



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp
Fakultet for biovitenskap

Hvordan varierer lysintensitet ved ulike typer driftssystem hos melkekyr?

How does light intensity vary between different types of management systems in dairy cows?

Sanne Kristin Karlsen
Husdyrvitenskap

Tittel: Hvordan varierer lysintensitet ved ulike typer driftssystem hos melkekyr?
Forfatter: Sanne Kristin Karlsen
Veiledere: Hovedveileder Sabine Ferneborg (NMBU) og biveileder Stine Grønmo Kischel (TINE)

Sammendrag

Målet med denne oppgaven var å kartlegge hvordan lysintensiteten varierer ved ulike typer driftssystemer hos melkekyr. Lysmålinger ble tatt på 47 gårder i Viken. Et kort intervju ble gjennomført med hver bonde for å kartlegge bruken av lys i fjøsene og deres egne tanker om lysmiljøet. Lysmålingene ble gjennomført på den mørkeste tiden av året og i løpet av de mørkeste timene av døgnet. Sollys ville derfor ikke ha noen påvirkning på belysningen som skulle måles, hverken på dagtid eller nattetid. Variasjonen i målt lysintensitet var stor mellom gårdene og lysintensiteten var likere innad i samme driftssystem enn på tvers av driftssystem. For de 47 gårdene var total gjennomsnittlig lysintensitet $136,9 \pm 66,3$ lux, med en variasjon basert på gjennomsnitt per gård fra 9,6 til 398,3 lux. For nattbelysning ble det målt en gjennomsnittlig intensitet på $10,7 \pm 15,1$ lux med en variasjon basert på gjennomsnitt per gård fra 0,0 til 65,8 lux. Nyere fjøs hadde signifikant høyere lysintensitet enn eldre fjøs, samtidig så oppgraderinger i nyere tid ut til å kunne gi høyere intensitet ved noen tilfeller. Det var en signifikant forskjell i lysintensitet mellom de bøndene som hadde en strategi for belysningen og de som ikke hadde det.

Abstract

The aim of this study was to map how light intensity varied between different types of management systems for dairy cows. Light measurements were taken at 47 farms in Viken, Norway. An interview was conducted with each farmer to map the use of light and their own thoughts on the light environment. Light measurements were collected during the darkest time of the year, and the darkest hours of the day. Natural light would therefore not impact the measurements. The variation in measured light intensity was large between farms, and the light intensity was more similar within the same management system than between systems. For the 47 farms the total average for daytime light intensity was 136.9 ± 66.3 lux, with a range from 9.6 to 398.3 lux, based on total average per farm. For nighttime lighting, the average was 10.7 ± 15.1 lux with a range from 0.0 to 65.8 lux, based on average per farm. There was a significantly higher light intensity in newer barns compared to older barns, at the same time upgrades in lighting seemed to give a higher intensity in some cases. There was a significant difference between the light intensity observed for the farmers who had a strategy compared to those who did not have a strategy for the lighting.

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på min mastergrad i husdyrvitenskap ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven utgjør 30 poeng, og fullfører min utdanning i fordypningen husdyretologi.

Først og fremst ønsker jeg å takke mine veiledere Sabine Ferneborg (NMBU) og Stine Grønmo Kischel (TINE), som ga meg forslaget til temaet for masteroppgaven. Dere har vært enestående på å følge opp og veilede meg hele veien. Dere har gjort det å skrive masteroppgaven til en veldig fin og trygg opplevelse. Jeg må også rette en takk til TINE som har gitt meg tilgang til diverse data. En ekstra takk må også rettes til alle snille bønder som stilte gårdene sine til disposisjon for lysmålinger. Uten dere hadde ikke denne oppgaven vært mulig å gjennomføre.

Arbeidet med oppgaven har til tider vært hektisk og krevende. Det har vært mye ulik data å holde styr på, så det har vært litt av en utfordring å samle alt til noe oversiktlig. Samtidig har jeg fått besøkt mange ulike fjøs, møtt mange hyggelige mennesker og lært utrolig mye underveis. Det har vært spennende å kunne arbeide selvstendig med kun én oppgave over en lengre periode og utforske et tema i dybden.

Til slutt vil jeg takke familie som har lånt bort bil og kjørt meg rundt til gårdene, til tross for at bilen luktet fjøs i ukesvis etterpå. Takk til kjæresten min Jørgen, venner og familie som alle har holdt humøret oppe og støttet meg hele veien. Studietiden i Ås har vært en lang reise jeg aldri ville vært foruten.

Oslo, mai 2023

Sanne K. Karlsen

Sanne Kristin Karlsen

Innholdsfortegnelse

1 INNLEDNING	1
2 LITTERATUR	2
2.1 Effekten av lys	2
2.1.1 Lengde på fotoperiode	3
2.1.2 Ulike farger på lys	7
2.1.3 Lysintensitet	8
2.1.4 Nattbelysning	9
3 MATERIALE OG METODER	10
3.1 Innsamling av data	10
3.1.1 Målinger av lysintensitet	11
3.1.2 Intervju	15
3.1.3 Kukontrolldata	17
3.1.4 Litteratur	17
3.2 Statistisk analyse	17
3.3 Etske vurderinger	17
4 RESULTAT	18
4.1 Målt lysintensitet	18
4.1.1 Variasjonen i intensitet	18
4.1.2 Gjennomsnittlig intensitet ved ulike plasseringer	22
4.1.3 Påvirker antall lamper eller høyde på lamper?	22
4.2 Intervju	22
4.2.1 Eventuelle oppgraderinger i fjøset	22
4.2.2 Vedlikehold og antall timer belysning	24
4.2.3 Type belysning	25
4.2.4 Bøndernes egne strategier og tanker om lys	26
5 DISKUSJON	29
5.1 Hypotese 1 – Forskjeller i driftssystem	29
5.2 Lysintensitet ved dagbelysning	31
5.3 Lysintensitet ved nattbelysning	32
5.4 Hypotese 2 – Eventuelle oppgraderinger	33
5.5 Antall timer belysning (fotoperiode)	34
5.6 Type belysning	35

5.7 Hypotese 3 – Bøndernes egne tanker	36
5.8 Feilkilder	37
6 KONKLUSJON	37
LITTERATURLISTE	38
VEDLEGG	42
Vedlegg A – Registreringsskjemaet til lysmålingene	42
Vedlegg B – Kart over de besøkte gårdene	43

1 Innledning

Lysmiljøet i melkefjøs kan ha en positiv effekt på melkeproduksjon dersom fotoperioden er lang, det vil si en dag bestående av 16 timer lys og 8 timer mørke (Murphy et al., 2021). Med fotoperiode menes den daglige lyseksponeringen en organisme får fra enten naturlig lys eller kunstig belysning (Lim et al., 2021). Manipulasjon av fotoperiodene er mye brukt innenfor landbrukssektoren, spesielt hos melkekyr og fjørfe, for å øke effektivitet og produksjon. Det kan også påvirke faktorer som tilvekst og dyrevelferd (Dahl & Petitclerc, 2003). I forskrift om hold av storfe står det i § 14 om lys at «*Storfe holdt innendørs skal være sikret tilgang på dagslys tilsvarende utelyset mellom kl. 09 og kl. 17. Det skal også være mulighet for kunstig belysning. Dyra skal ikke utsettes for permanent kunstig lys. Lyskildene skal plasseres slik at de ikke er til ubehag for dyra. Svakt orienteringslys er tillatt som nattlys*» (Lovdata.no, 2004). I veilederen til forskriften fra Mattilsynet står det dessuten at lysstyrken bør ligge mellom 100 og 200 lux på dagtid, og at storfe oppfatter lysstyrker på mindre enn 50 lux som natt (Mattilsynet, 2010). For å oppnå tilstrekkelig dagslys bør det være lysgjennomslipp som tilsvarer minst 4 % av gulvarealet.

Det finnes få studier gjennomført i Norge på hvordan lysmiljøet i fjøs påvirker melkekyrnes produktivitet og melkeytelse. Reksen et al. (1999) gjennomførte en studie hvor målet var å finne ut om lyseksponering ville ha en innvirkning på reproduksjon og melkemengden hos Norsk Rødt Fe ved ulike lysforhold. Her fant de at bruken av dimmet belysning på natten viste seg å være fordelaktig for økt melkemengde i tidlig laktasjon, men også for å forbedre fertiliteten hos melkekyr, sammenlignet med besetninger uten nattlys. I tillegg var melkemengden ved første kalving betydelig høyere i besetninger med lyseksponering > 12 t varighet i motsetning til besetninger med en kortere daglig fotoperiode. Gjennomsnittlig lysintensitet målt i besetningene var 36 lux ved fôrgangen, mens variasjonen lå mellom 4 til 160 lux. Målet med denne oppgaven var å kartlegge hvordan lysintensiteten varierte ved ulike typer driftssystemer hos melkekyr og undersøke om det fantes noen sammenhenger. Lysmålinger ble tatt ved 47 melkegårder i Viken. I tillegg ble det gjennomført et kort intervju med hver bonde for å kartlegge bruken av lys i fjøsene og deres egne tanker om lysmiljøet.

Det ble på forhånd laget tre hypoteser:

(1) *Målinger av lysintensitet*

H1: Det vil være stor variasjon i målt lysintensitet mellom gårdene,

P1: Målt lysintensitet er likere ved samme type driftssystem.

(2) Oppgraderinger

H1: Ved nylige oppgraderinger av lys og/eller fjøs er lysintensiteten målt høyere,

P1: Nyere fjøs har høyere lysintensitet enn eldre fjøs.

(3) Intervju

H1: De fleste bønder tror lysintensitet påvirker besetningen i noen grad,

P1: De bøndene som tror lys påvirker, har høyere produksjonsdata enn de som ikke tror det har noen effekt.

2 Litteratur

2.1 Effekten av lys

En av hovedkomponentene til mikroklimaet i et husdyrmiljø er lys (Penev et al., 2014).

Mikroklimaet er summen av klimafaktorer som lys, temperatur og fuktighet i nærmiljøet til levende organismer som påvirker direkte (Ratikainen, 2020). Ettersom livet på jorda er utviklet på bakgrunn av solens naturlige faser av lys og mørke, har mange dyrearter gjennom evolusjonsutvikling tilegnet seg evnen til å oppdage og reagere på endringer i lysintensitet og varighet av fotoperioder (Dahl et al., 2012; Penev et al., 2014; Wright & Shelford, 2013).

Som et resultat av forskjeller i årstider med ulik daglengde, kan dyrenes dynamiske stereotype og fysiologiske tilstand bli påvirket. Fotoperioden er i mange arter det dominerende miljøsignalet som synkroniserer langsiktige fysiologiske hendelser relatert til både reproduksjon, laktasjon og vekst (Dahl et al., 2012; Lim et al., 2021). Fotoperioden kan for eksempel gi en forbedring i sannsynligheten av reproduktiv suksess ved lengre dager (Son et al., 2020; Wright & Shelford, 2013). En kortere fotoperiode kan signalisere til kua at den må lagre mer næringsstoffer før vinteren kommer, derav kan kua ved lengre dager avgi mer næringsstoffer til melkeproduksjonen, noe som igjen spiller positivt inn på reproduksjonen.

Kyr har et dikromatisk syn, også kalt tofarget syn (Jacobs et al., 1998; Phillips & Lomas, 2001; Son et al., 2020). Mennesker er kjent for å ha et trikromatisk syn, til sammenligning.

Mennesker som ikke klarer å skille mellom rød-grønn i fargesynet har et syn som ligner mer på et dikromatisk syn (Spaas et al., 2014). Det antas at dikromatiske syn kan være overlegne trikromatiske syn under enkelte omstendigheter.

Eksempler på dette kan være at det er lettere å oppdage kamouflasje der mål og bakgrunn har lignende farger, eller at det er enklere å se ved søk etter mat i skyggede og mørkere områder. Trikromater presterer bedre i opplyste områder og søk etter rødlig mat (Caine et al., 2010; Morgan et al., 1992).

Nesten alle pattedyr har noe fargesyn, så det samme er å anta hos storfe også (Jacobs et al., 1998). Hos hester har det blitt påvist at blått lys kan hemme produksjonen av melatonin når lys administreres til ett eller begge øynene (Walsh et al., 2013).

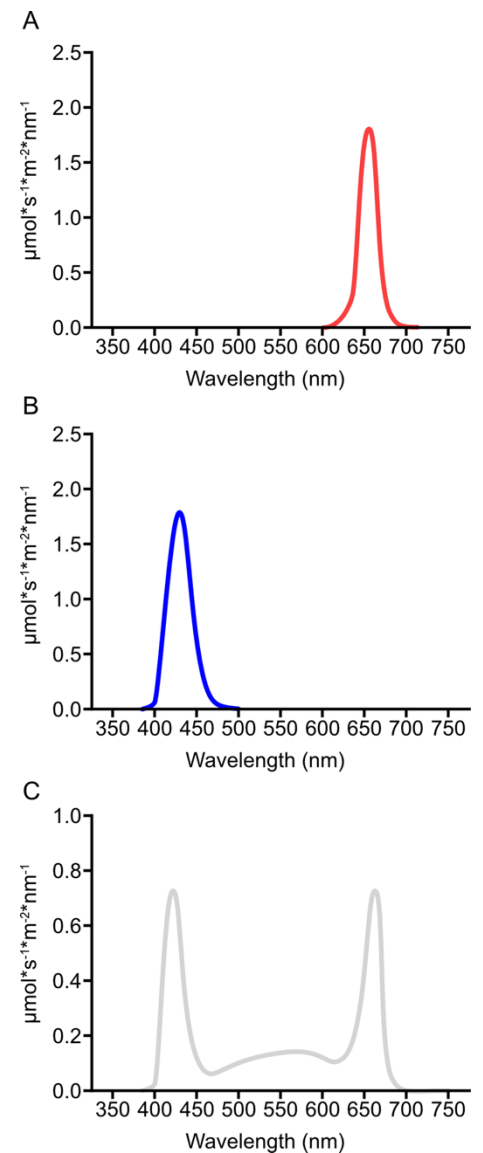
Det er ulik mengde energi ved ulike lysbølglengder (Son et al., 2020). De lange bølglengdene (røde) kan strekke seg fra 620 til 750 nm, de middels bølglengdene (grønne) fra 495 til 570 nm, og de korte bølglengdene (blå) fra 450 til 495 nm. I figur 1 er det tydelig at de lange bølglengdene, A, har helt ulik energi fra de middels, B, og korte bølglengdene, C. Det er presentert slik et menneske ville oppfattet de ulike bølglengdene. Kuas følsomhet for lysbølglengder ligger rundt 455 og 554 nm (Lindkvist et al., 2021; Son et al., 2020).

Det er generelt lite kunnskap om hvordan kyr reagerer på lysets spektrale sammensetning.

Ifølge Phillips og Lomas (2001) har flere forsøk antydnet at storfe kun klarer å skille mellom lange og korte bølglengder av lys, men ikke mellom korte og middels bølglengder.

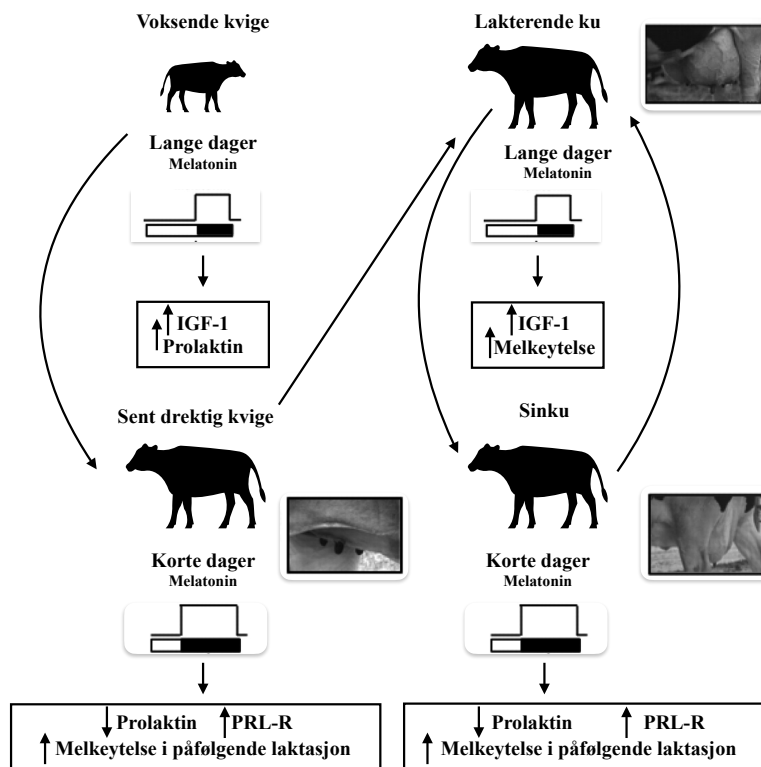
2.1.1 Lengde på fotoperiode

Fotoperioden i melkeindustrien blir regulert ved hjelp av kunstig belysning. Siden 1978 har det vært kjent at en fotoperiode med 16 timer lys og 8 timer mørke kan stimulere melkemengden (Dahl et al., 2000). Det er derimot vanskeligere å finne hvilke faktorer som har direkte innvirkning. For mange dyr påvirker lysmiljøet utskillelsen av melatonin (Murphy



Figur 1: Forskjellene i den spektrale sammensetningen av lys (hentet fra Lindkvist et al. (2021)). Figuren illustrerer forskjellene i bølglengdene ved rødt, blått og hvitt lys, slik et menneske ville oppfattet det.

et al., 2021; Wright & Shelford, 2013). Lyseksposering undertrykker utskillelsen av melatonin, slik at nivåene av melatonin stort sett er høye om natten og lave om dagen. Dette skaper et naturlig og rytmisk mønster for daglengde. Når utskillelsen av melatonin hemmes, øker de sirkulerende nivåene av prolaktin og IGF-1. Både prolaktin og IGF-1 kan bidra til en økt melkeproduksjon. I tillegg til effektene sirkulerende prolaktin har på melkekjertelen og annet reproduktivt vev, påvirker prolaktin også immunfunksjonen (Dahl et al., 2012). På bakgrunn av dette kan det derfor være lurt å skape en lang fotoperiode i fjøset slik at utskillelsen av melatonin hemmes, som igjen kan gi positive effekter på både melkeproduksjonen, reproduksjon og helse. I melkeindustrien kalles en fotoperiode med 16 til 18 timers eksponering for lys og 6 til 8 timer mørke i døgnet, oftest for LDPP, altså «long-day photoperiod». En «short-day photoperiod» (SDPP) kjennetegnes ved 8 timer eksponering for lys og 16 timer mørke (Dahl et al., 2012).



