

Ellen Kristina Baclayon Johansen

# Kartlegging av bønders eksponering for luftbårne forurensninger i løsdriftsfjøs

Masteroppgave i Helse, miljø og sikkerhet

Veileder: Rikke Bramming Jørgensen

Medveileder: Anna Beathe Ovren Nordhammer

Juli 2023



Ellen Kristina Baclayon Johansen

# **Kartlegging av bønders eksponering for luftbårne forurensninger i løsdriftsfjøs**

Masteroppgave i Helse, miljø og sikkerhet  
Veileder: Rikke Bramming Jørgensen  
Medveileder: Anna Beathe Ovren Nordhammer  
Juli 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for økonomi  
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse



Kunnskap for en bedre verden



## Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på min tid som masterstudent ved studieprogrammet Helse, Miljø og Sikkerhet på NTNU i Trondheim. Jeg har selv vokst opp på gård, og interessen ble med meg videre og inn i denne oppgaven. Arbeidet med denne masteroppgaven har vært veldig spennende, og jeg har lært enormt mye, fått mange gode minner og møtt mange fine folk.

Først og fremst vil jeg rette en stor takk til min veileder Rikke Bramming Jørgensen for god veiledning, god støtte og stort engasjement som smittet over på meg. Deretter vil jeg takke min medveileder, og yrkeshygieniker på St. Olavs Hospital, Anna Beathe Ovren Nordhammer for gode tilbakemeldinger og innspill. Takk til yrkeshygieniker Hans Thore Smedbold ved St. Olavs Hospital for hjelp med måleutstyr og for å svare på spørsmålene mine. Dere har alle vært til stor hjelp ved å reflektere over resultatene mine sammen med meg.

En stor takk til alle bøndene som var med på dette prosjektet. Takk for godt samarbeid, interessante innspill og engasjement. Dere gjorde datainnsamlingen til en fryd, og jeg håper dere også får nytte av resultatene.

Takk til dere som hjalp meg med å diskutere hvilke tiltak som kunne være aktuelle. Takk til samboer Karl Andreas som sto opp tidlig og skrapte bilrutene, varmet opp bilen og lagde lunsj til meg de ukene jeg hadde datainnsamling. Til slutt vil jeg takke pappa for inspirasjon, og for å alltid være tilgjengelig for å svare på de landbruksrelaterte spørsmålene jeg hadde.

Trondheim 03.07.23

---

Ellen Kristina Baclayon Johansen



## Sammendrag

Formålet med denne studien var å kartlegge støv og gass i melkebønders arbeidsmiljø i løsdriftsfjøs. Studien baserte seg på data samlet inn fra tre gårder i mars 2023. To forskjellige støvfraksjoner (PM<sub>10</sub> og totalstøv), og fem forskjellige gasser (metan, ammoniakk, VOC, hydrogensulfid og nitrogendioksid) ble målt av personbåret utstyr. Temperatur, karbondioksid og relativ fuktighet ble målt med stasjonære målere.

De personbårne målerne ble plassert i en sekk, med støvkassett/slange festet på et egnet sted i arbeidernes pustesone. Bøndene bar denne sekken mens de utførte de forskjellige arbeidsoppgavene sine. Mens bøndene jobbet, ble det skrevet en arbeidslogg slik at aktiviteter og steder som ga eksponeringstopper, kunne identifiseres.

Resultatene fra denne studien viser at overeksponering for ammoniakk ikke kan utelukkes for noen av de tre fjøsene, mens overeksponering for støv ikke kan utelukkes for fjøs 3. For å vurdere de målte konsentrasjonene mot grenseverdiene, så ble arbeidstilsynets veiledning for *Vurdering av resultater fra måling av kjemiske forurensninger* benyttet. Støvkonsentrasjonene som ble målt i denne studien samsvarte med tidligere målinger av støv i storfjøs. Ammoniakk har også blitt utpekt som et problem i storfjøs i flere tidligere studier.

Ammoniakkkonsentrasjonen i fjøsene så ut til å være mer avhengig av ventilasjonsanlegget enn hvor i fjøset bonden befant seg. Det var generelt lave verdier av hydrogensulfid, metan og nitrogendioksid målt i fjøsene. VOC varierte noe gjennom dagen hos alle gårdene. Aktiviteter som ga eksponeringstopper for støv var håndtering av dyr, arbeid med halm, vasking/høytrykksspyling, fjerning/skraping av møkk, fôrblending, håndtering av kraftfôr, håndtering av strø, håndtering av kalk og blanding av melkepulver.

De bygningsmessige forholdene som så ut til å påvirke eksponeringen var ventilasjonssystemet og gjødselhåndteringen. Fjøs 1 og 2 hadde gjødselkjeller under gulvet, mens fjøs 3 hadde kum utenfor fjøset til gjødsel. Dette påvirker hyppigheten av omrøring, som kan føre til frigjøring av gasser. Fjøs 1 og 2 hadde avtrekksventilasjon, mens fjøs 3 hadde naturlig ventilasjon med automatiske luker. Ved avtrekksventilasjon så ble CO<sub>2</sub> nivået og temperaturene i fjøset jevnere enn ved naturlig ventilasjon. Målingene fra fjøs 3 viser tydelige svingninger i CO<sub>2</sub> og temperatur, sannsynligvis etter når lukene åpner og lukker seg. Svingningene i ammoniakkkonsentrasjonen i fjøset så ut til å følge svingningene i CO<sub>2</sub> konsentrasjonen.

Gassmålingene for ammoniakk viste tidvis negative konsentrasjoner, noe som sannsynligvis skyldes sensorens kryssensitivitet for klor. Klor i fjøsene kan komme fra vaskemidler som inneholder natriumhypokloritt. Bønders eksponering for klor var i utgangspunktet ikke tatt i betraktning, men er noe som er interessant å forske videre på. På grunn av sensorens kryssensitivitet, så er ammoniakkkonsentrasjonen i fjøsene sannsynligvis høyere enn det som ble målt.

Studien bestod av en innledende vurdering og en forenklet undersøkelse. Om overeksponering ikke kan utelukkes ved forenklet undersøkelse, så anbefales det å enten gjennomføre detaljert undersøkelse, eller sette i gang passende tiltak for å redusere eksponeringen..





## Abstract

The purpose of this study was to examine dust and gases in dairy farmers work environment in free stall barns. The study is based on data collected from three farms in march 2023. Two different types of dust (PM<sub>10</sub> and total dust), and five different gases (methane, ammonia, VOC, hydrogen sulfide and nitrogen dioxide) was measured by personal air samplers. Temperature, carbon dioxide and relative humidity was measured by stationary measuring equipment.

The personal samplers were placed in a backpack, with a dust cassette and tubes in a suitable spot in the workers breathing zone. The farmers carried this backpack while doing their work tasks. While the farmers were working, a work log was written in order to identify activities and places that could result in high exposure.

The results from this study shows that overexposure to ammonia cannot be ruled out for any of the farms, and overexposure to dust cannot be ruled out for farm number 3. To evaluate the concentrations measured, the Norwegian Labor Inspection Authority's guide for evaluating results from measurements of chemical pollutants (*Vurdering av resultater fra måling av kjemiske forurensninger*) was used. The concentrations of dust that was found in this study was similar to other studies conducted in cattle barns. Ammonia has also been named as a problem in cattle barns in multiple other studies.

The results indicated that the concentration of ammonia in the barns was more dependent on what type of ventilation was used, rather than where in the barn the farmer was. In general, there were low concentrations of hydrogen sulfide, methane and nitrogen dioxide in the barns. VOC varied throughout the day in all three barns. Activities that resulted in high dust exposure were handling animals, working with straw, cleaning/use of high-pressure washer, removal of manure, use of cattle feed mixer, handling cattle feed pellets, sawdust, barn lime, and milk powder.

Constructional factors such as ventilation and manure storage seemed to also play a role in the farmers' exposure level. Barn 1 and 2 stored the manure directly underneath the barn, while barn 3 stored it outside the barn. This influences how frequently the manure is stirred, which can release gases. Barn 1 and 2 had an exhaust ventilation system, while barn 3 used natural ventilation with hatches along the walls and in the ceiling that opened and closed automatically. The exhaust ventilation system kept the CO<sub>2</sub> and temperature levels quite even throughout the day, while barn 3 had clear fluctuations most likely due to the opening and closing of the hatches. The ammonia level in barn 3 seemed to fluctuate in the same manner.

Occasionally, the ammonia level showed negative readings, which likely is due to the sensors' cross sensitivity to chlorine. Chlorine in the barns could come from cleaning detergents which contained sodium hypochlorite. Farmers' exposure to chlorine was initially not considered, and could be interesting to examine further. Due to the cross sensitivity of the ammonia sensor, the ammonia levels in the barns are likely higher than what was measured in this study.

This study contains a basic characterisation and a preliminary survey. If overexposure cannot be ruled out by a preliminary survey, a detailed survey or suitable measures are recommended in order to reduce the level of exposure.

## Innhold

Forord .....	i
Sammendrag .....	ii
Abstract .....	iii
Innhold .....	v
Liste over tabeller .....	viii
Liste over figurer .....	ix
Forkortelser og ordforklaringer .....	xi
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Problemstilling.....	2
1.3 Avgrensninger .....	2
2 Teori .....	3
2.1 Om fjøsene for melkeproduksjon i Norge .....	3
2.1.1 Båsfjøs.....	3
2.1.2 Løsdriftsfjøs .....	4
2.2 Luftveisirritanter bønder eksponeres for og helseeffektene av disse .....	5
2.2.1 Støv .....	5
2.2.2 Mikrobiologisk agens.....	6
2.2.3 Gass.....	8
2.2.4 Oppsummering.....	10
2.3 Grenseverdier, aktuelle referanseverdier og aktuelt regelverk.....	12
2.3.1 Kvalitetssystem i landbruket (KSL).....	12
2.3.2 Grenseverdier i arbeidsmiljøregelverk.....	12
2.3.3 Grenseverdier og anbefalte verdier for miljøet til storfe.....	13
2.4 Eksisterende kunnskap om eksponeringsnivåer i storfefjøs og luftveisplager hos bønder .....	14
2.4.1 I storfefjøs .....	14
2.4.2 I båsfjøs .....	17
2.4.3 I løsdriftsfjøs .....	18
3 Metode.....	21
3.1 Beskrivelse av gårdene .....	21
3.1.1 Gård 1.....	21

Beskrivelse av selve fjøset .....	21
Vaskerutiner og kjemikalier .....	23
Dyr og arbeidere .....	24
Arbeidsoppgaver .....	24
3.1.2 Gård 2.....	26
Beskrivelse av selve fjøset .....	26
Vaskerutiner og kjemikalier .....	30
Dyr og arbeidere .....	31
Arbeidsoppgaver .....	31
3.1.3 Gård 3.....	32
Beskrivelse av selve fjøset .....	32
Vaskerutiner og kjemikalier .....	35
Dyr og arbeidere .....	36
Arbeidsoppgaver .....	36
3.1.4 Sammenligning av gårdene .....	38
3.2 Måleutstyr og bruksområde .....	39
3.2.1 Sidepak AM510 .....	39
3.2.2 Gravimetrisk målinger .....	39
3.2.3 Dräger X-am 8000 .....	40
3.2.4 Kimo KCC 320 .....	40
3.3 Datainnsamling .....	40
3.4 Dataanalyse.....	44
4 Resultater.....	46
4.1 Eksponering i fjøsene .....	48
4.1.1 Støv .....	48
4.1.2 Gass.....	50
4.2 Normert til åtte timer .....	52
4.2.1 Støv .....	52
4.2.2 Gass.....	53
4.3 Temperatur, fuktighet og CO <sub>2</sub> i fjøsene.....	53
4.4 Aktiviteter som gir høyest eksponering for støv .....	55
4.5 Steder som gir høyest eksponering for gass .....	56
5 Diskusjon.....	57

5.1 Eksponeringsmålingene.....	57
5.1.1 Støv .....	57
5.1.2 Gass.....	58
5.2 Sammenheng mellom eksponeringstopper, aktiviteter og bygningsmessige forhold ....	60
5.3 Negative gassmålinger og bruk av vaskemiddel .....	61
5.3.1 Negative målinger som følge av kryssensitivitet fra vaskemiddel .....	61
5.3.2 Klorgass .....	63
5.3.3 Kloraminer .....	65
5.3.4 Vaskemiddel og pH.....	65
5.4 Sammenligning med grenseverdiene.....	66
5.5 Forslag til tiltak.....	68
5.5.1 Støv .....	69
5.5.2 Ammoniakk.....	70
5.5.3 Klorgass .....	71
5.6 Begrensninger og feilkilder .....	72
5.6.1 Tid.....	72
5.6.2 Gassmåler.....	72
5.6.3 Sidepak.....	72
5.6.4 Gravimetrisk målinger .....	73
6 Konklusjon .....	74
6.1 Videre forskning .....	75
7 Referanseliste .....	76



## Liste over tabeller

Tabell 1: Gassenes vannløselighet, hentet fra (HelseBiblioteket, 2014), (Linde, 2013c), (Linde, 2013a), (Linde, 2013b) .....	10
Tabell 2: Eksponering i landbruket og dets konsekvenser, oppsummering .....	10
Tabell 3: Arbeidstilsynets grenseverdier for støv/gass som er relevante fra landbruket, hentet fra (Arbeidstilsynet, 2011) .....	12
Tabell 4: Anbefalte verdier for noen klimafaktorer, hentet fra (Arbeidstilsynet) og (FHI, 2015) .....	13
Tabell 5: Grenseverdier for gass i husrom med storfe, hentet fra (Mattilsynet, 2010) .....	13
Tabell 6: Anbefalte verdier for noen klimafaktorer, hentet fra (Mattilsynet, 2010) .....	13
Tabell 7: Inhalerbart støv funnet i løsdriftsfjøs forskjellige steder i Europa, hentet fra (Takai et al., 1998).....	18
Tabell 8: Konsentrasjoner av ammoniakk, hydrogensulfid og støv, hentet fra (Zhao et al., 2007).....	19
Tabell 9: Kjemikalier i fjøs 1 .....	24
Tabell 10: Kjemikalier i fjøs 2 .....	30
Tabell 11: Kjemikalier i fjøs 3 .....	36
Tabell 12: Sammenligning av forskjellige determinanter på de tre gårdene.....	38
Tabell 13: Sensorene på gassmåleren under datainnsamlingen (Dräger, 2018).....	40
Tabell 14: Aktiviteter under målingen i Figur 32.....	46
Tabell 15: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 33 .....	48
Tabell 16: Støvkonsentrasjoner for alle dagene .....	49
Tabell 17: Gjennomsnittlig gasseksponering (målt konsentrasjon + estimert konsentrasjon for resten av dagen) og maksimumsverdiene for alle dagene. Ibut, H <sub>2</sub> S, NO <sub>2</sub> og NH <sub>3</sub> målt i ppm, CH <sub>4</sub> målt i LEL .....	51
Tabell 18: Støvkonsentrasjon fra alle dagene normert til åtte timer .....	52
Tabell 19: Gasseksponering for alle dagene normert til åtte timer. Verdiene for fjøs 3 inkluderer fôrblending .....	53
Tabell 20: Arbeidsoppgavene som ga de høyeste støvtoppene. + indikerer at en støvtopp med 5 eller 15 mg/m <sup>3</sup> har blitt målt i dette fjøset under de forskjellige arbeidsoppgavene .....	55
Tabell 21: Ammoniakkkonsentrasjonen i den gamle og den nye delen av fjøset på gård 1 .....	58
Tabell 22: Tabellen viser hvordan andre gasser virker negativt på sensorene. Første kolonne viser sensorene på gassmåleren og i radene kan man lese hvordan disse gassene kan bli påvirket av andre gasser (Dräger, 2018) .....	62
Tabell 23: Oversikt over klorinnhold i vaskemidlene brukt på melkeroboten og melketanken på de forskjellige gårdene.....	63
Tabell 24: 15% av grenseverdi for støv, ammoniakk, hydrogensulfid og nitrogendioksid .....	66
Tabell 25: Vurdering av eksponering målt av personbåret utstyr sammenlignet mot grenseverdiene i Tabell 3 .....	66
Tabell 26: E <sub>indeks</sub> for organisk støv, ammoniakk, nitrogendioksid og hydrogensulfid.....	67





## Liste over figurer

Figur 1: Statistikk båsfjøs, tall hentet fra (Tine, 2021) .....	3
Figur 2: Melking av ku i melkerobot. Foto: Ellen K. B. Johansen .....	4
Figur 3: Statistikk løsdrift, tall hentet fra (Tine, 2021) .....	5
Figur 4: Støvfraksjonene inhalerbart støv, torakalt støv, respirabelt støv og totalstøv, hentet fra (Eduard, 2018).....	6
Figur 5: Støvfraksjonene inhalerbart støv, torakalt støv, respirabelt støv, PM <sub>10</sub> og PM <sub>2.5</sub> , hentet fra (EPA).....	6
Figur 6: Bjerrumdiagram som viser sammenhengen mellom pH og frigjøring av NH <sub>3</sub> og H <sub>2</sub> S, hentet fra (UiO, 2020) .....	9
Figur 7: Forekomst av astma hos svenske bønder i 1982 og 1994, sammenlignet med resten av befolkningen i samme område og i samme aldersgruppe, hentet fra (Rask-Andersen, 2011). 15	
Figur 8: Symptomer ved et anfall med ODTS, i tillegg hadde alle feber. Hentet fra (Rask-Andersen, 1989) .....	16
Figur 9: Resultater fra en studie i alpine, hentet fra (Cathomas et al., 2002) .....	17
Figur 10: Sammenligning av ammoniakkutslipp i båsfjøs og løsdriftsfjøs, hentet fra (Powell et al., 2008).....	18
Figur 11: Eksempel på daglige svingninger av ammoniakkonsentrasjonen i en fjøs, hentet fra (Zhao et al., 2007) .....	20
Figur 12: Sammenheng mellom temperatur og ammoniakk, og temperatur og relativ fuktighet, hentet fra (Qu et al., 2021) .....	20
Figur 13: Skisse over fjøs 1 .....	21
Figur 14: Til venstre: Robot som samler gjødsel, til høyre: ku som børster seg. Oppe til høyre på sistnevnte bildet kan man også se en av viftene som trekker luft ut av fjøset, og ovenfor vinduene på veggen bak kan man se ventilene hvor luften kommer inn. Foto: Ellen K. B. Johansen .....	22
Figur 15: Skisse av ventilasjon, plasseringen av kjeller og plasseringen av temperatur- og fuktighetsmålerne i fjøs 1 .....	23
Figur 16: Illustrasjoner fra de forskjellige arbeidsoppgavene. Fra venstre til høyre: bonden bærer inn nytt halm til kalvene, bonden henter nytt halm i fôrsentralen, bonden skraper møkk i fjøset, bonden spar ut av fødebingen etter ku har stått der noen dager med nyfødt kalv. Foto: Ellen K. B. Johansen .....	25
Figur 17: Skisse over fjøs 2. Kjelleren ligger under store deler av fjøset, og starter ca. ved den svarte firkanten på skissen og fortsetter mot fôrsentralen .....	26
Figur 18: Bildet viser plasseringen av ventilasjonen, temperatur- og fuktighetsmålerne og de automatiske skrapene. Foto: Ellen K. B. Johansen .....	28
Figur 19: Gjødselsskraper i fjøs 2 som trekkes på skinner langs gulvet. Foto: Ellen K. B. Johansen .....	28
Figur 20: Fôrblander og fôrvogn. Foto: Ellen K. B. Johansen.....	29
Figur 21: Fôrvogn som kjører ut fôr til dyrene. Foto: Ellen K. B. Johansen .....	29
Figur 22: Kalver som drikker melk. Foto: Ellen K. B. Johansen.....	30

Figur 23: Noen arbeidsoppgaver. Fra venstre til høyre: bonde som triller grovfôr ut til kuer (fôrblander ødelagt denne dagen), bonde som klipper okse, bonde som tar speneprøve, bonde som fyller nytt strø i trillebår. Foto: Ellen K. B. Johansen .....	31
Figur 24: Skisse av fjøs 3 med plasseringen av temperatur- og fuktighetsmålerne .....	32
Figur 25: Bilde fra fjøs 3, med plassering av termometer. Foto: Ellen K. B. Johansen .	33
Figur 26: Til venstre: ku som børster seg på automatisk børste, til høyre: manuell kubørste. Foto: Ellen K. B. Johansen.....	34
Figur 27: Fôrblender i fjøs 3. På venstre side av bildet kan man se båndet som fører fôret opp til det andre båndet som går langs hele fôrbrettet. Foto: Ellen K. B. Johansen .....	34
Figur 28: Til venstre: fôr som blir dyttet ned fra båndet, til høyre: kalver som drikker melk. Foto: Ellen K. B. Johansen.....	35
Figur 29: Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemikalier, hentet fra (Arbeidstilsynet).....	41
Figur 30: Sekken med måleutstyret i. Foto: Ellen K. B. Johansen .....	42
Figur 31: Bonde med sekken på. Foto: Ellen K. B. Johansen.....	43
Figur 32: Eksempel på støvgraf. Dette er målingen fra gård 1 tirsdag .....	46
Figur 33: Eksempel på gassgraf. Dette er målingen fra gård 1 tirsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.....	47
Figur 34: Sammenligning av støv på de tre gårdene .....	49
Figur 35: Sammenligning av ibut i de forskjellige fjøsene .....	50
Figur 36: Sammenligning av ammoniakk i de forskjellige fjøsene .....	50
Figur 37: Gjennomsnittlig temperatur fra de tre dataloggerne i fjøsene per dag .....	53
Figur 38: Gjennomsnittlig relativ fuktighet fra de tre dataloggerne i fjøsene per dag.....	54
Figur 39: Gjennomsnittlig CO <sub>2</sub> konsentrasjon fra de tre dataloggerne i fjøsene per dag .....	54
Figur 40: Eksempel på CO <sub>2</sub> målinger. Øverst til venstre – gård 1 onsdag, øverst til høyre – gård 2 onsdag, nederst til venstre – gård 3 onsdag.....	55
Figur 41: Sammenligning mellom CO <sub>2</sub> konsentrasjonen fra datalogger 1 og ammoniakkkonsentrasjonen i fjøs 3, tirsdag uke 13. Oppholdet mellom ca. 09:45 og 11:45 på grafen var tider hvor bonden ikke befant seg i fjøset, og sekken dermed ikke var eksponert for ammoniakk. ....	59
Figur 42: Gassgrafer med negative verdier. Øverst til venstre: tirsdag gård 1, øverst til høyre: tirsdag gård 2, nederst: tirsdag gård 3 .....	61
Figur 43: Klor og pH, hentet fra (Wang et al., 2007).....	64
Figur 44: Tiltakshierarkiet, hentet fra (Yrkeshygiene.no, 2021b).....	69
Figur 45: Kalv som bruker latrine, hentet fra (Dirksen et al., 2021).....	71
Figur 46: Spesifikasjoner for Mettler AE 163, hentet fra (Mettler-Toledo, 2001) .....	73

## Forkortelser og ordforklaringer

Aerodynamisk diameter – «[...] tilsvarer diameteren til en sfærisk partikkel med tetthet lik  $1\text{g/cm}^3$  og med samme fallhastighet som den aktuelle partikkelen» (Arbeidstilsynet)

Cfu – colony-forming unit

HMS – helse, miljø og sikkerhet

Ibut – isobutylene - gass sensoren for VOC ble kalibrert med isobutylene

KOLS – kronisk obstruktiv lungesykdom

LEL – lower explosive limit

ODTS – organic dust toxic syndrome

Ppm – parts per million

PVU – personlig verneutstyr

Sinkyrr – kuer som ikke lenger melkes fordi det er lenge siden de kalvet sist. Kuene sines en periode før de får ny kalv

TSP – total suspended particles

VOC – volatile organic compounds



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

De siste 50 årene har det skjedd store endringer i norsk jordbruk (Bjørlo & Løvberget, 2021). Tre av fire gårder har lagt ned, mens jordbruksarealet på landsbasis har vært stabilt. Det betyr at de gårdene som står igjen har gjennomsnittlig fått fire ganger så stort jordbruksareal. Per 1 mars 2023 var det 6 499 besetninger med melkekyr i Norge (SSB, 2023). Til sammenligning så var det 23 433 besetninger med melkekyr i Norge 25 år tidligere.

Fra 1999 til 2020 har antall melkekyr minket med 32 prosent (Bjørlo & Løvberget, 2021). Selv om antallet melkekyr har minket, så har melkeproduksjonen i Norge holdt seg ganske stabilt. Bjørlo & Løvberget (2021) forklarer dette med at det har vært en økning i mengden melk som hver ku produserer.

Siden 2004 har det vært krav om at nye stofefjøs skal bygges som løsdriftsfjøs, og fra og med 2034 så må også fjøs bygd før 2004 legges om til løsdrift (Landbruks-og-Matdepartementet, 2004). Næringen befinner seg derfor i en overgangstid mellom tradisjonelle båsfjøs og nye løsdriftsfjøs. Norges Bondelag mener overgangen til løsdriftsfjøs er viktig for å fremme godt arbeidsmiljø for bonden og styrke dyrevelferden for kuene (Norges-Bondelag).

Mange studier har forsket på, og skrevet om lungeplager hos bønder på grunn av forskjellige mikroorganismer og gasser som finnes i luften i bondens arbeidsmiljø. Siden løsdriftsfjøs er et relativt nytt fenomen, så er mange av disse studiene basert på resultater og målinger fra båsfjøs. Løsdriftsfjøs har gjerne mer automatiserte løsninger enn det båsfjøs har, noe som gjør at arbeidsdagen til bøndene blir veldig annerledes, noe som igjen kan påvirke eksponeringen. Dyrene får også en helt annen frihet til å bevege seg, noe som muligens kan påvirke oppvirvlingen av støv i luften.

I en overgangstid hvor mange bønder blir nødt til å legge om driften, kan kunnskap om hvilke faktorer som kan redusere eksponering for støv og gass i luften være avgjørende. Med slik kunnskap kan det settes i gang passende tiltak på et tidlig stadium i ombyggingsprosessen for å gjøre arbeidsmiljøet så godt som mulig for bonden.

## 1.2 Problemstilling

Formålet med oppgaven er å kartlegge bønders eksponering for utvalgte luftbårne forurensninger i løsdriftsfjøs.

- a. Gjennomføre litteraturstudie om eksponering for luftbårne forurensninger i storfe fjøs med melkeproduksjon
- b. Kartlegge arbeidsoppgaver og arbeidsmønstre for bønder i løsdriftsfjøs og identifisere de steder og aktiviteter som potensielt kan gi de største bidragene til eksponering.
- c. Kartlegge hvordan bygningsmessige forhold kan påvirke luftkvaliteten, herunder ventilasjonsforhold.
- d. Utføre eksponeringsmålinger med spesielt fokus på direktevisende målinger.
  - a. Gass: ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ), hydrogen sulfid ( $\text{H}_2\text{S}$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), nitrogendioksid ( $\text{NO}_2$ ), flyktige organiske forbindelser (VOC) og karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ).
  - b. Støv: direktevisende støvmålinger kalibrert ved hjelp av gravimetriske målinger
- e. Diskutere og vurdere sammenhengende mellom eksponeringstopper og aktiviteter, med det formål å kunne vurdere hva som er årsakene til svingninger i konsentrasjonen i fjøs.
- f. Konklusjon og videre anbefalinger, herunder hvilke hensyn som bør tas ved utvikling av løsdriftsfjøs for å minke eksponeringen for bonden.

## 1.3 Avgrensninger

I tillegg til å kartlegge bøndenes støv- og gasseksponering, så var det i utgangspunktet tenkt å måle eksponering for endotoksiner i fjøsene. Det ble besluttet å ikke inkludere dette.

Datainnsamlingen ble gjennomført over tre uker fra tre gårder i slutten av mars. Årlige variasjoner av støv og gassnivåer ble derfor ikke målt. Målinger fra flere enn tre gårder ville ha krevd mer tid til analysering enn det som var til rådighet. Dette medfører en usikkerhet rundt hvor representative denne kartleggingen er ovenfor alle løsdriftsfjøs.

Dataene som denne masteroppgaven har basert seg på er innhentet, analysert og diskutert av bare en person. I oppgaven er det ti forskjellige ting som har blitt målt i hver fjøs (fem gasser, to fraksjoner av støv, temperatur,  $\text{CO}_2$ , og relativ fuktighet) i totalt 12 dager. Med så mange forskjellige ting å analysere for en person på et semester, så er det ikke tid til å kunne se detaljert på alle sammenhengene.

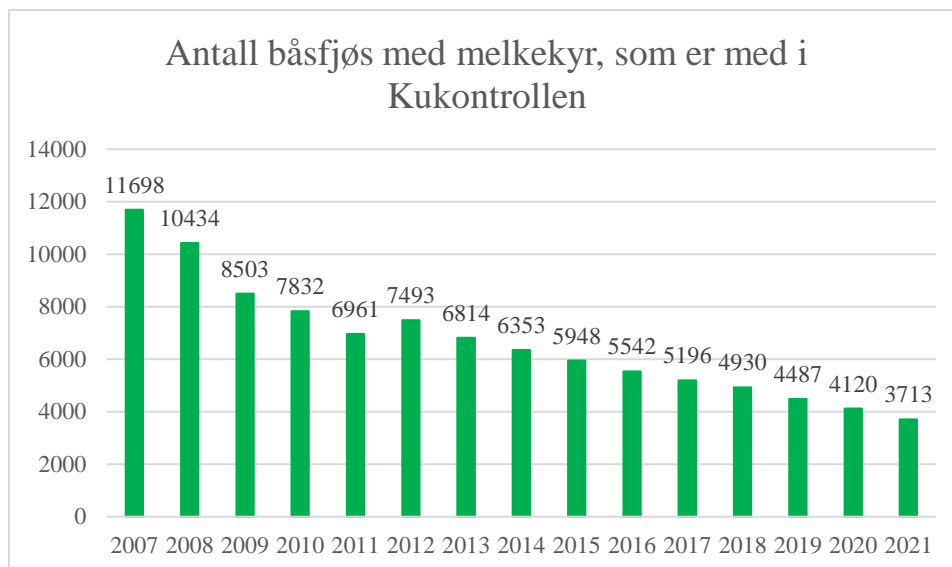
## 2 Teori

Flere studier har funnet at mange bønder utvikler forskjellige typer luftveisplager. Forklaringen kan være at bonden er eksponert for mange forskjellige agens i sitt arbeid. Eksempler på dette kan være forskjellige typer støv, gasser, virus, endotoksiner og bakterier. I denne studien vil hovedfokuset ligge på eksponering for støv og gasser, for bønder som driver med melkekyr i løsdriftsfjøs. I denne delen vil det først bli presentert en beskrivelse av næringen, og utviklingen av denne. Deretter vil det bli presentert aktuelle luftveisirritanter som kan forekomme i fjøs generelt og hvilke som er aktuelle for løsdriftsfjøs med storfe. Videre skal grenseverdier og regelverk for næringen beskrives, og til slutt skal eksisterende kunnskap på området trekkes fram.

### 2.1 Om fjøsene for melkeproduksjon i Norge

#### 2.1.1 Båsfjøs

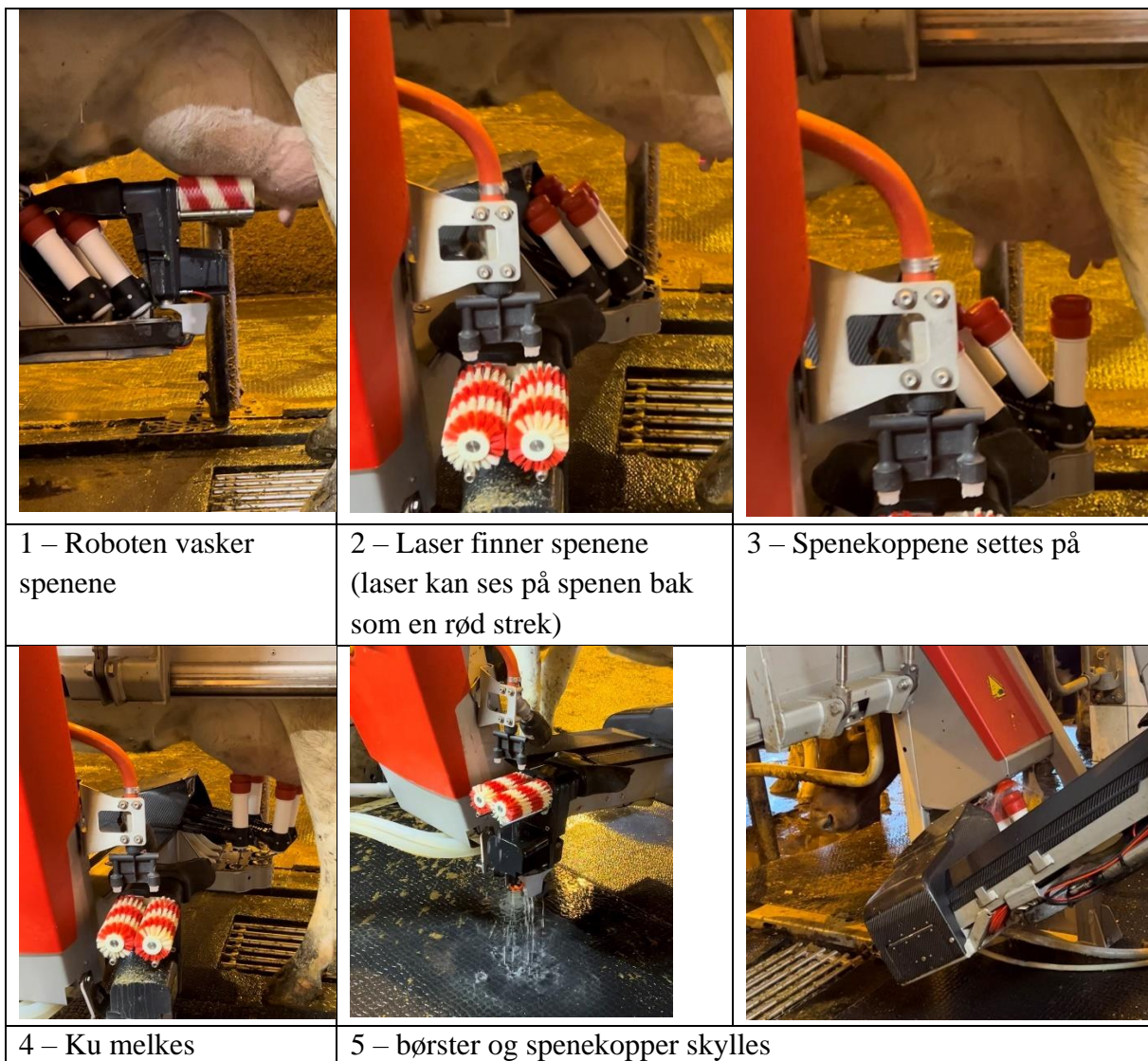
I et båsfjøs står hver ku bundet fast på en bås. Kuene spiser, sover og blir melket i båsen (Opplysningskontoret-For-Meiereiprodukter). I 2021 var 54.2% av melkegårdene, som var med i Kukontrollen, båsfjøs (Tine, 2021). Kukontrollen er en landsomfattende kontroll for melkekyr. Rundt 97% av de som produserer melk i Norge er med i Kukontrollen (Tine). Grunnlaget for statistikken er medlemmene av Kukontrollen som har fått godkjent årsoppgjøret. I 2021 var dette 72% av medlemmene. Selv om over halvparten av gårdene var båsfjøs, så er det kun 31.9% av melkekuene i landet som står på bås (Tine, 2021). Grunnen til det er at de som driver med løsdrift, i gjennomsnitt har flere dyr enn de som har båsfjøs. I båsfjøs er det i gjennomsnitt 18.2 dyr, mens i løsdrift er det 41.3 dyr (Houge, 2020). Fra Figur 1 kan man se at antall båsfjøs har gått ned over tid. Per nå er det likevel mest vanlig med båsfjøs.



Figur 1: Statistikk båsfjøs, tall hentet fra (Tine, 2021)

### 2.1.2 Løsdriftsfjøs

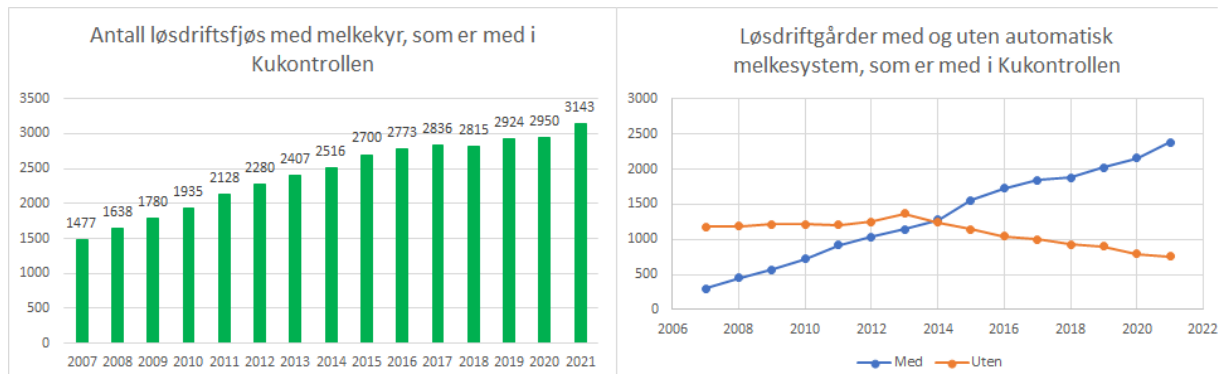
Løsdriftsfjøs er en type fjøs hvor kuene selv kan bevege seg som de selv vil mellom der de spiser, der de melkes og der de ligger (Opplysningskontoret-For-Meiereiprodukter). Det finnes også løsdriftsfjøs for kuer som brukes til kjøttproduksjon, men i denne oppgaven er det løsdrift med melkeproduksjon som er i fokus, og som vil bli omtalt. I løsdrift blir kuene ofte enten melket automatisk med melkerobot, eller i en melkegrav. Med en melkegrav så blir kuene samlet på et sted når det er tid for melking. Bonden står da ofte på et lavere nivå enn kua for å få god tilgang til jurene (DeLaval). I en melkerobot går kuene inn og får lest av en chip de har i halsbåndet eller i øret. Hvis det er lenge siden kua har blitt melket, vil det komme fôr ned foran kua hvor hun kan spise. Mens kua spiser vil roboten automatisk finne jurene og melke kua (se Figur 2). Mattilsynet skriver i sin veiledning til forskrift om hold av storfe at løsdrift gir storfe bedre helse, fruktbarhet, bevegelse og kondisjon (Mattilsynet, 2010).



Figur 2: Melking av ku i melkerobot. Foto: Ellen K. B. Johansen



I løsdriftsfjøs skal det være minst en liggebås per dyr, og liggebåsene skal ha tett gulv. I 2021 var 45.9% av mellegårdene, som var med i Kukontrollen, løsdriftsfjøs, og 67.3% av kuene ble holdt i løsdriftsfjøs (Tine, 2021). Fra Figur 3 kan man se at antall løsdriftsfjøs har gått opp over tid. Man kan også se hvor mange av disse som har automatisk melkesystem/melkerobot. Fra 2014 og utover, så går antall gårder med automatisk melkesystem opp, mens antall gårder uten går ned.



Figur 3: Statistikk løsdrift, tall hentet fra (Tine, 2021)

## 2.2 Luftveisirritanter bønder eksponeres for og helseeffektene av disse

I et fjøs vil det potensielt være mange forskjellige mikrobiologiske agens som kan påvirke bonden. Nedenfor følger en beskrivelse av de mest aktuelle agensene i fjøs.

### 2.2.1 Støv

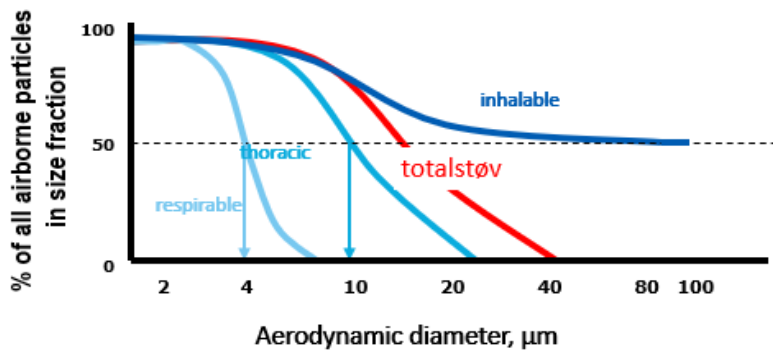
I et fjøs kan bonden bli eksponert for forskjellige typer støv. Det er vanlig å dele støv inn i forskjellige fraksjoner, etter størrelse. Eksponering for de forskjellige fraksjonene, kan gi forskjellige typer plager, ettersom de avsettes på forskjellig sted i luftveiene. Jo mindre støvpartiklene er, jo lenger ned i luftveiene kommer de.

Støv blir ofte delt inn i inhalerbart, torakalt og respirabelt støv. I Figur 4 og Figur 5 kan man se andelen av det totale støvet som funksjon av aerodynamisk diameter for hver støvfraksjon. Inhalerbart fraksjon er alt støv som kan komme inn gjennom munnen eller nesene. Torakal fraksjon er støvet som kan komme forbi munn og nese, og respirabel er støvet som kan trenge helt ned i lungeblærene/bronkiolene (Arbeidstilsynet).

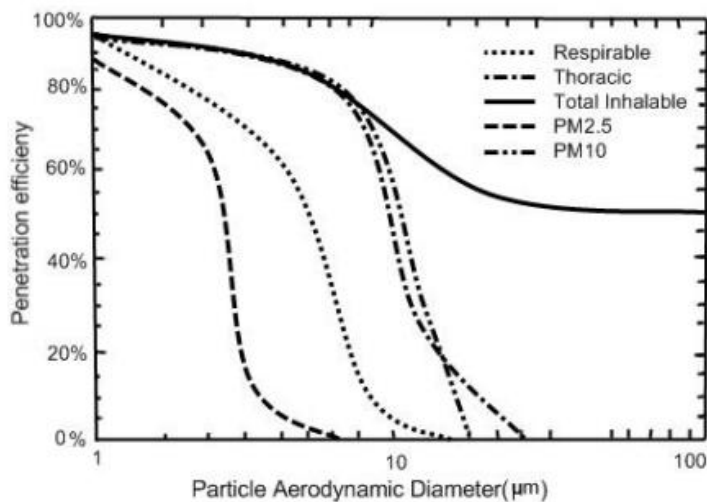
I tillegg til de tre støvfraksjonene nevnt ovenfor, så kan man også måle totalstøv. Totalstøv er en fraksjon som ligger mellom inhalerbart og torakalt støv (Arbeidstilsynet). Totalstøv blir ofte brukt til arbeidsmiljømålinger, og målingen blir utført med en 37mm støvkassett og en pumpe (Yrkeshygiene.no, 2021a). Kurven for totalstøv kan sees i Figur 4.

Støv kan også angis som PM (particulate matter). Kurven for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> kan sees i Figur 5. Det er viktig å kjenne til forskjellen på de forskjellige støvfraksjonene, ikke bare fordi de kan gi ulike helseplager, men også fordi de måles på forskjellig måte. Denne studien ønsket å måle totalstøv, fordi det er grenseverdien for totalstøv som blir brukt for organisk støv. Det direktevisende måleutstyret brukt i denne studien kunne ikke måle totalstøv. Den

støvfraksjonen som lignet mest på totalstøv, og som utstyret kunne måle ble derfor valgt (PM<sub>10</sub>) og kalibrert mot en gravimetrisk måling av totalstøv. En nærmere beskrivelse av dette finnes i kapittel 3.2 og 3.4.



Figur 4: Støvfraksjonene inhalerbart støv, torakalt støv, respirabelt støv og totalstøv, hentet fra (Eduard, 2018)



Figur 5: Støvfraksjonene inhalerbart støv, torakalt støv, respirabelt støv, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>, hentet fra (EPA)

Innholdet i støvet kan også være med på å avgjøre hvilke konsekvenser det får om det blir pustet inn. Det er vanlig å dele støv inn i organisk og uorganisk støv. Uorganisk støv kan for eksempel stamme fra metaller, kjemikalier og mineraler, mens organisk støv kan stamme fra for eksempel dyr, hud, høy, halm, mel, trevirke osv., og det er denne typen støv som er mest vanlig i landbruket (Okan). Noen mikroorganismer som finnes i organisk støv er bakterier, virus, sopp, pollen, endotoksiner, midd, mykotoksiner, dyrehår, trestøv, melstøv og kornstøv (STAMI).

### 2.2.2 Mikrobiologisk agens

Denne delen tar for seg noen av de bioaerosolene som ble nevnt som komponenter i organisk støv i kapittel 2.2.1. Bioaerosolene som blir beskrevet nedenfor er de som kan finnes i fjøs med storfe, og helseeffektene disse kan ha.

Bakterier er små mikroorganismer som kan trives nesten hvor som helst (NHI). Bakterier kan både være livsnødvendige og nyttige, men også sykdomsfremkallende (Sirevåg, 2009). Bakteriene som bonden kan bli eksponert for i forbindelse med håndtering av storfe, kan komme fra direkte kontakt med dyra, eller gjennom melka (FHI, 2019). Bakteriene som kan havne i melka, kan komme direkte fra kua (jur, hud, hår) eller fra skittene omgivelser i husdyrrommet (Tine).

Virus er mindre enn bakterier, og de er avhengige av å invadere en celle i en kropp for å kunne formere seg (NHI). I landbruket i Norge er det et virus, hvor det finnes en risiko for at denne kan smitte over på mennesker (FHI, 2019). Dette viruset finnes hos småfe, og er derfor ikke veldig relevant for storfe.

Bakterier og virus kan gi forskjellige infeksjoner i kroppen, og føre til sykdom (NHI). I Norge er det liten sjanse for å bli smittet med sykdommer på en gård (FHI, 2019). Ifølge FHI (2019) så har dyrene i Norge generelt lite sykdommer som er smittsomme, og gir derfor lite risiko for mennesker i kontakt med dyr. Om det skulle være smitte, vil de fleste sykdommene kunne forebygges med god håndhygiene etter kontakt med dyr. Det er derimot høy risiko for smitte om man spiser eller drikker melkeprodukter som ikke har vært varmebehandlet (FHI, 2012).

Endotoksiner er en type gift som produseres av gram – negative bakterier, og som frigjøres når disse bakteriene dør og løses opp (Sirevåg, 2021). Gram-negative bakterier finnes i omgivelsene til kyrne, der det finnes møkk (FAAST). Endotoksiner har en betennelsesskapende effekt, og kan gi symptomer som minner om influensa (STAMI, 2006). Ifølge STAMI (2006) vil hvilke bakterier endotoksinene kommer fra være avgjørende for hvor farlige de er.

Mykotoksiner er giftige stoff som produseres av muggsopp (STAMI, 2006). Mykotoksiner kommer ofte inn i kroppen via mat, men kan også tas opp via luftveiene og via huden (Zain, 2010). Høye konsentrasjoner av mykotoksiner kan gi oppkast og diare, mens eksponering over tid med lave nivåer kan virke kreftfremkallende, immunhemmende eller ha hormonhermende effekt (STAMI, 2006).

Allergener er stoffer som kan fremkalle allergier (NHI). Eksempler på allergener er for eksempel proteiner fra dyr eller planter. En allergisk reaksjon oppstår når immunsystemet overreagerer på allergener (NHI). Symptomer på allergi kan variere litt etter typen allergi, og kan for eksempel være utslett og reaksjoner i nese, øyne eller lunger.

Inhalering av organisk støv som bakterier, sopp og dyrestøv kan føre til allergisk alveolitt, eller hypersensitivitetspneumoni (NHI). Dette er en betennelsesreaksjon i lungeblærene, og blir også noen ganger omtalt som bondelunge. Sykdommen deles gjerne inn i akutt, subakutt og kronisk. Ved akutt allergisk alveolitt kan man få influensalignende symptomer. Med den subakutte ser man hoste og tung pust som forverres ved eksponering. Kronisk kommer av lav dose over lang tid og gir tung pust, tretthet, vekttap og hoste.

Ved eksponering for høye støvkonsentrasjoner med organisk støv, kan det også utvikles ODS (organic dust toxic syndrome), noen ganger kalt kornfeber på norsk (STAMI, 2006). Sykdommen oppstår gjerne med feber og influensalignende symptomer som slapphet, frysninger, hodepine, hoste og smerter i kroppen (CDC, 1994).

