

ASTRID FISKEEXPORT AB

EN KVANTITATIV ANALYS AV DE RISKER SOM DEN AMMONIAKANLÄGGNING SOM FINNS HOS ASTRID FISKEEXPORT AB INNEBÄR FÖR ANLÄGGNINGENS NÄRMILJÖ I RÖNNÄNG

Utförd av
AJ Risk Engineering AB
Anders Jacobsson och

Øresund Safety Advisers AB
Karl Hedvall

2006-06-01

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	3
Allmänt.....	3
Individuell risk, riskkonturer	3
Samhällsrisk, FN-kurvor	4
BAKGRUND OCH SYFTE	5
OMFATTNING	5
METOD	6
ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR	7
__Haveriscenarier	7
__Populationsscenario	7
__Meteorologiskt scenario	8
__Övriga förutsättningar	8
KRITERIER FÖR SKADEEFFEKTER.....	9
KRITERIER FÖR RISKTOLERANS	10
FÖRSLAG TILL RISKKRITERIUM.....	10
DETALJERAD BEHANDLING –DETALJFÖRUTSÄTTNINGAR OCH RESULTAT ..	11
Definition av haveriscenarier	11
Redovisning av källstyrka och spridningsberäkningar mm	11
Riskkonturer (individuell risk) för hela verksamheten	11
OSÄKERHETER I RESULTAT	11
LITTERATURREFERENSER.....	12
BILAGOR A.1 – A.5, samt B.1 – B.4	14

SAMMANFATTNING

Allmänt

Flera intressenter har sett ett behov av att utvärdera den risk som hanteringen av ammoniak på Astrid Fiskexport AB utgör på det omkringliggande samhället i Rönnäng på Tjörn.

Riskerna kring den befintliga kylanläggningen med ammoniak på Astrid Fiskexport AB får anses vara tolerabla. Beräkningar med en s.k. kvantitativ riskanalys, med ett stort antal tänkbara haveriscenarier, visar att riskerna med god marginal kan anses vara tolerabla jämförda med gängse internationellt synsätt och därvid använda riskkriterier.

Den s.k. individrisken (för en enskild oskyddad person som uppehåller sig vid närmaste husbebyggelse) är endast c:a 10% av det oftast använda toleranskriteriet. Den s.k. samhällsrisk (för hela det omkringliggande samhället) har en marginal till normalt använda kriterier på många tusen gånger.

(Anledningen till att vi hänvisar till internationella kriterier – framför allt till vad som praktiseras i Holland och England – är att det inte finns några formellt fastställda kriterier i Sverige. Samma kriterier har också använts av AJ Risk Engineering AB i flera arbeten i Sverige under de senaste tio åren)

Slutsatsen är att man utan tvekan bör kunna tolerera existensen av ammoniakanläggningen som den är. Dock, kan man med några smärre förändringar höja säkerheten ytterligare. Dessa förändringsförslag presenteras i Bilaga B.4. Installation av skadebegränsande åtgärder, t.ex. skrubber-installationer, anses ej vara motiverat.

De viktigaste förklaringarna till att installationen uppvisar förhållandevis låg risk är bl.a.:

1. Utsläppsmängderna blir även i de värsta scenarierna relativt små.

En anledning till detta är att merparten av ammoniakerna föreligger vid atmosfärstryck (eller lägre tryck) och motsvarande jämviktstemperatur (-30/-40°C). Detta innebär att det inte finns någon egentlig inneboende energi för att omgående förångna stora mängder ammoniak adiabatiskt vid ett eventuellt utsläpp. Hastighetsbestämmande för förångningen blir värmeöverföringen från de ytor som ammoniakerna rinner ut på, vilket innebär förhållandevis låg förångning.

Dessutom innebär det faktum att största delen av den vätskeformiga ammoniakerna (som ju kan ge störst gasmängd) återfinns inomhus, att den gasmängd som går ut i det fria och kan påverka omgivningen minskar, utjämnas och späds ut jämfört med den omedelbara utsläppshastigheten inomhus. Med några undantag blir även de stora haveriscenarierna relativt måttliga betraktade som utsläpp i det fria.

2. Ammoniakgas är visserligen giftig, men de facto inte alls lika giftig som exempelvis klorgas och svaveldioxid. Man tål ända upp mot 5000 ppm under 10-15 minuter innan fara för dödsfall föreligger, 1700 ppm är starkt hostretande och skadligt efter 30

minuter (FOA Rapport E40011) (1) . Detta innebär att nästan inget av de framtagna scenarierna kommer åstadkomma dödsfall bland befolkningen i samhället – helt bortsett från att sannolikheten för sådana scenarier är ytterst låg. (Dödsfall är den konsekvens som beräknas i beräkningsmodellen och används i toleranskriterierna). Ammoniakgas har vidare en distinkt och frän lukt vid koncentrationer långt under vad som kan medföra allvarliga toxiska effekter, vilket medför att människors flyktbeteende initieras tidigt och ger personer en god möjlighet att undkomma.

3. Sannolikheten för utsläpp av en sådan storlek att de menligt kan påverka hälsan hos allmänheten utanför fabriken är mycket låg – i storleksordningen 0.00001 eller 0.000001 per år. Siffrorna för haverier av olika sorters utrustning är hämtade från ett välkänt standardverk, "Dutch Purple Book" (2). Efter att ha inhämtat information om status och den fortlöpande tillsyn som utövas på ammoniakanläggningen, görs bedömningen att dessa standardsiffror är rimliga att använda.

Individuell risk, Riskkonturer

Riskkonturer uttrycker sannolikheten för att en enskild, oskyddad person som kontinuerligt uppehåller sig på samma plats i de riskfyllda verksamheternas omgivning skall drabbas av dödsfall på grund av vådahändelser på den studerade anläggningen. Riskkonturer för verksamheten som studerats framgår av bilaga A1. För detaljer, se under DETALJERAD BEHANDLING -RESULTAT OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Som framgår av en jämförelse med de föreslagna toleranskriterierna ligger risknivån från Astrid Fiskexport AB i Rönning långt under dessa toleranskriterier. Kurvan 10^{-5} , sannolikhet för ett enskilt dödsfall 1 gång på 100 000 år för oskyddade människor ligger uteslutande inom Astrid Fiskexports mark. Om vi enbart betraktar riskerna för bostadsområdena finns en marginal på 10 gånger gentemot riskkriteriet vid de närmaste bostäderna.

Samhällsrisk, FN-kurvor

Samhällsrisk avser risken för en grupp människor som befinner sig inom effektzonen för en eller flera tänkbara olyckor. Samhällsriskmåttan tar således hänsyn till hur många som kan påverkas av en olycka. Samhällsrisken presenteras oftast i form av s.k. FN-kurvor, vilka visar den frekvens med vilken olyckor med olika stora konsekvenser (mätt i antal omkomna) kan förväntas inträffa i det studerade systemet.

Resultaten av samhällsriskberäkningarna redovisas i form av FN-kurvor i bilaga A.2. För detaljer kring beräkningarna, se under

DETALJERAD BEHANDLING -RESULTAT OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Som framgår av en jämförelse med de av undertecknade föreslagna toleranskriterierna innebär studiens resultat att samhällsriskenivån med mycket god marginal kan anses vara tolerabel.

För att få lite perspektiv på riskerna med de stora konsekvenserna kan nämnas följande: Sannolikheten att bli träffad av blixten och dö är c:a 1 gång på 10 000 000

år. Detta motsvarar alltså kurvan 10^{-7} per år bland riskkonturerna. Kurvan 10^{-5} motsvarar ungefär sannolikheten för en person att dö p.g.a. brand i allmänhet. För att få lite perspektiv på FN-kurvorna kan nämnas att sannolikheten för ett meteoritnedslag i bebyggda trakter, något som kan leda till 100-tals eller ännu fler dödsfall, är i storleksordningen 10^{-9} till 10^{-10} per år.

BAKGRUND OCH SYFTE

AJ Risk Engineering AB haft i uppdrag att utföra denna riskanalys. Riskanalysen skall kunna användas som underlag för att avgöra om den befintliga verksamheten på Astrid Fiskexport AB kan anses utgöra en tolerabel risk för det omkringliggande samhället. Analysen skall även innehålla förslag till eventuella riskreducerande åtgärder.

Frågan om riskerna kring Astrid Fiskexport AB har diskuterats under flera år och riskanalyser har utförts. Ett antal säkerhetshöjande åtgärder har vidtagits. Frågan är hur långt man skall gå. Tidigare har man inte egentligen definierat vad som kan vara en tolerabel nivå. Det görs här. Frågan har även aktualiserats i samband med bygglovsärenden.

Det mest accepterade sättet att behandla dessa allvarliga haverifall är med kvantitativ riskanalys, där resultatet uttrycks i form av risk, dvs en funktion av både sannolikhet och konsekvens. Resultatet jämförs mot något riskkriterium för tolerabel risk, som bygger på att även stora konsekvenser (t.o.m. dödsfall) kan anses vara tolerabla bara sannolikheten är tillräckligt låg. Sådana riskkriterier har i varje fall inte ännu gjorts officiella i Sverige, men de existerar i vissa europeiska länder sedan gammalt.

För att kunna använda resultaten av studien behöves därför ett ställningstagande om vad som är en tolerabel risknivå, uttryckt i samma termer som studiens resultat.

Syftet med studien är alltså att få ett kvantitativt mått på de risker som studerade verksamheter ger upphov till för omgivningen, väga resultaten mot rimliga toleranskriterier och därefter bedöma om ytterligare åtgärder bör vidtas.

OMFATTNING

Riskanalysen omfattar en kvantitativ värdering av risken att allvarligt skada människor i allmänheten som befinner sig i anläggningens närmiljö.

Med allvarligt menas här möjligheten till att orsaka dödsfall. Den studerade verksamheten är Astrid Fiskexport AB med avseende på den ammoniakanläggning som finns hos företaget. Riskerna för personal eller andra som befinner sig inne i anläggningen eller på anläggningens tillhörande tomt har ej beaktats. Resultat av studien uttrycks i form av s.k. riskkonturer för individuell risk och FN-kurvor för samhällsrisk (grupprisk). Båda måtten uttrycks i form av sannolikhet för dödsfall. Se nedan för definition.

Analysen har omfattat definition av

- Haveriscenarier (11 basfall av utsläpp från den fasta ammoniakanläggningen)
- Populationsscenarier (ett dag- och ett nattscenario, det vill säga två scenarion).
- Meteorologiskt scenario

Med de definierade scenarierna som utgångspunkt har beräknats konsekvenser och sannolikheter. I detta fall uttrycks resultatet som sannolikheten för att människor som uppehåller sig i närheten förolyckas p.g.a. giftverkan, vilket är den påverkansform som ammoniakutsläpp kan medföra. Med hjälp av generella samband kan man också dra vissa slutsatser om antal skadade.

METOD

En god inblick i hur arbetet med kvantitativ riskanalys bör bedrivas, får man i "Guidelines for Quantitative Risk Analysis" (3). I huvudsak har de metoder och arbetssätt som där redovisas varit vägledande för denna studie.

För arbetet har bl.a. använts ett datorprogram, SAVE, som utvecklats av ett holländskt ingenjörskontor med samma namn.

SAVE-programmet grundar sig på beräkningsmodellerna i "Dutch Yellow Book" (4) och "Dutch Green Book" (5), huvudsakligen utvecklade av TNO i Holland och publicerade av Directorate-General of Labour ("holländska Arbetarskyddsstyrelsen"). SAVE brukar användas t.ex. i Holland vid myndigheternas granskning och bedömning av industriverksamhet.

SAVE beräknar risker i form av sannolikhet för dödsfall för en enskild individ (riskkonturer) och samhörande värden mellan frekvens och antal dödsfall för grupper av individer (FN-kurvor).

Erforderlig input till programmet är haveriscenarier med källstyrkor, sannolikheter samt placering. Härutöver behövs ett populationsscenario, som definierar antalet människor i omgivningen av den aktuella verksamheten. Dessutom behövs ett meteorologiskt scenario med frekvenser för vindriktningar, vindhastigheter samt stabilitetsklasser.

Programmet gör för varje haveriscenario beräkningar av t.ex. spridning av ett gasmoln samt konsekvenser på människor i gasmolnets väg. Detta görs för ett stort antal meteorologiska delscenarier (72 st), varefter resultaten summeras och presenteras som riskkonturer och FN-kurvor.

Konstruktionen av en FN-kurva tillgår på så sätt att man för ett visst antal dödsfall (säg x stycken) summerar frekvenserna från alla de fall i beräkningarna vilka resulterat i x dödsfall eller i fler än x dödsfall. Genom att summera över alla utfall som vid beräkningarna resulterat i dödsfall för alla specificerade scenarier, erhålls den totala FN-kurvan i form av den ackumulerade frekvensen för N eller fler dödsfall för hela verksamheten.

ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR

I formuleringen av förutsättningar avgörs det mesta av resultatet. Den viktigaste delen i det sammanhanget är definitionen av de olika haveriscenarierna.

Haveriscenarier

Scenarierna har utarbetats genom studier av anläggningen. Informationen i studien har hämtats från process- och instrumenteringscheman, ritningar, besök på anläggningen samt intervju av anläggningens underhållstekniker.