Figur 2: De fysiologiske effektene av fotoperiodebehandling hos melkekyr (modifisert fra Dahl et al. (2012)). Figuren illustrerer laktasjonssyklusen. Eksponering for lange dager kan fremme jurvekst og puberteten hos voksende kviger, sammenlignet med korte dager. Daglengde påvirker sirkulerende IGF-1 og prolaktin, som begge assosieres med endret melatonin hos storfe. I de siste stadiene av drektigheten hos både sinkyr og sent drektige kviger anbefales korte dager for å redusere sirkulerende prolaktin, slik at melkeytelsen blir bedre i påfølgende laktasjon og at immunfunksjonen opprettholdes. Diende kyr bør utsettes for lange dager igjen fordi det vil være en økning i sirkulerende IGF-1 og prolaktin, og derfor en økning i melkeytelsen under laktasjonen.

Som illustrert i figur 2 kan SDPP være mer gunstig i sintiden hos melkekyr. For å oppnå ønsket melkemengde i den påfølgende laktasjonen, er laktasjonssyklusen essensiell (Bachman & Schairer, 2003; Velasco et al., 2008). Ifølge Velasco et al. (2008) er den tradisjonelle anbefalte lengden for sintiden 60 dager, mens færre enn 30 dager kan føre til melkeproduksjonstap i neste laktasjon. Dessuten mente Capuco og Akers (1999) at melkemengden kan bli redusert med så mye som 20% dersom sintiden utelukkes helt. Det har blitt gjennomført flere studier på effekten av fotoperiodebehandlinger med minst én SDPP-variant i sen drektighet (sintid). Velasco et al. (2008) fant at kyr eksponert for SDPP i løpet av sintiden hadde en økt melkeproduksjon i den påfølgende laktasjonen, sammenlignet med kyr som ble eksponert for LDPP. Teorien deres om at SDPP med en målrettet 42-dagers sintid øker melkeproduksjonen i den påfølgende laktasjonen ble støttet. Lacasse og Petitclerc (2021) utførte fotoperiodebehandlinger på Holstein-kviger ved den andre isometriske (52-61 ukers alder) og andre allometriske perioden (64 ukers alder til 8 uker før kalving), hvor utviklingen av melkekjertelen foregår. Resultatene bekreftet at SDPP i sen drektighet øker melkeproduksjonen i den påfølgende laktasjonen hos kviger. De to studiene, bekreftet laktasjonssyklusen forklart angående SDPP i figur 2, og at det kan være gunstig for melkeproduksjonen å ha en kortere fotoperiode i sintiden. I Gustafson (1994) sin studie, derimot, ble det vist at melkeproduksjonen i tidlig laktasjon kunne påvirkes av en økt utskillelse av prolaktin i siste måned av drektigheten. Forsøket ble testet på både kyr og førstegangskalvende kviger. Kvigene som kalvet i LDPP-gruppen produserte 10-12% mer energikorrigert melk og mer kg melkefett enn de i SDPP-gruppen, uten noen resultater hos kyrne.

Siden det er kjent at LDPP kan stimulere melkemengden, har flere studier blitt gjennomført på effekten av dette hos kyr. Miller et al. (1999) undersøkte om LDPP ville øke melkeproduksjonen hos lakterende kyr. Her brukte de en kombinasjon med en bovin somatotropin-behandling (bST) og fant at LDPP og bST forårsaket økning i melkemengden hos lakterende kyr, uavhengig av hverandre. Resultatene tydet på at kombinasjonen av LDPP og bST ga additive effekter på melkemengde. McCabe et al. (2021) ga flergangskalvende Holstein-kyr enten en lysbehandling med LDPP eller en faseforskyvning (PS). Faseforskyvningen hadde samme antall timer daglig som ved LDPP, men lysperioden ble forskjøvet med 6 timer hver 3. dag. PS-kyrne produserte til slutt mindre melk enn LDPP-kyrne, da jurutviklingen hos kyr i tiden rundt kalving ble redusert. Begge studiene viste derfor at LDPP kan påvirke melkeproduksjonen, ettersom det forårsaket en økning i melkemengden

hos lakterende kyr, og var å foretrekke sammenlignet med lysperioder gjennom andre tider av døgnet. Marcek og Swanson (1984) fant dessuten i sin studie med flergangskalvende Holstein-kyr at de produserte omtrent syv prosent mer 4 % fettkorrigert melk i vintermånedene hvis de ble eksponert for 18 timer belysning, forutsatt at de tidligere var i et naturlig fotoperiodemiljø med 9 til 12 timer belysning daglig. Jakobsson (2016) fant en signifikant sammenheng mellom gårder med høy produksjon og 16-18 t belysning daglig.

For fruktbarhet har studier vist at kviger eksponert for LDPP oppnådde pubertet raskere sammenlignet med kviger eksponert for en naturlig fotoperiode, og at tiden til første reproduksjon kunne reduseres (Dahl et al., 2012; Hansen et al., 1983). I motsetning til andre klovdyr, viser storfe kun sesongmessige reproduksjonssykluser når produksjonen legger opp til det (Dahl et al., 2012). Likevel, ser noen sesongmessige effekter på reproduksjonen ut til å være knyttet til fotoperioden. Et eksempel er at brunstsyklusen til kyrne som kalver i vintermånedene bruker lengre tid på å komme tilbake enn om sommeren (Hansen, 1985). Hansen et al. (1983) fant at kviger som ble eksponert for LDPP fikk tidligere første brunst sammenlignet med kviger i naturlig fotoperiode, samt at eggstokkveksten var større.

Fotoperioden kontrollerer også sesongmessige forandringer i immunforsvaret, og dermed dyrenes helse (Dowell, 2001). Lysintensitet kan dessuten være viktig for levetiden til kyr (Penev et al., 2014). Bedre belysning kan minske skader og føre til bedre visuell kontakt mellom kyrne. Belysning er også viktig for å opprettholde dyrevelferden, og for å holde personalet i fjøset trygge og under sunne arbeidsforhold. Laktasjonen vil være frisk og produktiv dersom kyrne klarer å tilpasse seg før den kommende laktasjonen. Klarer de ikke å være tilpasningsdyktige, kan det føre til en rekke problemer med tanke på både sykdom og melkeproduksjon (Duffield et al., 2009). Melking av førstegangskalvende før kalving har vist seg å være positivt for jurhelse og muligens melkeytelsen (Daniels et al., 2007; Santos et al., 2004). Resultater har også vist at kyr som ble melket 3 ganger daglig ga mer melkemengde og hadde en bedre jurhelse (Allen et al., 1986). Fotoperioden kan påvirke prolaktin, som igjen kan påvirke immunforsvaret (Dahl et al., 2012). Dahl og Petitclerc (2003) ønsket å evaluere effekten av SDPP på immunfunksjonen, ettersom kyr i sintiden kan produsere mer melk i neste laktasjon ved eksponering for SDPP, som nevnt tidligere. Resultatene foreslo at kyr som i sintiden ble utsatt for SDPP, hadde bedre uttrykt prolaktin-reseptor og lavere sirkulerende prolaktin, sammenlignet med kyr utsatt for LDPP. Det fantes likevel ingen litteratur som beviste flere tilfeller av sykdommer hos kyr med LDPP-behandling enn ved andre

fotobehandlinger. Det var sannsynlig at LDPP ikke ville øke tilfellene av sykdom hos lakterende kyr, ettersom det heller var større risiko i andre faser av laktasjonen. Når kyr først hadde oppnådd full laktasjon var sjansen for sykdom mye lavere. Auchtung et al. (2004) fant at kyr eksponert for SDPP i sintiden ville få en økning i antall perifere mononukleære blodceller. Dette indikerte forbedret immunstatus ved kalving sammenlignet med LDPP. SDPP-kyr i sintiden hadde dessuten reduksjoner i somatisk celledødelighet, som kunne vise til en mer robust immunrespons. Å bruke SDPP gjennom sintiden viser seg altså å ha en positiv innvirkning på immunstatusen til melkekyr, sammenlignet med LDPP.

2.1.2 Ulike farger på lys

Gjennom ulike forsøk på effekten av farget lys har flere studier funnet ulike resultater, spesielt for blått LED-lys. Studien til Son et al. (2020) bestod av forsøk på gul-, hvit- eller blåfarget LED-lys, og effekten det hadde på melkeproduksjon og helse hos Holstein-kyr. I tillegg ble naturlig lys, uten noe tilleggsbelysning, testet. Blått lys genererte mer stress hos kyrne enn det gule og hvite lys gjorde. IGF-1-nivåene var dessuten høyere hos gruppene eksponert for hvite og gule lys enn de som ble eksponert for blått lys, samtidig som blått lys reduserte melkeproduksjonen. Nivåene av melkefett og protein hadde også avtatt mer ved eksponering for blå lys. Ved alle farger av LED-lys økte urea i melk, noe som kunne indikere et høyere fôrintak ved tilleggsbelysning sammenlignet med naturlig lys utenfra.

Rødt lys, blått lys og hvitt lys ga lignende effekter på melkemengde og aktivitet hos melkekyr i studien til Lindkvist et al. (2021). Fôrintak og melkeproduksjon ble opprettholdt uansett bølgelengde, noe som antydte at lys kunne stimulere en mer vedvarende laktasjon uansett farge. Melatonin viste seg å være signifikant høyere på nattetid for kyr som i løpet av dagen hadde blitt eksponert for blått eller rødt lys, samtidig som kyrne utsatt for blått lys viste en tendens til et døgnmønster i plasmakonsentrasjonen av IGF-1. De konkluderte at den spektrale sammensetningen av LED-belysningen i et fjøs var sekundær sammenlignet med varighet og intensitet.

Murphy et al. (2021) så kun på effekten av blått lys rettet mot ett øye hos ikke-lakterende melkekyr. Behandlingen ble gitt via et hodestykke som ga blått LED-lys direkte inn i høyre øye, bestående av 0, 70, 125, 175 eller 225 lux. Behandlingen med 225 lux var den eneste som undertrykket konsentrasjonen av plasmamelatonin til nivåer tilsvarende LDPP-behandling. Deretter testet de 225 lux og LDPP-behandling, noe som ga en beskjeden økning

i melkeproduksjonen i løpet av de 12 første ukene av laktasjonen, sammenlignet med de som kun fikk naturlig lys bestående av 9-12 t belysning daglig. Økningen skjedde kun hos flergangskalvende kyr, uten noen senere effekt og uten samme effekt hos førstegangskalvende kyr. Økningen i melkeproduksjon var liknende tidligere studier av LDPP. Det ble altså funnet at en reduksjon i melkemengde og lavere nivåer av IGF-1 kunne oppstå hos kyr eksponert for blått lys, samt at det genererte mer stress (Son et al., 2020). Sammenligner vi med Lindkvist et al. (2021) ble det ikke funnet noen forskjeller i melkeproduksjonen mellom de ulike fargene av LED-lys. Melatonin viste seg å være signifikant høyere på nattetid for kyr eksponert for blått eller rødt lys i løpet av dagen. Kyrne utsatt for blått lys var de eneste som viste en tendens til et døgnmønster i plasmakonsentrasjonen av IGF-1. Begge studiene fant at fôrintaket ble opprettholdt uansett farge. Blått lys med intensitet på minimum 225 lux viste seg å kunne undertrykke konsentrasjonen av plasmamelatonin til nivåer tilsvarende LDPP-behandling (Murphy et al., 2021). Dette var ganske ulikt Lindkvist et al. (2021) fant, men samtidig konkluderte de med at intensitet og varighet kunne ha større påvirkning enn farge på lyset. Det var en liten positiv effekt på melkeproduksjonen i løpet av de 12 første ukene av laktasjonen hos Murphy et al. (2021), samtidig som de to andre studiene fant enten en reduksjon eller ingen forskjell ved blått lys.

2.1.3 Lysintensitet

Lysintensitet kan måles ved måleenheten lux. Lux er måleenheten for illuminans, det vil si belysningsstyrke, og kan betegnes med at $1 \text{ lux} = 1 \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$ (Hofstad, 2021). Lux brukes til å angi mengden lys som er synlig på en flate, i motsetning til lumen som brukes til å angi total lys som strømmer ut fra en lyskilde. Effektverdien av lux er korrigert slik at synlig lys oppfattes for øyets følsomhet. Dette varierer med lysets bølgelengde. Ifølge Lindkvist (2023) er lux basert på menneskets øyne og syn, og en lux-måler har følsomhet for lysbølglengder rundt 555 nm.

Reksen et al. (1999) gjennomførte en studie på norske melkekyr for over tjue år siden. De brukte data fra en spørreundersøkelse på 1.538 gårder i Sør-Norge på den mørkeste tiden av året (november til februar). Her skulle de måle effekten av lyseksponering på melkemengde og reproduksjon. For innhenting av data for lysintensitet ble 104 gårder besøkt for lysmålinger ved hjelp av en lux-måler. Ved 64% av gårdene ble kyrne eksponert for fotoperioder >12 t, med en gjennomsnittstid på 14.2 timer med belysning. Gjennomsnittstid

for kyrne eksponert for ≤ 12 t var 11.7 timer. 85% av bøndene brukte dimmet belysning på nattetid. Melkemengden ved KI (kunstig inseminering) var bedre i besetninger der fotoperioden var >12 t og når fjøset hadde dimmet belysning på natten. Melkeytelsen ved KI, alder ved første KI og alder ved første kalving var signifikant lavere i besetninger med daglig lyseksponering av >12 timers varighet sammenlignet med besetninger som brukte korte daglige fotoperioder. Det ble konkludert at melkekyr holdt på høye breddegrader med få timer dagslys om vinteren burde utsettes for svak belysning om natten og en minimum fotoperiode på 12 timer for å stimulere reproduksjonsevnen og melkemengden.

Belysningsstyrke ble målt mot melatonin konsentrasjonen i en studie utført av Lawson og Kennedy (2001). Unge Holstein-kviger ble først eksponert for en lysintensitet på 400 lux i 16 timer, deretter for intensiteter på 0, 50, 100, 200 eller 400 lux i 8 timer. Melatoninutskillelsen ble hemmet de første timene for alle intensitetene. Deretter økte konsentrasjonen ved de lavere lysintensitetene. Resultatene indikerte derfor at alle lysintensiteter ≥ 50 lux kunne være tilstrekkelig for å undertrykke økningen av melatonin i de første timene etter eksponering for en høyere intensitet. Lysintensitetene >50 lux hemmet delvis den nattlige økningen i melatonin. Ved 400 lux ble melatonin undertrykket hele perioden, slik at det så ut til å kunne føre med seg en langvarig undertrykkelse av melatonin konsentrasjon. Plasmamelatonin var høyere under svakt nattlys enn i dagslys for alle behandlinger. Lim et al. (2021) viste ved forsøk på Holstein-kyr at LDPP og LED-lamper som ga 100 lux i intensitet ville være effektivt for å forbedre melkesammensetningen og melkeproduksjonen. En høyere melkeproduksjon ble vist ved LDPP på 50 lux og LDPP på 100 lux, sammenlignet med naturlig lys eller LDPP med 200 lux. Førintaket var likevel høyere ved naturlig lys, og daglig melatoninnivå økte med økt lysintensitet.

2.1.4 Nattbelysning

Ettersom melatonin kan påvirke utskillelsen av IGF-1 positivt, kan reduksjoner i utskillelsen av melatonin delvis bidra til å øke melkemengden (Dahl et al., 2000). Bruk av svakt lys om natten har vist seg å delvis undertrykke frigjøring av melatonin. Til tross for at en økning i fotoperiode kan bidra til økt melkemengde, har lange dager i noen tilfeller også vist en reduksjon i melkefettprosenten (Stanisiewski et al., 1988). Det er derfor naturlig å tenke seg at den fotoperiodiske oppfatningen til dyrene vil kunne opprettholdes ved bruk av svakt lys som bare delvis reduserer melatoninfrigjøringen. Bal et al. (2008) fant at lakterende melkekyr eksponert for 40 til 60 lux om natten, ikke fikk påvirket plasmakonsentrasjonen av melatonin

og IGF-1, eller melkeytelse. Eksponering for 0 til 5 lux økte konsentrasjonen av laktose i melk noe. Det var en mangel på lignende respons i melkemengde, men det kan være grunnet en kort eksperimentell periode. I et annet forsøk av Muthuramalingam et al. (2006) hadde lysintensiteter på 5 og 10 lux ingen innvirkning på nivået av plasmamelatonin om natten hos kviger. En lysintensitet på 50 lux undertrykte nattnivået av plasmamelatonin med 50 %, men effekten ble ikke opprettholdt gjennom 8 timer. Lysintensiteter på 50 lux eller mindre hadde ingen effekt på plasma-IGF-1-nivået. Reksen et al. (1999) fant, som nevnt innledningsvis, at bruken av dimmet belysning på natten viste seg å være fordelaktig for både økt melkemengde i tidlig laktasjon, men også for å forbedre fertiliteten hos melkekyr. Hjalmarsson et al. (2014) fant i sin studie på effekten av ulike intensiteter på natt, at belysningsstyrke ikke påvirket antall ganger kyrne passerte porten til AMS på natten, det vil si aktiviteten til kyrne. På nattestid var det færre passeringer enn på dagtid uavhengig av hvilken intensitet det var. Antall melkinger økte ved høy intensitet (74 lux), sammenlignet med middels intensitet (33 lux) eller lav intensitet (11 lux). Ved lav intensitet minsket melkemengden, men det kunne heller knyttes opp mot fôrinntak. Intensitet kunne derfor ha større effekt på produksjon enn velferden og aktiviteten til kyrne. I Jakobsson (2016) sin masteroppgave fra Sveriges lantbruksuniversitet ble intensiteten i fjøs i Sverige målt. Gjennomsnittet for nattbelysningens intensitet var 9,7 lux med en variasjon på 0,5 lux til 54,6 lux. Ved førbrett var gjennomsnittlig intensitet 12,4 lux, i gangene 10,1 lux og i liggebåsen 7,6 lux. Den vanligste typen belysning var lysrør.

