

RISKUTREDNING



Uppdragsledare
Jörgen Carlsson
Tel
010 505 10 62
E-post
Jorgen.carlsson@afconsult.com

Datum
2017-12-28
Projekt-ID
747482
Beställare
Huddinge Samhällsfastigheter

Riskutredning - Visättra förskola och Visättrahallen, Huddinge kommun



Uppdragsledare: Jörgen Carlsson
Handläggare: Christoffer Clarin
Intern kvalitetsgranskning: Tomas Lackman

Version	Status	Datum
1.0	Första versionen	2017-12-28



RISKUTREDNING

Sammanfattning

Denna riskutredning har upprättats av ÅF-Infrastructure AB på uppdrag av Huga Samhällsfastigheter.

Riskutlåtandet har upprättats med anledning av att en ny förskola, Visättra förskola, planeras att uppföras i nära anslutning till Visättrahallen. Visättrahallen är en ishall där kylning av isen sker med hjälp av ammoniak, vilket är en både giftigt och i vissa koncentrationer brännbar gas. Riskerna för tredje man ska därför utredas.

Riskutredningen undersöker endast olyckor som har påverkan på människor inom markområdet avsett för den planerade förskolan. Med påverkan åsyftas skador som leder till att människor förväntas omkomma eller drabbas av långsiktigt svåra hälsoeffekter. Ingen hänsyn tas till skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering, materiella skador eller skador på personer i och omkring befintlig bebyggelse.

Ett utsläpp av ammoniak kan antingen ske invändigt på grund av skadad utrustning eller handhavandefel, alternativt utvändigt genom att en säkerhetsventil löser ut på grund av övertryck i systemet. Vid utsläpp av vattenfri ammoniak (tryckkondenserad gas), bildas ett gasmoln som med vindens hjälp sprids till omgivningen.

Beräkningsresultaten visar att höga koncentrationer av ammoniak som motsvarar potentiellt dödlig dos vid 10 minuters exponering (AEGL-3_{10min}) inte uppstår inom området för den planerade förskolan. Sådana koncentrationer uppstår främst i nära anslutning till kylmaskinrummet inom 50 meters från utsläppspunkten. Det är däremot troligt att hela eller delar av förskoleområdet kommer täckas av ett ammoniakgasmoln med koncentrationer som motsvarar AEGL-2_{10min}. Ett sådant gasmoln kan breda ut sig mellan 80-280 m från utsläppspunkten och bidrar till permanenta skador eller långsiktigt svåra hälsoeffekter för människor efter 10 minuters exponering.

Utifrån ovanstående resonemang bedömer ÅF att risken för tredje man inte är godtagbar och att riskreducerande åtgärder bör vidtas. Endast en av nedanstående alternativet behöver implementeras.

- Förskolan placeras på en annan markyta minst 250 m från Visättrahallen. Förskolan utförs med möjlighet att manuellt stänga av ventilationssystemet (nödstopp) samt att personalen på förskolan utbildas i hur de ska agera vid ett eventuellt ammoniakutsläpp. Driften av kylanläggningen får instruktioner om att förvarna förskolan vid olycka.
- Kylsystemet med ammoniak byts till ett nytt system som inte riskerar att påverka omgivningen vid en olycka eller läckage. Ammoniaken kan exempelvis bytas ut till ett köldmedium baserat på koldioxid.
- Anläggningen utförs med ett skrubbersystem för omhändertagande av eventuellt utsläpp av ammoniakgaser. En skrubber sprayar vatten mot gasflödet och kommer på så sätt att fånga upp ammoniakgasen som är lösligt med vatten. Systemet har använts framgångsrikt i tidigare projekt, men det krävs ytterligare utredning för att säkerställa att lösningen kan tillämpas även på Visättrahallen.



RISKUTREDNING

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
1 Inledning.....	4
1.1 Avgränsningar	4
1.2 Metod	4
1.3 Styrande lagstiftning och riktlinjer.....	5
2 Anläggningsbeskrivning.....	6
3 Områdesbeskrivning	7
4 Väder och klimat	8
4.1 Lokala väderförhållanden	8
4.2 Väderdata i beräkningar.....	9
5 Hälso- och miljöeffekter av ammoniak	10
5.1 Ammoniaks egenskaper	10
5.2 Hälsoeffekter på människor	10
5.3 Dimensionerande skadekriterier	11
6 Gasmolnsspridning	12
7 Scenariobeskrivning.....	13
7.1 Invändigt utsläpp	13
7.2 Utvändigt utsläpp.....	13
8 Resultat	14
8.1 Resultat invändigt utsläpp	14
8.2 Resultat utvändigt utsläpp.....	17
9 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder	19
9.1 Riskvärdering	19
9.2 Riskreducerande åtgärder	19
11 Referenser.....	20
Bilaga A – Beräkningsbilaga	21



RISKUTREDNING

1 Inledning

Denna riskutredning har upprättats av ÅF-Infrastructure AB på uppdrag av Huga Samhällsfastigheter.

Riskutlåtandet har upprättats med anledning av att en ny förskola, Visättra förskola, planeras att uppföras i nära anslutning till Visättrahallen. Visättrahallen är en ishall där kylning sker med hjälp av ammoniak, vilket är en både giftigt och i vissa koncentrationer brännbar gas. Riskerna för tredje man ska därför utredas.

Målet med utredningen är att klargöra huruvida risken för tredje man är acceptabel, eller om riskreducerande åtgärder behöver vidtas.

Som underlag till utlåtandet har varit:

- Platsbesök utfört av ÅF-Infrastructure AB, 2017-12-06.
- Klassningsplan Visättra upprättad av ÅF, 2006-01-27.
- Kylschema upprättat av ÅF, 2005-08-19.
- Riskbedömning Visättra IP upprättad av ÅF, 2009-03-26.
- Förstudie Visättra förskola upprättad av Thyrens, 2017-09-20.

1.1 Avgränsningar

Riskutredningen undersöker endast olyckor som har påverkan på människor inom markområdet avsett för den planerade förskolan, Visättra förskola. Med påverkan åsyftas skador som leder till att människor förväntas omkomma eller drabbas av långsiktigt svåra hälsoeffekter.

Ingen hänsyn tas till skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering, materiella skador eller skador på personer i och omkring befintlig bebyggelse.

1.2 Metod

Riskutredningen utförs med semi-kvantitativ metod, dvs både med hjälp av beräkningar och logiska resonemang.

Inledningsvis bestäms de mål och avgränsningar som gäller för den aktuella riskutredningen. Därefter redogörs för påverkande omgivningsfaktorer såsom anläggningens utformning, områdesbeskrivning samt väder och klimat.

I nästa steg redogörs för ammoniaks egenskaper, hälsoeffekter och den bakomliggande teorin till spridning av gasmoln bestående av ammoniak. I detta steg bestäms även dimensionerande skadekriterier, dvs den koncentration av ammoniakgas som barn och personal inte ska utsättas för.

I scenariobeskrivningen redogörs för två tänkbara fall av utsläpp av ammoniak. De båda utsläppsscenarierna beräknas därefter med handberäkningar för att få fram en källstyrka (kg/min). Dessa värden används sedan i datorprogrammet ALOHA som beräknar gasmolnets spridning.

Slutligen analyseras resultaten och det görs en riskvärdering. Riskvärderingen utgår från att en olycka kan inträffa och fokuserar därmed på konsekvenserna snarare än sannolikheten att olyckan inträffar. Genom kvalitativa resonemang avgörs om risken är acceptabel eller ej. Icke acceptabel risk medför behov av riskreducerande åtgärder.



RISKUTREDNING

1.3 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Det finns lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras, Plan- och bygglagen (2010:900) och Miljöbalken (1998:808). I Plan- och bygglagen framgår det att bebyggelse och byggnadsverk skall utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser. I Miljöbalken anges att när val av plats sker för en verksamhet ska det göras med hänsyn till olägenheter för människors hälsa och miljön.



