

# Spredningsberegninger for ammoniakkutslipp

Leangen idrettsanlegg i Trondheim

Dag Tønnesen





# Innhold

<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Innledning.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Inngangsdata .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Plassering av utslippet.....</b>	<b>4</b>
<b>4 Spredningsmodell .....</b>	<b>5</b>
4.1 Spredningsmodellen CONCX .....	5
4.2 Spredningsforhold.....	6
<b>5 Resultater av spredningsberegningene .....</b>	<b>6</b>
<b>6 Referanseliste .....</b>	<b>9</b>

## Sammendrag

**NILU - Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra VVS Rådgiverne AS utført spredningsberegninger for utslipp av ammoniakk (NH<sub>3</sub>) til luft fra et kjøleanlegg ved Leangen idrettsanlegg i Trondheim.**

Det er utført beregninger av maksimale timemiddelkonsentrasjoner ved hjelp av NILUs gaussiske spredningsmodell CONCX.

Spredningsmodellen beregner maksimale *timemiddelkonsentrasjoner*, og er sammenlignet med «Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet, samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer»<sup>1</sup> (det eksisterer ingen grenseverdier for ammoniakk i omgivelsesluft i forurensningsforskriften). Grenseverdiene her er gitt som *8-timers middelskonsentrasjoner*. Konsentrasjon som 8 timers gjennomsnitt vil være minst en faktor 2,5 lavere enn maksimal timemiddelkonsentrasjon på grunn av lavere utslipp og endringer i spredningsforhold. Resultatene er også sammenlignet med lukterskel for ammoniakk.

Med en høyde av avkastet 15 m over bakken, vil luftstrømmen fra avkastet trekkes ned i le av bygningene. Nedtrekk vil inntreffe selv ved moderat til lav vindhastighet, og fortynningen blir dårlig. Timemiddelkonsentrasjonen er over grenseverdi for arbeidsmiljø ut til ca. 150 m fra utslippet og over lukterskelen ut til ca. 450 m fra utslippet. For en midlingstid på 8 timer, vil konsentrasjonsnivået være under grenseverdi for arbeidsmiljø, men det vil kunne forekomme omfattende utbredelse av lukt.

Økt utslippshøyde fører til lavere konsentrasjoner i bakkenivå som følge av at ventilasjonslufta i mindre grad trekkes ned mot bakken fra turbulensen rundt bygningene. En avkastehøyde på 21 m over bakkenivå er tilstrekkelig til at grenseverdien for arbeidsmiljø overholdes for timemiddelkonsentrasjoner. Timemiddelkonsentrasjon over lukterskel vil forekomme ut til 300 m fra utslippet.

---

<sup>1</sup> <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1358> [besøkt 12.april 2019]

# Spredningsberegninger for ammoniakkutslipp

## Leangen idrettsanlegg i Trondheim

### 1 Innledning

NILU - Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra VVS Rådgiverne AS utført spredningsberegninger for utslipp av ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ) til luft fra et kjøleanlegg ved Leangen idrettsanlegg i Trondheim.

Det er utført beregninger av maksimale timemiddelkonsentrasjoner i nærområdet ved hjelp av NILUs gaussiske spredningsmodell CONCX. Beregnede konsentrasjoner er sammenlignet med tiltaks- og grenseverdier for arbeidsatmosfære og med luktterskel. Det er utført beregninger for avkast som beskrevet av oppdragsgiver, og tilleggsberegning for to alternative utforminger av avkast.

### 2 Inngangsdata

Utslipp etter driftsuhell /lekkasje vil foregå gjennom en jethette. Tekniske data er vist i Tabell 1.