3 Materiale og metoder

3.1 Innsamling av data

I denne masteroppgaven ble 47 gårder i Viken besøkt. Datainnsamlingen bestod av to hoveddeler; en kvantitativ del gjennom fysiske lysmålinger, og en kvalitativ del ved intervju av bønder. Disse to delene ble gjennomført i løpet av gårdsbesøkene. I tillegg ble bøndene spurt om de ville gi tilgang til Kukontrolldata, som førte til at det kunne hentes ut enda flere opplysninger om både produksjon, fruktbarhet og helse. Ettersom lysmålinger kun skulle kartlegges for melkekyr, fikk melkebønder i Viken tilsendt en påmeldingslenke på SMS hvor de kunne svare på enkle spørsmål ved interesse for prosjektet. Påmeldingen bestod av spørsmålene under:

1. Fullt navn
2. Produsentnummer

3. Ønsker du å bli kontaktet om deltakelse i LysMelk-prosjektet? (Ja / Kanskje, ønsker mer informasjon / Nei)
4. Mobilnummer

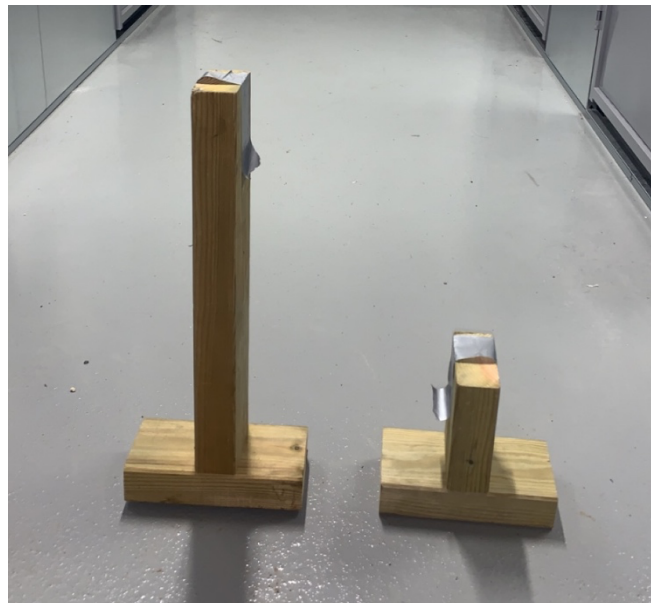
Til å begynne med var det 25 bønder som meldte seg på prosjektet, hvor samtlige hadde svart «Ja» til deltakelse. Ettersom målet var å besøke 50 gårder, ble det sendt ut en påminnelse, og det endte med 55 påmeldinger totalt. Likevel ble totalt 47 gårder besøkt, da resterende ble ekskludert grunnet praktiske årsaker og tidsforbruk.

3.1.1 Målinger av lysintensitet

Ettersom vinterhalvåret i Norge består av døgnet med få timer dagslys, ble målingene gjennomført i de mørkeste timene av døgnet. Sollyset utenfor fjøset ville derfor ikke ha noen innvirkning på målingene. Besøkene ble gjennomført mellom 30. januar og 22. mars. Soloppgang 30. januar var kl. 08:35 og solnedgang kl. 16:25. Soloppgang 22. mars var kl. 06:13 og solnedgang kl. 18:35. I starten var det derfor mulig å fullføre flere besøk daglig siden det var færre soltimer enn mot slutten av forsøksperioden. Målet var derfor å få unnagjort flest mulig gårdsbesøk tidlig.

For å finne en god metode for gjennomførelsen av selve lysmålingene ble både Reksen et al. (1999) og masteroppgaven til Jakobsson (2016) fra Sveriges landbruksuniversitet brukt som inspirasjon. I forskningen til Reksen et al. (1999) ble supplerende lys gjennom de mørke timene av døgnet vurdert, på den mørkeste tiden av året. Naturlig lys ble ikke vurdert. De besøkte 104 gårder totalt og sendte ut en spørreundersøkelse til 3.350 melkebønder, hvorav 2.187 bønder svarte. Alle gårdene i denne studien var båsfjøs. Fotointensiteten ble målt i lux før soloppgang etter at lyset ble skrudd på hos et utvalg av bøndene. Dette ble målt i kyrnes øyehøyde ved førbrettet mens kyrne spiste. Målinger ble tatt for en tredjedel av kyrne og gjennomsnittlig lysintensitet ble kalkulert. I Jakobsson (2016) sin masteroppgave ble 15 gårder besøkt og en spørreundersøkelse sendt ut til 935 bønder, hvorav 110 svarte fullstendig på spørreundersøkelsen. Her ble kun nattlys vurdert ved å måle lux etter kl. 18:00 på kvelden. Intensiteten ble først målt ved førbrett ved cirka 20 cm høyde, så i skrapganger cirka 50 cm høyt, og deretter ved liggebåsene cirka ved 20 cm høyde. Målinger ble gjort hver 3. meter i bredden og lengden, men måtte tilpasses litt etter fjøsets utforming. Det ble målt et ulikt antall målinger etter forskjell på plassering og størrelse på de ulike gårdene. Disse ulike måtene å måle på ga meg et godt utgangspunkt for hvordan jeg ville utforme målemetodene mine.

Det ble brukt en kombinasjon av metodene ovenfor ved at både dagbelysning og nattbelysning ble målt, at det ble målt både før soloppgang og etter solnedgang, og at en kombinasjon av målemetoder ble brukt. Siden Jakobsson (2016) sitt forsøk ble gjennomført i senere tid, var det enklere å ta utgangspunkt i metodene for løsdriftsfjøs her. Det ble brukt en lux-måler (Extech Instruments Luxmeter HD400) til å måle intensiteten. Måleren hadde en oppløsning på 0,1 lux og en lux-nøyaktighet på 5%. Området var innstilt på 400 lux. Stort sett ble en runde med dagbelysning målt først, deretter ble en runde med nattbelysning målt. Det ble laget to holdere til lux-måleren i tre med to ulike høyder, 50 cm og 20 cm (se figur 3). Disse ble dekket med poser som ble byttet for hvert besøk for å forhindre smitte. I tillegg ble det brukt en teip-bit for å holde lux-måleren på plass, slik at det var enklere å forflytte seg og være mer effektiv.



Figur 3: Holderne til lux-måleren. Den venstre holderen er 50 cm og den høyre er 20 cm høy, da målinger ved ulike plasseringer krevde ulik høyde. Teipen på toppen holdt lux-måleren på plass underveis.

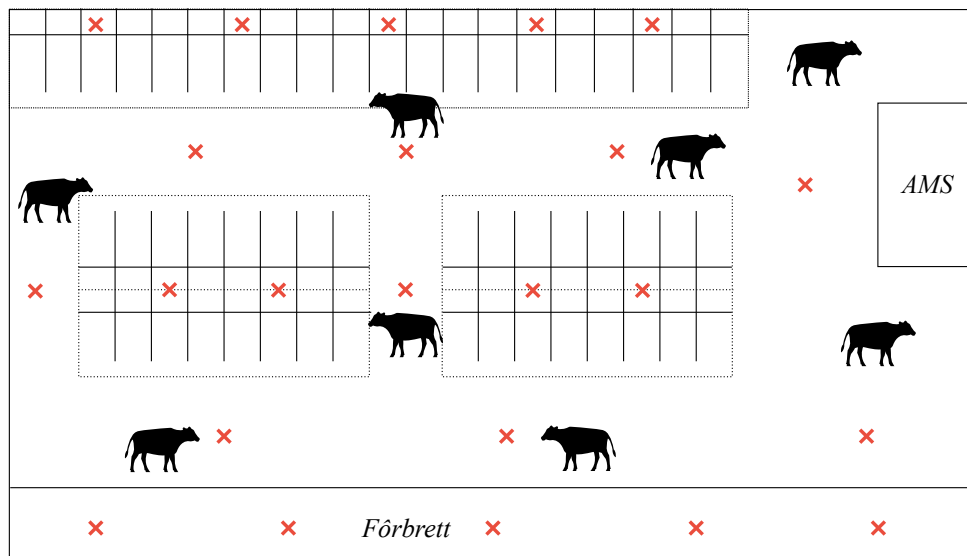
Disse to holderne skulle omtrentlig være i kuas øyehøyde hele veien for å oppfatte hvilken lysstyrke kyrne har der de oppholder seg. I fjøs med løsdriftssystem ble målingene delt opp i tre deler med ulik høyde, bestående av målinger ved førbrett (20 cm høyde omtrent 50 cm ut fra førbrettet), målinger ved liggebåser (20 cm høyde) og målinger i gangene (50 cm høyde). I figur 4 er det bilder av målemetoden for løsdrift. Bildet øverst til venstre var lignende utførelsen hos båsfjøs, bare at der ble det utført på midten av førbrettet med den høyeste lux-holderen på 50 cm.



Figur 4: Målinger av intensitet ved ulike plasseringer. Lux-måleren sånn den var plassert under målinger ulike steder. Bildet øverst til venstre viser målinger ved fôrbrettet (cirka 50 cm ut fra fôrbrett og med måleren på 20 cm høyde). Bildet øverst til høyre viser målinger i liggebåser langs vegg (20 cm høyde). Målinger i liggebåser, ved to vendt mot hverandre på midten (høyde på 20 cm), vises nederst til venstre. Her ble det målt på midten for å unngå doble målinger. Ved målinger i gangene ble det målt som nederst til høyre (50 cm høyde).

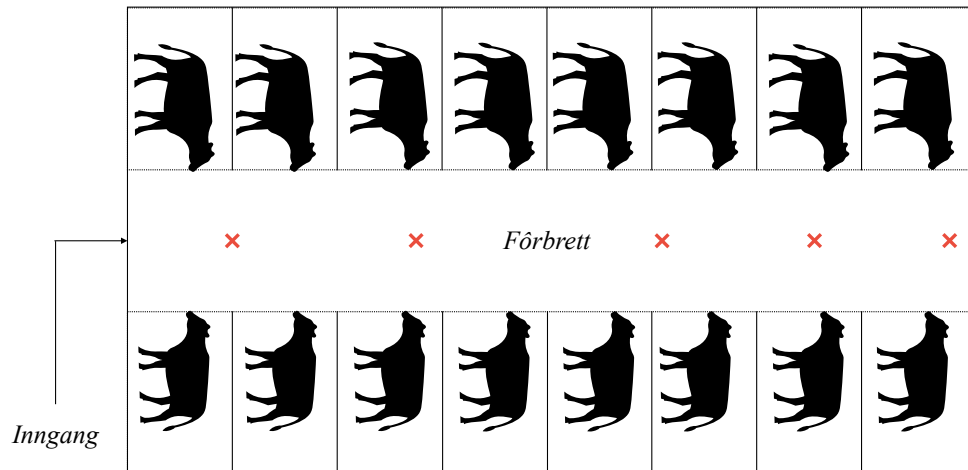
I løsdriftsfjøs ble omtrent hver 3. meter målt (se figur 5). Avstanden måtte likevel vurderes og endres på litt underveis etter hvor kyrne lå/stod eller hvor stort fjøset var. Fôrbrett ble alltid målt først, deretter ble liggebåsene målt siden disse skulle måles i samme høyde, og til slutt gangene. Etterfulgt ble lyset skrudd av til nattlys, hvor gangene da først ble målt, for så å måle liggebåser og til slutt fôrbrett igjen. Posen på holderen ble byttet før siste runde på fôrbrettet

for å ikke kontaminere, noe jeg forsøkte å være påpasselig med slik at møkk ikke ble dratt inn på fôrbrettet. I noen fjøs var nattlyset vanskeligere å skru på og ved noen gårder skrudde belysningen seg på gradvis, så derfor var dette den enkleste rekkefølgen å bruke.



Figur 5: Eksempel på utforming av et løsdriftsfjøs. Figuren illustrerer fôrbrettet, liggebåsene og gangene i et løsdriftsfjøs. I tillegg til omtrent hvor den automatiske melkeroboten pleier å være plassert. Kryssene viser omtrent avstanden på målingene og hvor de ble gjennomført.

For bås fjøs ble omtrent hver 3. meter målt i midten av fôrbrettet (se figur 6). Det ble målt i en høyde på 50 cm i stedet for 20 cm, da de ofte står høyere plassert med hodet. Det ble laget et registreringsskjema for hver lysmåling med en kolonne for dagbelysning og en for nattbelysning (se vedlegg 1). Dette ble notert underveis som målingene ble gjort. Det ble også beskrevet om det var mange dyr i nærheten, om det var nærme eller langt unna direkte belysning og om det for eksempel var inntil en vegg. Alle disse faktorene kunne påvirke lysintensiteten. For å ikke skygge for lysmåleren selv, satt jeg på huk og så langt unna ledningen på lux-måleren rakk, som var 1 meter. I tillegg ble høyde fra gulv til laveste og høyeste lampe målt ved hjelp av en lasermåler, og antall lamper ble notert. Dato, uteforhold og klokkeslett ved start og slutt ble også notert. Gårdene fikk også sitt eget gårdsnummer for anonymitet.



Figur 6: Eksempel på utforming av et båsfjøs. Figuren illustrerer båsene i et båsfjøs og fôrbrettet på midten. Kryssene viser omtrent avstanden mellom målingene og omtrent hvor de ble gjennomført.

3.1.2 Intervju

I løpet av besøkene ble det gjennomført et kort intervju. Det var totalt 46 av 47 gårder hvor det ble gjennomført intervju. Det var ved et gårdsbesøk ingen til stede som hadde nok informasjon til å kunne svare på spørsmålene. Spørreskjemaet ble sendt ut flere ganger i ettertid, uten noen respons. Intervjuet bestod av 18 spørsmål, stort sett med svaralternativer. Spørsmålene som ble stilt finnes i tabell 1. Spørsmålene tok utgangspunkt i antall timer med belysning per dag, hvilken type belysning som ble brukt, hvor nytt fjøset var eller når eventuelle oppgraderinger ble gjennomført, og i hvilken grad bøndene selv trodde belysning påvirket sin besetning.

Tabell 1: Intervjuspørsmål. Under er intervjuspørsmålene som ble brukt. Dette ble ført inn i et elektronisk svarskjema, slik at svarene skulle bli lagret enkelt.

1. Når ble fjøset bygd?	**** (År)
2. Hvis det har blitt gjennomført en større ombygging, oppgi datoen	**** (År)
3. Har det blitt gjort større endringer i belysningen i fjøset?	(Ja / Nei)
4. Oppgi når endringene ble gjennomført	(Måned og år)
5. Hva slags belysning anvendes?	(Lysrør / Glød- eller halogenlamper / LED-lamper / Annet)
6. Hva slags belysning anvendes på nattestid?	(Lysrør / Glød- eller halogenlamper / LED-lamper / Annenhver lampe / Dimmet lys / Belysning over fôrbrett / Annet)
7. Hvor ofte rengjøres eventuelle lampekupler?	(Da de byttes / Ved vask / Når lysgjennomstrømmingen er dårlig / Aldri)
8. «Ved vask», hvor ofte gjennomføres dette?	(Hvor ofte)
9. Når skrur du på lyset for dagen?	(Klokkeslett)
10. Når skrur du av lyset for kvelden?	(Klokkeslett)
11. Er lyset dempet i perioder i løpet av dagen?	(Ja / Nei)
12. Hvis ja, i ca. hvor mange timer?	(Antall timer)
13. Hva er årsaken for valgt strategi på hvordan belysningen er tent?	(Hvorfor)
14. I hvilken grad tror du at lysintensitet påvirker besetningens helse?	(I liten grad, i noen grad, i stor grad, i veldig stor grad)
15. I hvilken grad tror du at lysintensitet påvirker besetningens fruktbarhet?	(I liten grad, i noen grad, i stor grad, i veldig stor grad)
16. I hvilken grad tror du at lysintensitet påvirker besetningens produksjon?	(I liten grad, i noen grad, i stor grad, i veldig stor grad)
17. Vil du gi oss tillatelse til å benytte besetningsdata fra Kukontrollen?	(Ja / Nei)
18. Har du mer å tilføye angående lys?	(Fritekst)

3.1.3 Kukontrolldata

Underveis i gårdsbesøkene ble bøndene spurt om de ville gi godkjenning til å bruke data fra Kukontrollen, og samtlige sa ja. Slik kunne datainnsamlingen knyttes opp mot faktisk produksjon. Ved hjelp av TINE, ble det hentet ut produksjonsdata, fruktbarhetsdata og data om helse. Produksjonsdataene jeg valgte å bruke var melkeproduksjon i kg EKM (energikorrigert melk), og verdier for infeksjonsnivå og mastitt for helse. For fruktbarhetsdata var ikke årets data å oppdrive som planlagt, men kun fjorårets, derfor ble det ikke tatt med i denne oppgaven.

3.1.4 Litteratur

For å finne relevant litteratur ble hovedsakelig Oria, Google Scholar og Science Direct brukt. Nøkkelordene som ble tatt i bruk var: cattle, cow, dairy cows, light, light intensity og photoperiod. Titler som så relevante ut for min oppgave var de jeg valgte ut først, men om det var andre dyrearter med lignende forskning, så jeg også på disse. Jeg leste alltid sammendraget i hver artikkel, før jeg eventuelt leste videre eller forsøkte å finne nye. I artikler med relevant forskning, så jeg ofte på referanselista i forsøk på å finne mer informasjon. Da det ikke var store mengder med informasjon om lys hos kyr, hadde jeg ingen restriksjon i årstall.

3.2 Statistisk analyse

For å analysere dataene jeg hadde funnet ble Microsoft Excel brukt. For lysmålingene ble resultatene notert inn manuelt fra registreringskjemaet som ble brukt. For påmeldingskjemaet og intervjuet ble Nettskjema.no brukt, slik at resultatene kunne lastes ned i Excel automatisk fra nettsiden. Dette ble satt sammen til et felles dokument, og herfra kunne det lages Pivot-analyser som enklere kunne brukes til å danne figurer. I tillegg kjørte jeg en statistisk analyse for lysmålingene for å finne gjennomsnitt, standardavvik og maksimums- og minimumsverdier per gård for både intensiteten målt på dag og natt.