RISKUTREDNING

2 Anläggningsbeskrivning

Kylanläggningen används för att kyla Visättra IPs isbanor bestående av en isbana och en utomhushall. Kylmaskineriet står i ett separat kylmaskinrum längs med ishallens södra sida, ca 100 m². Kylanläggningen byggdes 1998 om till nuvarande utförande och drivs idag av fyra kompressorer.

Ammoniak förekommer endast i utrustning som förekommer inom maskinrummet. Totalt finns där 400 kg ammoniak. Kall ammoniak värmeväxlas mot en vattenlösning med tillsatser av kalciumklorid och korrosionsinhibitorer (Swedbrine 25) som i sin tur cirkulerar och kyler isbanorna underifrån i ett slutet system.

I kylanläggningen hålls ammoniak under tryck så att den till större delen är kondenserad till vätska. När anläggningen är i drift cirkulerar ammoniak mellan en hög- och lågtryckssida. Säkerhetsventiler öppnar vid 21 respektive 13 bars tryck. Säkerhetsventilerna ansluter en ledning som mynnar utomhus cirka en meter över maskinrummets tak. Kylanläggningen antas vara utförd enligt rekommendationer i tidigare utredningar, dvs att det stoppar automatiskt vid nödstoppssignal från gaslarm samt att gaslarmet är vidarekopplat till larmcentral.

Anläggningen är i kontinuerlig drift men med ett kortare sommaruppehåll. Generellt sker ingen påfyllning av ammoniak då det är ett slutet system.

Maskinrummet grundventilation utgörs av en mekanisk takfläkt och med friskluftsintag i östlig fasad. Fläkten startar och stoppas manuellt från elcentralrummet. Fläkten är utförd med två hastigheter, en hastighet som gäller mellan 17-25°C och en högre hastighet för temperaturer över 35°C. Om temperaturen understiger 17°C så stoppar fläkten.

Maskinrummet är även utförd med nödventilationsfläktar som startas manuellt i ett separat kontrollutrymme vid ingången till kylmaskinrummet. Där sitter också en nödstopp-knapp. Den ena fläkten suger luft ovanför varje kompressor med utblås i taket medan den andra fläkten suger i taket med utblås i södra fasaden.

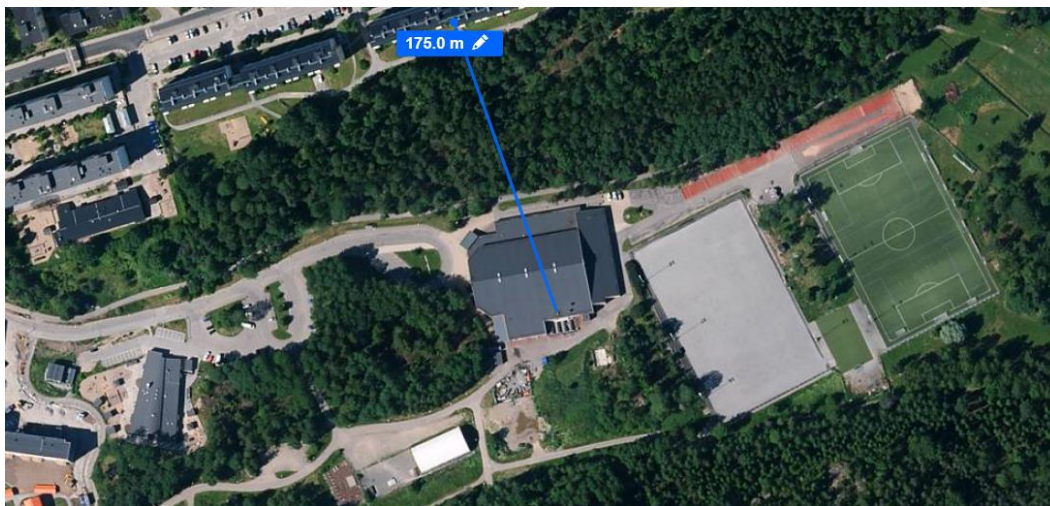
Fläktkapaciteten för både grundventilation och nödventilation förutsätts följa rekommendationer enligt svensk kylnorm, 1100m³/h för grundventilationen och 2700 m³/h för nödventilationen.



RISKUTREDNING

3 Områdesbeskrivning

Den närmsta bebyggelsen består av flerbostadshus som är belägna ca 175 m från Visättrahallens kylmaskinrum. Inom radien 100 meter finns i huvudsak skogssmark, bollplan/isbana samt vägar, se Figur 1.



Figur 1. Visättrahallen sedd uppifrån. Närmsta bebyggelse för stadigvarande vistelse finns på ca 175 m avstånd.

Den nya förskolan för ca 160 barn planeras på en yta lokaliserad 50-150 m från kylmaskinrummet. Markområdet är idag ett kuperat skogsområde varav viss naturmark ska bevaras som lekyta åt barnen, se Figur 2. Det finns även intresse av ytterligare förtätning runt omkring Visättra ishall i framtiden, men än finns inga färdiga planer.



Figur 2. Visar markytan där förskolan planeras (rött streckat område). Inringat område visar kylmaskinrummets placering i Visättrahallen.



RISKUTREDNING

4 Väder och klimat

I detta avsnitt redogörs för lokala väderförhållanden i området samt väderdata som används i gasspridningsberäkningarna.

4.1 Lokala väderförhållanden

Vindens hastighet påverkar till stor del resultatet av spridningen. Väderdata från SMHI mätstation 9710 (Tullinge) har använts då mätstationen ligger närmast Visättrahallen i Huddinge, se Figur 3 (1).



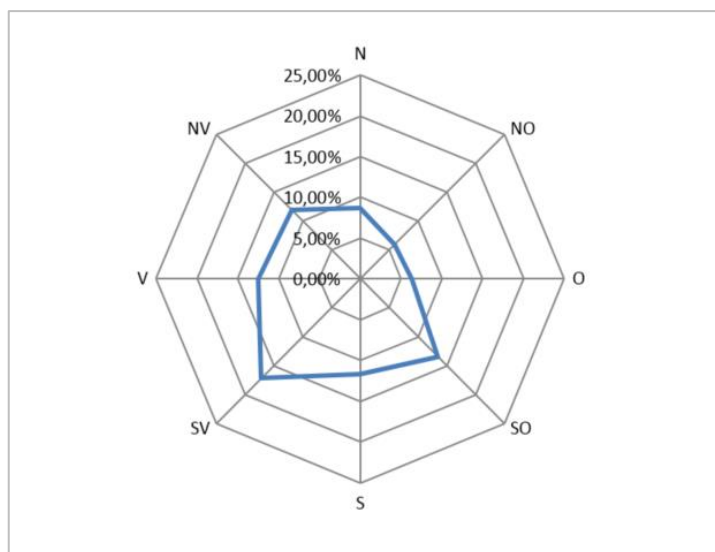
Figur 3. Placering av mätstation 9710 Tullinge (röd pil) mot Visättrahallens lokalisering (röd ring).

Medelvindhastigheten mellan år 1995-2017 är ungefär 2,9 m/s. I 80% av fallen varierar vindhastigheten mellan 0,7-4,9 m/s.

Följande vinddata har uppmätts för Tullinge, se Tabell 1. Vindriktningarna visualiseras även i Figur 4. Observera att vindriktningen (%) anger från vilket håll det blåser, inte i vilket riktning det blåser.

Tabell 1. Vindriktning uppdelad efter 8 väderstreck.

	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV	Lugnt
Tullinge	8,7	6,0	6,3	13,5	11,7	17,2	12,5	11,9	12,2



Figur 4. Vindriktning uppdelad efter 8 väderstreck (varifrån det blåser) [%].