I tillegg til luftveisplagene som er nevnt ovenfor, så har bønder som driver med husdyr også større sjanse for å utvikle KOLS og astma, enn bønder som ikke gjør det (Eduard et al., 2004; Eduard et al., 2009). KOLS er en sykdom som vanligvis kommer av landvarig røyking, og som kan gi tung pust, slim fra lunger og hoste (Helse-Norge). Selv om det i de fleste tilfeller dreier seg om røyking, så kan også eksponering for partikler og støv i arbeidsmiljøet føre til KOLS.

Ikke-allergisk astma har blitt assosiert med eksponering for endotoksiner og soppsporer (Eduard et al., 2004). Hvilken type husdyr som bønder driver med kan føre til forskjellig type eksponering. Eduard et al. (2004) fant at bønder som drev med høner var mest eksponert for bakterier, de som drev med gris var mest eksponert for endotoksiner og soppsporer, mens bønder som drev med storfe var mest utsatt for ammoniakkeksponering. Eksponering for ammoniakk og andre typer gasser vil bli nærmere presentert i kapittel 2.2.3.

### 2.2.3 Gass

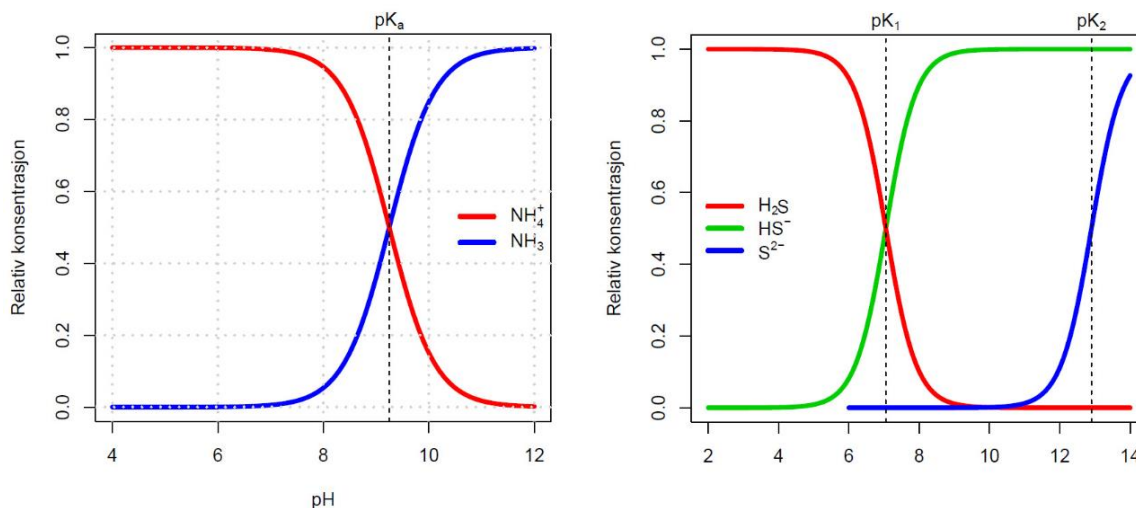
I landbruket er det flere prosesser som kan føre til gassdannelser. I siloer kan det dannes silogass, og i gjødselkjelleren kan det dannes gjødselgasser. I tillegg avgir dyrene selv gasser. Helseeffektene som blir nevnt i denne delen, skiller mellom akutt eksponering med høye konsentrasjoner, og lavere konsentrasjoner over lang tid.

De viktigste gjødselgassene er metan ( $\text{CH}_4$ ), ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ), hydrogensulfid ( $\text{H}_2\text{S}$ ) og karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) (Arnes, 2018). Hvilken av gjødselgassene som blir dannet, kan være avhengig av pH-en i gjødselen. I Figur 6, kan man se sammenhengen mellom pH og  $\text{NH}_3$  til venstre, og  $\text{H}_2\text{S}$  til høyre. Ved lavere pH, er det mer  $\text{H}_2\text{S}$ , og ved høyere pH er det mer  $\text{NH}_3$ . Siden vaskevannet fra gårder ofte går i gjødselkjelleren, kan det tenkes at vaskemidlenes pH kan påvirke pH verdien i gjødslet.

Ideelle forhold for utvikling av  $\text{CH}_4$ , er både avhengig av temperatur (optimal temperatur: 25 - 30 °C) (Dunfield et al., 1993) og pH (optimal pH: 6.8 – 7, altså nær nøytral) (Wang et al., 1993). I et fjøs er det ikke bare gjødslet den eneste kilden til metan. Dyrene produserer også metan (Robertsen, 2021).

I tillegg til gjødselgassene, så er også silogass (først og fremst karbondioksid,  $\text{CO}_2$ ) og nitrøse gasser (vanligste er  $\text{NO}_2$ ) relevant for landbruket (LandbruketNordvest). Silogass utvikles i nylagt silo, og den er tyngre enn luft, som gjør at den legger seg nederst i rommet. Nitrøse gasser utvikles ved blanding mellom syre og ensileringssalt, og kan dannes i alle siloer.

Flyktige organiske forbindelser (volatile organic compound eller VOC) er en samling med forskjellige gasser eller kjemiske forbindelser som kan komme fra for eksempel byggematerialer, rengjøringsmidler eller silo (Bedre-inneklima; Hafner et al., 2013).



Figur 6: Bjerrumdiagram som viser sammenhengen mellom pH og frigjøring av  $\text{NH}_3$  og  $\text{H}_2\text{S}$ , hentet fra (UiO, 2020)

Metan i høye konsentrasjoner kan føre til kvelning (Linde, 2013c). Ammoniakk gass kan i lave konsentrasjoner gi irritasjon i øyne og luftveier (Helse-Norge). Ved høyere konsentrasjoner kan man få mer alvorlig øyeskade og hevelser i luftveiene, og i verste fall miste bevisstheten og dø. Ammoniakk eksponering har også blitt assosiert med utvikling av ikke-allergisk astma (Eduard et al., 2004). Hydrogensulfid absorberes raskt av lungene og hemmer den cellulære respirasjonen, samtidig som den kan irritere øyne og luftveier (HelseBiblioteket, 2019). Bevisstløshet kan forekomme allerede etter bare et par åndedrag av høye konsentrasjoner. Eksponering for karbondioksid vil først gi symptomer som kvalme og trang pust (LandbruketNordvest). Ved høyere konsentrasjoner vil man kunne miste bevisstheten og dø. Nitrogendioksid ( $\text{NO}_2$ ) er en svært farlig gass, som kan gi symptomer som hoste med rødt slim og bevisstløshet (LandbruketNordvest). Hovedkilden til nitrogendioksid generelt er veitrafikk, og kan også gi symptomer som forverring av astma, svekket lungefunksjon og bronkitt (Miljødirektoratet/FHI, 2017). Korttidseffekter av VOC kan være irritert hud/luftveier, hodepine, lungebetennelse og bronkitt og plager med lunger, hals og øyne, mens langtidseffekter kan være astma, allergi, skader på nervesystemet og påvirkning på indre organer (Bedre-inneklima).

Gassenes vannløselighet er viktig for hvordan man reagerer på gassen (HelseBiblioteket, 2022). Gasser med høy vannløselighet løses fort opp i væske i øvre luftveier og øyne. Symptomer på irritasjon kommer fort, som gjør det lettere å komme seg unna. Ammoniakk er en slik gass. Middels vannløselige gasser irriterer også øvre luftveier og øyne, men kan gi mer alvorligere lungeskade. Gasser som er lite vannløselige, kan komme seg lengre ned i lungene og gir lite irritasjon tidlig i eksponeringen. Disse «tørre» gassene kan imidlertid gi lungeødem etter en tid uten symptomer (HelseBiblioteket, 2014). Tabell 1 viser en oversikt over de aktuelle gassene og deres vannløselighet.

Tabell 1: Gassenes vannløselighet, hentet fra (HelseBiblioteket, 2014), (Linde, 2013c), (Linde, 2013a), (Linde, 2013b)

Gass	Vannløselighet	Ved temperatur
Metan	22 mg/l	25
Ammoniakk	531 g/l, høy vannløselighet	20
Hydrogensulfid	3.98 g/l	-
Karbondioksid	-	-
Nitrogendioksid	«tørr gass», lite vannløselig	-

## 2.2.4 Oppsummering

I denne studien er det løsdriftsfjøs som er i fokus. Agensene som kan gi eksponering, og som vil bli målt, er totalstøv, PM<sub>10</sub>, hydrogensulfid, metan, ammoniakk, nitrogendioksid, VOC og CO<sub>2</sub>. Andre agens, som ikke vil bli målt i denne studien, og som er aktuelle i løsdriftsfjøs er allergener, mykotoksiner og endotoksiner. I Tabell 2 er det en oppsummering av del 2.2 som viser type eksponering, dets opphav og helseeffektene av disse. Kolonnen med opphavet til de forskjellige mikroorganismene er skrevet med tanke på hvor de kan finnes i løsdriftsfjøs.

Tabell 2: Eksponering i landbruket og dets konsekvenser, oppsummering

Type eksponering	Opphav	Helseeffekter
<b>Endotoksiner</b>	Gram – negative bakterier (fra kuenes miljø der det finnes møkk)	Betennelseskapende effekt Influensalignende symptomer Astma
<b>Bakterier</b>	Dyr, husdyrrømmet, melk	Infeksjon
<b>Virus</b>	Dyr	Infeksjon
<b>Allergen</b>	Dyrefôr, pollen, dyrene selv	Allergisk reaksjon Utslett Reaksjoner i øyne Reaksjoner i nese Reaksjoner i lunge
<b>Muggsopp og mykotoksiner</b>	Muggent korn	Oppkast Diare Kreftfremkallende Immunhemmende Hormonhermende ODTS Astma
<b>Organisk støv</b>	Dyr, hud, høy, halm, mel, trevirke osv.	ODTS Allergisk alveoitt KOLS
<b>Metan</b>	Gjødselgass	Kvelning
<b>Ammoniakk</b>	Gjødselgass	Alvorlig øyeskade Hevelser i luftveiene

		Irritere øyne Irritere luftveier Astma
<b>Hydrogensulfid</b>	Gjødselgass	Hemmer den cellulære respirasjonen Irritere øyne Irritere luftveier
<b>Karbondioksid</b>	Dannes i silo	Kvalme Trang pust Bevisstløshet Død
<b>Nitrogendioksid</b>	Kan dannes i siloer ved å blande syre og ensileringssalt  Bileksos	Hoste med rødt slim Bevisstløshet Forverring av astma Bronkitt Svekket lungefunksjon
<b>VOC</b>	Silo Bygningsmaterialer Rengjøringsmidler Maling Lim Gulvbelegg	<u>Kortsiktige virkninger:</u> Hodepine Irriterte luftveier Irritert hud Lungebetennelse Bronkitt Plager med øyne, lunger og hals  <u>Langsiktige virkninger:</u> Astma Allergi Skade på sentralnervesystemet Påvirkning på indre organer

## 2.3 Grenseverdier, aktuelle referanseverdier og aktuelt regelverk

I denne delen blir det presentert hvilke rammer og regelverkskrav som bøndene må forholde seg til. Det som er litt spesielt med landbruket er at bøndene ikke bare må tenke på sitt eget arbeidsmiljø, men også inneklimate for dyrene. Det ideelle inneklimate for mennesker og det ideelle inneklimate for dyrene vil ikke nødvendigvis samsvare.

### 2.3.1 Kvalitetssystem i landbruket (KSL)

Som produsent må bønder kunne dokumentere Gyldig KSL når de leverer produktene sine (KSL, 2022). KSL, eller Kvalitetssystem i landbruket, er et verktøy som bøndene kan benytte til hjelp for å gjennomføre internkontroll. KSL samler alle krav, lover og forskrifter som gjelder for næringen på ett sted. Over 2000 sider med lover og regler er samlet i KSL. Et av fagområdene som inngår i KSL er helse, miljø og sikkerhet (HMS). Dette handler om sikkerheten både for bonden og for andre, og for å ivareta arbeidsmiljø, materielle verdier, ytre miljø og sikkerhet i forbindelse med salg av produkter og tjenester (Stiftelsen-Norsk-Mat, 2022)

### 2.3.2 Grenseverdier i arbeidsmiljøregelverk

Arbeidstilsynet har flere bestemmelser for hvordan arbeidsmiljøet skal være. I forskrift om tiltaks- og grenseverdier (Arbeidstilsynet, 2011), er følgende grenseverdier relevante for landbruket:

Tabell 3: Arbeidstilsynets grenseverdier for støv/gass som er relevante fra landbruket, hentet fra (Arbeidstilsynet, 2011)

Gass/støv	Grenseverdi 8 timer	Korttidsverdi (15 min) /takverdi
Ammoniakk NH <sub>3</sub>	15 ppm	50 ppm (korttidsverdi)
Hydrogensulfid H <sub>2</sub> S	5 ppm	10 ppm (takverdi)
Karbondioksid CO <sub>2</sub>	5000 ppm	
Nitrogendioksid NO <sub>2</sub>	0.5 ppm	1 ppm (korttidsverdi)
Organisk støv (målt som totalstøv)	5 mg/m <sup>3</sup>	

Tabellen ovenfor viser grenseverdiene over en åttetimers arbeidsdag, og eventuelle korttidsverdier/takverdier. Grenseverdien som gjelder over åtte timer betyr at den gjennomsnittlige konsentrasjonen ikke skal overskrides i en referanseperiode på åtte timer (Arbeidstilsynet, 2011). Noen av agensene har også korttidsverdier eller takverdier. En korttidsverdi betyr at grensen ikke skal overskrides i en referanseperiode på 15 minutter hvis ikke noe annet er oppgitt. Ved å bruke en grenseverdi normert over åtte timer så tillater dette kortvarige eksponeringer over grenseverdi hvis konsentrasjonen ellers gjør at gjennomsnittet for de åtte timene blir under grenseverdien (Arbeidstilsynet). Noen gasser har dermed også en grenseverdi for korttidseksponering. En takverdi er en maksimalkonsentrasjon som ikke skal overskrides.



Verdiene i Tabell 4 er mer relevant for kontorarbeidere enn bønder, men ble tatt med likevel for å ha et sammenligningsgrunnlag for kravene for klimafaktorer som gjelder for dyrene som står oppført i kapittel 2.3.3.

Tabell 4: Anbefalte verdier for noen klimafaktorer, hentet fra (Arbeidstilsynet) og (FHI, 2015)

Klimafaktor	Mål
Luftfuktighet	20 – 60 %
Lufthastighet	0.15 m/sek (ved lett arbeid)

### 2.3.3 Grenseverdier og anbefalte verdier for miljøet til storfe

Mattilsynet har en veileder til forskrift om hold av storfe (Mattilsynet, 2010). Der finnes det veiledende grenseverdier for gasser i rommet hvor dyrene oppholder seg:

Tabell 5: Grenseverdier for gass i husrom med storfe, hentet fra (Mattilsynet, 2010)

Gass	Internasjonale maksimumsverdier (CIGR)
Ammoniakk NH <sub>3</sub>	< 10 ppm
Hydrogensulfid H <sub>2</sub> S	< 0.5 ppm
Karbondioksid CO <sub>2</sub>	< 3000 ppm

Noe som er interessant å merke seg her, er at kravene for dyrenes miljø er strengere enn kravene til mennesker.

I tillegg til dette, har de også anbefalte verdier for andre klimafaktorer i fjøset:

Tabell 6: Anbefalte verdier for noen klimafaktorer, hentet fra (Mattilsynet, 2010)

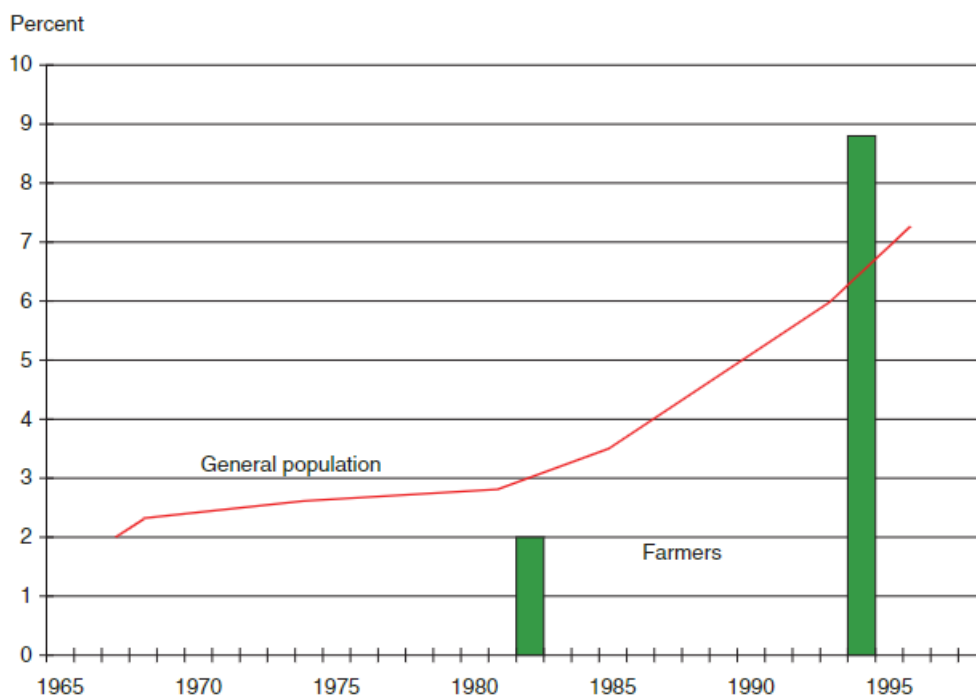
Klimafaktor	Mål	Kommentar
Lufthastighet i dyrenes oppholdssone v/vanlig romtemperatur i vintersesongen	Maks ca 0.2 m/sek	Dimensjonering og utforming av ventilasjonsanlegg
Relativ fuktighet i isolert bygning	50 – 80%	Av hensyn til støvdannelse, luftbårne mikroorganismer og kondensdannelse på konstruksjoner

## 2.4 Eksisterende kunnskap om eksponeringsnivåer i storfefjøs og luftveisplager hos bønder

I noen av studiene som er nevnt nedenfor ble det ikke konstatert hvilken type fjøs det gjaldt. Denne delen er derfor delt inn i tre deler. Den første delen omtaler studier om bønder som jobber med melkeproduksjon, men som ikke sier noe om hvilken type fjøs det gjelder. De to neste delene gjelder bønder som jobber i båsfjøs og løsdriftsfjøs, respektivt. Selv om denne studien handler om løsdriftsfjøs, så er det interessant å kunne se på løsdriftsfjøs i forhold til båsfjøs. Båsfjøs har derfor fått en del plass. Flere av studiene som omtales i kapittel 2.4 kan tenkes har blitt gjennomført i båsfjøs siden det begynner å bli en stund siden flere av de ble gjennomført.

### 2.4.1 I storfefjøs

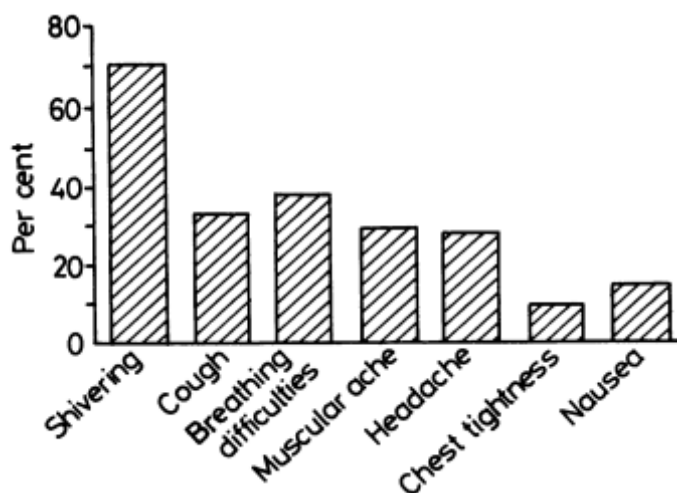
En studie gjort blant bønder som drev med melkeproduksjon fant større forekomst av luftveisplager som kronisk bronkitt, kronisk hoste, kronisk opphosting av slim og hvesing ved pusting blant bøndene, sammenlignet med en kontrollgruppe (Dalphin et al., 1998). Studien viste også at eksponeringen i fjøset ga sterkere symptomer for nevnte luftveisplager, enn det røyking gjorde. Det var derimot lite forskjell mellom bøndene og kontrollgruppen når det gjaldt astma-relaterte symptomer. Dette var en studie med undersøkelser som fant sted *en* gang i 1994, men en annen studie fant at langtidseffekten av det å være bonde ga større sjanse for å utvikle astma ved å følge de samme bøndene over mange år (Rask-Andersen, 2011). Rask-Andersen (2011) undersøkte bønder i Sverige, hvor flesteparten av disse var melkebønder (74%). Bønder ble kontaktet, sjekket og intervjuet i 1982, og igjen i 1994 for de som fortsatt levde. I Figur 7 kan man se resultater fra denne studien. Figuren viser at i starten av studien så var det mindre forekomst av astma blant bønder i forhold til resten av befolkningen i samme område og aldersgruppe, mens 12 år senere så er det det motsatte som var tilfellet. Flere av bøndene i studien som hadde sluttet med melking eller sluttet arbeide på gården i det hele tatt, kunne også fortelle at de hadde mindre symptomer etter de sluttet.



Figur 7: Forekomst av astma hos svenske bønder i 1982 og 1994, sammenlignet med resten av befolkningen i samme område og i samme aldersgruppe, hentet fra (Rask-Andersen, 2011)

Fra resultatene av begge disse studiene, kan det da se ut til at astma som en konsekvens av å være eksponert som bonde, ikke kommer av korttidseksponering, men ved eksponering over lang tid. Det er verdt å merke seg at denne studien er basert på data som begynner å bli litt gamle. En nyere studie gjort på luftforurensning generelt, altså ikke i fjøs, klarte å assosiere korttidseksponering med astma (Liu et al., 2019).

I en studie blant en gruppe svenske bønder, hvor de fleste var melkebønder, kom det fram at det var vanlig å ha episoder med organic dust toxic syndrome (ODTS) blant bøndene (Rask-Andersen, 1989). I tillegg til feber hadde bøndene symptomene som vist i Figur 8. 44% av bøndene hadde opplevd det en gang, mens resten hadde opplevd det flere ganger. 85% av bøndene med ODTS kunne selv se at materialet de jobbet med tydelig hadde mugg. Bøndene ble eksponert for korn som ble brukt til foring av dyrene, men også høy og halm til dyrenes underlag. De fleste tilfellene ble framprovosert av eksponering for korn med mugg. Kornet kunne bli muggent hvis det var vått. Studien pekte på forskjellige grunner til at kornet kunne bli vått; for eksempel uvanlig mye innhøstet korn, vått vær eller feil som skjedde under lagring (for eksempel vannlekkasje inn på lagringsstedet).



Figur 8: Symptomer ved et anfall med ODTS, i tillegg hadde alle feber. Hentet fra (Rask-Andersen, 1989)

Forekomst av KOLS blant bønder har blitt undersøkt, og resultatene varierer noe. I en fransk studie viste det seg at det ikke er noe spesielt mye forekomst av KOLS sammenlignet med resten av befolkningen, men røyking blant melkebønder var mindre vanlig enn for resten av befolkningen (Soumagne et al., 2020). I en studie fra Makedonia (Stoleski et al., 2015) fant de at forekomsten av KOLS blant melkebønder var 10.7%, mens blant kontorarbeidere var det 2.7%. Soumagne et al. (2020) peker på forskjeller i eksponeringen for organisk støv som grunnen til at det finnes varierende resultater. Studien peker på variasjoner som forskjellig produksjonstype, forskjellig klima, hvor moderne gården var, og størrelsen på gården.

Nedgang i oksygenmetningen i blodet har også blitt dokumentert hos melkebønder (Chaudemanche et al., 2003). Resultatene fra studien antydte at det var flere grunner til dette, annet enn obstruksjon i lungene. En forklaring kunne være eksponeringen for organisk støv, og spesielt endotoksiner, siden dette har vist seg kan skape betennelsesreaksjoner i lungene (Se Tabell 2). Studien konkluderte også med at de ikke fant noen sammenheng mellom allergier og lungefunksjonen. I andre studier, derimot, har det vist seg å være en sammenheng mellom atopi og lungesykdommer som for eksempel kronisk bronkitt (Terho et al., 1995).

I Figur 9 vises resultater fra en studie fra en alperegion i Sveits, av målinger fra seks storfe fjøs (Cathomas et al., 2002). Disse målingene samlet organisk støv av flere forskjellige fraksjoner. I studien var det også mange av bøndene som hadde utviklet lungesykdommer, og studien konkluderte med at eksponeringen av organisk støv over mange år kunne være en stor faktor for utvikling av KOLS.

Building no.	Sampling season	TSP ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>10</sub> (% TSP)	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>2.5</sub> (% PM <sub>10</sub> )
1	early winter	997	638	64%	35	4%
	late winter	2053	1535	75%	110	7%
	summer	4747	2803	59%	192	7%
2	early winter	1727	1295	75%	90	7%
	late winter	3532	2207	62%	196	9%
	summer	7312	4862	66%	385	8%
3	early winter	1469	1275	87%	97	8%
	late winter	1990	1460	73%	88	6%
	summer	2653	1511	57%	76	5%
4	early winter	447	270	60%	9	4%
	late winter	463	247	53%	10	4%
	summer *	–	–	–	–	–
5	early winter	267	154	58%	8	2%
	late winter	154	109	71%	0	0%
	summer	227	76	33%	0	0%
6	early winter	293	200	68%	13	6%
	late winter	225	136	60%	48	35%
	summer	572	329	58%	0	0%

Figur 9: Resultater fra en studie i alpene, hentet fra (Cathomas et al., 2002)

### 2.4.2 I båsfjøs

Popescu, Borda & Djugan (2011) fant store variasjoner i mikroorganismene i luften fra fjøs til fjøs (Popescu, Borda, & Djugan, 2011). Resultatene varierte etter faktorer som antall dyr, hvilket underlag som ble brukt, hygienen i fjøset, temperatur, fuktighet og ventilasjon. Studien konkluderte med at innholdet av bakterier og muggsopp i luften i fjøs ofte var høyt. Noen av soppene de hadde funnet hadde tidligere blitt assosiert med allergier og blitt sett på som skadelige for arbeiderne. Siden flere faktorer gjorde at luften varierte så mye som den gjorde kunne også luften relativt enkelt bli forbedret med noen tiltak, som for eksempel hygiene regler og ventilasjon.

I en polsk studie fra 2014 så de på sopp og soppsporer i luften, og sammenlignet luften i båsfjøs, løsdriфтsfjøs og et kalvefjøs (Pusz et al., 2014). Deres resultater indikerte at det var høyere konsentrasjon av CFU (colony-forming unit) i båsfjøs om vinteren enn om sommeren, mens i løsdriфт og kalvefjøs var det motsatt. Utenom det var det ikke store forskjeller mellom løsdriфт og båsfjøs.

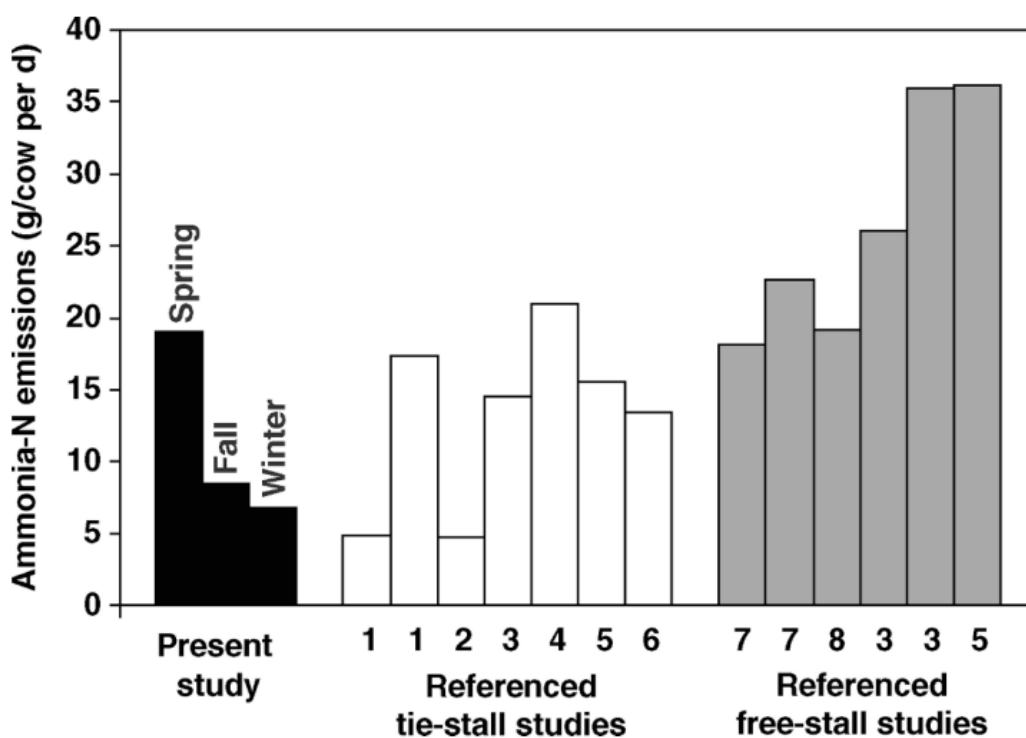
I Romania ble åtte båsfjøs undersøkt for bakterier i luften om vinteren (Popescu, Borda, Mahdy, et al., 2011). De konkluderte med at de høye konsentrasjonene av bakterier og sopp i luften økte risikoen for å utvikle sykdommer for både dyrene som bodde der, og menneskene som arbeidet der. Det var også mulig for melka å bli forurenset av disse mikroorganismene.

Bakutis et al. (2004) har også målt bakterier i båsfjøs. Denne studien sammenlignet også storfe fjøs med grisefjøs og hønsefjøs. Selv om både Bakutis et al. (2004) og Popescu, Borda, Mahdy et al. (2011) fant en del bakterier i storfe fjøs, så er det generelt mindre bakterier i storfe fjøs sammenlignet med fjøs med gris og høner (Bakutis et al., 2004).

I Romania i 2010 ble det gjennomført en studie på bakterier og gasser som ammoniakk, karbondioksid og hydrogensulfid i båsfjøs med melkeproduksjon (Popescu et al., 2010). Denne undersøkelsen omfattet 40 gårder, og ammoniakk ble funnet på alle gårdene, mens

hydrogensulfid ble ikke funnet på noen av gårdene. Mer enn halvparten av fjøsene hadde dårlig luftkvalitet på grunn av ammoniakken. Resultatene fra studien indikerte at det var sammenheng mellom ammoniakkonsentrasjonen og temperatur og relativ fuktighet i luften. Både Popescu et al. (2010) og Eduard et al., (2004) fant altså at ammoniakk var et problem i stofefjøs.

Ammoniakkonsentrasjonen i båsfjøs er ofte lavere enn konsentrasjonen i løsdriftsfjøs (Powell et al., 2008). Powell et al. (2008) målte ammoniakk i en båsfjøs, og sammenlignet det med andre studier (se Figur 10). En av grunnene som studien peker på er forskjellen i overflatearealet hvor kuenes avføring og urin havner. I båsfjøs ligger vanligvis all avføringen og urinen i renner bak hvor kuene står oppstilt, før det så blir skrapet vekk. I løsdriftsfjøs er det et mye større areal hvor kuene kan gjøre fra seg hvor de vil.



Figur 10: Sammenligning av ammoniakkutslipp i båsfjøs og løsdriftsfjøs, hentet fra (Powell et al., 2008)

### 2.4.3 I løsdriftsfjøs

I Tabell 7 kan man se konsentrasjoner av inhalerbart støv, fra løsdriftsfjøs som er målt på noen forskjellige steder i Europa (Takai et al., 1998). Studien sammenlignet støveksponering fra både storfe, gris og høner. Støvkonsentrasjonene de målte var generelt lave i storfefjøs.

Tabell 7: Inhalerbart støv funnet i løsdriftsfjøs forskjellige steder i Europa, hentet fra (Takai et al., 1998)

	Sommer	Vinter
England	-	0.1 mg/m <sup>3</sup>
Nederland	0.14 mg/m <sup>3</sup>	0.22 mg/m <sup>3</sup>
Danmark	0.44 mg/m <sup>3</sup>	0.28 mg/m <sup>3</sup>
Tyskland	-	1.22 mg/m <sup>3</sup>

Arbeidere som jobbet i fjøs med automatisk melking i Danmark var i gjennomsnitt utsatt for dobbelt så høye verdier med støv som de som brukte melkegrav eller et rørmelkeanlegg (Basinas et al., 2014). Basinas et al. (2014) mente det var usannsynlig at det var melkeroboten i seg selv som støvet mye, fordi fjøs med melkerobot og fjøs med rørmelkeanlegg har helt forskjellige rutiner rundt gjennomføringen og strukturen på arbeidsoppgavene sine. For eksempel så var det færre arbeidere i fjøs med melkerobot. I løpet av studien gikk to av gårdene over fra melkegrav til melkerobot. Det resulterte i færre arbeidere fordelt på like mange dyr. En annen grunn studien pekte på var forskjell i tiden de brukte på de forskjellige arbeidsoppgavene. Mens bønder som ikke hadde melkerobot brukte mer tid på melking og aktiviteter relatert til melking, så brukte bønder med automatisk melking mer tid på andre aktiviteter som ga mer støveksposering. Disse aktivitetene var for eksempel håndtering av silo, håndtering av dyrenes underlag og reparasjoner. Selv om disse arbeidsoppgavene må gjøres for begge typer fjøs så kan det tenkes at utformingen av løsdriftsfjøs med større areal, flere dyr og færre arbeidere gjør at det går mer tid til slike oppgaver enn det gjør i for eksempel båsfjøs. I fremtiden hvor flere bønder benytter seg av automatisk melking, så mener derfor denne studien at det kan bli en større utfordring med støveksposering.

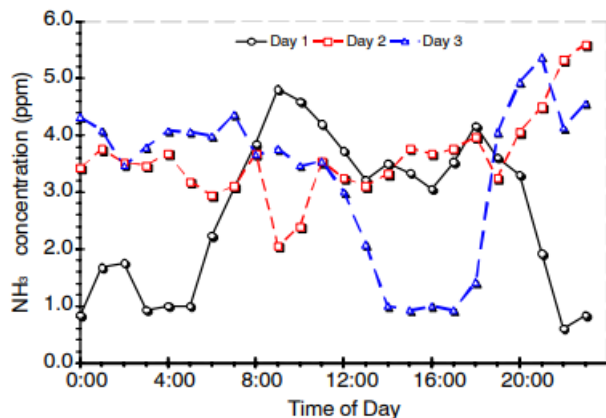
Marescaux et al. (2016) undersøkte om det var noen forskjeller mellom moderne og tradisjonelle fjøs som påvirket sjansen for å utvikle KOLS (Marescaux et al., 2016). Studien viste at det var mindre forekomst av KOLS hos melkebønder som arbeidet på moderne gårder. Røykere og eks- røykere blant bøndene ble også kartlagt, resultatet viste at effekten av å arbeide i et tradisjonelt fjøs og å samtidig røyke, har en forsterkende effekt på hverandre for å utvikle KOLS hos bonden.

I New Ohio, fant de lave og akseptable konsentrasjoner av ammoniakk, hydrogensulfid og støv i to nye løsdriftsfjøs med naturlig ventilasjon (se Tabell 8) (Zhao et al., 2007). Gjødselkjelleren befant seg på utsiden av bygningen.

Tabell 8: Konsentrasjoner av ammoniakk, hydrogensulfid og støv, hentet fra (Zhao et al., 2007)

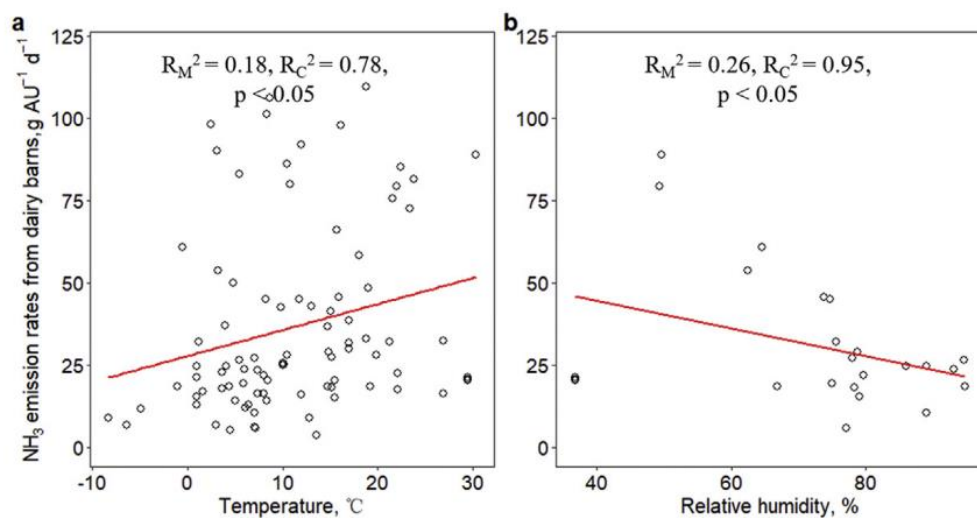
Agens	Konsentrasjon
Ammoniakk	0.3 – 3 ppm
Hydrogensulfid	2 – 31 ppb
Støvkonsentrasjon	1.1 mg/m <sup>3</sup> (fjøs 1), 0.2 mg/m <sup>3</sup> (fjøs 2)

Fjøsene ble overvåket over lengre tid, for å kunne avdekke variasjoner gjennom året. Det termiske klimaet i fjøsene ble sterkt påvirket av forholdene utenfor fjøset (vær og årstid). I det ene fjøset var det ingen variasjoner i støvkonsentrasjon gjennom året, mens i det andre var det høyere konsentrasjon i august. Hydrogensulfid varierte uten noen åpenbar trend, mens ammoniakk viste høyest konsentrasjon i juni. Figur 11 viser et eksempel på hvordan konsentrasjonen av ammoniakk kunne variere over tre forskjellige dager i et av fjøsene i studien.



Figur 11: Eksempel på daglige svingninger av ammoniakkonsentrasjonen i en fjøs, hentet fra (Zhao et al., 2007)

Siden Figur 10 viser at det ofte blir målt mer ammoniakk i løsdriiftsfjøs enn i båsfjøs, kan det være interessant å se på hvilke faktorer som kan påvirke ammoniakk. Qu et al. (2016) har gjennomført en metaanalyse og så på hvordan temperatur og relativ fuktighet kunne påvirke ammoniakkonsentrasjonen i fjøs med melkeproduksjon (Qu et al., 2021). Resultatene viste at høyere temperatur ga høyere ammoniakkutslipp, mens høyere relativ fuktighet ga lavere ammoniakkutslipp (se Figur 12).



Figur 12: Sammenheng mellom temperatur og ammoniakk, og temperatur og relativ fuktighet, hentet fra (Qu et al., 2021)



### 3 Metode

I studiene nevnt i kapittel 2.4, så er det pekt på mange forskjellige faktorer som kan påvirke eksponeringen, som for eksempel type husdyr, type fjøs, forskjellig ventilasjon, hvor fjøset befinner seg (geografisk), årstid, type melkesystem, størrelsen på gården osv. I denne delen av oppgaven, så blir det først en beskrivelse av fjøsene og for å kunne identifisere disse forholdene som kan føre til eksponering. Deretter følger en beskrivelse av måleutstyret som ble brukt og hvordan det ble brukt. Så kommer en beskrivelse av datainnsamlingen og deretter dataanalysen.

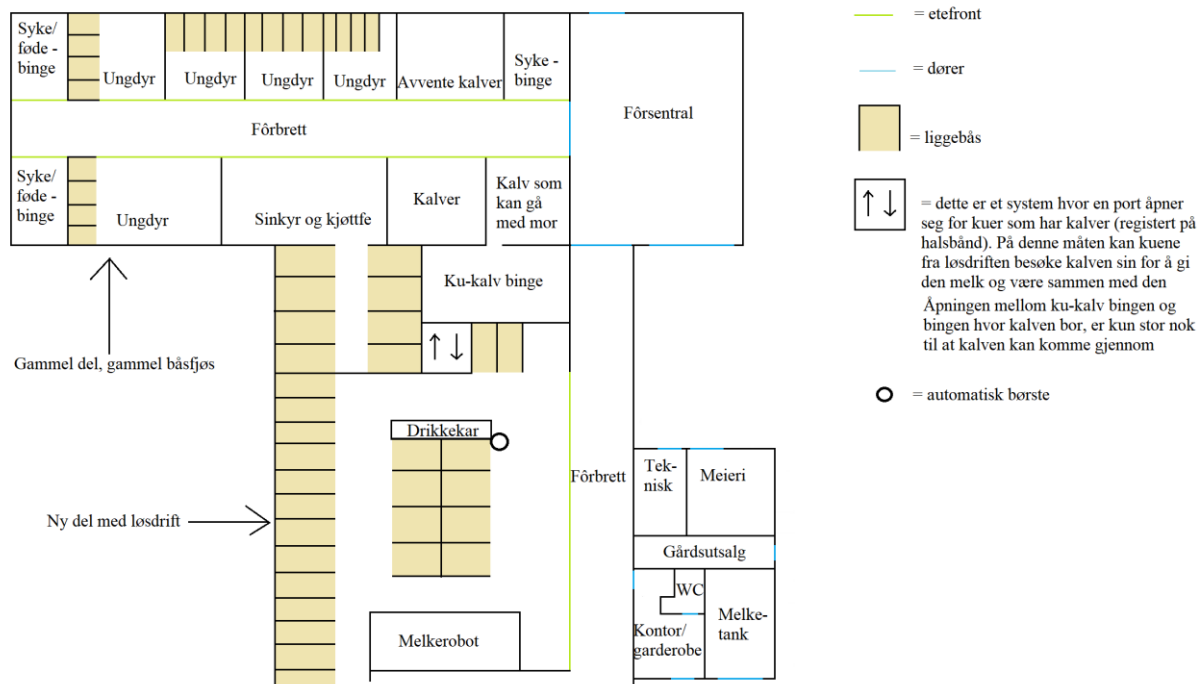
Denne studien har basert seg på datainnsamling fra tre forskjellige gårder med melkekyr i løsdrift. Datainnsamlingen foregikk i totalt tre uker, med en uke på hver gård. Før datainnsamlingen startet, ble det gjennomført et besøk på en av gårdene for å få mer kunnskap om hva man skulle se etter og spørre om.

#### 3.1 Beskrivelse av gårdene

Til hver av gårdene har det blitt laget en skisse over hvordan fjøset så ut og var innredet. Disse skissene er ikke nødvendigvis helt riktige med tanke på størrelsen på de forskjellige bingene/rommene i forhold til hverandre og antall liggebåser.

##### 3.1.1 Gård 1

###### Beskrivelse av selve fjøset



Figur 13: Skisse over fjøs 1

Gård 1 har tidligere vært et bås-fjøs, og har nylig har blitt bygd ut og gjort om til løsdrift. En skisse over gård 1, kan sees i Figur 13. Den gamle delen som før var bås-fjøset, blir nå brukt til kalver, ungdyr, sinkyr og sykebinge. Dette er altså dyr som ikke melker. I den nye løsdriftsdelen befinner melkekuene seg. Den gamle delen er 10.8 m x 25.8 m, og den nye delen er 16.4 m x 20.8 m. Den nye delen har blitt bygd under en eksisterende låve, noe som

har gitt en begrensning for hvor høyt det kan være under taket. Hver side av løsdriftsdelen har noe høyere tak, da dette ligger på utsiden av den eksisterende låven. Det vil si ca. området over forbrettet på ene siden, og området over liggebåsene på andre siden.

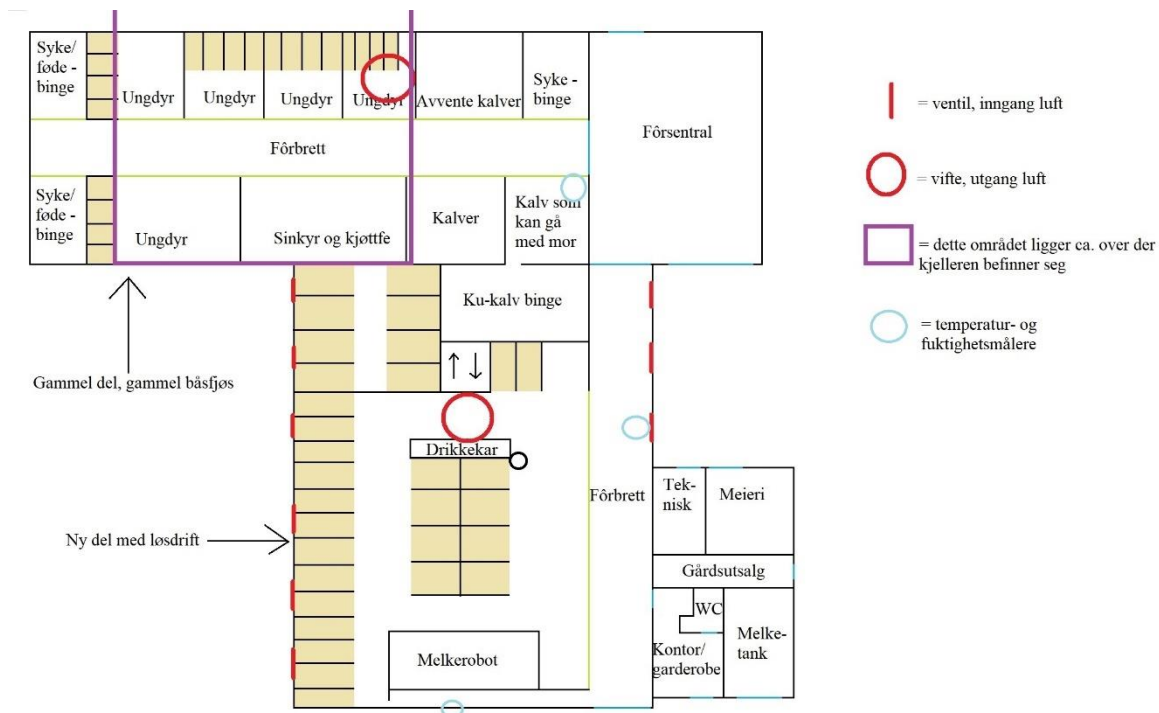
Fjøs 1 benytter seg av automatisk melking ved hjelp av en melkerobot av merket Lely. I dette fjøset finnes det også en robot som jevnlig kjører og samler opp møkk (se Figur 14), for så å tømme det i et nedslipp nær sinkyrene. Nedslippet har en åpning ned til kjelleren på ca. 1m x 0.4 m. Roboten rekker ikke over hele gulvet, så derfor må bøndene manuelt skrape disse stedene. Det gjelder for eksempel inne i melkeroboten, i hjørner og på liggebåsene da disse er forhøyet i forhold til gulvet. Møkka må da skrapes dit der det er tilgjengelig for denne roboten. Ved melkeroboten er det et rør som går fra melkeroboten og til kjelleren. I liggebåsene og i bingene strøs det med rå sagflis.



*Figur 14: Til venstre: Robot som samler gjødsel, til høyre: ku som børster seg. Oppe til høyre på sistnevnte bildet kan man også se en av viftene som trekker luft ut av fjøset, og ovenfor vinduene på veggen bak kan man se ventilene hvor luften kommer inn. Foto: Ellen K. B. Johansen*

Fjøs 1 benytter seg av undertrykksventilasjon, også kalt avtrekksventilasjon. Ventilasjonen i fjøset består av vifter i taket som drar luften ut, og ventiler langs veggene hvor luften kommer inn (se Figur 14 og Figur 15). Hvor mye luft som går inn og ut er avhengig av temperaturen. Anlegget prøver å regulere dette etter en forhåndsinnstilt temperatur. I den nye løsdriftsdelen er det ni ventiler langs øverste del av vegg. Ventilene i den gamle delen hadde enda ikke blitt montert på det tidspunktet datainnsamlingen ble gjort. I løsdriftsdelen er det en automatisk børste som kuene kan benytte seg av om de ønsker det (se Figur 14).

Fjøs 1 har gjødselkjeller delvis under den gamle delen, og som fortsetter ut av fjøset. Utenfor er det også en ekstra kum til gjødslet (se Figur 15). Gulvet som befinner seg over kjelleren er spaltegulv, med åpning til kjelleren. I resten av fjøset er det tett betonggulv.



Figur 15: Skisse av ventilasjon, plasseringen av kjeller og plasseringen av temperatur- og fuktighetsmålerne i fjøs 1

Fôringen i fjøset foregår ved at man kjører en minilaster fra fôrsentralen og inn på fôrbrettet til både den gamle og den nye delen. Denne fôringen tilhører ingen fast rutine, men blir kjørt ut ved behov. Fôret blir blandet i en fôrblander i fôrsentralen som blander sammen rundball og kraftfôr.