Detta har gett information om fysikaliska betingelser och kvantiteter av ammoniak i anläggningens olika inventarier, systemets tekniska konstitution samt placering och underhållsmässighet.

Fasta industrianläggningar:

- 1) För varje scenario definieras storleken på hålet i den havererade ledningen, kärlet eller tanken. Tillsammans med uppgifter om tryck- och temperaturförhållanden mm kan därefter utsläppets storlek, s.k. källstyrka beräknas.
- 2) Sannolikheten, haverifrekvensen, har bedömts med utgångspunkt i anläggningens tekniska konstitution och dess underhållsmässighet, erfarenheter av liknande installationer hos andra företag och med stöd av allmänna uppgifter om haverifrekvenser hos olika typer av utrustning. T.ex. har "Guidelines for quantitative risk assessment", den så kallade "Purple Book" (2) använts. Utsläppets varaktighet har också definierats. Detta har gjorts med hänsyn till den mängd ammoniak som respektive inventarie innehåller. Utsläppets belägenhet definieras också genom att ange koordinater i det koordinatsystem som används.

Fullständiga definitioner av alla haveriscenarier med tillhörande motivering finns i bilaga B.1.

Populationsscenario

En annan grundförutsättning för arbetet är att definiera det antal människor som beräknas uppehålla sig i omgivningarna av studerade anläggningar och transportstråk. Här har använts två populationsscenarier: Ett dagscenario och ett nattscenario.

Vidare har antagits att 80 % av människorna befinner sig inomhus under dagtid och alltså 20 % utomhus. Under nattetid har motsvarande siffror ansatts till 90 % respektive 10 %.

Populationsscenarierna definieras i ett matrissystem med rutor. Här har valts att arbeta med en upplösning av 50 x 50 m på rutorna.

Populationsscenarierna framgår av bilaga A.3.

Vid definition av befolkningsscenario, som kan utsättas för riskerna, brukar man ta med allmänheten som bor eller på olika sätt uppehåller sig i omgivningarna av den

betraktade verksamheten. Närallgande industrier kan tas med, men oftast utelämnas dessa om beredskapen för en eventuell olycka är hög även där. För de arbetsplatser som finns i Astrid Fiskexport ABs närmiljö anses inte någon sådan beredskap finnas, varför personer på dessa arbetsplatser behandlas som en del av den övriga allmänheten.

För populationsberäkningarna har persontätheten i de respektive rutorna definierats genom:

- Information om personalstyrka för dag- respektive nattetid för verksamheter i närheten given av Astrid Fiskexport AB.
- Besök på ålderdomshem ca 250 m öster om Astrid Fiskexport AB
- För enskilda hushåll har antagits att 2,5 personer bor i varje lägenhet/villa. I de fall summan av antalet boende i en ruta ej utfallit som ett helt antal personer har antalet avrundats uppåt.
- För allmänna områden som småbåtshamn och gästhamn har en medelvärdering av antalet personer som förväntas befinna sig på dessa platser utförts.

Meteorologiskt scenario

De meteorologiska scenarierna har baserats på mätningar utförda av Luft i Väst samt ALARM-modellens databas, Vilka sammantaget utgör mätningar kombinerade med modellberäkningar för en tioårsperiod (1993-2002). Till detta har fogats vissa bedömningar av stabilitetsförhållandena i atmosfären vid olika vindhastigheter. Sammantaget har detta gett en modell av de meteorologiska förutsättningarna. Datorprogrammet behandlar sedan varje utsläppsscenario i 72 olika vädersituationer. Bilaga A.4 visar underlaget för de olika väderscenierna. Mätningarna är utförda i Stenungsund och bedöms vara representativa för Rönnäng.

Övriga förutsättningar

Vid utsläpp av giftig och luktande gas kommer människor att försöka ta sig ur gasmolnet. Datormodellen tar hänsyn till detta, och här har räknats med att flykthastigheten är 2 m/s.

Majoriteten av människorna (80 % under dagtid, 90 % nattetid) bedöms vara inomhus vid ett eventuellt haveri, något som ger ett relativt gott skydd mot giftverkan. I beräkningarna har ansatts en "normal" ventilationsfaktor, även om denna varierar för olika byggnader i omgivningen.

För gasspridningen har vidare antagits en genomsnittlig råhetsfaktor $z_0=0.1$ m - vilket motsvarar "normal sandy soil, gravel, railroad yard" och anses vara representativt för omgivningen i medeltal.

Det bör noteras att de använda spridningsmodellerna förutsätter att spridningen sker över i stort sett flackt land. Tunga gasmoln tenderar att utbreda sig i låglänta områden så länge som densiteten är högre än den omgivande luftens. Ett tungt gasmoln antar emellertid ofta efter ett tag omgivningens densitet, och då övergår

spridningen till ren atmosfärisk dispersion, och terrängens kupering har mindre betydelse.

KRITERIER FÖR SKADEEFFEKTER

Som tidigare sagts har i studien använts dödsfall bland människor som primärt mått på skadeeffekterna. Detta är det vanligast förekommande sättet att hantera konsekvenserna i denna typ av studier. Vi måste vara medvetna om att det är en starkt förenklad bild av ett skadefall. Givetvis måste det toleranskriterium som används vara så anpassat - dvs så strängt hållet - att det också ger tillräcklig marginal med hänsyn till antalet skadade personer.

De använda modellerna tar hänsyn till de akuttoxiska egenskaperna hos giftiga gaser - i detta fall ammoniak.

De grundläggande sambanden som används i modellen finns i Dutch Green Book (5).

Avgörande för vilken effekt som erhålles på människor av en exponering för toxiska ämnen är dosen, dvs tiden för exponeringen gånger koncentrationen. Påverkan varierar från individ till individ beroende på ett flertal faktorer.

Sannolikheten för dödsfall i samband med sådan exponering brukar uttryckas med s.k. Probit-funktioner. Dessa uttrycker sannolikheten för dödsfall som funktion av koncentration och tid. Det generella utseendet för sambandet är $Pr=a+b*\ln(c^n*t)$ där c är koncentrationen, t tiden och a, b och n är konstanter specifika för varje ämne eller annan påverkan.

För att få en allmän uppfattning om sambandet mellan antal skadade och antal döda kan användas följande uppskattade siffror för den toxiska gasen (ammoniak).

Man kan anta att det går i storleksordningen 10 svårt skadade per dödsfall och 10 lätt skadade per svårt skadad.

Ammoniak (NH₃) är en färglös gas med en påtagligt stickande lukt vid normal temperatur och tryck. Lukttröskeln har angivits till ungefär 5 ppm. Ammoniak kondenserar till vätska vid högt tryck. Ammoniak är en svag bas som i vatten bildar ammonium- (NH₄⁺) och hydroxidjoner (OH⁻). Den höga vattenlösligheten gör att ammoniak löser sig i slemhinnor, ögon och hud och bildar ammoniumhydroxid som i sin tur kan orsaka frätskador och nekros.

Koncentration mg/m ³	Koncentration ppm	Verkan
70	100	Måttligt irriterande i näsan. Ögonirritation efter 3 min.
200	280	Kan uthärdas i 0.5 – 1 h
1200	1700	Starkt hostretande. Skadligt efter 0.5 h
3500	5000	Dödande efter 10-15 min (undre gräns)

Källa: FOA:s rapport E 40011 (1)

KRITERIER FÖR RISKOLERANS

Man brukar använda två olika typer av kvantitativa mått på risker

1) Individuell risk (åskådliggjorda som s.k. riskkonturer):

Sannolikheten för att en person som oskyddad varaktigt uppehåller sig utomhus på ett visst avstånd och i viss riktning från verksamheten omkommer till följd av vådahändelser på den studerade anläggningen

2) Samhällsrisk (representerade i s.k. FN-kurvor):

Sannolikheten för att olyckor orsakar ett eller flera dödsfall i omgivningen (baserat på den aktuella populationen av människor och deras förutsättningar att skydda sig).

I Sverige finns inga vedertagna kriterier för tolerabel risk för verksamhet av den aktuella typen. Vi har i vårt land valt att ta en diskussion om varje enskilt objekt, och i allmänhet försökt genom diskussioner mellan berörda parter nå fram till en gemensam uppfattning och praktiskt genomförbara säkerhetsåtgärder.

För att finna stöd för en uppfattning om vad som kan vara en tolerabel risknivå är det därför naturligt att snegla på andra länders redan etablerade kriterier. Föregångare på detta område har Holland och England varit. Numera tillämpar också Schweiz kvantitativa riskkriterier, vilka är snarlika de holländska.

För en sammanställning av de holländska, schweiziska och engelska riskkriterierna, se exempelvis Pikaar (7). Där framgår bl.a. att uppfattningen om tolerabel risk varierar framför allt mellan Holland/Schweiz och England.

Vissa internationella företag har också ställt upp riskkriterier för både intern risk och extern risk (mot samhället). De varierar också en del men är i allmänhet inte fullt så stränga som det holländska/schweiziska.

En viktig fråga i sammanhanget är synen på "flera små olyckor kontra få stora olyckor", dvs lutningen på linjen i FN-diagrammet. Exempelvis accepterar man i England att det blir samma medelutfall med tiden, dvs en olycka med 10 döda vart 10 000 år är likvärdig med en olycka med 100 döda vart 100 000 år. I Schweiz och Holland anses olyckor med stora konsekvenser mindre acceptabla, varför man t.ex. sätter likhetstecken mellan en olycka med 10 döda på 10 000 år med en olycka med 100 döda på 1 000 000 år.

FÖRSLAG TILL RISKKRITERIUM

Undertecknad har tagit fram ett förslag till kriterium för risktolerans, baserat på dels de holländska och dels de engelska kriterierna.

För individuell risk för omgivningen, där människor kan varaktigt uppehålla sig, föreslås maximalt tolerabel risknivå för en existerande verksamhet vara 1 gång på 100 000 år (10^{-5} per år). För en nyetablering bör nivån ligga 10 gånger lägre, dvs (10^{-6} per år).

Riskkriteriet för FN-kurva utgår från att gränsen för vad som maximalt kan tolereras för omgivningen är olyckor som ger 1 dödsfall per 1 000 år samt 100 dödsfall på 1 000 000 år. Om förhållandena är sådana att riskerna (frekvensen) ligger 100 gånger lägre bör de kunna accepteras utan egentliga krav på åtgärder. I zonen däremellan bör åtgärder övervägas.

För nyetableringar bör man kräva 10 gånger lägre frekvens.

Bilaga A.5 visar förslagen till toleranskriterier.

DETALJERAD BEHANDLING – DETALJFÖRUTSÄTTNINGAR OCH RESULTAT

Definition av haveriscenarier

De haveriscenarier som har ingått i den kvantitativa riskanalysen beskrivs i detalj i bilaga B.1.

Redovisning av källstyrka och spridningsberäkningar mm

Beräkningen av effekter på människor innehåller ett första steg av beräkning av spridning av gasmoln. Dessa redovisas inte för varje delberäkning (p.g.a. den stora mängden, 72 st, meteorologiska delscenarier för varje utsläppsscenario) utan summeras direkt till konsekvenser för människor.

För att kunna göra vissa bedömningar i sammanhanget och som ett stöd för vidare arbete med riskfrågorna har därför separata beräkningar gjorts för varje haveriscenario för två standardiserade meteorologiska scenarier: Vindhastighet 5 m/s och neutral atmosfärisk skiktning (D/5) samt 2 m/s och stabil skiktning (F/2). Ur dessa beräkningar kan utläsas koncentrationen i ett fullt utvecklat gasmoln som funktion av avståndet från utsläppskällan.

I bilaga B.2 finns en sammanfattning av de olika haveriscenariernas effekter i form av källstyrka och spridningsberäkningar med en sammanfattande tabell med avstånd till vissa konsekvenser (koncentrationer).

Riskkonturer (individuell risk) för hela verksamheten

Riskkonturer uttrycker sannolikheten för att en enskild, oskyddad person som kontinuerligt uppehåller sig i de riskfyllda verksamheternas omgivning skall drabbas av dödsfall.

I bilaga A.4 finns de sammanlagda riskkonturerna för de definierade haveriscenarierna.

Som framgår av riskkonturerna går gränsen för 10^{-5} -kurvan runt Astrid Fiskexports anläggning helt och hållet på företagets mark. Detta innebär att risken på varje plats utanför företagets egen mark inte större än vad som kan anses tolerabelt för det omkringliggande samhället, vilket definieras som området utanför 10^{-5} -kurvan.

Den individuella risken är oberoende av hur många människor som finns inom ett område, varför den befintliga persontätheten inte förändrar denna risk.

FN-kurvor (samarhällsrisk) för hela verksamheten

I bilaga A.2 finns de sammantagna FN-kurvorna för de verksamheterna (för de definierade haveriscenarierna).

I detta fall visar studien att risken är så liten att den hamnar under den skala som normalt används för FN-kurvor. Detta innebär att risken att en eller flera personer ur allmänheten skall omkomma på grund av vådahändelser i ammoniaksystemet på Astrid Fiskexport AB är mindre än 10^{-9} /år.