3.3 Etske vurderinger

I forsøk som gjennomføres hvor dyr eller mennesker er involvert, burde det reflekteres over hvilke data som blir samlet inn og hvilken måte dette gjøres på. I denne oppgaven ble all dataene oppgitt av bøndene, samlet inn med samtykke og ingenting ble publisert uten å bli anonymisert. Dataene fra Kukontrollen ble samlet inn etter underskrift om samtykke på å dele data. Deltakerne valgte helt fritt å delta og fikk informert om formål og hensikt ved forsøket

på forhånd. De fikk tilgang på kontaktinformasjon ved videre spørsmål. Ved innhenting av data ble ingen av dyrene skadd eller utsatt for ubehag. Det ble forsøkt å forstyrre dyrene minst mulig og påføre minst mulig stress underveis i gjennomføringen.

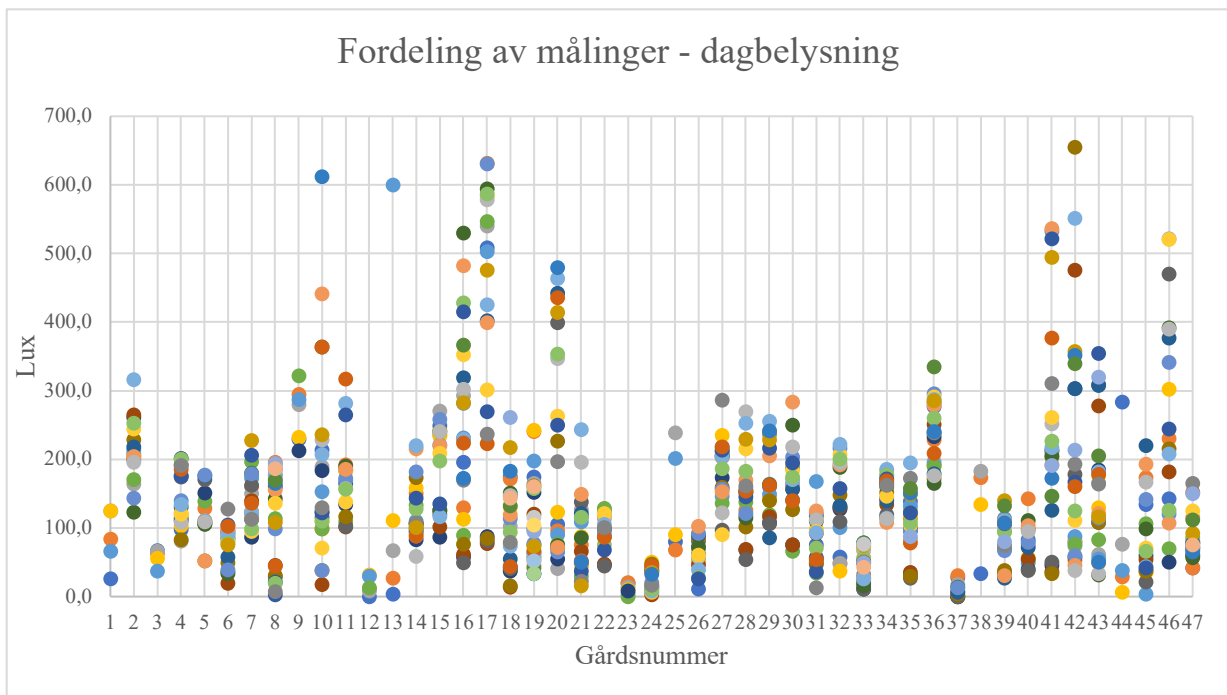
4 Resultat

Totalt ble 47 gårder besøkt. Fordelingen av ulike driftssystem var 19% båsfjøs og 81% løsdrift, henholdsvis 9 og 38 gårder. Av disse 38 løsdriftsfjøsene hadde 21% melkestall og 79% AMS (automatiske melkingssystemer).

4.1 Målt lysintensitet

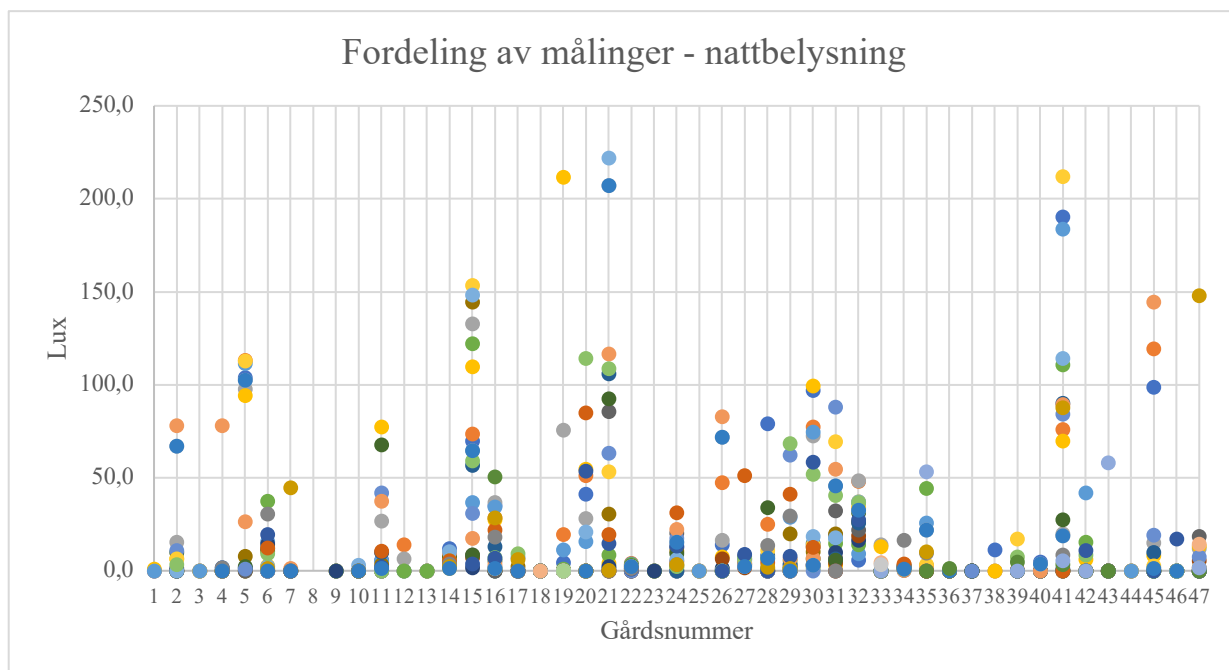
4.1.1 Variasjonen i intensitet

I figur 7 og 8 er lysmålingene for alle de 47 gårdene presentert. Det var stor spredning i belysningsstyrke målt. Intensiteten for dagbelysningen på enkelte gårder kunne variere fra 3,1 til 600,0 lux (figur 7 t). Andre gårder hadde jevnere variasjon i intensitet målt med minimumsverdi på 212,8 og maksimumsverdi på 322,0 lux.



Figur 7: Fordelingen av alle intensitetene målt ved dagbelysning. De ulike fargene representerer hver enkelt måling av intensitet fra hver enkelt gård (47 totalt). Det var stor spredning i målinger både på tvers av gårdene, mens også for enkelte av intensitetene målt ved samme gårder.

For nattbelysningen presentert i figur 8, befant et stort antall av målinger seg på < 50 lux, men det var også over 20 gårder som hadde enkelte målinger med en intensitet på > 50 lux.



Figur 8: Fordeling av alle intensitetene målt ved nattbelysning. De ulike fargene representerer hver enkelt måling av intensitet fra hver enkelt gård (47 totalt). Det var stor spredning i målinger på tvers av gårdene. For nattbelysningen var flere enkeltmålinger av intensitet høyere enn resten av målingene ved samme gård.

I tabell 2 er statistisk analyse for hver gård presentert. Det var stor variasjon i antall målinger tatt på hver gård, dette grunnet ulik størrelse på fjøsene. Det var stor variasjon i minimum- og maksimumsverdier målt i hvert fjøs. De fleste gårdene hadde likevel en gjennomsnittlig intensitet på > 100 lux eller rett under for dagbelysning. Total gjennomsnittlig intensitet for alle gårdene var $136,9 \pm 66,3$ lux, med en variasjon basert på gjennomsnitt per gård fra 9,6 til 398,3 lux. For nattbelysning ble det målt en gjennomsnittlig intensitet på $10,7 \pm 15,1$ lux med en variasjon basert på gjennomsnitt per gård fra 0,0 til 65,8 lux. For nattbelysning kan vi se at nærmest alle minimumsverdiene nærmet seg 0 lux. Maksimumsverdiene bestod av verdier $\leq 221,9$ lux.

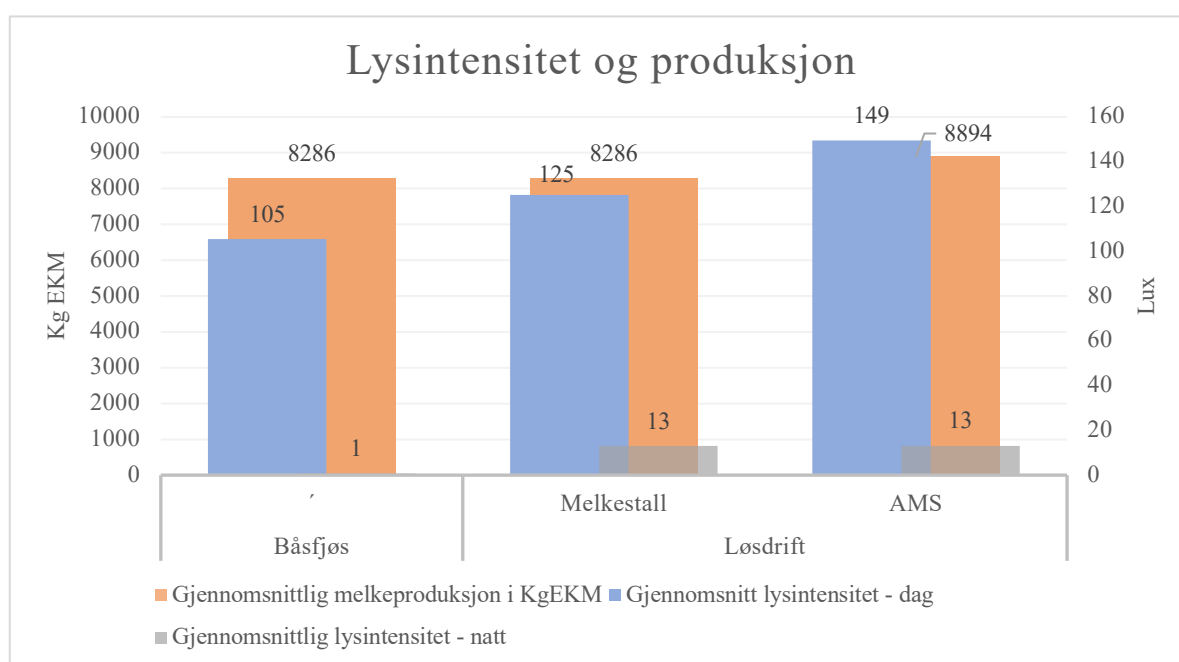
Intensiteten varierte både i båsfjøs og i løsdriftsfjøs. Hos båsfjøsene hadde 11% belysningsstyrke > 200 lux, 56% hadde < 100 lux, og 33% av båsfjøs hadde med lux mellom 100 og 200 lux i gjennomsnittlig lysintensitet. For løsdriftsfjøs hadde 21% av > 200 lux, 32% < 100 lux, og 47% av løsdriftsfjøs en gjennomsnittlig intensitet mellom 100 og 200 lux. Båsfjøs hadde et lavere totalt gjennomsnittlig intensitet for både dag- og nattemålinger sammenlignet med løsdriftsfjøs. Verdiene er presentert nederst i tabell 2.

Tabell 2: Oversikt over statistisk analyse for målt lysintensitet. Målinger ble gjennomført på 47 gårder. Kolonnene er inndelt i driftssystem, gjennomsnitt og standardavvik for både dag- og nattbelysning, i tillegg til minimum- og maksimumsverdier målt. Antall målinger per gård er også presentert.

<i>Gård</i>	<i>Driftssystem</i>	<i>Gjennomsnitt ± SD (dag)</i>	<i>Gjennomsnitt ± SD (natt)</i>	<i>Minimum-maksimum (dag)</i>	<i>Minimum-maksimum (natt)</i>	<i>Antall målinger</i>
<i>Gård 1</i>	Båsfjøs	85,0 ± 41,7	0,2 ± 0,4	26,2-124,8	0,0-1,0	5
<i>Gård 2</i>	Løsdrift	212,0 ± 46,1	11,1 ± 22,9	123,0-315,6	0,0-78,0	18
<i>Gård 3</i>	Båsfjøs	57,7 ± 12,1	0,0 ± 0,0	37,3-66,4	0,0-0,0	5
<i>Gård 4</i>	Løsdrift	140,6 ± 40,4	4,0 ± 17,0	81,3-201,4	0,0-78,0	21
<i>Gård 5</i>	Løsdrift	120,2 ± 38,4	48,5 ± 52,2	51,5-177,1	0,0-113,2	15
<i>Gård 6</i>	Løsdrift	76,7 ± 26,8	7,7 ± 10,7	18,8-127,4	0,0-37,6	22
<i>Gård 7</i>	Løsdrift	145,3 ± 38,4	2,1 ± 9,5	86,9-227,7	0,0-44,6	22
<i>Gård 8</i>	Løsdrift	119,3 ± 69,3		2,6-195,5		26
<i>Gård 9</i>	Båsfjøs	265,2 ± 40,7	0,0 ± 0,0	212,8-322,0	0,0-0,0	7
<i>Gård 10</i>	Løsdrift	185,2 ± 142,2	0,1 ± 0,6	17,5-612,0	0,0-2,9	23
<i>Gård 11</i>	Løsdrift	175,1 ± 57,3	15,0 ± 23,4	101,8-316,5	0,0-77,3	20
<i>Gård 12</i>	Båsfjøs	15,3 ± 12,4	3,4 ± 5,8	0,0-31,0	0,0-14,0	6
<i>Gård 13</i>	Båsfjøs	161,4 ± 248,6	0,0 ± 0,0	3,1-600,0	0,0-0,0	5
<i>Gård 14</i>	Løsdrift	124,8 ± 42,7	6,2 ± 3,0	58,7-219,9	1,3-11,8	22
<i>Gård 15</i>	Løsdrift	190,8 ± 61,8	65,8 ± 54,2	86,4-270,2	1,5-153,5	19
<i>Gård 16</i>	Løsdrift	243,7 ± 139,1	15,0 ± 15,7	49,3-530,0	0,0-50,5	24
<i>Gård 17</i>	Løsdrift	398,3 ± 195,4	1,1 ± 2,7	76,9-631,0	0,0-9,3	22
<i>Gård 18</i>	Løsdrift	107,8 ± 64,2	0,0 ± 0,0	13,8-260,9	0,0-0,0	26
<i>Gård 19</i>	Løsdrift	103,2 ± 60,7	10,8 ± 40,5	32,8-242,0	0,0-211,5	30
<i>Gård 20</i>	Løsdrift	223,2 ± 158,5	20,2 ± 32,0	41,0-479,0	0,0-114,3	23
<i>Gård 21</i>	Løsdrift	87,9 ± 57,3	49,4 ± 66,4	15,2-243,1	0,0-221,9	23
<i>Gård 22</i>	Løsdrift	97,7 ± 27,7	1,8 ± 1,3	44,3-128,0	0,0-3,9	21
<i>Gård 23</i>	Båsfjøs	10,9 ± 7,8	0,0 ± 0,0	0,0-20,6	0,0-0,0	7
<i>Gård 24</i>	Løsdrift	27,0 ± 16,0	8,2 ± 8,5	2,4-49,8	0,0-31,1	23
<i>Gård 25</i>	Båsfjøs	135,7 ± 78,4	0,0 ± 0,0	68,1-238,6	0,0-0,0	5
<i>Gård 26</i>	Løsdrift	60,8 ± 24,1	13,1 ± 25,4	10,5-102,2	0,0-82,9	19
<i>Gård 27</i>	Løsdrift	181,9 ± 47,6	7,0 ± 10,6	90,4-285,8	1,5-51,2	21
<i>Gård 28</i>	Løsdrift	150,0 ± 55,9	8,8 ± 18,0	54,0-269,4	0,0-79,0	22
<i>Gård 29</i>	Løsdrift	178,0 ± 54,3	13,6 ± 20,3	85,2-255,6	0,0-68,4	23
<i>Gård 30</i>	Løsdrift	165,8 ± 54,7	32,0 ± 34,9	65,8-283,4	0,0-99,4	20
<i>Gård 31</i>	Løsdrift	79,6 ± 38,0	21,9 ± 24,6	12,6-167,9	0,0-88,0	21
<i>Gård 32</i>	Løsdrift	139,3 ± 60,6	28,6 ± 11,9	37,2-222,1	5,8-48,6	19
<i>Gård 33</i>	Løsdrift	47,3 ± 22,9	1,3 ± 3,7	10,4-78,1	0,0-14,1	27
<i>Gård 34</i>	Løsdrift	151,0 ± 25,1	2,4 ± 3,3	160,4-185,5	0,1-16,3	21
<i>Gård 35</i>	Løsdrift	109,1 ± 45,0	7,2 ± 14,2	26,6-194,8	0,0-53,2	25
<i>Gård 36</i>	Løsdrift	237,1 ± 47,6	0,1 ± 0,3	164,6-334,5	0,0-1,4	24
<i>Gård 37</i>	Løsdrift	9,6 ± 10,2	0,0 ± 0,0	0,0-30,2	0,0-0,0	13
<i>Gård 38</i>	Båsfjøs	130,6 ± 68,2	2,8 ± 5,6	33,3-182,4	0,0-11,2	4

Gård 39	Løsdrift	84,1 ± 34,6	1,2 ± 3,8	26,3-139,6	0,0-17,2	25
Gård 40	Løsdrift	76,7 ± 29,4	0,6 ± 1,5	38,2-142,8	0,0-4,6	15
Gård 41	Løsdrift	239,0 ± 149,5	56,0 ± 66,2	33,3-536,0	0,0-212,0	25
Gård 42	Løsdrift	205,4 ± 170,2	3,3 ± 9,0	38,1-655,0	0,0-42,0	25
Gård 43	Løsdrift	155,3 ± 95,8	2,3 ± 11,6	31,0-354,3	0,0-58,1	25
Gård 44	Båsfjøs	86,5 ± 112,9	0,0 ± 0,0	6,4-283,4	0,0-0,0	5
Gård 45	Løsdrift	89,6 ± 63,9	22,1 ± 45,0	3,6-220,2	0,0-144,5	19
Gård 46	Løsdrift	263,5 ± 149,6	0,9 ± 3,9	49,9-521,0	0,0-17,1	19
Gård 47	Løsdrift	85,2 ± 32,2	8,6 ± 29,0	41,6-164,5	0,0-148,1	26
Totalt gj.snitt		136,9 ± 66,3	10,7 ± 15,1	48,3-260,4	0,2-53,4	
Båsfjøs		105,4 ± 69,2	0,7 ± 1,3	43,0-207,7	0,0-2,9	
Løsdrift m/ AMS		149,5 ± 67,2	13,1 ± 18,7	52,7-274,5	0,1-65,2	
Løsdrift m/ MS		125,3 ± 59,6	13,0 ± 16,9	37,8-266,8	0,7-66,1	

Knyttes lysintensiteten opp mot den faktiske produksjonen, kunne det se ut til å være en liten sammenheng (figur 9). Melkeproduksjonen for båsfjøs var 8286±1130 kg EKM, for løsdriftsfjøs med melkestall var produksjonen 8286±1219 kg EKM, og til slutt for løsdriftsfjøs med AMS 8894±1283 kg EKM.