I fjøs 1 går kalvene sammen med mor så lenge de trenger melk. Kua går i løsdrifta sammen med de andre kuene, men hun har også tilgang på en bingje hvor hun kan møte kalven (se Ku-kalv bingen plassert i fjøset i Figur 13). Etter kua har kalvet blir det registret, og chipen hun bærer på gjør at åpningen inn til ku-kalv bingen åpner seg når hun går dit. Kalven har en egen bingje, og har i tillegg tilgang til denne bingen via en åpning som er stor nok for kalven, men ikke for den voksne kua. I tillegg til dette får kalvene melk via et automatisk system. Dette er en boks inne i kalvenes bingje hvor ferdig pasteurisert melk blir porsjonert ut når kalvene går inn i boksen.

### Vaskerutiner og kjemikalier

Husdyrrommet blir vasket en gang i året om sommeren. Det er automatisk rengjøring av både melketanken og melkeroboten, med vaskemidler som doseres automatisk. Området på utsiden av melkeroboten vaskes en til to ganger i uken, og da vaskes også vinduet ved roboten. De andre vinduene blir vasket omtrent en gang i måneden. Vaskevannet fra fjøset går ned i gjødselkjelleren. I Tabell 9 er det en oversikt over vaskemidlene som blir benyttet i dette fjøset.

Tabell 9: Kjemikalier i fjøs 1

Kjemikalie/vaskemiddel	Hva blir det brukt til	Hvordan blir det brukt	Hvor mye og hvor ofte blir det brukt
Lely Astri Lin Lely Astri Cid	Vaske melkeroboten	Vaskes automatisk	Astri Lin varer en dunk på 25 kg i ca. en måned  Astri Cid varer en dunk på 24 kg ca. to måneder
Alkali NonP, DeLaval Cid NonP, DeLaval	Vaske tanken	Vaskes automatisk	Begge disse dunkene varer ca. 6 måneder
Felleskjøpet sin fjøsvask	Vasker utsiden av melkeroboten og området rundt	Skumlegger og deretter høytrykksspyler	Bruker ca. 0.5 – 1 liter, 1-2 ganger i uka
Virkon S, Lanxess	Få bort sporer i fôrlageret, eller der kalvene er. Kan brukes mellom innsett i bingen ved for eksempel sykdom hos kalver	Pulver blandet med vann, skum som ligger og tørker	Brukt en gang, og det fungerte ikke
Vann	Vask av fjøs	Høytrykksspyler	

### Dyr og arbeidere

I fjøs 1 er det mellom 65 og 70 storfe til enhver tid. Under målingene var det 24 melkekyr, 19 kviger, 17 okser og 4 kjøttfe. De har jevnlig kalvinger gjennom året for å ha kontinuerlig melkeproduksjon på gården. Hver måned kommer det omtrent tre til fire nye kalver.

Det er hovedsakelig to bønder som driver denne gården, med noe hjelp fra resten av familien.

### Arbeidsoppgaver

Arbeidsdagen i selve fjøset er noe oppdelt. Dagen starter med morgenstell, og bonden anslår at det tar ca. 45- 60 minutter. På formiddagen er det en liten sjekk med litt skraping av møkk (ca. 10 minutter). Ettermiddagsrunden skjer i 15-16 tiden (ca. 30 minutter), og deretter en kveldsrunde før dagen er over (ca. 15 minutter). Da dette fjøset kun besto av den gamle delen med båsfjøs så brukte bonden ca. 7 – 8 timer på fjøsarbeid hver dag. Etter det ble lagt om til løsdrift tar de vanlige fjøsstellene til sammen omtrent 3 timer.

Arbeidet som blir beskrevet nedenfor tilhører den noenlunde faste rutinen for de forskjellige stellene. Morgenstellet består av å skrape i løsdriftsdelen og i de forskjellige bingene. Etter møkka er fjernet blir det strødd med sagflis. I den gamle delen som ikke ligger over kjeller,

må møyka manuelt fjernes med gaffel og trillebår. Filteret i drikkekaret blir også rensert på morgenstellet. På fôrbrettet blir fôret kostet mot kuene om det ligger litt spredt utover. På formiddagen blir det skrappt møyk både i løsdriftsdelen og i bingene. På ettermiddagsrunden blir det skrappt møyk i løsdriftsdelen og i bingene, og filteret i drikkekaret blir rensert for høyrester. Kveldsstellet er tilnærmet lik formiddagsstellet.

I tillegg til den faste rutinen, så kommer det også ting som må gjøres etter behov. Eksempler på dette er hvis en ku har kalvet, rengjøring av sykebinge/fødebinge mellom kuene som har stått der, bytting av halm hos kalver, dyrlegebesøk, utkjøring av fôr med minilaster om det er tomt, passe på at alle kuene har melket seg og lede de til roboten hvis de ikke har gjort det osv.

I Figur 16 er det illustrasjoner fra noen av arbeidsoppgavene i fjøs 1.



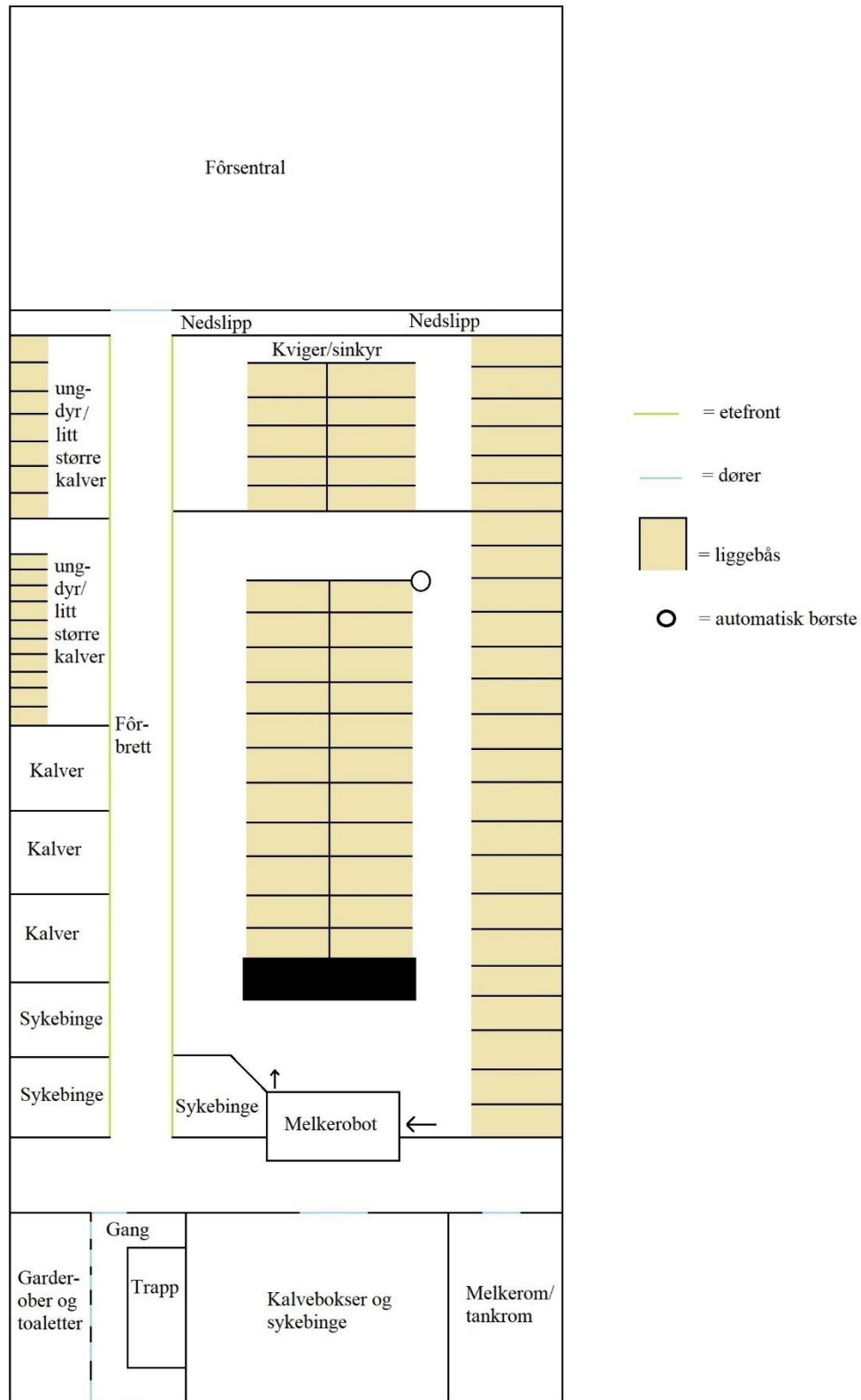
Figur 16: Illustrasjoner fra de forskjellige arbeidsoppgavene. Fra venstre til høyre: bonden bærer inn nytt halm til kalvene, bonden henter nytt halm i førsentralen, bonden skrapper møyk i fjøset, bonden spar ut av fødebingen etter ku har stått der noen dager med nyfødt kalv. Foto: Ellen K. B. Johansen

Dyrene klippes omtrent 3 ganger i året. Dette gjøres mellom fjøsstellene over flere dager. Estimert tid på klipping er 15 – 20 timer per runde med klipping. I tillegg til dette så klippes hår på jurene ved behov, da hår på jurene kan gjøre det vanskelig for melkeroboten å finne spenene. Kuene i løsdriftsdelen har, som nevnt, en automatisk børste de kan børste seg på, og det resulterer i at bonden bruker mindre tid på å børste kuene nå, enn da det enda var bås fjøs. Kuene er likevel svært kontaktsøkende, og bonden blir ofte stående å kose med kuene når de kommer bort.

Alle kalvene blir avhornet mens de er små. Dette gjøres under narkose med varme av dyrlege. Dette gjøres fortløpende mens kalvene er mellom 1 – 4 uker. Når dyrlegen avhorer kalvene, så sitter bonden sammen med dem og holder kalven. Dette kan potensielt resultere i eksponering for partikler i røyken fra varmeapparatet.

### 3.1.2 Gård 2

#### Beskrivelse av selve fjøset

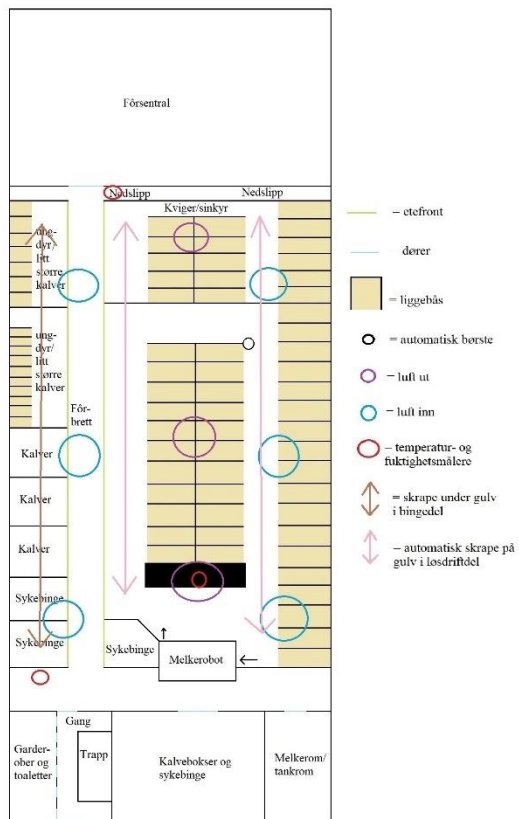


Figur 17: Skisse over fjøs 2. Kjelleren ligger under store deler av fjøset, og starter ca. ved den svarte firkanten på skissen og fortsetter mot førsentralen

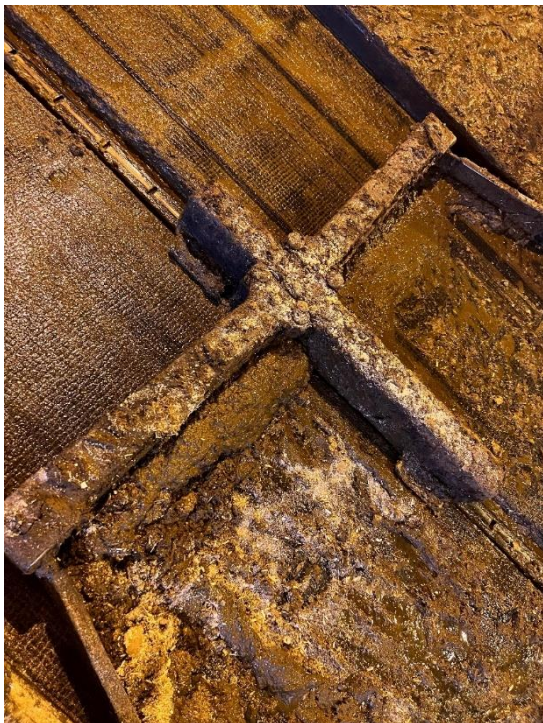
Gård 2 er en økologisk besetning. Fjøset ble bygget i 1980 som en båsfjøs, og i 2007 ble denne omgjort til en løsdriftsfjøs, men ingen arealendringer ble gjort i den anledning. Arealet av fjøset (ikke inkl. fôrsentralen) er omtrent 22m x 36 m, med ca. 4 meter opp til hvor taket begynner å skrå seg. Fjøset består av et fôrbrett med binger til kalver og unge dyr på den ene siden og melkekuene i løsdrift på den andre siden (se Figur 17). Fjøs nummer 2 skiller seg ut fra de andre gårdene, ved at dette ikke er en privat gård med en eller to bønder, men en landbruksskole. Dette er altså en arbeidsplass for flere ansatte som arbeider vanlige åtte timers dager, og resten av stellet på kveldstid og i helger blir gjort av elever.

Fjøs 2 benytter seg av automatisk melking ved hjelp av en melkerobot (Lely A5). Fjøset har også tre gjødselskraper som går på skinner; to i løsdriftdelen og en langs bingene med ungdyr (se Figur 18 og Figur 19). Under fjøset ligger det en gjødsekjeller som er delt i to. Kjelleren starter omtrent ved den svarte boksen i Figur 17 og forsetter mot fôrsentralen, og dekker mesteparten av fjøset. Den første delen av kjelleren er mindre enn den andre delen og har mest vaskevann. Dette blir pumpet over i den andre større delen. I løsdriftsdelen er det tett gulv med matter, og skrapen slipper gjødslet ned i kjelleren i åpne nedslipp som finnes i enden av skrapene. I rekken med binger er det spaltegulv hvor gjødslet faller ned på et gulv under spaltene. Langs dette gulvet, med skrape, så finnes det flere nedslipp til kjelleren. I liggebåsene har ikke skrapene tilgang til møkka om det skulle ligge noe der. Bonden må derfor manuelt skrape liggebåsene og eventuelt andre områder som skrapen ikke har tilgang. Etter det er skrapet, blir det strødd med sagflis.

Fjøset benytter seg av undertrykksventilasjon, også kalt avtrekksventilasjon, og har seks diffusere hvor luften kommer inn, og tre vifter som trekker luften ut av bygningen (se Figur 18). Ventilasjonen trekker luft fra utsiden av bygningen, og prøver å holde temperaturen stabil på en forhåndsbestemt temperatur. Om vinteren går ventilasjonsanlegget på et lavere turtall, siden det allerede er kaldere.



Figur 18: Bildet viser plasseringen av ventilasjonen, temperatur- og fuktighetsmålerne og de automatiske skrapene. Foto: Ellen K. B. Johansen



Figur 19: Gjødselsskraper i fjøs 2 som trekkes på skinner langs gulvet. Foto: Ellen K. B. Johansen

I fjøs 2 har de en fôrblender som blander sammen rundballer og silo. Fra fôrblenderen går fôret på et bånd ned i en automatisk fôringsvogn. Denne kjører på faste tider i døgnet ut med fôr til dyrene (se Figur 20 og Figur 21).





Figur 20: Fôrblander og fôrvogn. Foto: Ellen K. B. Johansen



Figur 21: Fôrvogn som kjører ut fôr til dyrene. Foto: Ellen K. B. Johansen

Kalvene som ikke enda spiser mye fast føde, mates med pasteurisert melk. Denne må manuelt bæres ut til kalvene i bøtter, før de blir tømte over i en beholder som kalvene kan drikke av (se Figur 22).



Figur 22: Kalver som drikker melk. Foto: Ellen K. B. Johansen

### Vaskerutiner og kjemikalier

Selve fjøset vaskes en gang i året. Daglige rengjøringsrutiner består av å skrape i fjøset, og området rundt melkeroboten blir spylt med høytrykksspyler tre ganger om dagen. Sykebinger blir vasket mellom hver bruk, og kalveboksene vaskes og steames med varmtvann mellom hver kalv, for å fjerne bakterier. Melkeroboten og melketankes rengjøres automatisk. Filteret på melketanken blir byttet tre ganger om dagen. I Tabell 10 kan man se hvilke rengjøringsmidler som blir benyttet i dette fjøset.

Tabell 10: Kjemikalier i fjøs 2

Kjemikalie/vaskemiddel	Hva blir det brukt til	Hvordan blir det brukt
<b>Fjøsvaske fra Fellekjøpet</b>	Årlig rengjøring Vask av sykebinger	Skumlegger
<b>Lely Astri Lin</b>	Vaske melkeroboten	Vaskes automatisk
<b>Lely Astri Cid</b>		
<b>Alkali NonP, DeLaval</b>	Vaske tanken	Vaskes automatisk
<b>Cid NonP, DeLaval</b>		
<b>Vann</b>	Vask generelt	Høytrykksspyler

### *Dyr og arbeidere*

Fjøs 2 har 37 melkekuer og 55 andre storfe. I løpet av et år kommer det ca. 45 nye kalver, og det er ansatte sammen med elever som arbeider i fjøset. Det foregår også noe undervisning i fjøset.

### *Arbeidsoppgaver*

De ansatte starter på jobb i fjøset klokken 07, og tar morgenstellet. Klokken 15 er ettermiddagsstellet ferdig. Elever tar seg av kveldsrunden mellom klokken 19.30 og 21.30.

På morgenstellet blir det byttet filter på melketanken, skrapet og strødd hos dyrene, gitt melk til kalver og området rundt melkerobot blir spylt.

Etter lunsj blir det igjen skrapet og strødd hos dyrene, og enda en gang før de avslutter arbeidsdagen klokken 15.

Elevenes kveldsrutine:

- Skifte filter på roboten
- Skrape og strø i løsdrikt og hos dyr i binger
- Fylle fôrblander
- Gi melk til kalver
- Melke kuer som trenger det

Se Figur 23 for illustrasjoner på noen av arbeidsoppgavene.



*Figur 23: Noen arbeidsoppgaver. Fra venstre til høyre: bonde som triller grovfôr ut til kuer (fôrblander ødelagt denne dagen), bonde som klipper okse, bonde som tar speneprøve, bonde som fyller nytt strø i trillebår. Foto: Ellen K. B. Johansen*

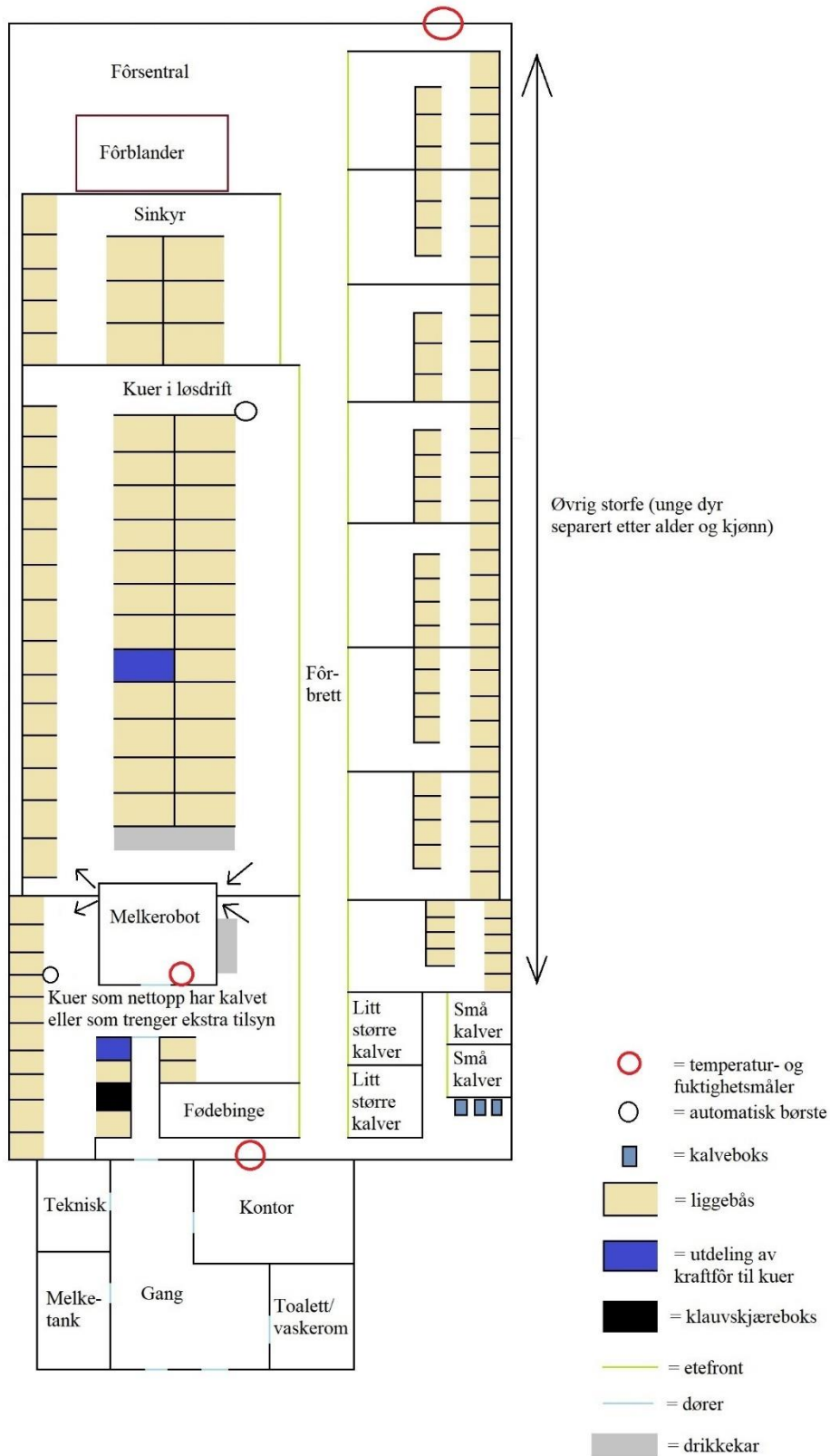
I tillegg til de faste rutinene, kommer arbeidsoppgaver som må gjøres etter behov. Dette kan være syke kuer som trenger tilsyn eller hjelp, dyrlegebesøk, maskiner som går i stykker, kalving osv.

Kuene klippes om høsten når de kommer inn fra beite. Hår på jur og haler klippes etter behov. Fjøset har en automatisk børste som kuene kan benytte seg av, men elevene børster også kuene litt for hånd.

Avhorning skjer fortløpende. Det kommer som nevnt ca. 45 nye kalver hvert år, og omtrent halvparten av disse blir avhornet, da ikke alle har anlegg for horn. Dette blir gjort av dyrlege, og bonden sitter ikke sammen med dyrlege når dette foregår.

### 3.1.3 Gård 3

#### Beskrivelse av selve fjøset



Figur 24: Skisse av fjøs 3 med plasseringen av temperatur- og fuktighetsmålerne

Fjøs 3 ble bygd nytt i 2016 hvor det tidligere sto et båsfjøs. Husdyrrommet er 45.6m x 20.6m med en fôrsentral i enden (se Figur 24 og Figur 25 for skisse og bilde av fjøset). Langs veggen er det 2.6m opp til der taket begynner å skrå seg mot midten, og på det høyeste punktet er det omtrent 9 meter opp til det høyeste punktet i taket. Langs fjøset er det et fôrbrett, med kuer som melker og sinkyr på den ene siden, og binger med kalver og ungdyr på den andre siden.



Figur 25: Bilde fra fjøs 3, med plassering av temperaturmålere. Foto: Ellen K. B. Johansen

Fjøs 3 benytter seg også av automatisk melking ved hjelp av melkerobot (DeLaval). Melkeroboten i dette fjøset er ikke av samme merke som melkeroboten i de to tidligere fjøsene, og bruker dermed et annet vaskemiddel enn det de andre gårdene gjorde. Fjøset har også en robot som kjører og skraper møkk, men denne var ødelagt da målingene ble gjort. Det ble derfor noe ekstra arbeid med å manuelt skrape. Alle liggebåsene blir strødd med sagflis, og hos kuene har de også kalk i liggebåsene.

Fjøs 3 benytter seg av naturlig ventilasjon med automatiske luker. Dette fjøset har ikke vifter som trekker luft inn og ut av bygningen, men den strømmer naturlig inn og ut gjennom åpninger i bygningen. Det er åpninger i taket og langs øverste del av veggene på hver side. Dette kan man se i Figur 25. Disse åpningene åpner og lukker seg etter temperatur og vær, og systemet prøver å holde en stabil temperatur på ca. 5 °C.

Hos kuene er det to automatiske børster de kan benytte seg av (se Figur 24 for plasseringen av disse, og Figur 26 for bilde). De automatiske børstene starter ved at en ku går bort og dytter i den. Børsten snurrer da rundt og går frem og tilbake. Hos de andre dyrene er det børster i bingene som er faste, og som de kan klø seg på selv. Hvis kuene har blitt skitne, så pleier bonden å børste de manuelt med en metallbørste (se Figur 26).



Figur 26: Til venstre: ku som børster seg på automatisk børste, til høyre: manuell kubørste. Foto: Ellen K. B. Johansen

Dette fjøset skiller seg ut fra de andre, ved at det ikke er kjeller under gulvet. Alle kuene går på spalter, og møkka blir presset ned mellom spaltene, enten ved at kuene trækker på det, eller ved at det blir skrapet ned (av enten robot eller manuelt av bonden). Under spaltene kommer møkka ned i renner. To ganger i uken starter en pumpe som får møkka til å gå langs disse kanalene, og ut av fjøset. Utenfor er det en gjødselkum. Denne omrøringen skjer om natta når det vanligvis ikke er noen mennesker som oppholder seg i fjøset.

Grovfôret i dette fjøset blir blandet i en fôrblender (se Figur 27), og fôringen av dyrene skjer automatisk på bestemte tidspunkter i døgnet. I fôrblenderen blir rundball, silo, kraftfôr, diverse salter, potet, drav og malt blandet sammen, og de forskjellige dyrene får bestemte blandinger med fôr. Fôret går fra fôrblenderen på bånd opp til et annet bånd som går langs hele fôrbrettet. Oppe på båndet går det en robot som dytter fôret ned på riktig side av fôrbrettet, etter hvilke dyr det er som skal ha fôret (se Figur 28).



Figur 27: Fôrblender i fjøs 3. På venstre side av bildet kan man se båndet som fører fôret opp til det andre båndet som går langs hele fôrbrettet. Foto: Ellen K. B. Johansen



*Figur 28: Til venstre: fôr som blir dyttet ned fra båndet, til høyre: kalver som drikker melk. Foto: Ellen K. B. Johansen*

Melken som kalvene i fjøs 3 drikker er melkepulver som blir blandet ut med vann. Melken blir så tømt over i bøtter som kalvene kan drikke av (se Figur 28).

#### *Vaskerutiner og kjemikalier*

Fjøset vaskes en gang i året, om sommeren. Til den daglige rengjøringen brukes for det meste høytrykksspyler og lite vaskemiddel. Gulvet blir spylt, og kalveboksene blir spylt mellom hver kalv har stått der. Det hender det blir brukt noe fjøsvask. Melkeroboten blir vasket en gang i måneden med fjøsvask og høytrykksspyler, og alt vaskevannet går i kummen sammen med møkka. Melkeroboten og melketanken vaskes automatisk. I Tabell 11 kan man se hvilke kjemikalier som ble brukt i dette fjøset.





Bonde 1 kommer ut i fjøset igjen for en ettermiddagsrunde i 12-13 tiden og holder på til mellom 15 og 17. Da blir kalvene matet med melk, ungdylene får kraftfôr, og det blir skrappt og strødd.

Kveldsstell blir gjort av bonde 2 og starter ca. klokken 18, og er ferdig mellom 22.30 og 23. Denne bonden blander fôret til dyrene for det neste døgnet. Bonden kjører da mye traktor for å hente de forskjellige tingene som skal i blandingen, og tømmer det i fôrblenderen. Noen av tingene som skal i blandingen tas manuelt med spade. Siloen i blandingen kommer fra en tårnsilo og faller ned i fôrblenderen via et rør i taket (se Figur 27). Deretter utføres stell som er omtrent likt morgenstellet.

Utenom de faste daglige rutinene som er beskrevet ovenfor, kommer også oppgaver som må gjøres etter behov. Dette kan være tilsyn og behandling av syke dyr, rensing/vasking av fødebinge/kalveboks mellom hver ku/kalv, klippe hår på dyr, avhorning osv.

Når kalver blir avhornet så sitter bonden enten ved siden av veterinæren, eller prøver å holde andre nysgjerrige kalver unna. Bonden oppholder seg i samme bingen, men står ikke veldig nærme når det skjer.

### 3.1.4 Sammenligning av gårdene

I Tabell 12 er det en oversikt over forskjellene og likhetene mellom de tre gårdene.

Tabell 12: Sammenligning av forskjellige determinanter på de tre gårdene

	Gård 1	Gård 2	Gård 3
<b>Areal</b>	619.76 m <sup>2</sup>	792 m <sup>2</sup>	939.36 m <sup>2</sup>
<b>Antall dyr</b>	24 melkekyr 65 – 70 til sammen	37 melkekyr 92 til sammen	51 melkekyr (48 som melker og 3 sinkyr under målingene) 141 til sammen
<b>Ventilasjon</b>	Avtrekkventilasjon/ undertrykksventilasjon	Avtrekkventilasjon/ undertrykksventilasjon	Naturlig ventilasjon med automatiske luker
<b>Gjødselkjeller under gulvet</b>	Ja, under deler av husdyrrommet	Ja, under store deler av husdyrrommet	Nei, kum ute
<b>Melkerobot</b>	Ja, Lely	Ja, Lely	Ja, DeLaval
<b>Melkerobot vaskemiddel</b>	Lely Astri Cid  Lely Astri Lin	Lely Astri Cid  Lely Astri Lin	Alkali NonP, DeLaval  HorolithRobot, ECOLAB
<b>Vaskemiddel melketank</b>	Alkali NonP, DeLaval  Cid NonP, DeLaval	Alkali NonP, DeLaval  Cid NonP, DeLaval	Alkali NonP, DeLaval  HorolithRobot, ECOLAB
<b>Fjøs alder</b>	Gammel del: 56 år Ny del: 6 mnd.	Fjøs 43 år gammel, ombygd for 16 år siden	7 år
<b>Type fôr</b>	Rundball Høy til kalver Kraftfôr Grønnfôr: korn og erter	Flatsilo Rundball Kraftfôr	Tårnsilo Rundball Halm Kraftfôr Forskjellig grønnfôr Drav Div. proteinpulver og mineralnæring Potet
<b>Automatisk fôring</b>	Nei, fôres ved behov med minilaster	Ja, fôres til faste tider med fôrvogn	Ja, fôres til faste tider fra et bånd

<b>Type strø</b>	Rå sagflis (litt «våt»)	Sagflis	Sagflis Kalk
<b>Økologisk drift</b>	Nei	Ja	Nei
<b>Mating av kalver</b>	Kalver går sammen med mor, og etter det deles melk ut automatisk	Kalver mates manuelt med pasteurisert melk fra kuene	Kalver mates manuelt med melkepulver
<b>Type gulv</b>	Gammel del: spalter over gulv Ny del: tett betong uten matte	Gulv under spalter i binger Tett gulv med matter i løsdriften	Spaltegulv, og noe betonggulv enkelte steder
<b>Sammen med kalv ved avhorning?</b>	Ja, sitter sammen med kalven	Sitter ikke sammen med dyrlegen når dette blir gjort	Oppholder seg i samme bing, men ikke i umiddelbar nærhet av veterinær
<b>Gjødselhåndtering</b>	Gjødsel skrapes manuelt og automatisk ned i kjeller	Gjødsel skrapes manuelt og automatisk ned i kjeller	Gjødsel skrapes manuelt og automatisk ned mellom spalter, og så pumpet ut i kum utenfor fjøset to ganger i uken

## 3.2 Måleutstyr og bruksområde

I denne delen blir de forskjellige måleinstrumentene, og deres bruksområder presentert og beskrevet.

### 3.2.1 Sidepak AM510

Sidepak AM510 er en direktevisende personbåren aerosolmåler, og bruker lysspredning for å beregne støvkonsentrasjonen. Sidepaken er kalibrert fra leverandøren med Arizona roaddust (ISO 12103-1 Test dust) (ISO, 2016). Instrumentet ble brukt med en PM<sub>10</sub> impactor siden PM<sub>10</sub> var den fraksjonen som lignet mest på totalstøv, som Sidepak kunne måle. For å få riktige verdier for totalstøv, så ble instrumentet kalibrert opp mot de gravimetriske målingene som blir omtalt i 3.2.2. Se nærmere beskrivelse av kalibreringen under 3.4.

### 3.2.2 Gravimetriske målinger

Gravimetriske målinger ble gjennomført som totalstøvmålinger med standard 37 mm SKC kassetter. Støvkassetten samler opp støv ved at en pumpe trekker luft gjennom et filter som ligger inne i støvkassetten. Filteret som ble brukt var PVC filter, GLA-5000. Inne i støvkassetten lå det også et støtfilter. Pumpen som ble benyttet var Casella Apex2, med en

flow på 2.0 l/min. Pumpens flow ble kontrollert før og etter målingen med Casella FlowDetective.

Filtrene ble veid før og etter datainnsamlingen. Vekten som ble benyttet til å veie filtrene var en Mettler AE 163. Etter datainnsamlingen lå filtrene i en eksikator i omtrent tre døgn etterfulgt av omtrent ett døgn i samme rom som de befant seg før målingen startet. Dette var for å sikre at filtrene hadde cirka samme innhold av fuktighet før og etter datainnsamlingen.

Før datainnsamlingen startet ble det gjort klart seks filter til hver gård. Et til hver dag med måling, og to blindfilter. Blindfiltrene ble eksponert for de samme eksterne påvirkningene som filtrene som ble brukt til målinger (transport, svingninger i temperatur og fuktighet osv.) Dette ble gjort for å kunne se hvordan de eksterne faktorene kunne påvirke vekten av filtrene.

### 3.2.3 Dräger X-am 8000

Dräger X-am 8000 er en gassmåler som kan måle mange forskjellige gasser, avhengig av hvilke sensorer som er montert på den. På gassmåleren brukt til dette prosjektet var det sensorer som målte VOC (kalibrert med ibut - isobutylene), CH<sub>4</sub> (metan), H<sub>2</sub>S (hydrogensulfid), NO<sub>2</sub> (nitrogendioksid) og NH<sub>3</sub> (ammoniakk). Den vil altså kunne plukke opp mange av de relevante gassene som kan oppstå i et fjøs fra for eksempel gjødsel og silo. Måleren er derimot ikke sensitiv nok til å kunne måle lave verdier av metan. Metan blir målt i LEL (lower explosive limit), mens de andre gassene måles i ppm (parts per million). I Tabell 13 er det en oversikt over sensorene som ble benyttet i målingene samt. dets deteksjonsgrense.

Tabell 13: Sensorene på gassmåleren under datainnsamlingen (Dräger, 2018)

Gass	Sensor	Deteksjonsgrense
ibut	Nr. 6813475	0.3 ppm
CH <sub>4</sub>	Nr. 6851881	1% LEL
H <sub>2</sub> S	Nr. 6811525	0.4 ppm
NO <sub>2</sub>	Nr. 6812600	0.04 ppm
NH <sub>3</sub>	Nr. 6810888	4 ppm

For nærmere informasjon om sensorene, se vedlegg D. Gassmåleren ble sendt inn og kalibrert før datainnsamlingen fant sted.

### 3.2.4 Kimo KCC 320

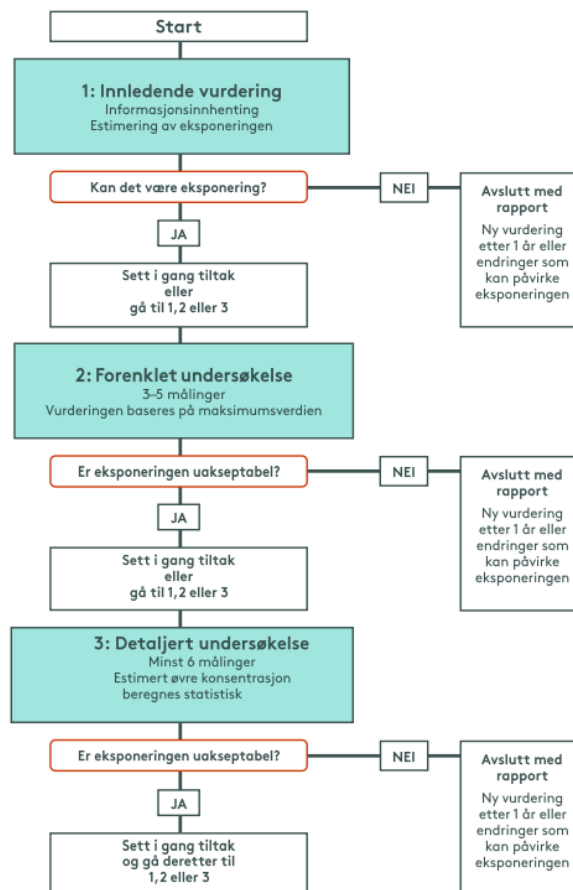
Kimo KCC 320 er en datalogger som måler temperatur, relativ luftfuktighet, trykk og CO<sub>2</sub> innholdet i luften. I dette prosjektet ble det brukt tre stykker som ble plassert rundt i fjøset, for å kunne overvåke det termiske arbeidsmiljøet.

Disse dataloggerne ble kjøpt inn i 2021, og ble da fabrikkkalibrert. Disse målerne blir anbefalt å kalibrere en gang i året, noe som ikke ble gjort, og som derfor kan påvirke målingene noe.

## 3.3 Datainnsamling

Arbeidstilsynet har laget en veiledning med fremgangsmåte for kartlegging og vurdering av eksponering (Arbeidstilsynet). Arbeidstilsynets veiledning er basert på standarden NS-EN 889 (Standard-Norge, 2018). Arbeidstilsynets veiledning starter med en innledende vurdering som består av informasjonsinnhenting og estimering av eksponeringen. Hvis det blir funnet

potensiale for eksponering under denne innledende vurderingen, så går man videre med en forenklet undersøkelse som består av 3 – 5 målinger, og vurderingen av eksponeringen blir gjort basert på maksimumsverdien som ble målt. Om dette ikke er akseptabelt, så går man videre på en detaljert undersøkelse. I denne studien ble det gjennomført en innledende vurdering og en forenklet undersøkelse (se Figur 29).



Figur 29: Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemikalier, hentet fra (Arbeidstilsynet)

Datainnsamlingen på hver gård foregikk over fem dager (mandag til fredag). Den første dagen ble brukt til å kartlegge fjøset (innledende vurdering). Dette inkluderer ting som arbeidstid, selve produksjonsbygget, produksjonsdata på gården og eventuelle eksponeringskilder. Denne informasjonen ble samlet ved å snakke med bonden. For å gjøre de tre gårdene mest mulig sammenlignbare, så ble det laget et kartleggings skjema slik at den samme informasjonen ble hentet fra alle gårdene (dette kartleggings skjemaet kan man se i vedlegg C). Deretter ble det en omvisning på gården, for å få oversikt og planlegge hvor temperatur- og fuktighetsmålerne skulle stå. Under testing av måleutstyret i forkant av datainnsamlingen, kom det fram at Kimo KCC 320 brukte litt tid på å stabilisere seg på den temperaturen som er i rommet i det den blir slått på. Derfor ble disse plassert i fjøset allerede første dagen for å unngå upålitelige data den første tiden den målte.

De fire neste dagene ble brukt til målinger og logging av bondens arbeidsoppgaver. Hver morgen før målingene kunne starte ble Sidepak nullkalibrert med teststøv og gassmåleren ble kalibrert med frisk luft utenfor fjøset. Deretter ble gassmåleren, Sidepak og pumpe lagt i en

sekk (se Figur 30). Casella pumpen ble påkoblet en filterkassett via en slange. Fra Sidepak og gassmåleren var det også påkoblet slanger, og slangene ble tredd gjennom stive rør (biter av hageslange) for å hindre at de kom i klem. Slangene ble justert slik at filterkassett og slangene fra Sidepak og gassmåleren var i bondens pustesone.



*Figur 30: Sekken med måleutstyret i. Foto: Ellen K. B. Johansen*

Slangene ble festet med teip for å unngå at de kunne flytte på seg. Dette kan man se i Figur 30.

Etter at utstyret var kalibrert, slått på, forskjellige parametere ble registrert i måleskjemaene (se vedlegg C for måleskjemaene som ble brukt), og pumpens flow var kontrollert, fikk bonden sekken på ryggen, og arbeidsdagen startet (se Figur 31).



Figur 31: Bonde med sekken på. Foto: Ellen K. B. Johansen

Ved arbeidsgens start ble temperatur/fuktighetsmålerne startet, siden disse allerede befant seg inne i husdyrrommet.

Under målingene ble bondens arbeid logget mens hen hadde på seg sekken. Dette ble gjort i et eget skjema (se vedlegg C). Tidene og beskrivelsene av de forskjellige arbeidsoppgavene ble notert, for å kunne identifisere hvilke arbeidsoppgaver og eventuelt hvor i fjøset bonden ble utsatt for eksponering for støv eller gass.

Målingene pågikk fra morgenstellet startet, til ettermiddagsstellet var ferdig. Bøndene hadde også en kveldsrunde, men av praktiske årsaker ble ikke disse stellingene målt. Fra morgenstellet startet til kveldsstellet var ferdig kunne det være opptil 15 timer, og noe av måleutstyret hadde ikke batterikapasitet nok til å kunne måle hele dagen. Siden mange av arbeidsoppgavene under kveldsstellet var lik som tidligere på dagen, så ble det valgt å heller lage estimat for disse tidene. Se nærmere beskrivelse av dette under 3.4.

Etter ettermiddagsstellet var ferdig ble temperatur/fuktighetsmålerne slått av og tiden notert. Deretter ble dagens data lastet ned, og så ble loggerne kalibrert klar til neste dag og lagt tilbake i husdyrrommet. Pumpens flow ble kontrollert før den ble slått av. Kassetten ble så tatt av og proppene til kassetten ble satt på for å hindre annet støv i å komme inn. Den brukte kassetten ble lagt i en zip-lock pose sammen med blindfiltrene. Proppene på blindfiltrene ble raskt åpnet og satt på igjen en gang, slik at de ble utsatt for det samme som målefiltrene. Målingen på gassmåleren ble stoppet men ikke slått av. Grunnen til det var at en ny måling

kunne startes utenfor fjøset, for å sjekke om kalibreringen hadde driftet noe i løpet av dagen. Alle instrumentene ble slått av og de nødvendige parameterne ble notert i de forskjellige måleskjemaene.

### 3.4 Dataanalyse

Etter datainnsamlingen ble støvfiltrene klargjort for veiing slik som beskrevet i 3.2.2. Deretter ble filtrene og blindfiltrene veid. Mengden støv ble funnet ved å se på differansen mellom vekten før og etter målingen. Den gjennomsnittlige støvkonsentrasjonen gjennom dagen ble beregnet ved å se på hvor mye støv som hadde blitt samlet opp, og hvor mye luft som hadde blitt trukket gjennom filteret. Dette ble gjort ved å se på måleskjemaene hvor mange minutter pumpen hadde kjørt, og gange dette med flow. Ved å dele mengden oppsamlet støv på volumet luft, ble det funnet en gjennomsnittlig støvkonsentrasjon gjennom hele perioden som pumpen kjørte.

Fra den direktevisende støvmålingen av Sidepak, kunne man laste ned en graf som viste hvordan støvkonsentrasjonen varierte i løpet av dagen. Gjennomsnittsverdien på støvmengden som Sidepak målte var lavere enn det den gravimetriske målingen. Dette kunne skyldes både at Sidepak målte PM<sub>10</sub> (og ikke totalstøv) og at den var kalibrert med et Test støv som kanskje ikke var representativt for miljøet den befant seg i under målingene. Sidepakens programvare (TSI TrakPro) gjorde det mulig å endre på den gjennomsnittlige støveksposeringen gjennom dagen. Denne verdien ble dermed endret til å være lik resultatet fra den gravimetriske målingen, og dette resulterte i en graf som var kalibrert etter den faktiske oppsamlede støvmengden.

Fra gassmålingene kunne man se at det var mange negative verdier for flere av gassene. En negativ gasskonsentrasjon er ikke mulig, og derfor ble de negative verdiene fjernet for å kunne regne på den gjennomsnittlige konsentrasjonen over en arbeidsdag. Grunnen til at noen av gasskonsentrasjonene viste et negativt tall blir diskutert nærmere i kapittel 5.3.

Bøndene hadde en oppdelt hverdag med lange perioder utenfor fjøset. Disse periodene er ikke kartlagt i denne studien, siden formålet var å se på eksponeringen inne i fjøsbygningen. Personbåret utstyr ble likevel valgt til fordel for stasjonære målinger, fordi stasjonære målinger kun gir data fra et begrenset område i bygningen. Det ble også antatt at arbeidsoppgavene i fjøset hadde betydning for eksponeringen og ikke bare bygningen i seg selv. Sekken med måleutstyret lå ueksponert de tidene bøndene ikke oppholdt seg i fjøsene. Siden sekken i perioder lå ueksponert, så ble det antatt at de gjennomsnittlige konsentrasjonene som ble målt var lavere enn det faktiske nivået inne i fjøset. Dataen fra gassmålingen og Sidepak ble eksportert til Excel. Ved hjelp av arbeidsloggen som ble skrevet, så kunne tidene hvor sekken lå ueksponert bli fjernet fra alle målingene, for å gi et mer realistisk bilde på nivåene for støv og gass inne i fjøset.

For å kompensere for at det ikke ble tatt målinger under kveldsstellet, ble det laget et estimat. Bøndene på alle tre gårdene kunne fortelle at arbeidsoppgavene som ble utført under kveldsstellet var tilnærmet likt det som ble gjort på morgen- eller formiddagsstellet. Bondens estimat for tidsbruken under kveldsstellet ble også tatt med. Estimater ble laget på følgende måte:



- For gård 1: Målt morgen/formiddag/ettermiddagsstell av bonde med sekk + lagt til 15 minutter kveldsstell tilsvarende formiddagsstell samme dag
- For gård 2: Målt fjøsstell under vanlig arbeidsdag + lagt til 1 time kveldsstell tilsvarende morgenrutinen samme dag.
- For Gård 3: Målt morgen/ettermiddagsstell av bonde 1 + lagt til blanding av fôr fra gjennomsnittet av 2 målinger med fôrblanding (ca. 1 time) pluss kveldsrutine tilsvarende morgenrutinen samme dag (ca. 3.5 time)

Siden støvkonsentrasjonen i luften kunne variere fra dag til dag, så var det fortrunket å bruke støvkonsentrasjoner målt samme dag for å estimere de tidene det ikke ble målt. Dette ble gjort for alle gårdene med unntak av to dager: fredagen på gård 2 og 3. På disse dagene ble det kun en liten del av arbeidsdagen målt, og det kunne derfor potensielt bli store usikkerheter ved å estimere lange perioder basert på kun en liten del av arbeidsdagen.

Estimatene ble lagt til for både gassmålingene og for støvmålingene, og ble regnet ut ved hjelp av følgende formel:

$$\frac{(C1 * T1) + (C2 * T2) + \dots + (Cn * Tn)}{T1 + T2 + \dots + Tn}$$

Grenseverdiene som er satt av arbeidstilsynet gjelder for en åtte timers arbeidsdag. Det betyr at for å kunne sammenligne de målte verdiene med grenseverdiene, så må de målte verdiene normeres til en åttetimers arbeidsdag. Dette gjøres ved følgende formel:

$$\frac{(C1 * T1) + (C2 * T2) + \dots + (Cn * Tn)}{8}$$

$C1$  til  $Cn$  er konsentrasjonen, og  $T1$  til  $Tn$  er tiden med gjeldene konsentrasjon.