RISKUTREDNING

Årsmedeltemperaturen i området varierar mellan ungefär 5-6°C (2). Den relativa fuktigheten är starkt kopplad till temperaturen och uttrycks vanligen i procent. När luften värms så sjunker den relativa fuktigheten. Genomsnittet i Sverige under juli månad är 70-80 %, medan den i januari är närmare 85-95% (3).

4.2 Väderdata i beräkningar

Beräkningsmodellen använder sig av Pasquilles stabilitetsklasser. Metoden bygger på att atmosfären kan delas in i 6 stabilitetsklasser, A-F , där A motsvarar extremt instabil skiktning och F extremt stabil skiktning. Klass A är generellt ovanligt förekommande i Sverige pga begränsad solinstrålning och klass F förekommer framförallt molnklara nätter med låg vindhastighet (4).

Vid högre vindhastighet desto instabilare stabilitetsklass. Det leder till snabbare utspädning och spridning av gasmolnet.

I beräkningarna används två stabilitetsklasser som bedöms relativt vanligt förekommande:

- Stabilitetsklass D (Neutral skiktning) som förekommer vid vindhastigheter på mellan 4-6 m/s vid svag eller måttlig solinstrålning samt nätter med tunna eller låga moln.
- Stabilitetsklass E (Svagt stabil) förekommer företrädesvis vid relativt klart väder nattetid. Under vintern kan det även förekomma dagtid när solinstrålningen är liten och utstrålningen från marken inte hindras av moln. Vindhastigheten ska vara låg, 2-4 m/s.

Luftfuktigheten antas vara 75 % och lufttemperaturen 6°C.



RISKUTREDNING

5 Hälso- och miljöeffekter av ammoniak

I följande avsnitt redogörs för ammoniaks egenskaper samt vilka hälsoeffekter detta får på människor.

5.1 Ammoniaks egenskaper

Vattenfri ammoniak används i kylanläggningen som köldmedium. Ammoniak är vid normalt tryck en färglös gas med en starkt stickande lukt. En distinkt lukt avges från ammoniak även i små koncentrationer vilket fungerar som en tidig varningssignal om fara. Ämnet är giftigt, brandfarligt och kan explodera om förhållandena ligger inom brännbarhetsområdet. Ammoniak har en kokpunkt på -33°C och ångorna är lättare än luft. Vid förångning av ett utsläpp i vätskefas kommer ångorna att stiga uppåt, men endast om luften är torr. Ammoniak reagerar omedelbart med vattnet i fuktig luft och blir därigenom tyngre än luft och rör sig längs marken.

Ammoniak brinner dåligt i luft, men kan under rätta förhållanden (såsom i syre) brinna. För detta krävs en tändkälla med tillräcklig tändenergi såsom en gnista eller öppen låga. Det bedöms som osannolikt att förhållanden som kan göra ammoniaken brännbar kan uppstå mer än enstaka meter från kylmaskinrummet och har därför bortsetts från.

Ammoniak är relativt löslig i vatten och vid lösningen i vatten uppstår en betydande värmeutveckling. För vattenlevande organismer utgör ammoniak en stor fara även i små koncentrationer då denna kan orsaka pH-ändringar i vattensystemet. LC50-värden för flera olika fiskarter är mindre än 1 mg/l. För djur- och växtliv utgör ett ammoniakutsläpp till luft även en fara.

Effekter på människan är omfattande. Vid inandning kan bestående skador på lungor och andningsvägar fås liksom kramp och andnöd. Om ammoniak förtärs finns risk för allvarliga frätskador. I kontakt med hud är ammoniak starkt frätande och eftersom kokpunkten ligger vid -33°C innebär det att stänk av flytande ammoniak utgör risk för förfrysningsskador. Vid ögonkontakt kan allvarliga frätskador på hornhinna erhållas med stor risk för synskada.

Tabell 2: Fysikaliska egenskaper för ammoniak samt faroangivelser. (NIST Chemistry WebBook, 2016)

Egenskap	Värden
Smältpunkt	$-77,7^{\circ}\text{C}$
Kokpunkt	-33°C
Densitet vid gasform (1,013 bar och 15°C)	0,73 kg/m ³
Explosionsgränser	15-30 vol-%

5.2 Hälsoeffekter på människor

Ett sätt att redovisa hälsoeffekter av giftiga luftburna ämnen är att hänvisa till AEGL-nivåer. AEGL (Acute Exposure Guideline Levels) tar hänsyn till känsliga individer såsom gamla, sjuka och unga samt lämpar sig vid korta utsläpp under en timme.



RISKUTREDNING

De tre nivåerna i AEGL definieras som:

- **AEGL-3**
 - Luftkoncentrationen (i ppm eller mg/m³) över vilken en befolkning (inklusive känsliga individer) antas kunna få livsfarliga skador och risk för att dö.
- **AEGL-2**
 - Luftkoncentrationen (i ppm eller mg/ m³) över vilken en befolkning (inklusive känsliga individer) antas kunna få permanenta skador, andra långsiktiga svåra hälsoeffekter och svårigheter att fly undan utsläppet.
- **AEGL-1**
 - Koncentrationen (i ppm eller mg/ m³) över vilken en befolkning (inklusive känsliga individer) antas kunna bli utsatta för irritation och obehag.

I Tabell 3 redovisas samtliga AEGL-nivåer för ammoniak. I nedanstående scenarion är spridningsberäkningar utförda för värdena vid 10 minuter om inget annat anges. Detta eftersom ett utsläpp av denna typ inte förväntas fortgå med högt stationärt källflöde i mer än 10-15 minuter.

Tabell 3. AEGL-nivåer för ammoniak i ppm (5).

	10 min	30 min	60 min	4 h	8 h
AEGL-1	30	30	30	30	30
AEGL-2	220	220	160	110	110
AEGL-3	2700	1600	1100	550	390

5.3 Dimensionerande skadekriterier

I normalfallet kan AEGL-3 värden för 10 minuter användas som skadekriterium för vuxna individer eftersom dessa förväntas sätta sig själva i säkerhet. I detta fall utgörs tredje man av barn (förskola) där denna möjlighet är begränsad. I praktiken är det även svårt för personal att evakuera barn till säkerheten inomhus om de samtidigt utsätts för höga koncentrationer ammoniak.

Utsläppet förväntas ske med relativt hög källstyrka i ett inledande skede, men det kommer avta i takt med att förångningen blir stationär och mängden kvarvarande ammoniak i systemet minskar. Höga utsläppsmängder fortgår bedömt i högst 10-15 minuter.

Av följande anledning används AEGL-2 värdet för 10 minuters exponering som dimensionerande skadekriterium i utredningen.

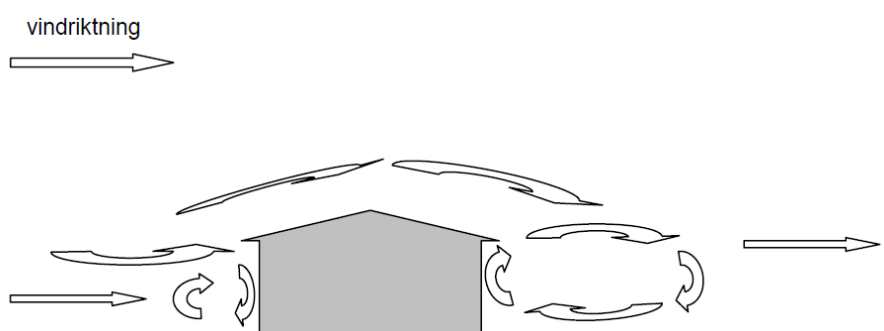


RISKUTREDNING

6 Gasmolnsspridning

Vid utsläpp av vattenfri ammoniak (tryckkondenserad gas), bildas ett gasmoln som med vindens hjälp sprids till omgivningen. Den kraftiga förångningen medför dock att små droppar eller aerosoler finns kvar i molnet vilket gör det tungt. Gasmolnet kommer därför i ett initialt skede att bete sig som en tung gas och röra sig längst med marken trots att ammoniakmolekylen som enskilt ämne är lättare än luft. Utsläppet sjunker vid utsläppskällan och rör sig sedan i vindriktningen likt en vätska med vinden, med gravitationen och rörelseenergin som påverkande faktorer.