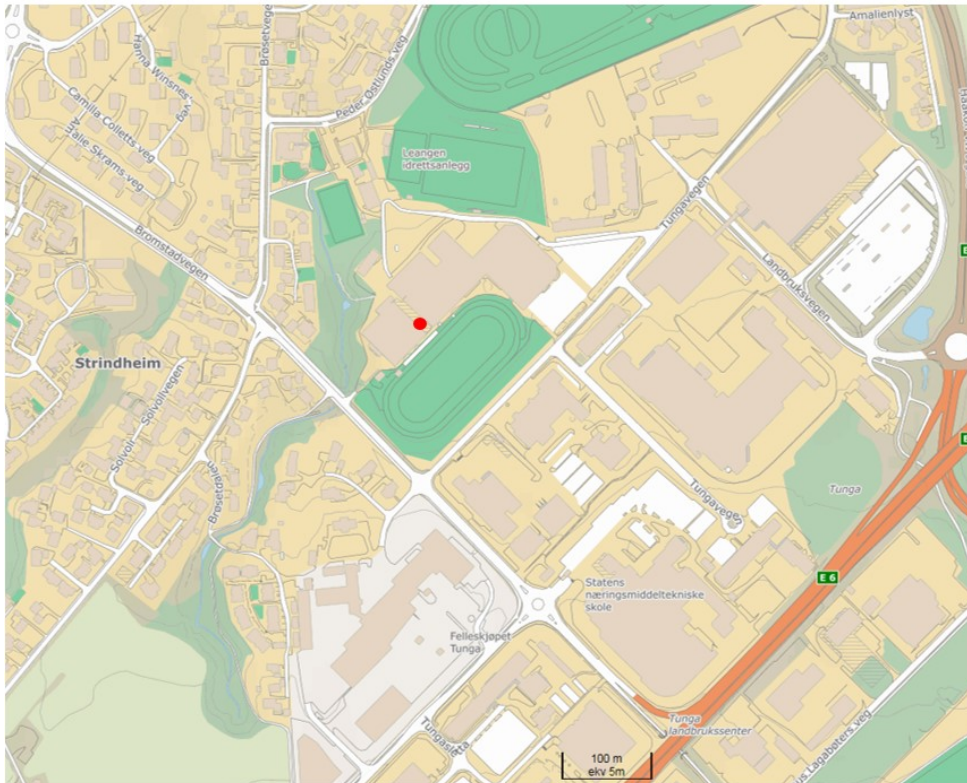
Tabell 1: Tekniske data for uhellsutslipp av ammoniakk.

Parameter	Enhet	Verdi
Luftstrøm avkast	$\text{m}^3/\text{time}$	2 500
Vertikal hastighet	$\text{m}/\text{s}$	22
Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	25
Maksimal utslippsmengde	$\text{gNH}_3/\text{s}$	50

Et «worst-case»-utslipp i løpet av en time er i samråd med oppdragsgiver definert som utslippsmengde på 50 g/s de første 10 minuttene, deretter 20 g/s. Dette medfører at den gjennomsnittlige utslippsraten den første timen blir 25 g/s.

### 3 Plassering av utslippet

Utslippets plassering i forhold til idrettsanlegget og omkringliggende bebyggelse er vist på Figur 1. De nærmeste bolighusene ligger ca. 100 m vest for utslippspunktet.



Figur 1: Plassering av avkast for ammoniakkavsug vist med rød sirkel.

## 4 Spredningsmodell

### 4.1 Spredningsmodellen CONCX

Det er utført beregninger av maksimale timemiddelkonsentrasjoner ved hjelp av NILUs gaussiske spredningsmodell CONCX, hvor det antas at konsentrasjonsfordelingen i avgassen er normalfordelt horisontalt og vertikalt vinkelrett på vindretningen (Bøhler, 1987). Beregningene er utført for ustabile, nøytrale, lett stabile og stabile atmosfæriske forhold.

CONCX er en robust stasjonær Gaussisk spredningsmodell for beregning av spredning fra utslipp fra punktkilder (skorsteiner) eller volumkilder (ventilatorer over tak) eller arealkilder (avdamping eller avblåsning fra en flate). At modellen er Gaussisk betyr at konsentrasjonsfordelingen antas å være normalfordelt på tvers av vindretningen, både vertikalt og horisontalt. At modellen er stasjonær betyr at de meteorologiske forholdene ikke endres for en beregningsperiode på en time, vindstyrken og den atmosfæriske stabiliteten er konstant i beregningsperioden. Variasjonen rundt den midlere vindstyrken og horisontal og vertikal spredning er parametrisert via spredningsparametere gitt ved standardavviket i normalfordelingen. Spredningsparametrene i CONCX er tilpasset norske forhold.