Som nevnt i seksjon 3.3 så blir de normerte verdiene vurdert ut fra maksimumsverdien. For å gjøre denne vurderingen ble regnearket YH-HJELP benyttet (Yrkeshygiene.no). Akseptabel eksponering vurderes av regnearket på følgende måte, og er i samsvar med Arbeidstilsynets veiledning for vurdering av eksponering (Arbeidstilsynet):

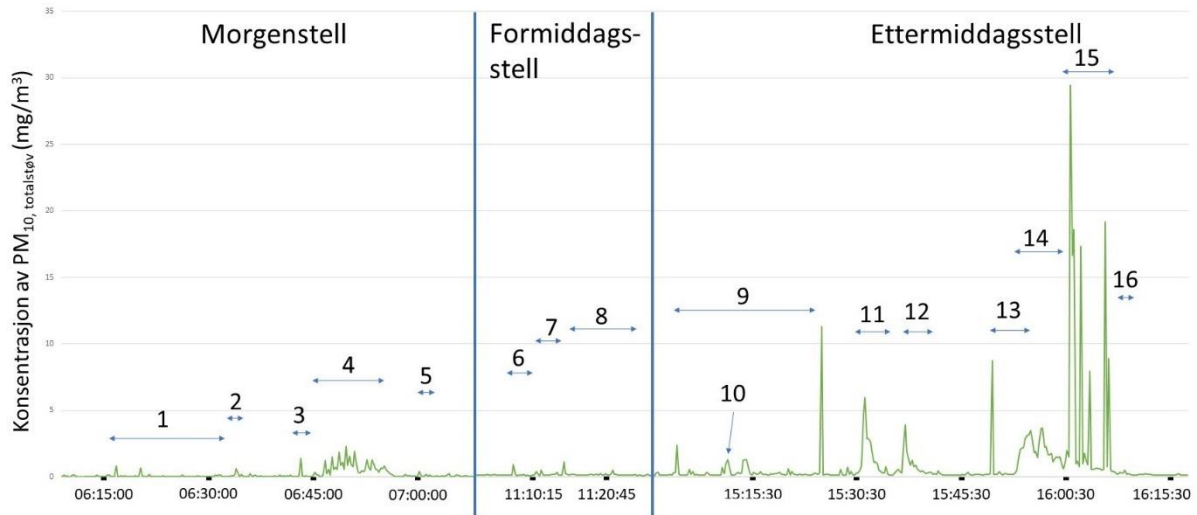
- > 3 målinger: maksimumsverdi <= 10% av grenseverdi
- 4 målinger: maksimumsverdi <= 15% av grenseverdi
- 5 målinger: maksimumsverdi <= 20% av grenseverdi

Kriteriene for å anse eksponering som akseptabel eller ikke blir strengere ved færre målinger. Dette er for å kunne utelukke at tilfeldighetene gjorde at de målte verdiene var under grenseverdien. Konsentrasjonen av de forskjellige agensene i luften kan variere fra dag til dag og gjennom året.



## 4 Resultater

Etter datainnsamlingen ble det laget grafer av både støv og gassmålingene, og disse ble kommentert opp mot arbeidsloggen. Nedenfor er et eksempel på en slik graf med tilhørende tabell som viser arbeidsoppgavene som foregikk under målingen. Resten av grafene for alle dagene i alle fjøsene ligger i vedlegg A. Fraksjonen som ble målt har blitt kalt PM<sub>10, totalstøv</sub> siden Sidepak målte PM<sub>10</sub> og den ble kalibrert opp mot målt totalstøv.



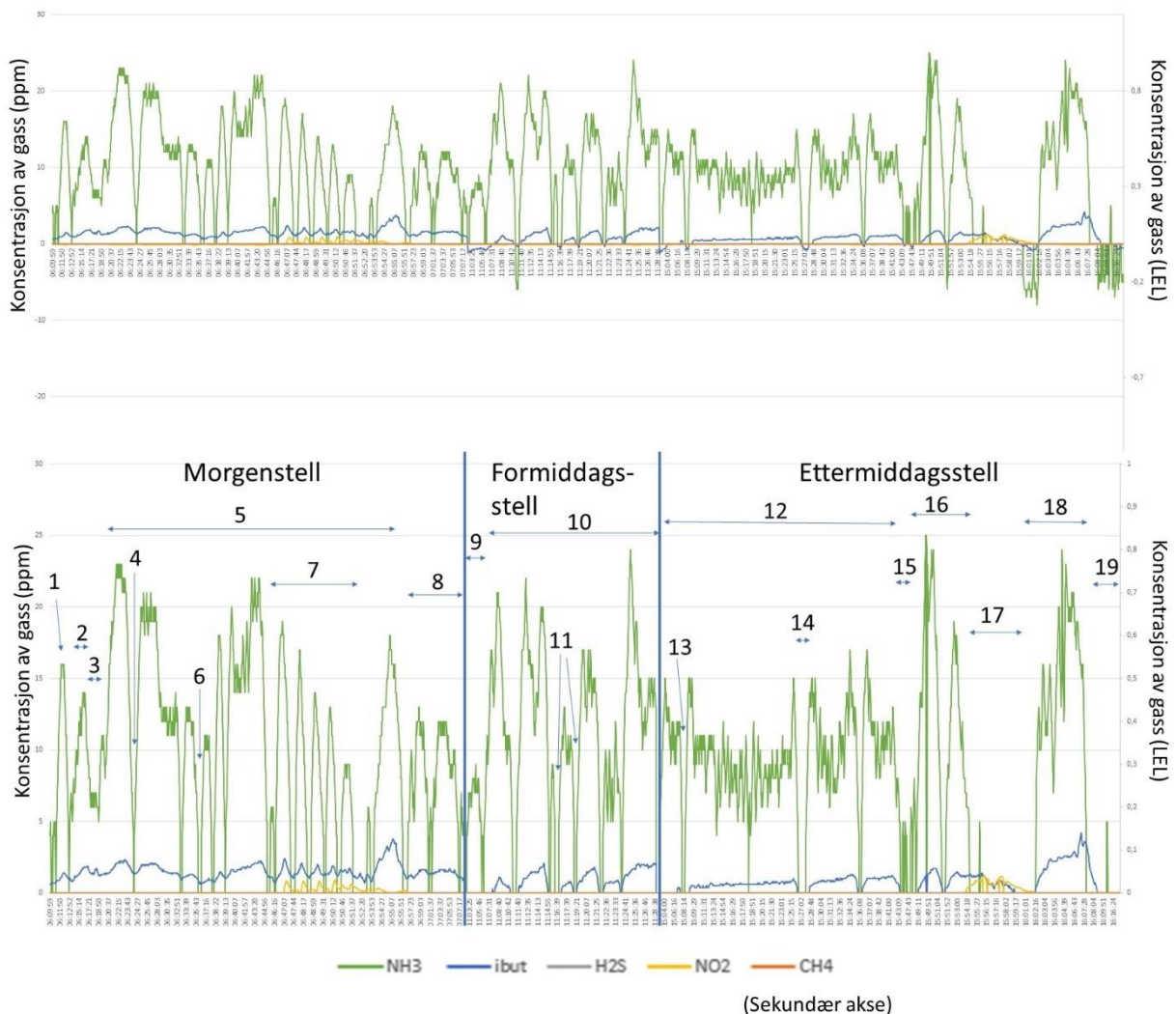
Figur 32: Eksempel på støvgraf. Dette er målingen fra gård 1 tirsdag

Tabell 14: Aktiviteter under målingen i Figur 32

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Skraiper
2	Tar møkk ut av bingje med trillebår
3	Tar møkk ut av (annen) bingje med trillebår
4	Fører med minilaster i den gamle delen og sprer fôret utover fôrbrettet med en høygaffel
5	Renser filter i drikkekar
6	Skraiper i binger og dytter fôr på fôrbrettet inn mot dyrene
7	Henter halm til og skraiper i fødebinge
8	Henter sagflis og strør
9	Sjekker på ny kalv som kom mellom formiddagsstell og ettermiddagsstell. Prøver å hjelpe kalven med å drikke melk fra mor
10	Stør hos ny kalv
11	Melker ny mor med portabel melkemaskin
12	Vasker portabel melkemaskin og rydder melkeutstyret
13	Gir kraftfôr til dyr
14	En annen bonde kjører minilaster med fôr til kuene i den nye delen i nærheten av bonden som bærer sekken
15	Henter halm til ny kalv og sprer det i bingen
16	Renser filter i drikkekar

På støvgrafene så er det kun de tidspunktene man kan se topper som har blitt kommentert med hva som foregikk/hvor det foregikk i det øyeblikket.

Figur 33 viser et eksempel på en gassmåling. Resten av grafene for alle dagene ligger i vedlegg A. Den øverste gassgrafene er den originale grafen, hvor man kan se at det har blitt målt noen negative verdier. Den andre grafen er uten de negative verdiene og kommentert mot arbeidsloggen. For støvmålingene så er det interessant å vite hvilke aktiviteter som foregikk på de forskjellige tidspunktene, og for gassmålingene er det kanskje mer interessant å vite hvor bonden befant seg på de forskjellige tidspunktene for å se om det er noen forskjeller i gassnivåer på de forskjellige stedene i fjøset. Den tilhørende tabellen til gassgrafene viser derfor hvor bonden befant seg.



Figur 33: Eksempel på gassgraf. Dette er målingen fra gård 1 tirsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.

Tabell 15: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 33

Nr.	Sted
1	Ved fødebingen innerst i gamle delen
2	Ved melkerobot
3	I nye delen
4	I førsentralen en tur
5	I gamle delen
6	I førsentralen en tur
7	Kjører ut og inn mellom gamle delen og førsentral
8	I nye delen
9	I nye delen
10	I gamle delen
11	I førsentralen en tur
12	Ved fødebingen innerst i gamle delen
13	I førsentralen en tur
14	Henter melkebøtter et annet sted
15	I nye delen
16	I gamle delen
17	I nye delen, den andre bonden kjører ut grovfôr i nærheten av bonden som bærer sekken
18	I gamle delen
19	I nye delen

## 4.1 Eksponering i fjøsene

### 4.1.1 Støv

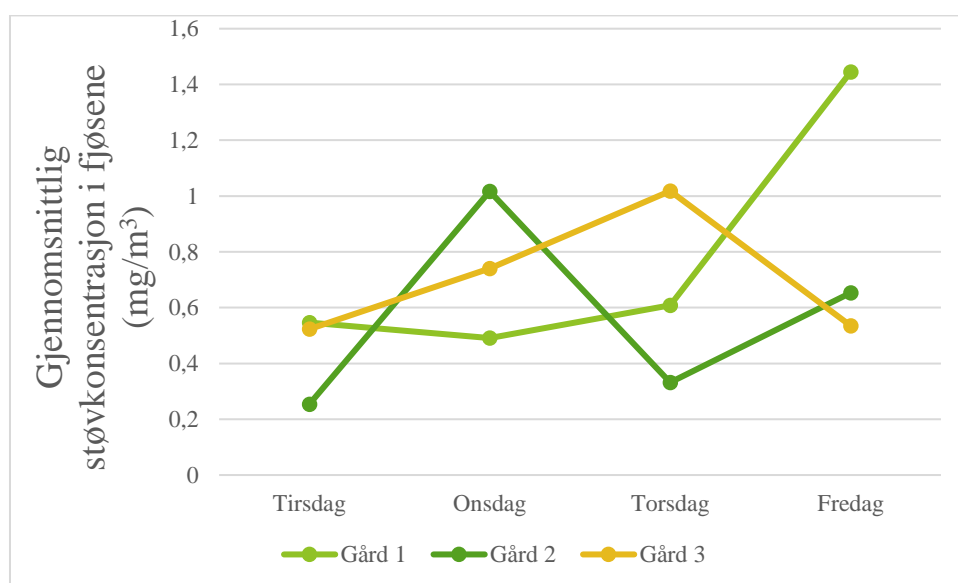
Dataen som blir presentert videre for støvmålingene er hentet fra Sidepak etter den ble kalibrert mot de gravimetrisk målingene. Tabell 16 viser den totalt beregnede støvkonsentrasjonen i hvert av fjøsene for hver dag, og tiden som ble brukt i fjøset. Data for faktisk målte konsentrasjoner og estimerte konsentrasjoner for kveldsstell og eventuell fôrblending finnes i vedlegg B. For gård 3 kan man se to verdier. Verdien som står i parentes er målt tid + kveldsstell. Den første verdien er målt tid + fôrblending + kveldsstell. Grunnen til at verdien i parentes er valgt å ta med, er fordi dette kanskje vil gi et mer representativt tall for hva støvnivået i fjøset er. Dette gjelder også for tabellen med gassresultatene fra gård 3. Under fôrblending så kjører bonden mye traktor utenfor fjøset, og går mye ut og inn. I Figur 34 kan man se en sammenligning av støvkonsentrasjonen i de forskjellige fjøsene.

Tabell 16: Støvkonsentrasjoner for alle dagene

	Støvkonsentrasjonen i fjøset (målt tid + estimert konsentrasjon for resten av dagen) (mg/m <sup>3</sup> )	Tid i fjøs (målt tid + estimert tid for resten av dagen)
<b>Fjøs 1</b>		
Tirsdag	0.54	2 t 56 min
Onsdag	0.49	3 t 21 min
Torsdag	0.60	2 t 52 min
Fredag	1.44	3 t 26 min
<b>Fjøs 2</b>		
Tirsdag	0.25	5 t 13 min 45 sek
Onsdag	1.01	3 t 21 min 45 sek
Torsdag	0.33	3 t 42 min
Fredag *	0.65	1 t 08 min 45 sek
<b>Fjøs 3</b>		
Tirsdag	0.52 (0.51)	9 t 31 min 45 sek (8 t 31 min 45 sek)
Onsdag	0.74 (0.76)	8 t 12 min (7 t 12 min)
Torsdag	1.01 (1.08)	7 t 15 min (6 t 15 min)
Fredag **	0.53	1 t 33 min

\*Kun morgenstell målt denne dagen

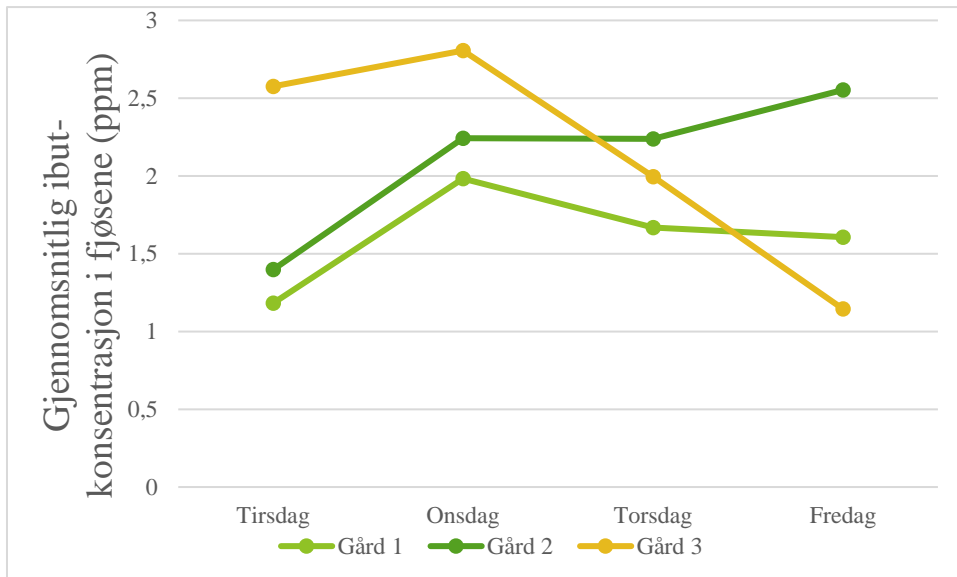
\*\*Kun förblanding målt denne dagen



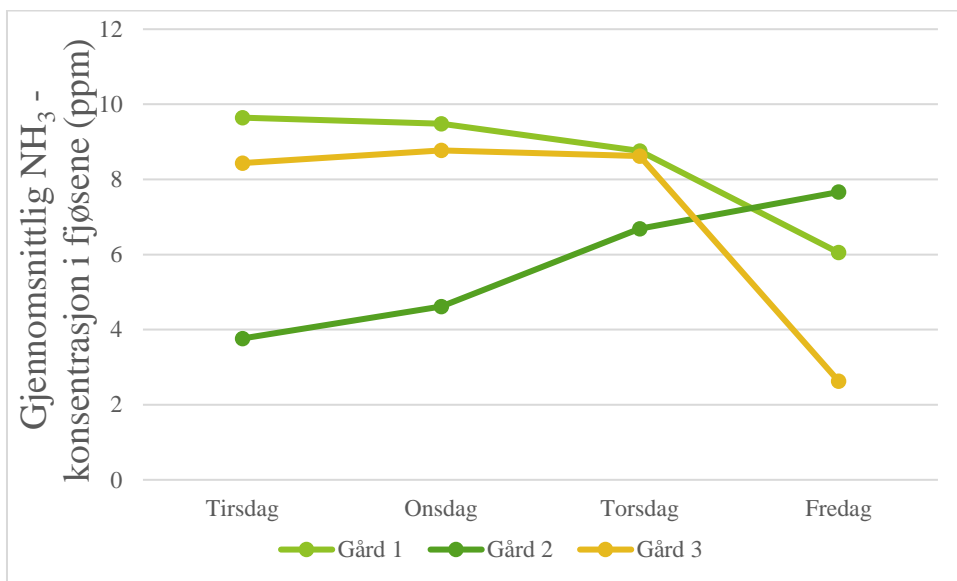
Figur 34: Sammenligning av støv på de tre gårdene

### 4.1.2 Gass

Fra Tabell 17 kan man se at det er ammoniakk som er den dominerende gassen på gårdene. Det er også målt noe ibut (VOC), og generelt lave nivåer av  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  og  $\text{NO}_2$ . Figur 35 og Figur 36 viser en sammenligning av nivået av ibut og ammoniakk fra dag til dag mellom de forskjellige fjøsene.



Figur 35: Sammenligning av ibut i de forskjellige fjøsene



Figur 36: Sammenligning av ammoniakk i de forskjellige fjøsene

Som vist i Figur 33, så angir gassmåleren negative verdier. Dette innebærer at det må være en annen gass til stede som sensorene er kryssensitive for. Siden den kryssensitive gassen påvirker sensoren i negativ retning, så må det tas høyde for at konsentrasjonene i Tabell 17 sannsynligvis er underestimert. Dette gjelder særlig for ammoniakk og ibut.

Tabell 17: Gjennomsnittlig gasskonsentrasjon (målt konsentrasjon + estimert konsentrasjon for resten av dagen) og maksimumsverdiene for alle dagene. Ibut, H<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub> og NH<sub>3</sub> målt i ppm, CH<sub>4</sub> målt i LEL

	Tirsdag		Onsdag		Torsdag		Fredag	
	Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks
<b>Fjøs 1</b>								
<b>Ibut</b>	1.18	4.20	1.98	15.70	1.66	12.00	1.60	14.30
<b>CH<sub>4</sub></b>	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00
<b>H<sub>2</sub>S</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>NO<sub>2</sub></b>	0.19	1.24	0.04	0.30	0.01	0.40	0.03	0.74
<b>NH<sub>3</sub></b>	9.64	25.00	9.48	24.00	8.75	25.00	6.05	25.00
<b>Tid i fjøs</b>	2 t 55 min 44 sek		3 t 19 min 38 sek		2 t 52 min 13 sek		3t 27 min 12 sek	
<b>Fjøs 2</b>								
<b>Ibut</b>	1.39	4.80	2.24	29.80	2.23	5.60	2.55	4.40
<b>CH<sub>4</sub></b>	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.03	1.00
<b>H<sub>2</sub>S</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>NO<sub>2</sub></b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.18	0.00	0.00
<b>NH<sub>3</sub></b>	3.76	22.00	4.61	31.00	6.69	25.00	7.66	29.00
<b>Tid i fjøs</b>	5 t 14 min 17 sek		3 t 25 min 25 sek		3 t 43 min 06 sek		1 t 09 min 31 sek	
<b>Fjøs 3</b>								
<b>Ibut</b>	2.57 (2.75)	8.40	2.80 (3.05)	5.90	1.99 (2.15)	6.50	1.14	5.00
<b>CH<sub>4</sub></b>	0.00 (0.00)	0.00	0.00 (0.00)	1.00	0.00 (0.00)	1.00	0.00	0.00
<b>H<sub>2</sub>S</b>	0.00 (0.00)	0.60	0.00 (0.00)	0.00	0.00 (0.00)	1.50	0.00	0.00
<b>NO<sub>2</sub></b>	0.00 (0.00)	0.00	0.00 (0.00)	0.00	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00
<b>NH<sub>3</sub></b>	8.43 (9.03)	33.00	8.77 (9.52)	43.00	8.62 (9.46)	34.00	2.63	15.00
<b>Tid i fjøs</b>	9 t 33 min 27 sek (8 t 33 min 27 sek)		8 t 14 min 41 sek (7 t 14 min 41 sek)		7 t 16 min 42 sek (6 t 16 min 42 sek)		1 t 33 min 22 sek	



## 4.2 Normert til åtte timer

### 4.2.1 Støv

For å kunne sammenligne måleresultatene med grenseverdiene, så må resultatene normeres til åtte timer. Dette er gjort i samsvar med metoden beskrevet i 3.4, og resultatene finnes i Tabell 18 og Tabell 19.

Tabell 18: Støvkonsentrasjon fra alle dagene normert til åtte timer

	Støvkonsentrasjon normert til 8 timer (mg/m <sup>3</sup> )
<b>Fjøs 1</b>	
Tirsdag	0.20
Onsdag	0.20
Torsdag	0.21
Fredag	0.62
<b>Fjøs 2</b>	
Tirsdag	0.16
Onsdag	0.42
Torsdag	0.15
Fredag	0.09
<b>Fjøs 3</b>	
Tirsdag	0.61
Onsdag	0.53
Torsdag	0.98
Fredag	0.10

## 4.2.2 Gass

Tabell 19: Gasseksponering for alle dagene normert til åtte timer. Verdiene for fjøs 3 inkluderer fôrblanding.

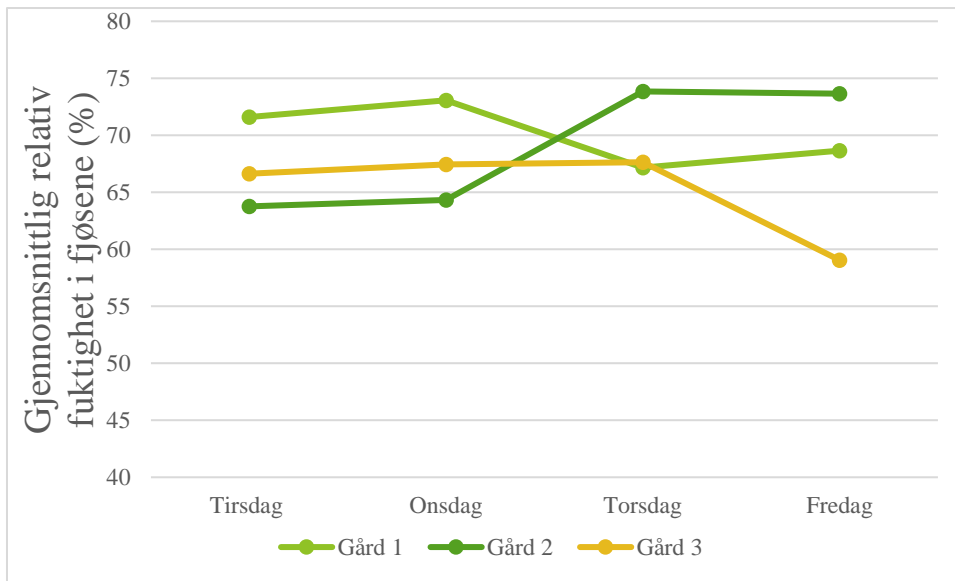
	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
<b>Fjøs 1</b>				
Ibut (ppm)	0.43	0.82	0.59	0.69
CH <sub>4</sub> (LEL)	0.00	0.00	0.00	0.00
H <sub>2</sub> S (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00
NO <sub>2</sub> (ppm)	0.07	0.01	0.00	0.01
NH <sub>3</sub> (ppm)	3.53	3.94	3.14	2.61
<b>Fjøs 2</b>				
Ibut (ppm)	0.91	0.95	1.04	0.36
CH <sub>4</sub> (LEL)	0.00	0.00	0.00	0.04
H <sub>2</sub> S (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00
NO <sub>2</sub> (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00
NH <sub>3</sub> (ppm)	2.46	1.97	3.11	1.10
<b>Fjøs 3</b>				
Ibut (ppm)	3.06	2.89	1.81	0.22
CH <sub>4</sub> (LEL)	0.00	0.00	0.00	0.00
H <sub>2</sub> S (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00
NO <sub>2</sub> (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00
NH <sub>3</sub> (ppm)	10.04	9.04	7.84	0.51

## 4.3 Temperatur, fuktighet og CO<sub>2</sub> i fjøsene

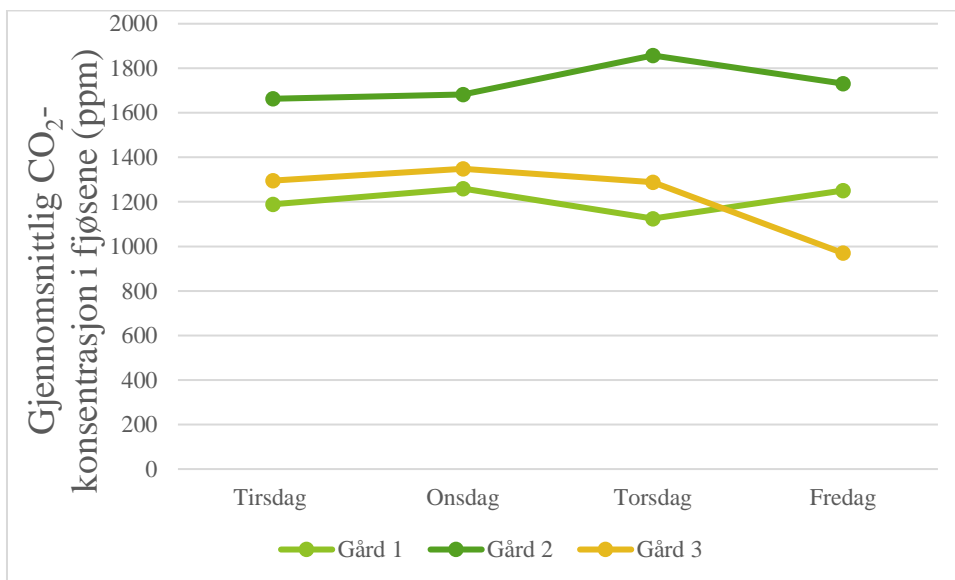
Fra de tre dataloggerne i fjøsene har det blitt regnet ut et gjennomsnitt (for temperatur, relativ fuktighet og CO<sub>2</sub> konsentrasjonen) gjennom hver dag. Disse er presentert i Figur 37, Figur 38 og Figur 39. Detaljert informasjon finnes i vedlegg B.



Figur 37: Gjennomsnittlig temperatur fra de tre dataloggerne i fjøsene per dag



Figur 38: Gjennomsnittlig relativ fuktighet fra de tre dataloggerne i fjøsene per dag



Figur 39: Gjennomsnittlig CO<sub>2</sub> konsentrasjon fra de tre dataloggerne i fjøsene per dag

Gård 1 og 2 bruker samme prinsipp for ventilasjon, mens gård 3 skiller seg fra de andre på dette området. Målingene på gård 1 og 2 er mer jevne, mens de daglige målingene på gård 3 viser tydelige svingninger gjennom dagen. Dette er trolig på grunn av ventilasjonssystemet. Figur 40 viser et eksempel på hvordan en daglig måling av CO<sub>2</sub> fra hver gård så ut. Grafene for de andre dagene ligger i vedlegg A.



Figur 40: Eksempel på CO<sub>2</sub> målinger. Øverst til venstre – gård 1 onsdag, øverst til høyre – gård 2 onsdag, nederst til venstre – gård 3 onsdag

#### 4.4 Aktiviteter som gir høyest eksponering for støv

For å kunne si noe om hvilke aktiviteter som gir mest støveksponering, er det valgt å telle topper høyere 5 mg/m<sup>3</sup> og 15 mg/m<sup>3</sup>. I Tabell 20 er det en oversikt over disse aktivitetene.

Tabell 20: Arbeidsoppgavene som ga de høyeste støvtoppene. + indikerer at en støvtopp med 5 eller 15 mg/m<sup>3</sup> har blitt målt i dette fjøset under de forskjellige arbeidsoppgavene.

Arbeidsoppgave	Gård 1		Gård 2		Gård 3	
	> 5 mg/m <sup>3</sup>	> 15 mg/m <sup>3</sup>	> 5 mg/m <sup>3</sup>	> 15 mg/m <sup>3</sup>	> 5 mg/m <sup>3</sup>	> 15 mg/m <sup>3</sup>
<b>Håndtering av dyr</b>	+	-	+	-	+	-
<b>Arbeid med halm</b>	+	+	-	-	-	-
<b>Vasking/høytrykksspyling</b>	+	-	+	-	+	-
<b>Fjerning/skraping av møkk</b>	+	+	+	-	+	-
<b>Fôrblending</b>	+	-	-	-	-	-
<b>Håndtering av kraftfôr</b>	+	-	+	+	+	-
<b>Håndtering av strø</b>	-	-	+	+	+	-
<b>Håndtering av kalk</b>	-	-	-	-	+	+
<b>Blanding av melkepulver</b>	-	-	-	-	+	-

#### 4.5 Steder som gir høyest eksponering for gass

Fra gassgrafene var det vanskelig å kunne si noe sikkert om det var noen steder i fjøset som ga mer eksponering enn andre. På gård 1 kunne det se ut til at det var noe høyere konsentrasjon av ammoniakk i den gamle delen, enn i den nye delen. For gård 2 så det mer ut til at gassen var jevnt fordelt i fjøset, mens på gård tre kunne svingningene av ammoniakkonsentrasjonen minne om svingningene for CO<sub>2</sub> konsentrasjonen i fjøset (se Figur 40).



## 5 Diskusjon

Ved gjennomgang av tidligere forskning på luftkvaliteten i storfe fjøs, så var mange av studiene som ble funnet gamle (se kapittel 2.4). Landbruket gjennomgår raske endringer og validiteten til disse studiene trenger derfor ikke lenger være en god sammenligning for dagens situasjon. Det var vanskeligere å finne mange nye studier på akkurat dette området, og det var særlig utfordrende å finne studier som hadde undersøkt melkekuer i løsdrift. I og med at storfebøndene i Norge nå befinner seg i en overgangsperiode mellom båsfjøs og løsdriftsfjøs er det særlig viktig å få kartlagt problemene slik at løsninger kan bli implementert i overgangen.

En annen viktig faktor er at det kun var en sekk med måleutstyr. På alle gårdene var det flere bønder som jobbet sammen i fjøsene, og som byttet på å bære sekken. Det vil si at målingene er et resultat av eksponeringen til flere bønder, og ikke kun for en person.

Videre i diskusjonsdelen vil først eksponeringsmålingene bli diskutert i 5.1. Deretter sammenhengen mellom eksponeringstoppene, aktivitetene og de bygningsmessige forholdene i 5.2. I 5.3 blir de negative gassmålingene og vaskemidler diskutert, etterfulgt av sammenligning med grenseverdiene i 5.4. I 5.5 er det noen forslag til tiltak, før det til slutt blir diskutert noen mulige feilkilder og begrensninger.

### 5.1 Eksponeringsmålingene

#### 5.1.1 Støv

Støvkonsentrasjonen (normert over åtte timer) målt i de forskjellige fjøsene varierte mellom  $0.093 \text{ mg/m}^3$  og  $0.988 \text{ mg/m}^3$  (se Tabell 18) noe som gjenspeiler støvnivå målt tidligere i fjøs hos for eksempel Takai et al. (1998) og Zhai et al. (2007) (resultatene kan sees i Tabell 7 og Tabell 8). Det er verdt å merke seg at disse studiene ikke nødvendigvis har målt samme støvfraksjon som denne studien har, men begge studiene er også fra løsdriftsfjøs.

På gård 1 var støvnivået (normert over 8 timer) relativt likt på tre av fire dager. På den siste dagen var den høyere. Den høye verdien målt på fredagen kom mest sannsynlig av at melkeroboten ble vasket utvendig denne dagen. Dette var i tillegg til den vanlige rutinen. Vasking av melkeroboten var noe denne gården hadde som mer eller mindre fast rutine på fredager, og som oftest gjorde de dette en til to ganger i uken. I uken som målingene ble gjennomført ble den vasket en gang. Det betyr at selv om denne dagen skiller seg ut fra de andre dagene i målingene, så er det likevel representativt for denne gården, siden dette er fast rutine. Ved vask av melkeroboten ble det brukt fjøsvask og høytrykksspyler. Ved bruk av høytrykksspyler så kan bioareosoler virvles opp i luften og små vanddråper (med bioareosoler) kan sprute.

På gård 2 var det onsdagen som skilte seg ut med mer støv enn de andre dagene. Fredagen hadde minst støv, men det var fordi det kun var morgenstellet som ble målt denne dagen. En mulig forklaring på hvorfor, var at fôrvognen ble ødelagt på onsdagen. Det gjorde at bøndene måtte bruke en del tid på å manuelt mate dyrene ved å gå frem og tilbake mellom fôrsentralen og fôrbrettet, med en trillebår med fôr. Denne dagen ble det også tatt speneprøver av to kuer,

og i listen i Tabell 20 ser man at håndtering av dyr var en av aktivitetene som kunne gi høye støvtopper.

På gård 3 var det torsdagen som hadde den høyest målte støvkonsentrasjonen. Fredagen hadde den laveste verdien, men denne dagen var det kun fôrblandingen som ble målt.

På alle gårdene var det noen enkelte topper under skraping/fjerning av møkk. Dette var en aktivitet som foregikk over litt lengre tid og som ellers hadde et ganske lavt støvnivå. En mulig forklaring på hvorfor det plutselig kom noen slike topper er fordi bonden på disse tidspunktene går blant dyrene. Kyrne var veldig nysgjerrige og noen ganger kom de bort og luktet direkte på måleutstyret. Andre ganger sto de i veien for bonden slik at bonden måtte flytte dyrene, og som Tabell 20 viser så kan håndtering av dyr også gi slike topper.

Se gjerne vedlegg A for grafer for de utpekte dagene i avsnittene ovenfor.

### 5.1.2 Gass

I samsvar med Popescu et al. (2010) og Eduard et al., (2004) fant også denne studien at ammoniakk i fjøsene var problematisk, og ifølge Eduard et al., (2004), så kan ammoniakk øke risikoen for å utvikle astma. I Figur 11 er det en graf fra Zhao et al. (2007) som viser daglige svingninger i ammoniakkkonsentrasjonen. Konsentrasjonen av ammoniakk i Zhao et al. (2007) varierer mellom 0 og 6 ppm, mens i denne studien er det mye større spenn mellom 0 og 43 ppm, som maksimumsnivå (se Tabell 17). I samsvar med Zhao et al. (2007) ble det også her målt lave konsentrasjoner av hydrogensulfid i fjøsene.

På gård 1 så det ut til at det var noe høyere konsentrasjon av ammoniakk i den gamle delen enn i den nye delen. For å sjekke om dette stemte, ble arbeidsloggen brukt til å dele opp dagen og se på de målte konsentrasjonene i den gamle og den nye delen hver for seg. Dette kan man se i Tabell 21:

Tabell 21: Ammoniakkkonsentrasjonen i den gamle og den nye delen av fjøset på gård 1

	Tirsdag		Onsdag		Torsdag		Fredag	
	Gammel	Ny	Gammel	Ny	Gammel	Ny	Gammel	Ny
<b>NH<sub>3</sub></b> <b>(ppm)</b>	10.15	5.78	10.43	8.54	7.82	10.47	9.09	4.45

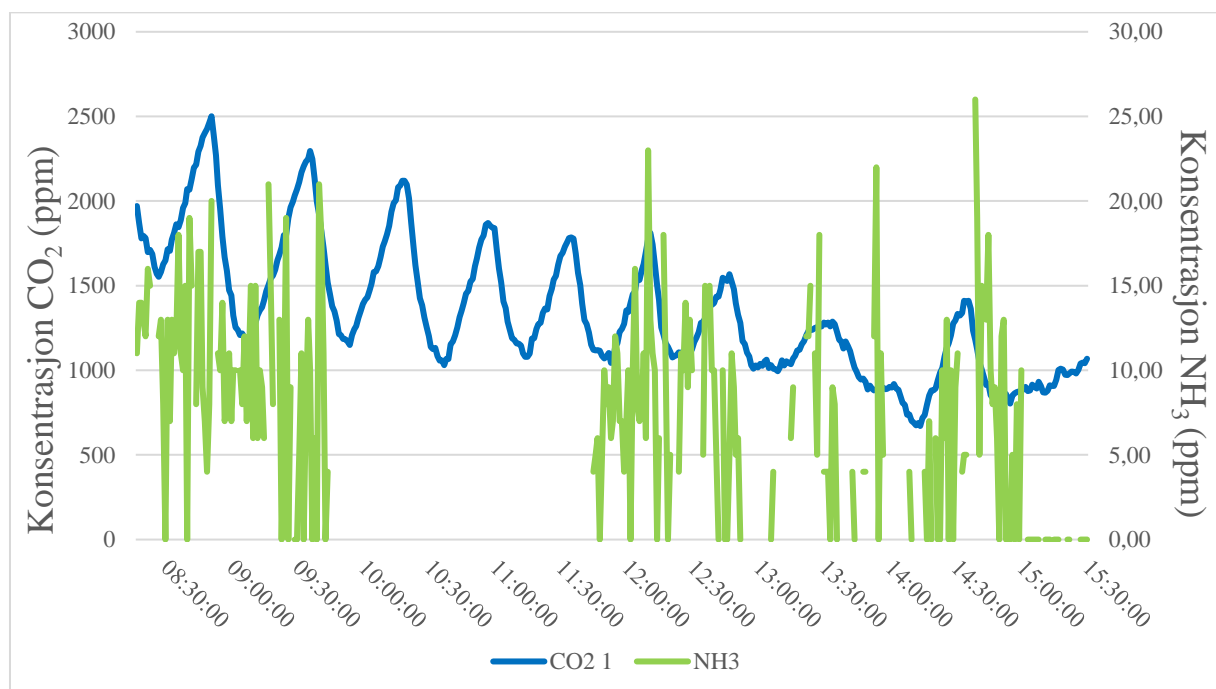
På tre av de fire dagene var ammoniakkkonsentrasjonen høyere i den gamle delen. Den dagen hvor det var høyere konsentrasjon i den nye delen, så viste også CO<sub>2</sub> måleren at det var lavere konsentrasjon i den gamle delen den første delen av dagen. Siden CO<sub>2</sub> nivået gir et godt bilde på hvor effektivt luftutskiftet er, så kan det tyde på at det denne dagen foregikk noe utlufting i den gamle delen. Temperaturen i den gamle delen var også lavere i den første delen av denne dagen, noe som kan understøtte at det foregikk utluftning, og det kan også stemme med Qu et al. (2021) hvor de fant en sammenheng mellom lavere temperaturer og ammoniakk (Qu et al., 2021). Etter at ventilene i den gamle delen bli ferdig installert, slik at ventilasjonen blir lik i den gamle og den nye delen, vil ammoniakknivået trolig bli lavere enn det var under datainnsamlingen. NO<sub>2</sub> kunne sees i forbindelse med utkjøring av fôr med minilaster, noe som kanskje kan knyttes til utslipp av eksos fra minilasteren (Spillum, 2023). Ibut varierte



gjennom hele dagen, men hadde topper mens bonden oppholdt seg i fôrsentralen. H<sub>2</sub>S ble ikke målt i fjøs 1, mens CH<sub>4</sub> ble målt to ganger.

Fra gassgrafene fra gård 2, er det vanskeligere å se en klar trend for hvor det finnes mest ammoniakk, da det ser ut til å variere jevnt i hele fjøset. I fjøs 2 ble det målt CH<sub>4</sub> hver dag på tilsynelatende tilfeldige steder. Ibut varierte jevnt gjennom dagene, og H<sub>2</sub>S ble ikke målt i det hele tatt. NO<sub>2</sub> ble målt i små mengder kun på torsdagen.

Gård 3 er den gården med de høyeste verdiene for ammoniakk (normert over åtte timer, se Tabell 19). Gård 1 og 3 hadde i utgangspunktet målt ganske like verdier for ammoniakk (se Tabell 17), men siden bøndene på gård 3 buker mer tid i fjøset, og dermed er mer eksponert enn bøndene på gård 1, så vil verdiene normert over åtte timer være høyere for gård 3 enn gård 1. Ved inspeksjon av gassgrafene fra gård 3, kan svingningene av ammoniakk minne om svingningene i CO<sub>2</sub> nivået (se Figur 40 for eksempel på CO<sub>2</sub> konsentrasjonen i fjøs 3 eller vedlegg A for detaljer). I Figur 41 er det laget en graf som viser CO<sub>2</sub> nivået fra måler 1 og ammoniakkkonsentrasjonen på gård 3 på tirsdag på de samme tidspunktene. Figuren indikerer at ammoniakkkonsentrasjonen varierer på samme måte som CO<sub>2</sub> nivået. Temperaturene i fjøs 3 svinger også på lignende måte. Oppholdet mellom ca. klokken 09.45 og 11.45 er tider hvor sekken med gassmåleren var ueksponert og vises derfor ikke i figuren under. Som på de andre gårdene så varierer ibut jevnt gjennom dagen. På gård 3 ble det ikke målt noe NO<sub>2</sub>, og det ble målt noe CH<sub>4</sub> og H<sub>2</sub>S på to av måledagene.



Figur 41: Sammenligning mellom CO<sub>2</sub> konsentrasjonen fra datalogger 1 og ammoniakkkonsentrasjonen i fjøs 3, tirsdag uke 13. Oppholdet mellom ca. 09:45 og 11:45 på grafen var tider hvor bonden ikke befant seg i fjøset, og sekken dermed ikke var eksponert for ammoniakk.

Selv om H<sub>2</sub>S eksponeringen i den daglige driften er lav for disse fjøsene, så har det andre steder vært flere hendelser med livsfarlige konsentrasjoner av denne gassen (NRK, 2022; Ormestad, 2022; SGSafety). I denne studien ble det målt noe H<sub>2</sub>S på noen av dagene i fjøs 3, noe som betyr at prosessene som lager H<sub>2</sub>S finnes, og som bøndene derfor bør være obs på. I

fjøs 1 og 2 ble det ikke målt noe H<sub>2</sub>S, men det betyr ikke at det ikke kan skje ved for eksempel omrøring. Fjøs 3 har omrøring to ganger i uken, og kan være en mulig forklaring på hvorfor det kun ble detektert H<sub>2</sub>S i dette fjøset under datainnsamlingen.

## 5.2 Sammenheng mellom eksponeringstopper, aktiviteter og bygningsmessige forhold

Aktivitetene som lager eksponeringstopper for støv på alle gårdene er håndtering av dyr, vasking/høytrykksspyling, fjerning/skraping av møkk og håndtering av kraftfôr (se Tabell 20). På gård 1 ble det født en kalv under målingene, og denne fikk halm til å ligge på, og arbeid med dette halmet ga eksponeringstopper for gård 1. På de andre gårdene var det ikke kalving under målingene, og det kan dermed tenkes at slike eksponeringstopper kunne blitt målt på gård 2 og 3 også hvis det hadde vært tilfellet. Gård 3 er den eneste gården som bruker kalk i liggebåsene, og melkepulver til kalvene, og dette gir derfor bare utslag på denne gården. Under kalking var det synlig støv i luften, og bonden brukte støvmaske under denne arbeidsoppgaven.

Ved fôrblending på gård 3 var det også synlig støv i luften. Denne gården brukte blant annet noen forskjellige salter og protein- og mineralpulver i fôrblendingen, og da dette ble tømt i fôrblenderen så ble det dannet en støvsky. Denne støvskyen hadde ofte lagt seg litt når bonden var ferdig med å hente resten av fôret som skulle i fôrblenderen. Etter fôrblendingen var ferdig, gjennomførte bonden kveldsstell. Ettersom eksponeringen under kveldsstedet kun ble estimert, så kan det tenkes at støvnivået under kveldsstedet egentlig var høyere enn det som er antatt på grunn av denne støvskyen.

På gård 3 så det ut til at det kunne være en sammenheng mellom når ventilasjonslegget åpnet lukene langs veggene og i taket, og svingningene i konsentrasjonen av ammoniakk i fjøset (se Figur 41). På gård 1 kunne det se ut til at det var høyere konsentrasjon av ammoniakk i den gamle delen, hvor det var kjeller under gulvet og ikke installert ventil. I både fjøs 1 og fjøs 3 er det dermed sannsynlig at det er en sammenheng mellom ventilasjonssystemet og ammoniakkkonsentrasjonen. Det kan tenkes at en slik sammenheng også finnes for fjøs 2, men det er litt vanskeligere å kunne se umiddelbart. For å eventuelt finne en slik sammenheng må man se nærmere på dataen til CO<sub>2</sub> nivået og ammoniakk nivået.

En mulig forklaring på hvorfor det er høyere nivå av ammoniakk i fjøs 3 og 2 enn i fjøs 1, er gjødselhåndteringen i fjøs 3, og mangelen på ventil i den gamle delen i fjøs 1. I fjøs 1 og 2 er det kjeller under gulvet hvor de har omrøring i forbindelse med spredning av gjødsel på jordene om våren/sommeren. Under omrøring er det fare for frigjøring av gasser som har blitt dannet i kjelleren. Gassene har da hatt mulighet til å produseres og samle seg opp i nesten et år før de kan bli frigitt under omrøringen. I fjøs 3 blir møkka samlet opp under spaltegulvet og rørt om to ganger i uken, og pumpet ut i en kum utenfor fjøset. Denne omrøringen kan muligens også frigjøre gasser, men sannsynligvis i mindre omfang enn ved omrøring i en kjeller. Dette er to helt forskjellige systemer for å håndtere gjødslet i fjøsene på. Spørsmålet er hva som er best av å få all gassen frigjort på en gang (som kan skje i fjøs 1 og 2), eller om det er bedre å få litt og litt gass frigjort hele tiden.

På gård 1 var gjødselkjelleren under deler av den gamle delen (se Figur 15). De bingene i den gamle delen som ikke hadde kjeller under, hadde tett gulv. Dette gjorde at bonden manuelt måtte fjerne møkk fra disse bingene ved hjelp av en trillebår og en spade. Som følge av dette, brukte bonden mye tid i den gamle delen, hvor det ikke var usannsynlig at det var høyere konsentrasjon av gass i luften (se Tabell 21).

## 5.3 Negative gassmålinger og bruk av vaskemiddel

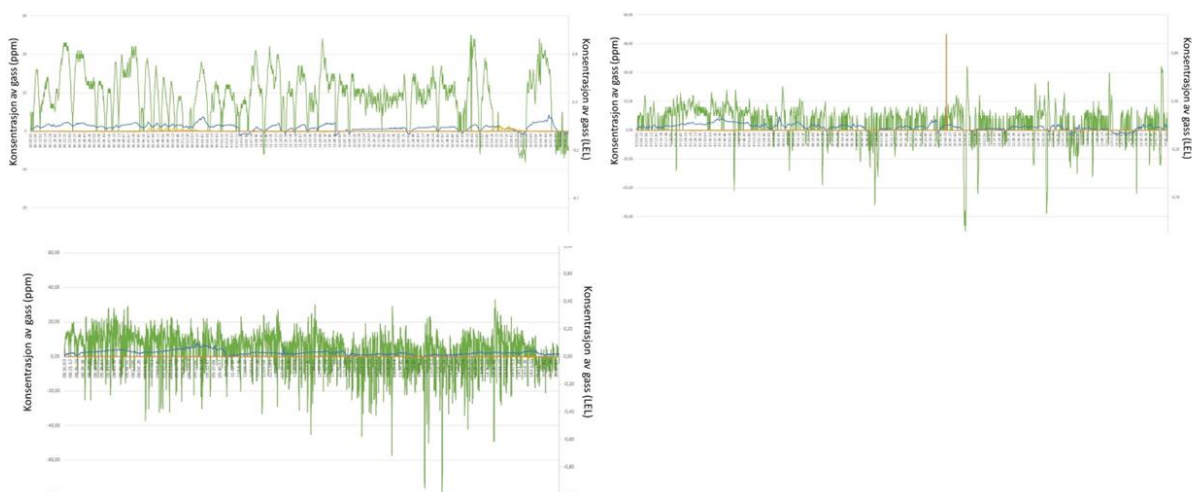
### 5.3.1 Negative målinger som følge av kryssensitivitet fra vaskemiddel

Som nevnt tidligere, ble det målt negative verdier under flere av gassmålingene. På gård 1 oppsto de negative verdiene for ammoniakk ofte i forbindelse med rensing av filteret i drikkekaret og i noen grad ved melkeroboten, i førsentralen og under valsing av korn. Under vask av melkeroboten på fredagen var det ingen negative verdier for ammoniakk, men nivået så ut til å være lavere under vasken enn den var ellers på dagen. Den minste verdien målt for ammoniakk i fjøs 1 var – 53 ppm, og dette ble målt i nærheten av melkeroboten/drikkekar. Noen ganger oppsto de negative verdier tilsynelatende tilfeldig. Både NO<sub>2</sub> og ibut hadde tidvis negative verdier.

