

SIKKERHETSAVSTANDER FOR ANLEGG FOR FARLIG STOFF

# Vedlegg 9 - Sikkerhetsavstand for kjøleanlegg med ammoniakk

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap

**Rapportnr.:** 2018-1200, Rev. 1

**Dokumentnr.:** 244734

**Dato:** 2019-07-05



Prosjektnavn: Sikkerhetsavstander for anlegg for farlig stoff DNV GL Oil&Gas  
Rapporttittel: Vedlegg 9 - Sikkerhetsavstand for kjøleanlegg med ammoniakk  
Oppdragsgiver: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap ,  
Kontaktperson: Jan G. Røed  
Dato: 2019-07-05  
Prosjektnr.: 10126190  
Org. enhet: O-NR-SRMH  
Rapportnr.: 2018-1200, Rev. 1  
Dokumentnr.: 244734  
Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

Oppdragsbeskrivelse:

Utført av:	Verifisert av:	Godkjent av:
Børre Johan Paaske Gruppeleder	Audun Brandsæter Senior sjefskonsulent	Marianne Hauso Seksjonsleder
Olivier Baldan Avdelingsleder	[Name] [title]	
[Name] [title]	[Name] [title]	

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2019. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.

DNV GL distribusjon:

- ÅPEN. Fri distribusjon, internt og eksternt.  
 INTERN. Fri distribusjon internt i DNV GL.  
 KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste.\*  
 HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

\*Distribusjonsliste:

Nøkkelord:

Sikkerhet, farlig stoff, hensynssoner, ammoniakk

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
A	2019-01-11	For kommentarer	OBAL, BJP	BRAND	MHAUS
0	2019-06-07	Oppdatert etter kommentarer	OBAL, BJP	BRAND	MHAUS
1	2019-07-05	Oppdatert etter kommentarer	OBAL, BJP	BRAND	MHAUS



## Innholdsfortegnelse

1	INTRODUKSJON .....	1
2	BESKRIVELSE AV ANLEGGET .....	1
2.1	Systembeskrivelse	1
2.2	Sikkerhetssystemer	1
3	METODIKK .....	1
3.1	Fareidentifikasjon	1
3.2	Konsekvensanalyse	2
4	SIKKERHETSAVSTANDER.....	6
5	RELEVANTE USIKKERHETER.....	6
6	REFERANSER .....	7

## 1 INTRODUKSJON

Dette vedlegget beskriver risikoanalysen som er gjort for å etablere sikkerhetsavstander for ammoniakkbasert kjøleanlegg.

Risikoanalysen omfatter ulykker relatert til utslipp av ammoniakk som kan medføre akutt fare for naboer og andre som oppholder seg i omkringliggende områder (3. part) rundt et slikt anlegg. Risiko for personell som arbeider eller av annen grunn oppholder seg inne på anleggsområdet er dermed ikke eksplisitt vurdert i denne analysen.

## 2 BESKRIVELSE AV ANLEGGET

Anlegget som danner basis for risikoanalysen er et ammoniakkbasert kjøleanlegg beskrevet etter mottatt P&ID for et representativt anlegg, dialog med aktuell leverandør og basert på NS-EN 378.

Anlegget er modellert på flat mark, uten bygninger eller topografi som representeres vesentlige obstruksjoner.

### 2.1 Systembeskrivelse


Ammoniakk-kjøleanlegget består av følgende hovedenheter:

- en kompressor (22 bar, 25°C, gass)
- en kondensator (22 bar, 7°C, væske)
- en reduksjonsventil (13 bar, -15°C, væske)
- en væskeutskiller (13 bar, -15°C, væske og gass)
- en fordamper (13 bar, -15°C, gass)

