



Handläggare

**Lennart Berg**

Tel +46 (0)10-505 12 97

Mobil +46 (0)70-582 14 15

Fax +46 (0)10-505 00 10

[lennart.berg@afconsult.com](mailto:lennart.berg@afconsult.com)

**RAPPORT**

Datum

2010-06-10

Uppdragsnr

211517

1 (35)

## **Ekvallen Värmdö AB**

### **Fördjupad riskanalys**

### **för kylanläggning med ammoniak**

ÅF-ENGINEERING AB  
Säkerhet, Hälsa och Miljö

Granskad

Lennart Berg

Jennie Ossmark



## Sammanfattning

Ekvallen Värmdö AB driver med konstfrysning en bandybana, en ishall och en hockeyrink i Gustavsberg. Ishallen och bandybanan byggdes 1997 och utomhusrinken 2007. Det gemensamma kylmaskineriet för dessa ligger i en separat byggnad nära ishallen. Byggnaden är av betong med utvändig träpanel. Kylan överförs till de tre banorna med saltlösning.

Kylmaskineriet drivs av två kompressorer för ammoniak i ett slutet kretslopp. Tryckkärlen kontrolleras enligt gällande föreskrifter. Ingen påfyllning av ammoniak behöver göras, d.v.s. inga läckor finns i systemet. En stor ombyggnad av kylanläggningen skedde sommaren 2007.

Nu innehåller anläggningen 2 700 kg ammoniak, men bolaget planerar att bygga om kylanläggningen till att i fortsättningen innehålla 700 kg ammoniak. Även andra förbättringar i energihantering och larmsystem är planerade.

Värmdö Kommun studerar nu hur bostäder kan byggas på parkeringsplatsen efter en ombyggnad till 700 kg ammoniak i kylanläggningen. ÅF-Engineering har fått uppdraget att i en fördjupad riskanalys beräkna och bedöma effekterna av några skadescenarier. I riskanalysen bedöms sannolikhet och konsekvens baserat på statistik, erfarenhet och beräkningar.

I denna rapport har två tänkbara skadehändelser studerats närmare. Den ena är ett osannolikt men stort plötsligt utsläpp, ett s.k. värsta fall. Den andra är ett utsläpp från en säkerhetsventil eller en mindre läcka, ett mest sannolikt fall.

Förutsättningarna är

- Endast 700 kg ammoniak i kylanläggningen.
- Endast saltlösning i rörslingorna under isbanan.

Resultatet är

- Farliga områden är störst för giftfara, där dimensionerande skadefall visar på effekter på följande längsta avstånd: 55 meter för allvarliga skador och 120 meter för betydande irritation.
- Risken för brandfara på grund av ammoniakutsläpp är låg, liksom risken för explosionsfara.
- Trots implementering av åtgärdsförslag och slutsatser bör ej bostäder planeras närmare än 100 meter från kylanläggningen.



## Innehåll

	SAMMANFATTNING	2
1	INLEDNING	4
1.1	Syfte	4
1.2	Bakgrund	4
1.3	Avgränsningar	5
1.4	Genomförande	5
2	VERKSAMHETS- OCH OMRÅDESBESKRIVNING	6
2.1	Organisation	6
2.2	Beskrivning av anläggningen	6
2.3	Beskrivning av larmsystem	7
2.4	Omgivning	7
2.4.1	Idrottsanläggningar	7
2.4.2	Övrig omgivning	8
3	AMMONIAK	9
3.1	Egenskaper för ammoniak	9
3.2	Skydds- och säkerhetsavstånd	11
3.3	Olyckor och tillbud	11
3.3.1	Olyckor och tillbud i ishallar	11
4	RISKANALYS	13
4.1	Riskidentifiering	13
4.2	Riskvärdering	14
4.3	Fördjupad analys	16
4.3.1	Resultat av fördjupad analys	16
4.3.2	Konsekvensanalys	18
4.4	Samhällsrisk	18
4.5	Osäkerhet	19
5	SKADEFÖREBYGGANDE ÅTGÄRDER	19
6	SLUTSATSER	21
7	REFERENSER	23

## Bilagor

**BILAGA 1: PRINCIPER FÖR SPRIDNING AV AMMONIAK I LUFT**

**BILAGA 2: RISKANALYSTABELL**

**BILAGA 3: KONSEKVENSANALYS**

**BILAGA 4: ALOHA-UTSKRIFTER**



## **1 Inledning**

Detta uppdrag har genomförts av ÅF i två etapper, dels år 2008 med Lennart Berg som ansvarig, dels år 2010 med Jennie Ossmark som ansvarig, tfn 010 505 1048.

Ekvallens kontaktperson i uppdraget år 2008 var platschef Benny Sjö Dahl och år 2010 anläggningschef idrott Thomas Johansson, Värmdö Kommun. Nuvarande chef för Ekvallen är anläggningschef Tommy Wiberg.

### **1.1 Syfte**

Syftet med denna fördjupade riskanalys är att analysera och värdera risken för olyckor, som härrör från kylanläggningen på Ekvallens konstfrusna banor i Gustavsberg, Värmdö kommun. Riskanalysen omfattar risker för människor i omgivningen samt risker kopplade till personalens säkerhet och hälsa.

### **1.2 Bakgrund**

Gustavsbergs idrottsplats har gamla anor för sommar- och vinteridrott. Efterhand har bostäder, affärer och allmänna lokaler byggts i närheten och allt flera idrotter fått lokaler runt idrottsplatsen. Ekvallen Värmdö AB bildades 1997 för att driva konstfrusna anläggningar på idrottsplatsen åt kommunen. Kylanläggningen med ammoniak togs i drift 1998.

Gustavsbergs kommuns stadsplanekontor planerar nu för fler bostäder, affärer och en stormarknad i närområdet kring Ekvallen. Enligt lagen om skydd mot olyckor (LSO) 2 Kap. 4 § gäller att vid en anläggning, där verksamheten innebär fara för att en olycka skall orsaka allvarliga skador på människor eller miljön, är anläggningens ägare eller den som utövar verksamheten på anläggningen skyldig att i skälig omfattning hålla eller bekosta beredskap med personal och utrustning samt i övrigt vidta nödvändiga åtgärder för att hindra eller begränsa sådana skador [6].

Denna fördjupade riskanalys är en del av Ekvallen Värmdös arbete med att hindra eller begränsa effekterna av eventuella olyckor som kan ha sitt ursprung från verksamheten. Riskanalysen omfattar även risker gällande personalens säkerhet och hälsa, vilket är ett krav enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter [1 och 2].



### 1.3 Avgränsningar

Risakanalysen omfattar alltså risker för människor i omgivningen samt risker kopplade till personalens säkerhet och hälsa. Sannolikheten för olika skadehändelser är bedömd utifrån risk för olycka under drift, under förutsättning att kylmaskinerna underhålls regelbundet. Sannolikheten för en olycka orsakad av den mänskliga faktorn har diskuterats men ej bedömts.

### 1.4 Genomförande

Risakanalysen har utförts genom växelverkan mellan analys och samråd. Följande personer har medverkat:

#### Konsulter – utförare av risakanalysen

- Lennart Berg                      Seniorkonsult risk och säkerhet, ÅF
- Lisa Degerfalk                      Konsult risk och säkerhet, ÅF
- Jennie Ossmark                      Seniorkonsult risk och säkerhet samt sektionschef, ÅF

#### Personer med erfarenhet från verksamheten

- Joakim Ihver                      Brandingenjör, Storstockholms brandförsvär
- Thomas Johansson                      Anläggningschef idrott, Värmdö kommun
- Benny Sjädhahl                      Platschef, Ekvallen Värmdö
- Rolf Sköldberg                      Kylmontör, York Refrigeration
- Christoffer Wendelin                      Brandingenjör, Räddningstjänsten
- Lars Winberg                      Säkerhetschef, Värmdö kommun

Följande möten har hållits:

Datum	Medverkande
21/5 -08	Berg, Degerfalk, Sjädhahl
4/6 -08	Berg, Degerfalk, Johansson, Sjädhahl, Wendelin, Winberg
13/6 -08	Berg, Degerfalk, Johansson, Sjädhahl, Sköldberg
20/8 -08	Inställt
26/4 -10	Berg, Johansson, Ossmark



## **2 Verksamhets- och områdesbeskrivning**

### **2.1 Organisation**

Ekvallen Värmdö AB driver, enligt avtal med Värmdö kommun, de konstfrusna idrottsanläggningarna i centrala Gustavsberg. Bolaget ägs av Gustavsbergs IK och Värmdö Hockey Club.

Kylanläggningen sköts av Ekvallens platschef och daglig tillsyn av den utförs av densamme och av bolagets vaktmästare, normalt fyra gånger dagligen under driftsäsongen. Regelbunden tillsyn, ca en gång per månad, och årlig service utförs av kylmontörer från York Refrigeration, normalt av en och samma montör.

### **2.2 Beskrivning av anläggningen**

Ekvallen har tre konstfrusna ytor, en ishall för hockey samt utomhus en bandybana och en hockeyrink. Ishallen och bandybanan byggdes 1997 och utomhusrinken 2007. I kylmaskinbyggnaden, som är fristående nära ishallen, finns en gemensam kylanläggning med ammoniak av fabrikat Sabroe Refrigeration. Byggnaden är av betong med utvändigt träpanel. Kylan överförs till de tre banorna med saltlösning.

Kylanläggningen innehåller 2 700 kg ammoniak. Den drivs av två stycken kompressorer. Tryckkärlen kontrolleras enligt gällande föreskrifter. Ingen påfyllning av ammoniak behöver göras, d.v.s. inga läckor finns i systemet. En stor ombyggnad av kylanläggningen skedde sommaren 2007.

Nu planerar bolaget att bygga om kylanläggningen till att i fortsättningen innehålla 700 kg ammoniak.

Inne i kylmaskinbyggnaden finns kompressorer och förångare samt, sedan 2007, en kondensor som värmer upp vatten. Detta vattenburna värme utnyttjas till att värma vattnet i det närliggande badhuset Gustavsbergsbadet som även har utomhusbassänger. – Utomhus finns en andra kondensor, där resterande kylmaskinvärme överförs till vatten som avdunstar och bortgår som ånga i utomhusluften. I kylmaskinrummet finns även utrustning för beredning och förråd av saltlösning till kylslingorna och av varmvatten, samt elskåp för bandybanans belysning

Normalventilation sker med två utblåsfläktar på kylmaskinhusets norra vägg med synliga spjäll utanför. Diagonalt i byggnaden finns ett tilluftspjäll som styrs av kylmaskinrummets temperatur.



Nödventilation sker med en egen fläkt över kylmaskinhusets tak. Avståndet därifrån till ishallens tilluftintag, som är placerat på ishallens södra sida, är 40-50 meter. Avståndet till ishallens huvudentré är ca 10 meter. Byggnader för omklädningsrum och klubbkansli finns inom 15-30 meter. Bandybanan ligger direkt söder om ishallen, ca 50-150 meter från kylmaskinrummet.

En vindstrut är monterad på ishallens östra taknock för att enkelt kunna visa vindriktning och ungefärlig vindstyrka vid ett eventuellt utsläpp av ammoniak.

Information finns utanpå dörren till kylmaskinrummet att ammoniak finns innanför, men stora varningsskyltar har medvetet undvikits. Anslag om ammoniaks farlighet finns i kylmaskinrummet.

Maskinrummet är utrustat med två dörrar med panikregel. Nödstopp för kylmaskinerna, strömbrytare för nödventilation och gasmask finns innanför dörren till kylmaskinhuset. Däremot finns inte larmtest, ej heller nöddusch eller ögonusch. Det saknas dessutom nödlägesplan och utrymningsplan.

Ekvallen Värmdö har två anställda, platschefen och en vaktmästare. Båda arbetar inomhus och utomhus och har genomgått en kurs i hantering av ammoniak. I ishallen och andra närliggande byggnader arbetar även anställda vid idrottsklubbarna.

## **2.3 Beskrivning av larmsystem**

I kylanläggningen finns nu ammoniaklarm installerat. Givare med två larmnivåer är placerade i kylmaskinrum och i utgående ventilation. Larmet lyser med gul eller röd lampa utanför maskinhuset men är inte kopplat vidare till någon larmcentral. Akustiskt larm ges medvetet inte. Lågnivåalarm för ammoniak har förekommit en gång.

Vid den planerade ombyggnaden skall ett varnings- och utrymningslarm installeras. Larmet är direktkopplat till den lokala räddningstjänsten samt larmcentralen.

## **2.4 Omgivning**

### **2.4.1 Idrottsanläggningar**

Förutom ishallen, bandybanan och hockeyrinken finns på Ekvallens område ett klubbhus och ett omklädningshus inom 20-40 meter från kylmaskinhuset. Avståndet mellan kylmaskinhuset och ishallens norra långsida är ca 3 meter,

men hallen saknar öppningar på den sidan. Hallens ventilationsintag är 40-50 meter bort på den södra långsidan.

På 50-100 meters avstånd finns även en sporthall, en tennishall och badhuset.

#### 2.4.2 Övrig omgivning

I västlig sektor ligger Gustavsbergs centrum med bland annat en musikhall bara 80 meter bort. Det finns även varuhus, stor busshållplats m.m. på 125 till drygt 200 meters avstånd från kylmaskinhuset. Närmaste större skola är Kvarnbergsskolan ca 350 meter åt sydväst. Till närmaste bostäder är det ca 200 meter i sydlig sektor och ca 250 meter i nordlig sektor.

Landstingets vårdverksamhet som tidigare låg nära Ekvallen har flyttats ca 1500 m västerut. I dagsläget finns olika typer av kontorsverksamhet i byggnaden.

Räddningstjänst finns i Mölnvik, Gustavsberg och kan inställa sig inom ca 5 minuter efter larm. Avståndet är ca 2,5 km.

Figur 1 visar en översiktlig bild över närområdet kring ishallen.



Figur 1: Bild över närområdet kring Ekvallens idrottsplats. [7]





### 3 Ammoniak

#### 3.1 Egenskaper för ammoniak

Vid atmosfärstryck är ammoniak en gas med kokpunkt vid  $-33^{\circ}\text{C}$ . I kylanläggningen hålls ammoniaken under tryck så att större delen är kondenserad till vätska. Andelen vätska beror på tryck och temperatur. Ren ammoniakgas motsvarar halten 1 000 000 ppm.

Enligt Svensk Kylnorm [3] klassificeras ammoniak som ett köldmedium grupp 2. Grupp 2 kännetecknas av att **giftighet** är dess dominerande farliga egenskap. Ur Svensk Kylnorms Faktablad 5 återges tabell och text om ammoniaks påverkan på oskyddad människa, se tabell 1.

Koncentration ammoniak ppm g/m <sup>3</sup>		Effekter av exponering på oskyddad människa	Exponeringens varaktighet
5	0,0035	Luktgräns för många människor	---
25	0,018	Tydlig lukt. Inga skadliga effekter för normalpersoner	Nivågränsvärde (För NH <sub>3</sub> vägt medelvärde under 8 timmar)
50	0,035	Inga skadliga effekter för normalpersonen. Lukten känns tydligt av de flesta personer	Takgränsvärde (För NH <sub>3</sub> vägt medelvärde under 5 minuter)
100	0,07	Besvärande att vistas i utan andningsskydd. Lindriga ögonirritationer uppträder	---
300	0,2	Max. tolerabel koncentration utan allvarliga störningar	1 h
400-700	0,3-0,5	Irritation av näsa och hals, ögonirritation, tårbildning	Sällsynt exponering i upp till 1 h orsakar vanligen ingen allvarlig påverkan
2000-3000	1,4-2,1	Krampaktig hostning, svår ögonirritation	Ej acceptabel konc. Personer kan omkomma efter längre exponering.
5000-7000	3,5-4,9	Krampaktig andning. Snabb kvävning	Ej acceptabel koncentration. Personer kan omkomma efter kortare exponering

Tabell 1: Ammoniaks påverkan på oskyddad människa.



”Ammoniak har en mycket låg förnimbarhetsnivå hos människor vilket medför att den mycket tidigt varnar och ger människor möjlighet att omedelbart förflytta sig bort från det farliga området. Ammoniak har p.g.a. sina stickande och retande egenskaper en tendens att framkalla panik i folksamlingar.” [3]

**Hygieniska gränsvärden** anges i AFS 2005:17 [10]. Nivågränsvärde för exponering under en arbetsdag är 25 ppm ( $18 \text{ mg/m}^3$ ) och takgränsvärde för exponering under fem minuter är 50 ppm ( $35 \text{ mg/m}^3$ ).

IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) är gränsen för vad en frisk arbetstagare anses tåla vid exponering under 30 minuter utan att bli skadad. IDLH-värdet i USA är 300 ppm. För en person ovan vid ammoniak är dock 300 ppm outhärdligt.

En blandning av ammoniak och luft är **antändbar** vid hög koncentration, inom 150 000 – 280 000 ppm ammoniak. En så hög koncentration kan uppstå i ett kylmaskinrum med stor mängd ammoniak [4]. Ammoniak brinner ganska långsamt. Sker en brand i ett begränsat utrymme kan den övergå i explosion. Enligt Räddningsverkets föreskrift SRVFS 2004:7 [5] skall verksamhetsutövaren ha bedömt och dokumenterat risken för explosion.

Flampunkten för ammoniak vid den undre gränsen för brännbarhet och explosion (LEL, Lower Explosive Limit) är  $110^\circ\text{C}$ . Det innebär att förångad ammoniak i antändbar blandning med luft behöver vara minst  $110^\circ\text{C}$  för att antändas av en gnista eller liten låga.

Ammoniaks antändningstemperatur är mycket hög,  $630^\circ\text{C}$ . Det innebär att farlig glappkontakt i elsystem ofta kan upptäckas i tid, men också att man måste ha speciella rutiner och tillstånd för att utföra ”heta arbeten”.

I Svensk Kylnorm [3] betecknas ammoniak som **köldmedium R717**.

Vattenfri ammoniak skall vara märkt Giftig (T), Frätande (C) och Miljöfarlig (N) enligt Kemikalieinspektionens föreskrifter [9]. Även starka vattenlösningar är klassificerade.

Ammoniak är vattenlöslig. Spridd vattenstråle används för att lösa gasen vid utsläpp och kan ha god verkan. Även ejektorer och skrubbrar kan förekomma för att lösa gasen.  $10 \text{ m}^3$  vatten kan lösa cirka 6 kg ammoniak. För att undvika akut miljöskada bör ammoniakvattnet samlas upp.



## 3.2 Skydds- och säkerhetsavstånd

Skyddsavstånd är avståndet mellan en riskkälla i en anläggning, t.ex. kompressor, och annan verksamhet utanför anläggningen. Säkerhetsavstånd är avstånd inom en anläggning. Här redovisas vissa säkerhetsaspekter som underlag för bedömning av riskbilden.

Giftigheten är ammoniaks dominerande egenskap. Skydds- och säkerhetsavstånd måste därför bestämmas med hänsyn till de lokala förhållandena. [4]

## 3.3 Olyckor och tillbud

Ingen ammoniakolycka finns rapporterad som härrör till Ekvallen. Ett tillbud i form av ett gaslarm på den lägre nivån har inträffat. Det ägde rum en sommardag år 2004, då en säkerhetsventil öppnade på grund av för varmt kylmaskinrum.

Efter en allmän orientering om risker vid hantering av ammoniak redovisas i detta avsnitt vissa olyckor och tillbud som inträffat vid ishallar på andra håll inom landet.

Ammoniak tillverkas inte i Sverige, men det finns många stora förbrukare. Varje år importeras ca 180 000 ton vattenfri ammoniak till Sverige [11]. Olyckor med allvarliga personskador orsakade av ammoniak är sällsynta men förekommer bl.a. inom livsmedelsindustrin (läckande kylanläggningar, fryslager) och inom transportsektorn (t.ex. läckande tankvagnar).

### 3.3.1 Olyckor och tillbud i ishallar

Det finns några exempel på inträffade olyckor med utsläpp av ammoniak vid svenska konstfrusna anläggningar på senare år. Lyckligtvis har, såvitt vi funnit, ingen ur allmänheten då drabbats av allvarlig skada. Servicemontörer som inte följt sina säkerhetsföreskrifter har drabbats i några fall.

I några fall har felaktiga ingrepp gjorts för att stoppa utsläppet, som därigenom förlängts.

Otätade kulvertar för kylmedel till banorna kan vara dolda vägar för utsläppt ammoniak att sprida sig från kylmaskinrum in i ishallar.

Intag, kanaler och larmgivare för luft till en ishall kan vara olämpligt placerade, dåligt underhållna, otätade mm och kan då orsaka tillbud.



RAPPORT  
2010-06-10

12(35)

Nästan alla banor har numera saltlösning i rörslingorna, såsom Ekvallen. Därigenom undviks direkta ammoniakutsläpp från isbanan.

Några anläggningar har dock ammoniak i rörslingorna under isbanan, och ibland har ismaskin eller annat skadat rören med utsläpp som följd och betydande risk för personal och allmänhet. Vanligen är utsläppet litet men pågår länge. Denna olyckstyp är inte aktuell för Ekvallen.

Sannolikheten för att ett allvarligare tillbud inträffar under normal drift ansätter vi till högst ett om året i genomsnitt i Sverige. Mindre tillbud sker dock oftare. Om ishallspersonal inte är på plats sker då utryckningar av servicemontörer, jourtjänster mm.

Antalet utryckningar från räddningstjänsten till ishallar i Stockholms län är ungefär en gång om året orsakade av ammoniakutsläpp.



## 4 Riskanalys

Kylanläggningen på Ekvallen innehåller ammoniak i en sådan mängd att den är en riskkälla för allvarlig olycka för personalen eller i omgivningen om ett läckage inträffar.

De händelser som kan leda till olyckor med personskada inom eller utom anläggningen identifieras, se avsnitt 4.1. De analyseras sedan och en värdering görs av sannolikhet och konsekvens för var och en av skadehändelserna, se avsnitt 4.2. En fördjupad analys utförs för några viktiga scenarier, se avsnitt 4.3.

### 4.1 Riskidentifiering

Riskanalys kan utföras med olika detaljeringsgrad beroende på behovet. Den metod som här har använts för att identifiera och analysera möjliga skadehändelser är så kallad What If-analys. Den går ut på att söka svar på frågor som "Vad händer om ...?" Metoden lämpar sig väl för att bedöma risk för oönskade händelser och deras orsaker i en anläggning med kontinuerlig drift. Genom att på ett systematiskt sätt ställa frågan "Vad händer om ...?" i olika delar av kylsystemet och verksamheten kan en lista med möjliga skadehändelser erhållas.

Principerna för spridning av ammoniak beskrivs i **Bilaga 1**. Där anges hur spridning och utspädning sker liksom skillnaden i verkan om utsläppet börjar inomhus eller utomhus. Där beskrivs vad en lävak är och redovisas vissa avståndsberäkningar av mera principiell sort.

När ammoniakhaltig luft strömmar runt en byggnad ansamlas utsläppet mera koncentrerat i lävaken. Storleken på lävaken är ungefär som ishallens egen storlek. En mindre koncentrationsvirvel uppstår även i lovert om byggnaden.

Vid Ekvallen kan en sådan lävak bildas på södra sidan om ishallen vid nordlig vind och på norra sidan vid sydlig vind.

Ett läckage av ammoniak i vätskefas ger en blandning av gas och luft och små aerosoldroppar. Blandningen blir direkt kraftigt nedkyld, ofta till ca  $-70^{\circ}\text{C}$ , vilket omedelbart kan ge svåra frysskador på människor och utrustning som träffas av strålen. Så kall gas är tyngre än omgivande luft och kan orsaka "tunggas"-effekter. Normalt är ammoniakgas lättare än luft och stiger uppåt.



## 4.2 Riskvärdering

För varje identifierad skadehändelse analyseras och värderas dess sannolikhet och konsekvens. Vid värderingen används femgradiga skalor, liknande dem Räddningsverket använder.

- Sannolikhet: 1 Mindre än en gång per 1000 år  
2 En gång per 100-1000 år  
3 En gång per 10-100 år  
4 En gång per 1-10 år  
5 Mer än en gång per år
- Konsekvens: 1 Lindriga obehag  
2 Varaktiga obehag, enstaka skadade  
3 Svåra obehag, enstaka svårt skadade  
4 Enstaka dödsfall, flera svårt skadade  
5 Flera dödsfall, tiotals svårt skadade

Resultaten av What If-analysen finns redovisade i Riskanalystabellen i **Bilaga 2**. Både risker som kan förekomma vid normal drift såväl som risker i samband med olika typer av störningar är inkluderade i analysen. För varje skadehändelse har sannolikhet och konsekvens bedömts. Dessa värden har införts i en riskmatris nedan.

Ett riskvärde beräknas som produkten av klassvärdena för sannolikhet och konsekvens. Riskvärdet avser nuläge. Följande riskkriterier har antagits i analysen och införts i riskmatrisen med följande färgmarkeringar:

	Oacceptabel risk	Riskeliminering eller riskreducerande åtgärder ska alltid vidtas
	Signifikant risk (ALARP)	Riskreducerande åtgärder till en rimlig insats och kostnad ska vidtas
	Acceptabel risk	Ingen åtgärd behövs

I en riskmatris innebär riskvärde 1 den lägsta risken och 25 den högsta risken. Ju högre risk desto viktigare blir behovet av riskreducerande åtgärder.

ALARP betyder As Low As Reasonably Practicable.



### Riskmatris med riskvärden

Sannolikhet						
Hög	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
Låg	1	1	2	3	4	5
		1 Små	2	3	4	5 Stora
		Konsekvenser				

### Riskmatris för liv och hälsa

Sannolikhet						
Hög	5					
	4					
	3					
	2		A1, A6, B3	A8, B1, B10		
Låg	1		B11	A3, A7, B2, B5, B8, B9	A1, B4, B6, B7	
		1 Små	2	3	4	5 Stora
		Konsekvenser				

Identifierade risker med sannolikhetsnivå 0, dvs. ej kvantifierbar sannolikhet, noteras utanför matrisen.

Om kylmaskinerna underhålls regelbundet uppskattar ÅF sannolikheten för en olycka med ett allvarligt utsläpp av ammoniak vara mycket låg under drift, mindre än 1 gång på 100 år, om orsaken är en mekanisk skada eller ett materialfel.



Sannolikheten för att en olycka kan orsakas av den mänskliga faktorn är mycket svår att uppskatta. En rangordning mellan olika felfaktorer beskrivs så här, i fallande ordning av betydelse:

Sannolikhet	Beskrivning	Exempel
4	Mänsklig glömska	Operatör missar något som ska kollas
3	Mänsklig felhandling	Operatör råkar oplanerat stoppa processen
2	Aktivt fel på utrustning	Pump stannar, ventil stänger inte
1	Passivt fel på utrustning	Rörbrott

För att hålla en låg sannolikhet för ett ammoniakutsläpp samt begränsa konsekvensen av ett utsläpp är det viktigt att ha goda rutiner samt att kontinuerligt vidta förebyggande åtgärder, se vidare under avsnitt 5.

Verksamhet med ammoniak kan, förutom att vara farlig verksamhet enligt lagen om skydd mot olyckor [6], även omfattas av lagstiftningen om allvarliga kemikalieolyckor [8]. Den undre gränsmängden för ammoniak enligt denna lag är dock 50 ton, och Ekvallen med 2,7 ton omfattas alltså inte av den.

### 4.3 Fördjupad analys

En fördjupad riskanalys omfattar bedömningar av sannolikhet och konsekvens baserade på statistik, erfarenhet och beräkningar.

I denna rapport har två tänkbara skadehändelser studerats närmare. Den ena är ett osannolikt men stort plötsligt utsläpp, s.k. värsta fall. Den andra är ett utsläpp från en säkerhetsventil eller en mindre läcka, mest sannolika fall.

Flödet av ett ”normalt” utsläpp på kylanläggningen är vad som bedöms strömma ut genom de aktuella säkerhetsventilerna. Samma flöde kan komma som vätska från ett 2-3 mm hål eller som gas från ett 12-15 mm hål.

#### 4.3.1 Resultat av fördjupad analys

Beräkningar har utförts med programmet ALOHA (Atmospheric Load of Hazardous Air) utarbetat av EPA och NOAA i USA, version 5.4.1. Vid varje beräkning anges indata och erhålls utdata som presenteras i tabell och diagram. Programmet kan ange storleken på potentiellt farliga områden (giftfara,





brandfara och/eller explosionsfara) vid olika väderlek och källstyrka från ett farligt och flyktigt ämne. Vid Ekvallen gäller det ammoniak.

För väderlekens inverkan har huvudsakligen dessa data använts:

Vindhastighet	5 m/s på 10 meters höjd
Skiktningstyp	neutral skiktning, typ D
Lufttemperatur	10°C

För att pröva avvikelser i väderlek har även vindhastigheter 2 m/s och 10 m/s samt skiktningstyper C och E använts.

Farliga områden är störst för **giftfara**. Vare sig det gäller plötsliga eller kontinuerliga utsläpp erhålls områdeskurvor angivna för tre koncentrationsnivåer, 750 ppm, 150 ppm och 25 ppm. De nivåerna motsvarar **allvarliga skador, betydande irritation** resp. **tydlig lukt**.

Beräkningar av **värsta fall**, dvs. direkt utsläpp av 700 kg ammoniak, ger följande längsta avstånd (vid ovan angiven huvudsaklig väderlek):

750 ppm	150 m
150 ppm	335 m
25 ppm	740 m

Beräkningar av **dimensionerande fall**, dvs. kontinuerligt utsläpp av 0,15 kg/s, t.ex. från ett packningsbrott, ger nämnda effekter på följande längsta avstånd (vid ovan angiven huvudsaklig väderlek):

750 ppm	55 m
150 ppm	120 m
25 ppm	295 m

Utskrifter från ALOHA för dessa två fall finns i Bilaga 4.

För **brandfara** är brand i omgivningen, typ bilbrand, brand i skogsdungen e. d., en sannolikare brand än en brand i ett gasmoln av ammoniak. Ett gasmoln med 700 kg ammoniak kan antändas inom ca 60 meter men knappast utanför 140 meter (vid ovan angiven huvudsaklig väderlek).

För **explosionsfara** är det främst fråga om fönsterskador. Fönster kan splittras på ca 50 meters avstånd när 350 kg ammoniak exploderar (vid ovan angiven huvudsaklig väderlek). Fönster i farozonen finns på omklädningsbyggnaden och kontorsbyggnaden 20-40 meter från kylmaskinbyggnaden.



### 4.3.2 Konsekvensanalys

En skadehändelse kan ibland avlöpa utan att några människor allvarligt drabbas. Som exempel kan ett giftmoln röra sig i en ofarlig riktning och upplösas i tid innan någon drabbas.

Genom att ur statistik e.d. ange sannolikhet (mellan 0 och 1) för olika alternativ, t.ex. vindriktning, kan olika faktorerers sannolikhet multipliceras. Därvid erhålls att konsekvenserna av ett troligt utsläpp kan bli betydligt lägre än vad som antagits. Se Bilaga 3.

## 4.4 Samhällsrisk

Mot bakgrund av bedömningsklasserna i avsnitt 4.2 kan diskuteras hur stor risk som kan tolereras utanför kylmaskinhuset. Man använder sig då av begreppen ”individuell risk”, eller förkortat ”individrisk”, och ”samhällsrisk”, ibland kallat ”grupprisk”.

Individuell risk att dö är sannolikheten att dö om man står oskyddad på samma plats och utsätter sig för verkningarna av vådaförlopp (oönskade händelser) vid aktuell anläggning. Även andra definitioner på individrisk förekommer.

Samhällsrisk är sannolikheten per år för att en studerad anläggning orsakar olyckor med ett eller flera dödsfall utanför ”anläggningsområdet”, dvs. i detta fall kylmaskinhuset. Samhällsrisk baseras på den aktuella populationen av människor i omgivningen och deras förutsättningar att skydda sig.

Samhällsrisk brukar beskrivas med linjer eller kurvor i ett diagram med sannolikheten på vertikala axeln och antalet dödsfall på horisontella axeln. Kurvorna kallas ofta FN-kurvor efter sitt engelska namn: Frequency of accidents versus Number of deaths per accidents.

Gränsen för intolerabel risk ansätts till en FN-kurva som går genom punkterna

- 1 omkommen per olycka och sannolikheten  $10^{-3}$  per år, och
- 1000 omkomna per olycka och sannolikheten  $10^{-6}$  per år.

Risker som ligger hundra gånger lägre än den FN-kurvan bör kunna accepteras utan krav på åtgärder. I zonen däremellan bör åtgärder övervägas.

För att en FN-kurva ska användas bör det finnas en statistik över antalet olyckor och antalet omkomna under en följd av år. I annat fall används med fördel konventionell riskanalys med ”What If-analysis” som beskrivs i kapitel 4.1.



## 4.5 Osäkerhet

Det är svårt att få fram tillförlitliga data för rörbrott eller andra oönskade händelser såväl generellt som i det aktuella fallet. Detta skapar en osäkerhet i bedömningen.

Vad gäller de siffror på sannolikhet som anges i rapporten bygger de på rapporterade skadehändelser. Antalet skadehändelser, speciellt de som får karaktäriseras som allvarliga, ligger på en mycket låg nivå. Detta leder med automatik till att osäkerheten är stor.

Vad gäller konsekvenser på olika avstånd har flera utströmnings- och spridningsberäkningar anförts, se Bilaga 1. Osäkerheten är betydande på grund av lokala virvlar i den passerande luften, både horisontellt och vertikalt, orsakade av byggnader och det kuperade landskapet i närområdet. Detta gäller Ekvallen i hög grad.

Våra bedömningar vad gäller sannolikhet har gjorts utifrån en högre trolighet än vad verkligheten synes visa. Därigenom bedömer vi att värdena kan betraktas som konservativa.

## 5 Skadeförebyggande åtgärder

I detta avsnitt har åtgärdsförslagen sammanställts. För att hålla en låg sannolikhet för ett ammoniakutsläpp samt begränsa konsekvens av ett utsläpp är det viktigt att det finns skriftliga instruktioner, även om personalstyrkan är liten. Listan med förslag på åtgärder samt instruktioner bör kompletteras med ytterligare förslag vid behov.

### Åtgärdsförslag – Larm

- Kontroll och kompletteringar av ammoniaklarm så att det uppfyller krav enligt Svensk Kylvnorm. Det bör göras årlig service på larminstallationen. Larmsystemets funktioner bör vara dokumenterade samt kretsschema och instruktion för hela larmsystemet ska finnas tillhanda i maskinrum och driftcentral.
- Enligt Svensk Kylvnorm kap. 8.6 ska ammoniaklarm ha två nivåer, låg och hög, med följande funktioner:
  - Låglarm: Automatisk start av nödventilation och larm till larmcentral och personal.
  - Höglarm: Automatisk start av nödventilation. Automatiskt stopp av allt kylmaskineri, övriga elmotorer samt annan elutrustning som kan vålla gnistbildning (även belysning).



- Enligt uppgift är el-centralen för bandybelysningen, som är placerad i maskinrummet, inte ansluten till stopp vid höglarmet. Sådan anslutning eller annan säkerhet mot tändande gnista i el-centralen bör utredas separat, exempelvis i anslutning till att en klassningsplan upprättas.
- Inför larmtest.
- Man bör överväga att installera ytterligare ett larmsystem med en givare som larmar vid en låg-låg nivå, säg 50 ppm. Systemet bör vara oberoende av det nuvarande och larma platschefen direkt.

#### **Åtgärdsförslag – Nödfunktioner**

- Nödbelysning i kylmaskinrummet.
- Ögonduschstation och nöddusch, eller alternativa skyddsrutiner.
- Information om ammoniaks farlighet och nödåtgärder i personalrum och kylmaskinrum.

#### **Åtgärdsförslag – Ventilation**

- Anlita fläktfirma som ser till att ventilation och nödventilation uppfyller kraven i Svensk Kylnorm samt dokumenterar utrustningen.
- En separat genomgång av säkerheten mot att ammoniak kommer in i ishallen vid ammoniakläckage från kylanläggningen rekommenderas. (Hellre svagt övertryck i hallen än motsatsen.)

#### **Åtgärdsförslag – Administration**

- Inför rutiner för kunskap hos tävlingsspeakers och kanske annan klubbpersonal om deras åtgärder vid information om larm.
- Ge lämplig information om ammoniak i folder och på hemsidan.
- Inför en journal, loggbok e.d., där incidenter, kontakter med myndigheter, servicedatum mm fortlöpande noteras.
- Instruktion om fortlöpande tillsyn av maskinrummet. I instruktionen ska det tydligt anges att endast personal med utbildning om skötsel av ammoniakanläggningen får göra denna tillsyn.
- Information om erforderlig utbildning av personal som utför tillsyn.
- Instruktion med uppgifter om vilka personer som får utöva denna tillsyn och när de utbildats för detta, inklusive repetitionstillfällen.



- Instruktion gällande rutiner för säkerheten vid tillfälliga arbetsuppgifter i maskinrummet, särskilt om arbetet skall utföras av extern personal, t.ex. entreprenör.

#### **Åtgärdsförslag – Övrigt**

- Man bör utarbetas nödläges- och utrymningsplan (Direkt utrymning kan ibland vara olämplig.). En separat nödlägesplan bör finnas för kylmaskinhuset och en som gäller för annan verksamhet. Vid utarbetande av nödlägesplan rekommenderar vi samråd med Räddningstjänsten och kylmontören.
- Man bör överväga att vid ett stort utsläpp i kylmaskinrummet minska spridningen utomhus genom att med nödstopp stanna nödventilationen. Före ev. användning skall det säkerställas att ingen befinner sig i kylmaskinrummet. Om en sådan funktion införs så bör en rutin för användning ingå i nödlägesplanen, där det även ska beskrivas i vilka situationer nödstopp får användas.
- Förbättrat påkörningsskydd.
- Man bör överväga att halvera mängden ammoniak genom att investera i ny utrustning. De yttre riskzonernas minskning blir dock ganska begränsad.

## **6 Slutsatser**

Följande slutsatser är av stor betydelse för säkerheten vid Ekvallen Värmdös konstfrusna anläggningar:

- Kylmaskineriet är modernt och har hög standard, god tillsyn och bra underhåll. Sannolikheten för skadehändelser med större utsläpp av ammoniak är mycket liten.
- Larmsystemet har bra princip men saknar dokumentation, tillsyn och regelbunden testning.
- Larmsignal till larmcentral bör införas.
- För nödlägen saknas nödlägesplaner och utrymningsplaner.
- För ventilationen saknas dokumentation.
- Nödstopp av nödventilationsfläkten kan minska utsläpp och bör utredas.



RAPPORT  
2010-06-10

22(35)

- Det bör utarbetas instruktion om underhåll och fortlöpande tillsyn av maskinrummet.
- Utbildning av berörd personal bör säkerställas
- Det bör utarbetas klassningsplan med avseende på ATEX för kylmaskinrummet.
- Komplettering av instruktioner och rutiner bör göras generellt
- Det bör införas tekniska åtgärder exempelvis för larm och ventilation
- Bostäder bör ej planeras att byggas närmare än 100 meter från kylanläggningen (främst baserat på risken för giftfara: 55 m för allvarliga skador och 120 meter för betydande irritation i det dimensionerande fallet).



## 7 Referenser

- 1 Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Systematiskt arbetsmiljöarbete, AFS 2001:1
- 2 Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Användning av trycksatta anordningar, AFS 2002:1
- 3 Svensk Kylnorm. Kylbranschens samarbetsstiftelse. (Finns även som Svensk Kylnorm Ammoniak.)
- 4 Hur farlig är en ishall med ammoniak? Räddningsverket Karlstad 1999.
- 5 Klassning av explosionsfarliga riskområden, SEK Handbok 426, Svenska Elektriska Kommissionen, 2004.
- 6 Lag (2003:778) och Förordning (2003:789) om Skydd mot olyckor. Statens räddningsverks allmänna råd och kommentarer om skyldigheter vid farlig verksamhet (SRVFS 2004:8).
- 7 Del av kommunal karta med maskinhus, utomhusrink och badhus inritat av ÅF.
- 8 Lag (1999:381) och Förordning (1999:382) om Åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor. Arbetsmiljöverkets föreskrifter om förebyggande av allvarliga kemikalieolyckor, AFS 2001:10.
- 9 Kemikalieinspektionens föreskrift (KIFS 2005:7) om klassificering och märkning av kemiska produkter samt föreskriften Klassificeringslistan (KIFS 2005:5).
- 10 Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Hygieniska gränsvärden, AFS 2005:17.
- 11 SCB, Statistikdatabasen, Tabell: Varuimport och varuexport efter varugrupp, KN 6-siffernivå, bortfallsjusterad, sekretessrensad, 2007.



## Bilaga 1

### Principer för spridning av ammoniak i luft

#### Viktiga faktorer som påverkar spridningen

Spridningen av en gas i luft sker dels genom diffusion, dels genom virvelbildning. Det förra överväger inomhus, det senare utomhus. För att utföra rimligt noggranna beräkningar av spridningen utomhus måste man kunna beskriva spridningsbilden matematiskt för ett antal typfall. Vid beräkning av kontinuerlig spridning bör man också känna till frekvenserna av dessa typfall på platsen och av vindriktningen.

Ekvationer för beräkningar av koncentrationen i en viss punkt, innehåller parametrarna källstyrkan, medelvindhastigheten, utsläppets höjd över marken samt koncentrationsfördelningens horisontella respektive vertikala standardavvikelse på avståndet från källan. De två senare kallas spridningsparametrar och de ökar monotont med avståndet från källan, men ökningen sker olika snabbt beroende på flera faktorer:

- Utsläppspunktens höjd över marken
- Det lokala väderläget (vindhastighet, molnighet och stabilitetsklass)
- Markytans skrovlighetsgrad, inkl. byggnader mm
- Mättidens längd

Man brukar dela in väderläget i sex stabilitetsklasser, A-F, där ur spridningssynpunkt A är gynnsammast (klart väder, varma sommardagar) och F ogynnsammast (klart väder, nätter, låg vindhastighet, mycket plan mark, ingen skog, inga byggnader). Som typklass vid överslagsberäkningar använder man ofta klass D (neutral skiktning, låg vindhastighet vid mulet väder eller vindhastighet från 4-6 m/s oberoende av molnighet). Klass F är inte aktuell för Ekvallen.

#### Utsläpp av ammoniak inomhus

Om maskinrummet skulle ha varit ett tättslutet rum, hade trycket vid ett gasutsläpp inomhus ökat snabbt. Genom att det finns ventilation strömmar i stället gasen vid övertryck ut genom fläkt- och ventilationsöppningar.





Om en fläkt inte skulle gå igång vid ett gasutsläpp, på grund av elfel eller strömavbrott, strömmar gashaltig luft ut i det fria genom fläktkanalen och genom eventuella otätheter i dörrar och väggar.

Ett plötsligt utsläpp av en stor mängd ammoniak i vätskefas inne i kylmaskinrummet innebär att drygt hälften av utsläppet snabbt förgasas. Samtidigt sjunker temperaturen i rummet till mellan  $-60$  och  $-70$  °C. Undertryck uppstår och luft sugas in, men efter ett tag vänder trycket till övertryck. Den ammoniak som inte förångas blir aerosol eller vätska på golvet. [4]

Ett mindre läckage av ammoniak i vätskefas, exempelvis 0,15 kg/s genom ett hål i en flänspackning eller i en svets, ger en stråle av en blandning av gas och luft och en aerosol med fina och mycket nedkylda droppar. Strålen kan ha en temperatur på ca  $-70$ °C, vilket omedelbart kan ge svåra frysskador på människor och utrustning som träffas av strålen. Luften i rummet kyls och krymper då tillfälligt i volym. Ett rum om 500 m<sup>3</sup> behöver tillföras ca 90 m<sup>3</sup> under en tiosekundersperiod för att kompensera sammandragningen. [4]

Vid detta kalla tillstånd är ammoniak tyngre än luft och kan förflytta sig med hög halt i kulvertar, avlopp mm, om tryckförhållandena medger detta.

Ammoniakvätska på golvet avdunstar med en hastighet som främst beror av golvets värmeledningsförmåga. En del av vätskan kan rinna till lågpunkten som är avloppsgropen i rummet. När golvet kallnar sjunker avdunstningshastigheten snabbt. Utsläpp till omgivningen sker sedan som gas via ventilationssystemet och graden av utsläpp till omgivningen beror på ventilationssystemens driftläge och kapacitet.

En slutsats gällande utsläpp av ammoniak inomhus är att livshotande koncentrationer av ammoniak kan snabbt uppkomma i kylmaskinrummet vid ett plötsligt utsläpp från kylanläggningen. Därför är det extra viktigt att tillfälliga verksamheter som skulle kunna vålla en plötslig skada inte äger rum utan att rätt skyddsåtgärder vidtagits.

Ammoniaklarm och evakueringsfläkt bör ha mycket hög tillgänglighet och därför regelbundet ges förebyggande underhåll.

Vid utsläpp inomhus sprids ammoniak i ett första steg inne i kylmaskinrummet och därefter sprids ammoniak i en lägre takt till omgivningen. Gashalten i kylmaskinrummet kan överstiga 150 000 ppm vilket är undre gränsen för antändning av ammoniak. Den utströmmande ammoniak har en halt på över 10 000 ppm.

## Utsläpp av ammoniak utomhus

Ammoniakutsläpp på Ekvallen kan ske utomhus genom:

- Läckage i utomhuskondensorn eller dess rörledningar för ammoniak.
- Läckage i kylmaskinrummet som sprider sig ut med hjälp av fläktar eller genom ventilationsöppningar.
- Utsläpp genom säkerhetsventil för vilken utloppet är placerat utomhus.

I de flesta väderlekssituationer kan livshotande koncentrationer av ammoniak förekomma i det närmaste närområdet till utsläppspunkten. Detta bör beaktas speciellt om anläggningen ligger i närheten av platser där mycket folk vistas t.ex. skolor och varuhus.

Variationerna i koncentration vid kortare utsläpp är stora och beror till stor del på väderläget.

Detta beskrivs ytterligare i Räddningsverkets rapport [4]. Där redovisas beräkningar för fyra olika fall för en anläggning med 600 kg ammoniak med utsläpp utomhus över ett fritt fält enligt Tabell 3. Med en ishall intill minskar riskavstånden för svåra skador kraftigt. De håller sig inom lävaken eller högst 200 meter bort.

Källstyrka kg/s	Expone- ringstid min	Vindstyrka m/s	Riskavstånd, meter		
			Svåra skador	Lindriga skador	Uttalad lukt
Neutral skiktning, klass D					
6	1	5	100	200	900
0,5	1	5	30	50	250
0,5	12	5	50	100	250
Stabil skiktning, klass E					
6	1	2	450	800	4000
0,5	1	2	125	250	1100
0,5	12	2	230	400	1100

Tabell 3. Riskavstånd för ammoniak över ett fritt fält, data ur [4].

Resultat av beräkningar för utsläpp av ett relativt långt utsläpp av 0,15 kg/s ammoniak på två till fyra meters höjd presenteras nedan i Tabell 2. Använda spridningsparametrar gäller för låg utsläppshöjd, avstånd minst 100 meter, medelvärde under tio minuter, markskrovlighet 1 m. Beräkningarna tar inte



hänsyn till lävak eller liknande speciella störningar. Dessa är inräknade i markskrovligheten.

	<b>Avstånd 50 m</b>	<b>Avstånd 100 m</b>	<b>Avstånd 200 m</b>
<b>Stabilitetsklass D Vind 5 m/s</b>	740 ppm Skadlig nivå	180 ppm Ej farligt	70 ppm Ej farligt
<b>Stabilitetsklass F Vind 2 m/s</b>	7500 ppm Dödlig nivå	2200 ppm Farlig nivå, svåra skador	800 ppm Skadlig nivå

*Tabell 2: Beräknad medelkoncentration av ammoniak i ppm, på 1,5 meters höjd vid olika avstånd från en källa av 0,15 kg/s, mitt i vindriktningen*

Det är viktigt att notera att utsläppspunktens läge i förhållande till ishallen och andra närliggande byggnader har stark påverkan på koncentrationerna vid avstånd under 100 meter. Angivna värden är medelvärden. Såväl högre som lägre koncentrationer kan förekomma, och de kan skifta snabbt orsakade av små ändringar i virvlar, vindhastighet och vindriktning.



## Bilaga 2

### Risicanalystabell

Nr	Vad händer om?	Tänkbar orsak	Konsekvens	Risk		Åtgärd (V=Vidtagen; F=Föreslagen)
				Sann <sup>1</sup> .	Kons.	
A1	Ventil blir otät Packning läcker Svets läcker	Korrosion Slitage Brist på underhåll Mänskliga faktorn	Ammoniak läcker ut inomhus, se vidare nr B1	2	2	V: Daglig tillsyn. Jourmontörsavtal. Genomgång 2 ggr/år. Årlig kontroll.
A2	Rörledning går av inomhus	Spänningskorrosion	Mycket ammoniak läcker ut inomhus, se vidare nr B2	1	4	V: Se A1
A3	Rörledning går av utomhus	Kraftig yttre åverkan (påkörning, attentat)	Mycket ammoniak läcker ut utomhus, se vidare nr B4	-	5	<b>F: Förbättra påkörningsskydd.</b>  <b>F: Överväg att bygga om till mindre mängd ammoniak</b>
A4	Trycket i kylmaskinen blir för högt	Brand Styr/Instrumentfel Mänskliga faktorn	Säkerhetsventil öppnar och ammoniak strömmar ut inomhus/utomhus, se vidare nr B3+B4	1	3	V: Se A1
A5	Läcka uppstår vid fyllning eller tömning av kylmaskin	Mänskliga faktorn	Troligen samma som nr A1 eller A2	-	2	V: Se A1
A6	Läcka uppstår vid tillsyn eller underhåll av kylmaskin	Styr/Instrumentfel Mänskliga faktorn	Troligen samma som nr A1 eller A2	2	2	V: Se A1
A7	Läcka uppstår och larmet inte fungerar	Brist på underhåll Mänskliga faktorn	Läckaget kan pågå en längre tid.	2	3	<b>F: Larm ges årlig service och testas.</b>

<sup>1</sup> Sannolikhet är bedömd utifrån risk för olycka under drift, med regelbundet underhåll. Sannolikhet för en olycka orsakad av den mänskliga faktorn har ej bedömts.



RAPPORT  
2010-06-10

29 (35)

Nr	Vad händer om?	Tänkbar orsak	Konsekvens	Risk		Åtgärd (V=Vidtagen; F=Föreslagen)
				Sann <sup>1</sup> .	Kons.	
A8	Läcka uppstår då anläggningen är obemannad	Som A1 – A4 eller A7 Yttre åverkan	Gaslarmet indikerar ammoniakutsläpp men ingen larmas automatiskt. Det kan dröja innan larm når räddningstjänsten.  Kan ge allvarlig konsekvens i omgivningen, men ingen direkt konsekvens för någon anställd.	2	3 <sup>2</sup>	<b>F: Överväg införa larm till larmcentral, platschef, kylentreprenör/-montör.</b>  <b>F: Ha förberedd larmlista.</b>

---

<sup>2</sup> Kan ge allvarlig konsekvens i omgivningen, men ingen direkt konsekvens för någon anställd.



RAPPORT  
2010-06-10

30 (35)

Nr	Vad händer om?	Tänkbar orsak	Konsekvens	Risk		Åtgärd (V=Vidtagen; F=Föreslagen)
				Sann <sup>3</sup> .	Kons.	
B1	Lite ammoniak läcker ut inomhus	Otät ventil, packning e.d. (A1)	Hälsofara i kylmaskinrummet. besvärande lukt utomhus	2	3	V: Larm installerat <b>F: Inför fler larmsteg</b>
B2	Mycket ammoniak läcker ut inomhus	Rörbrott (A2) eller liknande	Livsfara i kylmaskinrummet. Ammoniak kommer ut utomhus, se vidare B3-B6	1	3	<b>F: Utarbeta nödlägesplan och utrymningsplan</b>
B3	Ammoniak kommer ut utomhus	Säkerhetsventil öppnar (A3)	Liten hälsofara för oförberedda.	2	2	<b>F: Utarbeta nödlägesplan och utrymningsplan</b>
B4	Ammoniak kommer ut utomhus	Stor läcka inomhus (B2), och öppen dörr ut Stor läcka utomhus (A3)	Stor hälsofara för oförberedda i närheten, se vidare B5+B6	1	4	V: Dörrar har automatstängning. <b>F: Utarbeta nödlägesplan och utrymningsplan</b>
B5	Ammoniak hamnar i tilluft till ishallen	Mycket ammoniak kommer ut utomhus (B4)	Hälsofara för oförberedda. Fara vid nordlig eller nordostlig vind.	1	3	<b>F: Utarbeta nödlägesplan och utrymningsplan</b>
B6	Ammoniak hamnar i tilluft till andra allmänna byggnader	Mycket ammoniak kommer ut utomhus (B4) Vindriktning mot luftintag	Hälsofara för oförberedda i närliggande byggnader. Panikrisk, se vidare B10	1	4	<b>F: Överväg stoppa ventilation i byggnader</b> <b>F: Överväg att bygga om till mindre mängd ammoniak</b>
B7	Ammoniak hamnar i tilluft till flerbostadshus	Mycket ammoniak kommer ut utomhus (B4) Vindriktning mot luftintag	Besvärande lukt Panikrisk, se vidare B10	1	4	<b>F: Överväg stoppa ventilation i byggnader</b> <b>F: Överväg att bygga om till mindre mängd ammoniak</b>

<sup>3</sup> Sannolikhet är bedömd utifrån risk för olycka under drift, med regelbundet underhåll. Sannolikhet för en olycka orsakad av den mänskliga faktorn har ej bedömts.



RAPPORT  
2010-06-10

31 (35)

Nr	Vad händer om?	Tänkbar orsak	Konsekvens	Risk		Åtgärd (V=Vidtagen; F=Föreslagen)
				Sann <sup>3</sup> .	Kons.	
B8	Ammoniak hamnar i tilluft till villor o.d.	Mycket ammoniak kommer ut utomhus (B4) Vindriktning mot villa	Besvärande lukt Panikrisk, se vidare B10	1	3	<b>F: Ge lämplig information</b>  <b>F: Överväg att bygga om till mindre mängd ammoniak</b>
B9	Ammoniak antänds	Gnista Glappkontakt/Het yta Öppen låga/Brand	Övertryck som kan ge tryckexplosion Brandskador Tryckskador	1	3	V: Regelbunden kontroll av elutrustning
B10	Människor får panik	Överdriven rädsla	Försämrat omdöme Olämplig impulshandling	2	3	<b>F: Ge lämplig information</b>
B11	Ammoniak sprids via avlopps nätet	Stor läcka inomhus (A2) och ammoniak rinner eller spolats till avlopp Ammoniakgas utomhus sprayas med vatten	Avloppsrening i reningsverk kan skadas allvarligt.	1	2	<b>Anm.:</b> Oklart om avlopp från maskinrum går till kommunalt avlopp eller dagvatten



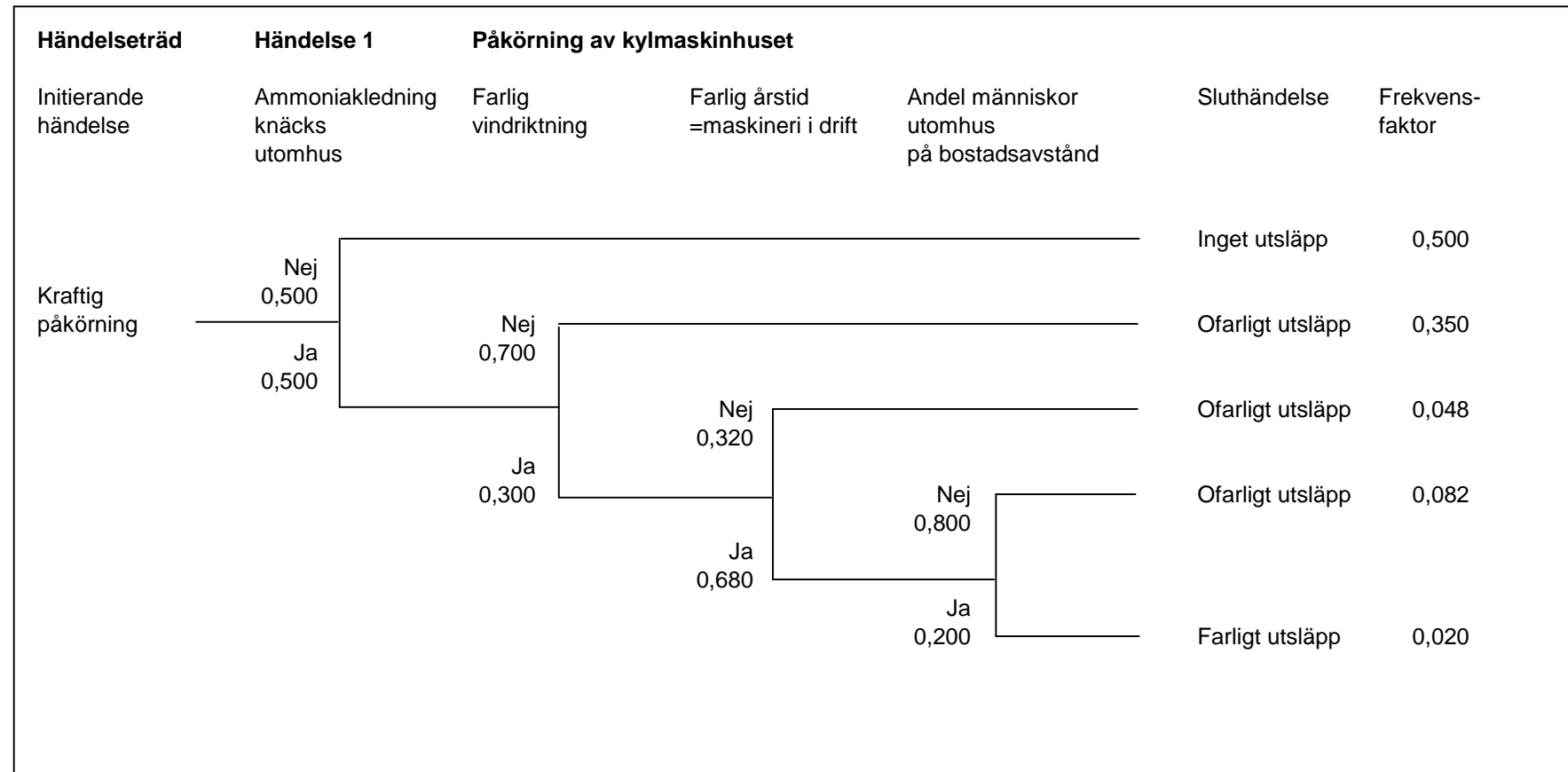
## **Bilaga 3**

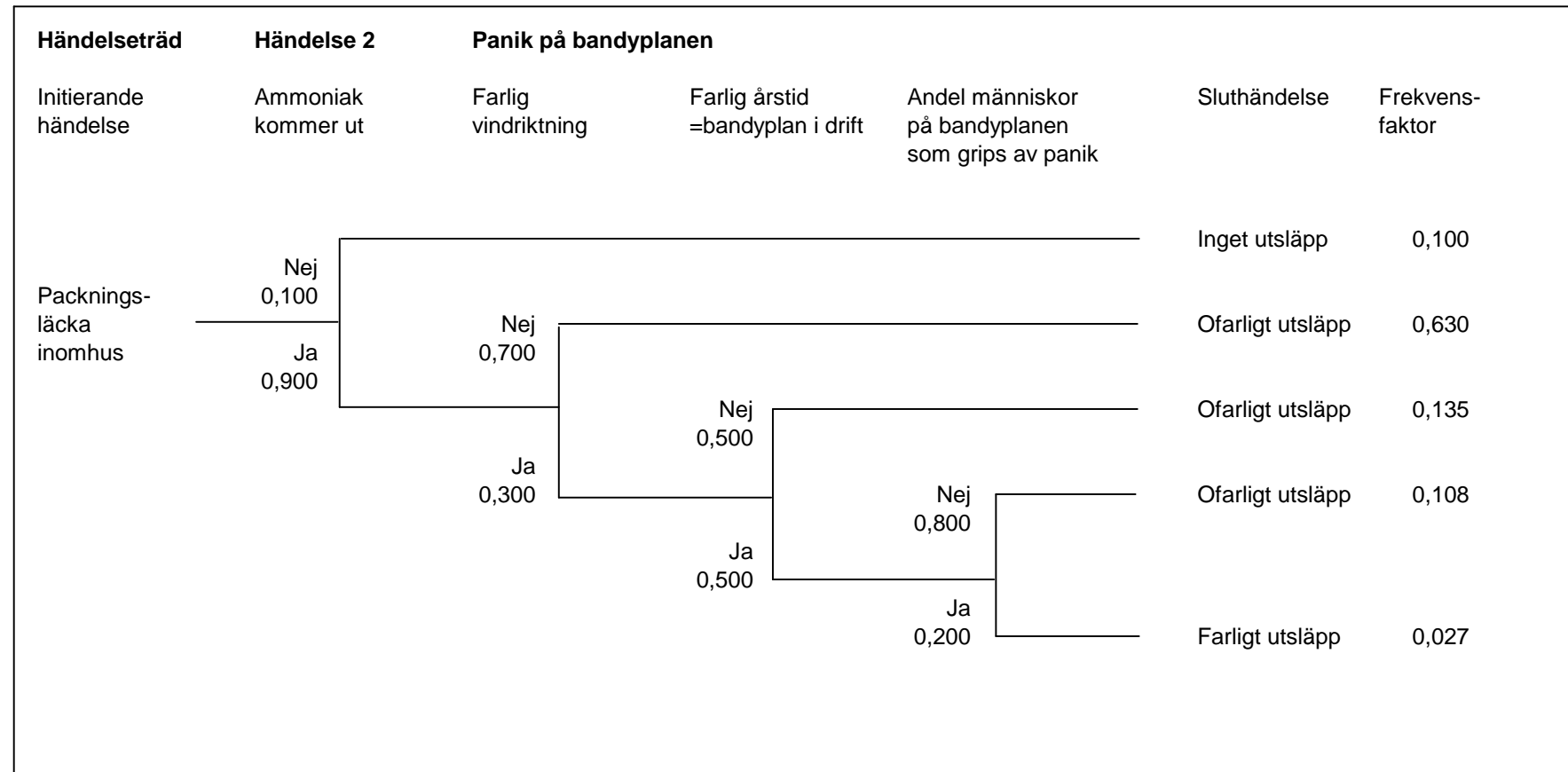
### **Konsekvensanalys**

En skadehändelse kan ibland avlöpa utan att några människor allvarligt drabbas. Som exempel kan ett giftmoln röra sig i en ofarlig riktning och upplösas i tid innan någon drabbas.

Genom att ur statistik ange sannolikhet (mellan 0 och 1) för olika alternativ, t.ex. vindriktning, kan olika faktorerers sannolikhet multipliceras.









## **Bilaga 4**

### **ALOHA-utskrifter**

I denna bilaga återges de utskrifter som dataprogrammet ALOHA gjort dels för ett värsta fall och dels för ett dimensionerande fall.



## SITE DATA:

Location: GUSTAVSBERG, SWEDEN  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.67 (unsheltered single storied)  
Time: May 21, 2010 0945 hours DST (using computer's clock)

## CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMMONIA                      Molecular Weight: 17.03 g/mol  
ERPG-1: 25 ppm              ERPG-2: 150 ppm              ERPG-3: 750 ppm  
IDLH: 300 ppm              LEL: 160000 ppm              UEL: 250000 ppm  
Ambient Boiling Point: -33.4- C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

## ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from E at 10 meters  
Ground Roughness: urban or forest              Cloud Cover: 5 tenths  
Air Temperature: 10- C                      Stability Class: C  
No Inversion Height                      Relative Humidity: 75%

## SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 700 kilograms                      Source Height: 0  
Release Duration: 1 minute  
Release Rate: 11.7 kilograms/sec  
Total Amount Released: 700 kilograms  
Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.  
Use both dispersion modules to investigate its potential behavior.

## THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian  
Red : 322 meters --- (750 ppm = ERPG-3)  
Orange: 683 meters --- (150 ppm = ERPG-2)  
Yellow: 1.3 kilometers --- (25 ppm = ERPG-1)

## THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:  
Downwind: 50 yards                      Off Centerline: 0 yards  
Max Concentration:  
Outdoor: 36,700 ppm  
Indoor: 410 ppm



Time: May 21, 2010 0945 hours DST (using computer's clock)

Chemical Name: AMMONIA

Wind: 5 meters/second from E at 10 meters

THREAT ZONE:

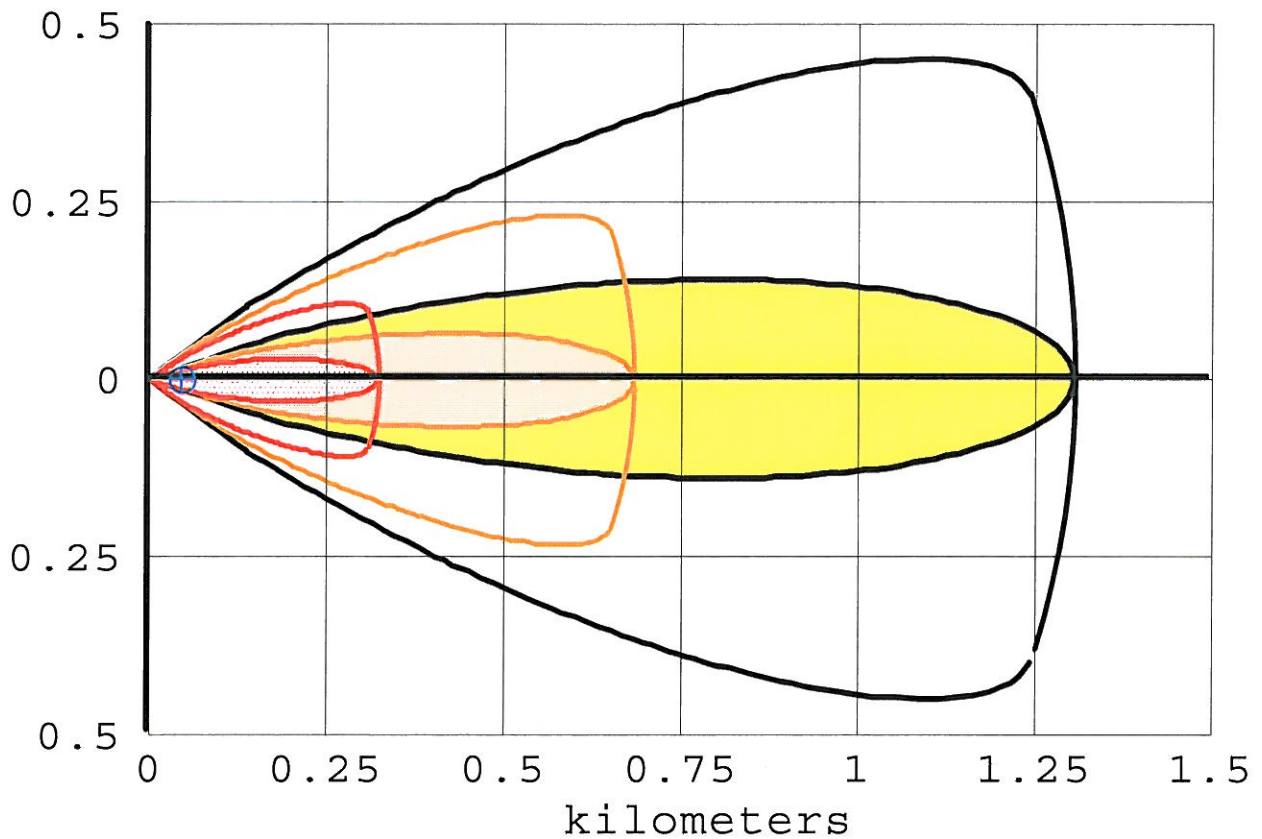
Model Run: Gaussian



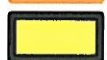

Red : 322 meters --- (750 ppm = ERPG-3)

Orange: 683 meters --- (150 ppm = ERPG-2)

Yellow: 1.3 kilometers --- (25 ppm = ERPG-1)

kilometers



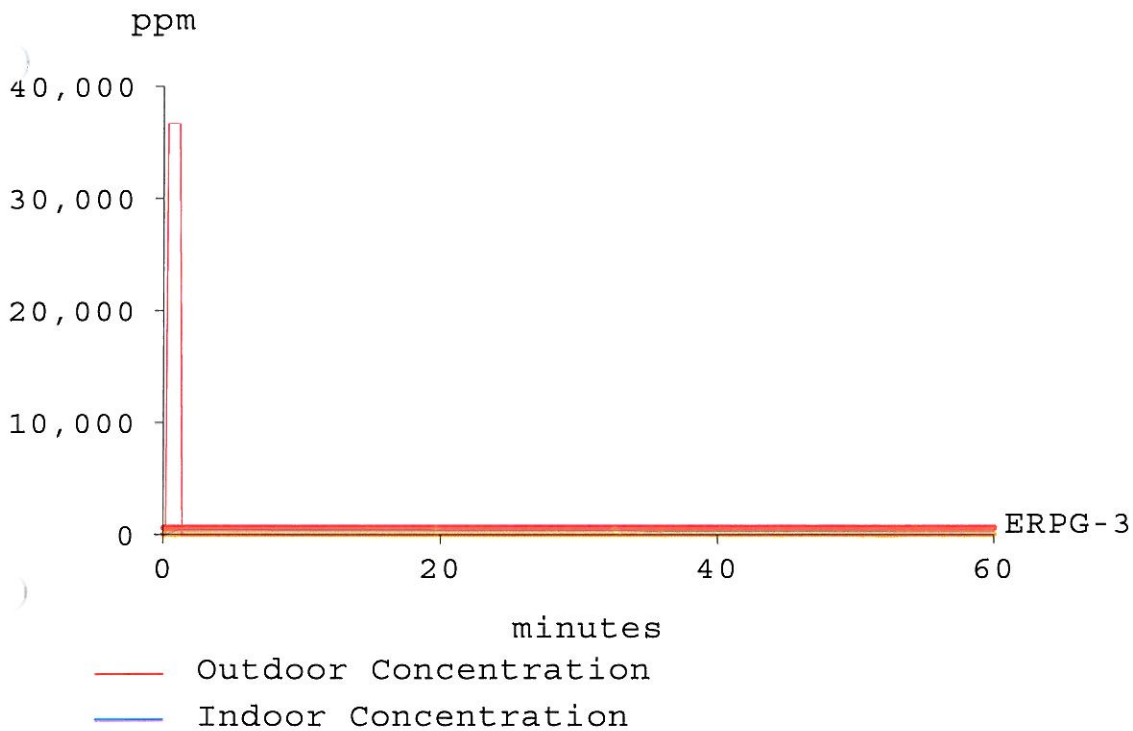
-   $\geq 750$  ppm = ERPG-3
-   $\geq 150$  ppm = ERPG-2
-   $\geq 25$  ppm = ERPG-1
-  Confidence Lines

Concentration at Point

ALOHA 5.4.1



Time: May 21, 2010 0945 hours DST (using computer's clock)  
Chemical Name: AMMONIA  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.67 (unsheltered single storied)  
THREAT AT POINT:  
Model Run: Gaussian  
Concentration Estimates at the point:  
Downwind: 50 yards                      Off Centerline: 0 yards  
Max Concentration:  
Outdoor: 36,700 ppm  
Indoor: 410 ppm



At Point: Downwind: 50 yards      Off Centerline: 0 yards

Source Strength (Release Rate)

ALOHA 5.4.1



Time: May 21, 2010 0945 hours DST (using computer's clock)

Chemical Name: AMMONIA

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 700 kilograms

Source Height: 0

Release Duration: 1 minute

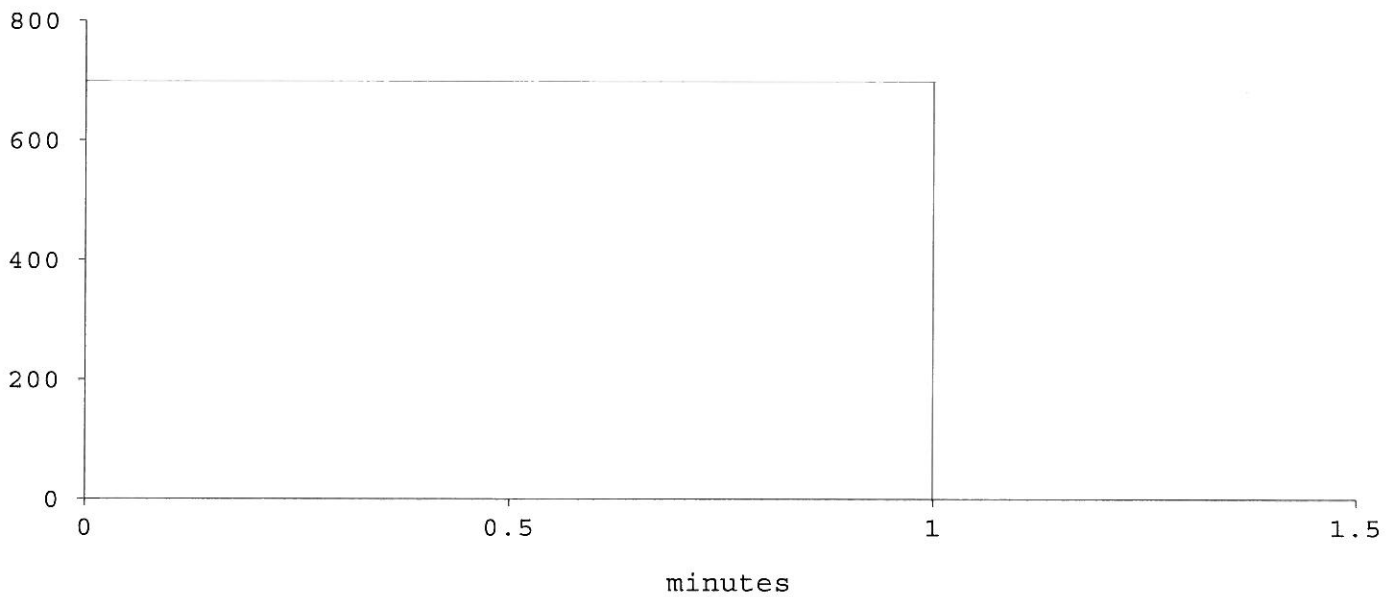
Release Rate: 11.7 kilograms/sec

Total Amount Released: 700 kilograms

Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

Use both dispersion modules to investigate its potential behavior.

kilograms/minute





## SITE DATA:

Location: GUSTAVSBERG, SWEDEN  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.65 (unsheltered single storied)  
Time: May 21, 2010 1546 hours DST (using computer's clock)

## CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol  
ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm  
IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm  
Ambient Boiling Point: -33.4- C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

## ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from E at 10 meters  
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths  
Air Temperature: 10- C Stability Class: D  
No Inversion Height Relative Humidity: 75%

## SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 0.15 kilograms/sec Source Height: 0  
Release Duration: 30 minutes  
Release Rate: 9 kilograms/min  
Total Amount Released: 270 kilograms  
Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.  
Use both dispersion modules to investigate its potential behavior.

## THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian  
Red : 52 meters --- (750 ppm = ERPG-3)  
Orange: 117 meters --- (150 ppm = ERPG-2)  
Yellow: 292 meters --- (25 ppm = ERPG-1)

## THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:  
Downwind: 50 meters Off Centerline: 0 meters  
Max Concentration:  
Outdoor: 813 ppm  
Indoor: 224 ppm





Time: May 21, 2010 1546 hours DST (using computer's clock)

Chemical Name: AMMONIA

Wind: 5 meters/second from E at 10 meters

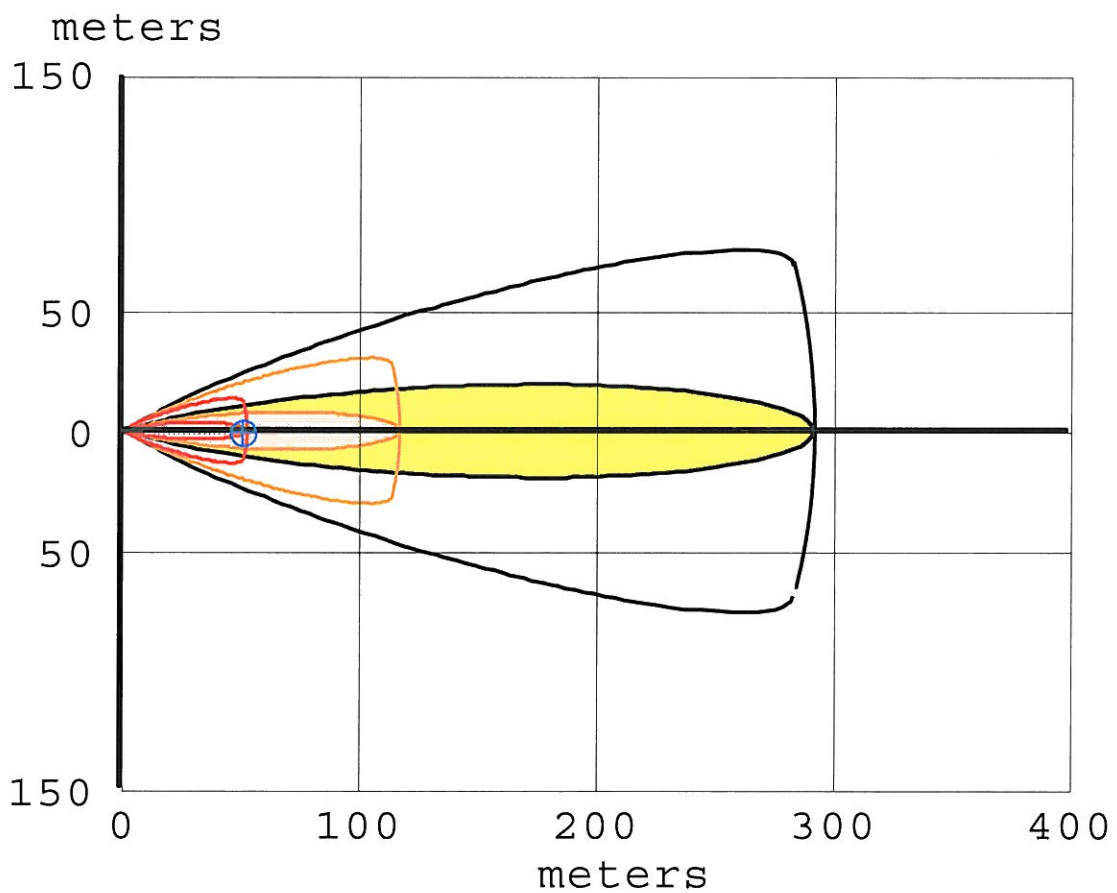
THREAT ZONE:





Model Run: Gaussian

Red : 52 meters --- (750 ppm = ERPG-3)

Orange: 117 meters --- (150 ppm = ERPG-2)

Yellow: 292 meters --- (25 ppm = ERPG-1)



-  >= 750 ppm = ERPG-3
-  >= 150 ppm = ERPG-2
-  >= 25 ppm = ERPG-1
-  Confidence Lines

Concentration at Point

ALOHA 5.4.1



Time: May 21, 2010 1546 hours DST (using computer's clock)

Chemical Name: AMMONIA

Building Air Exchanges Per Hour: 0.65 (unsheltered single storied)

THREAT AT POINT:

Model Run: Gaussian

Concentration Estimates at the point:

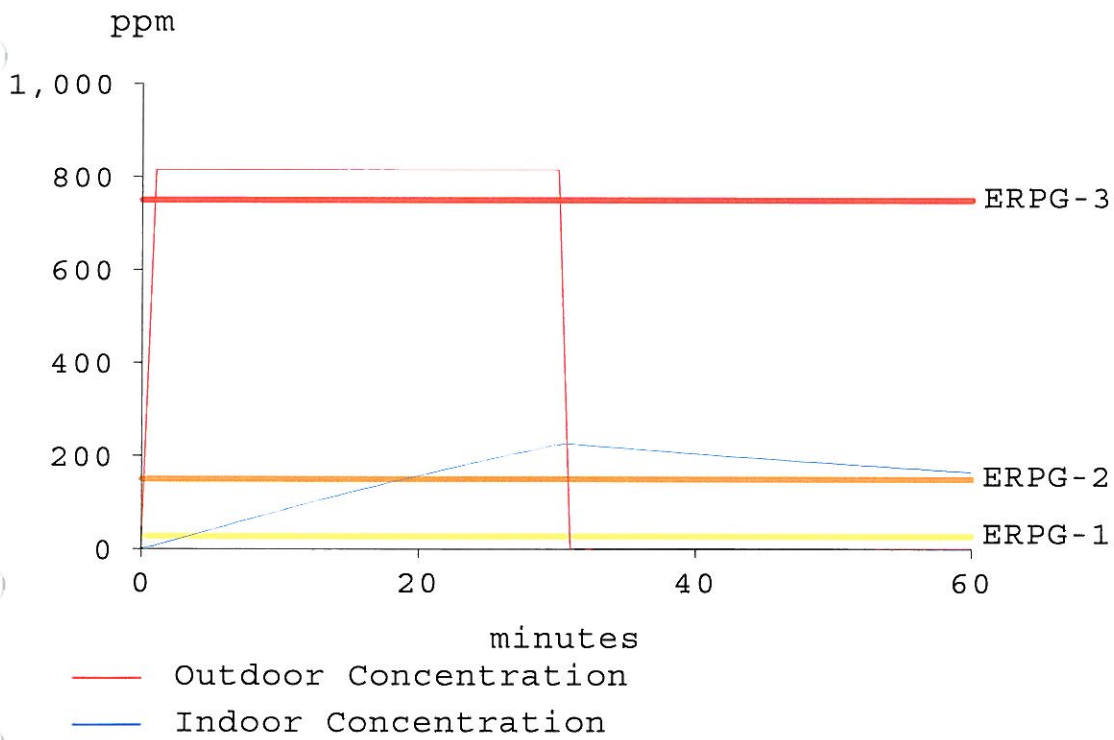
Downwind: 50 meters

Off Centerline: 0 meters

Max Concentration:

Outdoor: 813 ppm

Indoor: 224 ppm



At Point: Downwind: 50 meters Off Centerline: 0 meters

Source Strength (Release Rate)

ALOHA 5.4.1



Time: May 21, 2010 1546 hours DST (using computer's clock)

Chemical Name: AMMONIA

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 0.15 kilograms/sec      Source Height: 0

Release Duration: 30 minutes

Release Rate: 9 kilograms/min

Total Amount Released: 270 kilograms

Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

Use both dispersion modules to investigate its potential behavior.

kilograms/minute