Figur 9: Lysintensitet og faktisk melkeproduksjon fordelt på driftssystem. Lysintensiteten er oppgitt i lux og melkeproduksjonen i kg EKM. Melkeproduksjonen for båsfjøs var 8286±1130 kg EKM, for løsdriftsfjøs med melkestall 8286±1219 kg EKM, og for løsdriftsfjøs med AMS 8894±1283 kg EKM.

4.1.2 Gjennomsnittlig intensitet ved ulike plasseringer

Gjennomsnittlig lysintensitet ved forbrettet var $137,3 \pm 89,3$ lux på dagtid og $16,3 \pm 29,2$ lux på natt, og det var ingen forskjeller basert på driftssystem. For nattbelysning var intensiteten 0,0 lux hos omtrent halvparten av gårdene og høyeste målte gjennomsnittlige belysningsstyrke var 108,5 lux.

For alle typer av liggebåser var gjennomsnittlig lysintensitet $125,0 \pm 66,7$ lux på dagtid og $7,0 \pm 13,2$ lux på nattetid. Intensitetene målt ved liggebåsene varierte etter hvor liggebåsene var plassert. Liggebåsene inntil vegger hadde en gjennomsnittlig lysintensitet på $78,9 \pm 50,8$ lux ved dagbelysning og $3,9 \pm 9,1$ lux ved nattbelysning, og for liggebåsene ved midten var belysningsstyrken $171,3 \pm 118,5$ lux på dag og $10,6 \pm 22,8$ lux på natt.

For gangene var gjennomsnittlig lysintensitet $175,8 \pm 86,2$ lux på dag og $13,9 \pm 17,8$ lux på natt og relativt jevn mellom gårdene. Det var flere gårder som hadde relativt høye lysintensiteter ved AMS for dagbelysning. Totalt for alle gårder var intensiteten ved AMS $222,4 \pm 128,5$ lux for dagbelysning og $25,9 \pm 32,4$ lux på natt. Ti gårder hadde > 200 lux ved AMS på dagtid og 6 gårder hadde > 50 lux på nattetid.

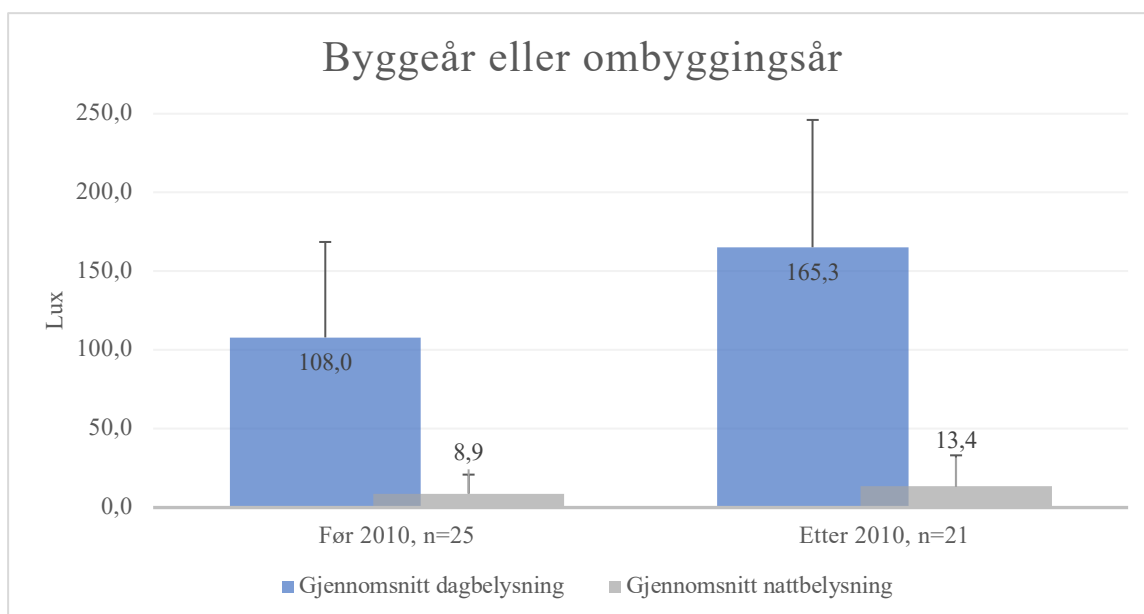
4.1.3 Påvirker antall lamper eller høyde på lamper?

Lampekøyde ble også tatt med i vurderingen når belysningsstyrken ble målt, men ingen forskjell i lampekøyde eller antall lamper viste noen spesifikk sammenheng med gjennomsnittintensitet per gård, hverken for dag- eller nattbelysning.

4.2 Intervju

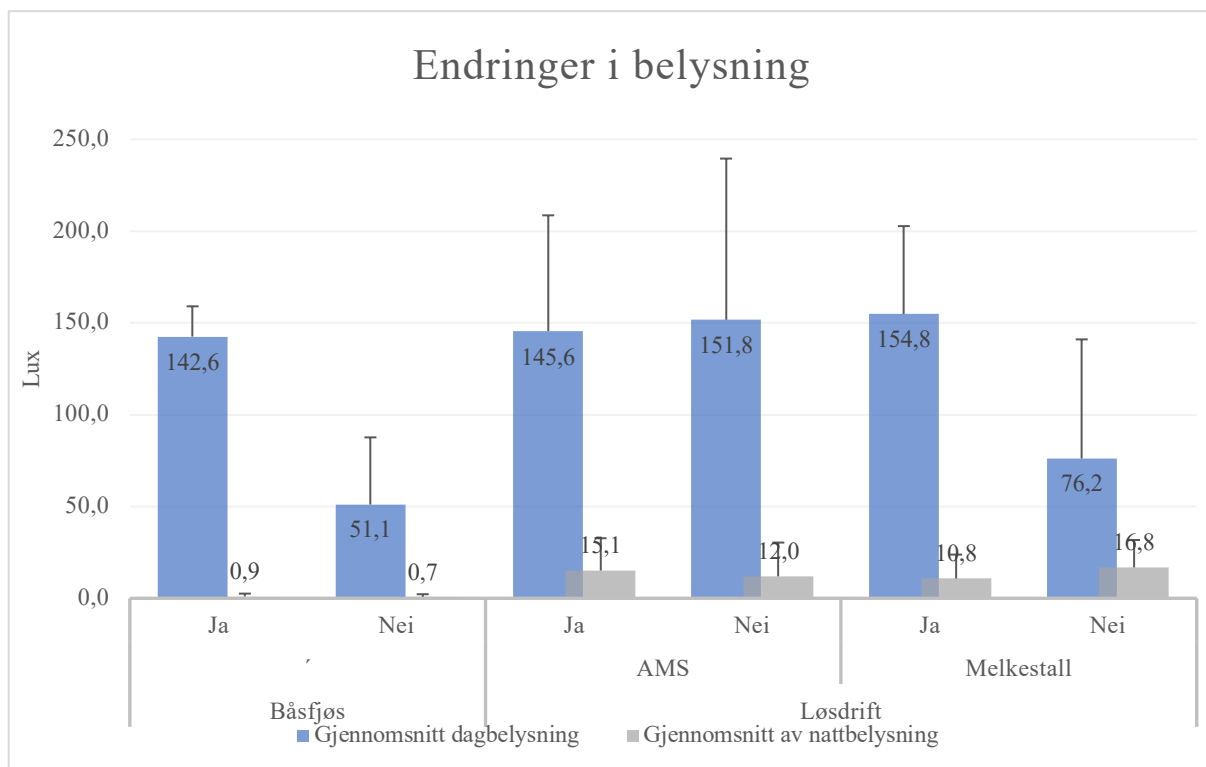
4.2.1 Eventuelle oppgraderinger i fjøset

I figur 10 er byggeår eller eventuelt ombyggingsår fordelt i to kategorier. Gårder bygget «før 2010» hadde lavest gjennomsnittlig intensitet på $108,0,1 \pm 60,6$ lux for dag og $8,9 \pm 12,0$ lux for natt. Gårder bygget «etter 2010» hadde gjennomsnittlig intensitet på $165,3 \pm 80,8$ lux for dag og $13,4 \pm 19,7$ lux for natt. Ni gårder var bygget før for 2000, hvorav 7 var bås fjøs, resterende i samme kategori ble bygget mellom 2000 og 2010. «Etter 2010» var ett bås fjøs bygget og 20 løsdriftsfjøs. Totalt hadde 14 gårder gjennomført en større ombygging, hvorav 3 gårder var bås fjøs og 11 løsdriftsfjøs. Det ble kjørt en t-test og en signifikant forskjell ($p < 0,05$) ble funnet mellom gruppene basert på byggeår/ombyggingsår.



Figur 10: Byggeår eller ombyggingsår i sammenheng med gjennomsnittsmålinger av lysintensitet. Over er byggeår eller ombyggingsår inndelt i to kategorier med årene «Før 2000» og «Etter 2010», sett i sammenheng med gjennomsnittintensitet for både dag- og nattbelysning. Alle dataene er oppgitt i lux.

Om fjøsene har gjennomgått noen endringer i belysningen i fjøset er presentert i figur 11. Av alle gårder hadde 41% gjennomført en større endring i belysningen i fjøset. De fleste endringene hadde blitt gjennomført etter 2010. En del hadde også blitt gjennomført gradvis over tid etter hvert som lampene hadde blitt ødelagt. Av gårdene som hadde gjennomført endringer var 3 båsfjøs og 16 løsdriftsfjøs. Det kunne se ut til å være høyere gjennomsnittlig lysintensitet for de som hadde gjennomført en større endring enn de som hadde svart «nei», bortsett fra hos løsdriftsfjøs med AMS. For alle som hadde svart «ja» og løsdriftsfjøs med AMS som hadde svart «nei» var lysintensiteten omtrent helt lik. Variasjonen var likevel stor mellom gruppene, men det så ut til å være en forskjell hos båsfjøsene. For nattbelysning var det ingen forskjeller.



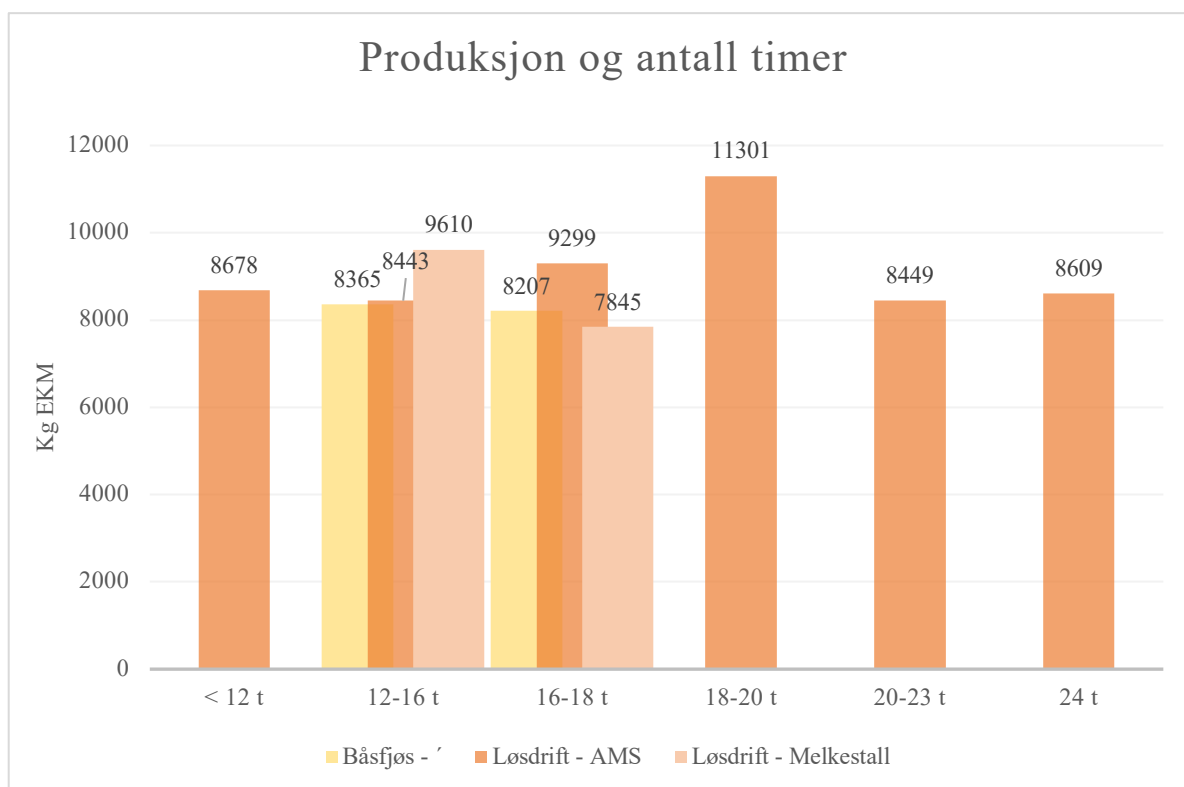
Figur 11: Eventuell endring i belysning og gjennomsnittintensitet basert på driftssystem. I figuren er det forskjeller i gjennomsnittlig lysintensitet basert på driftssystem og eventuelle endringer i belysningen. Dataene er oppgitt i lux.

Settes byggeår eller ombyggingsår opp mot produksjon, var det ingen forskjell mellom gruppene. Det samme gjaldt de som hadde gjennomført en større endring i belysningen. Gruppene som hadde gjennomført endring, så ut til å ha litt høyere melkeproduksjon enn de uten en større endring, men variasjonen var for stor.

4.2.2 Vedlikehold og antall timer belysning

Ved spørsmål om vedlikehold av lamper svarte 40% at de aldri rengjør lampekuplene, noe halvparten av alle løsdriftsfjøs svarte. Det var 8% som svarte at de vasker når lysgjennomstrømningen er dårlig og 17% når lampene må byttes. Til slutt svarte 35% at de rengjør lampene ved vask, noe de fleste båsfjøs svarte. Vasken ble gjennomført enten årlig eller et par ganger i løpet av året.

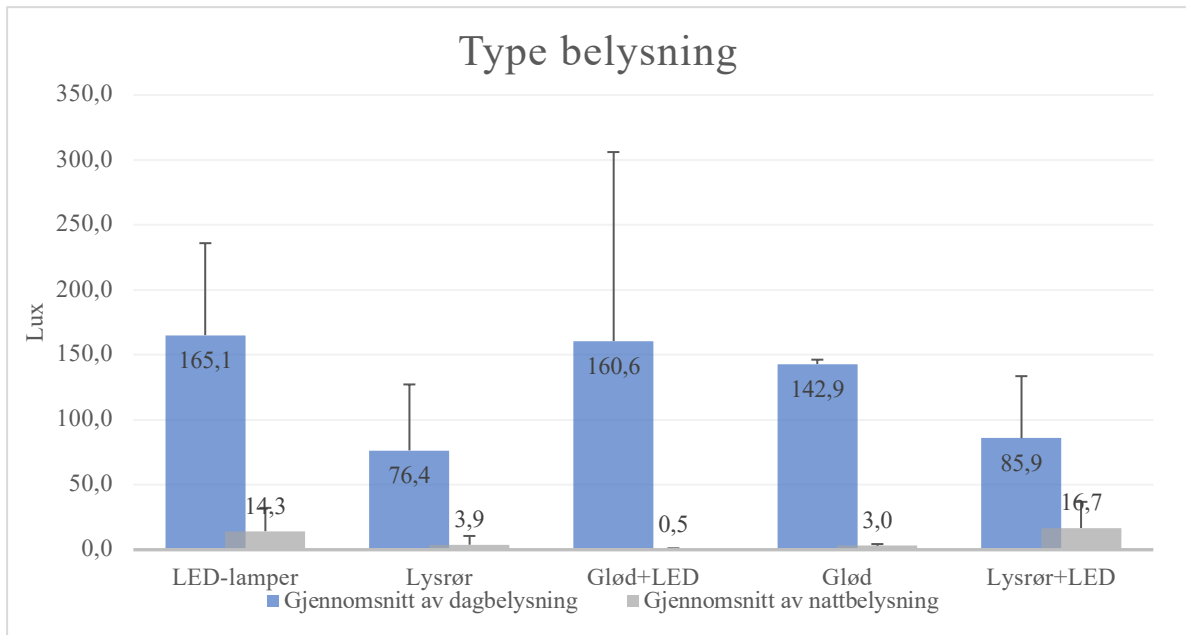
Båsfjøs hadde et gjennomsnitt på $14,5 \pm 1,9$ timer for antall timer med dagbelysning, mens løsdriftsfjøs hadde et gjennomsnitt på $15,2 \pm 2,6$ timer. I figur 12 er antall timer belysning per dag knyttet opp mot melkeproduksjonen fordelt på driftssystem. Det var kun én gård (2%) i kategoriene < 12 t, 18-20 t, 20-23 t og 24 t belysning daglig. 20 gårder (44%) hadde 12 til 16 t belysning, og 22 gårder (48%) hadde 16 til 18 t belysning daglig.