*Kompressoren* suger ammoniakkdamp fra *fordamperen* via en beholder eller *væskeutskiller/separator* (for å unngå at væskedråper skader kompressoren). Kompressoren komprimerer dampen til et høyt trykk (22 bar i denne analysen), som resulterer i at dampen blir varm (størrelsesorden 25 til 60 °C). Den varme dampen kjøles i *kondensatoren* ved hjelp av uteluft, og dampen kondenseres til væske. Væsken, som fortsatt er under høyt trykk, fordeles til én eller flere *reduksjonsventiler*. I reduksjonsventilen reduseres trykket (13 bar i denne analysen), avhengig av ønsket kjøletemperatur, og dermed kjøles væsken ned. Den nedkjølte væsken (som nå er under lavt trykk) føres til *fordamperen*, hvor væsken fordamper, under opptak av varme fra det objektet som ønskes nedkjølt – f.eks bandybane. Deretter føres den kalde lavtrykksdampen tilbake til kompressoren. I mange anlegg er det en stor væskefraksjon i returledningen til kompressoren, som skilles ut i væskeutskilleren. De største mengdene av ammoniakk finnes i væskeform, og det er væskeutskilleren som inneholder den største samlede mengden av ammoniakk. Alle de nevnte anleggsdelene er plassert i maskinrommet. Maskinrommet er normalt ventilert med fem luftvekslinger per time. Nødventilasjon gir 15 luftvekslinger per time.

Analysen tar utgangspunkt i tre anleggstyper:

- Kjøleanlegg for bandybane (1000 kg ammoniakk i anlegget, 15 m<sup>2</sup> gulvareal maskinrom, 3.5 m takhøyde maskinrom, ventilasjonsåpning fra maskinrom 1 m<sup>2</sup>)
- Lite næringsmiddelanellegg (5000 kg ammoniakk i anlegget, 30 m<sup>2</sup> gulvareal i maskinrom, 5 m takhøyde i maskinrom, ventilasjonsåpning fra maskinrom 1,5 m<sup>2</sup>)

- 
- Stort næringsmiddellegg (10 000 kg ammoniakk i anlegget, 50 m<sup>2</sup> gulvareal i maskinrom, 5 m takhøyde i maskinrom, ventilasjonsåpning fra maskinrom 1,5 m<sup>2</sup>)

Som basis for analysen er det brukt inngangsdata for å beskrive de representative anleggene som vist i Tabell 2-1.

**Tabell 2-1 Inngangsdata for de tre anleggstypene.**

Fase/temperatur	Hovedutstyr	Menge ammoniakk per anlegg og segment			Temp °C	Trykk bar	Antall hovedutstyrsenheter plassert i maskinrom		
		Bandybane 1000 kg ammoniakk	Lite næringsmiddellegg 5000 kg ammoniakk	Stort næringsmiddellegg 10 000 kg ammoniakk			Bandybane	Liten næringsmiddelbedrift	Stor næringsmiddelbedrift
Varm gass	Kompressor, tank frem til kondensator, separator	10 kg - største mengde i trykkrør ut fra kompressor og til kondensator	50 kg	Proporsjonal økning	25	22	2 kompressorer, 2 separatorer, 1 dråpefanger	2 kompressorer, 2 separatorer	3 kompressorer, 3 separatorer
Varm væske	Kondensator, separator, frem til trykkreduksjon	250 kg - alt tilgjengelig for langvarig lekkasje (brudd på separator gir maksimalt 250 kg pga. tilførsel fra kondensator) Separator/receiver: 1.4 m <sup>3</sup> - 1/10 væske. Volum rørcoil utekondensator: 0,5 m <sup>3</sup> x 2	750 kg - to parallelle varmevekslere - ikke receiver, kun flottør.	Proporsjonal økning	7	22	1 kondensator, 1 separator, 1 reduksjonsventil	1 kondensator, 4 reduksjonsventiler	1 kondensator, 5 reduksjonsventiler
Kald væske	Trykkreduksjon, frem til fordamper, med væskeutskiller.	750 kg - (500-600 kg i væskeutskiller, mulig med tilbakestrømning fra fordamper). Volum: 4.5 m <sup>3</sup> - ca 1/10 av volumet er væske. Volum fordamper: 0,4 m <sup>3</sup>	Væskeutskiller Kjøle-seksjon: 1500 kg i væskeutskiller. Væskeutskiller fryse-seksjon + rørsystem: 2750 kg (av dette 50% i væskeutskiller).	Proporsjonal økning	-15	13	Halve fordamperen	Halve fordamperen, 2 pumper	Halve fordamperen, 2 pumper
Kald gass	Fordamper, væskeutskiller frem til kompressor	10 kg - største mengde i piping i sugesiden til kompressor, væskeutskiller + fordamper	50 kg	Proporsjonal økning	-15	13	Halve fordamperen, 1væskeutskiller	Halve fordamper, 2 væskeutskillere, 2 kompressorer, 2 separatorer, 2 varmekolber	Halv fordamper, 2 væskeutskillere, 3 kompressorer, 3 separatorer, 2 varmekolber

Analysen omfatter kun lekkasjer fra de anleggsenhetene som er plassert i maskinrom, og dermed lekkasjer av ammoniakk som kan spres til omgivelsene gjennom anleggets ventilasjonsanlegg.