Fjøs 2 hadde flere negative verdier for ammoniakk enn det fjøs 1 hadde. Disse negative verdiene kom ofte mens bonden oppholdt seg på melkerommet, ved vasking av drikkekar, ved melkeroboten, i førsentralen, i gangen utenfor husdyrrommet og mens bonden fikset gjødselsskraperen ved nedslippet i enden av bingene. Ellers kom de negative verdiene tilsynelatende tilfeldig. Den minste verdien for ammoniakk ble målt til – 100 ppm, og dette ble målt i forbindelse med inseminering.

Den minste verdien målt for ammoniakk i fjøs 3 var – 91 ppm, og dette ble målt ved skraping i bingene hos unge dyr. Gård 3 er også den gården som har mest negative verdier for ammoniakk.

I Figur 42 er det eksempler på gassmålinger fra hvert av de tre fjøsene. Som figuren viser er det noe negative verdier på gård 1, litt mer på gård 2 og mest på gård 3.



Figur 42: Gassgrafer med negative verdier. Øverst til venstre: tirsdag gård 1, øverst til høyre: tirsdag gård 2, nederst: tirsdag gård 3

For å finne forklaringen på hvorfor det ble målt negative verdier ble det sett på hvilke gasser de forskjellige sensorene kunne være kryssensitive for:

Tabell 22: Tabellen viser hvordan andre gasser virker negativt på sensorene. Første kolonne viser sensorene på gassmåleren og i radene kan man lese hvordan disse gassene kan bli påvirket av andre gasser (Dräger, 2018)

	Cl <sub>2</sub>	HCl	NO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> S	10ppm Cl <sub>2</sub> <= 1ppm H <sub>2</sub> S (-)		20ppm NO <sub>2</sub> <= 4 ppm H <sub>2</sub> S (-)		
NO <sub>2</sub>				1ppm H <sub>2</sub> S <= 0.03ppm NO <sub>2</sub> (-)	1ppm SO <sub>2</sub> <= 0.12ppm NO <sub>2</sub> (-)
NH <sub>3</sub>	10ppm Cl <sub>2</sub> <= 30 ppm NH <sub>3</sub> (-)	20ppm HCl <= 15ppm NH <sub>3</sub> (-)	20ppm NO <sub>2</sub> <= 10 ppm NH <sub>3</sub> (-)		

Siden det var ammoniakk som viste mest negativt utslag, er det valgt å fokusere på ammoniakk. Fra Tabell 22 ser man at det er klor, saltsyre og nitrogendioksid som kan påvirke ammoniakksensoren i negativ retning. Hvis det er gasser som sensoren er kryssensitiv til stede, er det summen av alle komponentene som vises (Dräger, 2018). For eksempel hvis det er en konsentrasjon ammoniakk på 10 ppm i luften, men så er det en annen gass som gir et bidrag på -3 ppm til ammoniakk, så er det 7 ppm som vil vises i gassmåleren. I fjøsene var det generelt målt lave verdier av nitrogendioksid, som gjør at det mest sannsynlig var klor eller saltsyre som har påvirket ammoniakkmålingene. For å undersøke dette videre ble det sett på hva vaskemidlene i de forskjellige fjøsene inneholdt.

Vaskemidlene og kjemikaliene som ble benyttet på gårdene ble beskrevet i 3.1. På alle gårdene gikk vaskevannet i kjelleren/kummen for gjødsel. Hovedforskjellen i bruk av vaskemiddel var avhengig av hvilken melkerobot fjøsene brukte. Fjøs 1 og 2 bruker melkerobot av merket Lely, mens fjøs 3 bruker melkerobot av merket DeLaval (se Tabell 12). Melkerobotene bruker da vaskemidlet tilhørende sitt respektive merke. Fjøs 1 og 2 brukte også DeLaval vaskemiddel på melketanken som befant seg inne på melkerommet, og de kunne derfor potensielt bli eksponert for de samme forurensningene inne på melkerommet som bøndene i fjøs 3 kunne bli eksponert for ute i husdyrrommet.

Vaskemidlene som ble brukt på melkeroboten i fjøs 1 og 2 var Lely Astri Lin og Lely Astri Cid. Lely Astri Lin er basisk og veldig effektiv på melkefett, mens Lely Astri Cid er surt og bruker syrer til å fjerne uorganiske forekomster (Lely). Det sure og det basiske vaskemidlet ble brukt annenhver gang ved vask. Det samme prinsippet ble benyttet på melketankene og på melkeroboten i fjøs 3, med et surt og et basisk produkt som ble brukt annenhver gang.

Vaskemidlene brukt på roboten av merket Lely inneholdt ingen klor. Det basiske produktet av merket DeLaval derimot, inneholdt klor (natriumhypokloritt, NaOCl). I Tabell 23 har det blitt laget en oversikt over klor i vaskemidlene på de forskjellige gårdene. Felleskjøpets fjøsvask, som ble brukt på alle gårdene, inneholdt også klor (natriumhypokloritt).

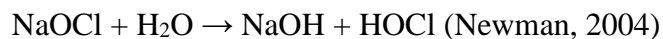
Tabell 23: Oversikt over klorinnhold i vaskemidlene brukt på melkeroboten og melketanken på de forskjellige gårdene

	Gård 1	Gård 2	Gård 3
Natriumhypokloritt i vaskemidlet til melkerobot	Nei	Nei	Ja
Natriumhypokloritt i vaskemidlet til melketank	Ja	Ja	Ja

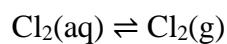
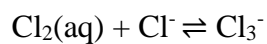
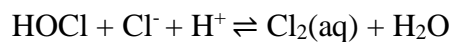
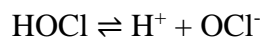
Med det faktum at det generelt var målt lave verdier av  $\text{NO}_2$ , og det at det finnes klor i noe av vaskemidlet som blir benyttet, så er det sannsynlig at det er klor som er grunnen til at ammoniakk tidvis viser mange negative verdier.

### 5.3.2 Klorgass

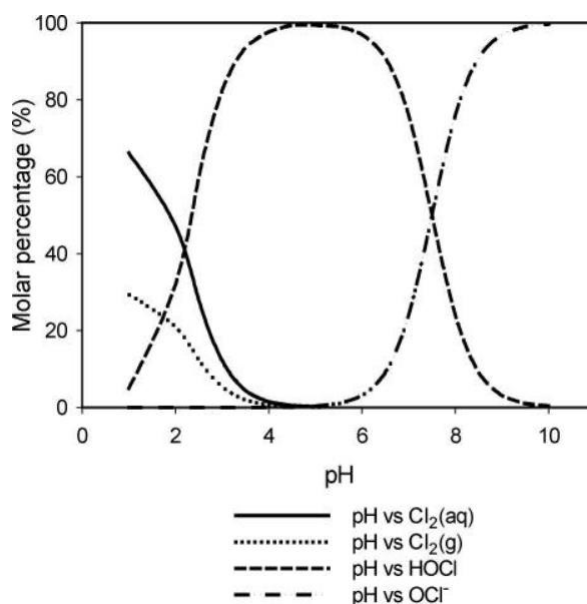
Natriumhypokloritt har følgende reaksjon når det blandes med vann (hydrolyse):



Følgende likevekter finnes dermed i natriumhypoklorittløsning med vann (Wang et al., 2007):



Andelen av de forskjellige komponentene i likevektene ovenfor avgjøres av blandingens pH på følgende måte:



Figur 43: Klor og pH, hentet fra (Wang et al., 2007)

Det vil si at lav pH (sur løsning) og høyt innhold av klorioner gir mer klorgass. Siden melkerobot og melketank blir vasket annenhver gang med syre og base, og siden natriumhypokloritt er i det basiske vaskemidlet, så blir «vannet» ved neste vask tilsatt syre.

Fjøs 1 er det fjøset med minst negative verdier av ammoniakk. Fjøs 2 har litt mer, og fjøs 3 har mest. Dette kan det være flere grunner til. Fjøs 1 og 2 bruker et vaskemiddel på melkeroboten som ikke inneholder klor, mens vaskemidlet til fjøs 3 sin robot bruker klor. Melkeroboten står i husdyrrommet og vaskemiddelet fra denne kan føre til forurensning av arbeidsmiljøet i fjøset, og kan være forklaringen på hvorfor fjøs 3 har så mange flere negative målinger enn fjøs 1 og 2.

En mulig forklaring på hvorfor det er flere negative målinger i fjøs 2 enn i fjøs 1 kan være plasseringen av melketanken, siden vaskemidlet brukt på melketanken i disse fjøsene inneholdt klor. I fjøs 1 er melkerommet adskilt fra husdyrrommet med kontoret mellom, og det er ingen direkte åpning mellom husdyrrommet og melkerommet (se Figur 13). I fjøs 2 er det en kun en dør som skiller husdyrrommet fra melkerommet (Figur 17). Denne døren er ofte åpen fordi bøndene ofte er innom melkerommet mens de jobber. Denne hypotesen støttes ved at det ofte måles negative verdier når bonden befant seg inne på melkerommet. Ved åpen dør kan også denne forurensningen potensielt komme ut i husdyrrommet.

Under vaskingen av melkeroboten på fredagen på gård 1, så ble det ikke målt noen negative verdier for ammoniakk, til tross for at det ble brukt et vaskemiddel med klor (fjøsvaske). Det kan likevel se ut til at ammoniakknivået er lavere under vaskingen enn den var resten av dagen. Dette kan bety at det ikke var nok klor til å lage negative verdier, men likevel nok til å dra ammoniakkmålingene noe ned.

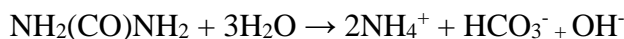
Som vist i Tabell 22, så kan 10 ppm klor påvirke ammoniakk med opp til 30ppm (i negativ retning). På gård 2, ble det en dag målt -100 ppm ammoniakk og dette kan da tilsvare ned mot ca. 33 ppm klor, gitt at det ikke er noe ammoniakk til stede. Hvis det var ammoniakk til stede samtidig, så kan konsentrasjonen av klor ha vært enda høyere. Dette er interessant fordi

grenseverdien til klor er 0.5 ppm over åtte timer (Arbeidstilsynet, 2011). Eksponering for klor i fjøs var ikke noe som var tatt til betraktning i utgangspunktet, men som kanskje bør undersøkes videre da klor er en irriterende gass, som kan gi alvorlige lungereaksjoner (Helse-Norge).

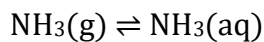
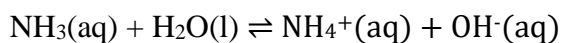
### 5.3.3 Kloraminer

I svømmebasseng blir klor brukt for å holde vannet rent (enwa). Ved kontakt med nitrogenforbindelser fra for eksempel urin og svette fra mennesker, så kan det dannes kloraminer (STAMI, 2019). Hoste og hvesing har blitt rapportert blant arbeidere i svømmehaller (Thickett et al., 2002). Disse symptomene ble imidlertid bedre hvis de hadde tid borte fra jobben. Studien viste også at eksponering for trikloramin i svømmebasseng kunne føre til yrkesastma.

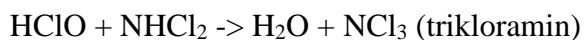
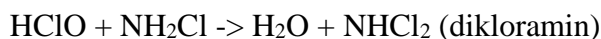
Kloraminer er ikke undersøkt i denne studien, og kan heller ikke indikeres slik som klogass kan, men siden dannelse av klogass er mulig i fjøsene, så kan det også være en interessant problemstilling å se nærmere på dannelse av kloraminer i fjøs. Siden natriumhypokloritt blir brukt i vaskemidlene i fjøsene, og vaskevannet kommer i kontakt med kyrnes urin, så kan det tenkes at det kan dannes kloraminer. Urea i kuenes urin vil hydrolyseres på følgende måte (Ray et al., 2018):



Dermed kan følgende likevekter finnes i blandingen (Chemistry-School):



Hypoklorsyre (fra hydrolyse av natriumhypokloritt, se reaksjon under 5.3.2) vil kunne reagere med ammonium (fra hydrolyse av urea), og danne kloraminer på følgende måte (enwa):



Hvilket kloramin som blir dannet er avhengig av faktorer som temperatur, pH og mengdeforholdet mellom komponentene i blandingen (Government\_of\_Canada, 2018).

### 5.3.4 Vaskemiddel og pH

I utgangspunktet var det ønskelig å kunne kartlegge vaskemidlene for å undersøke om det var mulig å finne mønstre mellom pH i vaskemidlet og gassutviklingen i fjøsene (se Figur 6). På gård 1 beskrev de at en dunk med det basiske vaskemidlet varte ca. 1 måned, mens en dunk med det sure vaskemidlet varte ca. 2 måneder for melkeroboten (se Tabell 9). Det betyr at det blir brukt mer basisk enn surt vaskemiddel. For å kunne si noe om hva den resulterende pH ble ved en blanding av disse to produktene bør man vite nøyaktig mengde brukt og konsentrasjonen. I Figur 6 ser man at høyere pH (mer basisk) gir mer dannelse av  $\text{NH}_3$  og lite dannelse av  $\text{H}_2\text{S}$ . Hvis det er slik at resultat pH ble basisk siden det ble brukt mest basisk

vaskemiddel, så kan det stemme med målingene gjort i fjøs 1 og 2. I fjøs 3 var det vaskemidlene Alkali NonP og HorolithRobot som ble brukt til vask av melkerobot. Fjøs 3 sier de at det basiske og det sure vaskemidlet brukes i like store mengder for både melkeroboten og melketanken.

## 5.4 Sammenligning med grenseverdiene

I Tabell 25 har resultatene for eksponering på gårdene blitt vurdert mot Arbeidstilsynets grenseverdier, i samsvar med metoden beskrevet i 3.4. I en forenklet undersøkelse med fire målinger, så må hver agens være under 15% av grenseverdien for å kunne anses som akseptabel. Dette vises i Tabell 24.

Tabell 24: 15% av grenseverdi for støv, ammoniakk, hydrogensulfid og nitrogendioksid

Agens	15% av grenseverdi
Støv	0.75 mg/m <sup>3</sup>
Ammoniakk	2.25 ppm
Hydrogensulfid	0.75 ppm
Nitrogendioksid	0.075 ppm

Tabell 25: Vurdering av eksponering målt av personbåret utstyr sammenlignet mot grenseverdiene i Tabell 3

	Gård 1	Gård 2	Gård 3
Støv	Eksponeeringen kan trolig ansees som akseptabel	Eksponeeringen kan trolig ansees som akseptabel	Overeksponering kan ikke utelukkes. Tiltak/detaljert kartlegging nødvendig
Ammoniakk	Overeksponering kan ikke utelukkes. Tiltak/detaljert kartlegging nødvendig	Overeksponering kan ikke utelukkes. Tiltak/detaljert kartlegging nødvendig	Overeksponering kan ikke utelukkes. Tiltak/detaljert kartlegging nødvendig
Hydrogensulfid	Eksponeeringen kan trolig ansees som akseptabel	Eksponeeringen kan trolig ansees som akseptabel	Eksponeeringen kan trolig ansees som akseptabel
Nitrogendioksid	Eksponeeringen kan trolig ansees som akseptabel	Eksponeeringen kan trolig ansees som akseptabel	Eksponeeringen kan trolig ansees som akseptabel

Tabell 24 og Tabell 25 tar utgangspunkt i grenseverdien med referanse på åtte timer. Nitrogendioksid og ammoniakk har også en korttidsverdi, og hydrogensulfid har en takverdi (se Tabell 3).

Nitrogendioksid har en korttidsverdi på 1ppm, og nitrogendioksid ble detektert særlig i forbindelse med fôring med minilaster i fjøs 1. Nitrogendioksid i dette fjøset kommer sannsynligvis fra eksosen til minilasteren, siden nitrogendioksid kan dannes i



forbrenningsprosesser og finnes i blant annet bileksos (Miljødirektoratet/FHI, 2017). I denne studien har det ikke blitt funnet verdier over korttidsgrenseverdien, men er noe bøndene bør være obs på ved bruk av minilaster over lengre tid. På tirsdagen var det to perioder på 15 minutter hvor minilaster ble brukt (se vedlegg A for detaljer), og dette ga en korttidskonsentrasjon på 0.25ppm og 0.51ppm respektivt.

Ammoniakk har en korttidsverdi på 50ppm, og siden den høyeste verdien målt i denne studien var 43ppm, så var det ingen målte perioder hvor denne korttidsverdien ble overskredet. Noe som er viktig å ta i betraktning er at ammoniakk i fjøsene sannsynligvis er underestimert. Hydrogensulfid har en takverdi på 10ppm, og den høyeste konsentrasjonen målt i dette studiet var 1.5ppm.

I Tabell 25 har de forskjellige agensene blitt vurdert individuelt mot deres respektive grenseverdi. Ved samtidig eksponering for flere stoffer samtidig, så kan den samlede virkningen av alle agensene ha større helseeffekt enn det de ville ha hatt hver for seg (Arbeidstilsynet). Det vil si at for eksempel siden både støv og ammoniakk kan være irriterende for lungene hver for seg, så kan de til sammen ha en forsterkende irriterende effekt på hverandre. Dette blir undersøkt ved å regne ut en samlet eksponeringsindeks, eller  $E_{\text{indeks}}$ .  $E_{\text{indeks}}$  blir beregnet på følgende måte:

$$\frac{C(8t)1}{GV1} + \frac{C(8t)2}{GV2} + \frac{C(8t)3}{GV3} + \dots + \frac{C(8t)n}{GVn}$$

$C(8t)n$  er konsentrasjonen av agens  $n$  normert over åtte timer, og  $GVn$  er grenseverdien til agens  $n$ . Resultatet av formelen ovenfor blir vurdert på samme måte som et stoff som ville hatt en grenseverdi på 1.  $E_{\text{indeks}}$  for alle dagene vises i Tabell 26.

Tabell 26:  $E_{\text{indeks}}$  for organisk støv, ammoniakk, nitrogendioksid og hydrogensulfid

	Gård 1	Gård 2	Gård 3
<b>Tirsdag</b>	0.41	0.19	0.79
<b>Onsdag</b>	0.32	0.21	0.70
<b>Torsdag</b>	0.25	0.23	0.71
<b>Fredag</b>	0.31	0.09*	0.05**

\*kun morgenstell målt denne dagen

\*\*kun fôrblanding målt denne dagen

For en forenklet undersøkelse, så blir disse verdiene vurdert med de samme kriteriene som beskrevet i 3.4. Ved fire målinger så må eksponeringen være under 15% av grenseverdi for å kunne ansees som akseptabel. Det vil si at verdiene må være under 0.15. Alle gårdene overskrider da denne grenseverdien på alle dagene utenom de dagene hvor det ikke ble tatt heldagsmåling.

Fra Tabell 25 kan man se at konklusjonen for ammoniakknivået i alle fjøsene, var at overeksponering ikke kunne utelukkes. I fjøs 1 var det forholdsvis lite negative målinger, noe som kan bety at ammoniakknivået målt og estimert i dette fjøset er nært virkeligheten da det sannsynligvis var lite som forstyrret sensoren. Fjøs 2 hadde mer eksponering som forstyrret sensoren, noe som betyr at nivået her sannsynligvis er litt høyere enn det som er målt. Fjøs 3

var den gården med høyest verdier for ammoniakk. Den ene dagen var det målt rett under 10 ppm (normert over åtte timer, se Tabell 19). Dette er 5 ppm fra å overstige grenseverdien, og siden fjøs 3 også er det fjøset med mest negative verdier fordelt over hele dagen, så er det ikke usannsynlig at det er tilfellet. I fjøs 3 var det målt tid + estimert tid for fôrblanding + estimert tid for kveldstid normert over åtte timer som ga gjeldende verdi for sammenligning med grenseverdi. Under fôrblanding brukte bonden mye tid i traktoren og utenfor husdyrrommet, noe som førte til at eksponeringen var relativt lav. Dette kan være med på å dra gjennomsnittet for konsentrasjonen til de forskjellige agensene i fjøset ned, som betyr at den faktiske konsentrasjonen i fjøset kan være høyere enn antatt.

Som nevnt innledningsvis i seksjon 2, så kan organisk støv inneholde mange forskjellige agens, som for eksempel bakterier, endotoksiner, mykotoksiner og allergener. De forskjellige agensene kan, ved eksponering, ha forskjellige helseeffekter på mennesker. I forskrift til tiltaks- og grenseverdier (Arbeidstilsynet, 2011), er det kun en grenseverdi for alle disse forskjellige agensene (organisk støv). Det har blitt diskutert hvor god denne grenseverdien er, og det har blitt foreslått å etablere egne bransjestandarder for eksponeringen for de ulike typene med organisk støv (Smedbold, 2022).

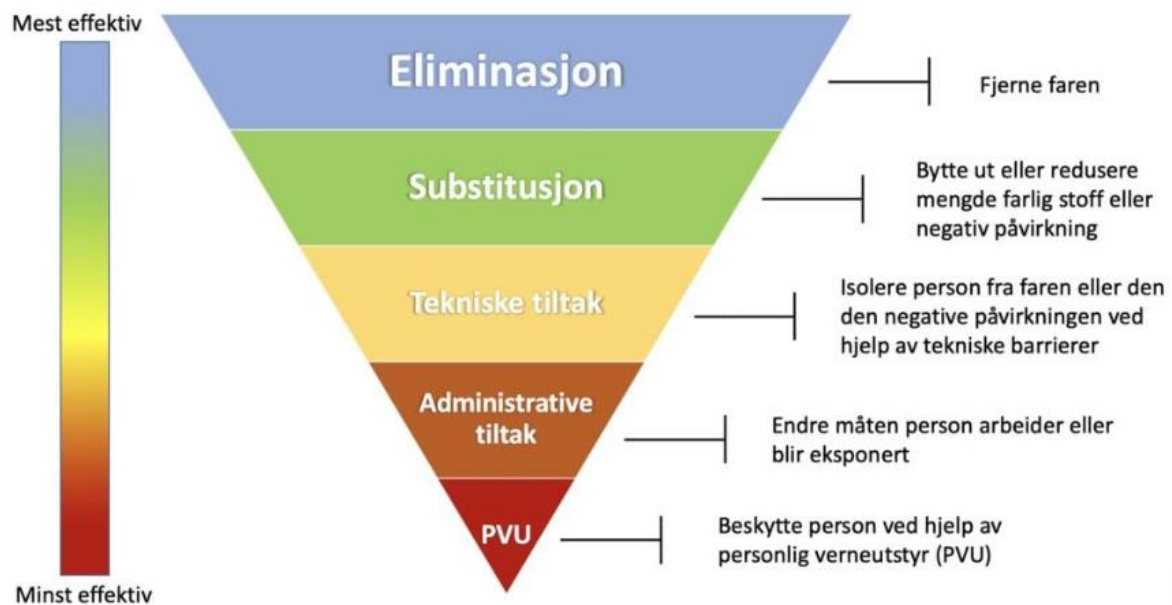
I seksjon 2.3.2 og 2.3.3 blir de forskjellige kravene for arbeidsmiljøet til bonden, og dyrenes miljø i fjøset oppgitt. Kravene til dyrene i fjøset er utenfor hovedfokuset for denne oppgaven, men det er viktig for den enkelte bonde, og derfor er det valgt å også nevne dette. For alle gassene som er oppgitt i disse tabellene, er det strengere krav for dyrene, enn for bonden. For ammoniakk så er den anbefalte verdien 10 ppm i stedet for 15 ppm som for mennesker. Dyrene står i fjøset hele døgnet, og er dermed eksponert hele tiden, og ikke bare under fjøsstellet slik som bonden er. Det blir derfor mer riktig å se på verdiene før de ble normert til 8 timer (Tabell 17), da dette gir konsentrasjonen i luften mens bonden oppholdt seg i fjøset. På gård 1 ligger dem gjennomsnittlige ammoniakkkonsentrasjonen i fjøset mellom 6.05 og 9.64 ppm. På gård 2 ligger det mellom 3.76 og 7.66 ppm, og i fjøs 3 mellom 2.63 og 8.77 ppm inkl. fôrblanding, og 9.03 og 9.52 ppm uten fôrblanding. Alle gårdene ligger tett opp mot de anbefalte maksimumsverdiene for dyrene de dagene det ble tatt målinger.

## 5.5 Forslag til tiltak

I tråd med metoden beskrevet i Figur 29, så bør det enten settes i gang tiltak, gjøres nye vurderinger, eller gjennomføres detaljert undersøkelse, om overeksponering ikke kan utelukkes med en forenklet undersøkelse. I dette tilfellet så kan ikke overeksponering for ammoniakk utelukkes hos noen av gårdene. Overeksponering for støv kan heller ikke utelukkes fjøs 3. Tiltakene som blir foreslått nedenfor vil derfor fokusere på å redusere ammoniakk og støveksponering i fjøsene. Tiltak for å redusere klor er også tatt med, da det potensielt kan være snakk om høye konsentrasjoner av klor. Ved å se på diskusjonen om  $E_{\text{indeks}}$  under 5.4, så ser man at det kan også være en fordel å ikke kun tenke på eksponeringen hver for seg. Dette bør tas i betraktning ved valg av tiltak, siden det ikke nødvendigvis er tilstrekkelig å kun fokusere på å redusere en av agensene.

Tiltakshierarkiet er en måte å rangere effekten av forskjellige tiltak, og tiltak høyere opp i hierarkiet foretrekkes foran løsninger som finnes lenger ned (Norsk-Standard, 2018).

Tiltakshierarkiet består av eliminasjon, substitusjon, tekniske tiltak, administrative tiltak og personlig verneutstyr (PVU) (se Figur 44).



Figur 44: Tiltakshierarkiet, hentet fra (Yrkeshygiene.no, 2021b)

Som nevnt innledningsvis i diskusjonen så er vurderingene for eksponering i denne studien basert på data fra heldagsmålinger hvor bøndene byttet på å bære sekken. Vurderingene i denne studien er gjort ut fra antakelsen at det er en person som er eksponert i fjøset i åtte timer, men det er ikke tilfellet på noen av disse gårdene. Hvis det at en person gjør all jobben kan føre til overeksponering, så kan et tiltak være å dele opp arbeidsoppgavene slik som mange av gårdene allerede gjør (administrativ). Hvis to bønder for eksempel deler på å jobbe fire timer hver i stedet for at en person jobber åtte timer, eller at de for eksempel deler på de oppgavene som de vet fører til høy eksponering, så har de hver halvert tiden de var eksponert og dermed redusere eksponeringen.

Videre i dette delkapitlet, så vil forslagene til tiltak bli delt opp i hvilket agens de gjelder for. Først kommer forslag til tiltak mot støv, deretter mot ammoniakk, så for klorgass.

### 5.5.1 Støv

Fra Tabell 20 og grafene i vedlegg A, kan man se hvilke aktiviteter som støvet mest. For å redusere eksponering kan man se på særlig disse aktivitetene og prøve å endre rutiner i utførelse av disse (administrative-/tekniske tiltak), som for eksempel å bruke en vannslange til vasking i stedet for høytrykksspyler. Et annet tiltak er bruk av støvmaske under disse aktivitetene (PVU).

Støv kunne ikke utelukkes ved gård 3, og det anbefales derfor å gjøre en detaljert undersøkelse. Som nevnt tidligere så inneholder organisk støv mange forskjellige agenser, som har forskjellige helseeffekter. Det kan derfor være nyttig for alle gårdene å kartlegge

nøyaktig hva som er i dette støvet, selv om gård 1 og 2 var under grenseverdien. For eksempel så ble ikke endotoksinmålinger inkludert i denne studien.

### 5.5.2 Ammoniakk

Det at ammoniakkkonsentrasjonen, og også muligens klorkonsentrasjonen, er relativt høy så kan det indikere at ventilasjonssystemene ikke er gode nok til å kvitte seg med disse gassene. Forbedrede ventilasjonsforhold kan da være et forslag til tiltak (tekniske tiltak). I fjøs 3 ser det ut til at konsentrasjonen av ammoniakk går ned når lukene langs veggene og i taket åpner seg. Selv om ammoniakkkonsentrasjonen går ned, så ser det ut til at lukene ikke forblir åpne lenge nok til å kvitte seg med all gassen. Ventilasjonssystemet på alle gårdene styres automatisk etter temperatur. Hvis det er kaldt ute, så er det derfor mindre lufting i fjøsene. Denne studien ble gjennomført i mars mens det enda var kaldt ute. Ved å stille ned temperaturen som anlegget skal holde, kan det bli mer og bedre lufting i fjøsene. Temperaturen inne i fjøset blir da kaldere, men kuer har generelt stor evne til å tåle og tilpasse seg til lavere temperaturer (Mattilsynet, 2010). Ifølge Qu et al. (2021) går ammoniakkkonsentrasjonen også ned ved lavere temperaturer, noe som også kan være årsaken til at ammoniakkkonsentrasjonen går ned når lukene åpnes. Ved en slik løsning så må kalvene passes ekstra godt på da de ikke tåler like mye kulde som de voksne dyrene (Sogstad et al., 2016). Arbeidsmiljøet til bonden kan også bli negativt påvirket av denne løsningen da det blir kaldere og kanskje mer utrivelig å jobbe der.

Hvis det stemmer at det frigjøres gass ved omrøring i fjøs 3 to ganger i uken, så kan det også være et godt tiltak å passe på at lukene langs veggene og i taket er åpne når dette forgår (administrative-/tekniske tiltak). Ved omrøring to ganger i uken så blir møkka liggende noen dager under spaltene og kan potensielt avgi gasser til husdyrrommet. Det kan da tenkes at det kan være et effektivt tiltak å gjøre omrøring oftere slik at det ikke blir liggende så lenge om gangen (administrative tiltak).

Med de tre gårdene som var med i denne studien, så var det de stedene som hadde mekanisk ventilasjon med vifter som hadde lavest gasskonsentrasjon i fjøset. Mekanisk ventilasjon kan da være å anbefale ved bygging av nye fjøs (tekniske tiltak).

Som nevnt tidligere, så krever det et mer basisk miljø for at ammoniakk skal kunne bli produsert (se Figur 6). I Tyskland ble det gjennomført et eksperiment der svovelsyre ble blandet inn i gjødslet til griser for å senke pH-verdien, og dermed redusere utslipp av ammoniakk (Overmeyer et al., 2023) (substitusjon). Gjødslet ble pumpet inn i en egen tank og blandet med syre, mens pH ble målt i flere omganger til pH var stabil. Deretter ble det pumpet tilbake. Målet var å senke pH-verdien til 5.5, og resultatet av studien var at ammoniakkslipp ble redusert med 44% på våren, 41% den første sommeren og 33% den andre sommeren. Et lignende eksperiment har blitt gjort i en fjøs med fjærkre ved å bruke aluminiumsulfat til å senke pH-verdien (Burns et al.). Merk at ved et surere miljø i gjødsla legges det til rette for utvikling av H<sub>2</sub>S (se Figur 6). Overmeyer et al. (2023) løste dette ved å måle H<sub>2</sub>S hvert 10 minutt, og anbefalte å ha god ventilasjon i tanken hvor gjødslet ble blandet med syre slik at H<sub>2</sub>S ikke kom inn i fjøset.

Kyrnes diett kan også være med på å påvirke utslipp av ammoniakk (Powell et al., 2008). Ved å redusere konsentrasjon og type protein i fôret til kuene, kan utslipp av ammoniakk reduseres (Misselbrook et al., 2005) (eliminasjon).

I Powell et al. (2008) ble det beskrevet hvordan løsdriftsfjøs som regel hadde mer ammoniakk enn båsfjøs, siden kyrnes avføring ikke var samlet på et sted. Ved å lære kyrne å urinere på et sted i fjøset så kan dette problemet unngås (Dirksen et al., 2021). I Dirksen et al. (2021) forsøkte forskerne å trene 16 kalver til å urinere i en latrine. 11 av de 16 kalvene klarte å lære seg å bruke latrinen. Til forskernes overraskelse så kunne kalvenes evne til å dotrenes sammenlignes med barn. Forskerne mente at denne var en god mulighet til å redusere utslipp av klimagasser uten at det skal gå på bekostning av dyrenes velferd (tekniske tiltak). Figur 45 viser et bilde fra en video under dotrening av kalvene. Studien viste at det var mulig å dotrene de fleste kalvene, og det gir derfor mulighet til å kunne samle opp og behandle urin på en mer effektiv måte, og dermed redusere ammoniakktutslippet.

Kamera 1 2020-02-14 08:11:34



Figur 45: Kalv som bruker latrine, hentet fra (Dirksen et al., 2021)

### 5.5.3 Klorgass

For å finne ut som klor er et problem i løsdriftsfjøs, så må det måles klor direkte for å finne konsentrasjonen, da denne studien kun kan indikere kloreksponering og konsentrasjonen av klor. Hvis klor er et problem så kan et forslag til tiltak være å benytte et vaskemiddel som ikke inneholder klor (substitusjon). Et annet forslag til tiltak er å la vaskevannet fra melkerobot og melketank, som potensielt inneholder klor, gå et annet sted enn i gjødselkjelleren (tekniske tiltak).

I fjøs 1, som hadde minst negative verdier for ammoniakk, så var det et rom mellom husdyrrommet og det rommet hvor et vaskemiddel med klor ble benyttet. Ved bygging av nye fjøs kan derfor dette foreslås som et tiltak (tekniske tiltak).

Hvis det kommer klogass fra melkeroboten ved vasking, så kan et punktavsug ved melkeroboten være en mulighet (tekniske tiltak). Den praktiske gjennomføringen av dette kan imidlertid være utfordrende, da man bør vite akkurat hvor klogass kommer ut.

## 5.6 Begrensninger og feilkilder

### 5.6.1 Tid

Denne studien var, som tidligere nevnt, begrenset av at det kun var en person som skrev masteroppgaven, i løpet av et begrenset tidsrom. Tiden ble prioritert til å finne steder og aktiviteter som påvirket eksponeringen, mer enn den ble brukt til å undersøke hvordan temperatur og fuktighet kunne påvirke konsentrasjonen av de forskjellige agensene i luften. Siden fjøs 3 hadde så tydelige svingninger i CO<sub>2</sub> – nivå og temperaturer, så var det lettere å se en sammenheng mellom disse og ammoniakkeksponeringen. Lignende resultater for de andre fjøsene har ikke blitt undersøkt i detalj.

Målingene fant sted kun en uke i hvert fjøs, og denne uken var noenlunde tilfeldig valgt. Som bonde kan arbeidsoppgavene variere mye i løpet av året. Om sommeren er for eksempel mange av dyrene ute på beite, og bonden blir da mindre eksponert for det som finnes i luften i fjøs, men blir kanskje mer eksponert for andre agens knyttet til annet type arbeid. Selv om mange arbeidsoppgaver ble kartlagt under datainnsamlingen, så er det mange arbeidsoppgaver bønderne har som ikke ble kartlagt. Eksempler på aktiviteter som kan gi høy eksponering kan være pressing av høy og omrøring i gjødselkjelleren.

### 5.6.2 Gassmåler

Gassmålingene hadde som nevnt, en stor utfordring med kryssensitivitet ovenfor andre gasser. Det betyr at de målte verdiene kan være høyere enn det som ble dokumentert. På slutten av dagen målte gassmåleren på et ueksponert sted for å se om kalibreringen hadde driftet noe i løpet av dagen. Ibut viste ofte andre verdier enn 0, og sensoren for ammoniakk hadde driftet med ca. 8 ppm (i negativ retning) for fredag på gård 3. Dette ble korrigert ved å flytte hele grafen 8 ppm opp. Selv om kryssensitiviteten til gassmåleren gjorde det vanskeligere å få et riktig resultat for ammoniakkonsentrasjonen i fjøset, så var det likevel interessant å finne en annen gass, som i utgangspunktet ikke var tatt i betraktning for bønder eksponering.

### 5.6.3 Sidepak

For Sidepak kan man se at for noen av dagene flyttes 0-nivået litt opp i noen perioder, før den flytter seg tilbake til 0 (se støvgrafene i vedlegg A). Dette gir perioder med høyere eksponering. På gård 1 torsdag, så var mange av målingene målt som «invalid». Siden mange av målingene ikke hadde noen verdi, og støvet fra de gravimetriske målingene ble fordelt på de resterende verdiene, så kan konsentrasjonen vist i støvgrafene denne dagen være feil. På en av dagene hadde Sidepak registrert en usannsynlig høy støvtopp, og denne ble fjernet da det sannsynligvis var en målefeil.

For de mulige feilkildene som er nevnt for Sidepak, utenom den høye toppen som ble fjernet, så påvirker dette kun konsentrasjonen vist i grafene for de forskjellige aktivitetene. Eksponeringen blir ikke påvirket av dette siden den er målt gravimetrisk.

### 5.6.4 Gravimetriske målinger

Ved datainnsamling ble det noen dager glemt å sjekke flow før pumpen ble slått av, og støvfilteret ble koblet av. Flow ble sjekket ved å slå på pumpen igjen kort tid etter den ble slått av. Etter datainnsamlingen ble støvfiltrene målt med en vekt på laboratoriet, og Figur 46 viser usikkerheten til den aktuelle vekten.

#### **TECHNICAL SPECIFICATIONS**

	<b>30 g</b>	<b>160 g</b>
Readability	0.01 mg	0.1 mg
Weighing range	0...31 g	0...162 g
Tare range (subtractive)	0...31 g	0...162 g
Stabilization time (typical)	8 sec.	5 sec.
Integration time (can be configured: 1/2/3)	3/6/12 sec.	1.5/3/6 sec.
Reproducibility (standard deviation)	0.02 mg	0.1 mg
Linearity relative to 30 g	± 0.03 mg	± 0.2 mg 160 g
Linearity relative to 5 g	± 0.02 mg	± 0.1 mg 10 g
Admissible ambient temperature during operation	10...40 °C	10...40 °C
Sensitivity drift 10...30 °C	± 2·10 <sup>-6</sup> /°C	± 2·10 <sup>-6</sup> /°C

Figur 46: Spesifikasjoner for Mettler AE 163, hentet fra (Mettler-Toledo, 2001)

For å veie filtrene ble de tatt ut av støvkassetten med en pinsett. Dette var litt utfordrende da filtrene var svært tynne og lå ganske dypt nede i kassetten. Det var til tider vanskelig å få tak i filtrene, og fiklingen med filtrene gjorde at noen av filtrene fikk litt skader av pinsetten da de skulle hentes opp. Dette skjedde imidlertid også en gang med kontrollfilteret som lå på laboratoriet, og disse skadene så ikke ut til å gi stort utslag på vekten.

Blindfiltrene ble benyttet til å bestemme hvor mange gjeldene sifre som ble benyttet for å presentere resultatet av støvmålingene.





## 6 Konklusjon

Denne studien bestod av en innledende vurdering og en forenklet undersøkelse. Bønders eksponering for støv og ulike gasser ble målt i tre forskjellige løsdriftsfjøs. Studien kunne ikke utelukke overeksponering for ammoniakk for noen av fjøsene. Den kunne heller ikke utelukke overeksponering for støv hos fjøs 3. Nivåene av metan, VOC, hydrogensulfid og nitrogendioksid var generelt lave.

Resultatene samsvarer med tidligere studier fra storfe fjøs for støv og ammoniakk.

Ammoniakkkonsentrasjonen i fjøsene så ut til å være mer avhengig av ventilasjonssystemet enn hvor i fjøset bonden befant seg. De arbeidsoppgavene som ga eksponeringstopper for støv var håndtering av dyr, arbeid med halm, vasking/høytrykksspyling, fjerning/skraping av møkk, fôrblanding, håndtering av kraftfôr, håndtering av strø, håndtering av kalk, og blanding av melkepulver.

De bygningsmessige forholdene som så ut til å ha en sammenheng med eksponering i fjøsene var gjødselhåndteringen og ventilasjonssystemet. Fjøs 1 og 2 hadde avtrekksventilasjon og gjødselkjeller, mens gård hadde naturlig ventilasjon med automatiske luker og kum til gjødsel utenfor fjøset. Ventilasjonssystemet til fjøs 1 og 2 ga en jevnere fordeling av konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i luften (og kanskje dermed også ammoniakk eller andre gasser), mens ventilasjonssystemet i fjøs 3 ga tydelige svingninger i CO<sub>2</sub> konsentrasjonen. De to måtene å lagre gjødsel på avgjør hyppigheten av omrøring i fjøsene. I fjøs 3 så må gjødslet røres om oftere for å pumpe det ut av fjøset, mens på gård 1 og 2 så skjer omrøring et par ganger i året. Omrøring kan frigjøre gasser.

Under gassmålingene, så viste flere av gassene tidvis negative verdier. De negative målingene var spesielt tydelige for ammoniakksensoren. Det var derfor ikke usannsynlig at det var kloggass til stede i fjøset, i og med at ammoniakksensoren var kryss sensitiv til klor. Noen av vaskemidlene i fjøsene inneholdt natriumhypokloritt, som i teorien kan danne kloggass. Denne kryss sensitiviteten gjør også at det sannsynligvis er mer ammoniakk i fjøsene enn det som ble målt i denne studien.

Siden overeksponering for støv i fjøs 3, og overeksponering for ammoniakk i alle fjøsene, ikke kunne utelukkes, så er det anbefalt å enten gjennomføre en detaljert undersøkelse, eller rette i gang passende tiltak. Noen foreslåtte tiltak for å redusere støveksponeringen er å endre rutiner for spesielt støvende aktiviteter og bruk av støvmaske. Noen foreslåtte tiltak for å redusere ammoniakkkonsentrasjonen er å forbedre ventilasjonsforholdene, sørge for lufting under omrøring i fjøs 3, senke temperaturen som ventilasjonssystemene skal holde, tilsette syre i gjødslet, endre kyrnes diett og bruk av dotrening. For å redusere potensiell kloggass, foreslås punktavsug ved melkeroboten, eget avløp til vaskevann og bruk av vaskemiddel som ikke inneholder klor.

Fra resultatene i denne studien kan det foreslås mekanisk ventilasjon og å sørge for å ha et rom mellom melkerommet og husdyrrommet ved bygging av nye fjøsbygninger.

## 6.1 Videre forskning

Forslag til videre forskning er å gjennomføre en detaljert undersøkelse for ammoniakk på alle gårdene. Detaljert undersøkelse bør gjennomføres hos gård 3 med tanke på støv, og kan vurderes å gjennomføre hos gård 1 og 2 også for å se nærmere på hva støvet inneholder, ved for eksempel å gjennomføre målinger på endotoksiner.

På grunn av den kryssensitive gassmåleren, så kan ammoniakknivåene målt i denne studien være lavere enn de egentlig er. Nye målinger på ammoniakk bør gjennomføres med en måler som ikke er sensitiv for andre gasser som kan befinne seg i et fjøs. Den kryssensitive sensoren avdekket likevel et annet potensielt problem som ikke var tatt i betraktning. Målinger på klorogass og kloraminer bør undersøkes nærmere i fjøs hvor vaskemidler som inneholder natriumhypokloritt benyttes.

Siden mange av gassene som kan dannes i en gjødselkjeller er avhengig av pH, så kan det også være interessant å se nærmere på hvordan vaskemidlene i de forskjellige fjøsene påvirker pH i kjelleren, og dermed hvilke gasser som dannes.

Denne studien var begrenset av tid, og fikk ikke undersøkt i detalj om det var en sammenheng mellom temperatur/relativ fuktighet og de forskjellige agensene som ble målt. Dette kan forskes videre på.

Et av tiltakene som ble foreslått for fjøs 3 var oftere omrøring, og dette var basert på hypotesen om at det gir gassene mindre tid til å dannes mens det ligger i fjøset. Det kan være interessant å ta målinger under omrøring, og se om det blir noen forskjell om det røres om oftere.