Figur 12: Antall timer lys og produksjonsdata. Over presenteres antall timer belysning daglig basert på driftssystem og hvor stod produksjon hver kategori av timer hadde. Flest gårder hadde mellom 12 -16 t eller 16-18 t daglig. Resterende av kategoriene hadde kun én gård i hver av dem.

4.2.3 Type belysning

Det var flere varianter av belysning i de forskjellige fjøsene. Noen hadde samme type belysning i hele fjøset, men flere hadde også fornyet lamper over tid og hadde derfor en blanding av flere slags belysning. I figur 13 er type belysning og intensitet presentert. 32% av gårdene brukte lysrør som lyskilde, 7%, brukte glød- eller halogenlamper, og 61% hadde LED-lamper i bruk i en eller annen form. To gårder hadde en kombinasjon av glød- eller halogenlamper og LED-lamper. Fem gårder hadde en kombinasjon av lysrør og LED-belysning. LED-lamper, glød- eller halogenlamper eller en kombinasjon viste den høyeste intensiteten, men også den høyeste variasjonen.



Figur 13: Type dagbelysning og gjennomsnittlig intensitet. Over er type belysning presentert, i tillegg til gjennomsnittsmålinger for dagbelysning og nattbelysning. Dataene er presentert i lux. Flest gårder hadde LED-lamper i bruk, enten alene eller i kombinasjon med andre typer belysning.

På nattetid var det mange varianter av belysning i bruk, spesielt hos løsdriftsfjøsene. De fleste hadde enten rødt lys, lys over fôrbrett eller lys kun ved AMS, eventuelt en kombinasjon. For båsfjøsene var det tre gårder som ikke hadde noe nattlys, ellers hadde de stort sett en eller et par lamper på i løpet av natten. Når nattbelysningen ble knyttet opp mot produksjonsdata, var det ingen forskjeller i produksjonen mellom typene.

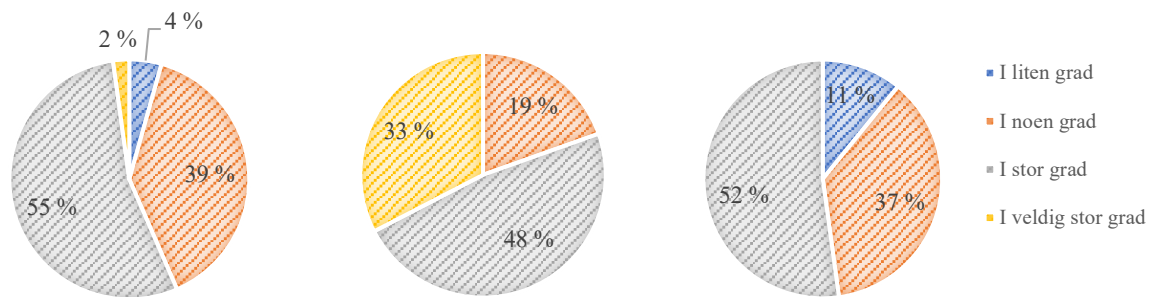
4.2.4 Bøndernes egne strategier og tanker om lys

Av 46 bønder hadde 33 en form for strategi rundt belysningen. Dette innebar alt fra at de hadde fått anbefalt noe fra leverandører, til at de hadde lest om at 16 timer belysning var bra for kyrne. De som ikke hadde noe strategi, fortalte stort sett at de skrudde på lyset når de startet for dagen og skrudde det av når arbeidsdagen var over. Underveis i intervjuet ble det spurt i hvilken grad bøndene trodde selv at lysintensitet påvirket både helse, fruktbarhet og produksjon. Resultatene er presentert i figur 14.

PRODUKSJON

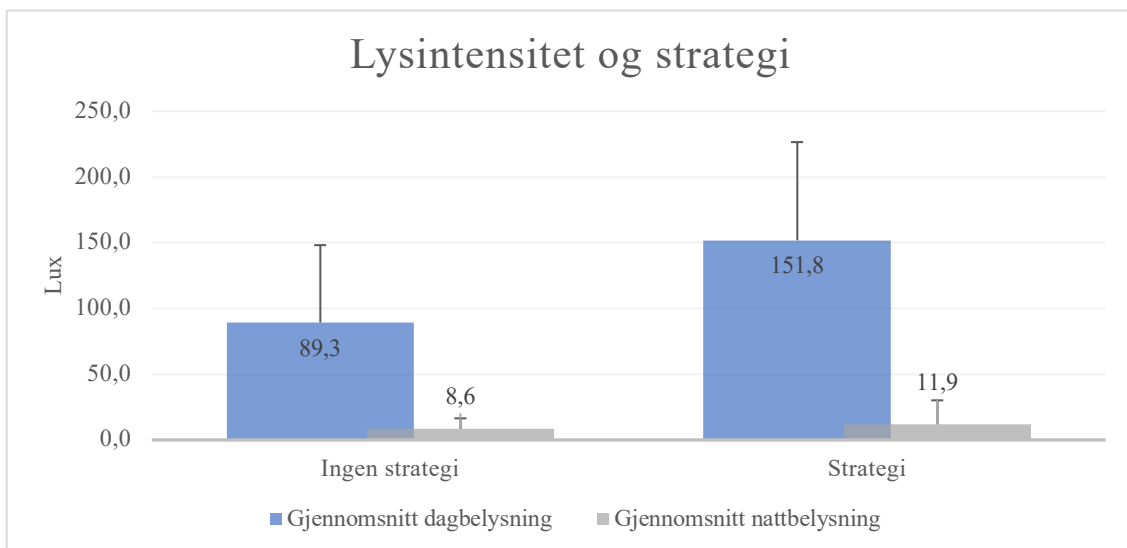
FRUKTBARHET

HELSE



Figur 14: I hvilken grad bøndene trodde lys hadde en påvirkning på produksjon, fruktbarhet og helse. Over presenteres prosentandelen bønder som mente hvilken grad at intensiteten hadde en påvirkning på produksjon, fruktbarhet og helse. Flertallet svarte ved alle tilfeller at de trodde lysintensitet påvirket «i stor grad». Fruktbarhet skilte seg ut da det også her var mange som trodde lysintensitet påvirket i «veldig stor grad».

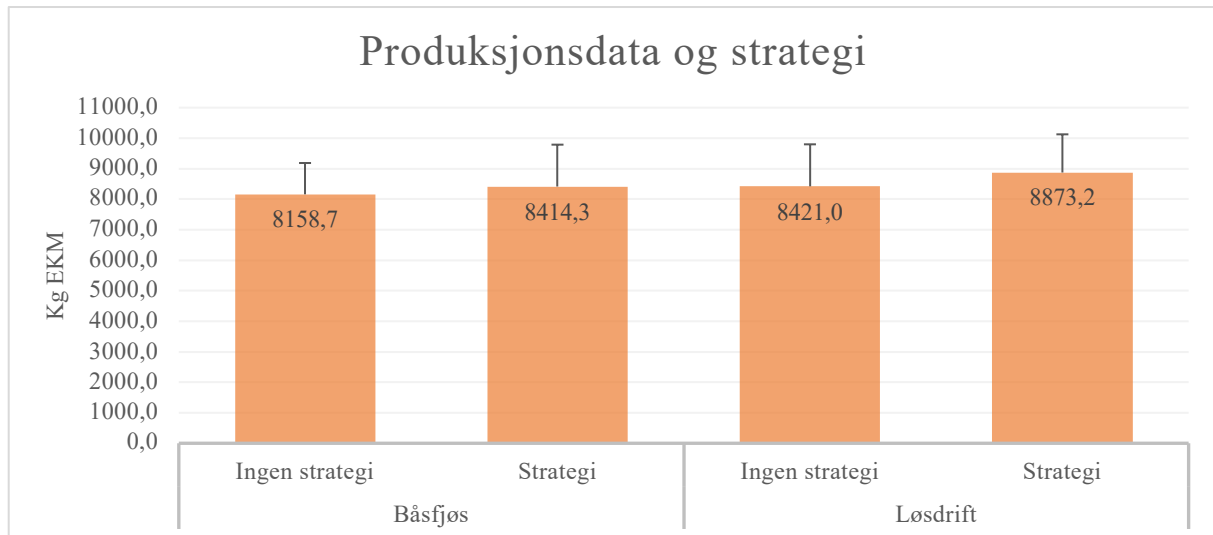
Det var høyere lysintensitet hos dem som hadde en klar strategi for belysningen, sammenlignet med dem som ikke hadde det (figur 15), men også en stor variasjon. Etter å ha kjørt en t-test, var det en signifikant ($p < 0,05$) forskjell i gjennomsnittlig lysintensitet for de som hadde en strategi og de som ikke hadde det.



Figur 15: Gjennomsnittlig lysintensitet og eventuell strategi. Over presenteres gjennomsnittlig lysintensitet for dem som hadde en klar strategi og dem som ikke hadde det. Etter å ha kjørt en t-test, var det en signifikant forskjell mellom de to gruppene.

Det var ingen klar sammenheng mellom i hvilken grad bøndene trodde lysintensitet påvirker produksjon og den gjennomsnittlige melkeproduksjonen. I figur 16 er strategi og produksjonsdata presentert. Det så ut til å være en litt større gjennomsnittlig produksjon hos

de med en strategi, men ettersom variasjonen var stor var det ikke sannsynlig at det ville være noen forskjell mellom gruppene. Det var heller ingen forskjeller i fettprosent eller proteinprosent i melk mellom graden bønder tror belysning påvirker, eller i sammenheng med strategi.



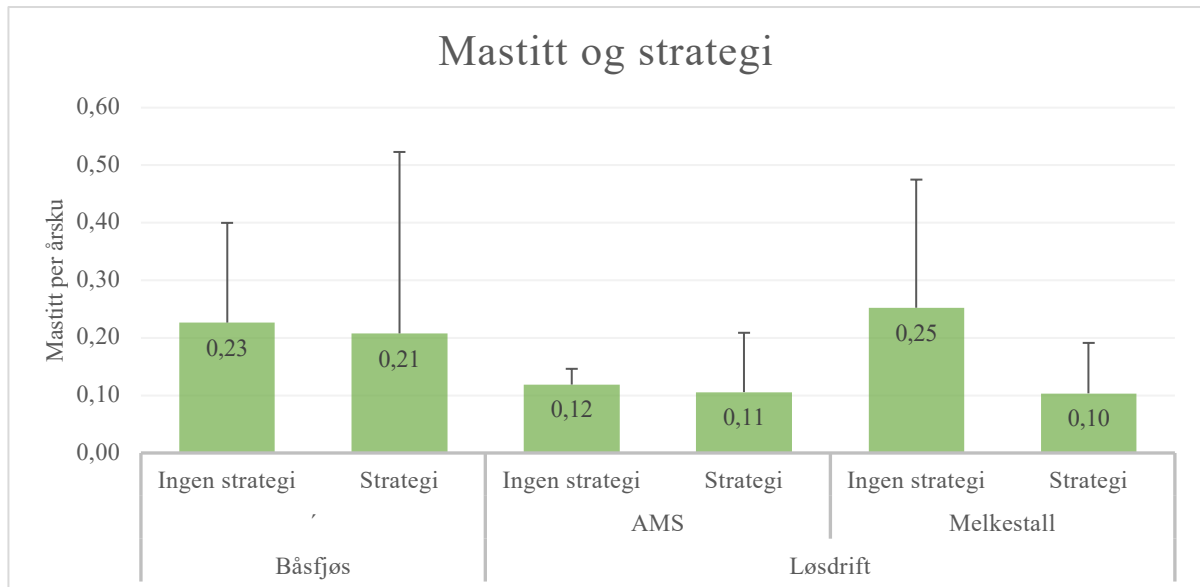
Figur 16: Produksjonsdata og om bønderne hadde en strategi for belysningen. Over presenteres produksjonsdata i kg EKM ved de ulike strategiene fordelt på driftssystemer. Variasjonen var for stor til å kunne si om det var noen forskjeller mellom de ulike strategiene.

I hvilken grad bønderne trodde lys påvirket helse, så ikke ut til å ha en klar sammenheng med infeksjonsnivå eller mastitt. Det kunne derimot, ved første øyekast se ut til at det var en sammenheng mellom infeksjonsnivå og strategi (figur 17). Likevel var variasjonen for stor, slik at det ikke var sannsynlig at det faktisk ville være en forskjell.



Figur 17: Infeksjonsverdier og strategi. Over presenteres infeksjonsverdier og om bønderne hadde noen klar strategi for belysningen fordelt på driftssystem. Infeksjonsnivået viser prosentandelen av analyser av kucelletall som er over 200.000 celler/ml ved de siste 12 månedene.

For mastitt og strategi (figur 18) var det lignende resultater som ved infeksjonsnivåer. Her ble det inndelt i AMS og melkestall også, ettersom tilfeller kunne ha en større sammenheng med type melking. AMS hadde gjennomsnittlig lavere verdier for tilfeller av mastitt, men variasjonen var for stor her også.



Figur 18: Tilfeller av mastitt og strategi. Over presenteres tilfeller av mastitt per årsku og om bøndene hadde noen klar strategi for belysningen fordelt på driftssystem. Grunnet stor variasjon var det ikke mulig å si om det var faktiske forskjeller mellom gruppene.

5 Diskusjon

I denne oppgaven har lysintensiteten i 47 melkefjøs blitt målt og bøndene har blitt intervjuet om egne tanker om lysmiljøet. Lysmålingene ble gjennomført før soloppgang eller etter solnedgang på vinterhalvåret. Dette var viktig å kartlegge da det er denne tiden av året dyrene også hovedsakelig blir holdt inne og det er mørketid i Norge. Spesielt ettersom endringer i lysintensitet og fotoperiode kan påvirke dyrenes langsiktige fysiologiske hendelser knyttet til både laktasjon, reproduksjon og vekst (Dahl et al., 2012; Lim et al., 2021).

5.1 Hypotese 1 – Forskjeller i driftssystem

Innen 2034 skal storfe kun oppstalles i løsdriftsfjøs. I denne oppgaven ble lysintensitet målt hos 19% båsfjøs og 81% løsdriftsfjøs, og flere målinger hos gårder med båsfjøs kunne derfor utgjort en større forskjell på resultatene. På landsbasis er det flere fjøs med båsfjøs enn i denne oppgaven, i hele Norge har 49% båsfjøs og omtrent 51% løsdriftsfjøs. Samtidig bor 29% av alle kyr i båsfjøs og 71% i løsdriftsfjøs (Mikalsen et al., 2023). Utvalget her var derfor likere antallet kyr som bor i de ulike driftssystemene. Det var stor variasjon i

lysintensitet både fra gård til gård, men også stor spredning i målinger tatt ved samme gård, som er tydelig i figur 7 og 8, og i tabell 2. I tråd med hypotese (1) om driftssystem, var antagelsen at det ville være stor variasjon i målt lysintensitet mellom gårdene, H_0 kunne derfor forkastes. Prediksjonen var deretter at målt lysintensitet ville være likere ved samme type driftssystem enn på tvers av system. Det var likere intensitet ved samme type driftssystem, til tross for at noen gårder ved alle typer driftssystem skilte seg ut ved lavere eller høyere intensitet enn resten. Båsfjøs hadde et lavere totalt gjennomsnitt for både dagmålinger og nattemålinger sammenlignet med løsdriftsfjøs. Flertallet av båsfjøsene hadde < 100 lux i gjennomsnittlig intensitet og flertallet av løsdriftsfjøsene hadde mellom 100 og 200 lux. Gjennomsnittlig intensitet varierte både i båsfjøs og i løsdriftsfjøs, noe det kunne være andre grunner til, som både byggeår og eventuelle oppgraderinger.

Det var en liten sammenheng, men ikke store nok forskjeller til å kunne si om lysintensiteten ville ha en positiv effekt på melkeproduksjonen basert på driftssystem. En større melkeproduksjon kan likevel skyldes andre produksjonsfaktorer som at kyr som har tilgang på AMS kan melke hele døgnet, i tillegg til at besetningsstørrelsen ved båsfjøs stort sett er mindre. Ifølge statistikkensamlingen til TINE (Mikalsen et al., 2023) var årsavdrått 8496 kg EKM på landsbasis for 2022. Tallene hentet ut i denne oppgaven viste en gjennomsnittlig melkemengde for alle gårdene totalt på 8683 kg EKM. I statistikkensamlingen ble det også vist at Viken hadde flere gårder med høyere melkemengde enn på landsbasis ved melkemengder fra 8500 kg EKM til over 9999 kg EKM. Dette stemte derfor godt overens med tallene i denne oppgaven. Når utskillelsen av melatonin hemmes, øker de sirkulerende nivåene av prolaktin og IGF-1, som igjen kan bidra til en økt melkeproduksjon (Murphy et al., 2021; Wright & Shelford, 2013). Slik vil også nivåene av melatonin stort sett være høye om natten og lave om dagen, noe som skaper en naturlig døgnrytme. Det samme viste Lindkvist et al. (2021) som fant at plasmamelatonin var lavere ved dagslys og høyere ved dimmet nattdlys. Lawson og Kennedy (2001) fant at lysintensiteter ≥ 50 lux var tilstrekkelig for å begrense den normale melatoninøkningen som oppstår i de første timene etter eksponering for lysintensitet på 400 lux, og delvis opprettholdt effekten videre. Lim et al. (2021) viste at LDPP og LED-lamper som ga 100 lux i intensitet ville være effektivt for å forbedre melkesammensetningen og melkeproduksjonen. På bakgrunn av disse studiene og basert på at total gjennomsnittlig lysintensitet her var 136,9 lux, vil intensiteten kunne være positiv for melkeproduksjonen. Tilleggsbelysning på ≥ 50 lux vil være gunstig for å opprettholde undertrykkningen av

melatonin etter innslipp av naturlig lys på dagtid, samtidig som LDPP og LED-lamper som ga 100 lux viste seg å kunne forbedre melkesammensetningen og melkeproduksjonen.