## 2.2 Sikkerhetssystemer

Et anlegg som møter kravene i henhold til NS-EN 378 skal ha følgende sikkerhetssystemer, ref./3/ :

- For aktuelle fyllingsmengder med ammoniakk skal anlegg være plassert i lukket maskinrom. Lekkasjer i maskinrommet skal ikke kunne trenge inn i andre rom i bygningen.
- Anleggets trykkpåkjennte deler og hele sammenstillingen skal være sertifisert og CE-merket etter Forskrift om trykkpåkjent utstyr (PED).
- Maskinrommet skal være gasstett og ha brannsikker utførelse (B60)
- Det skal være ventilasjonssystem som gir undertrykk og som er uavhengig av byggets øvrige ventilasjonsanlegg
- Det er lagt til grunn i analysen at det ikke er automatisk sprinkleranlegg i maskinrommet.
- Det skal være sikkerhetsventiler, som leder gass til ventilasjonssystemet over tak eller til et scrubbersystem.
- Det skal være seksjoneringsventiler på anlegg med fylling over 50 kg, og disse skal aktiveres for hovedkomponenter gjennom alarmsystemet.
- Alarmsystem skal iverksette nødventilasjon (15 luftvekslinger per time) ved 500 ppm og kutte strømtilførsel med unntak til nødsystemer ved 30 000 ppm.
- Det skal være bryter for start av nødventilasjon på utsiden av maskinrommet.

## 3 METODIKK

### 3.1 Fareidentifikasjon

Ammoniakk,  $\text{NH}_3$ , er en fargeløs tårefremkallende gass som er både giftig, etsende og meget skadelig for vannlevende organismer. Gassen har en gjennomtrengende karakteristisk og ubehagelig lukt. Ved 20 °C kondenseres gassen til væske ved et trykk på 8,6 bar. Koepunktet til ammoniakk ved atmosfæretrykk er -33°C.

Ammoniakk er lettere enn luft og har en egenvekt på 0,7 kg/Nm<sup>3</sup>. Dette gjør at ammoniakkgass lett spres med vinden og blir fort uttynnet. Lekkasje av ammoniakk i væskeform er ansett som mer komplisert enn lekkasje av ammoniakk i gassfasen. I væskefasen vil trykket i tanken gjøre at det dannes små aerosoldråper der væsken kommer ut i det fri. Disse små dråpene utgjør en stor overflate som vil ta varme fra lufta (pga. lavt koepunkt) og dermed senke temperaturen ned mot -70°C /15/. Ved lekkasje av væske inne i maskinrommet vil det dannes en væskedam, som ammoniakkgass vil fordampe fra. Fordampnet ammoniakk spres til omgivelsene gjennom ventilasjonsåpningen for maskinrommet, sammen med tilført luft fra ventilasjonsanlegget. En lekkasje av ammoniakkgass vil fylle maskinrommet, og en blanding av tilført luft og ammoniakkgass vil ventileres fra rommet.

I vurderingen av farer er det lagt vekt på hendelser som vil kunne medføre skade på personer og/eller miljøet utenfor anleggets område. Disse hendelsene inkluderer utslipp av store mengder ammoniakk

som kan være giftig for 3. part, men ikke hendelser som gir lokale skader i maskinrom, eller luktplager for 3. part. Luktgrensen for ammoniakk er 5 ppm, mens akutte giftighetsnivåer ligger > 2500 ppm.

Ammoniakk kan under spesielle forhold være eksplosivt, men dette er ikke vurdert som relevant for denne analysen. Eksplosjonsfare kan oppstå ved høye konsentrasjoner 160 000 - 280 000 ppm / 16-28 vol%) av ammoniakk i kombinasjon med en svært sterk tennkilde (680 mJ, temperatur > 680°C). En stor lekkasje av ammoniakk samtidig med en brann eller annen åpen tennkilde i anlegget kan representere et slikt scenario. Denne analysen ser ikke på slike samtidige hendelser.

Det er kun selve ammoniakkanlegget som er vurdert, og ikke evt. tilførsel av ammoniakk med tankbil. Systemet er lukket og uten forbruk, slik at tilførsel av ammoniakk ikke er representativt for daglig drift.