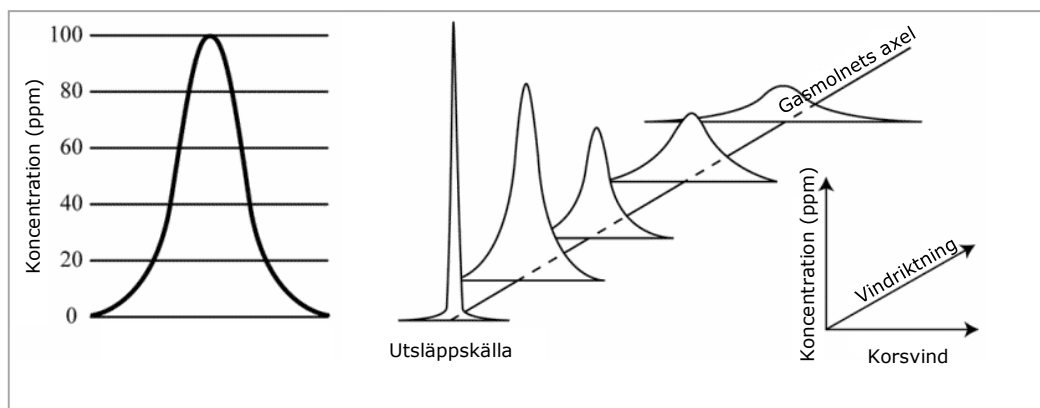
Om utsläppet sker i direkt anslutning till en byggnad sprids gasen inledningsvis i en sk lävak och därifrån vidare i vindens riktning. En lävak är en luftvirvel som bildas bakom stora hinder och innehar vanligtvis samma dimension som själva hindret. Från lävaken sprids gasen vidare i vindriktningen (6).



Figur 5. Bilden visar hur en lävak (luftvirvel) bildas invid ett större hinder.

Energien för tryckreduktion (förångning) tas från omgivande luft som då kyls och bildar iskristaller. Ju mer fuktig luft desto mer energi kan tas ut och fler iskristaller bildas. Ammoniak är i grunden en färglös gas, men på grund av de bildade iskristallerna kan det synas som ett vitt moln till dess att gasmolnet späts ut och värmts upp tillräckligt mycket.

Med tiden blandar sig luft in i molnet och ökar utspädningen, vilket gör att gasen blir lättare och sprider sig uppåt. Spridning av lätt gas kan approximeras med en gaussisk spridningsmodell som innebär att gasen i högre utsträckning sprids av vind och turbulens än i tunggasmodellen där även gravitationen är en bidragande faktor. En gaussisk spridningsmodell tar också hänsyn till gasmolnsspridning i sidled som en funktion av avståndet från utsläppskällan, vilket framgår av Figur 6. Koncentrationen antas alltid vara högst i mitten av gasmolnet.



Figur 6. Schematisk bild över gaussisk spridningsmodell.



RISKUTREDNING

7 Scenariobeskrivning

Ett utsläpp av ammoniak kan antingen ske invändigt på grund av skadad utrustning eller handhavandefel, alternativt utvändigt genom att en säkerhetsventil löser ut på grund av övertryck i systemet. I denna utredning analyseras båda scenariernas effekter på omgivningen.

7.1 Invändigt utsläpp

Vid invändigt utsläpp antas att hälften av all ammoniak läcker ut momentant efter ett utrustningshaveri (200 kg). En del av den tryckkondenserade ammoniakgasen (vätskan) flashas genast av som en gas under en mycket kort tidperiod. Den utströmmande vätskan kommer till viss del att ryckas med gasen och bilda en spray eller dimma av aerosoler (7).

Resterande del ammoniak ligger kvar i systemet eller ansamlas i pölar på golvet som kokar av till gas. När ammoniakvätskan når kokpunkten avstannar flashningen helt. Efter att det bildats en pöl kommer det inledningsvis ske en relativt snabb avdrivning (förångning) då vätskan värms upp genom värmetransport från varma ytor såsom väggar och golv, men redan inom ett par minuter stabiliseras avdrivningen. Rummet får en mycket kall temperatur på mellan -60 °C till -70°C och den kvarvarande ammoniakvätskan förgasas i den takt ny värme tillförs via golv, väggar och ventilation.

Spridning till utsidan sker i huvudsak via ventilationssystemet. Ju högre ventilation desto högre källstyrka. I denna utredning antas att nödventilationen startar efter 5 minuter med full effekt och att utsläppet pågår i ungefär 15 minuter. Därefter återstår endast mindre restavdusning vilket kan betraktas som ofarligt utom i direkt närhet till kylrummet.

Källstyrkan beräknas uppgå till ungefär 7,9 kg per minut. Fullständig beräkningsgång redovisas i bilaga A.

7.2 Utvändigt utsläpp

Vid utvändigt utsläpp av ammoniak av att en säkerhetsventil lösts ut till följd av övertryck i systemet som orsakats av brand. Den utströmmande gasen leds således via ett rör till den utvändigt placerade rörmynningen 1 m ovan taket, 6 m ovan mark. Utsläppet antas pågå i ungefär 15 minuter.

Källstyrkan beräknas uppgå till ungefär 15,5 kg per minut. Fullständig beräkningsgång redovisas i bilaga B.



RISKUTREDNING

8 Resultat

Vid utsläpp av vattenfri ammoniak (tryckkondenserad gas), bildas ett gasmoln som med vindens hjälp sprids till omgivningen. Nedan redovisas riskavstånd vid olika AEGL-värden beroende på om utsläppet sker invändigt eller utvändigt. För fullständig beräkningsgång hänvisas läsaren till bilaga A.

8.1 Resultat invändigt utsläpp

Den kraftiga förångningen medför att små droppar eller aerosoler finns kvar i gasmolnet vilket gör att molnet inledningsvis beter sig som en tung gas. Med tiden blandar sig luft in i molnet och ökar utspädningen, vilket gör att gasen blir lättare och sprider sig uppåt. Beräkningar har därför utförts både enligt gaussisk- och tung gaspridningsmodell. Riskavstånd samt bilder på gasspridningen redovisas i Tabell 4 samt Figur 7-Figur 10.