5.2 Lysintensitet ved dagbelysning

Ifølge Mattilsynet (2010) bør belysningsstyrken ligge på mellom 100 og 200 lux på dagtid. Ettersom total gjennomsnittlig intensitet for dagbelysning var > 100 lux, lå gjennomsnittet på anbefalt nivå. Samtidig hadde 17 av 47 gårder < 100 lux i gjennomsnittlig lysintensitet, noe som kunne skyldtes flere ting. Flere gårder belaget seg hovedsakelig på naturlig innslipp av lys, noe som betydde lavere intensitet i de mørkeste timene av døgnet. I forskriften om hold av storfe (Lovdata.no, 2004) står det at kyr skal være sikret tilgang på dagslys tilsvarende utelyset mellom kl. 09 og kl. 17, men at det også skal være mulighet for kunstig belysning. Det var derfor ikke nødvendigvis negativt at noen hadde lavere intensitet i løpet av de mørke timene, så lenge de hadde godt innslipp av lys mellom kl. 09 og kl. 17, og som sikrer lysgjennomslipp som tilsvarer minst 4% av gulvarealet (Mattilsynet, 2010). Samtidig var soloppgang 30. januar kl. 08:35 og solnedgang kl. 16:25, så i månedene før dette, er det ikke sikkert at kyrne får fullstendig 8 timer med lys daglig. Son et al. (2020) fant at tilleggsbelysning økte urea i melk, noe som indikerte et høyere fôrinntak sammenlignet med naturlig lys utenfra. Mens Lim et al. (2021) fant at fôrinntaket var høyere ved naturlig lys.

Det var store forskjeller i lysintensitet målt ved de ulike plasseringene i fjøset. For liggebåsene rettet mot vegger var intensiteten 92,4 lux lavere enn de på midten, dette skyldtes ofte fordi det var færre som hadde lamper over disse liggebåsene. Ved de midtre båsene var det stort sett lamper plassert rett over. Det var generelt mange løsdriftsfjøs som hadde høy intensitet ved AMS, gjennomsnittlig intensitet totalt var $222,4 \pm 128,5$ lux for dagbelysning. Ti gårder hadde > 200 lux ved AMS på dagtid. Ifølge Penev et al. (2014) foretrekker kyrne selv lysere områder enn mørkere, men det kunne likevel vært spennende å se videre på om de foretrekker lysere områder på dagtid og mørkere på nattetid, på bakgrunn av døgnrytme. Å ha høy belysning ved AMS kan derfor trekke kyrne nærmere området ved roboten. I denne oppgaven var gjennomsnittlig lysintensitet ved både fôrbrett og generelt på gårdene betraktelig høyere sammenlignet med Reksen et al. (1999) sin studie, hvor gjennomsnittlig lysintensitet målt var 36 lux ved fôrgangen og variasjonen var 4 til 160 lux. Det kan derfor se ut til at belysningen har blitt betraktelig bedre de siste 20 årene med en økning på 100 lux i gjennomsnitt, i tillegg til en mye større gjennomsnittlig variasjon. Reksen et al. (1999) målte samtidig kun hos bås-fjøs, så sammenlignet med bare bås-fjøsene var lysintensiteten fortsatt

69,4 lux høyere i denne studien. Det var ingen sammenheng mellom antall lamper og intensitet i denne oppgaven. Det var flere fjøs med mange lamper, som hadde helt lik intensitet som de med færre lamper. Her varierte det med alt fra 4 til 80 lamper som var påskrudd på dagtid.

5.3 Lysintensitet ved nattbelysning

For nattbelysning sier forskriften om hold av storfe og veilederen at svakt orienteringslys er tillatt som nattlys, og at storfe oppfatter lysstyrker på < 50 lux som natt (Lovdata.no, 2004; Mattilsynet, 2010). I denne oppgaven var 10,7 lux den gjennomsnittlige intensiteten på nattetid. Verdiene lå derfor godt innenfor anbefalt krav. Det var likevel også 2 gårder som hadde høyere gjennomsnittlig intensitet enn de anbefalte verdiene på 50 lux. Disse burde derfor se over anbefalingene og dimme lyset mer eller skru av flere lamper hvis det er mulig. Bruk av svakt lys om natten har vist seg å delvis undertrykke frigjøring av melatonin (Dahl et al., 2000). Reksen et al. (1999) fant at bruken av dimmet belysning på natten viste seg å være fordelaktig sammenlignet med ingen nattlys, både for økt melkemengde og for å forbedre fertiliteten hos melkekyr. I denne oppgaven viste produksjonen ikke å ha noen sammenheng med type nattbelysning. Løsdriftsfjøs hadde flere typer nattbelysning sammenlignet med båsfjøsene, noe som er naturlig da kyrne beveger seg mer fritt og flere løsdriftsfjøs hadde AMS som de har tilgang på hele døgnet.

For nattbelysning var det stort sett færre lamper i bruk enn på dagtid. Til tross for færre lamper hadde 20 gårder minst én måling med > 50 lux. Samtidig viste Muthuramalingam et al. (2006) at lysintensitet på 50 lux var nok til å undertrykke nattnivået av plasmamelatonin med 50 % i en viss periode. Derimot fant Bal et al. (2008) at lakterende melkekyr eksponert for 40 til 60 lux om natten, ikke hadde fått påvirket plasmakonsentrasjoner av melatonin og IGF-1 eller melkeytelse, sammenlignet med 0 til 5 lux. Eksponering for 0 til 5 lux økte konsentrasjonen av laktose i melk noe. Sistnevnte studie tyder godt med tanke på lysintensiteten i denne oppgaven. For nattbelysningen kan vi sammenligne med Jakobsson (2016) sin masteroppgave. Der ble det funnet at ved fôrbrettet var gjennomsnittlig lysintensitet på 12,4 lux, i liggebåsene 7,6 lux og til slutt i gangene 10,1 lux. Totalt var gjennomsnittet 9,7 lux med en variasjon fra 0,5 lux til 54,6 lux. Det var derfor et litt høyere intensitet i denne oppgaven ved fôrbrett, i gangene og totalt, mens de ved liggebåsene hadde et litt høyere gjennomsnitt. På nattetid var det også høyere lysintensitet ved AMS, gjennomsnittet totalt var $25,9 \pm 32,4$ lux, og 6 gårder hadde > 50 lux i dette området, som vil si

over anbefalte verdier. Salfer et al. (2018) kartla miljø og drift i melkefjøs med AMS i sin studie, og fant at 83% hadde lys i AMS-området 24 timer i døgnet. Sammenlignes prosentandelen med denne oppgaven hadde 70% lys over AMS 24 timer i døgnet, enten alene eller i kombinasjon med belysning andre steder.

Det har blitt vist at lavere intensitet kan ha fordeler for kyrne, og at kontinuerlig lys kan gi negative effekter for både fôrinntak, melkemengde og vekt hos melkekyr (Marcek & Swanson, 1984; Peters et al., 1980). Hjalmarsson et al. (2014) fant, i motsetning til studiene over, at belysningsstyrke kunne ha større effekt på produksjonen enn velferden til kyrne. Kyrne passerte porten til AMS på nattestid like mange ganger uavhengig av intensitet, noe som vil si aktiviteten til kyrne ble opprettholdt uansett. Antall melkinger økte ved høyere intensitet, sammenlignet med lav eller middels. Ved lav intensitet minsket melkemengden, som heller kunne knyttes opp mot fôrinntak. Derfor vil muligens ikke kyrne plages noe spesielt av lavere eller høyere intensiteter ved visse punkter i fjøset, men at det heller kan påvirke produksjonen ved for høy eller for lav belysningsstyrke.

5.4 Hypotese 2 – Eventuelle oppgraderinger

Ifølge Lindkvist (2023) kan moderne LED-belysning avgi ulike bølgelengder av lys og derfor kan det diskuteres mer om hva som er best for melkekyr. Det ble funnet at ulike farger lys kunne gi ulike resultater i både positiv og negativ forstand på blant annet frigjøring av melatonin og melkemengde (Lindkvist et al., 2021; Murphy et al., 2021; Son et al., 2020). Under intervjuet fikk bøndene flere spørsmål, noen av de var om fjøset hadde gjennomført en ombygging eller oppgraderinger i belysning. Dette var knyttet opp mot hypotese (2) om oppgraderinger, som sa at «ved nylige oppgraderinger av lys og/eller fjøs er lysintensiteten målt høyere». Dette stemte, da det var en signifikant forskjell i lysintensitet ved gårdene bygget «før 2010» og gårdene bygget «etter 2010». I figur 11 viste gårdene som hadde gjennomført en større belysning høyere intensitet, til tross for stor variasjon. Det var likevel en større forskjell mellom oppgraderinger av belysningen for båsfjøs. Løsdriftsfjøs med AMS så ut til å ha en relativt lik intensitet uavhengig av oppgraderinger av belysningen i fjøset. Grunnen til dette skyldes mest sannsynlig at det var flest løsdriftsfjøs med AMS som hadde bygget nybygg eller ombygget fjøset i nyere tid, og derfor hadde bedre belysning uavhengig av oppgradering. H₀ kan på bakgrunn av dette forkastes. For prediksjonen var det riktig at nyere fjøs hadde høyere intensitet enn eldre fjøs, samtidig som at eventuelle oppgraderinger i

nyere tid kunne gi en høyere intensitet. Knyttet opp mot melkeproduksjonen hadde det ingen klar sammenheng med hverken byggeår eller oppgradering av belysning.

5.5 Antall timer belysning (fotoperiode)

Det har vært kjent siden 1978 at LDPP kan stimulere melkemengden (Dahl et al., 2000). LDPP kan påvirke melkeproduksjonen både gjennom økt utskilling av prolaktin, som stimulerer melkemengden hos lakterende kyr (Gustafson, 1994; Miller et al., 1999) og sammenlignet med lys gjennom andre tider av døgnet (McCabe et al., 2021). I sintiden og sen drektighet hos kviger kan derimot kortere dager være gunstig (Lacasse & Petitclerc, 2021; Velasco et al., 2008). Sammenlignes antall timer i denne studien med Reksen et al. (1999), fant de at melkemengden var bedre i besetninger der fotoperioden var > 12 t. Der hadde 64% > 12 t belysning, og gjennomsnittet var i denne gruppen 14,2 t belysning daglig. I denne oppgaven hadde alle gårdene belysning > 12 t, unntatt én, det vil si 98%. Gjennomsnittlig antall timer belysning daglig var her 15,2 t. Det kan derfor tyde på at det var flere som hadde > 12 t nå enn tidligere, ettersom det var en større andel og et høyere gjennomsnitt antall timer nå enn i deres studie.

Knyttet antall timer opp mot produksjonen, hadde de fleste gårdene i denne studien relativt lik produksjon, med noen få unntak. Et unntak var kategorien 18 – 20 t, hvor produksjonen var ganske mye høyere, men det var kun var én gård i denne kategorien og resultatene var derfor ikke så representative. Salfer et al. (2018) fant at det var store forskjeller i bruk av belysningen mellom gårdene ettersom 40% hadde LDPP (16-18 t), 32% > 18 t belysning og 28% hadde < 16 t belysning daglig. I denne oppgaven hadde 48% LDPP, 6% > 18 t belysning og 46% < 16 t belysning daglig. Det var derfor relativt lik andel som hadde 16-18 t belysning, men større forskjell mellom lavere og høyere timeantall daglig. Jakobsson (2016) fant at det var en signifikant sammenheng mellom de gårdene med høyest produksjon og de som hadde 16-18 t belysning daglig. I denne oppgaven kunne det se ut til å være en litt høyere produksjon for de gårdene med 16 -18 t belysning daglig og som hadde løsdrift med AMS, noe som stemte godt med Jakobsson (2016) sitt funn. Dette kan også skyldes tilgang på melking kontinuerlig hele døgnet via AMS. Samtidig hadde løsdriftsfjøsene med melkestall og 12 -16 t belysning høyere produksjon sammenlignet med de andre driftssystemene i samme kategori, og gårder med melkestall i andre kategorier. Det kan derfor også bare være tilfeldig at noen av kategoriene hadde større melkeproduksjon. Båsfjøsene og løsdriftsfjøsene med melkestall hadde kun gårder i kategoriene 12-16 t og 16-18 t, mens løsdriftsfjøs med

AMS hadde gårder i hver kategori for timeantall. Dette kan skyldes at løsdriftsfjøs med AMS oftere har fjøs med automatisk styring av belysningen, som gjør at de ikke trenger å skru av eller på lysene manuelt. Derfor blir lyset også stående på lenger etter ønskede innstillinger, og ved LED-lys kan de også dimmes.

5.6 Type belysning

Ulike typer lamper vil kunne avgi ulik intensitet, ettersom de kan ha ulik watt og avgi ulik lysstrøm. Underveis i målingene ble det oppdaget at lamper kunne avgi ulik intensitet ved annen farge/varme på pærene, til tross for samme høyde og område. Dette stemte overens med Lindkvist et al. (2021) sin studie, hvor det ble bevist at ulike farger på lys kan fanges opp som ulik mengde intensitet i lux. Som presentert i figur 1, har lys også ulike bølgelengder etter farge. Disse hadde ulik mengde energi ifølge Son et al. (2020), noe som passet til etter det som ble observert. I Jakobsson (2016) sin oppgave, hadde de fleste lysrør som lysarmatur. I denne oppgaven, var andelen som anvendte LED-belysning i noen form 61%. De som anvendte LED-lamper, enten alene eller i kombinasjon med annen belysning, hadde høyere intensitet, men også den høyeste variasjonen. Ifølge Lindkvist et al. (2021) kan LED-lamper redusere forbruket av strøm til belysningen i melkefjøs, og krever derfor mindre vedlikehold sammenlignet med andre lysarmaturer. Dette stemte også med at 50% av løsdriftsfjøs svarte at de «aldri» rengjorde lamper, da disse fjøsene stort sett hadde nyere belysning. I tillegg er det nok et større tiltak å vaske lysarmaturen i nyere fjøs ettersom de oftere har høyere takhøyde og det krever stillas kunne vaske. De fleste båsfjøsene vasket årlig eller flere ganger årlig, med kun ett fjøs som svarte «aldri». I disse fjøsene var det stort sett lavere under taket, slik at skitt raskere fester seg på lampene.

En annen fordel med LED-lamper er at de kan dimmes, slik at det er lettere å kontrollere lysintensiteten, i tillegg til at det kan finnes lamper hvor fargetype på lyset kan endres (Lindkvist et al., 2021). Det er å anta at kyrne har noe fargesyn (Jacobs et al., 1998). Det er også viktig å tenke over at lux stort sett måler menneskers oppfatning av lyset, og ikke nødvendigvis hvordan kyrne oppfatter det (Lindkvist et al., 2021). Dette betyr at resultatene i denne oppgaven presenterer mer hvordan menneskene i fjøset oppfatter det, enn kyrne selv. Til tross for at man forsøker å måle der kyrne oppholder seg. Under fjøsbesøkene ble det observert at det stort sett var gule eller hvite lys, og noen med rødt lys om natten. I denne oppgaven var derimot ikke hovedfokuset på fargen eller bølgelengden på lyset, men det er verdt å merke seg at det kan oppfattes forskjellig for kyrne og at lux-måleren ikke er tilpasset

dette. Likevel konkluderte Lindkvist et al. (2021) at den spektrale sammensetningen av LED-belysningen i et fjøs var sekundær sammenlignet med varighet og intensitet.

5.7 Hypotese 3 – Bøndernes egne tanker

Den siste hypotesen (3) handlet om bøndernes egne tanker om påvirkningen av lysintensitet på besetningen. Hypotesen sa at «de fleste bønder tror lysintensitet påvirker besetningen i noen grad». Spørsmålet ble inndelt i tre kategorier: helse, fruktbarhet og melkeproduksjon. De fleste bønder trodde i hver kategori at intensitet påvirket «i stor grad». H_0 kan derfor forkastes her også. Prediksjonen var at de bøndene som trodde lys påvirker, hadde høyere produksjon enn de som ikke trodde det. Melkeproduksjonsdata viste at det ikke var noen sammenheng med bøndernes tanker. Det så ut til å være en sammenheng mellom melkemengde og de som hadde strategi innenfor lys basert på gjennomsnittet, men variasjonen her var også for stor slik at det ikke ville være noen faktisk forskjell. Det var ingen forskjeller i fettprosent eller proteinprosent med bøndernes tanker eller strategi. Etter å ha kjørt en t-test, var det en signifikant forskjell i gjennomsnittlig lysintensitet for de som hadde en strategi og de som ikke hadde det.

Fruktbarhetsdata ble tilsendt fra Kukontrollen, men kun fra fjoråret, derfor ble det ikke tatt med i denne sammenhengen. Likevel har det blitt studert at kviger eksponert for LDPP, hadde tidligere første brunst (Hansen et al., 1983), slik at storfes fruktbarhet kunne påvirkes av lys. Dette var også kategorien bøndene i denne oppgaven, trodde ble mest påvirket av lysintensiteten. For i hvilken grad bøndene trodde lys påvirket helse, så det ikke ut til å ha en klar sammenheng med infeksjonsverdier eller tilfeller av mastitt. For strategi var også variasjonene for store til å kunne si at det var noen forskjeller mellom gruppene. For løsdriftsfjøs med AMS, kan melkeroboten i teorien lettere oppdage uregelmessigheter som blod i melka eller avvik i melkingsintervall (Whist & Solverød, 2017). Likevel er systemet avhengig av sensorer, og det er en enorm mengde data som kan bli feiltolket eller ignorert (Jacobs & Siegford, 2012). Bedre belysning kan generelt minske skader og føre til bedre visuell kontakt mellom kyrne, men også holde personalet i fjøset trygge og under sunne arbeidsforhold (Penev et al., 2014).