Mellom 2006 og 2010 var det 28 kjente utslipp av ammoniakk i Norge, og ingen av disse førte til skader på personer, ref. /3/.

## 3.2 Konsekvensanalyse

I Phast Risk® benyttes såkalte probitfunksjoner for å beregne gifteffekter av en gassky på mennesker:

Sannsynlighet for død ved eksponering for en giftig gass fra en enkelthendelse kan uttrykkes med en probitfunksjon som estimerer sannsynlighet for død basert på mottatt dose giftgass, uttrykt ved konsentrasjon (C) og varighet (t):

$$Pr(C, t) = A + B \ln(C^n t) \quad (1)$$

Der

C = gasskonsentrasjon (ppm, volumbasert), hentet fra spredningsmodellen

t = varighet i minutter, også fra spredningsmodellen

A, B og n er konstanter spesifikke for hver enkelt gass

Ettersom gasskonsentrasjonen varierer over tid vil Phast Risk® beregne Pr for en rekke tidspunkter, med utgangspunkt i gjennomsnittskonsentrasjonen over 600 sekunder for hvert tidspunkt, og deretter integrere over tid, tilsvarende hendelsens varighet inntil en time.

Funksjonen beregner sannsynlighet for død på et gitt geografisk punkt. På et hvert punkt vil gasskonsentrasjonen fra scenario a, C<sub>a</sub> med varighet t<sub>a</sub> opptre med en viss frekvens f<sub>a</sub>. Sannsynligheten for død er da gitt av probitfunksjonen Pr(C<sub>a</sub>, t<sub>a</sub>). For hvert punkt summeres så bidragene fra n enkeltscenarier som vil kunne få effekt på det gitte punktet. Dette kan uttrykkes slik:

$$P_{død} = 1 - \prod_{a=1}^n (1 - [f_a \times Pr(C_a t_a)]) \quad (2)$$

Sannsynlighet for død beregnes slik for hver rute i et finmasket rutenett (ruter på 0.1x0.1 meter) over det aktuelle området og plottes så som risikokonturer på et kart.

Det vil si at de presenterte iso-risikokonturene gir frekvensene for at en tenkt person som oppholder seg utendørs på et gitt punkt, og som ikke forsøker å unnsnippe de uønskede hendelsene inkludert i analysen, omkommer. For en bestemt bolig innenfor for eksempel en risikokontur på 10<sup>-5</sup>, vil dette si at frekvensen for å omkomme for personene som bor i denne boligen er 0,00001 per år dersom personen alltid befinner seg utendørs og ikke forsøker å unnsnippe de uønskede hendelsene.

For ammoniakk er følgende probitfunksjon benyttet (standardverdi i PhastRisk):

- A = -16.2
- B = 1



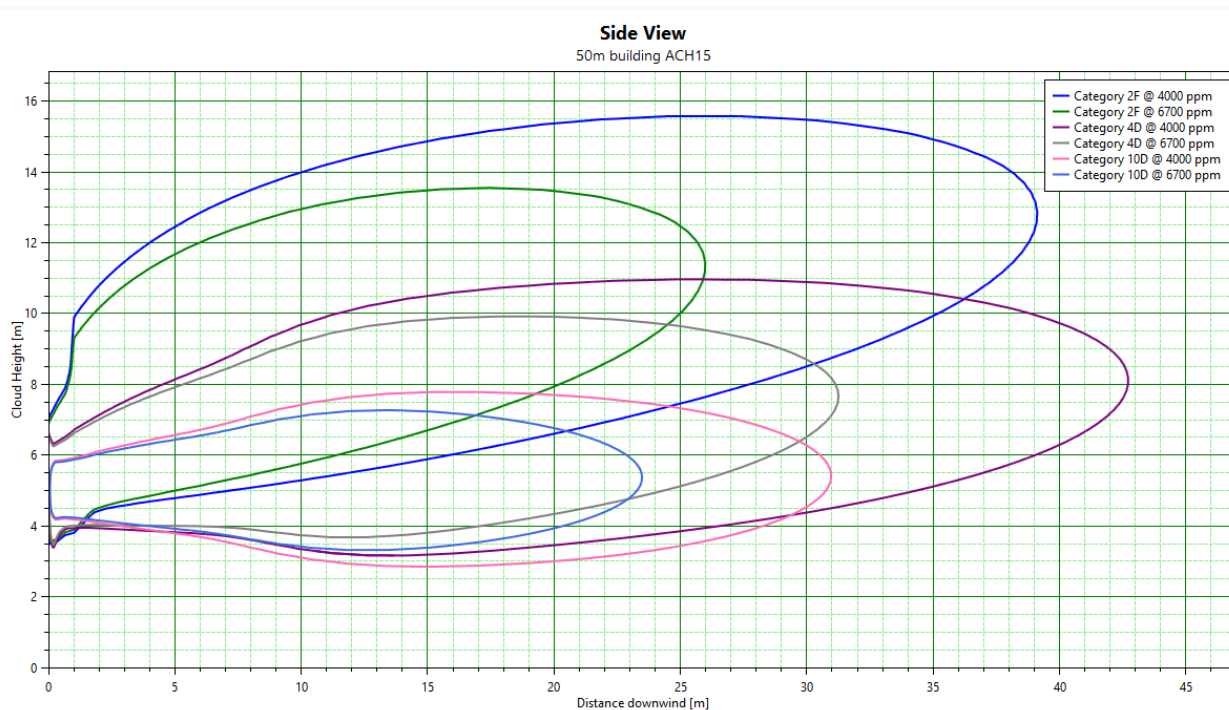
- o n = 2

Probit 10 (forventet at 10% av populasjonen vil omkomme) for 10 minutters eksponering er 6700 ppm, og Probit 1 (forventet at 1% av populasjonen vil omkomme) for 10 minutters eksponering er 4000 ppm.

### 3.2.1 lekkasje av væske i maskinrom

En lekkasje fra væskeutskilleren plassert i maskinrommet er vurdert å gi det største mulige utslippet av ammoniakk til maskinrommet. Informasjon fra leverandør tilsier at størst mulige mengde er 3000 kg væske for et stort næringsmiddellegg. Væsken er antatt å dekke hele gulvet i maskinrommet, og vil ikke lekke ut videre. Væsken vil raskt kjøles ned til kokepunktstemperatur  $-33^{\circ}\text{C}$ , og vil kjøles ytterligere ned på grunn av avdamping fra væskepølen. Gassen som dannes vil blandes i rommet med tilført luft, og vil suges ut gjennom ventilasjonsåpningen som er plassert høyest på veggen. Lekkasjonen er modellert som et rørbrudd/stor lekkasje på 100 mm.

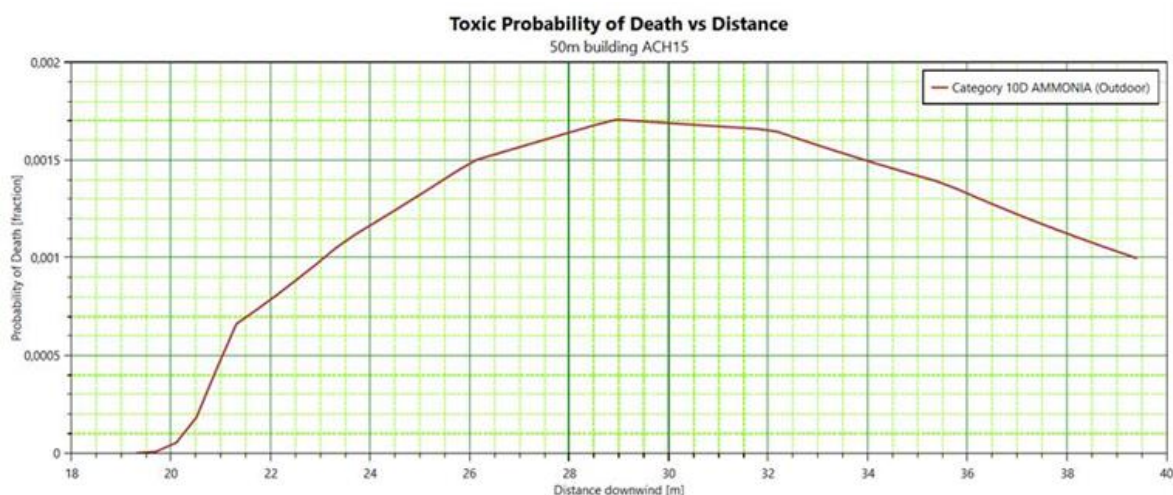
Konservativt er det antatt at det er ren ammoniakk som ventileres ut. Fordampingsberegninger viser at avdampingsraten er større enn tilført luftmengde. Mengden som ventileres ut er styrt av ventilasjonsraten (antall luftvekslinger) og gasshastigheten i utslippspunktet av arealet på ventilasjonsåpningen. Det største utslippet av ammoniakk til omgivelsene vil oppnås ved nødventilasjon på 15 luftvekslinger per time. Den initielle lekkasjeraten er om lag 1,25 kg/s ut av ventilasjonsåpningen, og snittet over de første 120 sekundene er 1 kg/s, mens den faller til under 0,8 kg/s etter 5 minutter. Gasspredning for en lekkasje på 1 kg/s er vist i figuren nedenfor, for nivåene Probit 1 og Probit 10.



Figur 3-1 Side-snitt (side-view) av ammoniakksky ved utslipp av 1 kg/s ut av ventilasjons-åpning, mot Probit 1 (4000 ppm) og Probit 10 (6700 ppm). Maskinrom med 50 m<sup>2</sup> gulvareal, 15 luftvekslinger per time.

Resultatene viser at det ikke forventes konsentrasjoner av ammoniakk som representerer Probit 1 eller Probit 10 lavere enn 3 m over bakken for det verste tenkelige utslippet av ammoniakk i væskeform inne i maskinrommet. Imidlertid må det tas hensyn til effekt av lavere konsentrasjoner og eksponeringstid, som kan være betydelig pga. den store mengden ammoniakk i maskinrommet. Figur 3-2 viser

dødelighetsrate basert på probit-beregninger som funksjon av avstand for en konstant lekkasje på 1 kg/s over 3000s, dvs. til all ammoniakk i maskinrommet er ventilert ut. Utslippet er modellert med vinden, og ved høyere vindhastigheter presses gasskyen noe mer ned mot bakken.



**Figur 3-2 Giftighet i dødelighetsrate mot avstand, ammoniakklekkasje av 1 kg/s ut av ventilasjonsåpning. Maskinrom med 50 m<sup>2</sup> gulvareal, 15 luftvekslinger per time.**

Som det fremgår av Figur 3-2 er høyeste estimerte dødelighet på 0,17% om lag 30m fra anlegget, og mer enn 40 m fra anlegget er det ikke estimert dødelige doser. Som det fremgår av Figur 3-1 er ammoniakkskyen nærmest bakken i noen meters avstand fra utslippspunktet, før den letter igjen, og dette gjør at beregnet dødelighet er noe høyere vekk fra utslippspunktet. Værkategoriene 2F og 4D gir ikke toksiske effekter i den aktuelle høyden over bakken.

Dette utslippsscenariet er konservativt, fordi avdampningsraten fra ammoniakkpølen og dermed lekkasjeraten ut av ventilasjonsåpningen vil reduseres. I tillegg er det ikke tatt hensyn til fortyningseffekten fra ventilasjonsluft som trekkes inn i rommet. Dersom man tar hensyn til en tidsavhengig avdampings- og lekkasjerate beregnes det ikke dødelige effekter som følge av giftighet. Likeledes vil en konstant lekkasjerate på 0,8 kg/s ikke gi dødelige effekter.

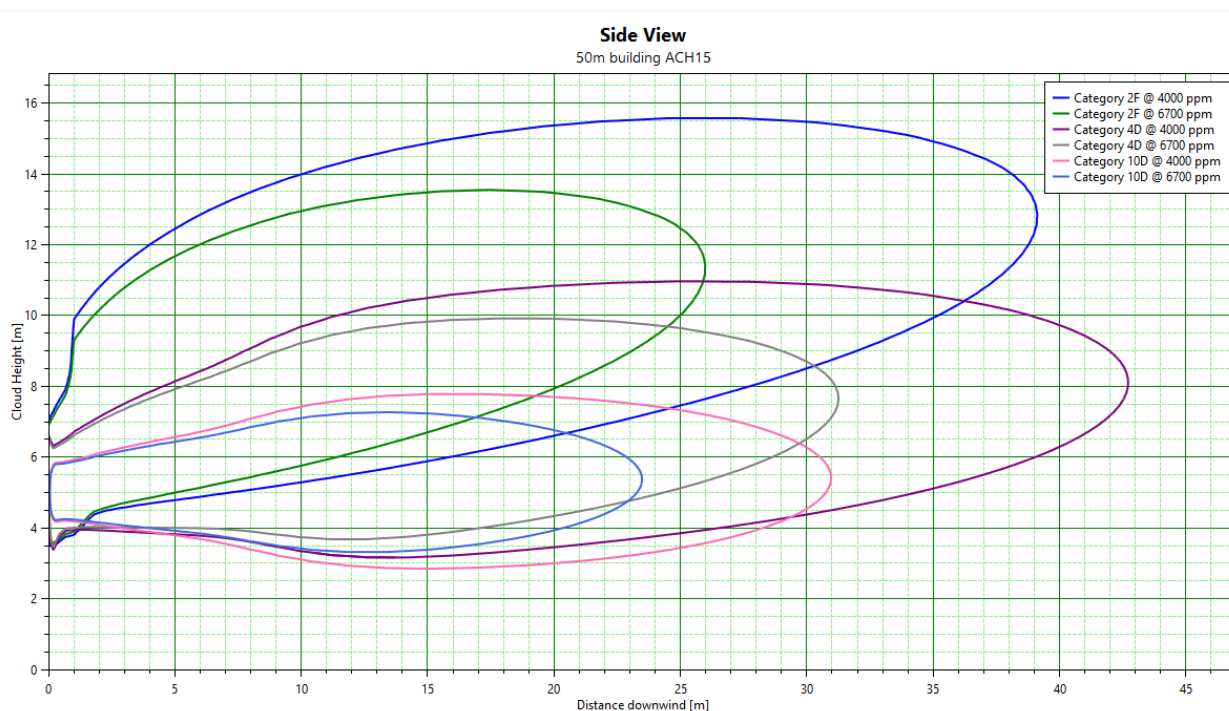
Med utgangspunkt i at konsekvenssonene er bestemt av en spesifikk hendelse (stor lekkasje i maskinrommet), foreslås det her å benytte en konsekvensbasert hensynssone ref. /4/. Et konservativt anslag på konsekvensbasert hensynssone for ammoniakkanlegg er 40m.

### 3.2.2 Lekkasje av gass i maskinrom

Det største utslippet av gass til maskinrommet vil være et utslipp av ammoniakk etter kompressoren. Anslag på største tilgjengelige gassmengde er 100 kg, tilsvarende et stort næringsmiddelannlegg. Utover dette vil fordampet gass fra væskesiden i systemet være tilgjengelig, men disse mengdene vil lekke langsommere ut i rommet enn et utslipp fra gassegmentet.

Spredning av en gasslekkasje gjennom ventilasjonsåpningen er modellert tilsvarende som beskrevet for væske i kapittel 3.2.1. For å ta hensyn til at gassen ekspanderer fra 22 bar og til atmosfæretrykk i rommet, er utstrømningshastigheten i ventilasjonsåpningen økt med en faktor 2. Dette bidrar til høyere utslippsrate til omgivelsene. Ekspansjon av 100 kg ammoniakk i maskinrommet for et stort næringsmiddelannlegg gir om lag 65% økning i gjennomstrømning, gitt at all gassen ekspanderer momentant, og er gjenspeilet med økning i utstrømningshastighet med en faktor 2.

Konservativt er det antatt at det er ren ammoniakk som ventileres ut. Fordampingsberegninger viser at avdampingsraten er større enn tilført luftmengde. Mengden som ventileres ut er styrt av ventilasjonsraten (antall luftvekslinger) og gasshastigheten i utslippspunktet av arealet på ventilasjonsåpningen. Det største utslippet av ammoniakk til omgivelsene vil oppnås ved nødventilasjon på 15 luftvekslinger per time. Den initielle lekkasjeraten er om lag 1,6 kg/s ut av ventilasjonsåpningen. Med en konstant lekkasjerate på 1,6 kg/s vil dette gi en varighet på lekkasjen på om lag 60s. For å legge konservative antakelser til grunn er spredningssimuleringene gjort for en lekkasjevarighet på 120 s, som tilsvarer en gassmengde på 100 kg og da tar hensyn til noe avdampning fra ammoniakkvæske og tilbakestrømning fra andre seksjoner. Gasspredning for en lekkasje på 1,6 kg/s er vist i figuren nedenfor, mot nivåene Probit 1 og Probit 10.



**Figur 3-3 Side-snitt (side-view) av ammoniakksky ut av ventilasjons-åpning, mot Probit 1 (4000 ppm) og Probit 10 (6700 ppm).**

Resultatene viser at det ikke forventes konsentrasjoner av ammoniakk som representerer fare for akutt helseskade/død for det verste tenkelige utslippet av ammoniakk i gassform inne i maskinrommet. Imidlertid må det tas hensyn til eksponeringstid, som kan være betydelig pga. den store mengden ammoniakk i maskinrommet. Selv om man tar hensyn til varigheten på lekkasjen (eksponeringstid) og konsentrasjon beregnes det ikke dødelige effekter som følge av giftighet, selv med konservative antakelser.

Fordi konsekvensvurderingen for de største utslippene som kan skje i maskinrommet viser at det ikke dannes konturer med gasskonsentrasjoner som representerer fare for akutt forgiftning/dødelighet, er det ikke fastsatt frekvens for slike hendelser.

Det er en viktig forutsetning for det konsekvensbildet som er etablert at maskinrommet er tett, slik at gasspredning ikke skjer utenom rommets ventilasjonsanlegg.

## 4 SIKKERHETSAVSTANDER

Med utgangspunkt i at konsekvenssonene er bestemt av en spesifikk hendelse (stor lekkasje i maskinrommet), foreslås det her å benytte en konsekvensbasert hensynssone ref. /4/.

Et konservativt anslag på konsekvensbasert sikkerhetsavstand for ammoniakkanlegg er 40 m. Denne sonen dekker hensyn til dødelige effekter som følge av eksponering for ammoniakklekkasjer.

## 5 RELEVANTE USIKKERHETER

Følgende usikkerheter eller momenter kan påvirke resultatet av analysene:

- Effekt av bygninger og lokale vindforhold kan påvirke lokal spredning rundt utslippspunktet. Anlegget er modellert i åpent område, uten å ta hensyn til obstruksjoner fra bygninger eller topografi, eller hvordan dette kan påvirke lokale vind- og strømningsforhold. Mulige effekter er at konsentrasjon av ammoniakk nær utslippspunktet kan være høyere enn det simuleringene fra Phast viser.
- Det er forutsatt at ventilasjonsåpningen er eneste utslippspunkt for ammoniakk til omgivelsene. Dersom det er andre veier hvor ammoniakk kan ledes ut, vil dette kunne øke totalt utslipp og dermed størrelse på gasskyen.
- Ventilasjonsutløpet er antatt plassert øverst på vegg (5 m over bakken). Dersom det plasseres lavere vil man få høyere konsentrasjon nær bakken, og omvendt. Dette kan påvirke utstrekning av hensynssonen.

## 6 REFERANSER

- /1/ Jørgensen, O. (2011). Ulykker med ammoniakk kan skje. Tilgjengelig fra <http://www.brannmannen.no/arkiv/fag-og-presentasjoner.aspx?PID=40&M=NewsV2&Action=1&NewsId=133>
- /2/ Dupoint, L. (2009). Ammonia Solutions Explosivity. Process Safety Progress (Vol.28, No.1)
- /3/ Analyse av høytemperatur kjøle- og ammoniakkanlegg ved NTNU, Master i Energi og miljø, Hanna Risnes, 2015
- /4/ Loyds (2017). Retningslinjer for kvantitative risikovurderinger for anlegg som håndterer farlig stoff. Rapportnr. 106535/R1. Tilgjengelig fra: <https://www.dsb.no/rapporter-og-evalueringer/retningslinjer-for-quantitative-risikovurderinger-for-anlegg-som-handterer-farlig-stoff/>





## Om DNV GL

DNV GL er et internasjonalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering. Siden 1864 har vårt formål vært å sikre liv, verdier og miljøet. Vi bistår våre kunder med å forbedre deres virksomhet på en sikker og bærekraftig måte.

Vi leverer klassifisering, sertifisering, teknisk risiko- og pålitelighetsanalyse sammen med programvare, datahåndtering og uavhengig ekspertrådgivning til maritim sektor, til olje- og gass-sektoren, og til energibedrifter. Med 80,000 bedriftskunder på tvers av alle industrisektorer er vi også verdensledende innen sertifisering av ledelsessystemer.

Med høyt utdannede ansatte i 100 land, jobber vi sammen med våre kunder om å gjøre verden sikrere, smartere og grønnere.