## 7 Referanseliste

- Arbeidstilsynet. *Grenseverdier for kjemisk eksponering*. Retrieved 02.07.23 from <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/grenseverdier-for-kjemisk-pavirking/>
- Arbeidstilsynet. *Inneklima og luftkvalitet på arbeidsplassen*. Retrieved 07.02.23 from <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/inneklima/>
- Arbeidstilsynet. *Metoder for måling av forurensninger i arbeidsatmosfæren*. Retrieved 25.01.23 from <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/metoder-for-maling-av-forurensninger-i-arbeidsatmosfaren/>
- Arbeidstilsynet. *Planlegging og utføring av målinger*. Retrieved 26.01.23 from <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/kartlegging-eksponering-for-kjemikalier/planlegging-og-utforing-av-malinger/>
- Arbeidstilsynet. *Slik gjør du: Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemikalier*. Retrieved 05.06.23 from <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/kartlegging-eksponering-for-kjemikalier/slik-gjor-du/>
- Arbeidstilsynet. *Vurdering av resultater fra måling av kjemiske forurensninger*. Retrieved 27.06.23 from <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/kartlegging-eksponering-for-kjemikalier/vurdering-av-maleresultat/>
- Arbeidstilsynet. (2011). *Forskrift om tiltaks- og grenseverdier*. Retrieved 25.01.23 from <https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/forskrift-om-tiltaks--og-grenseverdier/>
- Arnes, H. (2018). *Gjødselgass - risiko og forebyggende tiltak*. Retrieved 26.01.23 from <https://www.landbrukenordvest.no/wp-content/uploads/sites/49/2018/04/Gjoedselgass.pdf>
- Bakutis, B., Monstvilien, E., & Januskeviciene, G. (2004). Analyses on Airborne Contamination with Bacteria, Endotoxins and Dust in Livestock Barns and Poultry Houses. *Acta Veterinaria BRNO*, 73, 283 - 289. [https://actavet.vfu.cz/media/pdf/avb\\_2004073020283.pdf](https://actavet.vfu.cz/media/pdf/avb_2004073020283.pdf)
- Basinas, I., Sigsgaard, T., Erlandsen, M., Andersen, N., Takai, H., Heederik, D., Omland, Ø., Kromhout, H., & Schlünssen, V. (2014). Exposure - Affecting factors of dairy farmers' exposure to inhalable dust and endotoxin. *The annals of occupational hygiene*, 58(6), 707 - 723. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/annhyg/meu024>
- Bedre-inneklima. *Hva er VOC*. Retrieved 08.06.23 from <https://bedre-inneklima.no/hva-er-voc/>
- Bjørlo, B., & Løvberget, A. (2021). *Jordbruksarealet held seg stabilt - SSB*. Retrieved 25.05.23 from <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/jordbruksarealet-held-seg-stabilt>
- Burns, R., Moore, P., & Moody, L. *Using Liquid Aluminum Sulfate to Reduce Poultry Housing Ammonia Emissions* Iowa State University]. [https://www.researchgate.net/profile/Robert-Burns-8/publication/254716923\\_Using\\_Liquid\\_Aluminum\\_Sulfate\\_to\\_Reduce\\_Poultry\\_Housing\\_Ammonia\\_Emissions/links/549c59940cf2fedbc30fdbf9/Using-Liquid-Aluminum-Sulfate-to-Reduce-Poultry-Housing-Ammonia-Emissions.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Robert-Burns-8/publication/254716923_Using_Liquid_Aluminum_Sulfate_to_Reduce_Poultry_Housing_Ammonia_Emissions/links/549c59940cf2fedbc30fdbf9/Using-Liquid-Aluminum-Sulfate-to-Reduce-Poultry-Housing-Ammonia-Emissions.pdf)
- Cathomas, R., Brüesch, H., Fehr, R., Reinhart, W., & Kuhn, M. (2002). Organic dust exposure in dairy farmers in an alpine region. *Swiss Medical Weekly*, 132, 174 - 178. <https://doi.org/10.4414/smw.2002.09892>.
- CDC. (1994). *Request for assistance in preventing organic dust toxic syndrome*. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/94-102/pdfs/94-102.pdf>
- Chaudemanche, H., Monnet, E., Westeel, V., Pernet, D., Dubiez, A., Perrin, C., Laplante, J.-J., Depierre, A., & Dalphin, J.-C. (2003). Respiratory status in dairy farmers in France; cross sectional and longitudinal analyses. *Occupational and environmental medicine*, 60, 858 - 863. <https://doi.org/10.1136/oem.60.11.858>
- Chemistry-School. *Ammonia gas and Water reaction in an Aqueous Solution | NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O*. Retrieved 27.06.23 from <https://www.chemistryscl.com/reactions/ammonia+water-NH3+H2O-reaction/index.php>
- Dalphin, J.-C., Dubiez, A., Monnet, E., Gora, D., Westeel, V., Pernet, D., Polio, J.-C., Gobey, R., Laplante, J.-J., & Depierre, A. (1998). Prevalence of asthma and respiratory symptoms in dairy farmers in the french province of the Doubs. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 158(5), 1493-1498. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.158.5.9709108>

- DeLaval. *Melkestaller*. Retrieved 10.02.23 from <https://www.delaval.com/no/utforsk/melking/melkestaller/>
- Dirksen, N., Langbein, J., Schrader, L., Puppe, B., Elliffe, D., Siebert, K., Röttgen, V., & Matthews, L. (2021). Learned control of urinary reflexes in cattle to help reduce greenhouse gas emissions. *Current Biology*, 31(17). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.011>
- Dräger. (2018). *DrägerSensor® & Portable Instruments Handbook* (4 ed.) [Handbook]. <https://www.draeger.com/Content/Documents/Content/sensors-ca-9046571-en-1806-4.pdf>
- Dunfield, P., Knowles, R., Dumont, R., & Moore, T. (1993). Methane production and consumption in temperate and subarctic peat soils: response to temperature and pH. *Soil biology & biochemistry*, 25(1), 321 - 326. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90130-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90130-4)
- Eduard, W. (2018). *Gruppeoppgave-gjennomgang i EVU kurs i Biologiske Arbeidsmiljøfaktorer* [PowerPoint presentasjon].
- Eduard, W., Douwes, J., Omenaas, E., & Heederik, D. (2004). Do farming exposure cause or prevent asthma? Results from a study of adult Norwegian farmers. *Thorax*, 59, 381 - 386. <https://doi.org/10.1136/thx.2004.013326>
- Eduard, W., Pearce, N., & Jeroen, D. (2009). Chronic Bronchitis, COPD, and lung function in farmers: the role of biological agents. *Chest*, 136(3), 716 - 725. <https://doi.org/10.1378/CHEST.08-2192>
- enwa. *Hvordan desinfiserer klor svømmebasseng? - Verdt å vite* Retrieved 27.06.23 from <https://www.enwa.no/enwa-badeanlegg/verdt-aa-vite/hvordan-desinfiserer-klor-svoemmebasseng>
- enwa. *Kjemikalier for badeanlegg, svømmebasseng, spa-anlegg og boblebad - Enwa*. Retrieved 01.07.23 from <https://www.enwa.no/enwa-badeanlegg/produkter/alle-produkter/kjemikalier/kjemikalier-offentlige-bad>
- EPA. *APTI 435: Atmospheric Sampling Course* (5 ed.). [https://airknowledge.gov/ILT/AMBM311/Current/03AMBM311\\_StudentManual.pdf](https://airknowledge.gov/ILT/AMBM311/Current/03AMBM311_StudentManual.pdf)
- FHI. (2012). *Barn og voksne på gårdsbesøk - FHI*. Retrieved 11.04.23 from <https://www.fhi.no/sv/smittsomme-sykdommer/smitte-fra-mat-vann-dyr/topp-tre/barn-og-gardsbesok/>
- FHI. (2015). *Anbefalte faglige normer for inneklimate*. <https://www.fhi.no/publ/2015/anbefalte-faglige-normer-for-inneklimate/>
- FHI. (2019). *Smitte fra dyr - forekomst og risiko*. Retrieved 11.04.23 from <https://www.fhi.no/sv/smittsomme-sykdommer/smitte-fra-mat-vann-dyr/flere-artikler/smitte-fra-dyr-forekomst-og-risiko/>
- FAAST. *Gram Negative Bacteria & Other Pathogens - Farmed Animal Antimicrobial Stewardship Initiative Blog Archive » Farmed Animal Antimicrobial Stewardship Initiative*. Retrieved 01.07.23 from <https://www.amstewardship.ca/faast-reviews/dairy-industry/gram-negative-bacteria-other-pathogens/>
- Government\_of\_Canada. (2018). *Chloramines in Drinking Water - Guideline Technical Document for Public Consultation*. Retrieved 24.06.23 from <https://www.canada.ca/en/health-canada/programs/consultation-chloramines-drinking-water/document.html>
- Hafner, S., Howard, C., Muck, R., Franco, R., Montes, F., Green, P., Mitloehner, F., Trabue, S., & Rotz, C. (2013). Emission of volatile organic compounds from silage: Compounds, sources, and implications. *Atmospheric Environment*, 77, 827-839. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231013003403>
- Helse-Norge. (14.12.22). *Ammoniakk-gass*.
- Helse-Norge. *Kols - kronisk obstruktiv lungesykdom*. Retrieved 27.02.23 from <https://www.helsenorge.no/sykdom/lunger-og-luftveier/kols/>
- Helse-Norge. (21.12.22). *Pustet inn klor-gass? Giftinformasjonen - Helsenorge*. Retrieved 13.06.23 from <https://www.helsenorge.no/giftinformasjon/giftige-gasser/klor/>
- HelseBiblioteket. (2014). *Nitrøse gasser - behandlingsanbefaling ved forgiftning*. Retrieved 25.02.23 from <https://www.helsebiblioteket.no/forgiftninger/gasser-og-kjemikalier/nitrose-gasser-behandlingsanbefaling-ved-forgiftning>

- HelseBiblioteket. (2019). *Hydrogensulfid, H<sub>2</sub>S - behandlingsanbefaling ved forgiftning*. Retrieved 27.01.23 from <https://www.helsebiblioteket.no/forgiftninger/gasser-og-kjemikalier/hydrogensulfid-h2s-behandlingsanbefaling-ved-forgiftning>
- HelseBiblioteket. (2022). *Irriterende gasser - behandlingsanbefaling ved forgiftning*. Retrieved 25.02.23 from <https://www.helsebiblioteket.no/forgiftninger/gasser-og-kjemikalier/irriterende-gasser-behandlingsanbefaling-ved-forgiftning>
- Houge, K. (2020, 09.10.20). *Fortsatt flest båsfjøs*. Retrieved 16.02.23 from <https://www.norsklandbruk.no/aktuelt/fortsatt-flest-basfjos/>
- ISO. (2016). *Road vehicles - test contaminants for filter evaluation* <https://handle.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=806758>
- KSL. (2022). *Gyldig KSL - KSL*. Retrieved 26.05.23 from <https://www.ksl.no/no/ksl-standarder/gyldigksl>
- LandbruketNordvest. *Skadelige stoffer*. Retrieved 27.01.23 from <https://www.landbruknordvest.no/skadelige-stoffer/>
- Landbruks-og-Matdepartementet. (2004). *Forskrift om hold av storfe*. Retrieved 26.01.23 from [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-04-22-665/KAPITTEL\\_6#%C2%A732](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-04-22-665/KAPITTEL_6#%C2%A732)
- Lely. *Rengjøringsprodukter til melkeroboter*. Retrieved 12.06.23 from <https://www.melkerobot.no/rengjoringsprodukter-til-melkeroboter/>
- Linde. (2013a). *Sikkerhetsdatablad Ammoniakk, vannfri*. Retrieved 25.02.23 from [https://www.linde-gas.no/no/images/Ammoniakk\\_vannfri\\_R717\\_2.2\\_NO\\_tcm639-552178.pdf](https://www.linde-gas.no/no/images/Ammoniakk_vannfri_R717_2.2_NO_tcm639-552178.pdf)
- Linde. (2013b). *Sikkerhetsdatablad Hydrogensulfid*. Retrieved 25.02.23 from [https://www.linde-gas.no/no/images/Hydrogensulfid\\_2.1\\_NO\\_tcm639-445175.pdf](https://www.linde-gas.no/no/images/Hydrogensulfid_2.1_NO_tcm639-445175.pdf)
- Linde. (2013c). *Sikkerhetsdatablad Metan*. [https://www.linde-gas.no/no/images/Metan\\_3.0\\_NO\\_tcm639-449367.pdf](https://www.linde-gas.no/no/images/Metan_3.0_NO_tcm639-449367.pdf)
- Liu, Y., Pan, J., Zhang, H., Shi, C., Li, G., Peng, Z., Ma, J., Zhou, Y., & Zhang, L. (2019). Short-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Asthma Mortality. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 200. <https://doi.org/https://doi.org/10.1164/rccm.201810-1823OC>
- Marescaux, A., Degano, B., Soumange, T., Thaon, I., Laplante, J.-J., & Dalphin, J.-C. (2016). Impact of farm modernity on the prevalence of chronic obstructive pulmonary disease in dairy farmers. *Occupational and environmental medicine*, 73(2), 127 - 133. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102697>
- Mattilsynet. (2010, 10.11.21). *Veileder til forskrift om hold av storfe*. Retrieved 25.01.23 from [https://www.mattilsynet.no/om\\_mattilsynet/gjeldende\\_regelverk/veiledere/veileder\\_om\\_hold\\_av\\_storfe.1853/binary/Veileder%20om%20hold%20av%20storfe](https://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veiledere/veileder_om_hold_av_storfe.1853/binary/Veileder%20om%20hold%20av%20storfe)
- Mettler-Toledo. (2001). *Operating Instructions* [Instruction manual]. [https://neurophysics.ucsd.edu/Manuals/Mettler%20Toledo/AE163\\_manual.pdf](https://neurophysics.ucsd.edu/Manuals/Mettler%20Toledo/AE163_manual.pdf)
- Miljødirektoratet/FHI. (2017). *Luftforurensning: Nitrogen dioksid (NO<sub>2</sub>)*. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m826/m826.pdf>
- Misselbrook, T. H., Powell, J. M., Broderick, G. A., & Grabber, J. H. (2005). Dietary Manipulation in Dairy Cattle: Laboratory Experiments to Assess the Influence on Ammonia Emissions. *American Dairy Science Association*, 88, 1765-1777. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72851-4](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72851-4)
- Newman, S. (2004). *Disinfecting Irrigation Water for Disease Management*. <http://www.nurserycropscience.info/water/filtration-disinfection/other-references/newman-2004-disinfecting-irrigation-water-paper.pdf>
- NHI. *Allergi*. Retrieved 25.02.23 from <https://nhi.no/kroppen-var/sykdomsprosesser/allergi/>
- NHI. *Allergisk alveolitt*. Retrieved 25.03.23 from <https://nhi.no/sykdommer/allergi/nedre-luftveisallergi/allergisk-alveolitt/>
- NHI. *Infeksjoner - NHI.no*. Retrieved 12.04.23 from <https://nhi.no/kroppen-var/sykdomsprosesser/infeksjoner/>
- Norges-Bondelag. *Lausdriftskravet*. Retrieved 26.01.23 from <https://www.bondelaget.no/bondelaget-mener/dyrehelse-og-velferd/losdriftskravet/>

- Norsk-Standard. (2018). *NORSOK S-002N:2018+AC, Arbeidsmiljø*.  
<https://handle.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1395564>
- NRK. (2022, 27.05.2022). Grisebonde pustet inn gjødselgass - NRK Vestfold og Telemark - Lokale nyheter, TV og radio. NRK. <https://www.nrk.no/vestfoldogtelemark/grisebonde-pustet-inn-gjodselgass-1.15981568>
- Okan, T. *Støv i lanbruket*. Retrieved 26.01.23 from <http://info.nlr.no/resources/10280/HMS.pdf>  
 Opplysningskontoret-For-Meiereiprodukter. *Melkekua*.  
<https://www.melk.no/Melkekilden/Melkekua/Velferd/Hva-er-baasfjoes>
- Ormestad, S. (2022, 31.05.22). Rykker ut til grisefjøs: - Bevisstløs person redda ut - ReAvisa. *ReAvisa*. <https://www.reavisa.no/2022/05/31/grisefjos-giftig-gass/>
- Overmeyer, V., Trimborn, M., Clemens, J., Hölscher, R., & Büscher, W. (2023). Acidification of slurry to reduce ammonia and methane emissions: Deployment of a retrofittable system in fattening pig barns. *Journal of Environmental Management*, 331.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117263>
- Popescu, S., Borda, C., & Djugan, E. (2011). Microbiological air quality in tie-stall dairy barns and some factors that influence it. *African journal of agricultural research*, 6(32), 6726 - 6734.  
<https://doi.org/10.5897/AJAR11.1428>
- Popescu, S., Borda, C., Hegedus, C., Spinu, M., Stefan, R., & Diugan, E. (2010). *The Air Quality in Transylvanian Dairy Barns with Tie-Stalls* University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine].  
[https://www.researchgate.net/publication/49608518\\_The\\_Air\\_Quality\\_in\\_Transylvanian\\_Dairy\\_Barns\\_with\\_Tie-Stalls#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/49608518_The_Air_Quality_in_Transylvanian_Dairy_Barns_with_Tie-Stalls#fullTextFileContent)
- Popescu, S., Borda, C., Mahdy, C., Diugan, E., Sandru, C., Spinu, M., & Stefan, R. (2011). *Airborne Microorganisms in Tie-stall Dairy Barns From Brasov County* University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine].
- Powell, J. M., Broderick, G. A., & Misselbrook, T. H. (2008). Seasonal Diet Affects Ammonia Emissions from Tie-Stall Dairy Barns. *Journal of Dairy Science*, 91, 857 - 869.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2007-0588>
- Pusz, W., Płaskowska, E., Weber, R., & Kita, W. (2014). Assessment of the Abundance of Airborne Fungi in Cattle Barn of Dairy Farm. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(1).  
<https://doi.org/10.15244/pjoes/29201>
- Qu, Q., Groot, J., Zhang, K., & Schulte, R. (2021). Effects of housing system, measurement methods and environmental factors on estimating ammonia and methane emission rates in dairy barns: A meta-analysis *Biosystems Engineering* 205, 64-75.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.02.012>
- Rask-Andersen, A. (1989). Organic dust toxic syndrome among farmers. *British journal of industrial medicine*, 46, 233 - 238. <https://oem.bmj.com/content/oemed/46/4/233.full.pdf>
- Rask-Andersen, A. (2011). Asthma increase among farmers: a 12-year follow-up. *Upsala journal of medical sciences*, 116, 60 - 71. <https://doi.org/https://doi.org/10.3109/03009734.2010.503287>
- Ray, H., Saetta, D., & Boyer, T. (2018). Characterization of urea hydrolysis in fresh human urine and inhibition by chemical addition. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 4(1), 87 - 98. <https://doi.org/10.1039/C7EW00271H>
- Robertsen, T. (2021, 23.06.23). *Hva skjer egentlig i magen på kua når den produserer metan?* / NMBU. Retrieved 02.07.23 from <https://www.nmbu.no/nyheter/hva-skjer-egentlig-i-magen-pa-kua-nar-den-produserer-metan>
- SGSafety. *Besvimte i fjøsdøra av giftig gass*. Retrieved 02.07.23 from <https://www.sgsafety.no/nyheter/besvimte-i-fjosdora-av-giftig-gass>
- Sirevåg, R. (2009, 23.05.22). *bakterier - Store medisinske leksikon*. Retrieved 22.04.23 from <https://sml.snl.no/bakterier>
- Sirevåg, R. (2021). *endotoksin - Store Medisinske Leksikon*. Retrieved 26.05.23 from <https://sml.snl.no/endotoksin>
- Smedbold, H. T. (2022). *Norsk grenseverdi for organisk støv må erstattes av mer spesifikke grenseverdier*. Retrieved 27.06.23 from <https://yrkeshygiene.no/2022/10/29/grenseverdi-for-organisk-stov-bor-revideres/>

- Sogstad, Å., Tajet, A., & Dragset, K. (2016). Utendørs og uisolert oppstalling av kalv vinterstid. *Buskap*, 7, 16-17.  
[https://www.animalia.no/contentassets/5ba8b0d484f94ada89187472a7187dec/46-kalv-utendørs-vinterstid\\_korr3.pdf](https://www.animalia.no/contentassets/5ba8b0d484f94ada89187472a7187dec/46-kalv-utendørs-vinterstid_korr3.pdf)
- Soumagne, T., Degano, B., Guillien, A., Annesi-Maesano, I., Andujar, P., Hue, S., Adotevi, O., Jouneau, S., Botebol, M., Laplante, J.-J., Roche, N., & Dalphin, J.-C. (2020). Characterization of chronic obstructive pulmonary disease in dairy farmers *Environmental research*, 188.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109847>
- Spillum, B. (2023). *Nitrogendioksid - Store medisinske leksikon*. Retrieved 01.07.23 from <https://sml.snl.no/nitrogendioksid>
- SSB. (2023). *03789: Mjølkekyr per 1. mars, etter buskapsstorleik 1998 - 2023*. Retrieved 25.05.23 from <https://www.ssb.no/statbank/table/03789>
- STAMI. *Organisk støv*. Retrieved 08.02.23 from <https://noa.stami.no/tema/kjemiskfysiskbiologisk/forurensninger-i-arbeidsatmosfaren/organisk-stov/>
- STAMI. (2006). *Kornbønders arbeidsmiljø* (fakta om arbeid og helse, Issue. [https://stami.brage.unit.no/stami-xmlui/bitstream/handle/11250/288205/stamirapporter\\_10.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://stami.brage.unit.no/stami-xmlui/bitstream/handle/11250/288205/stamirapporter_10.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- STAMI. (2019). *Har evaluert helserisiko ved å puste inn kloraminer i arbeidsmiljø - STAMI*. Retrieved 24.06.23 from <https://stami.no/evaluering-helserisiko-puste-inn-kloraminer-i-arbeidsmiljo/>
- Standard-Norge. (2018). *NS-EN689:2018+AC:2019*.  
<https://handle.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1045611>
- Stiftelsen-Norsk-Mat. (2022). *10 Helse, Miljø og Sikkerhet*.  
<https://norskmatt.prod.dekodes.no/content/uploads/sites/5/2023/06/Helse-miljo-og-sikkerhet-2022.010-nb-no.pdf>
- Stoleski, S., Minov, J., Karadzinska-Bislimovska, J., & Mijakoski, D. (2015). Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Never - Smoking Dairy Farmers. *Open respiratory medicine journal*, 9, 59 - 66. <https://doi.org/10.2174/1874306401509010059>
- Takai, H., Pedersen, S., Johnson, J., Metz, J., Koerkamp, P., & Uenk, G. (1998). Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70, 59 - 77.  
[https://www.researchgate.net/publication/40146167\\_Concentrations\\_and\\_emissions\\_of\\_airborne\\_dust\\_in\\_livestock\\_buildings\\_in\\_Northern\\_Europe](https://www.researchgate.net/publication/40146167_Concentrations_and_emissions_of_airborne_dust_in_livestock_buildings_in_Northern_Europe)
- Terho, E., Koskenvuo, M., & Kaprio, J. (1995). Atopy: a predisposing factor for chronic bronchitis in Finland. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 49, 296 - 298.  
<https://doi.org/10.1136/jech.49.3.296>
- Thickett, K. M., McCoach, J. S., Gerber, J. M., Sadhra, S., & Burge, P. S. (2002). Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air. *European respiratory journal*, 19, 827 - 832. <https://doi.org/10.1183/09031936.02.00232802>
- Tine. *Bakterier / TINE Medlem*. Retrieved 11.04.23 from <https://medlem.tine.no/melk/bakterier>
- Tine. *Husdyrkontrollen*. Retrieved 16.02.23 from <https://medlem.tine.no/gard-og-drift/husdyrkontrollen>
- Tine. (2021). *Statistikksamling for ku- og geitekontrollen 2021*. Retrieved 16.02.23 from <https://medlem.tine.no/fag-og-forskning/statistikksamling-for-ku-og-geitekontrollen-2021>
- UiO. (2020, 14.07.22). *Bjerrumdiagram*. Retrieved 27.01.23 from <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/b/bjerrumdiagram.html>
- Wang, L., Bassiri, M., Najafi, R., Najafi, K., Yang, J., Khosrovi, B., Hwong, W., Barati, E., Belisle, B., Celeri, C., & Robson, M. (2007). Hypochlorous Acid as a Potential Wound Care Agent. *Journal of Burns and Wounds*, 6(5).  
[https://www.researchgate.net/publication/279526944\\_Hypochlorous\\_Acid\\_as\\_a\\_Potential\\_Wound\\_Care\\_Agent](https://www.researchgate.net/publication/279526944_Hypochlorous_Acid_as_a_Potential_Wound_Care_Agent)

- Wang, Z., DeLaune, R., Patrick Jr, W., & Masscheleyn, P. (1993). Soil redox and pH effects on methane production in a flooded rice soil. *Soil Science society of America journal*, 57(2), 382 - 385. <https://doi.org/https://doi.org/10.2136/sssaj1993.03615995005700020016x>
- Yrkeshygiene.no. (02.01.22). *YH-HJELP - yrkeshygiene*. Retrieved 05.06.23 from <https://yrkeshygiene.no/kb/yh-hjelp/>
- Yrkeshygiene.no. (2021a). *Ordliste*. Retrieved 06.04.23 from <https://yrkeshygiene.no/kb/ordliste/>
- Yrkeshygiene.no. (2021b, 20.04.21). *Tiltakshierarki - yrkeshygiene*. Retrieved 24.06.23 from <https://yrkeshygiene.no/kb/tiltakshierarki/>
- Zain, M. (2010). Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15, 129 - 144. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2010.06.006>
- Zhao, L., Brugger, M., Manuzon, R., Arnold, G., Imerman, E., & Zhao, L. (2007). Variations in air quality of new Ohio dairy facilities with natural ventilation systems. *Applied engineering in agriculture*, 23(3). <https://doi.org/10.13031/2013.22684>



## Vedlegg innhold

Vedlegg innhold .....	82
Liste over tabeller i vedlegg .....	83
Liste over figurer i vedlegg .....	84
Vedlegg A: Grafer fra målingene .....	86
Støvgrafer.....	86
Gård 1 .....	86
Gård 2.....	91
Gård 3.....	96
Gassgrafer .....	100
Gård 1 .....	100
Gård 2.....	108
Gård 3.....	116
Temperatur- fuktighetsmålinger .....	124
Gård 1 .....	124
Gård 2.....	125
Gård 3.....	126
Vedlegg B: Rådata.....	127
Gravimetriske målinger .....	127
Støvfiler og direktevisende støvmåling .....	127
Gård 1 støv og gass .....	128
Gård 2 støv og gass .....	130
Gård 3 støv og gass .....	132
KIMO datalogger .....	134
Blindfiltre og kontrollfilter .....	135
Vedlegg C: Måleskjema og kartleggingsskjema .....	136
Kartleggingsskjema.....	136
Arbeidslogg.....	139
Skjema for gravimetrisk måling.....	140
Skjema for direktevisende støvmåling og gassmåling.....	140
Skjema for temperatur/fuktighetsmålere.....	141
Vedlegg D: Informasjon om måleinstrument .....	142



## Liste over tabeller i vedlegg

Tabell 27: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 47 .....	86
Tabell 28: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 48 .....	88
Tabell 29: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 49 .....	89
Tabell 30: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 50 .....	90
Tabell 31: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 51 .....	91
Tabell 32: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 52 .....	93
Tabell 33: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 53 .....	94
Tabell 34: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 54 .....	95
Tabell 35: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 55 .....	96
Tabell 36: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 56 .....	97
Tabell 37: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 57 .....	98
Tabell 38: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 58 .....	99
Tabell 39: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 59 .....	101
Tabell 40: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 60 .....	103
Tabell 41: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 61 .....	105
Tabell 42: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 62 .....	107
Tabell 43: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 63 .....	109
Tabell 44: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 64 .....	111
Tabell 45: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 65 .....	113
Tabell 46: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 66 .....	115
Tabell 47: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 67 .....	117
Tabell 48: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 68 .....	119
Tabell 49: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 69 .....	121
Tabell 50: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 70 .....	123
Tabell 51: Resultater fra gravimetrisk målinger. Filtrene 1-4 er fra gård 1, 7-10 er fra gård 2, og 13-16 er fra gård 3.....	127
Tabell 52: Resultatene fra gravimetrisk måling og direktevisende utstyr og ratioen mellom disse. Disse verdiene inkluderer både eksponert tid og ueksponert tid.....	127
Tabell 53: Støv målt og støv estimert i fjøs 1 .....	128
Tabell 54: Gass målt og gass estimert i fjøs 1 .....	128
Tabell 55: Støv målt og støv estimert i fjøs 2 .....	130
Tabell 56: Gass målt og gass estimert i fjøs 2.....	130
Tabell 57: Støv målt og støv estimert i fjøs 3 .....	132
Tabell 58: Gass målt og gass estimert i fjøs 3.....	132
Tabell 59: Gjennomsnittlige målinger fra alle dataloggerne i fjøs 1.....	134
Tabell 60: Gjennomsnittlige målinger fra alle dataloggerne i fjøs 2.....	134
Tabell 61: Gjennomsnittlige målinger fra alle dataloggerne i fjøs 3.....	135
Tabell 62: Blindfilter for gravimetrisk målinger .....	135
Tabell 63: Kontrollfilter på laboratoriet for gravimetrisk målinger .....	135



## Liste over figurer i vedlegg

Figur 47: Støvmåling gård 1 tirsdag.....	86
Figur 48: Støvmåling gård 1 onsdag.....	88
Figur 49: Støvmåling gård 1 torsdag.....	89
Figur 50: Støvmåling gård 1 fredag.....	90
Figur 51: Støvmåling gård 2 tirsdag.....	91
Figur 52: Støvmåling gård 2 onsdag.....	93
Figur 53: Støvmåling gård 2 torsdag.....	94
Figur 54: Støvmåling gård 2 fredag.....	95
Figur 55: Støvmåling gård 3 tirsdag.....	96
Figur 56: Støvmåling gård 3 onsdag.....	97
Figur 57: Støvmåling gård 3 torsdag.....	98
Figur 58: Støvmåling gård 3 fredag.....	99
Figur 59: Gassmåling gård 1 tirsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	100
Figur 60: Gassmåling gård 1 onsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	102
Figur 61: Gassmåling gård 1 torsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	104
Figur 62: Gassmåling gård 1 fredag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	106
Figur 63: Gassmåling gård 2 tirsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	108
Figur 64: Gassmåling gård 2 onsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	110
Figur 65: Gassmåling gård 2 torsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	112
Figur 66: Gassmåling gård 2 fredag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	114
Figur 67: Gassmåling gård 3 tirsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	116
Figur 68: Gassmåling gård 3 onsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	118
Figur 69: Gassmåling gård 3 torsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	120
Figur 70: Gassmåling gård 3 fredag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet. ....	122
Figur 71: Temperatur, fuktighet og CO <sub>2</sub> i fjøs 1. I fjøs 1 var måler 1 plassert ved fôrbrettet i den nye delen, måler 2 var plassert ved melkeroboten i den nye delen, og måler 3 var plassert ved kalvebingen i den gamle delen. ....	124
Figur 72: Temperatur, fuktighet og CO <sub>2</sub> i fjøs 2. I Fjøs 2 var måler 1 plassert inne i løsdriftsdelen, mens måler 2 og 3 var plassert på hver sin ende av fôrbrettet. Måler 3 var på	

den enden av fôrbrettet som pekte mot fôrsentralen. På mandag og store deler av tirsdag var måler 2 plassert i rommet hvor kalveboksene befant seg.....	125
Figur 73: Temperatur, fuktighet og CO <sub>2</sub> i fjøs 3. I fjøs 3 var måler 1 plassert ved inngangen, måler 2 var plassert ved melkeroboten, og måler 3 var plassert på motsatt side av fjøset som måler 1.....	126
Figur 74: Gassmåler test sertifikat.....	142



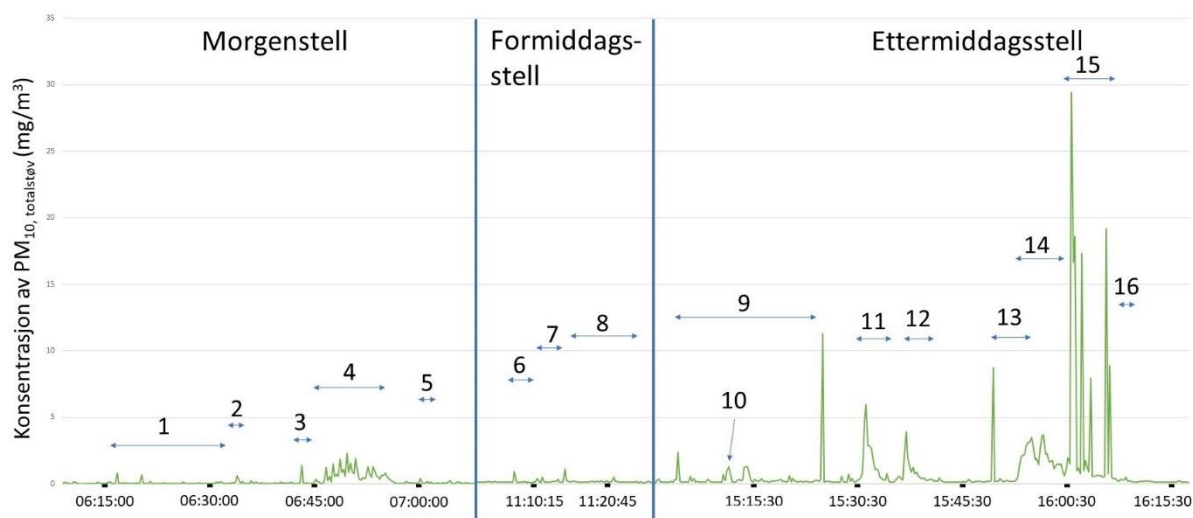
## Vedlegg A: Grafer fra målingene

Under følger alle grafene fra de forskjellige målingene. Den blå loddrette streken i støvmålingene og gassmålingene indikerer et hopp fremover i tid. Tiden mellom er når sekken ikke har vært eksponert. På gård 2 blir ikke øktene i fjøset navngitt med «morgenstell», «formiddagsstell» osv., fordi dagen på denne gården er noe mer oppdelt enn på de andre gårdene.

### Støvgrafer

#### Gård 1

#### Tirsdag



Figur 47: Støvmåling gård 1 tirsdag

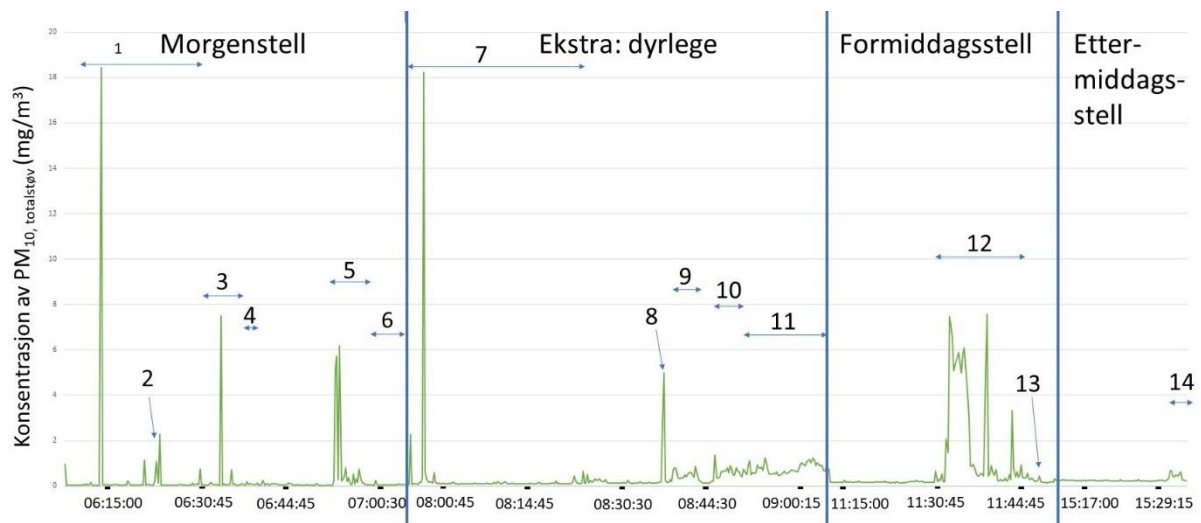
Tabell 27: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 47

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Skrapper
2	Tar møkk ut av bingje med trillebår
3	Tar møkk ut av (annen) bingje med trillebår
4	Fører med minilaster i den gamle delen og sprer fôret utover fôrbrettet med en høygaffel
5	Renser filter i drikkekar
6	Skrapper i binger og dytter fôr på fôrbrettet inn mot dyrene
7	Henter halm til og skrapper i fødebinge
8	Henter sagflis og strør
9	Sjekker på ny kalv som kom mellom formiddagsstell og ettermiddagsstell. Prøver å hjelpe kalven med å drikke melk fra mor
10	Stør hos ny kalv
11	Melker ny mor med portabel melkemaskin
12	Vasker portabel melkemaskin og rydder melkeutstyret
13	Gir kraftfôr til dyr



<b>14</b>	En annen bonde kjører minilaster med fôr til kuene i den nye delen i nærheten av bonden som bærer sekken
<b>15</b>	Henter halm til ny kalv og sprer det i bingen
<b>16</b>	Renser filter i drikkekar

## Onsdag

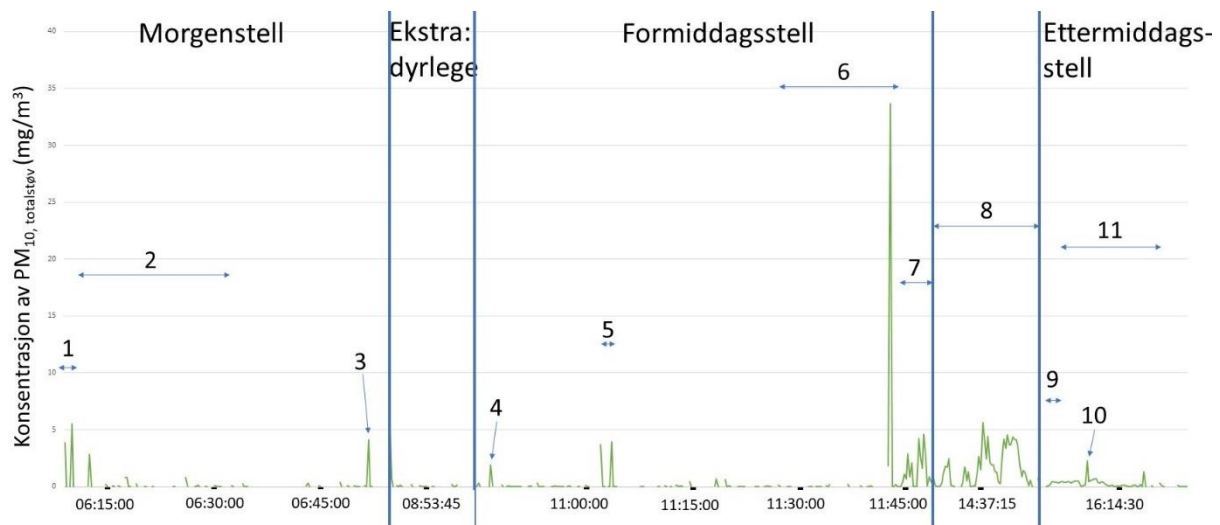


Figur 48: Støvmåling gård 1 onsdag

Tabell 28: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 48

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Skraper
2	Henter og gir kraftfôr
3	Tar møkk ut av binge med trillebår
4	Henter strø og strør
5	Henter halm til fødebingen, og hjelper den nye kalven med å drikke melk. Oppdager at ny mor er syk med melkefeber
6	Renser filter i drikkekar
7	Sammen med dyrlege og syk ku, mens kua blir behandlet
8	Henter halm
9	Blanding av fôr: bonden står rett ved båndet som går mellom fôrblender og der fôret skal ligge i førsentralen
10	Avhorning av kalv: bonden sitter sammen med kalven, mens dylegen avhørner den
11	Sammen med dyrlegen mens dyrlegen sjekker om kuer i løsdriften er drektige
12	Melker ny mor og gir henne medisin
13	Flytter avhornet kalv
14	Renser filter i drikkekar

## Torsdag



Figur 49: Støvmåling gård 1 torsdag

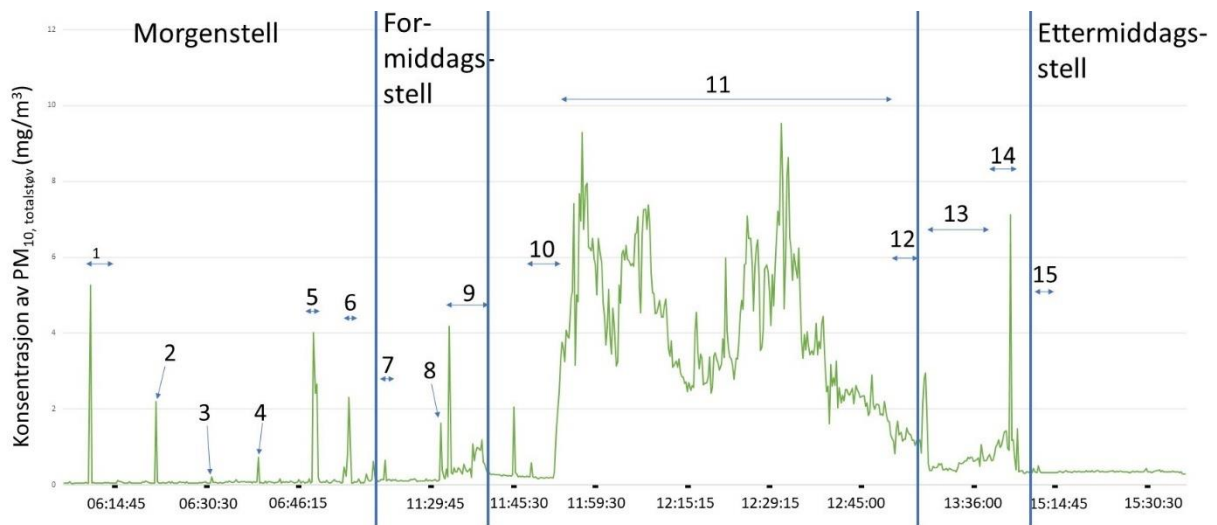
Tabell 29: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 49

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Leter spesifikk ku i løsdriften
2	Skraper
3	Leder ku inn i melkeroboten
4	Fyller på melk i boksen som deler ut melk til kalvene
5	Henter trillebår
6	Tar ut gammelt halm av kalvebinge
7	Valser korn
8	Blander fôr i fôrblenderen
9	Flytter ny ku inn i fødebingen
10	Henter/gir kraftfôr
11	Skraper

## Kommentar

Mange av målingene denne dagen kom ut som «invalid». Dette er grunnen til at grafen ikke ser kontinuerlig ut. Målingene som målte «invalid» har blitt fjernet fra datasettet. Dyrlegen kom denne dagen for å inseminere en ku som var i brunst. Blanding av fôr er det en annen bonde som gjør. Han hadde på seg sekken denne dagen mens han blandet fôr.

## Fredag



Figur 50: Støvmåling gård 1 fredag

Tabell 30: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 50

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Leder ku inn i melkerobot
2	Henter og gir kraftfôr
3	Henter trillebår
4	Henter strø og strør
5	Dytter fôr på fôrbrettet
6	Spyler i roboten
7	Koster på fôrbrettet
8	Koster på fôrbrettet
9	Kjører ut fôr med minilaster
10	Skumlegger roboten og vinduet ved roboten
11	Spyler melkerobot og vindu med høytrykksspyler
12	Henter rene børster til roboten
13	Venter på at fôrblender skal blande ferdig
14	Fôret går fra blander på et bånd og ut til fôrsentralen. Bonden står ved båndet og følger med
15	Leder ku inn i melkerobot, og skraper i løsdriфт

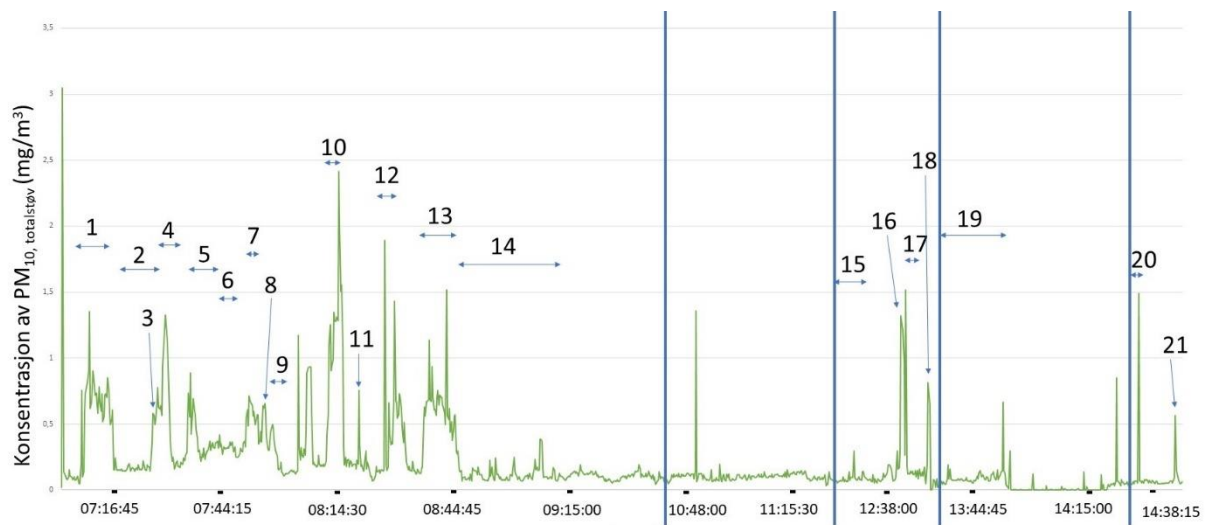
## Kommentar

Denne dagen var det to bønder som bar sekken. Bonden som vanligvis har på sekken gjorde morgen-, formiddags- og ettermiddagsstell som vanlig, mens blanding av fôr og vasking av melkeroboten er det en annen bonde som gjør. Dette ble også målt denne dagen.



## Gård 2

### Tirsdag



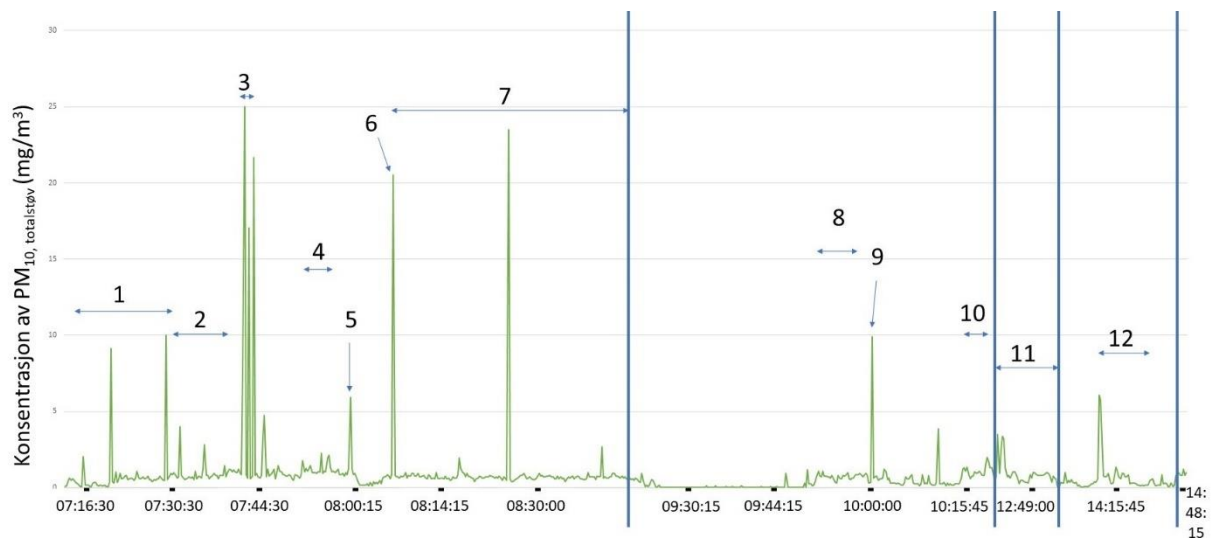
Figur 51: Støvmåling gård 2 tirsdag

Tabell 31: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 51

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Jobber på melkerommet med forskjellige oppgaver. Dette innebærer tømming og vasking av den tanken som pasteuriserer melk til kalvene, fylling av ny melk til kalvene i tanken, og bytting av filter på den store melketanken.
2	Skraper
3	Her starter en annen arbeider med å spyle melkeroboten. Dette gjøres i nærheten av arbeideren som bærer sekken
4	Strør
5	Skraper
6	Tømmer/vasker drikkekar og skraper rundt drikkekar
7	Skraper i binger
8	Strør i binger
9	Tar med tørrgjødsel ut til henger med tørrgjødsel (i førsentralen), og koster gulvet rundt der
10	Bytter filter på melketanken
11	Gir kraftfôr til kalver
12	Sjekker om kalvemelk er ferdig pasteurisert
13	På melkerom: vasker tank som pasteuriserer melk, melkebøttene, og bøtten som kalvene drakk fra
14	Fikser på gjødselskrape
15	Skraper
16	På melkerom
17	Vasker sår på ku
18	På melkerom
19	Hold vurdering av kuer (sjekker om kuene er overvektig/undervektig)

<b>20</b>	Skraper
<b>21</b>	Fyller opp bøtte med strø

## Onsdag



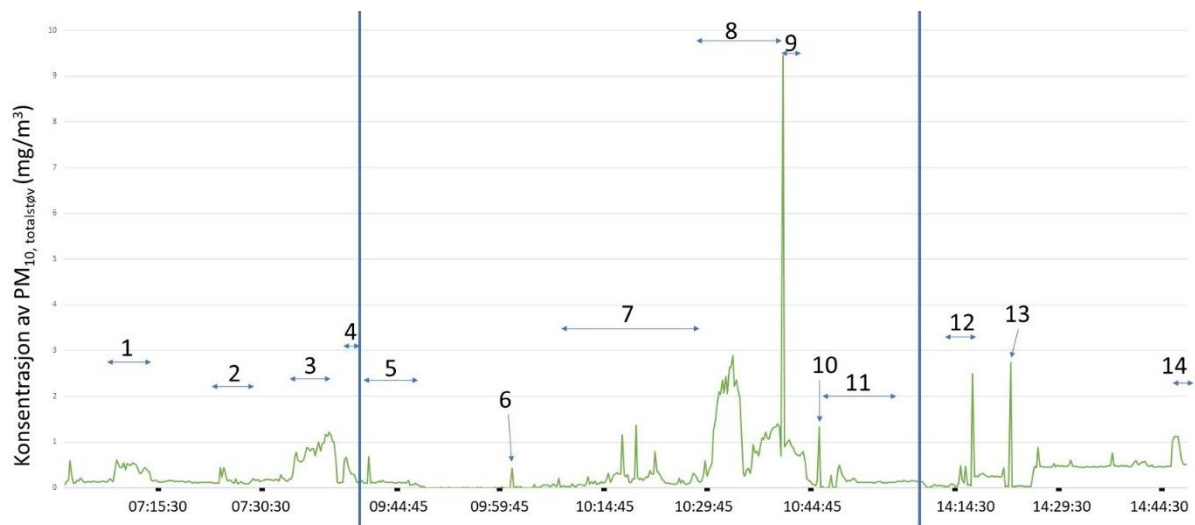
Figur 52: Støvmåling gård 2 onsdag

Tabell 32: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 52

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Skraper
2	Strør
3	Fyller nytt strø i strøvogn
4	Flytter kalv
5	Sjekker ku
6	Tar kraftfôr fra beholder i førsentralen
7	Fôrblender er ødelagt denne dagen, som gjør at arbeiderne må manuelt mate dyrene med grovfôr. Arbeideren går frem og tilbake mellom førsentral og fjøs med fôr i trillebår.
8	Inseminering
9	Gir kraftfôr
10	Skraper
11	Tar speneprøve av ku (melker en melkeprøve fra hver spene inn i prøveglass)
12	Tar speneprøve av ku



## Torsdag

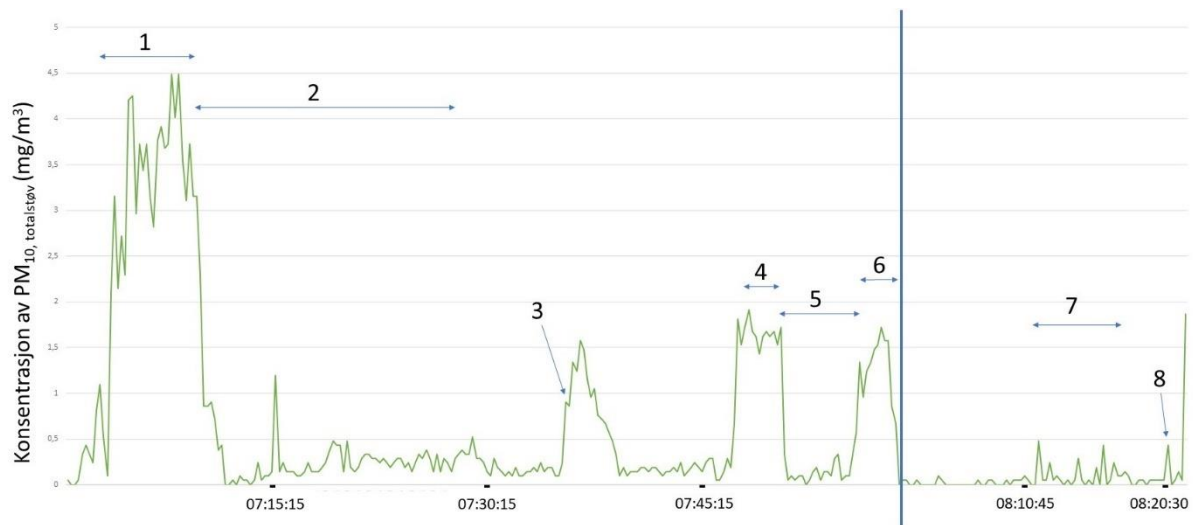


Figur 53: Støvmåling gård 2 torsdag

Tabell 33: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 53

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Spyler melkebøtter (til kalvene) på melkerom
2	Kjører inn fôr med traktor
3	Spyler roboten og området rundt roboten med høytrykksspyler
4	Fordeler fôr på fôrbrettet
5	Sjekker melkerobot
6	Spyler
7	Vasker gulv på melkerom
8	Høytrykksspyler
9	Vasker på melkerom
10	Koster i fôrsentralen
11	Knytter sammen søppelposer og tar de med ut
12	Skraper hos kalver
13	Tar nytt strø i trillebår
14	Sjekker skjerm på robot

## Fredag



Figur 54: Støvmåling gård 2 fredag

Tabell 34: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 54

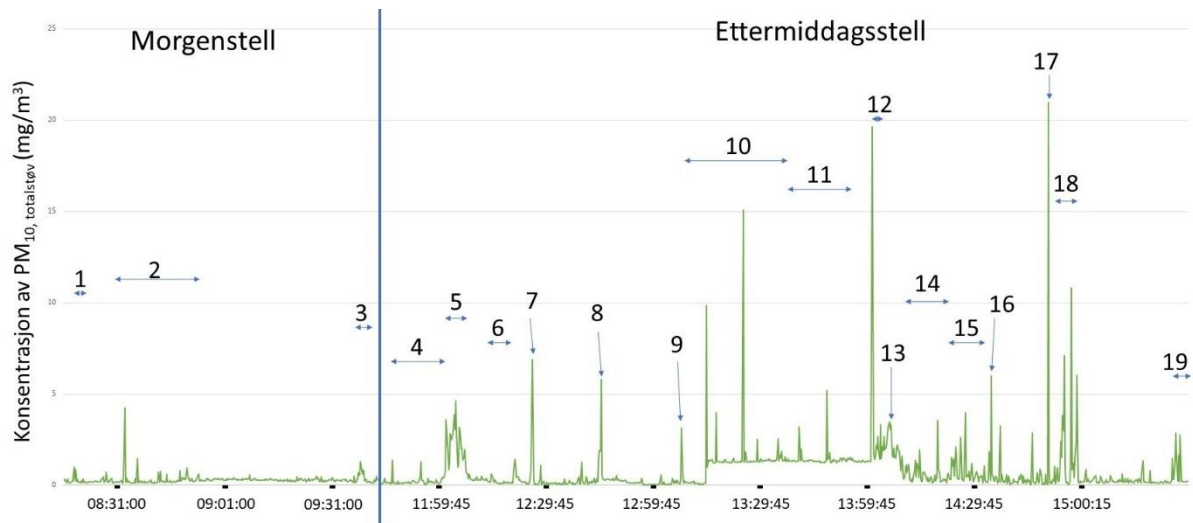
Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Spyler melkebøtter (til kalvene) på melkerom
2	Skraper
3	Spyler støvler og strøvogn
4	Henter verktøy ved kalvebokser
5	Fikser båsikke (ødelagt)
6	Legger tilbake verktøy ved kalvebokser
7	Rengjør drikkekar
8	Gir kraftfôr

## Kommentar

Denne dagen hadde arbeiderne noe annet jobbrelatert arbeid å gjøre, og derfor er tiden i fjøset kun begrenset til noe arbeid på morgenen

### Gård 3

### Tirsdag



Figur 55: Støvmåling gård 3 tirsdag

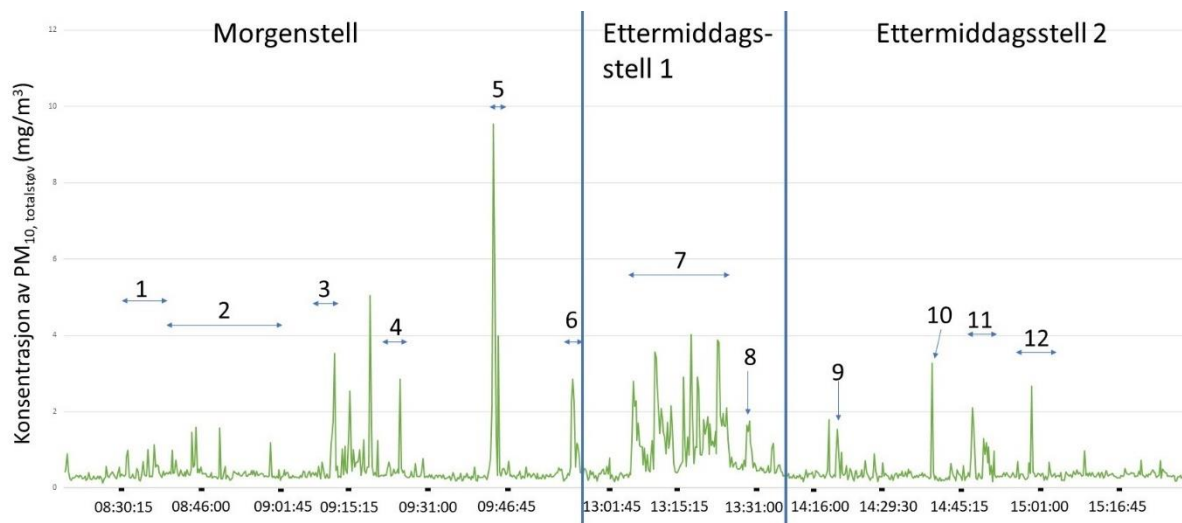
Tabell 35: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 55

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Tar temperatur på syk kalv
2	Skraper hos ungdyr
3	Skraper i fødebinge
4	Ordner melkeprøver i melkerobot
5	Høytrykksspyler melkerobot
6	Strør
7	Hos syk kalv/åpner bøtter med støv
8	Fyller bøtte med strø og bærer det til kalver
9	Børster ku
10	Fjerner grovfôr som har lagt seg på en kant på innsiden av fôrbrettet
11	Skraper
12	Tar kalk i bøtte og sprer det i liggebåser
13	Strør
14	Går frem og tilbake for å hente og gi kraftfôr til dyr
15	Skraper hos ungdyr
16	Blander melkepulver til kalver
17	Sjekker robot
18	Vasker tingene til kalvemelk
19	Høytrykksspyler i melkerobot

### Kommentar

Støvmålingen denne dagen hadde en usannsynlig høy topp som ble fjernet

## Onsdag



Figur 56: Støvmåling gård 3 onsdag

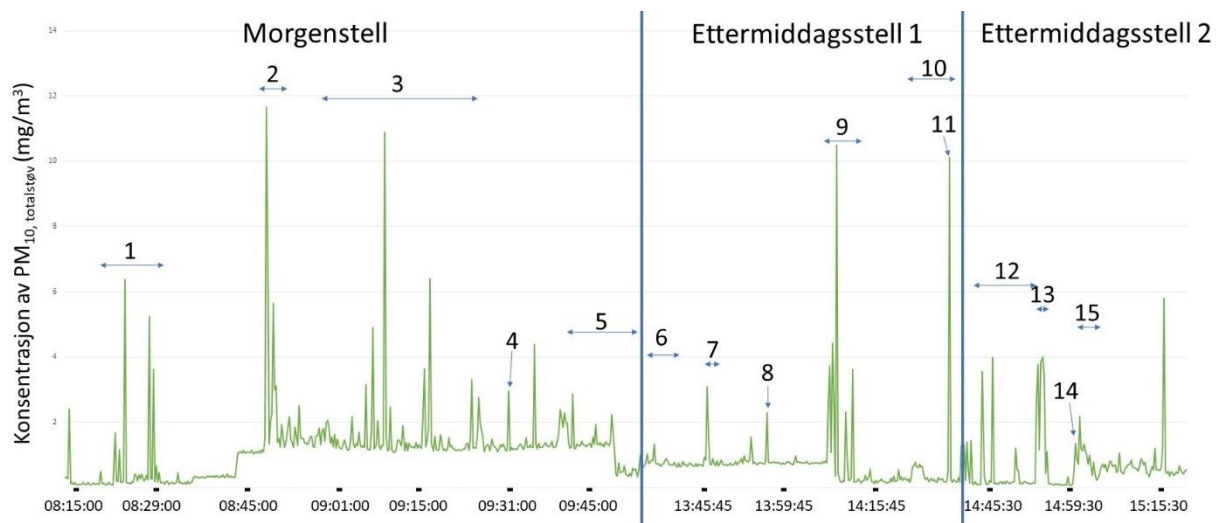
Tabell 36: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 56

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Skraper
2	Leder kuer som ikke liker å melke seg i roboten, inn i roboten og passer på at de får melket seg ferdig
3	Tar kalk i båser
4	Tar strø i bøtte og strør
5	Vasker tingene til kalvemelk
6	Høytrykksspyler i melkerobot
7	Spyler melkerobot med høytrykksspyler
8	Spyler melkeprøveboks med høytrykksspyler
9	Tar kraftfôr til kalver i bøtte (dette kraftfôret ligger i en pose på gulvet, mens kraftfôret til de andre dyrene ligger i en vogn)
10	Gir medisin til syk kalv
11	Vasker tingene til kalvemelk
12	Skraper i binger

## Kommentar

Tiden mellom ettermiddagsstell 1 og 2 gikk til kontorarbeid

## Torsdag



Figur 57: Støvmåling gård 3 torsdag

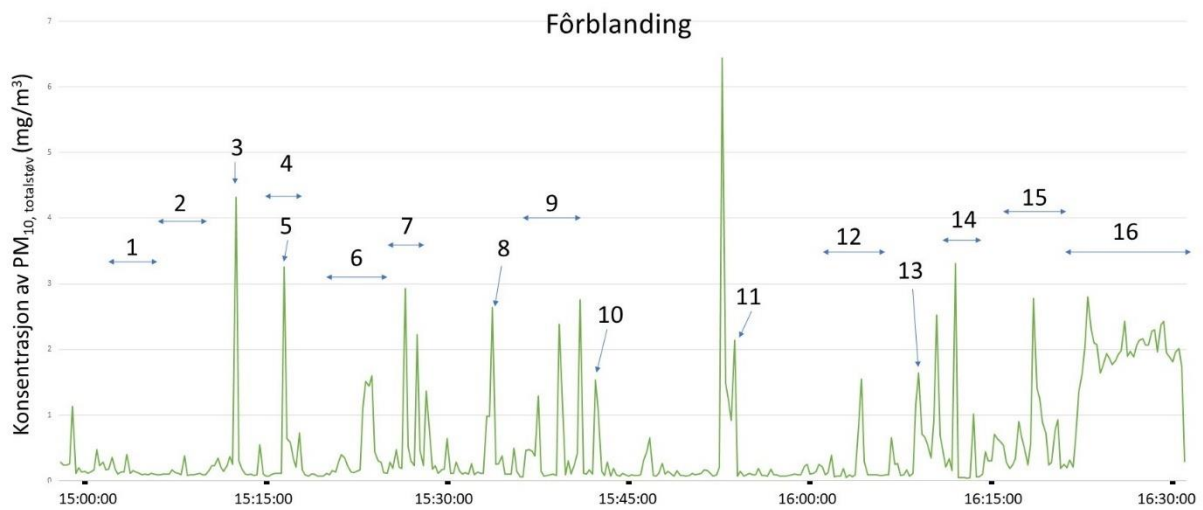
Tabell 37: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 57

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Skraper
2	Tar kalk i bøtte og strør det i liggebåser
3	Leder kuer som ikke liker å melke seg i roboten, inn i roboten og passer på at de får melket seg ferdig
4	Bytter ut kalvers vann med nytt vann
5	Klipper kuhaler
6	Blander melk til kalver
7	Blander melk til kalver
8	Gir medisin til syk kalv
9	Vasker tingene til kalvemelk
10	Går frem og tilbake og henter og gir kraftfôr
11	Henter kraftfôr til kalver (dette kraftfôret ligger i en pose på gulvet, mens kraftfôret til de andre dyrene ligger i en vogn)
12	Bonden kjører traktor og henter litt forskjellige ting til fôrblendingen. Han går også litt ut og inn av traktoren
13	Bonde manuelt kaster forskjellige salter osv. inn i blandingen med spade
14	Bonde ser ned i fôrblenderen
15	Dytter fôr på fôrbrettet

## Kommentar

Ettermiddagsstell 2 er målinger av en annen bondes rutine om ettermiddag/kveld. Denne bonden blander fôr til dyrene.

## Fredag



Figur 58: Støvmåling gård 3 fredag

Tabell 38: Arbeidsoppgaver under målingen i Figur 58

Nr.	Arbeidsoppgaver
1	Trykker på knapper på fôrblander. Gjør klar til å blande fôr
2	Kjører traktor og henter diverse ting som skal blandes i fôrblanderen
3	Dytter fôr som har havnet på kanten av fôrblanderen med en stang
4	Bonde manuelt kaster forskjellige salter osv. inn i blandingen med spade
5	Synlig støv fra ene komponenten i fôrblendingen
6	Koster og skraper rester som ligger på gulver
7	Spar ut gammelt fôr hos sinkyr
8	Dytter fôr på utsiden av fôrblander
9	Kjører fôr fra fôrbrettet og legger det i traktorskuffe
10	Kjører gammelt fôr ut
11	Ser nedi fôrblander
12	Kjører traktor mens silo faller ned i fôrblanderen fra et rør i taket
13	Tar gress fra gulvet i fôrblanderen
14	Kjører traktor
15	Skraper
16	Dytter fôr på fôrbrettet

## Kommentar

Denne dagen var det bonden som blander fôr og gjør kveldsstellet som bar sekken. Dette var for å kunne gjøre et estimat på denne bondens eksponering, og også den totale eksponeringen over en hel dag

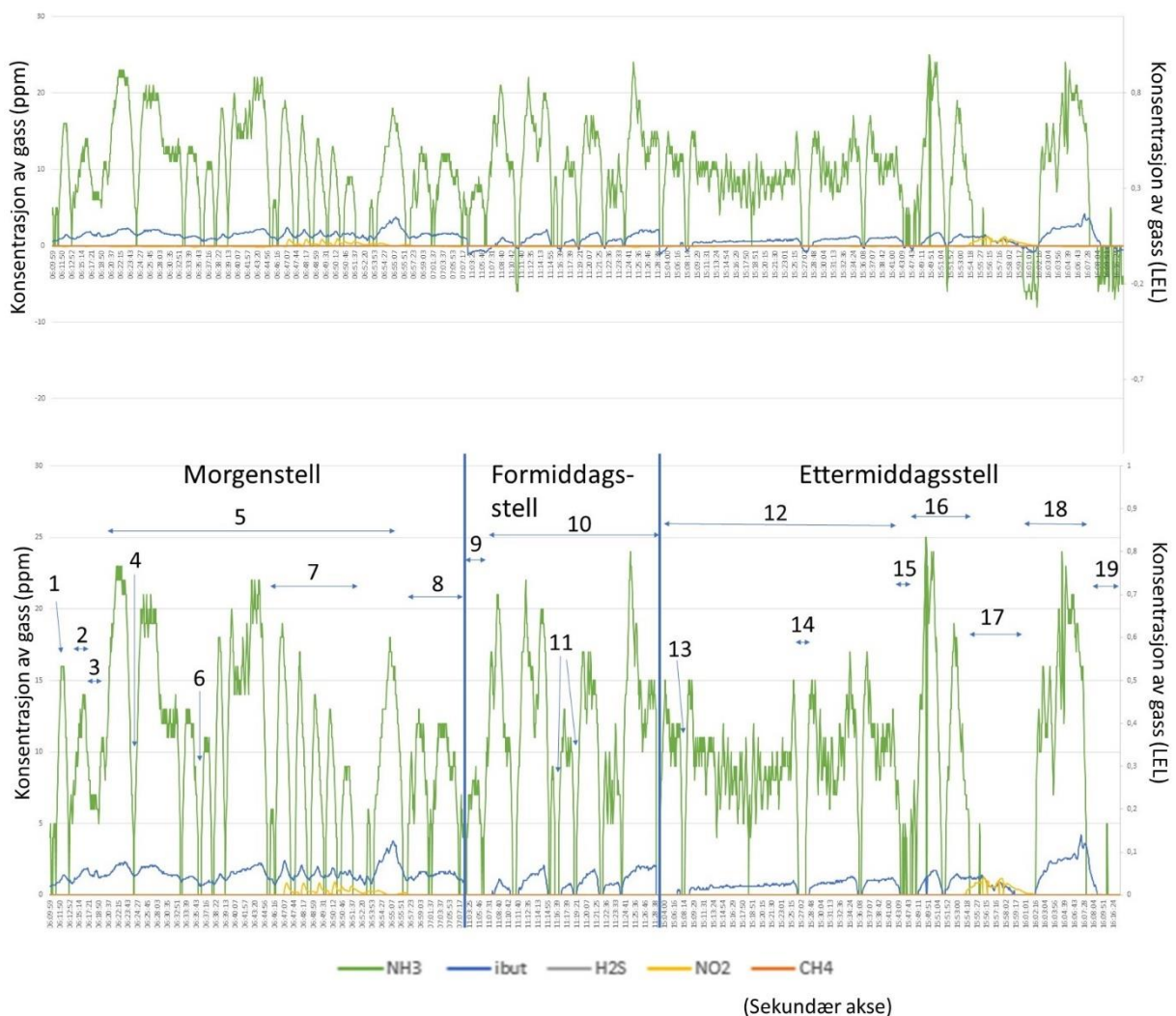


## Gassgrafer

Nedenfor følger grafene fra gassmålingene som ble gjort i de tre fjøsene. Som nevnt tidligere, så viste gassmålingene en del negative tall. For å regne på eksponeringen ble de negative tallene fjernet. For hver dag blir først den originale grafen med de negative verdiene inkludert, deretter grafen som beregningene ble gjort på. Denne grafen har også kommentarer til omtrent hvor bonden befant seg under målingene. Alle grafene har to y akser. Grunnen til dette er at gassene blir målt i to forskjellige enheter. NH<sub>3</sub>, ibut, NO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S ble målt i ppm. Denne akse er på venstre side av grafene. CH<sub>4</sub> ble målt i LEL (lower explosive limit), og denne akse er på høyre side av grafene.

### Gård 1

#### Tirsdag



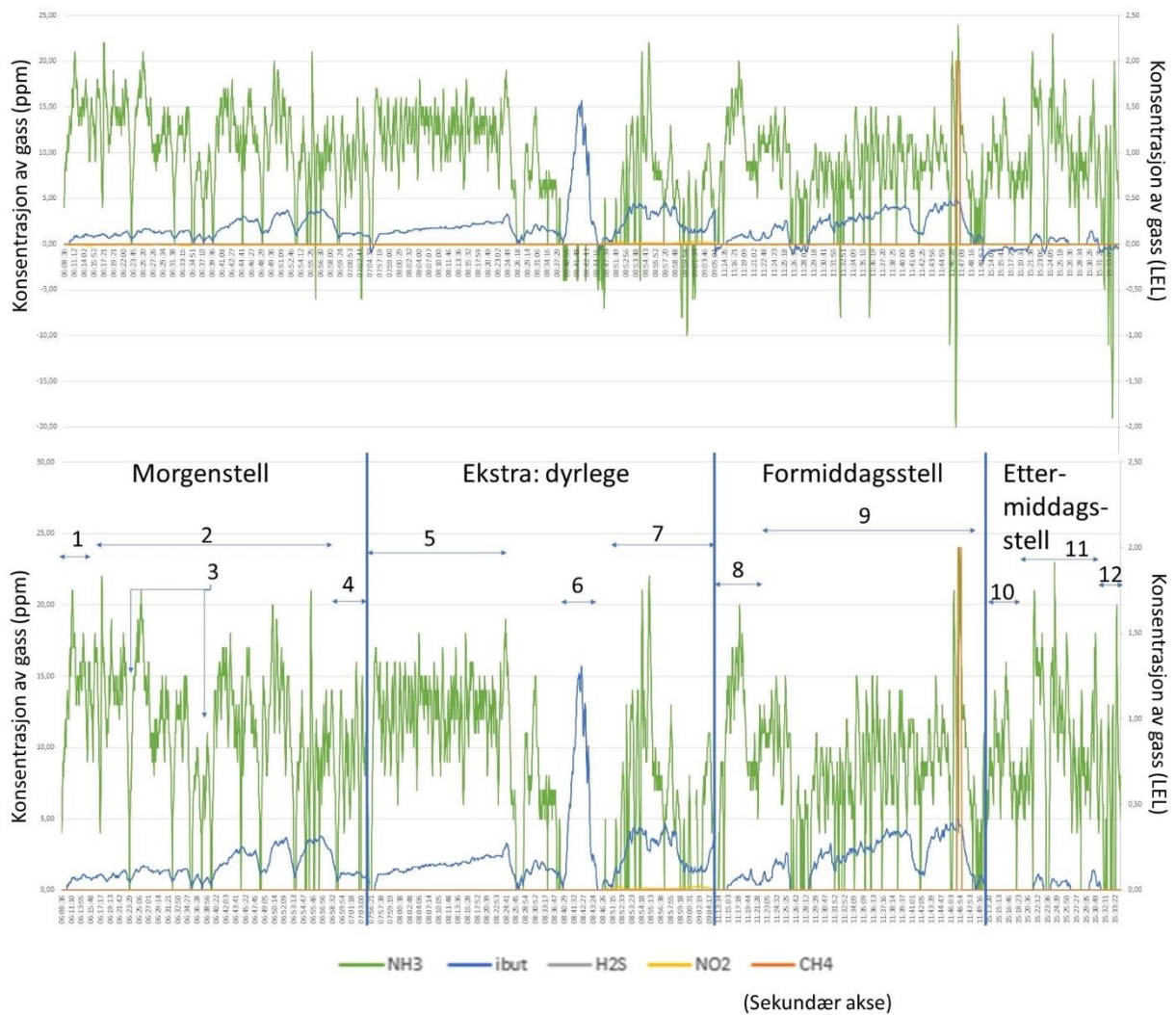
Figur 59: Gassmåling gård 1 tirsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.



Tabell 39: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 59

Nr.	Sted
1	Ved fødebingen innerst i gamle delen
2	Ved melkerobot
3	I nye delen
4	I førsentralen en tur
5	I gamle delen
6	I førsentralen en tur
7	Kjører ut og inn mellom gamle delen og førsentral
8	I nye delen
9	I nye delen
10	I gamle delen
11	I førsentralen en tur
12	Ved fødebingen innerst i gamle delen
13	I førsentralen en tur
14	Henter melkebøtter et annet sted
15	I nye delen
16	I gamle delen
17	I nye delen, den andre bonden kjører ut grovfôr i nærheten av bonden som bærer sekken
18	I gamle delen
19	I nye delen

# Onsdag

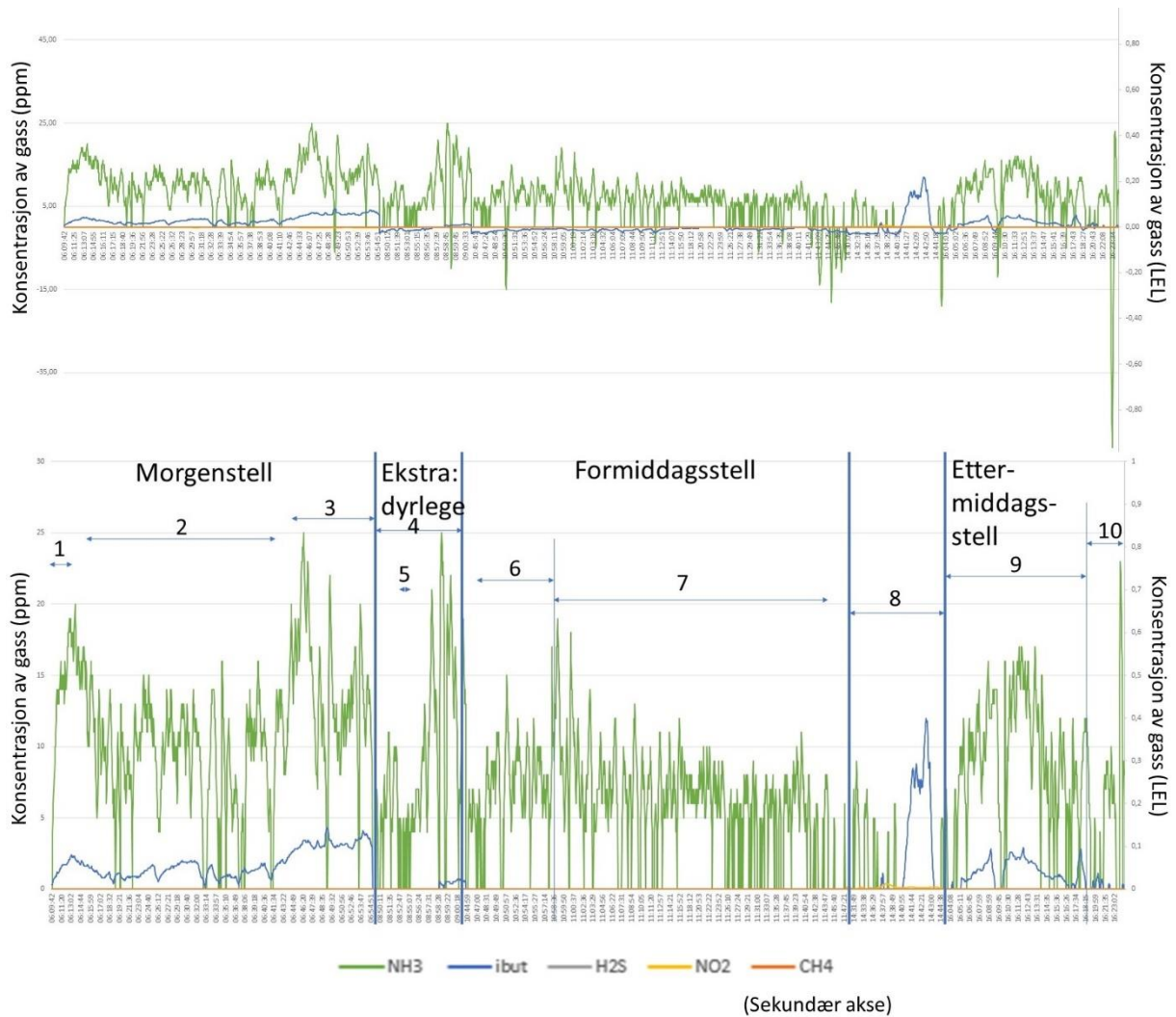


Figur 60: Gassmåling gård 1 onsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.

Tabell 40: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 60

<b>Nr.</b>	<b>Sted</b>
<b>1</b>	I nye delen
<b>2</b>	I gamle delen
<b>3</b>	I førsentralen en tur
<b>4</b>	I nye delen
<b>5</b>	I gamle delen
<b>6</b>	I førsentralen
<b>7</b>	I nye delen, rett bak kuer
<b>8</b>	I nye delen
<b>9</b>	I gamle delen
<b>10</b>	I nye delen
<b>11</b>	I gamle delen
<b>12</b>	I nye delen

# Torsdag

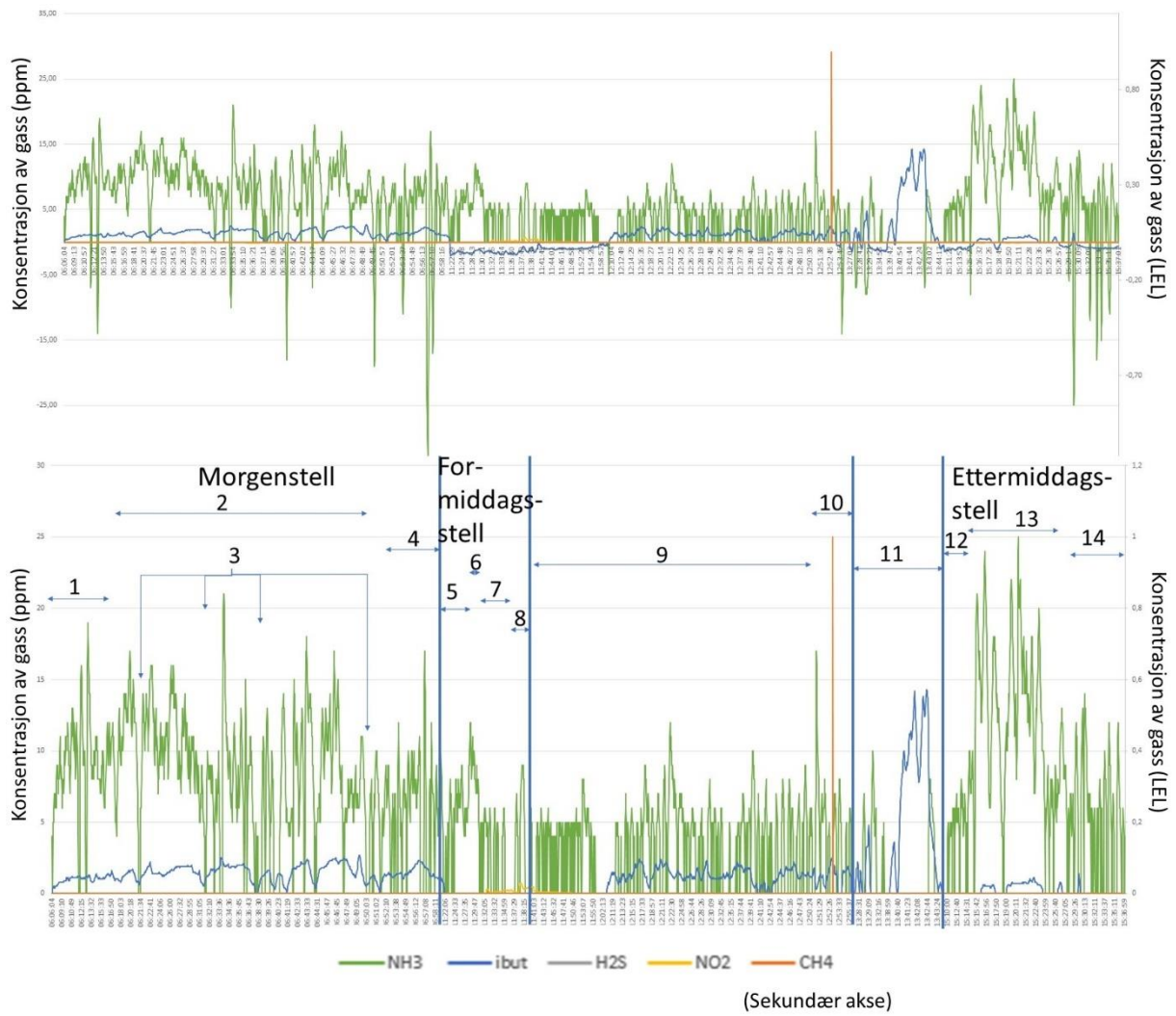


Figur 61: Gassmåling gård 1 torsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.

Tabell 41: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 61

<b>Nr.</b>	<b>Sted</b>
<b>1</b>	I den nye delen
<b>2</b>	I den gamle delen
<b>3</b>	I den nye delen
<b>4</b>	I den nye delen
<b>5</b>	Inne på kontoret en tur
<b>6</b>	I den nye delen
<b>7</b>	I den gamle delen
<b>8</b>	I fôrsentralen
<b>9</b>	I den gamle delen
<b>10</b>	I den nye delen

# Fredag

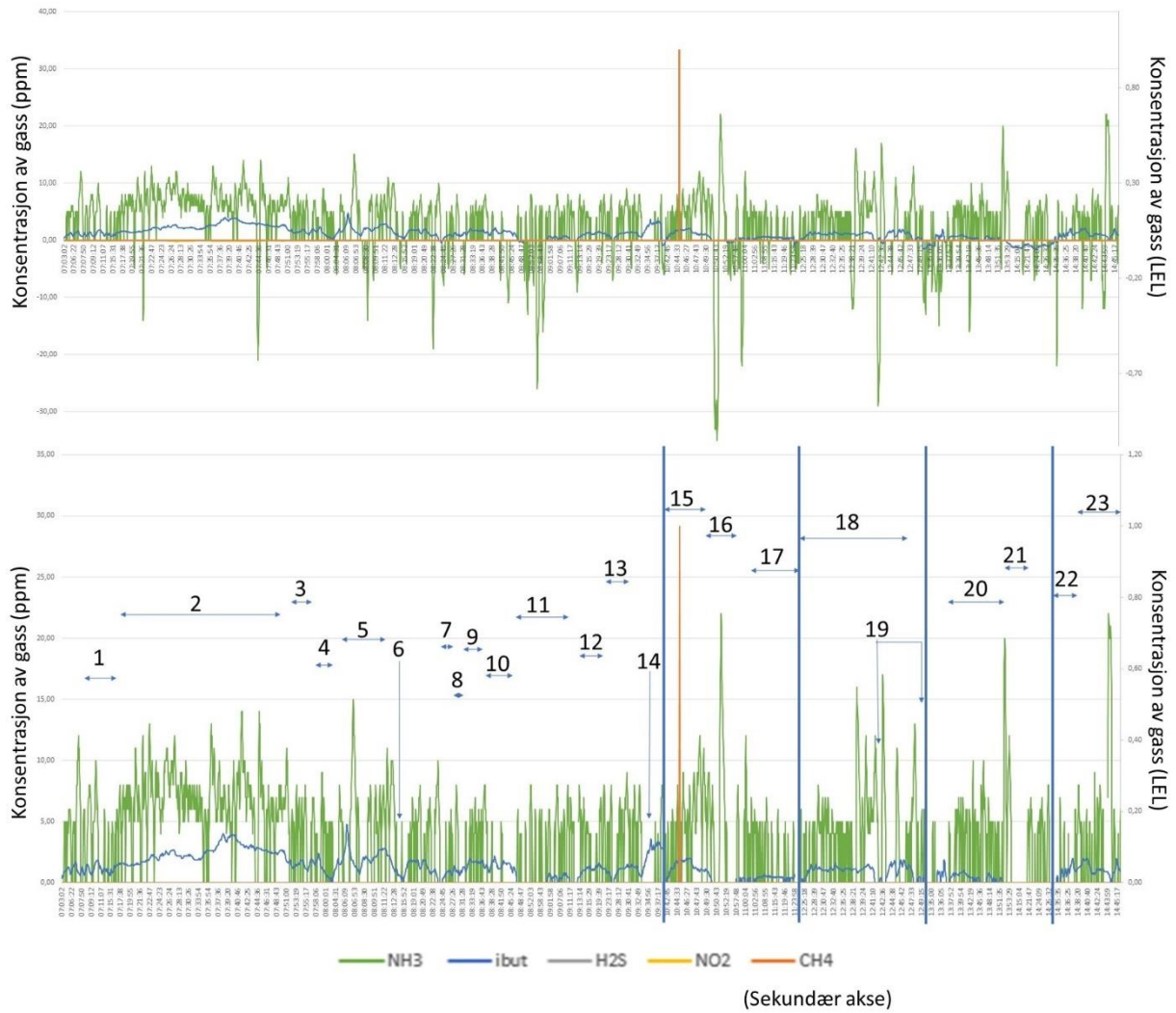


Figur 62: Gassmåling gård 1 fredag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.

Tabell 42: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 62

<b>Nr.</b>	<b>Sted</b>
1	I den nye delen
2	I den gamle delen
3	Ute en tur
4	I den nye delen
5	I den nye delen
6	I den gamle delen
7	Frem og tilbake mellom den nye delen og førsentralen
8	Frem og tilbake mellom den gamle delen og førsentralen
9	I den nye delen nær melkerobot
10	Ute og henter jurbørster
11	I førsentralen
12	I den nye delen
13	I den gamle delen
14	I den nye delen

Gård 2  
Tirsdag



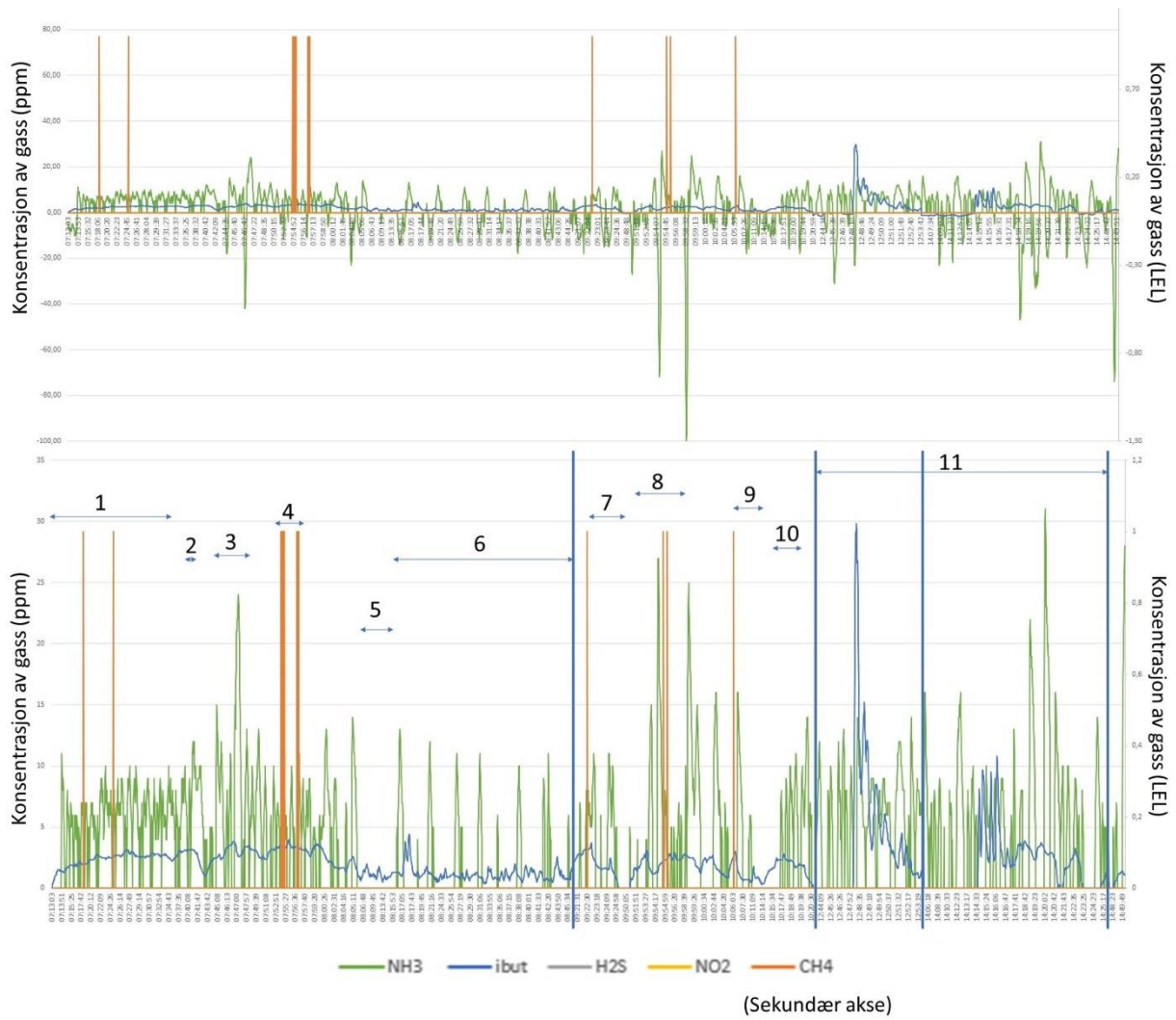
Figur 63: Gassmåling gård 2 tirsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.



Tabell 43: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 63

Nr.	Sted
1	På melkerommet
2	I løsdrifta
3	I binger
4	I førsentral
5	På fôrbrettet
6	På melkerommet
7	Ved enden av gjødselskrape
8	På melkerommet
9	Ved kalver
10	På melkerommet
11	Ved enden av gjødselskrape
12	Ved melkeroboten
13	I binger
14	På melkerommet
15	I løsdrifta
16	Ute i gangen
17	I løsdrifta
18	I løsdrifta
19	Innom melkerommet
20	I løsdrifta
21	Inne på kontoret
22	Hos kalver
23	I løsdrifta

# Onsdag

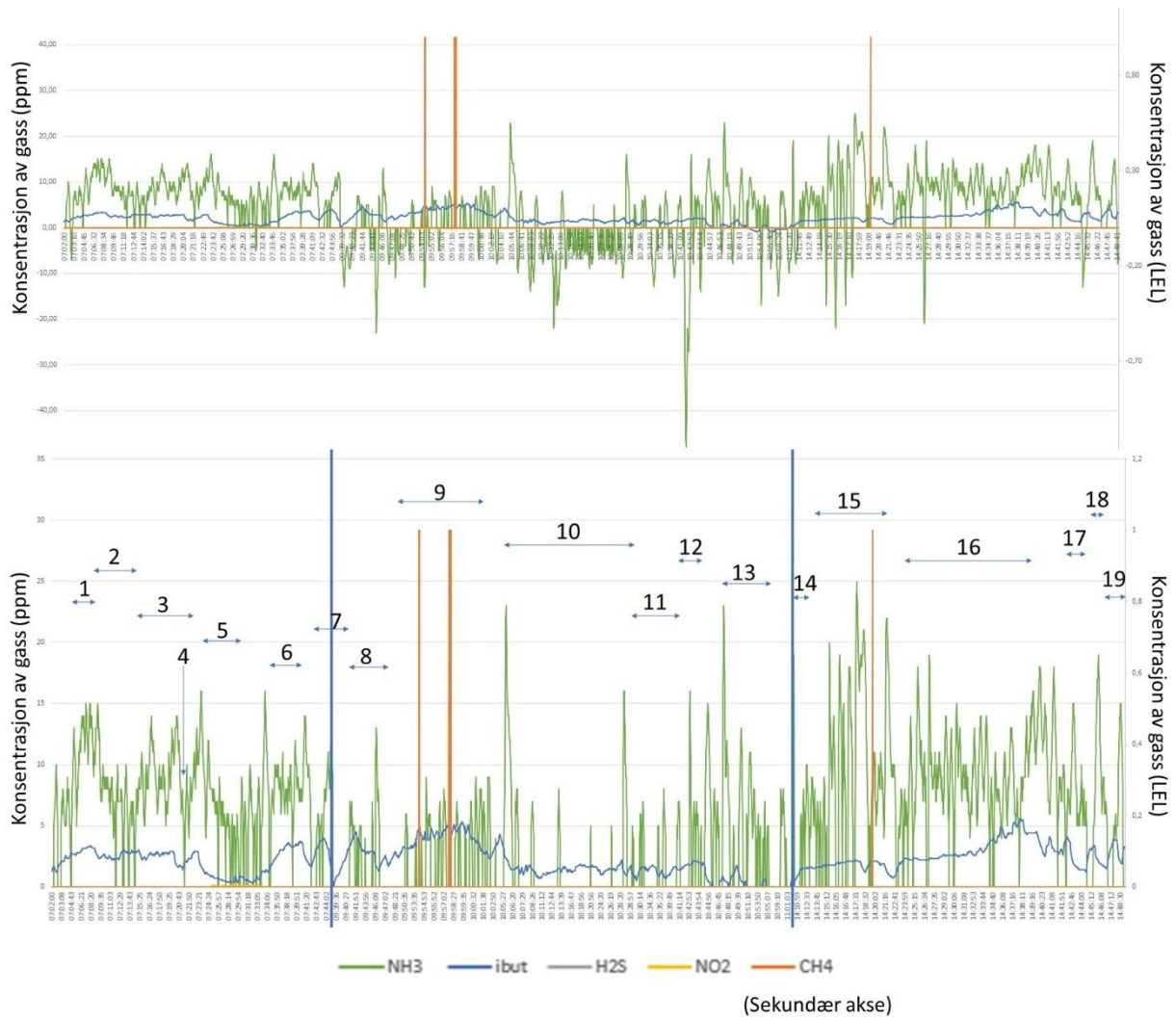


Figur 64: Gassmåling gård 2 onsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.

Tabell 44: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 64

<b>Nr.</b>	<b>Sted</b>
1	I løsdrifta
2	Ved inngangen til melkerommet
3	I nærheten av melkerobot
4	Ved kalver
5	På førsentralen
6	Går frem og tilbake mellom førsentral og førbrettet
7	Ute i gangen og på kontoret
8	I løsdrifta, bak ku
9	I gangen
10	I løsdrifta
11	Frem og tilbake mellom sykebingen nærme melkeroboten og gangen

# Torsdag

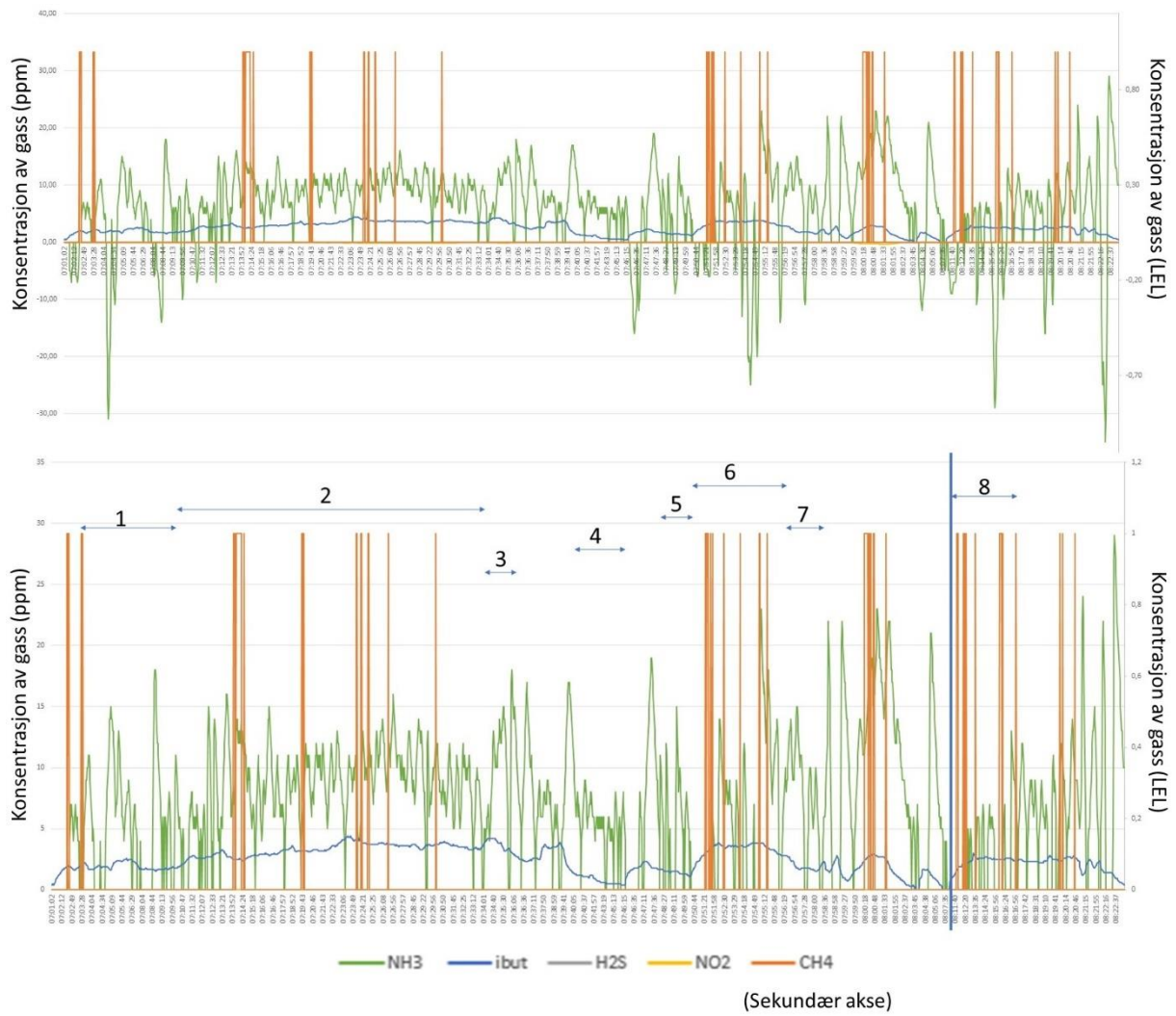


Figur 65: Gassmåling gård 2 torsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.