I tillegg til å beregne spredning, beregner programmet også røykløft, en tilleggshøyde utslippet får på grunn av varmeoverskudd og vertikalt moment. Røykløftet kan reduseres av turbulens rundt bygninger nær utslippet. Dette beregnes også av modellen. I tillegg til

beregning av konsentrasjon ved bakkenivå kan modellen også beregne konsentrasjoner i spesifiserte høyder over bakken i røykfanens transportretning.

## 4.2 Spredningsforhold

De meteorologiske forholdene er kritiske for spredning av utslipp til luft. Spredningsforholdene kan klassifiseres i tre klasser; ustabile, nøytrale og stabile/lett stabile atmosfæriske forhold. Nedenfor er det gitt en kort beskrivelse av stabilitetsklassene.

Ustabile atmosfæriske forhold forekommer oftest om dagen og om sommeren, ved klarvær med sterk solinnstråling og svak til middels vindstyrke. Da varmer solen opp bakken, og det dannes vertikale turbulente luftstrømmer som gir god vertikal spredning av avgassene. For utslipp i bakkenivå vil disse fortynnes raskt, mens det for skorsteinsutslipp kan forekomme høye konsentrasjoner nær utslippet på grunn av kortvarige nedslag av avgass.

Nøytrale atmosfæriske forhold forekommer ved høye til moderate vindstyrker og oftest ved overskyet vær. Høy vindstyrke og god mekanisk blanding gir moderat til god horisontal og vertikal fortykning av avgassene.

Stabile/lett stabile atmosfæriske forhold er typisk for stille klare netter og vintersituasjoner med avkjøling av bakken og det nederste luftlaget. Temperaturen øker med høyden over bakken og dette gir dårlig vertikalspredning i det stabile laget. Når relativt varm luft fra sjø transporteres innover kaldt land, vil det nederste luftlaget stabiliseres. Dette gir dårlig spredning av røykfanen både vertikalt og horisontalt. For bakkeutslipp vil denne situasjonen være kritisk, idet den vertikale fortykningen er liten. For skorsteinsutslipp vil liten vertikal spredning føre til at utslippet først når ned til bakken langt fra utslippet

## 5 Resultater av spredningsberegningene

Spredningsberegningene er gjennomført med utslipp gitt pr. tidsenhet og konsentrasjoner i omgivelsene er gitt i  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

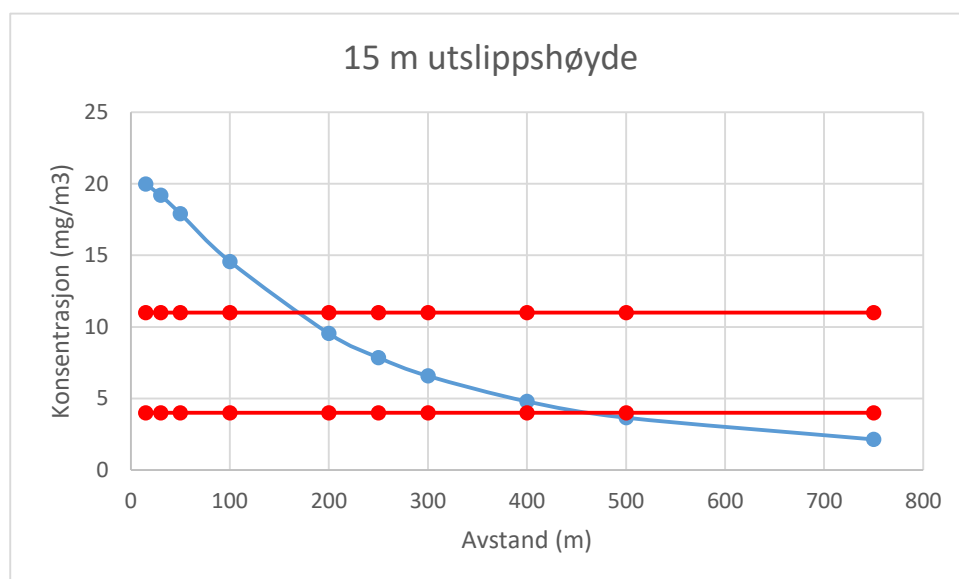
Spredningsmodellen beregner maksimale *timemiddelkonsentrasjoner* og er sammenlignet med «Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer». Grenseverdiene her er gitt som *8-timers middelkonsentrasjoner*. Konsentrasjon som 8 timers gjennomsnitt vil være minst en faktor 2,5 lavere enn maksimal timemiddelkonsentrasjon på grunn av lavere utslipp og endringer i spredningsforhold.