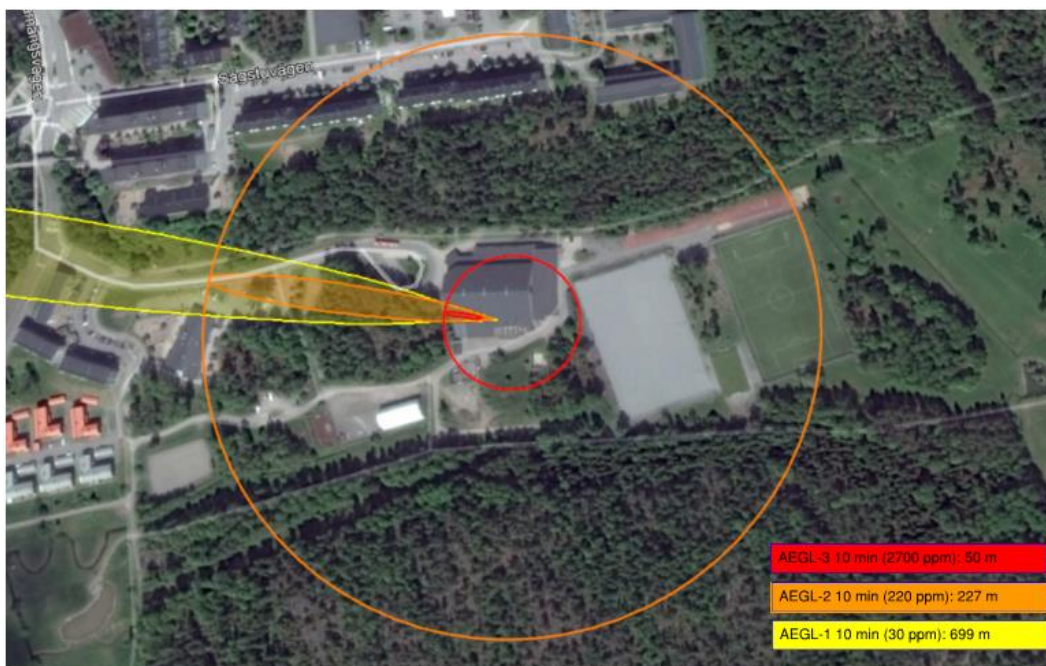
Tabell 4. Redovisar riskavstånd för stabilitetsklass D och E för invändigt utsläpp. Resultaten delas upp beroende på AEGL-värden (1-3) och gasspridningsmodell (tung/lätt).

Stabilitetsklass E	
Gausisk modell	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	50
AEGL-2 _{10min}	227
AEGL-1 _{10min}	699
Tunggasmodell	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	48
AEGL-2 _{10min}	234
AEGL-1 _{10min}	900
Genomsnitt	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	49
AEGL-2 _{10min}	231
AEGL-1 _{10min}	800
Stabilitetsklass D	
Gausisk modell	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	Uppstår ej
AEGL-2 _{10min}	84
AEGL-1 _{10min}	236
Tunggasmodell	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	39
AEGL-2 _{10min}	160
AEGL-1 _{10min}	467
Genomsnitt	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	20
AEGL-2 _{10min}	122
AEGL-1 _{10min}	352

RISKUTREDNING



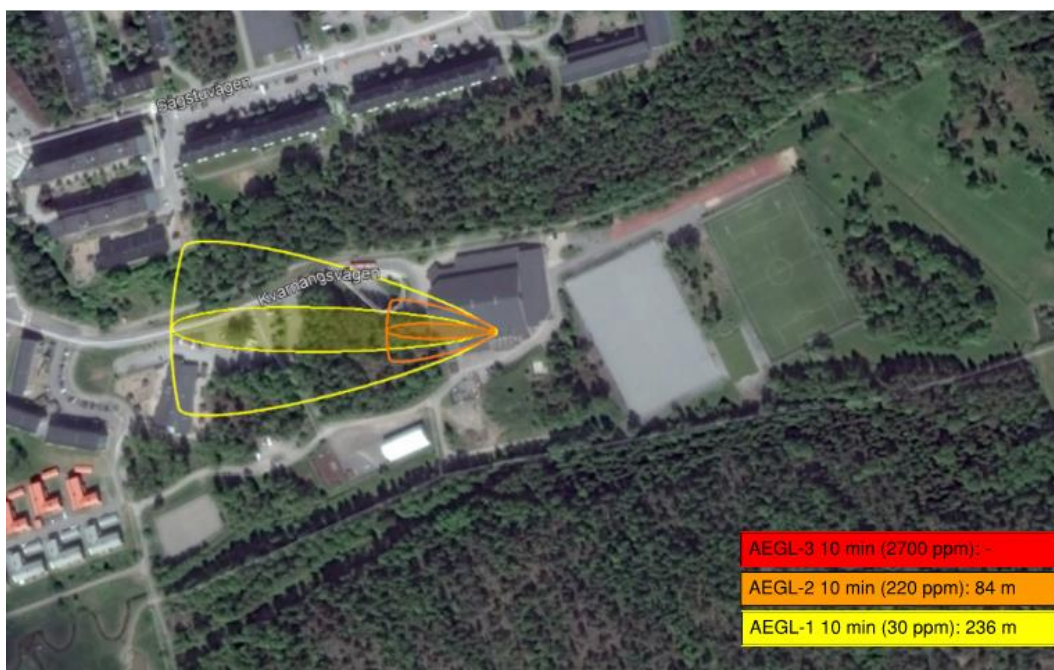
Plymen anger spridningen av gasmolnet vid vindriktning öst (blåser från öst) med ett konfidsintervall för variationer i vinden under utsläppstiden.



Figur 7. Visar gasmolnets spridning vid svagt stabil skiktning (Stabilitetsklass E) med gaussisk gasmodell. AEGL-2_{10 min} uppstår inom 227 m avstånd från utsläppspunkten.



Figur 8. Visar gasmolnets spridning vid svagt stabil skiktning (Stabilitetsklass E) med tunggasmodell. AEGL-2_{10 min} uppstår inom 234 m avstånd från utsläppspunkten. AEGL-3_{10 min} markeras inte på bilden på grund av osäkerheter vid projektionen av så korta avstånd.



Figur 9. Visar gasmolnets spridning vid neutral skiktning (Stabilitetsklass D) med gaussisk gasmodell. AEGL-2_{10 min} uppstår inom 84 m avstånd från utsläppspunkten.



Figur 10. Visar gasmolnets spridning vid neutral skiktning (Stabilitetsklass D) med tunggasmodell. AEGL-2_{10 min} uppstår inom 160 m avstånd från utsläppspunkten. Värdet för AEGL-3_{10 min} markeras inte på bilden på grund av osäkerheter vid projektionen av så korta avstånd.



RISKUTREDNING

8.2 Resultat utvändigt utsläpp

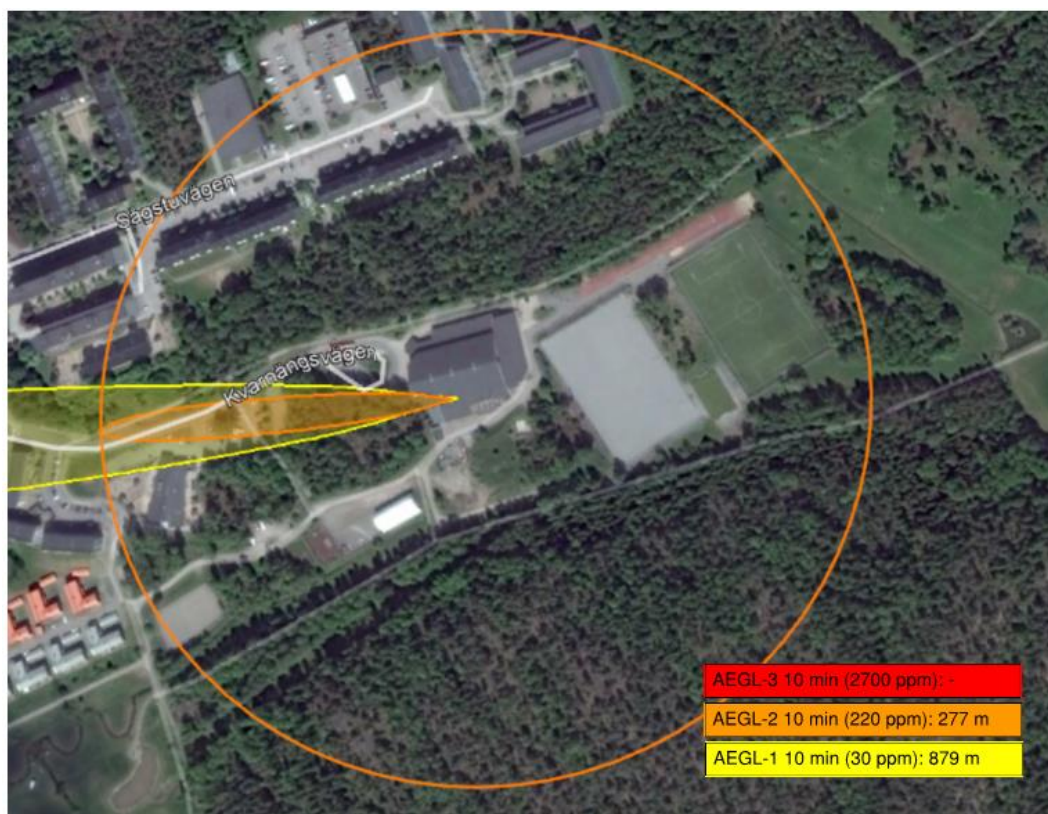
Vid utvändigt utsläpp av ammoniak antas att en säkerhetsventil löses ut till följd av övertryck i systemet. Ett sådant övertryck kan exempelvis orsakas av brand. Den utströmmande gasen leds via ett rör till en utvändigt placerad rörmynningen 1 m ovan taket, ca 6 m ovan mark.