5.8 Feilkilder

I dette forsøket var det flere feilkilder som oppstod underveis. Ettersom lysmålingene ble målt i fjøs med kyrne til stede, varierte det mye om kyrne var nysgjerrige eller ikke. Enkelte kyr fulgte etter der målingene ble tatt, mens andre kyr holdt seg for seg selv. I noen tilfeller kunne de ha skygget over lysmåleren ved noen målinger. Noen lysintensiteter kunne derfor være lavere enn de i utgangspunktet ville vært. Dette var en av årsakene til at det ble tatt mange målinger ved flere ulike steder. Det samme gjaldt andre gjenstander som skygget slik som vegger eller rør. Det var også verdt å notere at det var flere kyr i liggebåsene på morgenen enn om kvelden, slik at det gjorde det vanskeligere å måle jevnt over hele fjøset. Noen steder var kyrne i et annet område eller ute, som gjorde det enklere å måle over alle steder i fjøset. Flere fjøs belaget seg også hovedsakelig på naturlig innslipp av lys, og ettersom målingene ble tatt mens det var mørkt ville disse fjøsene være mørkere enn andre. Det var dessuten vanskelig å finne mye litteratur som hadde testet ut akkurat det samme som i denne oppgaven. Dataene funnet her representerer kun et mindre utvalg, så et enda større utvalg av gårder hadde gjort funnene enda sikrere.

I fremtiden ville det vært spennende å se på forskjellene mellom fjøs som belager seg mer på naturlig lys, og de som hovedsakelig belager seg på kunstig belysning, i tillegg til de som har en kombinasjon. Ettersom lux-måleren hovedsakelig belager seg på menneskets øye, hadde det vært spennende å finne ut hvordan kyrne faktisk oppfatter belysningsstyrken. I tillegg hadde det vært spennende å dykke enda dypere inn i data for produksjon, fruktbarhet og helse etter sammenhenger mellom dataene og belysning. I denne oppgaven fikk jeg bare sett så vidt på det, da dette hovedsakelig skulle være en kartlegging av lysintensitet.

6 Konklusjon

Målet med denne oppgaven var å finne ut hvordan lysintensitet varierer mellom ulike type driftssystemer hos melkekyr. Variasjonen i målt lysintensitet var stor mellom gårdene og lysintensiteten var likere ved samme type driftssystem enn på tvers av driftssystem.

Gjennomsnittlig lysintensitet lå mellom 100 og 200 lux som anbefalt på dagtid, og < 50 lux som anbefalt på nattestid. Nyere fjøs hadde en signifikant høyere gjennomsnittlig lysintensitet sammenlignet med eldre fjøs. Bønder trodde i stor grad at lysintensitet påvirker besetningen.

Det ble funnet en signifikant forskjell i gjennomsnittlig lysintensitet for gårdene som hadde en strategi for belysningen, sammenlignet med de uten en klar strategi.

Litteraturliste

- Allen, D. B., DePeters, E. J. & Laben, R. C. (1986). Three Times a Day Milking: Effects on Milk Production, Reproductive Efficiency, and Udder Health. *Journal of Dairy Science*, 69 (5): 1441-1446. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80553-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80553-7).
- Auchtung, T. L., Salak-Johnson, J. L., Morin, D. E., Mallard, C. C. & Dahl, G. E. (2004). Effects of Photoperiod During the Dry Period on Cellular Immune Function of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 87 (11): 3683-3689. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73507-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73507-9).
- Bachman, K. C. & Schairer, M. L. (2003). Invited Review: Bovine Studies on Optimal Lengths of Dry Periods^{1,2}. *Journal of Dairy Science*, 86 (10): 3027-3037. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73902-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73902-2).
- Bal, M. A., Penner, G. B., Oba, M. & Kennedy, A. D. (2008). Effects of dim light at night on milk yield, milk composition and endocrine profile of lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 88 (4): 609-612. doi: 10.4141/cjas07145.
- Caine, N. G., Osorio, D. & Mundy, N. I. (2010). A foraging advantage for dichromatic marmosets (*Callithrix geoffroyi*) at low light intensity. *Biology Letters*, 6 (1): 36-38. doi: doi:10.1098/rsbl.2009.0591.
- Capuco, A. V. & Akers, R. M. (1999). Mammary Involution in Dairy Animals. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 4 (2): 137-144. doi: 10.1023/A:1018769022990.
- Dahl, G. E., Buchanan, B. A. & Tucker, H. A. (2000). Photoperiodic Effects on Dairy Cattle: A Review¹. *Journal of Dairy Science*, 83 (4): 885-893. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74952-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74952-6).
- Dahl, G. E. & Petitclerc, D. (2003). Management of photoperiod in the dairy herd for improved production and health. *J Anim Sci*, 81 Suppl 3 (15_suppl_3): 11-7. doi: 10.2527/2003.81suppl_311x.
- Dahl, G. E., Tao, S. & Thompson, I. M. (2012). LACTATION BIOLOGY SYMPOSIUM: Effects of photoperiod on mammary gland development and lactation¹. *Journal of Animal Science*, 90 (3): 755-760. doi: 10.2527/jas.2011-4630.
- Daniels, K. J., Donkin, S. S., Eicher, S. D., Pajor, E. A. & Schutz, M. M. (2007). Prepartum Milking of Heifers Influences Future Production and Health. *Journal of Dairy Science*, 90 (5): 2293-2301. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2005-881>.
- Dowell, S. F. (2001). Seasonal variation in host susceptibility and cycles of certain infectious diseases. *Emerg Infect Dis*, 7 (3): 369-74. doi: 10.3201/eid0703.010301.
- Duffield, T. F., Lissemore, K. D., McBride, B. W. & Leslie, K. E. (2009). Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *Journal of Dairy Science*, 92 (2): 571-580. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1507>.
- Gustafson, G. M. (1994). Effect of Changes in Light on Hormonal Secretion and Milk Production of Dairy Cows in Early Lactation. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 44 (3): 160-168. doi: 10.1080/09064709409410893.
- Hansen, P. J., Kamwanja, L. A. & Hauser, E. R. (1983). Photoperiod Influences Age at Puberty of Heifers¹. *Journal of Animal Science*, 57 (4): 985-992. doi: 10.2527/jas1983.574985x.
- Hansen, P. J. (1985). Seasonal modulation of puberty and the postpartum anestrus in cattle: A review. *Livestock Production Science*, 12 (4): 309-327. doi: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(85\)90131-9](https://doi.org/10.1016/0301-6226(85)90131-9).
- Hjalmarsson, F., Olsson, I., Ferneborg, S., Agenäs, S. & Ternman, E. (2014). Effect of low light intensity at night on cow traffic in automatic milking systems. *Animal Production Science*, 54: 1784. doi: 10.1071/AN14215.
- Hofstad, K. (2021). *Lux*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/lux>.

- Jacobs, G., Ii, J. & Neitz, J. (1998). Photopigment basis for dichromatic color vision in cows, goats, and sheep. *Visual neuroscience*, 15: 581-4. doi: 10.1017/S0952523898153154.
- Jacobs, J. A. & Siegford, J. M. (2012). Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, 95 (5): 2227-2247. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4943>.
- Jakobsson, M. (2016). Rutiner för belysningsanvändning och utformning av belysning i lösdriftsladugårdar för mjölkkor. *Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård*, 561.
- Lacasse, P. & Petitclerc, D. (2021). Effect of photoperiod before and during first gestation on milk production and prolactin concentration in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 104 (4): 4991-4998. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19514>.
- Lawson, T. J. & Kennedy, A. D. (2001). Inhibition of nighttime melatonin secretion in cattle: threshold light intensity for dairy heifers. *Canadian Journal of Animal Science*, 81 (1): 153-156. doi: 10.4141/a00-058.
- Lim, D.-H., Kim, T.-I., Park, S.-M., Ki, K.-S. & Kim, Y. (2021). Effects of photoperiod and light intensity on milk production and milk composition of dairy cows in automatic milking system. *Journal of Animal Science and Technology*, 63 (3): 626-639. doi: 10.5187/jast.2021.e59.
- Lindkvist, S., Ternman, E., Ferneborg, S., Bånkestad, D., Lindqvist, J., Ekesten, B. & Agenäs, S. (2021). Effects of achromatic and chromatic lights on pupillary response, endocrinology, activity, and milk production in dairy cows. *PLOS ONE*, 16 (7): e0253776. doi: 10.1371/journal.pone.0253776.
- Lindkvist, S. (2023). Light environments for dairy cows
Impact of light intensity, spectrum and uniformity. *Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science*.
- Lovdata.no. (2004). *Forskrift om hold av storfe*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-04-22-665>.
- Marcek, J. M. & Swanson, L. V. (1984). Effect of Photoperiod on Milk Production and Prolactin of Holstein Dairy Cows¹. *Journal of Dairy Science*, 67 (10): 2380-2388. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81586-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81586-6).
- Mattilsynet. (2010). *VEILEDER TIL FORSKRIFT OM HOLD AV STORFE*: Mattilsynet. Tilgjengelig fra: https://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veiledere/veileder_om_hold_av_storfe.1853/binary/Veileder%20om%20hold%20av%20storfe.
- McCabe, C. J., Suarez-Trujillo, A., Teeple, K. A., Casey, T. M. & Boerman, J. P. (2021). Chronic prepartum light-dark phase shifts in cattle disrupt circadian clocks, decrease insulin sensitivity and mammary development, and are associated with lower milk yield through 60 days postpartum. *Journal of Dairy Science*, 104 (2): 2422-2437. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19250>.
- Mikalsen, V., Nørstebø, H. & Roalkvam, T. (2023). *Statistikksamling for ku- og geitekontrollen for 2022*. Tine Medlem. Tilgjengelig fra: <https://medlem.tine.no/fag-og-forskning/statistikksamling-for-ku-og-geitekontrollen-for-2022>.
- Miller, A. R. E., Stanisiewski, E. P., Erdman, R. A., Douglass, L. W. & Dahl, G. E. (1999). Effects of Long Daily Photoperiod and Bovine Somatotropin (Trobest®) on Milk Yield in Cows¹. *Journal of Dairy Science*, 82 (8): 1716-1722. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75401-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75401-9).
- Morgan, M. J., Adam, A. & Mollon, J. D. (1992). Dichromats detect colour-camouflaged objects that are not detected by trichromats. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 248 (1323): 291-295. doi: doi:10.1098/rspb.1992.0074.

- Murphy, B. A., Herlihy, M. M., Nolan, M. B., O'Brien, C., Furlong, J. G. & Butler, S. T. (2021). Identification of the blue light intensity administered to one eye required to suppress bovine plasma melatonin and investigation into effects on milk production in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104 (11): 12127-12138. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20526>.
- Muthuramalingam, P., Kennedy, A. D. & Berry, R. J. (2006). Plasma melatonin and insulin-like growth factor-1 responses to dim light at night in dairy heifers. *Journal of Pineal Research*, 40 (3): 225-229. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2005.00303.x>.
- Penev, T., Radev, V., Slavov, T., Kirov, V., Dimov, D., Atanasoff, A. & Marinov, I. (2014). Effect of lighting on the growth, development, behaviour, production and reproduction traits in dairy cows. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 3: 798-810.
- Peters, R. R., Chapin, L. T., Emery, R. S. & Tucker, H. A. (1980). Growth and Hormonal Response of Heifers to Various Photoperiods. *Journal of Animal Science*, 51 (5): 1148-1153. doi: 10.2527/jas1980.5151148x.
- Phillips, C. J. C. & Lomas, C. A. (2001). The Perception of Color by Cattle and its Influence on Behavior1. *Journal of Dairy Science*, 84 (4): 807-813. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74537-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74537-7).
- Ratikainen, I. I. (2020). *Mikroklima*. Store norske leksikon: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/mikroklima>.
- Reksen, O., Tverdal, A., Landsverk, K., Kommisrud, E., Bøe, K. E. & Ropstad, E. (1999). Effects of Photointensity and Photoperiod on Milk Yield and Reproductive Performance of Norwegian Red Cattle. *Journal of Dairy Science*, 82 (4): 810-816. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75300-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75300-2).
- Salfer, J. A., Siewert, J. M. & Endres, M. I. (2018). Housing, management characteristics, and factors associated with lameness, hock lesion, and hygiene of lactating dairy cattle on Upper Midwest United States dairy farms using automatic milking systems. *Journal of Dairy Science*, 101 (9): 8586-8594. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13925>.
- Santos, J. E. P., Cerri, R. L. A., Kirk, J. H., Juchem, S. O. & Villaseñor, M. (2004). Effect of prepartum milking of primigravid cows on mammary gland health and lactation performance. *Livestock Production Science*, 86 (1): 105-116. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00149-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00149-0).
- Son, J., Park, J., Kang, D., Belal, S. A., Cha, J. & Shim, K. (2020). Effects of white, yellow, and blue colored LEDs on milk production, milk composition, and physiological responses in dairy cattle. *Animal Science Journal*, 91 (1): e13337. doi: <https://doi.org/10.1111/asj.13337>.
- Spaas, J., Helsen, W. F., Adriaenssens, M., Broeckx, S., Duchateau, L. & Spaas, J. H. (2014). Correlation between dichromatic colour vision and jumping performance in horses. *The Veterinary Journal*, 202 (1): 166-171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.07.016>.
- Stanisiewski, E. P., Chapin, L. T., Ames, N. K., Zinn, S. A. & Tucker, H. A. (1988). Melatonin and Prolactin Concentrations in Blood of Cattle Exposed to 8, 16 or 24 Hours of Daily Light2. *Journal of Animal Science*, 66 (3): 727-734. doi: 10.2527/jas1988.663727x.
- Velasco, J. M., Reid, E. D., Fried, K. K., Gressley, T., Wallace, R. L. & Dahl, G. (2008). Short-Day Photoperiod Increases Milk Yield in Cows with a Reduced Dry Period Length. *Journal of dairy science*, 91: 3467-73. doi: 10.3168/jds.2008-1028.
- Walsh, C. M., Prendergast, R. L., Sheridan, J. T. & Murphy, B. A. (2013). Blue light from light-emitting diodes directed at a single eye elicits a dose-dependent suppression of

melatonin in horses. *The Veterinary Journal*, 196 (2): 231-235. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.09.003>.

Whist, A. C. & Solverød, L. (2017). *Jurhelse*: Tine Rådgivning, Fagavdelingen. Tilgjengelig fra: <https://medlem.tine.no/dyr-og-helse/jurhelse>.

Wright, J. & Shelford, T. (2013). Light Spectrum and its Implications on Milk Production. *Dairy Business*.

Vedlegg

Vedlegg A – Registreringsskjemaet til lysmålingene

Gårdsnummer: _____

Dato: _____

Uteforhold: _____

Kl. start: _____

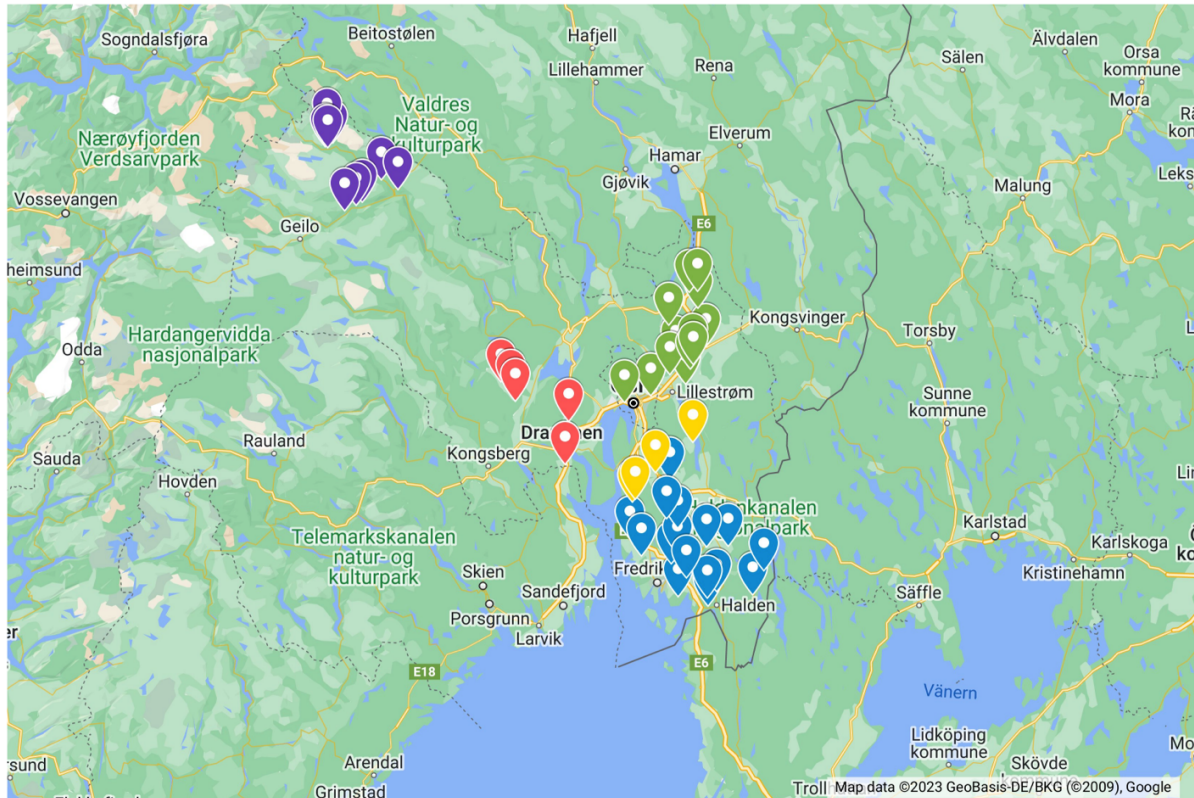
Kl. slutt: _____

Høyde til laveste lampe: _____

Høyde til høyeste lampe: _____

Målinger	Dagbelysning	Nattbelysning	Beskrivelse
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
Gj.snitt			

Vedlegg B – Kart over de besøkte gårdene





Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway