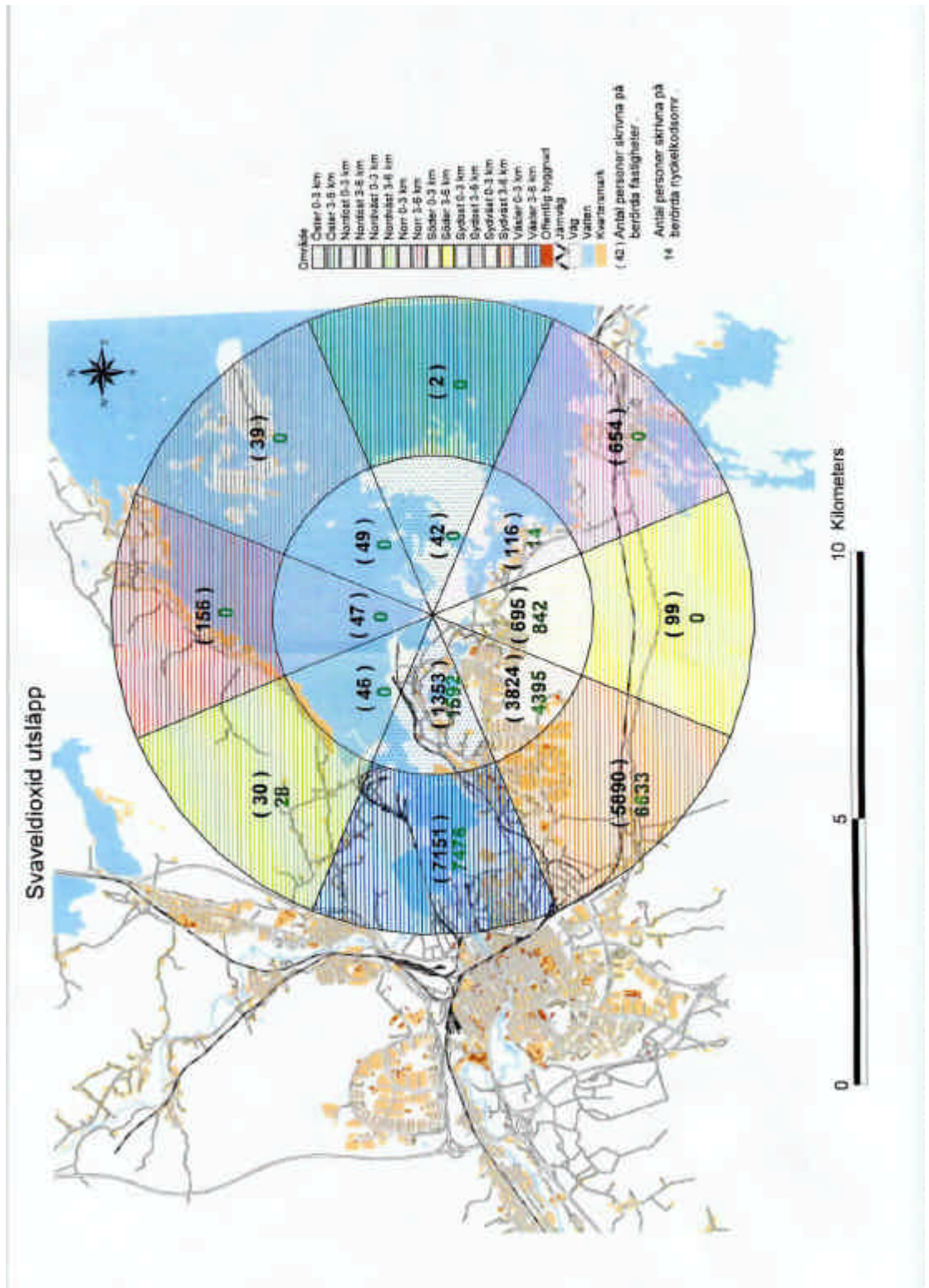
Läckagetyp	Stabilitetsklass	Medelvärde	95% percentil	Maxvärde	Minvärde
Stort	B	704 m	1 200 m	15 830 m	168 m
Litet	B	90 m	193 m	960 m	7 m
Stort	C	883 m	1 669 m	4 690 m	133 m
Litet	C	87 m	202 m	520 m	6 m
Stort	D	940 m	1 183 m	5610 m	56 m
Litet	D	80 m	202 m	515 m	2 m
Stort	E	3 149 m	6 218 m	478 300 m	483 m
Litet	E	303 m	723 m	15 620 m	16 m





Bilaga F

Befolkningsunderlag



Bilaga G

Fakta Svaveldioxid

Egenskaper:	<p>Färglös gas med stickande lukt. Svaveldioxid hanteras komprimerad eller kyld till färglös vätska. Om gasen löses i vatten bildas svavelsyrlighet. Ingen brand- eller explosionsfara men mycket stor hälsofara samt måttlig miljöfara.</p> <p>Största riskerna med svaveldioxid är förgiftning, frätskador samt köldskador. Hosta och bröstsmärtor kan uppstå vid 10 ppm, 400 ppm är livsfarligt vid kort exponering.</p>
Data:	<p>Densitet 1460 kg/m³ Smältpunkt -76° C Kokpunkt -10° C Ångtryck 340 kPa Kritisk temperatur 157° C Lättlöslig i vatten (10 vikt%) Mättnadskoncentration 100% Hygieniskt gränsvärde 5 ppm (TGV) Förorebarhetsgräns ca 1 ppm</p>
Akut skadeverkan:	<p>Gasen verkar kraftigt irriterande på ögon, slemhinnor och fuktig hud. Flytande svaveldioxid och utströmmande aerosol verkar starkt frätande och kan ge köldskada. I kontakt med fukt eller vatten bildas frätande svavelsyrlighet.</p>
Symptom:	<p>Inandning- stark sveda i ögon, näsa, mun och svalg. Hosta, andnöd. Vid höga halter risk för svullnad och kramp i struphuvudet, svår allmänpåverkan (chock), medvetlöshet och lungödem (vätskeutgjutning i lungorna)</p> <p>Hudkontakt- sveda, rodnad, ev frätskada (speciellt på fuktig hud), ev köldskada.</p> <p>Ögonstänk- gasformig svaveldioxid ger stark sveda, tårflöde och ev frätskada. Flytande svaveldioxid ger frätskada och köldskada. /18/</p>