På grund av den högt placerade rörmynningen antas utsläppet ske huvudsakligen i gasfas, varpå spridningsberäkningar görs enligt gaussisk spridningsmodell. Plymen anger spridningen av gasmolnet vid vindriktning öst (blåser från öst) med ett konfidsintervall för variationer i vinden under utsläppstiden.

Riskavstånd samt bilder på gasspridningen redovisas i Tabell 5 samt Figur 11 och Figur 12.

Tabell 5. Redovisar riskavstånd för stabilitetsklass D och E för utvändigt utsläpp. Resultaten delas upp beroende på AEGL-värden (1-3).

Stabilitetsklass E	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	Uppstår ej
AEGL-2 _{10min}	277
AEGL-1 _{10min}	879
Stabilitetsklass D	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	Uppstår ej
AEGL-2 _{10min}	102
AEGL-1 _{10min}	291



Figur 11. Gasmolnets spridning vid svagt stabil skiktning (Stabilitetsklass E) med gaussisk spridningsmodell. AEGL-2_{10 min} uppstår på 277 m avstånd från utsläppspunkten.



Figur 12. Gasmolnets spridning vid neutral skiktning (Stabilitetsklass D) med gaussisk spridningsmodell. AEGL-2_{10 min} uppstår på 102 m avstånd från utsläppspunkten.



RISKUTREDNING

9 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

I följande avsnitt värderas huruvida risken är acceptabel eller ej samt vilka riskreducerande åtgärder som rekommenderas.

9.1 Riskvärdering

Beräkningsresultaten visar att höga koncentrationer som motsvarar AEGL-3_{10min} inte uppstår inom området för den planerade förskolan, Visättra förskola. Sådana koncentrationer uppstår främst i nära anslutning till kylmaskinrummet men inte bortom 50 meters från utsläppspunkten.

Det är däremot troligt att hela eller delar av förskoleområdet kan täckas av ett gasmoln med koncentrationer som motsvarar AEGL-2_{10min}. Ett sådant gasmoln kan breda ut sig mellan 80-280 m från utsläppspunkten och bidra till att personer får permanenta skador eller långsiktigt svåra hälsoeffekter efter 10 minuters exponering. Till skillnad från vuxna friska individer kan barn inte förväntas sätta sig själva i säkerhet. I praktiken blir det även svårt för personal att evakuera barn som befinner sig utomhus till säkerheten inomhus om de samtidigt utsätts för höga koncentrationer ammoniak.

ÅF bedömer att risken för tredje man inte är godtagbar och att riskreducerande åtgärder behöver vidtas.

9.2 Riskreducerande åtgärder

ÅF rekommenderar följande alternativ till riskreducerande åtgärder. Endast en av nedanstående alternativ behöver implementeras.

- Förskolan placeras på en annan markyta placeras på längre avstånd från Visättrahallen. Förskolan bör placeras på minst 250 m avstånd med möjlighet att manuellt stänga av ventilationssystemet (nödstopp). Personalen på förskolan ska därutöver utbildas i hur de ska agera vid ett eventuellt ammoniakutsläpp. Driften av kylanläggningen får instruktioner om att förvarna förskolan vid olycka.
- Kylsystemet med ammoniak byts till ett nytt system som inte riskerar att påverka omgivningen vid en olycka eller läckage i samma omfattning. Ammoniaken kan exempelvis bytas ut till ett köldmedium baserat på koldioxid.
- Anläggningen utförs med ett skrubbersystem för omhändertagande av eventuellt utsläpp av ammoniakgaser. En skrubber sprayar vatten mot gasflödet och kommer på så sätt att fånga upp ammoniakgasen som är lösligt med vatten. Systemet har använts framgångsrikt i tidigare projekt, men det krävs ytterligare utredning för att säkerställa att lösningen kan tillämpas även på Visättrahallen.

Om någon av ovanstående rekommenderade åtgärder vidtas bedöms risken för tredje man som acceptabel.



11 Referenser

1. **Alexandersson, Hans.** *Vindstatistik för Sverige 1961-2004.* u.o. : SMHI meteorologi, 2006.
2. **SMHI.** SMHI. *Normal årsmedeltemperatur.* [Online] SMHI, den 20 3 2017. [Citat: den 28 12 2017.] <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/normal-arsmedeltemperatur-1.3973>.
3. —. SMHI. *Luftfuktighet.* [Online] SMHI, den 4 10 2017. [Citat: den 28 12 2017.] <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-1.3910>.
4. **FOA .** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - metoder för bedömning av risker.* Umeå : FOA Försvarets Forskningsanstalt, 1998.
5. **Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).** RIB. *Fysikaliska data – Ammoniak, vattenfri.* [Online] den 28 12 2017. <https://rib.msb.se/Portal/Template/Pages/Kemi/Substance.aspx?id=448&q=ammoniak&p=1>.
6. **Statens räddningsverk.** *Hur farlig är en ishall med ammoniak?* Umeå : Försvarets Forskningsanstalt, 1998.
7. **T.Karlsson, Hans.** *Processriskanalys.* Lund : Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola, 2012.
8. **AICHE/CPS.** *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis second edition.* New York : AIChE American Institute of Chemical Engineering, CPS Center for Chemical Process Safety, 2000.
9. **EPA.** Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values. EPA. [Online] den 29 08 2016. <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>.
10. **EPA & NOAA.** ALOHA, version 5.4.7. u.o. : Office of Emergency Management (EPA) & Emergency Response Division, (NOAA), 2016.
11. **SFS 1998:808.** *Miljöbalken.* u.o. : Utfärdad 1998-06-11, uppdaterad till och med SFS 2016:341.
12. **SFS 2010:900.** *Plan- och bygglagen.* u.o. : Utfärdad 2010-07-01, uppdaterad till och med SFS 2016:252 .



RISKUTREDNING

Bilaga A – Beräkningsbilaga

I denna bilaga redogörs för beräkningarna för respektive scenario. I båda fallen utförs handberäkningar för beräkning av källstyrkan. Källstyrkan används sedan som ingångsvärde vid simulering av gasspridning i programmet ALOHA.

Invändigt utsläpp

Vid invändigt utsläpp antas att hälften av all ammoniak i systemet läcker ut momentant efter ett utrustningshaveri (200 kg). Nödventilationen antas starta 5 minuter efter utsläppet och vädrar ut ammoniakgaserna till det fria.

Beräkning av gasutflöde sker enligt nedanstående arbetsmetodik (7).