Resultatene er også sammenholdt med luktterskel for ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ), og midlingstiden for forekomst av lukt er noen få sekunder. Allment akseptert luktegrense er 5 ppm, tilsvarende ca  $4 \text{ mg}/\text{m}^3$ ). Middelkonsentrasjon fra utslippet for noen sekunder vil kunne være en faktor minst 5 ganger høyere enn timemiddelkonsentrasjonen, og middelveiden for de første 10 minuttene vil være minst dobbelt så høy som timemiddelkonsentrasjonene fra modellberegningene. Grenseverdi og luktegrense for ammoniakk er gitt i Tabell 2 og de relevante, beregnede konsentrasjonene fra utslippet vil bli sammenlignet med disse.

Tabell 2: Tiltaksverdi / grenseverdi for NH<sub>3</sub> i arbeidsmiljø, samt lukterskel for NH<sub>3</sub>.

Grense	Midlingstid	Verdi (mg/m <sup>3</sup> )
Arbeidsmiljø	8 timer	11
Lukterskel	få sekunder	4

Konsentrasjoner ved utslipp 15 m over bakken er vist i Figur 2. Luktegrense og tiltaksnorm er også vist på figuren. Vurderingen er at med en høyde av avkastet 15 m over bakken vil luftstrømmen fra avkastet trekkes ned i le av bygningene. Nedtrekk vil inntreffe selv ved moderat til lav vindhastighet, og fortyningen blir dårlig.



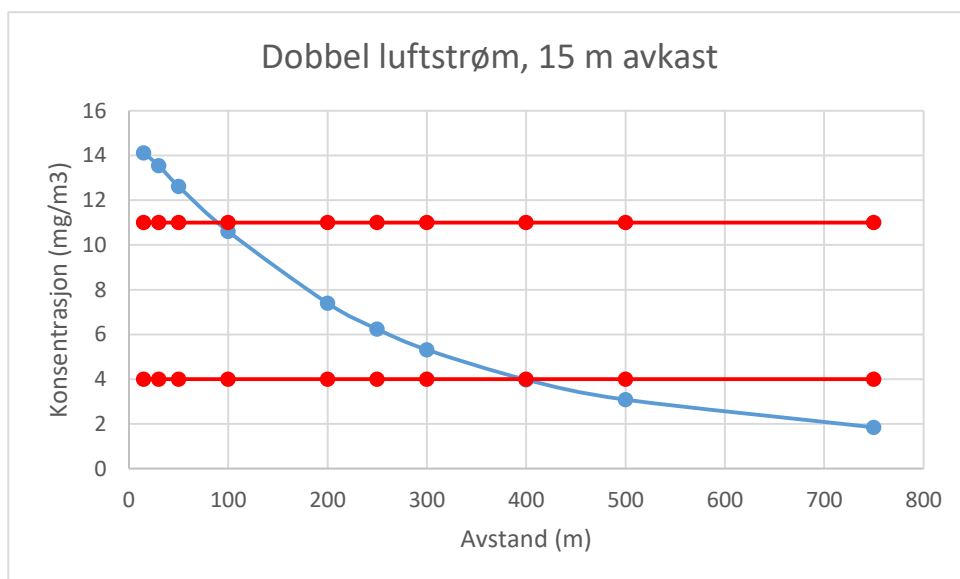
Figur 2 : Maksimale timemiddelkonsentrasjoner av NH<sub>3</sub> som funksjon av avstand fra utslippet. Høyde av avkast: 15 m over bakken. Enhet: mg/m<sup>3</sup>.

Timemiddelkonsentrasjonen er over grenseverdi for arbeidsmiljø ut til ca. 150 m fra utslippet og over lukterskelen ut til ca. 450 m fra utslippet. For en midlingstid på 8 timer vil konsentrasjonsnivået være under grenseverdi for arbeidsmiljø, men det vil kunne forekomme omfattende utbredelse av lukt.