Tabell 45: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 65

Nr.	Sted
1	Ved kalvebinge og i sykebinge
2	På melkerommet
3	Ved/i kalvebinger
4	I førsentralen
5	I traktor som kjører mellom førsentral og silo
6	Ved melkerobot
7	På førbrettet
8	I melkerobot
9	Skraper i fjøset
10	På melkerommet
11	Ved melkerobot
12	På melkrommet
13	Litt frem og tilbake mellom førsentral og andre deler av fjøset, og så ut
14	Ved sykebinge
15	I kalvebinger
16	I løsdrifta
17	I førsentralen
18	På melkerommet
19	Ved melkeroboten

# Fredag



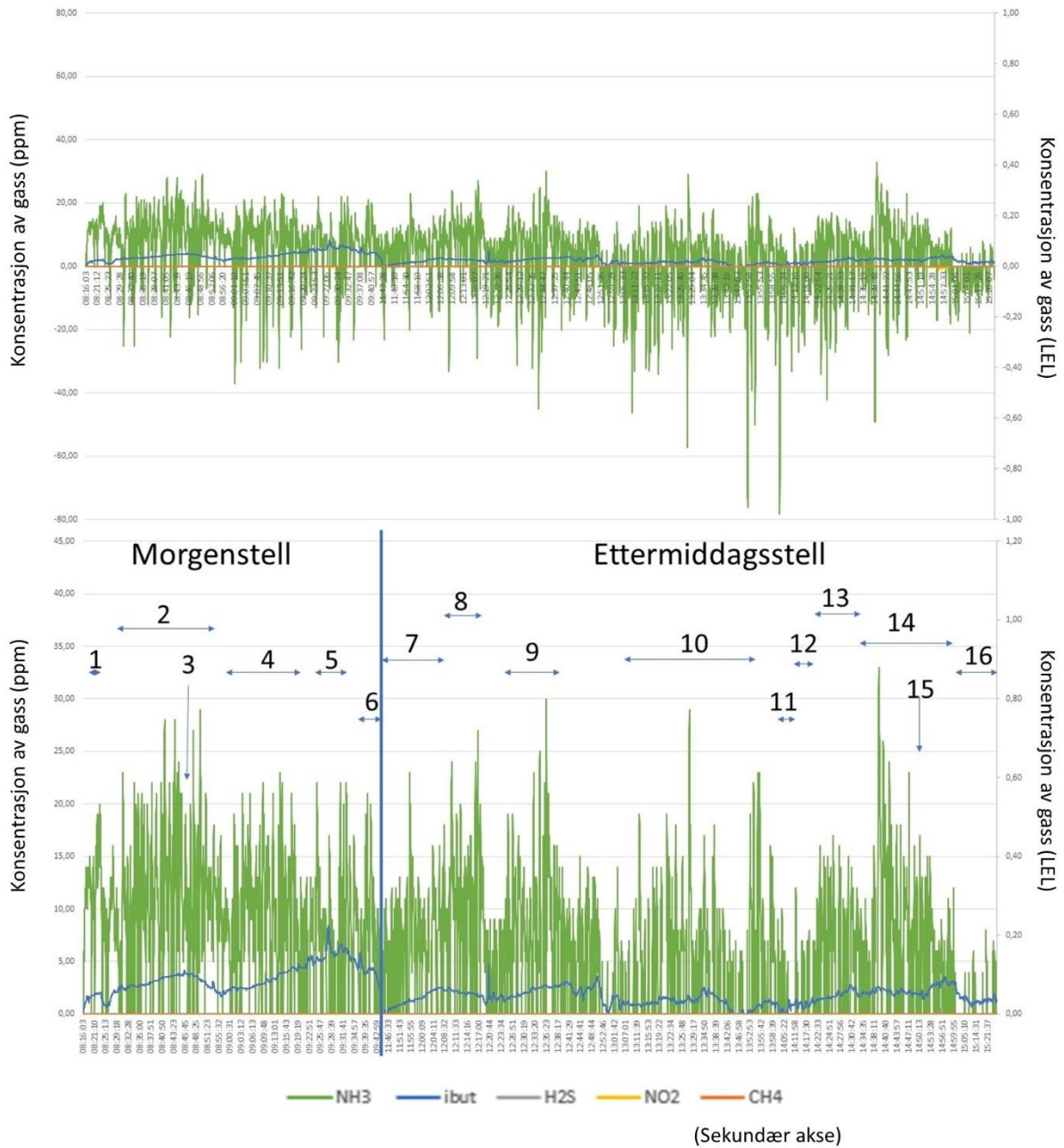
Figur 66: Gassmåling gård 2 fredag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.

Tabell 46: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 66

<b>Nr.</b>	<b>Sted</b>
<b>1</b>	På melkerommet
<b>2</b>	I løsdrifta
<b>3</b>	Utenfor melkerommet
<b>4</b>	I førsentralen
<b>5</b>	I rommet med kalveboksene
<b>6</b>	I løsdrifta
<b>7</b>	I rommet med kalveboksene
<b>8</b>	I løsdrifta

Gård 3

Tirsdag



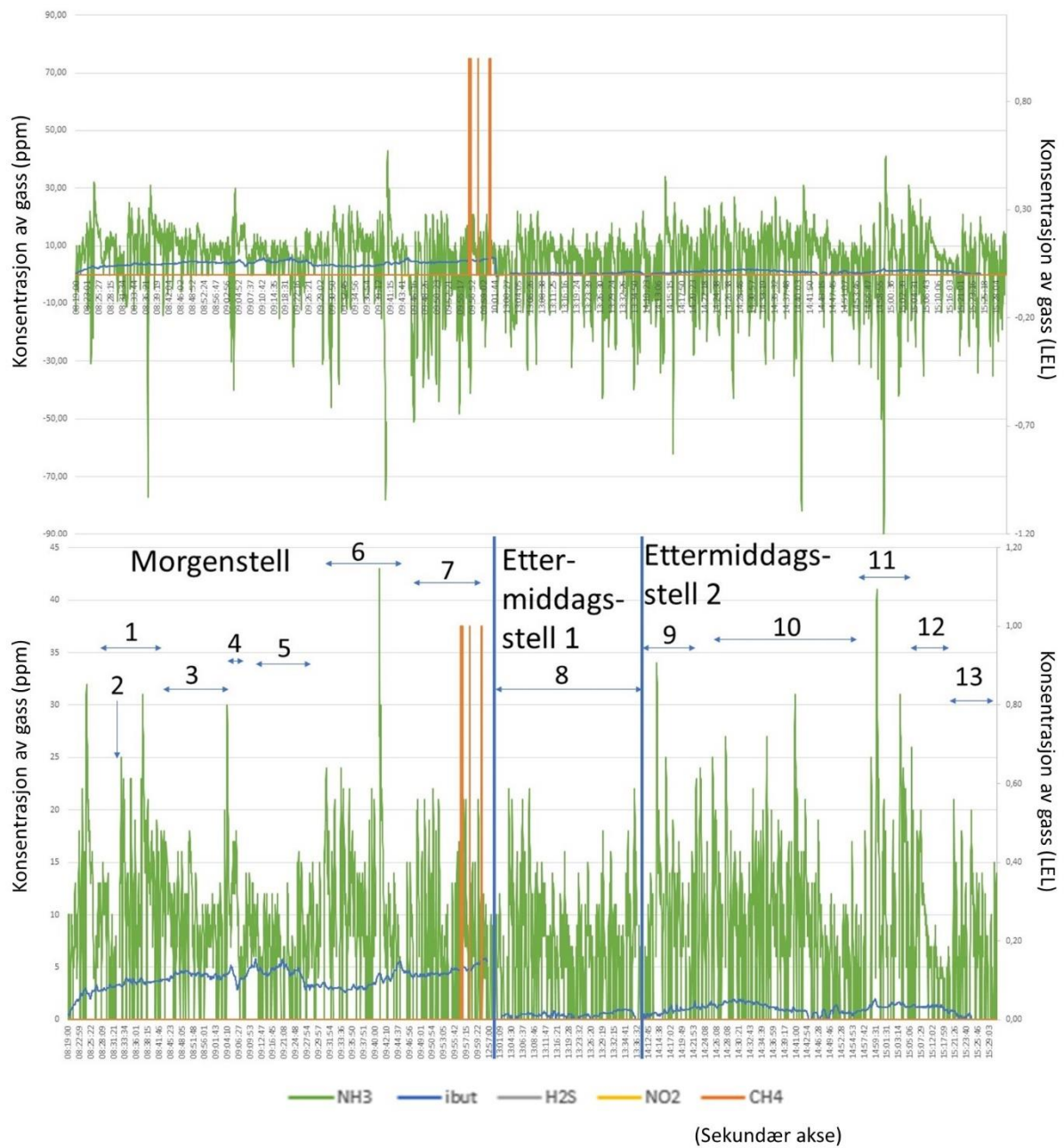
Figur 67: Gassmåling gård 3 tirsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.



Tabell 47: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 67

<b>Nr.</b>	<b>Sted</b>
1	Hos kalver
2	I binger hos unge dyr
3	I melkerboten en tur
4	Hos kalver
5	Ved melkerobot
6	I fødebinge
7	I melkerobot
8	Hos kalver
9	Hos kalver
10	I løsdrifta
11	Frem og tilbake mellom løsdrift og førsentral
12	Frem og tilbake mellom førbrett og førsentral
13	I binger hos unge dyr
14	Hos kalver
15	I melkerobot
16	I melkerobot

# Onsdag

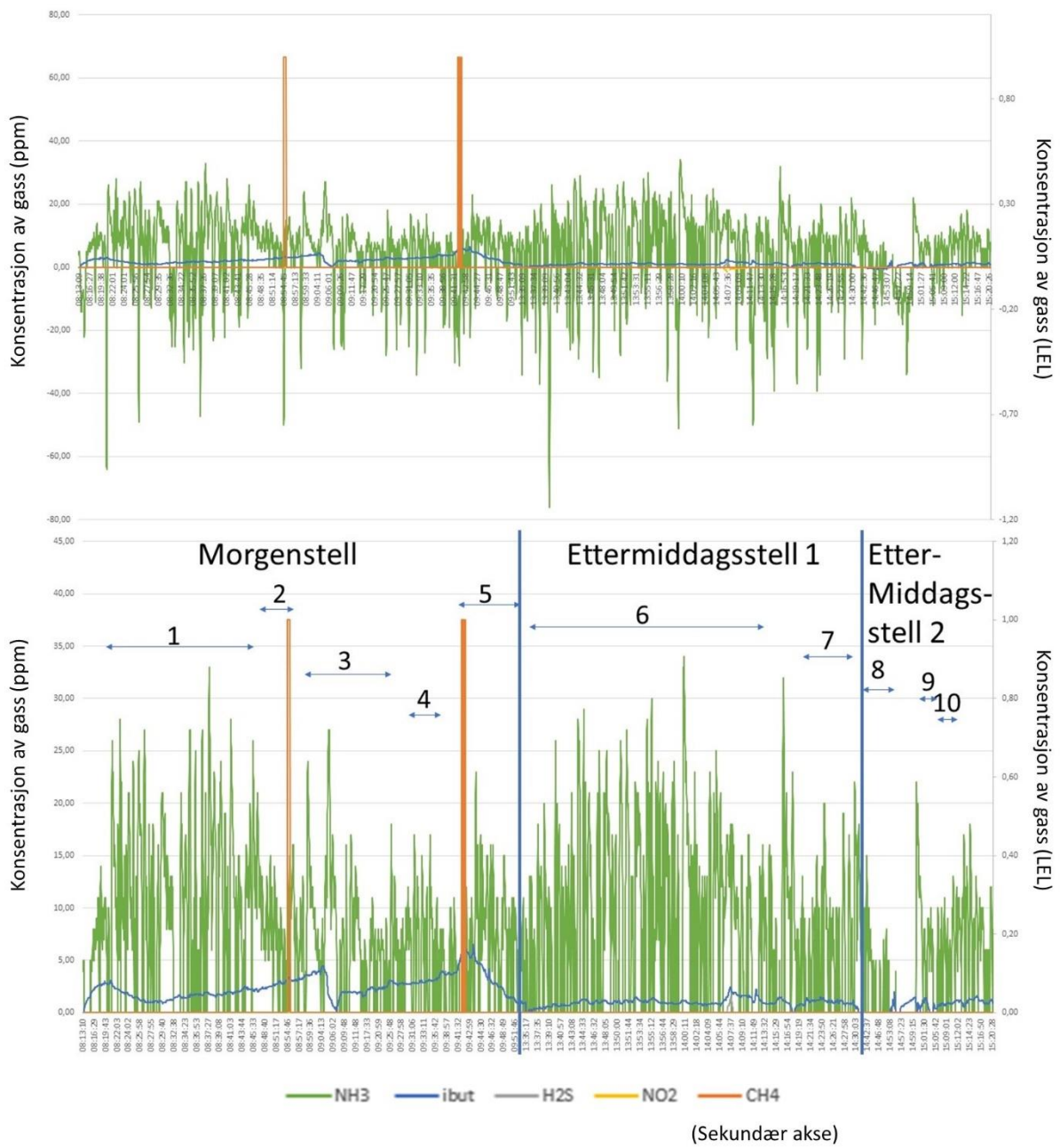


Figur 68: Gassmåling gård 3 onsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.

Tabell 48: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 68

<b>Nr.</b>	<b>Sted</b>
1	I løsdrifta
2	I melkeroboten
3	I melkeroboten
4	I løsdrifta
5	Frem og tilbake mellom løsdrift og fôrsentral
6	Hos kalver
7	I binger hos unge dyr
8	I melkeroboten
9	Frem og tilbake mellom fôrbrett og fôrsentral
10	Hos kalver
11	I binger hos unge dyr
12	I melkerobot
13	I løsdrifta

# Torsdag



Figur 69: Gassmåling gård 3 torsdag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.

Tabell 49: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 69

<b>Nr.</b>	<b>Sted</b>
<b>1</b>	I løsdrifta
<b>2</b>	Frem og tilbake mellom løsdrift og fôrsentral
<b>3</b>	I/ved melkeroboten
<b>4</b>	Hos kalver
<b>5</b>	I løsdrifta
<b>6</b>	Hos kalver
<b>7</b>	Frem og tilbake mellom fôrsentral og fôrbrett
<b>8</b>	Ut og inn mellom traktor og fôrsentral
<b>9</b>	Frem og tilbake mellom fôrblender og fôrbrett
<b>10</b>	I løsdrifta

# Fredag



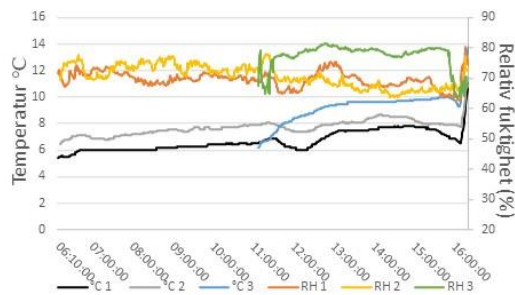
Figur 70: Gassmåling gård 3 fredag. Den øverste grafen viser den originale grafen, mens i den andre grafen er de negative verdiene fjernet.

Tabell 50: Hvor bonden befant seg under målingen i Figur 70

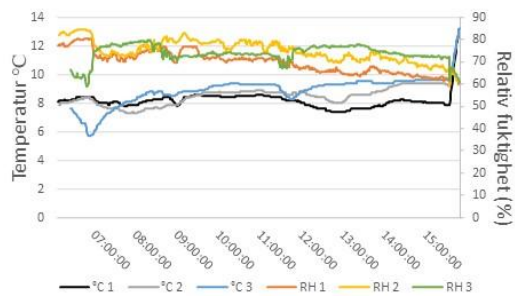
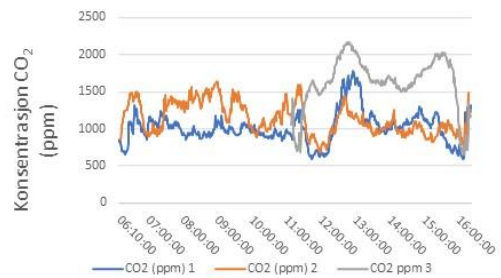
<b>Nr.</b>	<b>Sted</b>
1	Ved fôrblander
2	Ut og inn mellom traktor og fôrsentral
3	Ved fôrblander
4	På fôrbrett foran sinkyr
5	På fôrbrett
6	Ved fôrblander
7	Frem og tilbake mellom fôrbrett og fôrsentral
8	Ved fôrblander
9	Ved fôrblander
10	I traktor
11	Ved fôrblander
12	I traktor
13	I løsdrifta
14	På fôrbrettet

# Temperatur- fuktighetsmålinger

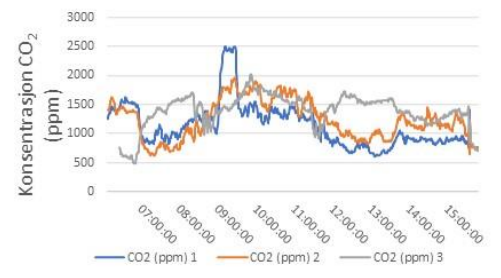
## Gård 1



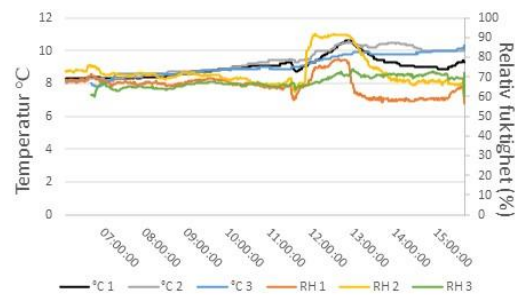
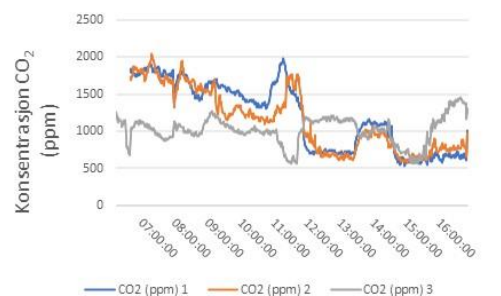
Tirsdag



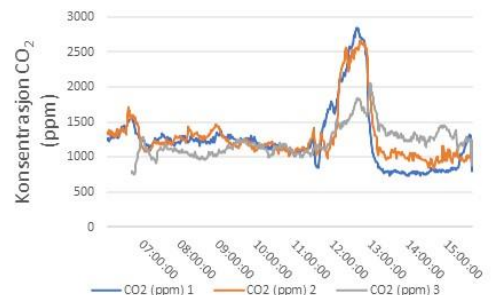
Onsdag



Torsdag



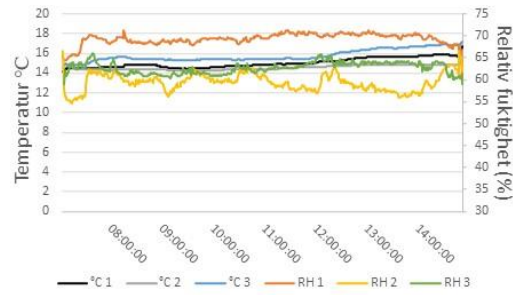
Fredag



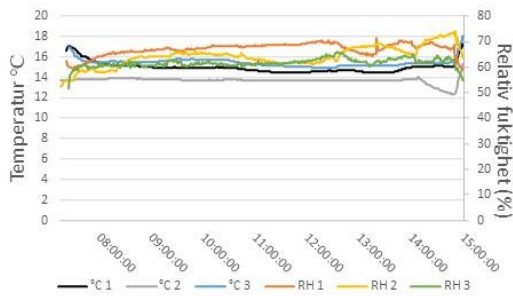
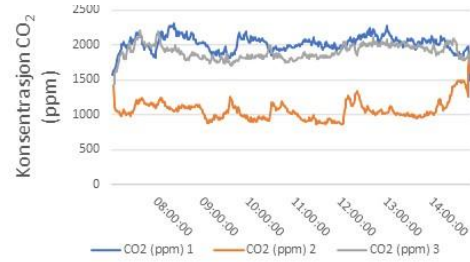
Figur 71: Temperatur, fuktighet og CO<sub>2</sub> i fjøs 1. I fjøs 1 var måler 1 plassert ved forbrettet i den nye delen, måler 2 var plassert ved melkerobotten i den nye delen, og måler 3 var plassert ved kalvebingen i den gamle delen.



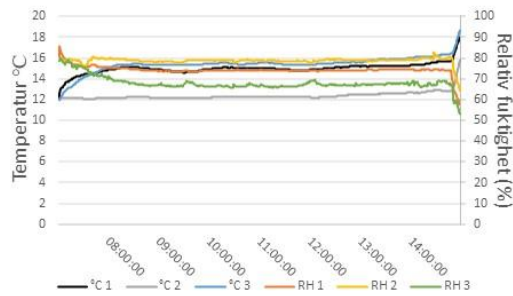
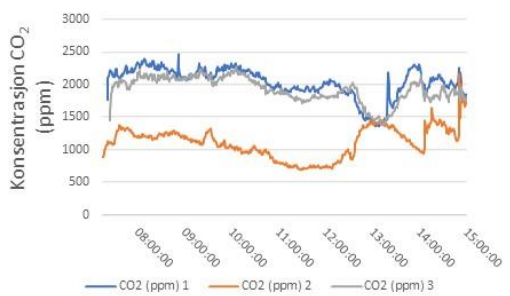
## Gård 2



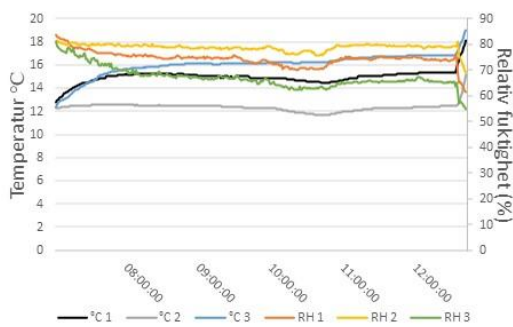
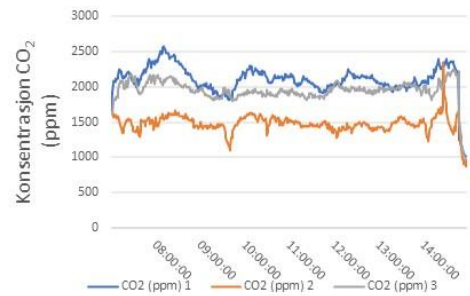
Tirsdag



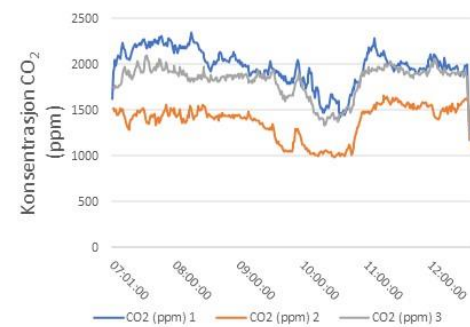
Onsdag



Torsdag

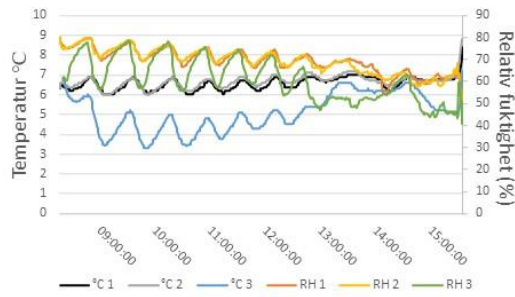


Fredag

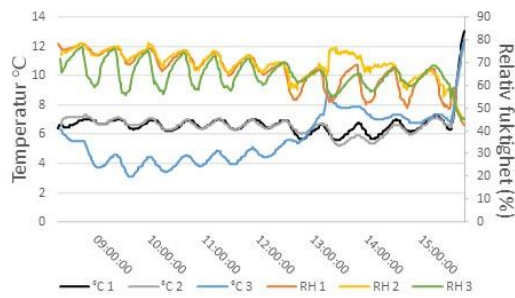
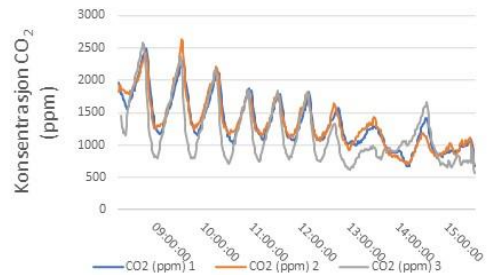


Figur 72: Temperatur, fuktighet og CO<sub>2</sub> i fjøs 2. I Fjøs 2 var måler 1 plassert inne i løsdriftsdelen, mens måler 2 og 3 var plassert på hver sin ende av førbrettet. Måler 3 var på den enden av førbrettet som pekte mot førsentralen. På mandag og store deler av tirsdag var måler 2 plassert i rommet hvor kalveboksene befant seg.

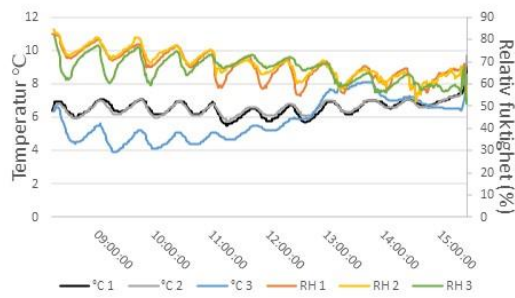
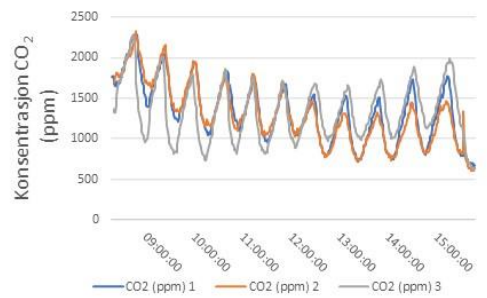
### Gård 3



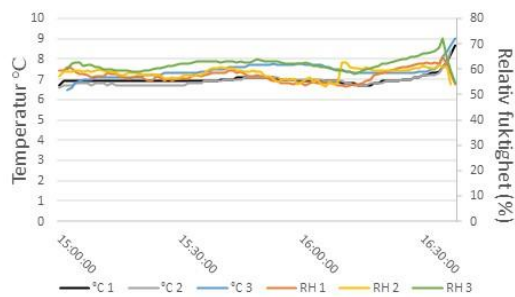
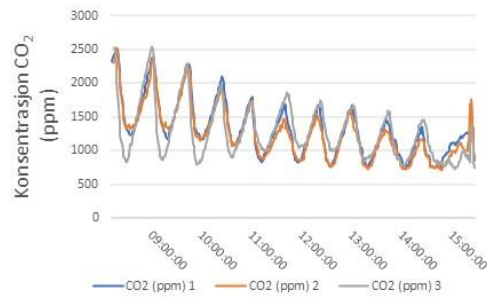
Tirsdag



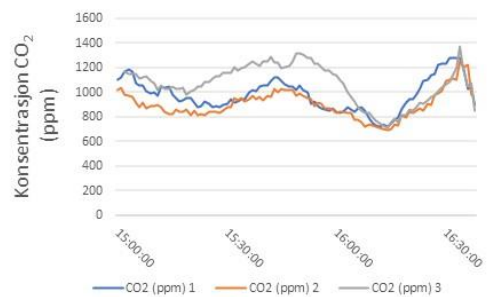
Onsdag



Torsdag



Fredag



Figur 73: Temperatur, fuktighet og CO<sub>2</sub> i fjøs 3. I fjøs 3 var måler 1 plassert ved inngangen, måler 2 var plassert ved melkeroboten, og måler 3 var plassert på motsatt side av fjøset som måler 1.

## Vedlegg B: Rådata

### Gravimetrisk målinger

Tabell 51: Resultater fra gravimetrisk målinger. Filtrene 1-4 er fra gård 1, 7-10 er fra gård 2, og 13-16 er fra gård 3

Filtrenr.	Vekt før (g)	Vekt etter (g)	Gram støv	T (min)	Gj.snittlig flow (l/min)	Liter luft	Volum luft (m <sup>3</sup> )	Konsentrasjon (mg/m <sup>3</sup> )
1	0.00994	0.01024	0.00030	630	2.0350	1282.05	1.28205	0.234
2	0.01076	0.01108	0.00032	578	2.0125	1163.22	1.16322	0.275
3	0.00945	0.00987	0.00042	632	2.0300	1282.96	1.28296	0.327
4	0.00961	0.01036	0.00075	594	2.0250	1202.85	1.20285	0.623
7	0.01229	0.01243	0.00014	475	2.0250	961.87	0.96187	0.145
8	0.00978	0.01025	0.00047	481	2.0100	966.81	0.96681	0.486
9	0.00953	0.00976	0.00023	479	2.0100	962.79	0.96279	0.238
10	0.00974	0.00986	0.00012	350	1.9900	696.50	0.69650	0.172
13	0.01138	0.01210	0.00072	463	2.0500	949.15	0.94915	0.758
14	0.01204	0.01251	0.00047	465	2.0450	950.92	0.95092	0.494
15	0.00995	0.01069	0.00074	465	2.0300	943.95	0.94395	0.783
16	0.00952	0.00967	0.00015	159	2.0000	318.00	0.31800	0.471

### Støvfilter og direktevisende støvmåling

Tabell 52: Resultatene fra gravimetrisk måling og direktevisende utstyr og ratioen mellom disse. Disse verdiene inkluderer både eksponert tid og ueksponert tid

Nr	Støvkonsentrasjon fra filter (totalstøv)	Støvkonsentrasjon fra Sidepak (PM <sub>10</sub> )	Ratio
1	0.234	0.012	19.50
2	0.275	0.020	13.75
3	0.327	0.014	23.35
4	0.623	0.057	10.92
7	0.145	0.022	6.59
8	0.486	0.009	54.00
9	0.238	0.061	3.90
10 *	0.172	0.004	43.00
13	0.758	0.040	18.95
14	0.494	0.028	19.76
15	0.783	0.075	10.44
16 **	0.471	0.064	7.02

\*Kun morgenstell målt denne dagen

\*\*Kun förblanding målt denne dagen

## Gård 1 støv og gass

Tabell 53: Støv målt og støv estimert i fjøs 1

	Tirsdag		Onsdag		Torsdag		Fredag	
	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)
<b>Støv målt i fjøset</b>	0.581	161.00	0.459	186.00	0.614	157.00	1.530	191.00
<b>Estimert støv kveldstid</b>	0.174	15.00	0.892	15.00	0.544	15.00	0.360	15.00

Tabell 54: Gass målt og gass estimert i fjøs 1

	Tirsdag		Onsdag		Torsdag		Fredag	
	C (ppm)*	T (min)	C (ppm)*	T (min)	C (ppm)*	T (min)	C (ppm)*	T (min)
<b>Ibut målt i fjøset</b>	1.153	160.73	2.014	184.63	1.657	157.21	1.623	192.20
<b>Estimert ibut kveldstid</b>	1.502	15.00	1.608	15.00	1.788	15.00	1.396	15.00
<b>CH<sub>4</sub> målt i fjøset* (LEL)</b>	0.000	160.73	0.007	184.63	0.000	157.21	0.000	192.20
<b>Estimert CH<sub>4</sub> kveldstid* (LEL)</b>	0.000	15.00	0.000	15.00	0.000	15.00	0.000	15.00
<b>H<sub>2</sub>S målt i fjøset</b>	0.000	160.73	0.000	184.63	0.000	157.21	0.000	192.20
<b>Estimert H<sub>2</sub>S kveldstid</b>	0.000	15.00	0.000	15.00	0.000	15.00	0.000	15.00
<b>NO<sub>2</sub> målt i fjøset</b>	0.197	160.73	0.050	184.63	0.015	157.21	0.035	192.20
<b>Estimert NO<sub>2</sub> kveldstid</b>	0.175	15.00	0.000	15.00	0.000	15.00	0.000	15.00
<b>NH<sub>3</sub> målt i fjøset</b>	9.609	160.73	9.342	184.63	8.539	157.21	5.873	192.20

<b>Estimert NH<sub>3</sub> kveldstid</b>	10.017	15.00	11.231	15.00	11.010	15.00	8.334	15.00
--	--------	-------	--------	-------	--------	-------	-------	-------

\*CH<sub>4</sub> målt i LEL og ikke ppm

## Gård 2 støv og gass

Tabell 55: Støv målt og støv estimert i fjøs 2

	Tirsdag		Onsdag		Torsdag		Fredag**	
	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)
<b>Støv målt i fjøset</b>	0.238	253.75	0.983	141.75	0.342	162.00	0.653	68.75
<b>Estimert støv kveldstid</b>	0.319	60.00	1.099	60.00	0.306	60.00	-	-

Tabell 56: Gass målt og gass estimert i fjøs 2

	Tirsdag		Onsdag		Torsdag		Fredag**	
	C (ppm)*	T (min)	C (ppm)*	T (min)	C (ppm)*	T (min)	C (ppm)*	T (min)
<b>Ibut målt i fjøset</b>	1.286	254.28	2.342	145.41	2.259	163.1	2.553	69.51
<b>Estimert ibut kveldstid</b>	1.876	60.000	2.001	60.000	2.181	60.00	-	-
<b>CH<sub>4</sub> målt i fjøset* (LEL)</b>	0.000	254.28	0.003	145.41	0.001	163.1	0.331	69.51
<b>Estimert CH<sub>4</sub> kveldstid* (LEL)</b>	0.000	60.000	0.005	60.000	0.000	60.00	-	-
<b>H<sub>2</sub>S målt i fjøset</b>	0.000	254.28	0.000	145.41	0.000	163.1	0.000	69.51
<b>Estimert H<sub>2</sub>S kveldstid</b>	0.000	60.000	0.000	60.000	0.000	60.00	-	-
<b>NO<sub>2</sub> målt i fjøset</b>	0.000	254.28	0.000	145.41	0.009	163.1	0.000	69.51
<b>Estimert NO<sub>2</sub> kveldstid</b>	0.000	60.000	0.000	60.000	0.039	60.00	-	-
<b>NH<sub>3</sub> målt i fjøset</b>	3.697	254.28	4.838	145.41	6.381	163.1	7.663	69.51

<b>Estimert NH<sub>3</sub> kveldstid</b>	4.048	60.000	4.088	60.000	7.535	60.00	-	-
--	-------	--------	-------	--------	-------	-------	---	---

\*CH<sub>4</sub> målt i LEL og ikke ppm

\*\*kun morgenstell målt denne dagen

### Gård 3 støv og gass

Tabell 57: Støv målt og støv estimert i fjøs 3

	Tirsdag		Onsdag		Torsdag		Fredag	
	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)	C (mg/m <sup>3</sup> )	T (min)
<b>Støv målt i fjøset</b>	0.677	301.75	0.543	222	1.003	196.0 0	0.535	93
<b>Estimert støv førblanding</b>	0.554	60.00	0.554	60.00	0.554	60.00	-	-
<b>Estimert støv kveld</b>	0.293	210.00	0.495	210.00	1.165	210.0 0	-	-

Tabell 58: Gass målt og gass estimert i fjøs 3

	Tirsdag		Onsdag		Torsdag		Fredag	
	C (ppm)*	T (min)	C (ppm)*	T (min)	C (ppm)*	T (min)	C (ppm)*	T (min)
<b>Ibut målt i fjøset</b>	2.243	303.45	2.231	224.68	1.785	166.7	1.145	93.33
<b>Estimert ibut førblanding</b>	1.019	60.00	1.019	60.00	1.019	60.00	-	-
<b>Estimert ibut kveldstid</b>	3.499	210.00	3.932	210.00	2.441	210.00	-	-
<b>CH<sub>4</sub> målt i fjøset* (LEL)*</b>	0.000	303.45	0.002	224.68	0.005	166.7	0.000	93.33
<b>Estimert CH<sub>4</sub> førblanding* (LEL)</b>	0.000	60.00	0.000	60.00	0.000	60.00	-	-
<b>Estimert CH<sub>4</sub> kveldstid* (LEL)</b>	0.000	210.00	0.005	210.00	0.010	210.00	-	-



<b>H<sub>2</sub>S målt i fjøset</b>	0.000	303.45	0.000	224.68	0.006	166.7	0.000	93.33
<b>Estimert H<sub>2</sub>S fôrblanding</b>	0.000	60.00	0.000	60.00	0.000	60.00	-	-
<b>Estimert H<sub>2</sub>S kveldstid</b>	0.000	210.00	0.000	210.00	0.000	210.00	-	-
<b>NO<sub>2</sub> målt i fjøset</b>	0.000	303.45	0.000	224.68	0.000	166.7	0.000	93.33
<b>Estimert NO<sub>2</sub> fôrblanding</b>	0.000	60.00	0.000	60.00	0.000	60.00	-	-
<b>Estimert NO<sub>2</sub> kveldstid</b>	0.000	210.00	0.000	210.00	0.000	210.00	-	-
<b>NH<sub>3</sub> målt i fjøset</b>	8.224	303.45	9.375	224.68	9.776	166.7	2.631	93.33
<b>Estimert NH<sub>3</sub> fôrblanding</b>	3.331	60.00	3.331	60.00	3.331	60.00	-	-
<b>Estimert NH<sub>3</sub> kveldstid</b>	10.197	210.00	9.681	210.00	9.217	210.00	-	-

## KIMO datalogger

Tabell 59: Gjennomsnittlige målinger fra alle dataloggerne i fjøs 1

	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
<b>Temperatur (°C)</b>				
Måler 1	6.660	8.114	7.455	8.982
Måler 2	7.707	8.463	8.468	9.303
Måler 3	9.194	8.812	6.877	9.145
<b>Relativ fuktighet (%)</b>				
Måler 1	69.585	70.068	67.178	65.710
Måler 2	70.664	75.235	67.851	72.649
Måler 3	77.339	73.933	66.501	67.517
<b>CO<sub>2</sub> (ppm)</b>				
Måler 1	1016.137	1134.372	1224.418	1242.483
Måler 2	1137.259	1244.523	1161.317	1284.993
Måler 3	1631.335	1404.850	995.174	1221.422

Tabell 60: Gjennomsnittlige målinger fra alle dataloggerne i fjøs 2

	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
<b>Temperatur (°C)</b>				
Måler 1	15.016	14.933	14.939	14.908
Måler 2	14.551	13.682	12.341	12.328
Måler 3	15.730	15.388	15.390	15.966
<b>Relativ fuktighet (%)</b>				
Måler 1	69.283	67.182	74.522	74.702
Måler 2	59.325	64.041	78.904	78.978
Måler 3	62.671	61.772	68.106	67.284
<b>CO<sub>2</sub> (ppm)</b>				
Måler 1	2025.673	2035.895	2124.719	1981.663
Måler 2	1061.660	1096.991	1482.622	1382.749
Måler 3	1901.631	1924.453	1964.660	1826.582

Tabell 61: Gjennomsnittlige målinger fra alle dataloggerne i fjøs 3

	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
<b>Temperatur (°C)</b>				
Måler 1	6.561	6.547	6.518	6.928
Måler 2	6.647	6.527	6.539	6.869
Måler 3	5.101	5.527	5.790	7.366
<b>Relativ fuktighet (%)</b>				
Måler 1	69.531	67.172	67.742	57.140
Måler 2	69.447	70.067	68.860	58.353
Måler 3	60.849	65.117	66.460	61.720
<b>CO<sub>2</sub> (ppm)</b>				
Måler 1	1340.947	1357.900	1321.117	966.021
Måler 2	1358.140	1327.540	1261.830	882.869
Måler 3	1186.549	1359.848	1280.948	1062.933

## Blindfiltre og kontrollfilter

Tabell 62: Blindfilter for gravimetriske målinger

Filternr.	Vekt før (g)	Vekt etter (g)	Differanse
<b>5</b>	0.00918	0.00921	0.00003
<b>6</b>	0.00917	0.00919	0.00002
<b>11</b>	0.01072	0.01076	0.00004
<b>12</b>	0.01135	0.01138	0.00003
<b>17</b>	0.00932	0.00936	0.00004
<b>18</b>	0.00997	0.00998	0.00001

Tabell 63: Kontrollfilter på laboratoriet for gravimetriske målinger

Måling nr.	Dato	Vekt (g)
<b>1</b>	14.04.23	0.00967
<b>2</b>	17.04.23	0.00966
<b>3</b>	18.04.23	0.00966
<b>4</b>	19.04.23	0.00966
<b>5</b>	20.04.23	0.00965
<b>6</b>	24.04.23	0.00965
<b>7</b>	25.04.23	0.00967

## Vedlegg C: Måleskjema og kartleggings skjema Kartleggings skjema

### Kartlegging av fjøs

Sted:

Dato:

#### **Beskrivelse av selve bygningen:**

Finnes det plantegninger jeg kan få?

Areal:

Høyde under taket:

Byggeår:

Ombygd mange ganger? Hva er bygget om, og når:

Hvor kommer luft inn/ut?

Hva slags type ventilasjon? Mekanisk/naturlig?

Hvis mekanisk: plantegninger, luftmengde som tilføres:

Hvor blir det av gjødsel? Gjødselkjeller eller ute?

Er gjødselkjeller delt i flere deler?

Hva slags type gulv? Spalter med åpning til kjeller?

Hvordan kommer gjødselen ned i kjelleren?

Beskriv innredningen i fjøset:

Er det automatisk melking, og hvor står den:

Klimaet i fjøset:

Hvordan oppleves temperatur/fuktigheten/klimaet i fjøset:

Er det mye variasjon gjennom året:

Beskriv rengjøringen som blir gjort i fjøset, både daglig og årlig:

Hvor går vaskevannet:

## Oversikt over kjemikalier:

Type kjemikalie/ desinfeksjonsmiddel/ såpe (navn på produkt og produsent)	Hva blir det brukt til	Hvordan blir det brukt. Bruksmåte: spray/spyling osv.	Hvor ofte og hvor mye blir det brukt

## Produksjonsdata:

Antall voksne dyr:

Antall kalver (de som ikke melkes):

Antall arbeidere i fjøset:

Hvor mye melk produseres:

## Bonden og hans/hennes arbeid:

Hvordan er arbeidstidene:

Bruker du noe verneutstyr?

Hvis ja, beskriv (ta bilde?) verneutstyr og hvordan det blir brukt (type filter, type hanske, oppbevaring, bruk osv.)

Beskriv en typisk arbeidsdag i detalj. Hvor lang tid på hver oppgave, hvordan den utføres, variasjoner fra dag til dag:

Er det store variasjoner i eksponering over året? Dyrene ute om sommeren?

Hva slags for brukes? Ensilasje?

Er det ofte mugg i rundballer? Hvis ja, hva skjer med rundballen da? Automatisk foring?

Hva slags strø og hvor ofte strøs det:

Brukes det mye tid på å stelle dyrene (for eksempel børsting):

Tror bonden selv at de er eksponert for gasser? Lukt? Hvor? Og hva driver de med da:

Opplever du selv at du blir støvekspontert? Hvilke oppgaver gir eksponering?

Har du opplevd episoder med høy eksponering av gass/støv?

Hva slags arbeid gjør du utenom fjøset:

Avhorning? Er du med på det? Hvor ofte/mye? Eksponering for diatermirøyk?

Beskriv arbeid i forhold til gjødselet:

Informasjon ellers:

Bilder?

Vil de være anonyme?

## Arbeidslogg

**Dato:**

**Sted:**

### Logg over arbeid

Beskrivelse av arbeidsoppgave og hvor foregår det	Tid start	Tid stopp

## Skjema for gravimetrisk måling

### Måleskjema: pumpe med støvkasett

Type pumpe:

Sted:

Kasettnummer	Pumpenr.	Dato	Flow før	Start kl.	Sekken festet på bonde kl.	Stop kl.	Flow etter	Venstre el høyre side	Kommentar

## Skjema for direktevisende støvmåling og gassmåling

### Måleskjema: sidepak og gassmåler

Sted:

Sidepak /gassmåler?	Dato	Start kl.	Stopp kl.	Kalibrert (ja/nei)?	Plassering? Høyre el venstre side av sekken	Kommentarer



## Skjema for temperatur/fuktighetsmålere

### Skjema temperatur/fuktighetsmåler

Sted:

Nr.	Dato	Start kl.	Stopp kl.	Plassering i fjøset? Bilde av plassering tatt (når)?

## Vedlegg D: Informasjon om måleinstrument

### X-dock Certificate



Device type X-arm 8000	Device ID 8325900ARRB0248 FW 01.04.12				Station ID 8321901JARKKI1241 FW 03.02.00
Part number 8325800	Serial number ARRB0248				
	Sensors iBut ch4 H2S NO2 NH3				Test date 03.03.2022 08:19:09
Custom ID					Dräger Production Lübeck
Device overview					
Gas name	iBut	ch4	H2S	NO2	NH3
Sensor part number	6813475	6851881	6811525	6812900	6810888
Sensor serial number	ARRA0527	ARRB0011	13RB0248	14RB0248	15RB0248
Measurement range	2000.00 ppm	100.00 %LEL	100.00 ppm	50.00 ppm	300.00 ppm
Last calibration	03.03.2022	03.03.2022	03.03.2022	03.03.2022	03.03.2022
Next calibration	02.04.2022	04.03.2023	04.03.2023	04.03.2023	04.03.2023
Calibration interval	30 day(s)	366 day(s)	366 day(s)	366 day(s)	366 day(s)
A1 alarm threshold	50.00 ppm	10.00 %LEL	5.00 ppm	0.50 ppm	15.00 ppm
A2 alarm threshold	100.00 ppm	20.00 %LEL	10.00 ppm	1.00 ppm	50.00 ppm
Sensor vitality					
Evaluation mode	not active	not active	not active	not active	not active
Average value duration	15 minute(s)	15 minute(s)	15 minute(s)	15 minute(s)	15 minute(s)
Short-term exposure limit					
Total exposure (TWA)					
Shift length	480 minute(s)	480 minute(s)	480 minute(s)	480 minute(s)	480 minute(s)
Results of zero calibration					
Actual value (prior)	-2.00 ppm	-40.49 %LEL	-0.01 ppm	0.00 ppm	5.92 ppm
Set value	0.00 ppm	0.00 %LEL	0.00 ppm	0.00 ppm	0.00 ppm
Test gas	Fresh air	Fresh air	Fresh air	Fresh air	Fresh air
Lot number / Mixed gas	- / Yes	- / Yes	- / Yes	- / Yes	- / Yes
Test gas concentration	0.00 ppm	0.00 %LEL	0.00 ppm	0.00 ppm	0.00 ppm
Expiry date					
Test result	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed
Results of span calibration					
Actual value (prior)	80.13 ppm	58.91 %LEL	11.90 ppm	0.31 ppm	46.08 ppm
Set value	102.00 ppm	57.50 %LEL	15.40 ppm	9.96 ppm	49.60 ppm
Test gas	iBUT	CH4	H2S	NO2	NH3
Lot number / Mixed gas	2634251 / No	4653196 / Yes	4653196 / Yes	4183349 / No	2744921 / No
Test gas concentration	102.00 ppm	2.53 Vol%	15.40 ppm	9.96 ppm	49.60 ppm
Expiry date	01.04.2022	01.05.2022	01.05.2022	01.05.2022	01.05.2022
Test result	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed
Response time					
Results of optional tests					
Alarm test	LEDs			Passed	
	Horn			Passed	
	Vibration test			Passed	
Summary					
Overall result	Passed				

The device has been checked and the measured values correspond to the specifications. The measuring equipment used for the calibration is regularly calibrated and traceable to national standards. If no national standards exist, the measurement method corresponds to the current technical regulations and standards.

This certificate has been generated automatically and is valid without a signature.

Dräger Safety AG & Co. KGaA

Dräger Safety AG & Co. KGaA  
 Resolute 1  
 23568 Lübeck, Germany  
 Tel: +49 451 882-0  
 Fax: +49 451 882-2080  
 info@draeger.com  
 www.draeger.com  
 VAT no. DE212839410/EEE reg. no. DE3305830

Registered office: Lübeck  
 Commercial register:  
 Local court: Lübeck HRB 608716  
 General partner:  
 Dräger Safety Verwaltungs AG  
 Registered office: Lübeck  
 Commercial register:  
 Local court: Lübeck HRB 5038 HL

1/1  
 Chairman of the supervisory board:  
 Dräger Safety AG & Co. KGaA and  
 Dräger Safety Verwaltungs AG:  
 Stefan Lorenz  
 Executive board:  
 Stefan Dräger (Chairman)  
 Rainer Klug, Gert Herwig, Lutz  
 Dr. Heiner Pöhl, Anne Schöcher

881 001 001

Figur 74: Gassmåler test sertifikat