Andelen kvarvarande vätska som inte genast flashas till gas beräknas genom:

$$\frac{m}{m_0} = e^{\left(-\frac{c_{pm}}{\lambda}(T_0 - T_b)\right)} = 0,842 \rightarrow m = 0,842 m_0$$

Där:

m , kvarvarande mängd vätska, [kg]

m_0 , utsläppets storlek, 200 kg

c_{pm} (l), vätskans värmekapacitet, 18,1 cal/mol

λ , förångningsvärmets ammoniak, $3,28 \cdot 10^5$ cal/kg

T_0 , ursprungstemperatur ammoniak, 293 K

T_b , kokpunkt ammoniak, 240 K

Hur stor andel som flashas till gas beräknas genom:

$$F = 1 - \frac{m}{m_0} \rightarrow F = 0,158$$

Vid en närmare betraktelse kommer en del av molnet bestå av spray eller aerosoler.

Hänsyn till detta tas genom följande beräkning:

$$F_{justerat} = \frac{F}{(1 - \xi)} \rightarrow 0,316$$

Där:

$$\xi = 0,50$$

Detta ger att totalt 64 kg ammoniak momentant kommer bilda ett moln, medan 136 kg bildar en pöl på golvet som förångas i tre faser. Pölens höjd antas vara 0,5 cm (h) vilket motsvarar ett relativt slätt underlag (4).

$$A_{pöl} = \frac{V}{h} = 37,3 m^2$$



RISKUTREDNING

Där:

$$V_{ammoniak} = \frac{m}{\rho} = \frac{136 \text{ kg}}{730 \text{ kg/m}^3}$$

Förångning i fas 1 som pågår under första minuten beräknas genom:

$$W_1 = k_1 \frac{(T_m - T_b)^2}{\lambda} = 6,4 * 10^{-2} \text{ kg/m}^2$$

Där:

W_1 , avdriven mängd, [kg/m²]

K_1 , konstant för underlag cement, 7,5 cal·m⁻²K⁻²

T_m , marktemperatur, 293 K

T_b , ammoniak vid kokpunkt, 240 K

Avdriven mängd under första minuten = $W_1 \cdot A_{pöl} \approx 2,4 \text{ kg}$

Förångning i fas 2 som pågår under nästföljande minut (1-2 min) beräknas genom:

$$N_{A2} = \frac{W_1}{2} (t * t_1)^{-1/2} = 3,2 * 10^{-2} * t^{(-1/2)}$$

Där:

N_{A2} , avdriven mängd fas 2, [kg/m²]

W_1 , avdriven mängd i fas 1, 6,4 · 10⁻² kg/m²

t_1 , tid för fas 1, 1 minut

Avdriven mängd under andra minuten (antar $t_1 = 1$) = 1,2 kg

Förångning i fas 3 som avges genom stationärt flöde:

$$N_{A3} = k_3 \frac{(T_m - T_b)}{\lambda} = 6,4 * 10^{-2} \text{ kg/m}^2$$

N_A , avdriven mängd ej fas 1, [kg/m²]

K_3 , konstant för underlag cement, 150 cal·m⁻²K⁻¹min⁻¹

T_m , marktemperatur, 293 K

T_b , ammoniak vid kokpunkt, 240 K

λ , förångningsvärmets ammoniak, 3,28·10⁵ cal/kg

Avdriven mängd under resterande 3 minuter = 2,7 kg

Totalt avgiven gas eller aerosol i rummet är $\approx 70 \text{ kg}$ (64+2,4+1,2+2,7). Homogent fördelat över rummet med golvarean 100 m² och antagen höjd 4 m blir koncentrationen ammoniak 70/400 = 0,175kg/m³.



RISKUTREDNING

Med nödventilationen 2700 m³/h blir källstyrkan (utsläpp till utsidan) 7,88 kg/min. Utsläppet antas pågå i högst 15 minuter och därefter med betydligt lägre källstyrka.

Gasmolnsspridningen simuleras i datorprogrammet ALOHA. Följande indata har använts:

Variabel	Värde/Data	
Kemikalier	Ammoniak	
Ytråhet	Urban or forest	
Lufttemperatur	6°C	
Relativ fuktighet	75 %	
Väder	Delvis molnigt	
Vind	5 m/s	2 m/s
Stabilitetsklass	Neutral, D	Stabil, E
Källstyrka	7,88 kg/min	
Utsläppt mängd (utomhus)	118 kg	
Utsläppshöjd	3 m ovan mark	
AEGL-3 _{10min}	2700 ppm	
AEGL-2 _{10min}	220 ppm	
AEGL-1 _{10min}	30 ppm	

Resultat redovisas i nedanstående tabell:

Stabilitetsklass E	
Gausisk modell	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	50
AEGL-2 _{10min}	227
AEGL-1 _{10min}	699
Tunggasmodell	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	48
AEGL-2 _{10min}	234
AEGL-1 _{10min}	900
Genomsnitt	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	49
AEGL-2 _{10min}	231
AEGL-1 _{10min}	800
Stabilitetsklass D	
Gausisk modell	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	Uppstår ej
AEGL-2 _{10min}	84
AEGL-1 _{10min}	236



RISKUTREDNING

Tunggasmodell	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	39
AEGL-2 _{10min}	160
AEGL-1 _{10min}	467
Genomsnitt	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	20
AEGL-2 _{10min}	122
AEGL-1 _{10min}	352

Utvändigt utsläpp

Vid utvändigt utsläpp av ammoniak antas att en säkerhetsventil löses ut till följd av övertryck i systemet. Ett sådant övertryck kan exempelvis orsakas av brand. Den utströmmande gasen leds via ett rör till en utvändigt placerad rörmynningen 1 m ovan taket, ca 6 m ovan mark.

Beräkning av gasutflöde genom säkerhetsventilen sker enligt nedanstående arbetsmetodik (8).

Beräkning av tryck vid ventilen :

$$\frac{P_{choked}}{P_1} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{k/(k-1)} \rightarrow P_{choked} = 0,544 P_1$$

Där:

P_{choked} , tryck vid ventilen

P_1 = tryck från systemet, 21 bar

K, konstant, 1,31

Eftersom $P_{choked} = 11,4 \text{ bar} > \text{utomhustrycket}$, så blir strömningen kritisk.

Beräkning av utsläppsarea (ventilens öppning):

$$A = \pi * r^2 = \pi * 0,005^2 = 7,9 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

r, hålets radie, antas till 0,005 m (halv centimeter)

Beräkning av massflöde genom säkerhetsventilen:

$$m_{choked} = C_D A P_1 \sqrt{\left(\frac{kgc * M}{R_g T_1} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)} \right)} = 0,258 \text{ kg/s}$$

Där:

C_D , 0,85

A, hålets storlek, $7,9 * 10^{-5} \text{ m}^2$

P_1 , tryck från systemet, 21 bar ($21 * 10^5 \text{ Pa}$)



RISKUTREDNING

k_{gc} , värmekapacitetsförhållande ammoniak (C_p/C_v), 1,32

M , molmassa ammoniak, 17 kg/(kg*mol)

R_g , gaskonstant, 8314 Pa m³/kg mol K

T_1 , ammoniakens temperatur i systemet, 293 K

Källstyrkan från säkerhetsventilen blir 0,258 kg/s eller 15,5 kg/min.


Utsläppet antas pågå med oförminskad styrka i ungefär 15 minuter och därefter med betydligt lägre källstyrka. 232 kg ammoniak har då avgivits till omgivningen.

Gasmolnsspridningen simuleras i datorprogrammet ALOHA. Följande indata har använts:

Variabel	Värde/Data	
Kemikalier	Ammoniak	
Ytråhet	Urban or forest	
Lufttemperatur	6°C	
Relativ fuktighet	75 %	
Väder	Delvis molnigt	
Vind	5 m/s	2 m/s
Stabilitetsklass	Neutral, D	Stabil, E
Källstyrka	15,5 kg/min	
Utsläppt mängd (utomhus)	232kg	
Utsläppshöjd	6 m ovan mark	
AEGL-3 _{10min}	2700 ppm	
AEGL-2 _{10min}	220 ppm	
AEGL-1 _{10min}	30 ppm	

Resultat redovisas i nedanstående tabell:

Stabilitetsklass E	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	Uppstår ej
AEGL-2 _{10min}	277
AEGL-1 _{10min}	879
Stabilitetsklass D	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	Uppstår ej
AEGL-2 _{10min}	102
AEGL-1 _{10min}	291

 <p>Handläggare Christoffer Clarin Brandingenjör/Civilingenjör riskhantering</p> <p>ÅF-Infrastructure AB – Brand och Risk Tel: 070-3176901 christoffer.clarin@afconsult.com</p>	<p>Uppdrag</p> <p>Visättra förskola och Visättrahallen Förstärkt skydd för kylanläggning med ammoniak</p>		
	<p>Uppdragsgivare</p> <p>Huddinge Samhällsfastigheter</p>		
<p>Uppdragsansvarig</p> <p>Jörgen Carlsson Brandingenjör, Tekn. Lic. Brandteknik</p>	<p>Datum</p> <p>2018-03-23</p>	<p>Status</p> <p>Bedömning</p>	<p>Uppdragsnr.</p> <p>747482</p>

Inledning

Detta utlåtande har upprättats av ÅF-Infrastructure AB på uppdrag av Huga Samhällsfastigheter. Utredningen utgör ett komplement till tidigare riskutredning "Riskutredning - Visättra förskola och Visättrahallen", daterad 2017-12-28.

Utlåtandet upprättats med anledning av att en ny förskola avses byggas invid Visättrahallen som hanterar ammoniak. En riskreducerande åtgärd som övervägs för att begränsa eventuell spridningen av ammoniak är att installera ett skrubbersystem som renar ammoniakgaserna.

Syftet med utlåtande är att tidigt avgöra om en skrubberlösning kan bli tillräckligt effektiv för att riskbidraget från ammoniaknlaggningen ska bli tolerabelt. Blir utfallet positivt på sådant sätt att lösningen med stor sannolikhet fungerar rekommenderas kommunen att gå vidare med en teknisk förstudie. Blir utfallet istället negativt, dvs att en skrubberlösning troligtvis inte fungerar, rekommenderas istället att kommunen avblåser planer på vidare utredning/projektering av skrubbersystemet.

Bedömning

Beräkningar har gjorts med datorprogrammet ALOHA för att avgöra vilken reningsgrad som erfordras för att uppnå tolerabla nivåer i det område där förskolan avses byggas.

Beräkningarna har utgått från de värsta scenarierna från tidigare utförd analys, invändigt- respektive utvändigt utsläpp. Utgångspunkten är lätgasmodell eftersom ammoniakgasen efter att ha tvättats i skrubbersystemet förväntas vara väl utspädd med luft. Samtliga simulerade fall utgår från stabilitetsklass E och utsläppshöjden 6 m.

I denna utredning används AEGL-2 värdet för 10 minuters exponering som dimensionerande skadekriterium. De tre nivåerna i AEGL definieras som:

- **AEGL-3_{10min} (2700 ppm):** Luftkoncentrationen (i ppm eller mg/m³) över vilken en befolkning (inklusive känsliga individer) antas kunna få livsfarliga skador och risk för att dö.
- **AEGL-2_{10min} (220 ppm):** Luftkoncentrationen (i ppm eller mg/ m³) över vilken en befolkning (inklusive känsliga individer) antas kunna få permanenta skador, andra långsiktiga svåra hälsoeffekter och svårigheter att fly undan utsläppet.
- **AEGL-1_{10min} (30 ppm):** Koncentrationen (i ppm eller mg/ m³) över vilken en befolkning (inklusive känsliga individer) antas kunna bli utsatta för irritation och obehag.

I beräkningarna görs ett första antagande om att skrubbern har 70 % reningsgrad, vilket är vanligt förekommande. Genom att ge skrubbern en annan utformning eller använda flera skrubbers kan reningsgraden ökas ytterligare. Vidare konsekvensberäkningar görs för 80, 90, 95 och 99 % reningsgrad.

Resultatet från beräkningarna redovisas i tabell 1 och tabell 2.

Tabell 1. Utsläpp pga **invändigt** läckage och nödventilation. (-) innebär att koncentrationen för aktuellt AEGL-värde inte uppnås. .

AEGL-värde (högre än eller lika med)	Avstånd från utsläppskällan [m]
Invändigt utsläpp, 7,9 kg/min, reningsgrad 70 %	
AEGL-3 _{10min}	-
AEGL-2 _{10min}	83
AEGL-1 _{10min}	295
Invändigt utsläpp, 7,9 kg/min, reningsgrad 80 %	
AEGL-3 _{10min}	-
AEGL-2 _{10min}	-
AEGL-1 _{10min}	233
Invändigt utsläpp, 7,9 kg/min, reningsgrad 90 %	
AEGL-3 _{10min}	-
AEGL-2 _{10min}	-
AEGL-1 _{10min}	155
Invändigt utsläpp, 7,9 kg/min, reningsgrad 95 %	
AEGL-3 _{10min}	-
AEGL-2 _{10min}	-
AEGL-1 _{10min}	98
Invändigt utsläpp, 7,9 kg/min, reningsgrad 99 %	
AEGL-3 _{10min}	-
AEGL-2 _{10min}	-
AEGL-1 _{10min}	-

Tabell 2. Utsläpp till följd av en utlöst säkerhetsventil, **utvändigt** läckage. (-) innebär att koncentrationen för aktuellt AEGL-värde inte uppnås. .

Utvändigt utsläpp, 15,5 kg/min, reningsgrad 70 %	
AEGL-värde (högre än eller lika med)	Avstånd från utsläppskällan [m]
AEGL-3 _{10min}	-
AEGL-2 _{10min}	136
AEGL-1 _{10min}	434
Utvändigt utsläpp, 15,5 kg/min, reningsgrad 80 %	
AEGL-3 _{10min}	-
AEGL-2 _{10min}	103
AEGL-1 _{10min}	344
Utvändigt utsläpp, 15,5 kg/min, reningsgrad 90 %	
AEGL-3 _{10min}	-
AEGL-2 _{10min}	-
AEGL-1 _{10min}	231
Utvändigt utsläpp, 15,5 kg/min, reningsgrad 95 %	
AEGL-3 _{10min}	-
AEGL-2 _{10min}	-
AEGL-1 _{10min}	154
Invändigt utsläpp, 15,5 kg/min, reningsgrad 99 %	
AEGL-3 _{10min}	-
AEGL-2 _{10min}	-
AEGL-1 _{10min}	-

Beräkningarna visar att 90 % rening vid utsläpp 15,5 kg/min räcker för att koncentrationen ammoniak ska understiga AEGL-2_{10min} (220 ppm). Vid utsläpp 7,9 kg/min är 80 % rening tillräckligt. Vid denna luftkoncentration kommer personer att obehag och irritation och ha möjlighet att sätta sig själva och barn i säkerhet. Livshotande eller permanenta skador uppstår ej.

Vid ytterligare rening upp till 99 % blir koncentrationen så pass låg att även AEGL-1_{10min} (30 ppm) understigs.

Slutsats

Vid rening av ett ammoniakutsläpp på mellan 90-99% uppnås så pass låga koncentrationer av ammoniakgas att det anses ofarligt för människor. Denna reningsgrad betraktas som hög men inte omöjlig att uppnå för ett modernt skrubbersystem.

ÅF-Infrastructure rekommenderar att Huddinge Samhällsfastigheter går vidare med skrubberförslaget och påbörjar en teknisk förstudie i frågan. I förstudien ska det framgå vilken modell som passar bäst baserat på kylsystemets och maskinrummets befintliga utformning. I förstudien görs också en ekonomisk kalkyl.

Därutöver rekommenderas att förskolan utförs med möjlig nödstopp av ventilationssystem som en extra säkerhetsåtgärd.