### Alternativ utforming av avkast

Det er utført to beregninger for å se på potensialet for å redusere konsentrasjonene i bakkenivå. En måte å redusere konsentrasjonene, er å øke luftstrømmen ut av avkastet. Ved økt hastighet vil røykfanen gå høyere, røykfanen vil treffe bakken lenger unna utslippspunktet og konsentrasjonene vil derved være lavere (bedre fortyning).

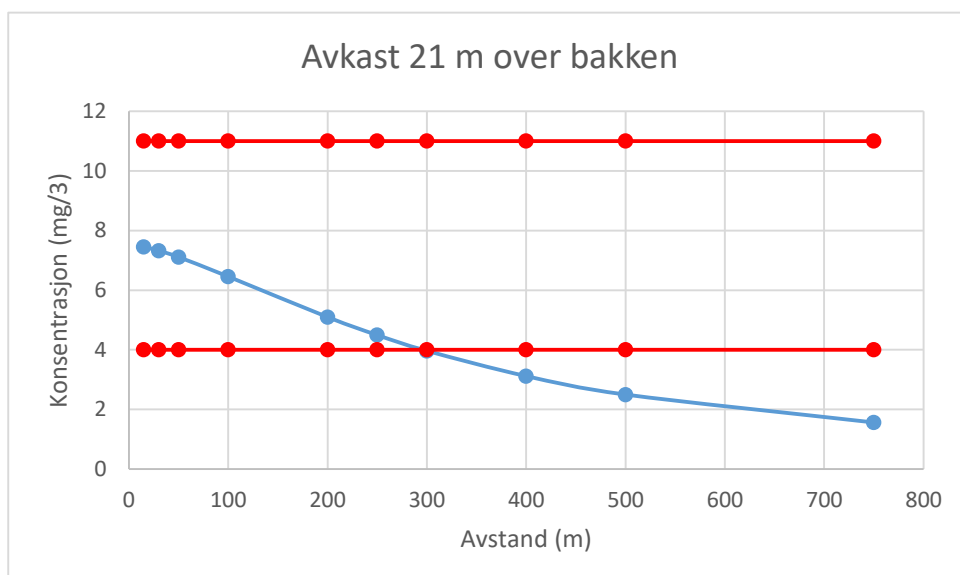




**Figur 3:** Maksimale timemiddelkonsentrasjoner av  $\text{NH}_3$  som funksjon av avstand fra utslippet. Doblet luftmengde ut av avkastet (  $5000 \text{ m}^3/\text{h}$  ). Høyde av avkast: 15 m over bakken. Enhet:  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Dobling av luftmengde gjennom avkast medfører kun en beskjeden reduksjon av områder utsatt for timemiddel over henholdsvis  $11 \text{ mg}/\text{m}^3$  og  $4 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Det er også et ingeniørfaglig spørsmål om det er praktisk mulig å kjøre anlegget med utgangshastighet  $44 \text{ m/s}$  uten at det oppstår vibrasjoner og plystring i skorsteinen.

En annen måte å redusere konsentrasjonsbidraget i bakkenivå er å øke høyden på avkastet. Effekten av å øke utslippshøyden til 21 m er vist i Figur 4.



**Figur 4:** Maksimale timemiddelkonsentrasjoner av  $\text{NH}_3$  som funksjon av avstand fra utslippet. Høyde av avkast: 21 m over bakken. Enhet:  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Økt utslippshøyde fører til lavere konsentrasjoner i bakkenivå som følge av at ventilasjonslufta i mindre grad trekkes ned mot bakken fra turbulensen rundt bygningene. En avkasthøyde på 21 m over bakkenivå er tilstrekkelig til at grenseverdien for arbeidsmiljø overholdes for timemiddelkonsentrasjoner. Timemiddelkonsentrasjon over lukteterskel vil derimot forekomme ut til 300 m fra utslippet.

## **6 Referanseliste**

Bøhler, T. (1987) Users guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).

## **NILU – Norsk institutt for luftforskning**

NILU – Norsk institutt for luftforskning er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåking og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.

*NILUs verdier: Integritet – Kompetanse – Samfunnsnytte*

*NILUs visjon: Forskning for en ren atmosfære*

NILU – Norsk institutt for luftforskning  
Postboks 100, 2027 KJELLER

E-post: [nilu@nilu.no](mailto:nilu@nilu.no)

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-2981-7

ISSN: 2464-3327