Kommentar till riskberäkningarna

För individrisken förväntas personen kvarstanna oskyddad på platsen under hela utsläppstiden. För att omkomma av ammoniakutsläpp krävs att man utsätts för höga koncentrationer (mer än 5000 ppm) under relativt lång tid (10-15 min). Ammoniak har en frän och distinkt lukt vid koncentrationer långt under dödliga nivåer. Sammantaget innebär detta att personer i närheten vid ett utsläpp kommer att känna ett starkt obehag av ammoniakgasen då det fortfarande finns god tid att undkomma. Personer som kan röra sig av egen kraft förväntas fly undan med en hastighet av 2 m/s och anses därför ha mycket goda möjligheter att undkomma molnet och sätta sig i säkerhet längre bort eller i byggnader.

OSÄKERHET I RESULTAT

Den största osäkerheten i resultaten ligger i uppskattningen av haverierna - utsläppets storlek samt sannolikheten för händelsen. Osäkerhet finns naturligtvis också i modellerna för beräkning av spridning av gasmoln och av konsekvenserna på människor.

En regelrätt känslighetsanalys på resultatet är i stort sett omöjlig att göra, men en viss bedömning kan göras baserad på erfarenheter under arbetets gång och jämförelser med andra liknande arbeten.

För riskkonturerna bedöms osäkerheten ligga i storleksordningen +/- en tiopotens, dvs en förskjutning ett steg i kurvorna.

För FN-kurvorna skulle osäkerheten kunna uppskattas på följande sätt: För ett givet antal dödsfall kan sannolikheten variera med +/- 10 gånger. Konsekvenserna i form av antal döda torde som mest kunna bli obetydligt fler, men mera sannolikt betydligt färre än det beräknade.

LITTERATURREFERENSER

- (1) FOA rapport E 40011 "Uppkomst och utbredning av explosiva eller giftiga gasmoln", 1984.
- (2) Guidelines for quantitative risk assessment, CPR 18E.
"Dutch Purple Book". The Director General for Social Affairs and Employment,
First edition 1999
- (3) Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis.
Center for Chemical Process Safety of the American Institute
of Chemical Engineers, 2nd edition, 2000.
- (4) Methods for the calculation of physical effects, CPR 14E.
"Dutch Yellow Book". The Director-General of Labour, 2nd
edition 1992
- (5) Methods for the determination of possible damage, CPR 16E.
"Dutch Green Book". The Director-General of Labour, 1989.
- (6) Guidelines for Process Equipment Reliability Data. Center for
Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical
Engineers, 1989.
- (7) Risk assessment and consequence models, J.Pikaar. Loss
Prevention and Safety Symposium, Antwerp 6-9 June 1995.

BILAGOR A.1 – A.5, samt B.1 – B.4.

BILAGA A.1 Individuell risk, Riskkonturer för samtliga scenarier

BILAGA A.2 Samhällsrisk, FN-kurva för samtliga scenarier

BILAGA A.3 Populationsscenarier

BILAGA A.4 Meteorologiskt scenario med bakgrundsinformation

BILAGA A.5 Förslag till riskkriterier

BILAGA B.1 Definition av haveriscenarier

BILAGA B.2 Sammanfattning av resultaten från haveriscenarierna

BILAGA B.3 Detaljerad redovisning av resultaten från haveriscenarierna

BILAGA B.4 Förslag på riskreducerande åtgärder

Bilagor

EN KVANTITATIV ANALYS AV DE RISKER SOM DEN
AMMONIAKANLÄGGNING SOM FINNS HOS

ASTRID FISKEXPORT AB

INNEBÄR FÖR ANLÄGGNINGENS NÄRMILJÖ I RÖNNÄNG

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Bilaga A1 - INDIVIDUELL RISK - RISKKONTURER	4
Bilaga A2 - SAMHÄLLSRISK – FN-KURVA	6
Bilaga A3 - POPULATIONSSCENARIER	7
Bilaga A4 - METEOROLOGISKT SCENARIO	8
Bilaga A5 - RISKKRITERIUM EXTERN RISK.....	9
Bilaga B.1 - Definition av haveriscenarier	11
Bilaga B.2 - Sammanfattning av resultaten från haveriscenarierna	17
Bilaga B.3 - Detaljerad redovisning av resultaten från haveriscenarierna	18
Bilaga B.4 - Förslag på riskreducerande åtgärder	40

Bilagor A1-A5

A1: Individuell risk – riskkonturer

A2: Samhällsrisk – FN-kurva

A3: Populationsscenarier

A4: Meteorologiskt scenario

A5: Riskkriterium extern risk

Bilaga A1 - INDIVIDUELL RISK – RISKKONTURER

Samtliga scenarier, Sannolikhet för dödsfall för oskyddade personer som varaktigt uppehåller sig på samma plats

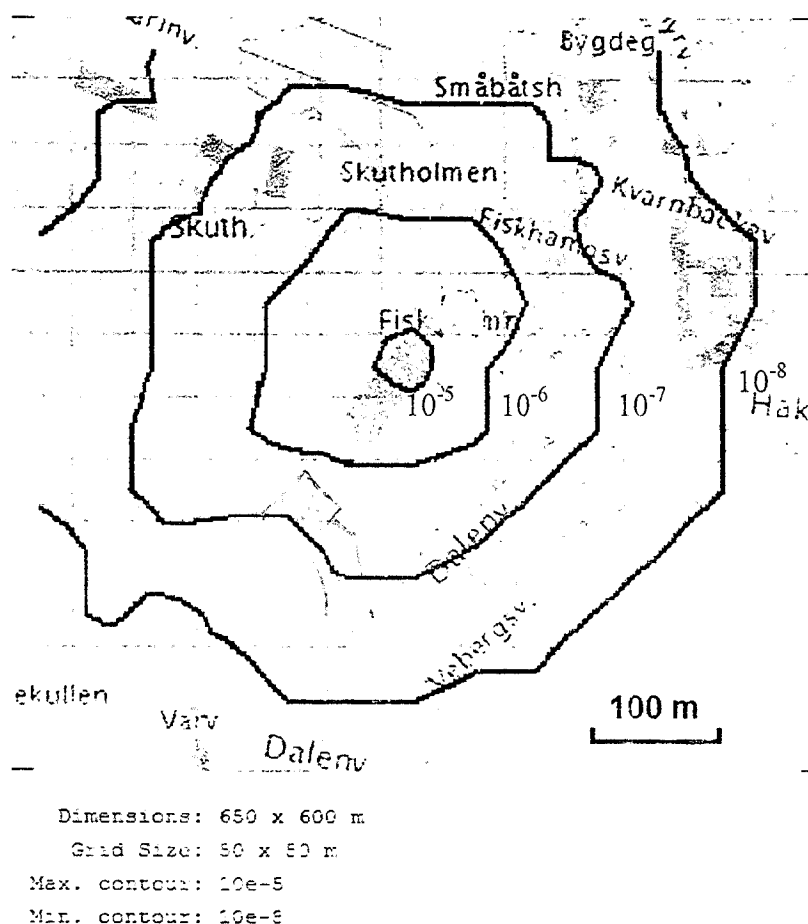


Fig 1. Personriskkonturer överlagrade på karta över Rönnäng

Figuren ovan visar en grafisk presentation av den årliga individrisken angivet med riskkonturer.

Samtliga scenarier, Sannolikhet för dödsfall för oskyddade personer som varaktigt uppehåller sig på samma plats

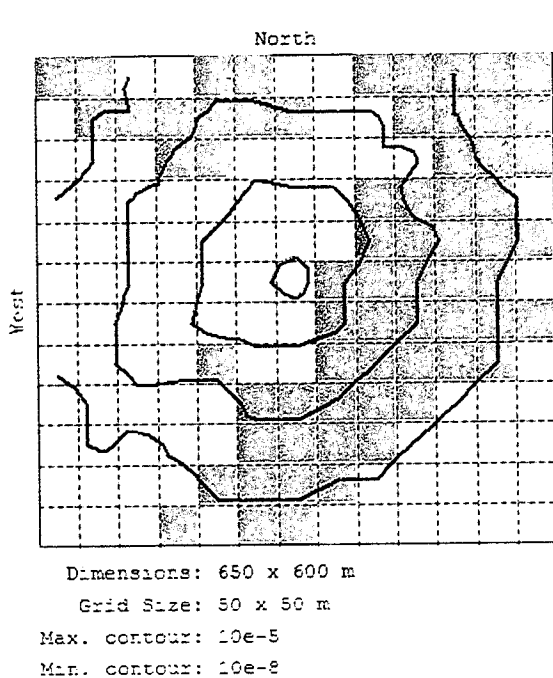


Fig. 2, Befolkade ytor, dagscenario

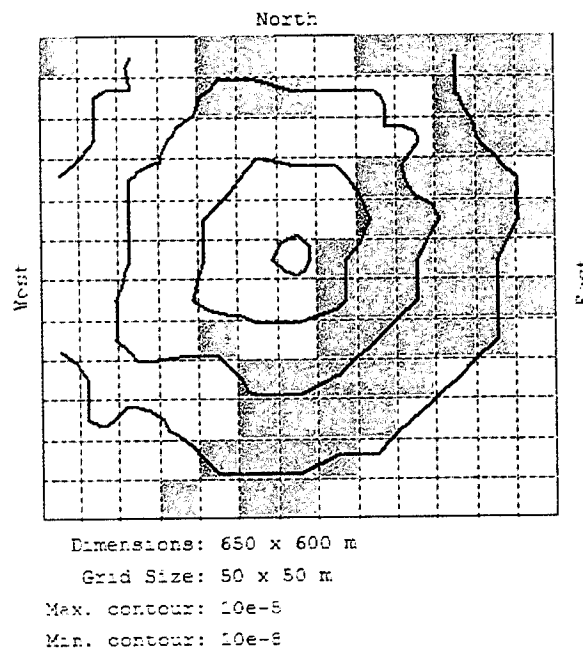
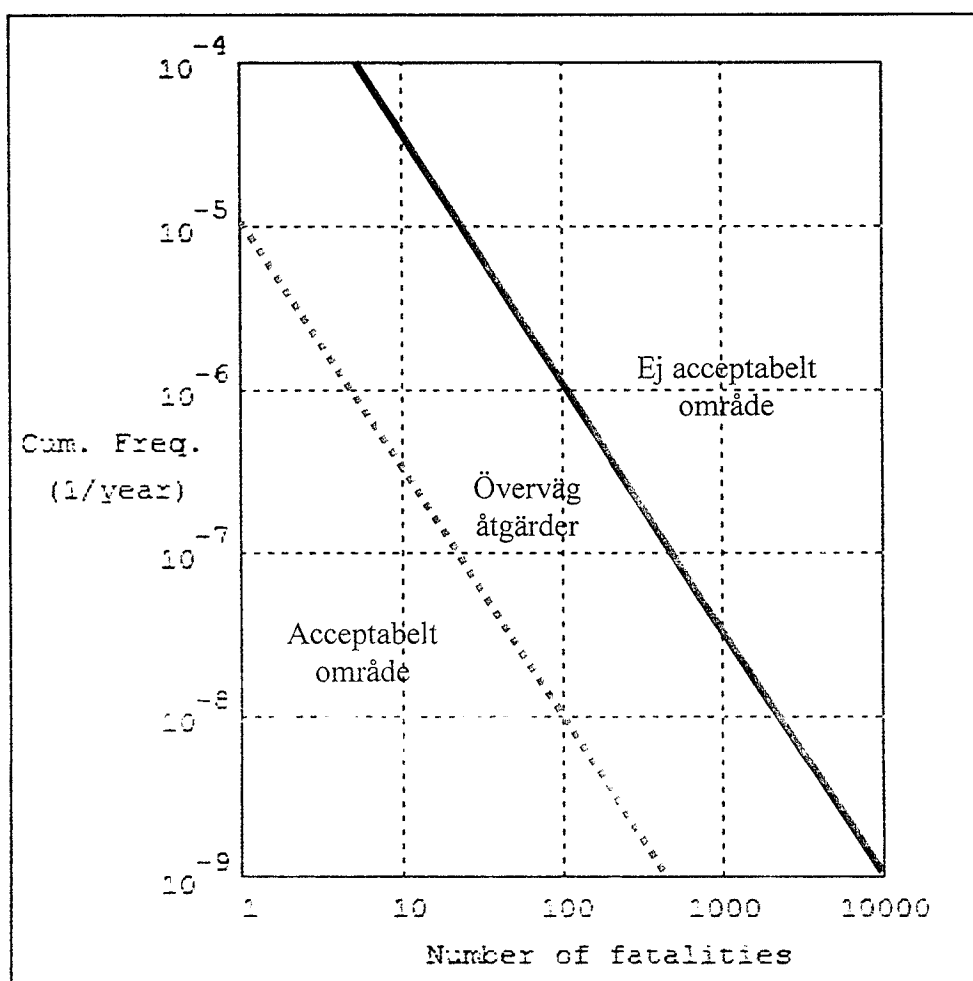


Fig. 3, Befolkade ytor, nattscenario

I figurerna två och tre visas de platser där människor utanför Astrid fiskexport ABs egen mark beräknas befinna sig under dagtid (fig. 2) respektive nattetid (fig. 3) kombinerat med personriskkonturerna från figur ett. Befolkade områden markerat med grått.

Bilaga A2 - SAMHÄLLSRISK – F/N-KURVA

Nedan redovisas den F/N-kurva som beräkningarna av samhällsriskerna givit. Risken är dock så låg att den faller utanför det område som anses intressant att utvärdera. Detta innebär att läckage på ammoniaksystemet sammantaget förväntas ge ett eller flera dödsfall mer sällan än en gång per miljard år. För definitionen av F/N-kurvor samt förklaring av resultatet, se huvuddokumentet.



Bilaga A3 - POPULATIONSSCENARIER

Nedan redovisas de populationsscenarioer som använts vid beräkningarna.

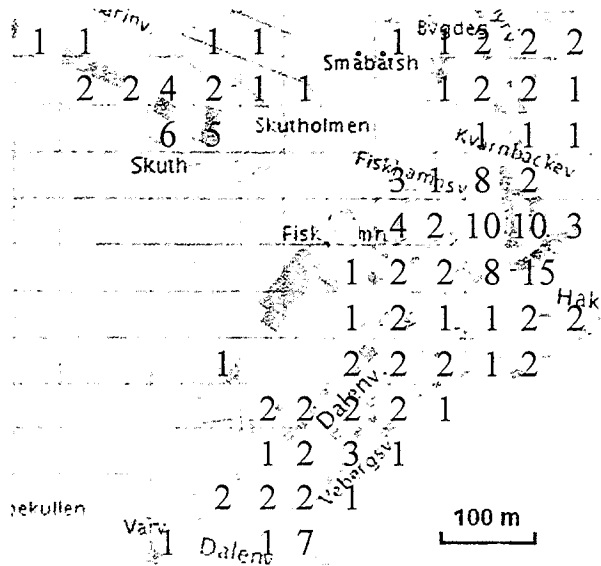


Fig. 4 Befolkningstäthet dagtid

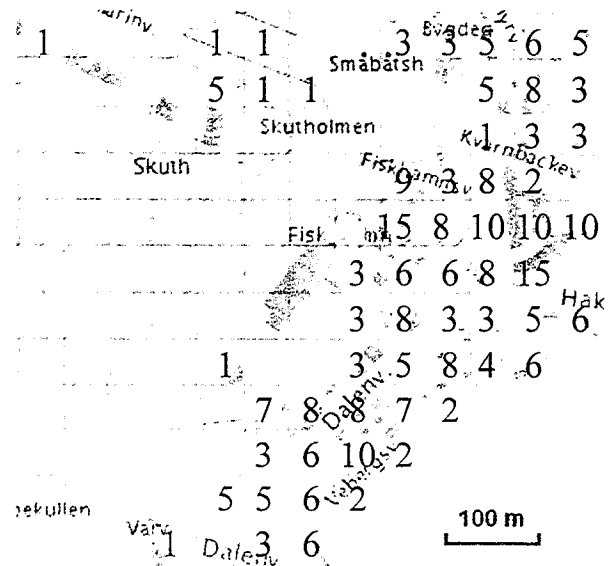


Fig. 5 Befolkningstäthet nattetid

Befolkningstätheten i figurerna fyra och fem är medelvärderade i varje ruta för dag (fig. 4) respektive nattetid (fig. 5).

Bilaga A4 – METEOROLOGISKA SCENARION

Nedan redovisas den sannolikhetsfördelning av vindriktningar med tillhörande vindhastigheter samt stabilitetsklasser som använts vid beräkningarna.



Frequency distribution of weather types in wind direction

St. Cl.	N - NE	NE - E	E - SE	SE - S	S - SW	SW - W	W - NW	NW - N	TOTAL
B - 1.5	0.0040	0.0150	0.0110	0.0140	0.0110	0.0060	0.0030	0.0030	0.0670
B - 4.0	0.0020	0.0060	0.0040	0.0040	0.0080	0.0070	0.0020	0.0010	0.0340
B - 8.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
D - 1.5	0.0110	0.0460	0.0320	0.0410	0.0320	0.0160	0.0080	0.0070	0.1930
D - 4.0	0.0140	0.0430	0.0280	0.0310	0.0620	0.0440	0.0150	0.0070	0.2440
D - 8.0	0.0040	0.0160	0.0080	0.0150	0.0620	0.0700	0.0410	0.0040	0.2200
F - 1.5	0.0110	0.0410	0.0290	0.0360	0.0270	0.0140	0.0070	0.0060	0.1710
F - 4.0	0.0040	0.0130	0.0080	0.0090	0.0180	0.0130	0.0040	0.0020	0.0710
F - 8.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TOTAL	0.0500	0.1800	0.1200	0.1500	0.2200	0.1700	0.0800	0.0300	1.0000

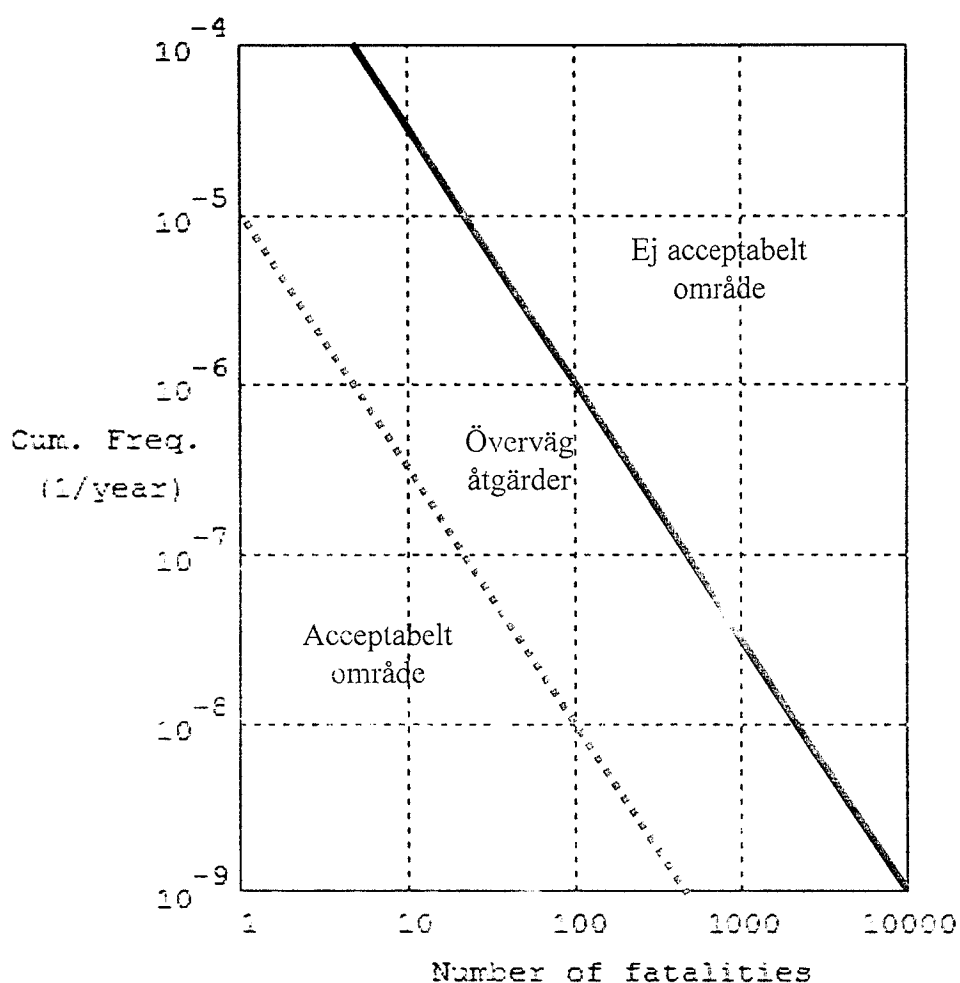
STABILITETSKLASSER			
Vindkastighet	Stabilitetsklass (%)		
m/s	B	D	F
1.5	15	45	40
4.0	10	70	20
8.0	0	100	0

BILAGA A5 - RISKKRITERIUM EXTERN RISK

Förslag till INDIVIDUELL RISK FÖR DÖDSFALL

Max. tolerabel risknivå, frekvens	
Existerande anläggning	10^{-5} per år
Nytablering	10^{-6} per år

Förslag till SAMHÄLLSRISKKRITERIUM, FN-kurva



Per anläggning, existerande.
(För nytableringar krävs 10 gånger lägre sannolikhet)

*fatalities = dödsfall

Bilagor B1-B4

B1: Definition av haveriscenarier

**B2: Sammanfattning av resultaten från
haveriscenarierna**

**B3: Detaljerad redovisning av resultaten från
haveriscenarierna**

Bilaga B.1 DEFINITIONER AV HAVERISCENARIER

Följande scenarion har ingått i den kvantitativa riskanalysen. Efter dessa dimensionerande skadefall följer en motivering till utelämnade scenarion.

A) Rörbrott på 80mm ledning i fryshallen

Trycket i ledningen är 2 bar (200 kPa)
Temperaturen på vätskan i ledningen är $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (233K)
Flöde = 3,85 kg/s
Varaktighet: 260 s
Maximal volym gas utvecklade = 4,4 m³/s
Rumsvolym = 2300 m³
Ventilation = 6,2 m³/s
Luftinblandning minst 23 ggr
Koordinater: 6;6
Källstyrka till atmosfär: 0,3 kg/s
Varaktighet utsläpp till atmosfär: 2000 s
Felfrekvens = $3 \cdot 10^{-7}\text{ år}^{-1}/\text{m}$
Total rörlängd = 50 m

Den underkylda vätskan förångas genom kokning när den upptar energi från sin omgivning. Gasutvecklingen är maximal initialt och avtar i takt med att omgivningen, främst golv, kallnar. Gasen transporteras ut ur byggnaden genom evakueringsfläktar i fastighetens vägg, vilka utgör utsläppspunkt för konsekvensberäkningarna. Det utrymme där ammoniak släpps ut är av ansevärd storlek och buffrar mycket ammoniak i gasfas, därav den moderata källstyrkan vid evakueringsfläktarna.

B) Tankbrott teknikrum, Tank D1 och D2

Trycket i tanken är 10,6 bar (1 060 kPa)
Temperaturen i tanken är $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (300K)
Flöde är 1644 kg som under tre minuter strömmar ut. Flödet är initialt mycket högt och avtar hastigt. D1 och D2 är kommunicerande kärl och båda kärnen kommer att tömmas vid tankbrott på något av kärnen.
Initial gasutveckling under första minuten 541 m³ (motsvarande 300 kg ammoniak, 5 kg/s)
Utvecklade gasvolym under första fem minuterna: 750 m³ (526 kg, 1,75 kg/s)
Volym utrymme: 756 m³
Ventilation: 2,700 m³/s
Luftinblandning min. 0 ggr
Källstyrka till atmosfär: 2,2 kg/s
Felfrekvens: $1 \cdot 10^{-6}\text{ år}^{-1}/\text{kärl}$
Antal kärl: 2
Varaktighet: 240 s
Koordinater: 6;6

18% av den utströmmade volymen går omedelbart i gasfas, då det omgivande trycket sänks till atmosfärstryck. Kvarvarande vätska (82%) håller då $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ (240 K) och ca lika mycket ammoniak till (20%) förångas genom att ta upp värme från omgivningen under kort tid. Möjligtvis kan den initiala tryckhöjningen vid en olycka av denna karaktär slå upp dörrar. Detta är i sig inte troligt, men eventuella glasrutor i en stängd lokal kan definitivt krossas. Utsläppspunkten för beräkningarna är ventilationsfläkten på taket ovanför teknikrummet.

C) Tankbrott maskinrum, tank J1 respektive J3

Trycket i tanken är 0,7177 bar (71,77 kPa)

Temperaturen i tanken är $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (233K)

Initialt flöde: 0 kg/s

Flöde: 5 kg/s

Maximal volym gas utvecklade: $5,7\text{ m}^3/\text{s}$

Rumsvolym 480 m^3

Ventilation: $2,700\text{ m}^3/\text{s}$

Inblandning luft: min 10 ggr

Källstyrka till atmosfären: 0.2 kg/s

Felfrekvens. $1 \cdot 10^{-6}\text{ år}^{-1}$ / kärn

Antal kärn: 2

Varaktighet: 1000 s

Koordinater:6:6

Initialt är det undertryck i tankarna, varför luft kommer att strömma in tills trycket är höjt till atmosfärstryck. Underkyld vätska rinner sedan ut ur kärlet gravimetriskt och förångas genom upptag av energi från omgivningen. Utsläppspunkten för beräkningarna är ventilationsfläkten på taket till maskinrummet

D) Tankbrott mellanlager, Tank J2 Respektive H

De två tankarna som finns i detta utrymme innehåller vätska vid olika temperaturer och får därför olika utströmningsförlopp. Beräkningarna görs för vart och ett av fallen.

H: fallet

Trycket i tanken är 2,9 bar

Temperaturen i tanken är $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (263K)

Flöde är 480 kg som under tre minuter strömmar ut. Flödet är initialt mycket högt och avtar hastigt.

Utvecklad gasvolym under första tre minuterna: 158 m^3

Rumsvolym= 1200 m^3

Ventilation= $2,7\text{ m}^3/\text{s}$

Inblandning av luft min. 10 ggr

Felfrekvens = $1 \cdot 10^{-6}\text{ år}^{-1}$ / kärn

Koordinater:6:6

7,5% av den utströmmade vätskan kokar initialt av då vätskan flashar ner till -33 °C (240K), vilket är kokpunkten för ammoniak vid atmosfärstryck. Den kvarvarande vätskan förångas sedan successivt genom att ta upp energi från omgivningen. Den extra förångning detta medför beräknas under den första minuten vara 20% av vätskan.

J2: fallet

Trycket i tanken är 0,7177 bar (71,77 kPa)

Temperaturen i tanken är -40 °C (233K)

Initialt flöde: 0 kg/s

Flöde: 5 kg/s

Maximal volym gas utvecklad: 6 m³/s

Rumsvolym: 1200 m³

Ventilation: 2,7 m³/s

Inblandning luft min. 15 ggr

Felfrekvens: $1 \cdot 10^{-6}$ år⁻¹ / kärl

Antal kärl: 1

Koordinater:6:6

För scenariobeskrivning, se fall C.

E) Rörbrott värmexlare, Baltimore respektive Fincoil

Trycket i värmexlarna är 10.6 bar (1 060 kPa)

Temperaturen på vätskan i värmexlarna är 27 C (300K)

Totalt ammoniakinnehåll i värmexlare med tillhörande rörsystem: 500 kg/värmexlare

Två typfall av utsläpp är aktuella:

Fall 1; utgående vätskeledning in till byggnad

Initialt flöde: 15 kg/s första 5 sekunderna

Utvecklat flöde: 5 kg/s

Varaktighet: 90 s

Initial gasutveckling första 5 sekunderna: 12 m³/s (15kg/s varav 70% går i gasfas initialt)

Kontinuerligt, utvecklat gasflöde: 5,7 m³/s (5 kg/s)

Luftinblandning 10 ggr

Felfrekvens = $2,6 \cdot 10^{-7}$ år⁻¹ /m, 80 mm rör

80 mm diameter, 5m totalt

Koordinater:6:6

Fall 2; värmeväxlarrör

Initialt flöde: 0,7 kg/s första 5 sekunderna
Utvecklat flöde: 0,35 kg/s
Varaktighet: 1440 s
Utvecklat flöde: 0,4 m³/s (0,35 kg/s)
Luftinblandning 10 ggr
Felfrekvens = $8,8 \cdot 10^{-7}$ år⁻¹/m, 10 mm rör
10 mm diameter, 500 m totalt
Koordinater:6:6

Vid rörbrott flashar vätskan ner till kokpunkten -33 °C, 18% av utströmmad mängd förångas på detta vis. Kvarvarande vätska sprutar på någon av de intilliggande byggnaderna och bildar en pöl på marken. Beroende på utomhustemperatur förångas ammoniak i olika omfattning genom upptagande av värme från omgivningen (mark och väggar). Förloppet sker delvis som ett momentant utsläpp men efter en kort stunds högt flöde betar sig utströmningen som ett kontinuerligt flöde som tömmer hela inventariet under en tidsperiod av 10 minuter. Utflödet i beräkningarna är således konservativt satta och gäller representativt för första minuten av utsläppet.

F) Rörbrott vätskeledning utomhus

Fall 1; till lina 1, 2 och 3 respektive

Trycket i ledningen är 2 bar (200 kPa)
Temperaturen på vätskan i ledningen är -40 °C (233K)
Flöde = 4,8 kg/s
Varaktighet: 130 s
Maximal Volym gas utvecklad = 5,8 m³/s
Luftinblandning min 10 ggr
Felfrekvens = $2,6 \cdot 10^{-7}$ år⁻¹/m, 80 mm rör
Längd = 50 m · 3
Koordinater:6:6

Begränsande för utflödet av ammoniak är pumpkapaciteten som, långt ut på pumpkurvan, är 6 l/s. Den underkylda vätskan förångas genom kokning när den upptar energi från sin omgivning. Gasutvecklingen är maximal initialt och avtar i takt med att omgivningen, främst marken kring utsläppsplatsen kallnar.

Fall 2; Från VVX till D1 och D2

Trycket i rören är 10.6 bar (1 060 kPa)
Temperaturen på vätskan i rören är 27 °C (300K)
Totalt ammoniakinhåll i rörsystem med värmeväxlare: 500 kg/rörsystem
Initialt flöde: 15 kg/s första 5 sekunderna
Utvecklat Flöde: 6 kg/s
Varaktighet: 90 s
Initial gasutveckling första 5 sekunderna: 12 m³/s (15kg/s varav 70% går i gasfas initialt)

Kontinuerligt, utvecklat gasflöde: $5,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (5 kg/s)
Luftinblandning 10 ggr
Felfrekvens rör: $2,6 \cdot 10^{-7} \text{ år}^{-1}/\text{m}$, 80 mm diameter
Längd = $50 \text{ m} \cdot 2$
Koordinater:6:6

Ett tvåfasflöde, initialt mycket kraftigt, sprutar ut ur ledningen. 18% av innehållet förångas momentant och resterande flöde förångas genom att uppta energi från omgivningen. Aerosol kommer att bildas och sannolikt även en kokande pöl. Efter fem sekunder har flödet avtagit kraftigt och övergår till kontinuerligt utflöde i takt med att gasutvecklingen i ledningssystemet utvecklas och temperaturen sänks. trycket sänks också därigenom.

G) Läckage på rörledning utomhus innehållande vätskefas.

Då mindre läckage är mer frekventa än totalhaverier tas detta scenario med.

Fall 1; till lina 1, 2 och 3 respektive

Trycket i ledningen är 2 bar (200 kPa)
Temperaturen på vätskan i ledningen är $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ (233K)
Flöde = $0,7 \text{ kg/s}$
Varaktighet: 600 s
Maximal Volym gas utvecklad = $0,84 \text{ m}^3/\text{s}$
Luftinblandning min 10 ggr
Felfrekvens = $2 \cdot 10^{-6} \text{ år}^{-1}/\text{m}$, 80 mm rör
Längd = $50 \text{ m} \cdot 3$
Koordinater:6:6

Den underkylda vätskan förångas genom kokning när den upptar energi från sin omgivning. Gasutvecklingen är maximal initialt och avtar i takt med att omgivningen, främst marken kring utsläppsplatsen kallnar.

Fall 2; Från VVX till D1 och D2

Trycket i rören är 10.6 bar (1 060 kPa)
Temperaturen på vätskan i rören är $27 \text{ }^\circ\text{C}$ (300K)
Totalt ammoniakinnehåll i rörsystem med värmexväxlare: 500 kg/rörsystem
Utvecklat Flöde: 2 kg/s
Varaktighet: 250 s
Kontinuerligt, utvecklat gasflöde: $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (2 kg/s)
Luftinblandning 10 ggr
Felfrekvens rör: $2 \cdot 10^{-6} \text{ år}^{-1}/\text{m}$ 80 mm diameter
Längd = $25 \text{ m} \cdot 2$
Koordinater:6:6

Ett tvåfasflöde, initialt kraftigt, sprutar ut ur ledningen. 18% av flödet förångas momentant och resterande flöde förångas genom att uppta energi från omgivningen. Aerosol kommer att bildas och sannolikt även en kokande pöl.

Läckage på installationer innehållande NH₃ i gasfas.

Läckage på de delar av ammoniaksystemet som innehåller gasfas har inte tagits med bland scenarierna. Detta beror på att gasutsläpp begränsas på grund av kritisk strömning, vilket innebär att gasen ej kan strömma ut ur en behållare med högre hastighet än ljudhastigheten för den utströmmande gasen. Uttryckt som tryckförhållande innebär detta att om trycket i behållaren är mer än ca 1,83 gånger atmosfärstrycket ökar inte utströmningen med ökat tryck i behållaren. Vidare är viktförhållandet mellan ammoniak i gasfas och ammoniak i vätskefas vid en atmosfärs tryck ca 1/1000 för en given volym, dvs. en liter utsläppt gas innehåller en tusendel så mycket ammoniak som en liter utsläppt vätska. Av dessa två anledningar beaktas inte fallen med läckage från delar av systemet innehållande ammoniak i gasfas.

Påfyllning av ammoniak

Påfyllning av ammoniak till systemet genom lossning från tankbil har uteslutits eftersom det inte anses troligt att detta är aktuellt. Astrid Fiskexport förbinder sig därmed att ej fylla på ammoniaksystemet med tankbil för att denna riskanalys skall gälla. Eventuell påfyllning till det slutna systemet sker med mindre flaskor, vilket innebär att möjligheten till ett omfattande utsläpp i samband med påfyllning av systemet ej är aktuellt.

Bilaga B.2 – SAMMANFATTNING AV RESULTATEN FRÅN HAVERISCENARIERNA

Avstånd i meter till utvalda koncentrationer för de respektive haveriscenarierna för fullt utvecklade strömning, kontinuerligt flöde. Avstånden avser sträckan mellan utsläppspunkten och respektive koncentration ammoniak i centrum av molnet på marknivå.

I en del fall med utsläpp av giftig gas förekommer överdrivna avstånd till koncentrationer på lägre nivåer. Programmet räknar på en "oändlig tid", och eftersom processystemet innehåller en ändlig volym ammoniak, upphör tillförseln av gas till gasmolnet naturligtvis när systemet är tomt. Denna överdrivna bild i spridningsberäkningarna påverkar dock inte riskberäkningarna där tiden för utsläpp angivits i varje enskilt fall.

Beräknade scenarion		Avstånd till effektkoncentrationer (m)			
Scenario	Vindhastighet (m/s), Stabilitetsklass (D eller F)	100 ppm, 70 mg/m ³	280 ppm, 200 mg/m ³	1700 ppm, 1200 mg/m ³	5000 ppm, 3500 mg/m ³
A	5, D	265	139	46	24
A	2, F	1411	692	200	89
B	5, D	872	470	154	79
B	2, F	4700	2333	677	425
C	5, D	213	109	36	18
C	2, F	1061	530	160	83
D, H-fallet	5, D	213	109	36	18
D, H-fallet	2, F	1069	552	160	72
D, J2-fallet	5, D	164	85	27	14
D, J2-fallet	2, F	829	413	118	62
E, Fall 1	5, D	1243	624	190	94
E, Fall 1	2, F	4600	2080	820	210
E, Fall 2	5, D	306	156	45	18
E, Fall 2	2, F	1321	640	288	100
F, Fall 1	5, D	1019	520	168	74
F, Fall 1	2, F	5967	3040	930	430
F, Fall 2	5, D	1514	770	200	130
F, Fall 2	2, F	5838	2560	930	227
G, Fall 1	5, D	412	207	56	22
G, Fall 1	2, F	2332	1160	337	142
G, Fall 2	5, D	787	413	120	52
G, Fall 2	2, F	3063	1467	603	170

Bilaga B.3 – DETALJERAD REDOVISNING AV RESULTATEN FRÅN HAVERISCENARIONA

I en del fall med utsläpp av giftig gas förekommer överdrivna avstånd till koncentrationer på lägre nivåer. Programmet räknar på en "oändlig tid", och eftersom processystemet innehåller en ändlig volym ammoniak, upphör tillförseln av gas till gasmolnet naturligtvis när systemet är tomt. Denna överdrivna bild i spridningsberäkningarna påverkar dock inte riskberäkningarna där tiden för utsläpp angivits i varje enskilt fall.

Scenario A

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Dense/Cold Gas/Vapour

Parameters:

Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Density	1.2 kg/m ³
Initial Release Temp.	283 K
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	5 m/s
Stability Class	D A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	0.3 kg/s

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	5.8E+000	2.9E+000	2.7E-002
1.1E+001	8.8E+000	4.3E+000	1.0E-002
1.8E+001	1.2E+001	5.0E+000	4.9E-003
2.7E+001	1.5E+001	6.9E+000	2.7E-003
3.7E+001	1.8E+001	8.1E+000	1.6E-003
5.0E+001	2.1E+001	9.3E+000	1.0E-003
6.5E+001	2.5E+001	1.0E+001	6.8E-004
8.2E+001	2.8E+001	1.1E+001	4.6E-004
1.0E+002	3.0E+001	1.2E+001	3.2E-004
1.3E+002	3.2E+001	1.2E+001	2.2E-004
1.6E+002	3.3E+001	1.2E+001	1.5E-004
2.0E+002	2.9E+001	1.1E+001	1.1E-004
2.4E+002	1.8E+001	6.3E+000	7.9E-005
3.0E+002	0.0E+000	0.0E+000	5.7E-005

Scenario A

/S/A/V/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Dense/Cold Gas/Vapour

Parameters:

Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Density	1.2 kg/m ³
Initial Release Temp.	283 K
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	2 m/s
Stability Class	F A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	0.3 kg/s

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	1.0E+001	3.8E+000	2.9E-002
1.1E+001	1.2E+001	4.3E+000	2.2E-002
1.8E+001	1.3E+001	4.7E+000	1.7E-002
2.7E+001	1.5E+001	5.3E+000	1.2E-002
3.7E+001	1.7E+001	5.8E+000	9.3E-003
5.0E+001	2.0E+001	6.4E+000	7.0E-003
6.5E+001	2.2E+001	7.0E+000	5.2E-003
8.2E+001	2.5E+001	7.7E+000	3.9E-003
1.0E+002	2.9E+001	8.4E+000	2.9E-003
1.3E+002	3.3E+001	9.1E+000	2.2E-003
1.6E+002	3.7E+001	9.9E+000	1.7E-003
2.0E+002	4.1E+001	1.1E+001	1.2E-003
2.4E+002	4.6E+001	1.1E+001	9.4E-004
3.0E+002	5.1E+001	1.2E+001	7.0E-004
3.6E+002	5.6E+001	1.3E+001	5.3E-004
4.4E+002	6.2E+001	1.4E+001	4.0E-004
5.3E+002	6.6E+001	1.4E+001	3.0E-004
6.4E+002	7.0E+001	1.4E+001	2.2E-004
7.7E+002	7.1E+001	1.4E+001	1.7E-004
9.3E+002	6.9E+001	1.3E+001	1.3E-004
1.1E+003	5.8E+001	1.0E+001	9.5E-005
1.4E+003	1.5E+001	2.5E+000	7.1E-005
1.6E+003	0.0E+000	0.0E+000	5.3E-005

Scenario B

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Dense/Cold Gas/Vapour

Parameters:

Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Density	1.2 kg/m ³
Initial Release Temp.	240 K
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	5 m/s
Stability Class	D A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	2.2 kg/s

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
transition to gaussian dispersion			
5.0E+000	1.1E+001	2.4E+000	1.7E-001
1.1E+001	1.4E+001	4.4E+000	6.3E-002
1.8E+001	1.3E+001	6.2E+000	3.2E-002
2.7E+001	2.2E+001	8.0E+000	1.8E-002
3.7E+001	2.6E+001	9.8E+000	1.1E-002
5.0E+001	3.1E+001	1.2E+001	7.2E-003
6.5E+001	3.6E+001	1.4E+001	4.8E-003
8.2E+001	4.2E+001	1.6E+001	3.2E-003
1.0E+002	4.8E+001	1.8E+001	2.2E-003
1.3E+002	5.5E+001	2.0E+001	1.6E-003
1.6E+002	6.3E+001	2.2E+001	1.1E-003
2.0E+002	7.0E+001	2.4E+001	7.9E-004
2.4E+002	7.8E+001	2.7E+001	5.7E-004
3.0E+002	8.5E+001	2.8E+001	4.1E-004
3.6E+002	9.2E+001	3.0E+001	3.0E-004
4.4E+002	9.6E+001	3.0E+001	2.2E-004
5.3E+002	9.7E+001	3.0E+001	1.6E-004
6.4E+002	8.9E+001	2.7E+001	1.1E-004
7.7E+002	6.4E+001	1.9E+001	8.4E-005
9.3E+002	0.0E+000	0.0E+000	6.2E-005

Scenario B

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Dense/Cold Gas/Vapour

Parameters:

Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Density	1.2 kg/m ³
Initial Release Temp.	240 K
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	2 m/s
Stability Class	F A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	2.2 kg/s

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	8.8E+000	1.6E+000	1.7E-001
1.1E+001	1.4E+001	8.6E-001	1.4E-001
1.8E+001	1.9E+001	6.9E-001	1.2E-001
2.7E+001	2.4E+001	6.0E-001	1.1E-001
3.7E+001	3.1E+001	5.4E-001	9.3E-002
5.0E+001	3.7E+001	5.1E-001	8.2E-002
6.5E+001	4.5E+001	4.8E-001	7.1E-002
8.2E+001	5.3E+001	4.7E-001	6.0E-002
1.0E+002	6.2E+001	4.8E-001	4.9E-002
1.3E+002	7.2E+001	5.1E-001	3.9E-002
1.6E+002	8.4E+001	5.7E-001	2.9E-002
2.0E+002	9.6E+001	6.8E-001	2.0E-002
2.4E+002	1.1E+002	8.7E-001	1.3E-002
3.0E+002	1.3E+002	1.2E+000	7.5E-003
----transition to gaussian dispersion----			
3.6E+002	2.0E+002	6.8E+000	4.1E-003
4.4E+002	2.0E+002	9.8E+000	2.5E-003
5.3E+002	2.1E+002	1.2E+001	1.8E-003
6.4E+002	2.1E+002	1.5E+001	1.3E-003
7.7E+002	2.2E+002	1.8E+001	9.5E-004
9.3E+002	2.3E+002	2.0E+001	7.2E-004
1.1E+003	2.3E+002	2.2E+001	5.5E-004
1.4E+003	2.4E+002	2.5E+001	4.2E-004
1.6E+003	2.5E+002	2.6E+001	3.2E-004
2.0E+003	2.6E+002	2.8E+001	2.5E-004
2.4E+003	2.6E+002	2.8E+001	1.9E-004
2.8E+003	2.5E+002	2.8E+001	1.5E-004
3.4E+003	2.3E+002	2.6E+001	1.1E-004
4.1E+003	1.7E+002	1.9E+001	8.5E-005
4.9E+003	0.0E+000	0.0E+000	6.5E-005

Scenario C

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk
Engineer

rin g AB

Dispersion: Toxic
Continu

ous

Release:
Dense

/Cold Gas/Vapour

Parameters:

Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Density	1.4 kg/m ³
Initial Release Temp.	260 K
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	5 m/s
Stability Class	D A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	0.211 kg/s

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max	.conc . (kg/m ³)
5.0E+000	6.5E+000	2.6E+000	1.8	E-002
1.1E+001	9.2E+000	4.0E+000	6.7	E-003
1.8E+001	1.2E+001	5.2E+000	3.3	E-003
2.7E+001	1.5E+001	6.4E+000	1.9	E-003
3.7E+001	1.8E+001	7.5E+000	1.1	E-003
5.0E+001	2.0E+001	8.5E+000	7.2	E-004
6.5E+001	2.3E+001	9.4E+000	4.7	E-004
8.2E+001	2.5E+001	1.0E+001	3.2	E-004
1.0E+002	2.7E+001	1.0E+001	2.2	E-004
1.3E+002	2.7E+001	1.0E+001	1.5	E-004
1.6E+002	2.4E+001	8.9E+000	1.1	E-004
2.0E+002	1.4E+001	4.9E+000	7.7	E-005
2.4E+002	0.0E+000	0.0E+000	5.5	E-005

Scenario C

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk
Engineer ring AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Dense /Cold Gas/Vapour

Parameters:

Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Density	1.4 kg/m ³
Initial Release Temp.	260 K
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	2 m/s
Stability Class	F A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	0.211 kg/s

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max .conc. (kg/m ³)
5.0E+000	5.9E+000	1.5E+000	2.0E-002
1.1E+001	8.9E+000	1.1E+000	1.7E-002
1.8E+001	1.2E+001	9.6E-001	1.4E-002
2.7E+001	1.6E+001	8.8E-001	1.2E-002
3.7E+001	1.9E+001	8.4E-001	1.0E-002
5.0E+001	2.4E+001	8.4E-001	8.3E-003
transition to gaussian dispersion			
6.5E+001	4.1E+001	2.3E+000	6.5E-003
8.2E+001	4.2E+001	3.6E+000	3.6E-003
1.0E+002	4.3E+001	4.7E+000	2.3E-003
1.3E+002	4.5E+001	5.7E+000	1.0E-003
1.6E+002	4.8E+001	6.7E+000	1.2E-003
2.0E+002	5.1E+001	7.7E+000	8.6E-004
2.4E+002	5.4E+001	8.6E+000	6.4E-004
3.0E+002	5.7E+001	9.4E+000	4.8E-004
3.6E+002	6.0E+001	1.0E+001	3.6E-004
4.4E+002	6.3E+001	1.1E+001	2.7E-004
5.3E+002	6.4E+001	1.1E+001	2.0E-004
6.4E+002	6.4E+001	1.1E+001	1.5E-004
7.7E+002	5.9E+001	9.9E+000	1.2E-004
9.3E+002	4.5E+001	7.4E+000	8.7E-005
1.1E+003	0.0E+000	0.0E+000	6.5E-005

Scenario D, H-fallet

/S/AV/E/ II

Username: AJ Risk Enginee rin g AB

Dispersion: Toxic Continu ous Release: Dense /Cold Gas/Vapour

Parameters:

Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Density	1.31 kg/m ³
Initial Release Temp.	273 K
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	5 m/s
Stability Class	D A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	0.211 kg/s

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max .conc . (kg/m ³)
5.0E+000	6.1E+000	2.7E+000	1.8 E-002
1.1E+001	8.9E+000	4.1E+000	6.8 E-003
1.8E+001	1.2E+001	5.3E+000	3.4 E-003
2.7E+001	1.5E+001	6.5E+000	1.9 E-003
3.7E+001	1.7E+001	7.6E+000	1.1 E-003
5.0E+001	2.0E+001	8.6E+000	7.2 E-004
6.5E+001	2.3E+001	9.4E+000	4.8 E-004
8.2E+001	2.5E+001	1.0E+001	3.2 E-004
1.0E+002	2.7E+001	1.0E+001	2.2 E-004
1.3E+002	2.7E+001	1.0E+001	1.5 E-004
1.6E+002	2.4E+001	8.9E+000	1.1 E-004
2.0E+002	1.4E+001	4.9E+000	7.7 E-005
2.4E+002	0.0E+000	0.0E+000	5.5 E-005

Scenario D, H-fallet

/S/AV/E/ II

Username: AJ Risk Enginee ring AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Dense /Cold Gas/Vapour

Parameters:

Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Density	1.31 kg/m ³
Initial Release Temp.	273 K
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	2 m/s
Stability Class	F A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	0.211 kg/s

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max	.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	5.5E+000	1.5E+000		2.1E-002
1.1E+001	8.1E+000	1.2E+000		1.7E-002
1.8E+001	1.1E+001	1.1E+000		1.5E-002
transition to gaussian dispersion				
2.7E+001	2.2E+001	2.6E+000		1.2E-002
3.7E+001	2.4E+001	3.4E+000		7.9E-003
5.0E+001	2.5E+001	4.2E+000		5.5E-003
6.5E+001	2.8E+001	5.0E+000		3.9E-003
8.2E+001	3.0E+001	5.8E+000		2.9E-003
1.0E+002	3.3E+001	6.6E+000		2.1E-003
1.3E+002	3.6E+001	7.4E+000		1.6E-003
1.6E+002	3.9E+001	8.2E+000		1.2E-003
2.0E+002	4.3E+001	9.0E+000		8.8E-004
2.4E+002	4.7E+001	9.8E+000		6.6E-004
3.0E+002	5.1E+001	1.0E+001		4.9E-004
3.6E+002	5.5E+001	1.1E+001		3.7E-004
4.4E+002	5.8E+001	1.2E+001		2.8E-004
5.3E+002	6.0E+001	1.2E+001		2.1E-004
6.4E+002	6.0E+001	1.1E+001		1.6E-004
7.7E+002	5.7E+001	1.0E+001		1.2E-004
9.3E+002	4.5E+001	7.9E+000		8.8E-005
1.1E+003	0.0E+000	0.0E+000		6.6E-005

Scenario D, J2-fallet

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Enginee rin g AB

Dispersion: Toxic Continu ous Release: Dense /Cold Gas/Vapour

Parameters:

Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Density	1.42 kg/m ³
Initial Release Temp.	250 K
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	5 m/s
Stability Class	D A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	0.14 kg/s

Results:

distance (m)	cloudwidth transition to gaussian dispersion	(m)	Lz (m)	max .conc . (kg/m ³)
5.0E+000	6.1E+000		2.5E+000	1.2 E-002
1.1E+001	8.7E+000		3.8E+000	4.5 E-003
1.8E+001	1.1E+001		5.0E+000	2.2 E-003
2.7E+001	1.4E+001		6.0E+000	1.2 E-003
3.7E+001	1.6E+001		7.0E+000	7.5 E-004
5.0E+001	1.9E+001		7.7E+000	4.8 E-004
6.5E+001	2.0E+001		8.3E+000	3.1 E-004
8.2E+001	2.2E+001		8.6E+000	2.1 E-004
1.0E+002	2.2E+001		8.3E+000	1.5 E-004
1.3E+002	1.9E+001		7.0E+000	1.0 E-004
1.6E+002	6.0E+000		2.2E+000	7.2 E-005
2.0E+002	0.0E+000		0.0E+000	5.1 E-005

Scenario D, J2-fallet

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Enginee ring AB

Dispersion: Toxic Continu ous Release: Dense /Cold Gas/Vapour

Parameters:

Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Density	1.42 kg/m ³
Initial Release Temp.	250 K
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	2 m/s
Stability Class	F A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	0.14 kg/s

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max	.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	5.8E+000	1.4E+000		1.3E-002
1.1E+001	8.7E+000	1.1E+000		1.1E-002
1.8E+001	1.2E+001	9.8E-001		9.7E-003
2.7E+001	1.5E+001	9.1E-001		8.2E-003
3.7E+001	1.9E+001	8.8E-001		6.8E-003
transition to gaussian dispersion				
5.0E+001	3.3E+001	2.2E+000		5.4E-003
6.5E+001	3.3E+001	3.2E+000		3.1E-003
8.2E+001	3.5E+001	4.2E+000		2.1E-003
1.0E+002	3.7E+001	5.1E+000		1.5E-003
1.3E+002	3.9E+001	5.9E+000		1.0E-003
1.6E+002	4.1E+001	6.7E+000		7.7E-004
2.0E+002	4.4E+001	7.5E+000		5.7E-004
2.4E+002	4.6E+001	8.2E+000		4.3E-004
3.0E+002	4.9E+001	8.7E+000		3.2E-004
3.6E+002	5.0E+001	9.1E+000		2.4E-004
4.4E+002	5.1E+001	9.2E+000		1.8E-004
5.3E+002	4.9E+001	8.8E+000		1.4E-004
6.4E+002	4.3E+001	7.6E+000		1.0E-004
7.7E+002	2.5E+001	4.4E+000		7.7E-005
9.3E+002	0.0E+000	0.0E+000		5.8E-005

Scenario E, fall 1

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Engineer ring AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Sprayrelease

Parameters:

Molecular Mass	17	kg/kmol
Boiling Point	240	K
Heat of Evaporation	1.37E6	J/kg
Specific Heat	4.6E3	J/kg/K
Effect Concentration	0.00007	kg/m ³
Initial Release Temp.	300	K
Wind Speed	5	m/s
Stability Class	D	A to F
Surface Roughness Z0	0.1	m
Release Rate	4.2	kg/s

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	schijnlijk (m)	Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	1.7E+001	5.9E+000	00	1.1E-002
1.1E+001	2.3E+001	5.3E+000	00	9.6E-003
1.8E+001	2.9E+001	4.9E+000	00	8.6E-003
2.7E+001	3.6E+001	4.6E+000	00	7.7E-003
3.7E+001	4.4E+001	4.3E+000	00	6.9E-003
5.0E+001	5.2E+001	4.1E+000	00	6.1E-003
6.5E+001	6.3E+001	4.0E+000	00	5.3E-003
transition to gaussian dispersion				
8.2E+001	1.0E+002	9.5E+000	00	4.5E-003
1.0E+002	1.1E+002	1.3E+001	01	3.0E-003
1.3E+002	1.1E+002	1.6E+001	01	2.1E-003
1.6E+002	1.2E+002	1.9E+001	01	1.5E-003
2.0E+002	1.2E+002	2.2E+001	01	1.1E-003
2.4E+002	1.3E+002	2.5E+001	01	8.3E-004
3.0E+002	1.3E+002	2.8E+001	01	6.2E-004
3.6E+002	1.4E+002	3.1E+001	01	4.6E-004
4.4E+002	1.5E+002	3.4E+001	01	3.4E-004
5.3E+002	1.5E+002	3.6E+001	01	2.6E-004
6.4E+002	1.5E+002	3.7E+001	01	1.9E-004
7.7E+002	1.5E+002	3.6E+001	01	1.4E-004
9.3E+002	1.3E+002	3.2E+001	01	1.1E-004
1.1E+003	8.4E+001	2.1E+001	01	8.0E-005
1.4E+003	0.0E+000	0.0E+000	00	5.9E-005

Scenario E, fall 1

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Enginee ring AB

Dispersion: Toxic Continuos Release: Sprayrelease

Parameters:

Molecular Mass	17	kg/kmol
Boiling Point	240	K
Heat of Evaporation	1.37E6	J/kg
Specific Heat	4.6E3	J/kg/K
Effect Concentration	0.00007	kg/m ³
Initial Release Temp.	300	K
Wind Speed	2	m/s
Stability Class	F	A to F
Surface Roughness Z0	0.1	m
Release Rate	4.2	kg/s

Results:

uitregenen is onwaar		schijnlijk		
distance (m)	cloudwidth	(m) Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	2.9E+001	9.3E+0	00	1.0E-002
1.1E+001	3.9E+001	7.5E+0	00	8.8E-003
1.8E+001	5.0E+001	6.5E+0	00	7.8E-003
2.7E+001	6.2E+001	5.8E+0	00	7.1E-003
3.7E+001	7.5E+001	5.3E+0	00	6.4E-003
5.0E+001	8.9E+001	4.8E+0	00	5.9E-003
6.5E+001	1.0E+002	4.5E+0	00	5.4E-003
8.2E+001	1.2E+002	4.2E+0	00	5.0E-003
1.0E+002	1.4E+002	3.9E+0	00	4.6E-003
1.3E+002	1.6E+002	3.7E+0	00	4.2E-003
1.6E+002	1.9E+002	3.5E+0	00	3.9E-003
2.0E+002	2.2E+002	3.3E+0	00	3.6E-003
2.4E+002	2.5E+002	3.2E+0	00	3.2E-003
3.0E+002	2.8E+002	3.1E+0	00	2.9E-003
3.6E+002	3.2E+002	3.0E+0	00	2.6E-003
4.4E+002	3.7E+002	3.0E+0	00	2.3E-003
5.3E+002	4.1E+002	3.0E+0	00	2.0E-003
6.4E+002	4.7E+002	3.2E+0	00	1.6E-003
7.7E+002	5.3E+002	3.4E+0	00	1.3E-003
9.3E+002	5.9E+002	3.8E+0	00	9.8E-004
1.1E+003	6.6E+002	4.5E+0	00	7.0E-004
1.4E+003	7.3E+002	5.6E+0	00	4.7E-004
transition to gaussian dispersion				
1.6E+003	9.0E+002	1.5E+0	01	2.9E-004

2.0E+003	8.1E+002	1.7E+0	01	2.1E-004
2.4E+003	7.3E+002	1.9E+0	01	1.6E-004
2.8E+003	6.3E+002	2.0E+0	01	1.2E-004
3.4E+003	5.1E+002	1.8E+0	01	9.9E-005
4.1E+003	3.3E+002	1.3E+0	01	8.0E-005
4.9E+003	0.0E+000	0.0E+0	00	6.4E-005

Scenario E, fall 2

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Sprayrelease

Parameters:

Molecular Mass	17 kg/kmol
Boiling Point	240 K
Heat of Evaporation	1.37E6 J/kg
Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Release Temp.	300 K
Wind Speed	5 m/s
Stability Class	D A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	0.4 kg/s

Results:

uitrekenen is onwaarschijnlijk

distance (m) cloudwidth (m) Lz (m) max.conc. (kg/m³)

---transition to gaussian dispersion: -

5.0E+000	1.3E+001	3.9E+000	9.8E-003
1.1E+001	1.6E+001	5.1E+000	5.6E-003
1.8E+001	1.8E+001	6.3E+000	3.5E-003
2.7E+001	2.1E+001	7.5E+000	2.3E-003
3.7E+001	2.4E+001	8.7E+000	1.5E-003
5.0E+001	2.7E+001	9.9E+000	1.0E-003
6.5E+001	3.0E+001	1.1E+001	7.3E-004
8.2E+001	3.3E+001	1.2E+001	5.1E-004
1.0E+002	3.6E+001	1.3E+001	3.6E-004
1.3E+002	3.8E+001	1.4E+001	2.6E-004
1.6E+002	3.9E+001	1.4E+001	1.9E-004
2.0E+002	3.8E+001	1.3E+001	1.4E-004
2.4E+002	3.2E+001	1.1E+001	9.8E-005
3.0E+002	9.7E+000	3.2E+000	7.2E-005
3.6E+002	0.0E+000	0.0E+000	5.2E-005

Scenario E, fall 2

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Enginee ring AB

Dispersion: Toxic Continu ous Release: Sprayrelease

Parameters:

Molecular Mass	17	kg/kmol
Boiling Point	240	K
Heat of Evaporation	1.37E6	J/kg
Specific Heat	4.6E3	J/kg/K
Effect Concentration	0.00007	kg/m ³
Initial Release Temp.	300	K
Wind Speed	2	m/s
Stability Class	F	A to F
Surface Roughness Z0	0.1	m
Release Rate	0.4	kg/s

Results:

uitregenen is onwaar		schijnlijk		
distance (m)	cloudwidth	(m) Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	1.2E+001	2.9E+0	00	9.4E-003
1.1E+001	1.8E+001	1.9E+0	00	8.0E-003
1.8E+001	2.4E+001	1.6E+0	00	7.0E-003
2.7E+001	3.0E+001	1.4E+0	00	6.2E-003
3.7E+001	3.7E+001	1.3E+0	00	5.6E-003
5.0E+001	4.4E+001	1.2E+0	00	5.0E-003
6.5E+001	5.3E+001	1.1E+0	00	4.5E-003
8.2E+001	6.2E+001	1.1E+0	00	4.0E-003
1.0E+002	7.3E+001	1.0E+0	00	3.5E-003
1.3E+002	8.5E+001	1.0E+0	00	3.0E-003
1.6E+002	9.8E+001	1.0E+0	00	2.5E-003
2.0E+002	1.1E+002	1.1E+0	00	2.0E-003
2.4E+002	1.3E+002	1.2E+0	00	1.6E-003
3.0E+002	1.5E+002	1.4E+0	00	1.1E-003
3.6E+002	1.6E+002	1.7E+0	00	7.8E-004
4.4E+002	1.8E+002	2.2E+0	00	5.0E-004
transition to gaussian dispersion				
5.3E+002	2.0E+002	6.2E+0	00	3.0E-004
6.4E+002	1.8E+002	7.5E+0	00	2.0E-004
7.7E+002	1.6E+002	8.1E+0	00	1.5E-004
9.3E+002	1.3E+002	7.9E+0	00	1.1E-004
1.1E+003	8.9E+001	6.1E+0	00	8.4E-005
1.4E+003	0.0E+000	0.0E+0	00	6.5E-005

Scenario F, fall1

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Boiling liquid

Parameters:

Molecular Mass	17 kg/kmol
Boiling Point	240 K
Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Entrainment Rate	15 kg/s
Wind Speed	5 m/s
Stability Class	D A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	3 kg/s
Pool Area	100 m ²

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max .conc. (kg/m ³)	
0.0E+000	3.6E+001	8.7E-001	1.9E	-1
6.0E+000	3.6E+001	3.2E+000	4.3E	-2
1.3E+001	3.8E+001	5.1E+000	2.3E	-2
2.2E+001	4.1E+001	7.1E+000	1.4E	-2
3.2E+001	4.4E+001	9.0E+000	9.5E	-3
4.5E+001	4.8E+001	1.1E+001	6.6E	-3
6.0E+001	5.3E+001	1.3E+001	4.6E	-3
7.7E+001	5.8E+001	1.5E+001	3.3E	-3
9.9E+001	6.4E+001	1.8E+001	2.4E	-3
1.2E+002	7.0E+001	2.0E+001	1.8E	-3
1.6E+002	7.7E+001	2.2E+001	1.3E	-3
1.9E+002	8.5E+001	2.5E+001	9.4E	-4
2.4E+002	9.2E+001	2.7E+001	6.9E	-4
2.9E+002	1.0E+002	3.0E+001	5.1E	-4
3.6E+002	1.1E+002	3.2E+001	3.7E	-4
4.3E+002	1.1E+002	3.3E+001	2.8E	-4
5.2E+002	1.2E+002	3.4E+001	2.0E	-4
6.4E+002	1.2E+002	3.3E+001	1.5E	-4
7.7E+002	1.1E+002	3.0E+001	1.1E	-4
9.3E+002	7.1E+001	2.0E+001	8.1E	-5
1.1E+003	0.0E+000	0.0E+000	6.0E	-5

Scenario F, fall 1

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Boiling liquid

Parameters:

Molecular Mass	17 kg/kmol
Boiling Point	240 K
Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Entrainment Rate	15 kg/s
Wind Speed	2 m/s
Stability Class	F A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	3 kg/s
Pool Area	100 m ²

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
0.0E+000	3.6E+001	2.2E+000	1.9E-001
6.0E+000	3.7E+001	2.9E+000	1.3E-001
1.3E+001	3.8E+001	3.7E+000	9.8E-002
2.2E+001	4.0E+001	4.5E+000	7.4E-002
3.2E+001	4.2E+001	5.4E+000	5.7E-002
4.5E+001	4.4E+001	6.3E+000	4.5E-002
6.0E+001	4.7E+001	7.2E+000	3.5E-002
7.7E+001	5.0E+001	8.3E+000	2.7E-002
9.9E+001	5.4E+001	9.4E+000	2.1E-002
1.2E+002	5.9E+001	1.1E+001	1.7E-002
1.6E+002	6.5E+001	1.2E+001	1.3E-002
1.9E+002	7.1E+001	1.3E+001	1.0E-002
2.4E+002	7.8E+001	1.5E+001	7.8E-003
2.9E+002	8.6E+001	1.6E+001	6.0E-003
3.6E+002	9.6E+001	1.8E+001	4.6E-003
4.3E+002	1.1E+002	2.0E+001	3.5E-003
5.2E+002	1.2E+002	2.2E+001	2.7E-003
6.4E+002	1.3E+002	2.4E+001	2.1E-003
7.7E+002	1.5E+002	2.6E+001	1.6E-003
9.3E+002	1.6E+002	2.8E+001	1.2E-003
1.1E+003	1.8E+002	3.0E+001	9.0E-004
1.4E+003	2.0E+002	3.2E+001	6.8E-004
1.6E+003	2.2E+002	3.4E+001	5.1E-004
2.0E+003	2.4E+002	3.6E+001	3.9E-004
2.4E+003	2.5E+002	3.7E+001	2.9E-004
2.8E+003	2.7E+002	3.7E+001	2.2E-004
3.4E+003	2.7E+002	3.7E+001	1.7E-004

4.1E+003	2.6E+002	3.4E+001	1.3E-004
4.9E+003	2.2E+002	2.8E+001	9.4E-005
5.9E+003	5.5E+001	6.7E+000	7.1E-005
7.1E+003	0.0E+000	0.0E+000	5.3E-005

Scenario F, fall 2

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Sprayrelease

Parameters:

Molecular Mass	17 kg/kmol
Boiling Point	240 K
Heat of Evaporation	1.37E6 J/kg
Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Release Temp.	300 K
Wind Speed	5 m/s
Stability Class	D A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	6 kg/s

Results:

uitregenen is onwaarschijnlijk

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	2.0E+001	7.0E+000	1.1E-002
1.1E+001	2.6E+001	6.4E+000	9.8E-003
1.8E+001	3.2E+001	5.9E+000	8.8E-003
2.7E+001	3.9E+001	5.5E+000	8.0E-003
3.7E+001	4.8E+001	5.2E+000	7.2E-003
5.0E+001	5.7E+001	5.0E+000	6.5E-003
6.5E+001	6.8E+001	4.8E+000	5.7E-003
8.2E+001	8.0E+001	4.7E+000	5.0E-003
1.0E+002	9.4E+001	4.7E+000	4.3E-003
1.3E+002	1.1E+002	4.8E+000	3.5E-003
transition to gaussian dispersion			
1.6E+002	1.6E+002	1.2E+001	2.8E-003
2.0E+002	1.7E+002	1.6E+001	1.8E-003
2.4E+002	1.7E+002	2.1E+001	1.2E-003
3.0E+002	1.8E+002	2.5E+001	8.9E-004
3.6E+002	1.8E+002	2.9E+001	6.5E-004
4.4E+002	1.9E+002	3.3E+001	4.8E-004
5.3E+002	1.9E+002	3.6E+001	3.6E-004
6.4E+002	2.0E+002	3.9E+001	2.7E-004
7.7E+002	2.0E+002	4.1E+001	2.0E-004
9.3E+002	1.9E+002	4.1E+001	1.5E-004
1.1E+003	1.7E+002	3.7E+001	1.1E-004
1.4E+003	1.2E+002	2.6E+001	8.2E-005

1.6E+003 0.0E+000 0.0E+000 6.1E-005

Scenario F, fall 2

/S/A/V/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Sprayrelease

Parameters:

Molecular Mass	17 kg/kmol
Boiling Point	240 K
Heat of Evaporation	1.37E6 J/kg
Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Release Temp.	300 K
Wind Speed	2 m/s
Stability Class	F A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	6 kg/s

Results:

uitrekenen is onwaarschijnlijk

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	3.4E+001	1.1E+001	1.0E-002
1.1E+001	4.5E+001	9.1E+000	8.9E-003
1.8E+001	5.7E+001	7.9E+000	8.0E-003
2.7E+001	7.0E+001	7.1E+000	7.2E-003
3.7E+001	8.4E+001	6.5E+000	6.5E-003
5.0E+001	1.0E+002	6.0E+000	6.0E-003
6.5E+001	1.2E+002	5.5E+000	5.5E-003
8.2E+001	1.4E+002	5.2E+000	5.1E-003
1.0E+002	1.6E+002	4.8E+000	4.7E-003
1.3E+002	1.8E+002	4.6E+000	4.3E-003
1.6E+002	2.1E+002	4.3E+000	4.0E-003
2.0E+002	2.4E+002	4.1E+000	3.7E-003
2.4E+002	2.7E+002	3.9E+000	3.4E-003
3.0E+002	3.1E+002	3.7E+000	3.1E-003
3.6E+002	3.6E+002	3.6E+000	2.8E-003
4.4E+002	4.1E+002	3.6E+000	2.5E-003
5.3E+002	4.6E+002	3.5E+000	2.2E-003
6.4E+002	5.2E+002	3.6E+000	1.9E-003
7.7E+002	5.9E+002	3.7E+000	1.5E-003
9.3E+002	6.6E+002	4.0E+000	1.2E-003
1.1E+003	7.4E+002	4.5E+000	9.3E-004
1.4E+003	8.3E+002	5.3E+000	6.6E-004
transition to gaussian dispersion			
1.6E+003	1.2E+003	1.4E+001	4.4E-004
2.0E+003	1.1E+003	1.8E+001	3.0E-004

2.4E+003	9.6E+002	2.1E+001	2.2E-004
2.8E+003	8.8E+002	2.3E+001	1.7E-004
3.4E+003	7.8E+002	2.4E+001	1.3E-004
4.1E+003	6.5E+002	2.3E+001	1.1E-004
4.9E+003	4.7E+002	1.9E+001	8.5E-005
5.9E+003	0.0E+000	0.0E+000	6.9E-005

Scenario G, fall 1

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Boiling liquid

Parameters:

Molecular Mass	17 kg/kmol
Boiling Point	240 K
Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	5 m/s
Stability Class	D A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	0.7 kg/s
Pool Area	100 m ²

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
0.0E+000	3.4E+001	4.7E-001	7.8E-002
6.0E+000	3.2E+001	2.6E+000	1.1E-002
1.3E+001	3.3E+001	4.3E+000	5.5E-003
2.2E+001	3.5E+001	5.9E+000	3.4E-003
3.2E+001	3.7E+001	7.5E+000	2.2E-003
4.5E+001	4.0E+001	9.0E+000	1.5E-003
6.0E+001	4.3E+001	1.1E+001	1.1E-003
7.7E+001	4.6E+001	1.2E+001	7.8E-004
9.9E+001	4.9E+001	1.3E+001	5.7E-004
1.2E+002	5.2E+001	1.5E+001	4.1E-004
1.6E+002	5.4E+001	1.6E+001	3.0E-004
1.9E+002	5.6E+001	1.7E+001	2.2E-004
2.4E+002	5.6E+001	1.7E+001	1.6E-004
2.9E+002	5.2E+001	1.5E+001	1.2E-004
3.6E+002	3.9E+001	1.2E+001	8.7E-005
4.3E+002	0.0E+000	0.0E+000	6.4E-005

Scenario G, fall 1

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Boiling liquid

Parameters:

Molecular Mass	17 kg/kmol
Boiling Point	240 K
Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Entrainment Rate	10 kg/s
Wind Speed	2 m/s
Stability Class	F A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	0.7 kg/s
Pool Area	100 m ²

Results:

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
0.0E+000	3.4E+001	1.2E+000	7.8E-002
6.0E+000	3.4E+001	2.0E+000	4.1E-002
1.3E+001	3.5E+001	2.8E+000	2.7E-002
2.2E+001	3.6E+001	3.6E+000	2.0E-002
3.2E+001	3.7E+001	4.4E+000	1.5E-002
4.5E+001	3.9E+001	5.2E+000	1.1E-002
6.0E+001	4.1E+001	6.0E+000	8.6E-003
7.7E+001	4.4E+001	6.9E+000	6.7E-003
9.9E+001	4.7E+001	7.9E+000	5.2E-003
1.2E+002	5.1E+001	8.9E+000	4.0E-003
1.6E+002	5.5E+001	9.9E+000	3.1E-003
1.9E+002	6.0E+001	1.1E+001	2.4E-003
2.4E+002	6.5E+001	1.2E+001	1.8E-003
2.9E+002	7.1E+001	1.3E+001	1.4E-003
3.6E+002	7.8E+001	1.4E+001	1.1E-003
4.3E+002	8.5E+001	1.6E+001	8.3E-004
5.2E+002	9.2E+001	1.7E+001	6.3E-004
6.4E+002	1.0E+002	1.8E+001	4.8E-004
7.7E+002	1.1E+002	1.9E+001	3.7E-004
9.3E+002	1.1E+002	1.9E+001	2.8E-004
1.1E+003	1.2E+002	2.0E+001	2.1E-004
1.4E+003	1.2E+002	1.9E+001	1.6E-004
1.6E+003	1.1E+002	1.8E+001	1.2E-004
2.0E+003	9.2E+001	1.4E+001	9.1E-005
2.4E+003	0.0E+000	0.0E+000	6.9E-005

Scenario G, fall 2

/S/AN/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Sprayrelease

Parameters:

Molecular Mass	17 kg/kmol
Boiling Point	240 K
Heat of Evaporation	1.37E6 J/kg
Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Release Temp.	300 K
Wind Speed	5 m/s
Stability Class	D A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	2 kg/s

Results:

uitregenen is onwaarschijnlijk

distance (m)	cloudwidth (m)	z (m)	max.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	1.3E+001	4.1E+000	1.0E-002
1.1E+001	1.8E+001	3.6E+000	9.2E-003
1.8E+001	2.3E+001	3.3E+000	8.1E-003
transition to gaussian dispersion			
2.7E+001	4.6E+001	7.2E+000	7.1E-003
3.7E+001	4.9E+001	3.9E+000	5.0E-003
5.0E+001	5.2E+001	1.1E+001	3.6E-003
6.5E+001	5.6E+001	1.3E+001	2.6E-003
8.2E+001	6.0E+001	1.5E+001	1.9E-003
1.0E+002	6.5E+001	1.7E+001	1.4E-003
1.3E+002	7.0E+001	1.9E+001	1.1E-003
1.6E+002	7.6E+001	2.1E+001	7.8E-004
2.0E+002	8.1E+001	2.3E+001	5.8E-004
2.4E+002	8.7E+001	2.5E+001	4.3E-004
3.0E+002	9.2E+001	2.6E+001	3.2E-004
3.6E+002	9.6E+001	2.7E+001	2.4E-004
4.4E+002	9.7E+001	2.8E+001	1.8E-004
5.3E+002	9.3E+001	2.6E+001	1.3E-004
6.4E+002	7.8E+001	2.2E+001	9.7E-005
7.7E+002	2.6E+001	7.2E+000	7.2E-005
9.3E+002	0.0E+000	0.0E+000	5.3E-005

Scenario G, fall 2

/S/AV/E/ II

Username: AJ Risk Engineering AB

Dispersion: Toxic Continuous Release: Sprayrelease

Parameters:

Molecular Mass	17 kg/kmol
Boiling Point	240 K
Heat of Evaporation	1.37E6 J/kg
Specific Heat	4.6E3 J/kg/K
Effect Concentration	0.00007 kg/m ³
Initial Release Temp.	300 K
Wind Speed	2 m/s
Stability Class	F A to F
Surface Roughness Z0	0.1 m
Release Rate	2 kg/s

Results:

uitregenen is onwaarschijnlijk

distance (m)	cloudwidth (m)	Lz (m)	max.conc. (kg/m ³)
5.0E+000	2.2E+001	6.4E+000	9.9E-003
1.1E+001	3.0E+001	4.9E+000	8.5E-003
1.8E+001	3.9E+001	4.2E+000	7.5E-003
2.7E+001	4.9E+001	3.7E+000	6.8E-003
3.7E+001	5.9E+001	3.4E+000	6.2E-003
5.0E+001	7.1E+001	3.1E+000	5.6E-003
6.5E+001	8.4E+001	2.9E+000	5.1E-003
8.2E+001	9.8E+001	2.7E+000	4.7E-003
1.0E+002	1.1E+002	2.5E+000	4.3E-003
1.3E+002	1.3E+002	2.4E+000	3.9E-003
1.6E+002	1.5E+002	2.3E+000	3.6E-003
2.0E+002	1.7E+002	2.2E+000	3.2E-003
2.4E+002	2.0E+002	2.2E+000	2.9E-003
3.0E+002	2.3E+002	2.1E+000	2.5E-003
3.6E+002	2.6E+002	2.2E+000	2.1E-003
4.4E+002	3.0E+002	2.3E+000	1.8E-003
5.3E+002	3.3E+002	2.4E+000	1.4E-003
6.4E+002	3.8E+002	2.7E+000	1.1E-003
7.7E+002	4.2E+002	3.2E+000	7.5E-004
9.3E+002	4.6E+002	4.1E+000	5.0E-004
transition to gaussian dispersion			
1.1E+003	5.6E+002	1.1E+001	3.1E-004
1.4E+003	6.1E+002	1.3E+001	2.2E-004
1.6E+003	4.6E+002	1.4E+001	1.6E-004
2.0E+003	3.9E+002	1.5E+001	1.2E-004
2.4E+003	3.2E+002	1.4E+001	9.7E-005

2.8E+003 1.8E+002 8.8E+000 7.7E-005
3.4E+003 0.0E+000 0.0E+000 6.1E-005

Bilaga B.4 FÖRSLAG TILL SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER

Den del av ammoniaksystemet som i händelse av läckage i systemet har störst inneboende potential att skada personer ur allmänheten är de ledningar som innehåller varm ammoniak i vätskefas utomhus. På Astrid Fiskexport AB består dessa delar av två värmeväxlare med tillhörande ledningar kopplade till två tankar (D1 och D2). En åtgärd som eventuellt bör utvärderas för att minska den mängden ammoniak som kan läcka ut i samband med läckage på denna del av systemet är att installera backventiler vid anslutningarna från de vätskeinnehållande ledningarna in till tankarna D1 och D2.

Ytterligare föreslås att så kallade klena avstick, dvs. dränerings- och instrumentrör på tankar stadgas med röstöd samt skyddas med slag-/påkörningsskydd i de fall de inte redan sitter skyddat. Läckage på dränerings- och instrumentrör är relativt vanligt, speciellt på vibrerande utrustning. Att fixera och skydda dessa för mekanisk påverkan minskar risken för mindre/måttliga läckage betydligt. Detta är primärt en åtgärd som sänker risken för den egna personalen, men kan även vara en åtgärd som till viss del minskar risken för tredje man.